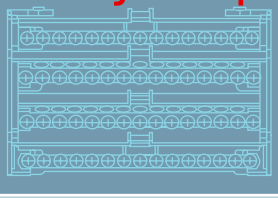
DISTRIBUTION ET PUISSANCE jusqu'à 4000 A




DMX - DPX - RÉPARTITION - XL-PART - LEXIC - XL / GUIDE TECHNIQUE

legrand®

www.legrand.fr

Cette nouvelle édition renouvelée et enrichie du **Guide Distribution et Puissance** de Legrand va encore plus loin pour vous aider dans votre travail quotidien.

A la fois **référence métier**, **aide mémoire**, et **guide pratique**, cet ouvrage rappelle les points normatifs cruciaux, les aspects réglementaires essentiels, sans oublier la théorie... et bien sûr vous propose nombre de solutions pratiques jusqu'à la qualification et la réception de vos travaux.

Véritable **guide de référence**, il est fédérateur pour tous les acteurs d'un projet. Que vous soyez architecte, installateur, tableautier, bureau d'études, organisme de contrôle... Expression de votre savoir faire de professionnel, il vous guidera pour déterminer les solutions techniques les mieux adaptées (jusqu'à 4000 A), et vous aidera dans le choix des produits et leur mise en œuvre.

Réelle **force de proposition**, il intègre une approche encore plus complète et exhaustive des aspects de sécurité, et il élargit la réflexion par de nombreux conseils jusqu'à l'environnement des installations. Il vous permettra d'optimiser vos choix en toute confiance.

Guide d'engagement, il illustre la volonté de Legrand d'être à vos côtés pour vous proposer la meilleure offre de produits avec les meilleurs services : XL PRO^2, formations Innoval, assistance technique, et de pérenniser et d'enrichir les relations que nous avons avec vous depuis déjà de nombreuses années.

AVERTISSEMENT

Ce guide a pour vocation d'aider à une démarche de réflexion dans la conception d'ensembles et de systèmes de distribution électrique de puissance, d'aider au choix des produits par rapport aux contraintes présumées et de faciliter leur mise en œuvre.
Il ne se substitue en aucun cas aux textes législatifs (code de la construction et de l'habitation, code du travail, code de l'urbanisme, arrêtés et circulaires diverses,...), aux normes (NF C 15-100, EN 60439-1, EN 60204-1 entre autres), aux règlements et décrets (ERP, IGH, protection des travailleurs, règlement sanitaire, ...) dont la consultation est essentielle et qui seuls restent applicables.

SOMMAIRE

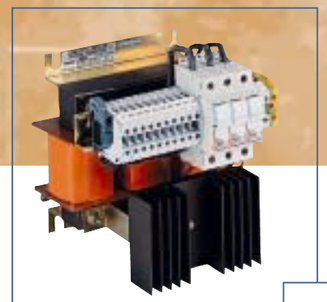
- I – LE PROJET 4
  - IA – L'alimentation en énergie 6
  - IB – La prise en compte des risques 42
  - IC – Les principes de protection 88
  - ID – Les schémas de liaison à la terre 210
- II – LES CHOIX 238
  - IIA – Le dimensionnement des conducteurs et des protections 240
  - IIB – Les appareils de protection 288
  - IIC – Les fonctions d'exploitation 344
  - IID – La répartition 392
  - IIE – La détermination des enveloppes 438
- III – LA RÉALISATION 498
  - IIIA – La mise en œuvre des enveloppes 500
  - IIIB – Le montage des jeux de barres 548
  - IIIC – L'installation des appareils 572
  - IIID – Le montage des dispositifs XL-Part 596
  - IIIE – Le câblage et le raccordement 614
  - IIIF – La manutention et l'installation sur site 672
  - IIIG – La certification des ensembles 684
- IV – LES PRODUITS 714
- INDEX 762

I

LE PROJET

- I.A - L'ALIMENTATION EN ÉNERGIE 6
  - I.A.1 - Les conditions de distribution de l'énergie 8
  - I.A.2 - Les alimentations 28
  - I.A.3 - Les sources 32
- I.B - LA PRISE EN COMPTE DES RISQUES 42
  - I.B.1 - La sécurité des personnes 44
  - I.B.2 - La sécurité des biens 48
- I.C - LES PRINCIPES DE PROTECTION 88
  - I.C.1 - La protection contre les chocs électriques 90
  - I.C.2 - La protection contre les perturbations électromagnétiques 100
  - I.C.3 - La protection contre la corrosion 108
  - I.C.4 - La protection contre la foudre 122
  - I.C.5 - La protection contre l'incendie 142
  - I.C.6 - Les règles de construction 162
- I.D - LES SCHÉMAS DE LIAISON À LA TERRE 210
  - I.D.1 - Les différents régimes de neutre 212
  - I.D.2 - L'îlotage 220
  - I.D.3 - Les régimes de neutre des groupes électrogènes 226
  - I.D.4 - Le choix du régime de neutre 228
  - I.D.5 - La structure du réseau de protection 234

L'ALIMENTATION EN ENERGIE











Créer la liaison entre le distributeur et le client, entre le producteur et le consommateur, entre le réseau public d'énergie haute tension et l'installation basse tension : tel est le but premier de l'interface qu'est la "tête d'installation". Une frontière névralgique où convergent trois éléments majeurs l'énergie et ses conditions de livraison, l'architecture des alimentations et les sources qui les constituent.

Bien réaliser, c'est avant tout bien penser et, à ce stade, il est indispensable de réaliser des études préliminaires :
- évaluation des utilisations et des charges électriques
- bilan énergétique global intégrant toutes les énergies
- étude topologique des lieux (dimensions, circulation)
- critères d'exploitation (continuité, qualité...)
- cahier des charges spécifiques (installations classées)
- constitution du dossier de branchement
- étude normative et réglementaire.

Un travail qui ne s'improvise pas et qui nécessite l'intervention de professionnels qualifiés.

Au-delà des critères incontournables de sécurité (ERP), et presque habituels de continuité (industrie), des exigences complémentaires apparaissent : besoin de qualité électrique des nouvelles technologies (informatique, Internet, data center), préservation de l'environnement (énergies renouvelables), ouverture des marchés (concurrence des contrats), sont autant d'éléments cruciaux à considérer dès le début d'un projet.

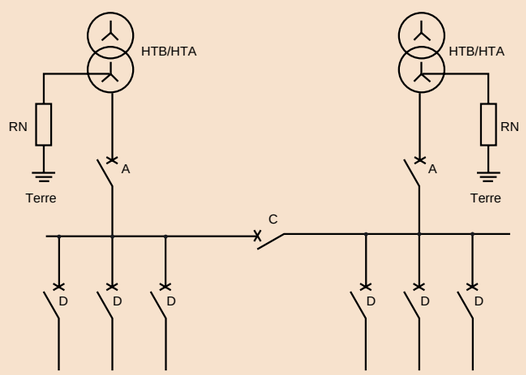
Les conditions de distribution de l'énergie

L'électricité est une énergie à la fois souple et adaptable mais elle est difficilement stockable, alors que la consommation des clients et la coïncidence de la demande sont constamment variables. Ces exigences nécessitent la permanence du transport et la mise à disposition de l'énergie par un réseau de distribution :
- haute tension pour les fortes puissances et les longues distances
- basse tension pour les moyennes et faibles puissances et les courtes distances

Les réseaux de distribution ont comme point de départ les postes sources. Ces postes comportent des transformateurs abaisseurs HTB/HTA à partir desquels la haute tension est distribuée entre 5 kV et 33 kV (souvent 20 kV). La haute tension est distribuée en 3 phases, sans neutre. Les matériels HT actuellement utilisés sont donc de conception triphasée. La mise à la terre du point neutre HT est assurée à travers une résistance ou une bobine de point neutre qui limite le courant en cas de défaut phase-terre. En aval des transformateurs HTB/HTA, la partie HT des postes sources est constituée de matériel débrochable comportant des cellules "arrivée", "couplage" et "départ". A partir des départs on réalise des schémas d'alimentation de types antenne, boucle ou double dérivation.

Domaines de tension		Valeur de la tension nominale Un exprimée en volts	
		en courant alternatif	en courant continu lisse
Très basse tension TBT		Un ≤ 50	Un ≤ 120
Basse tension BT	BTA	50 < Un ≤ 500	120 < Un ≤ 750
	BTB	500 < Un ≤ 1 000	750 < Un ≤ 1 500
Haute tension HT	HTA	1 000 < Un ≤ 50 000	1 500 < Un ≤ 75 000
	HTB	Un > 50 000	Un > 75 000

Schéma de principe de la distribution haute tension

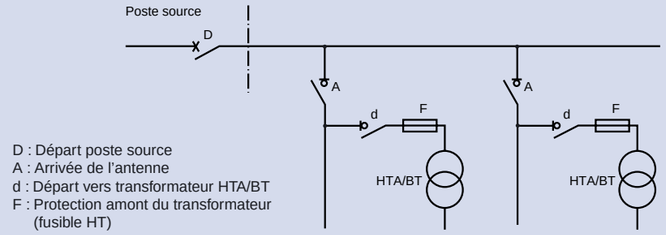


A : Arrivée
C : Couplage
D : Départ
RN : Résistance ou bobine de point neutre

1 LES SCHÉMAS DE DISTRIBUTION HT

Schéma de distribution en antenne

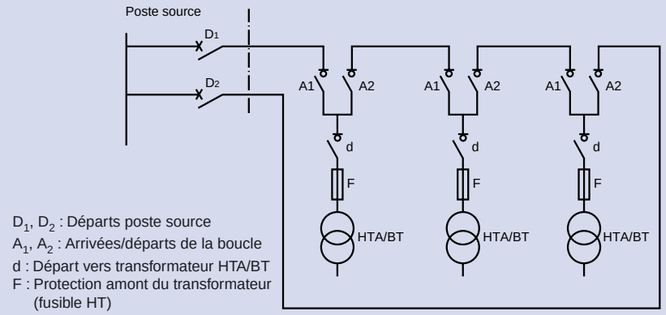
Il est principalement utilisé dans les zones rurales, en réseau aérien.
En cas de défaut sur un tronçon de câble ou dans un poste, les utilisateurs sont privés d'alimentation le temps de la réparation.



D : Départ poste source
A : Arrivée de l'antenne
d : Départ vers transformateur HTA/BT
F : Protection amont du transformateur (fusible HT)

Schéma de distribution en boucle (coupure d'artère)

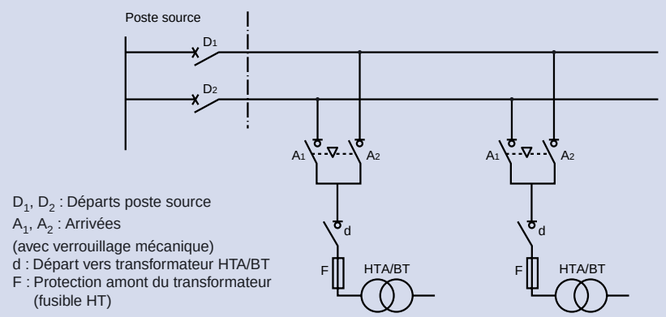
Il est utilisé en zone urbaine ou en site industriel étendu et a l'avantage de limiter le temps de non-alimentation des utilisateurs situés sur la boucle.
En cas de défaut sur un tronçon de câble ou dans un poste, on isole le tronçon en défaut par l'ouverture des 2 appareils qui l'encadrent et on réalimente la boucle en refermant le disjoncteur. Le défaut se localise visuellement par un indicateur lumineux installé à l'extérieur du poste de transformation.



D_1, D_2 : Départs poste source
A_1, A_2 : Arrivées/départs de la boucle
d : Départ vers transformateur HTA/BT
F : Protection amont du transformateur (fusible HT)

Schéma de distribution en double dérivation (ou double antenne)

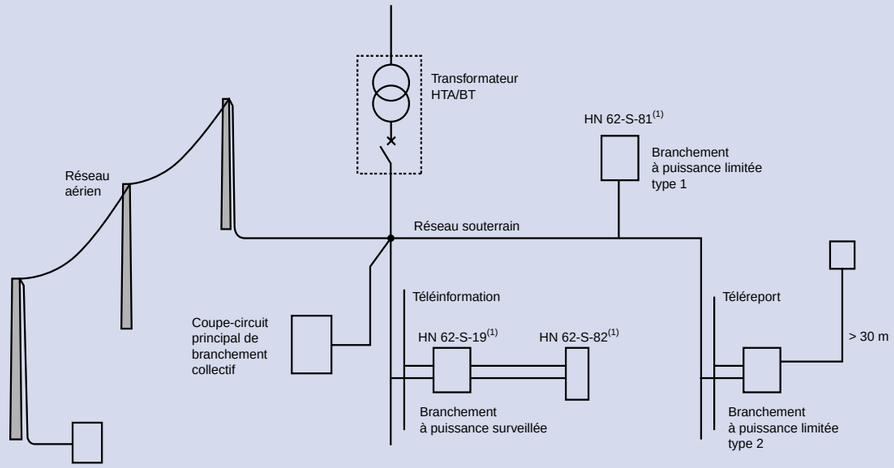
Il est utilisé pour assurer une continuité de service optimale.
En cas de défaut sur l'une des lignes, l'alimentation de l'abonné est permutée sur la seconde.



D_1, D_2 : Départs poste source
A_1, A_2 : Arrivées
(avec verrouillage mécanique)
d : Départ vers transformateur HTA/BT
F : Protection amont du transformateur (fusible HT)

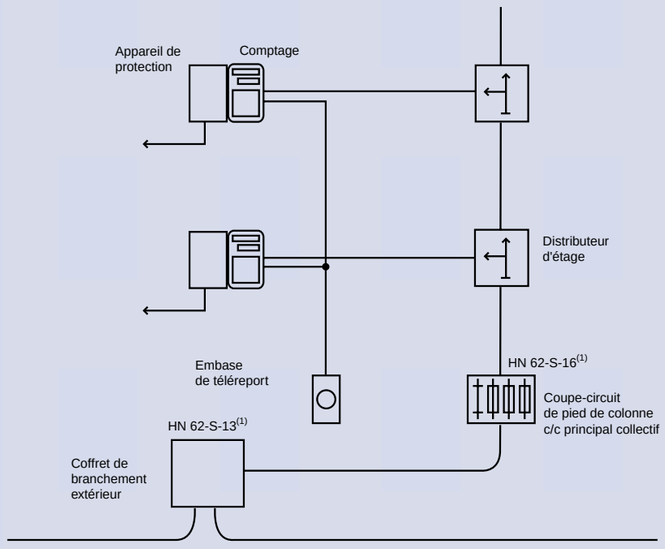
2 LES SCHÉMAS DE DISTRIBUTION BT

Branchements individuels



(1) Spécification EDF

Branchements collectifs



(1) Spécification EDF

3 LES MODES DE LIVRAISON

1 Livraison HT

En France, pour les puissances supérieures à 250 kVA, le distributeur d'énergie fournit une alimentation dite de 2e catégorie comprise entre 5 kV et 33 kV (généralement 20 kV). Dans certains cas (indépendance vis-à-vis du réseau BT), ce type d'alimentation peut être fourni pour une puissance moins importante.
Les gros consommateurs sont alimentés à des tensions supérieures (90 kV ou plus).
La livraison HT offre :
- le libre choix du régime de neutre BT (schéma de liaison à la terre)
- une tarification adaptable
- une possibilité d'évolution de la puissance.

En revanche, le client est propriétaire du poste HT/BT : le coût d'investissement et l'entretien sont à sa charge. Le type de poste et sa localisation sont choisis conjointement par le distributeur et le client (dossier de branchement). Le client n'a accès qu'à la partie BT et à l'interrupteur HT.
Le type de tarification proposé fait l'objet d'un contrat. Le distributeur propose un certain nombre d'options permettant à l'utilisateur d'adapter la tarification à son utilisation.

2 Livraison BT

En France, le réseau de distribution publique BT (EDF ou régies) est en général du type triphasé 50 Hz avec neutre distribué.
Ce type d'alimentation sera prévu lorsque la puissance n'excède pas 250 kVA et lorsque l'installation ne risque pas de perturber le réseau de distribution publique.
La livraison BT offre :
- un large choix de tarification en fonction de l'utilisation
- des coûts d'investissement et d'entretien réduits.

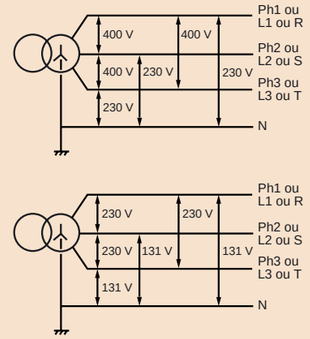
En revanche elle implique :
- l'obligation du régime du neutre à la terre : schéma TT (sauf applications particulières avec accord du distributeur, voir NF C 14-100)
- une évolution de puissance limitée.

Le branchement est constitué par les canalisations qui amènent le courant du réseau à l'intérieur des propriétés desservies. Deux types de tarifs sont proposés :
- Tarif bleu : puissance inférieure ou égale à 36 kVA (branchement monophasé jusqu'à 18 kVA et branchement triphasé jusqu'à 36 kVA)
- Tarif jaune : puissance comprise entre 36 kVA et 250 kVA (branchement triphasé).

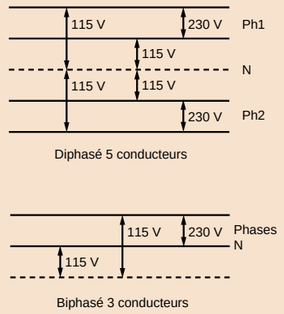
Pour chaque tarif, le distributeur propose un certain nombre d'options permettant à l'utilisateur d'adapter la tarification à son utilisation.

La norme EN 50160 définit la tension comme la valeur présente au point de fourniture mesurée sur un intervalle de temps donné.
Dans des conditions normales d'exploitation, pour chaque période d'une semaine, 95 % des valeurs efficaces moyennées sur 10 minutes doivent être comprises dans la plage : Un ± 10 %.

Réseaux de distribution BT normalisés en France



Réseaux encore existants



La tarification

Le distributeur national EDF propose de nombreux types de contrats adaptés à l'utilisation et à la puissance mais dans tous les cas il est conseillé de contacter le service local, au plus tôt du projet, pour définir les conditions de tarification (consommation) et les caractéristiques de livraison (établissement d'un dossier de branchement).

Installations de 1re catégorie

• Tarif bleu (≤ 36 kVA) : clients domestiques, agricoles, professionnels, services communaux :
- option base : abonnement annuel selon puissance + consommation (kWh)
- option heures creuses : abonnement annuel selon puissance + consommations différenciées heures pleines/heures creuses (8 heures)
- option tempo : abonnement annuel + consommations différenciées heures pleines + heures creuses + tarification en jours bleus (300 jours), blancs (43 jours) et rouges (22 jours)
- contrats adaptés à l'éclairage public ou à des fournitures spécifiques (utilisations longues, téléamplification)
- tarifications des moyens de production autonomes non connectés au réseau (photovoltaïque, éolien, micro-centrale).

• Tarif jaune (≤ 250 kVA) : clients professionnels, artisans, commerces :
- option base : prime fixe annuelle + consommations différenciées heures pleines/heures creuses et été/hiver, coefficient de puissance réduite (dénivelée) et calcul des dépassements (comptage électronique)
- option EJP : principe identique avec coefficients différents et pointe mobile.

Installations de 2e catégorie

• Tarif vert : clients industriels, tertiaires, à forte consommation :
- A5 base : prime annuelle fixe + consommations différenciées heures de pointe, heures pleines/heures creuses, été/hiver. Coefficients de puissance réduite en fonction des durées d'utilisation. Calcul des dépassements et facturation de l'énergie réactive
- A5 EJP : principe identique, avec coefficients de puissance réduite différents. Différenciation hiver (pointes mobiles/heures d'hiver) et été (heures pleines/heures creuses)
- A8 base : tarification plus complexe avec heures de pointe, heures pleines et heures creuses d'hiver, d'été et de demi-saison
- A8 EJP : coefficients réducteurs différents et pointe mobile en hiver (22 périodes de 18 heures)
- Modulable : pointe mobile en hiver, demi-saison et saison creuse
- B avec option base, EJP ou modulable : tarification proche de A8 pour plus fortes puissances.

• Tarification à la puissance : gros consommateurs :
Tarif A, B ou C : calcul de majoration ou de minoration.
Livraison en HTA, HTB, 225 kV, 400 kV.

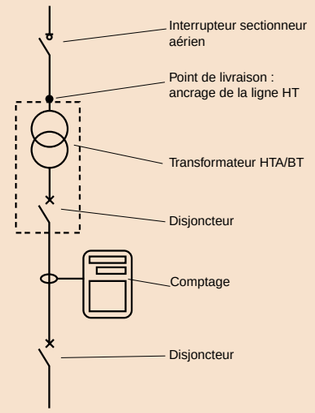
4 LE POINT DE LIVRAISON

Il constitue la limite entre les ouvrages de distribution et les installations privées du client. On parle aussi de "limite de concession".

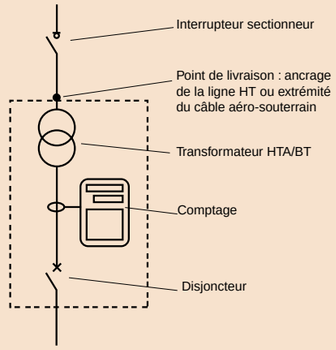
Poste de livraison HT avec sectionnement et protection



Alimentation HT jusqu'à 160 kVA (tarif vert) : Poste sur poteau.



Alimentation HT jusqu'à 250 kVA (tarif vert) : Poste simplifié préfabriqué sous enveloppe.

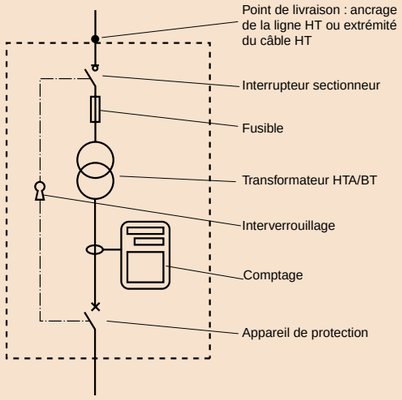


Le distributeur assure l'exploitation des ouvrages dont il a la concession conformément au cahier des charges. Il peut pour les besoins d'exploitation intervenir dans le poste client. Le client assure pour sa part l'exploitation des installations privées dont il a l'usage.



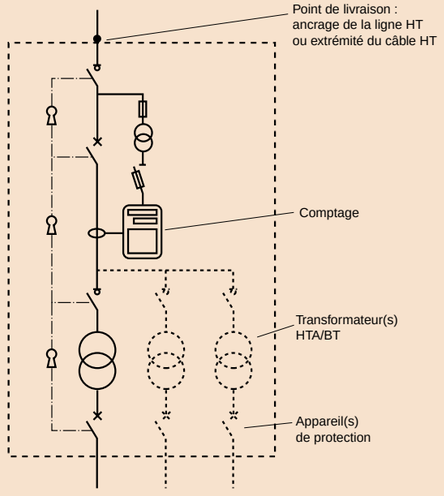
Alimentation HT à comptage sur la basse tension

Postes de livraison établis à l'intérieur des bâtiments et postes semi-enterrés préfabriqués sous enveloppe (jusqu'à 1 000 kVA).
Sauf cas particulier, les postes sont à comptage basse tension lorsqu'ils comportent un seul transformateur HTA/BT dont le courant secondaire n'excède pas 2 000 A (1 250 kVA sous 410 V triphasé).
La disposition et le nombre des interrupteurs sectionneurs de tête pourront être modifiés selon le type de raccordement : direct, double dérivation ou coupure d'artère.
Des interverrouillages permettent la mise en sécurité pour les interventions (voir chapitre II.C.1).



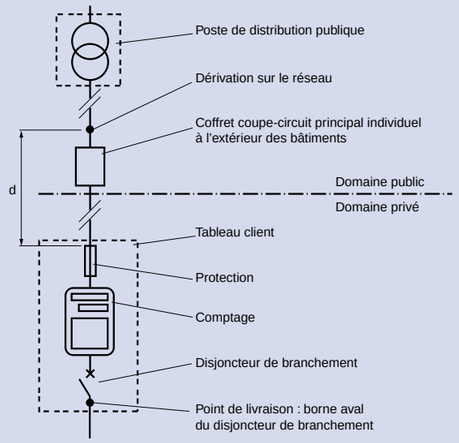
Alimentation à comptage sur la haute tension

Postes de livraison établis à l'intérieur des bâtiments.
Comme précédemment la disposition et le nombre des interrupteurs sectionneurs de tête pourront varier selon le type de raccordement : direct, double dérivation ou coupure d'artère.
Des interverrouillages permettent la mise en sécurité pour les interventions.



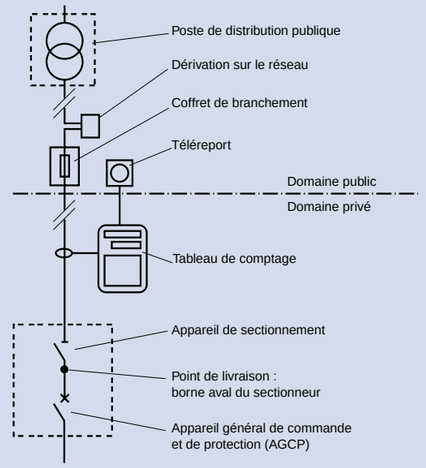
Alimentation BT jusqu'à 36 kVA (tarif bleu) : branchement à puissance limitée

- Branchement de type 1 : la distance (d) maximale entre le raccordement au réseau et le point de livraison est d'environ 30 m. Selon les cas, le branchement peut être aérien, souterrain, ou aéro-souterrain. Le panneau de comptage peut être disposé en limite de propriété (pour l'accès aux relevés) près du coffret coupe-circuit principal individuel.
- Branchement de type 2 : le disjoncteur de branchement est reporté en limite de propriété (protection de la ligne). Une seconde protection ou une télécommande sont installées au(x) point(s) d'utilisation. Le disjoncteur de branchement ou AGCP (Appareil Général de Commande et de Protection) doit couper tous les pôles (neutre et phases) et être conforme à la NF C 62-411. Il est normalement de type instantané (G) ou sélectif (S). L'utilisation d'un appareil non différentiel nécessite l'accord du distributeur.



Alimentation BT de 36 à 250 kVA (tarif jaune) : branchement à puissance surveillée

Les architectures de ce branchement peuvent différer selon les conditions. Le sectionnement peut être effectué au niveau du coffret de branchement. Le coffret de branchement peut lui-même se trouver en limite de propriété ou associé au tableau de comptage dans un local technique (coffret HN 62-S-19).
L'appareil général (AGCP) est un appareil de type industriel (DPX AB) dont les caractéristiques de fonctionnement sont coordonnées avec les protections du distributeur (fusibles 125, 200, 250 ou 400 A).



5 LES NORMES

Les installations de branchement sont réglementées par des textes législatifs et des normes auxquels il conviendra de se reporter pour connaître les exigences et dispositions exactes propres à chaque application, on citera entre autres :
- norme NF C 13-200 : Installations électriques à haute tension
- norme NF C 13-100 : Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique de 2e catégorie
- norme NF C 13-101 : Postes de livraison semi-enterrés préfabriqués sous enveloppe, alimentés par un réseau de distribution publique de 2e catégorie
- norme NF C 13-102 : Postes de livraison simplifiés préfabriqués sous enveloppe, alimentés par un réseau de distribution publique de 2e catégorie
- norme NF C 13-103 : Postes de livraison sur poteau, alimentés par un réseau de distribution publique de 2e catégorie
- norme NF C 14-100 : Installations de branchement de 1re catégorie, comprises entre le réseau de distribution publique et l'origine des installations intérieures
- norme NF C 15-100 : Installations électriques à basse tension
- arrêté du 2 avril 1991 : Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique
- décret du 14 novembre 1988 : Protection des travailleurs dans les établissements utilisant l'énergie électrique.
Voir article 53 faisant obligation au chef d'établissement de faire procéder, avant mise en œuvre puis périodiquement, à une vérification par un organisme agréé.

Dans tous les cas d'installation nouvelle ou d'évolution importante d'installations existantes, l'accord du distributeur d'énergie est nécessaire. La réalisation d'un dossier de branchement permet de maîtriser la réalisation du début à sa fin : étude technique, contrôle en cours de travaux, réception et remise d'ouvrage.

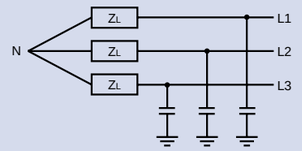


6 LES RÉGIMES DE NEUTRE EN HAUTE TENSION

Comme pour les installations BT, il convient de situer le réseau haute tension (point neutre) par rapport au potentiel de la terre. Selon les caractéristiques de cette liaison (résistance, inductance, court-circuit) et la valeur de la prise de terre, les valeurs de défaut (courants, surtensions) seront différentes.

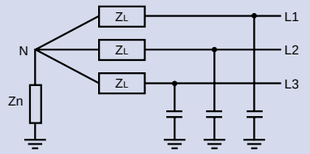
Neutre isolé

Courant de défaut faible mais surtensions non écoulées.
Utilisé dans l'industrie < 15 kV.



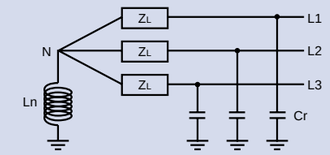
Neutre résistant

Limite les courants de défauts et les surtensions, mais nécessite de maîtriser la valeur de prise de terre.
Utilisé dans le domaine HTA, réseaux aériens et souterrains.



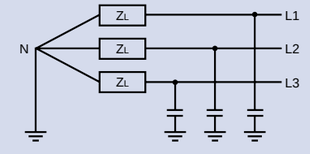
Neutre impédant

La bobine de compensation (dite aussi d'extinction ou de Petersen) permet de compenser par son inductance Ln les capacités du réseau Cr. Diminution des courants de défaut si Ln et Cr accordés. Risque plus élevé de surtension. Possibilité de compensation active permanente par calculateur.
Utilisé dans le domaine HTA souterrain.

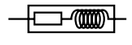


Neutre à la terre

La liaison directe à la terre élimine les surtensions mais le courant de défaut est élevé.
Utilisé sur les réseaux HTB à longues et très longues distances.



ZL : Impédance de la ligne



7 LA LIAISON DES MASSES HAUTE TENSION

Indépendamment du régime de neutre propre au réseau haute tension (de la responsabilité du distributeur), il importe de fixer les modalités de liaison des masses haute tension à la terre.
Dans la pratique, il s'agira des masses du poste de livraison HT par rapport aux mises à la terre du neutre et des masses du réseau BT.
La liaison de ces masses HT est définie par une lettre complémentaire ajoutée aux désignations habituelles : TT, TN et IT (voir section I.D).
R : les masses HT sont reliées avec la mise à la terre du neutre et la mise à la terre des masses BT.
N : les masses HT sont reliées avec la mise à la terre du neutre mais pas avec les masses BT.
S : les masses HT sont séparées des mises à la terre du neutre et des masses BT.
Il résulte six combinaisons possibles entre régime de neutre BT et situations des masses HT.

! Dans les schémas TNR et ITR, le conducteur des masses HT est relié électriquement à la borne principale de terre unique et commune à toute l'installation. La borne principale de terre est reliée à la liaison équipotentielle générale. En cas d'alimentation d'autres bâtiments proches, les liaisons équipotentielles principales de chaque bâtiment seront reliées à la liaison équipotentielle générale.
Voir pages 220-221.

Schéma TNR

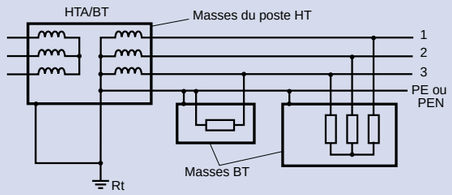
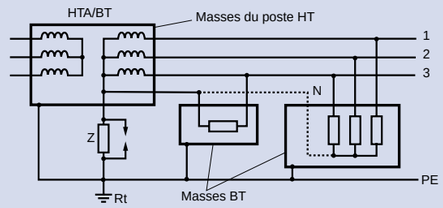


Schéma ITR



Tout défaut d'isolement dans le schéma TNR se traduit par un court-circuit phase-neutre. Le calcul du courant minimal est nécessaire pour vérifier l'adaptation des protections contre les surintensités.
Le conducteur de protection doit cheminer à proximité des conducteurs actifs.

! Dans les schémas TTN et ITN, les masses HT et les masses BT ne sont pas électriquement reliées à la même prise de terre. Le schéma TTN se rencontre en distribution publique BT ou dans les installations étendues (bâtiments distants).

Schéma TTN

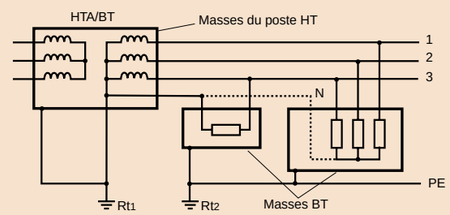
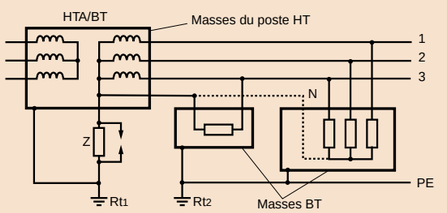


Schéma ITN



! Dans les schémas TTS et ITS, les prises de terre des masses HT, du point neutre de l'alimentation BT, et des masses BT sont séparées. Le schéma est nécessité par des exigences de livraison éloignée (stations, installations en montagne…).

Schéma TTS

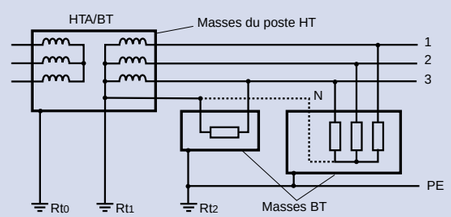
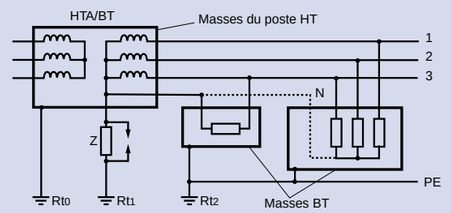


Schéma ITS



Dans les schémas TTN et TTS, les courants de défaut sont limités par plusieurs résistances de prise de terre en série et par l'interconnexion des masses à ces terres.
Le risque d'établir un défaut de valeur insuffisante à sa détection doit conduire à l'emploi de détecteur (tores différentiels sensibles aux courants homopolaires) entre le point neutre et la terre entraînant la coupure au 1er défaut.

Dans les schémas ITN et ITS, la non-coupure au 1er défaut est autorisée sous réserve que le courant de défaut soit limité (résistance Z ou couplage capacitif de l'installation par rapport à la terre). La signalisation (contrôleur permanent d'isolement), la recherche rapide et l'élimination du défaut sont obligatoires (service compétent sur place).

Dans les schémas ITN et ITS, le courant de 1er défaut est uniquement limité par l'impédance capacitive de l'installation par rapport à la terre. L'insertion d'une impédance Z augmente donc la valeur du défaut mais permet de limiter les surtensions transitoires.
Dans la pratique, la valeur de l'impédance Z sera prise égale à environ la moitié de la valeur de l'impédance capacitive de l'installation.

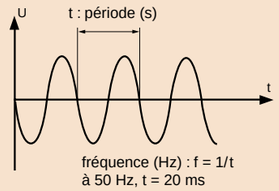
8 LA QUALITÉ ET LES PERTURBATIONS DE L'ALIMENTATION

L'énergie électrique livrée au client peut être perturbée : les caractéristiques fondamentales (tension, fréquence) peuvent sortir des tolérances; des phénomènes de distorsion, de superposition peuvent affecter le signal, et des phénomènes transitoires peuvent être source de dysfonctionnement.
Dans certains cas, ces perturbations sont inhérentes au réseau lui-même (manœuvres, foudre…) alors que dans d'autres elles sont la conséquence de diverses utilisations qui créent des variations importantes du courant consommé (enclenchements) ou modifient la forme de l'onde de tension.
Le développement actuel de produits générant des perturbations est corollaire à celui des produits sensibles à ces mêmes perturbations (électronique, informatique).

1 La fréquence du signal

Elle doit être de 50 Hz avec une tolérance de ± 1 % pendant 95 % d'une semaine et de + 4 à – 6 % pendant les 5 % restants.

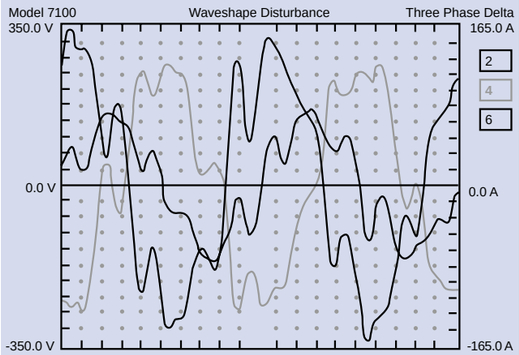
Fréquence et période



2 L'amplitude de la tension

La valeur normalisée est de 230 V entre phase et neutre.

Exemple de relevé montrant des décalages de fréquence et des distorsions du signal



Le produit "électricité" fait l'objet, entre autres, d'une norme européenne EN 50160 qui stipule les limites admissibles de 14 grandeurs ou phénomènes caractérisant ou affectant le signal sinusoïdal à 50 Hz. Basée sur une approche statistique, elle est destinée à garantir un certain niveau de qualité en exploitation normale.

3 Les variations de la tension

95 % des valeurs mesurées pendant une semaine et moyennées sur 10 mn doivent se situer dans une plage de 10 %, soit de 207 V à 253 V.

4 L'amplitude des variations rapides de la tension

Ces variations qui proviennent essentiellement des appels de courants des fortes charges ne devraient pas excéder 5 à 10 % de la tension nominale.
Des relevés montrent que des baisses momentanées de 30 % sont tout à fait possibles à l'enclenchement de récepteurs comme les moteurs ou les transformateurs.

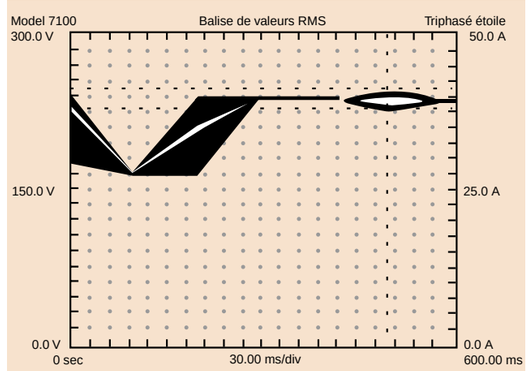
5 La sévérité du papillotement

Cette sensation, également nommée "flicker", se caractérise, comme son nom l'indique, par des variations de lumière qui peuvent être gênantes au-delà d'un certain niveau. Une formule basée sur le rapport des durées des différents niveaux d'éclairage permet de quantifier le niveau de flicker. Ce phénomène est surtout gênant pour les éclairages à incandescence, voire les écrans de certains appareils. Il peut avoir pour cause des charges à variations cycliques.

6 Les creux de tension

Ceux-ci sont généralement dus à des défauts survenant chez les utilisateurs, mais le plus souvent à des incidents sur le réseau public. Leur nombre est très variable selon les conditions locales et ils n'ont généralement pas une durée supérieure à la seconde.

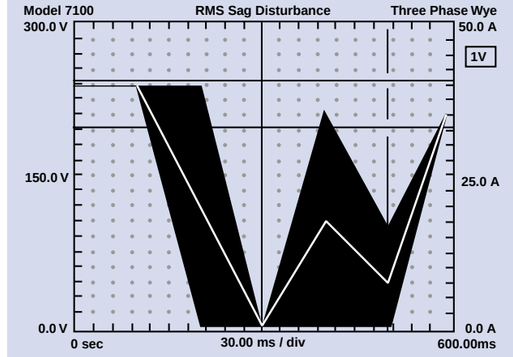
Exemple de relevé de creux de tension



7 Les coupures brèves de la tension

On parle de coupure brève ou encore de microcoupure lorsque la valeur du signal tombe à 0 V. Généralement, la durée n'excède pas une seconde, bien qu'une coupure de 1 mn soit encore considérée comme brève.

Exemple de relevé de coupure brève de la tension



8 Les coupures longues de la tension

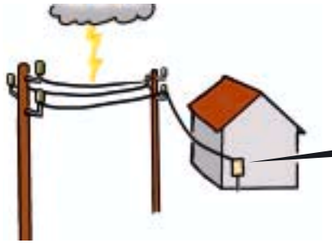
Ces valeurs ne sont bien sûr pas quantifiées puisqu'elles dépendent d'éléments tout à fait accidentels. Leur fréquence est très variable en fonction de l'architecture du réseau de distribution ou de l'exposition aux aléas climatiques.

9 Les surtensions temporaires

Pouvant se produire aussi bien sur le réseau de distribution que chez l'utilisateur, ce type de défaut peut être dévastateur car la tension fournie peut atteindre une valeur dangereuse pour les équipements. Le risque majeur est bien sûr de retrouver une tension composée phase/phase à la place d'une tension phase/neutre en cas de rupture de neutre par exemple.
Des défauts sur le réseau haute tension (chute de ligne) peuvent également générer des surtensions côté basse tension.

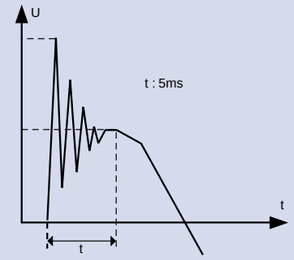
10 Les surtensions transitoires

Ces phénomènes sont très variables. Ils sont essentiellement dus à la foudre et aux manoeuvres sur le réseau. Leur temps de montée va de quelques microsecondes à quelques milli-secondes, de sorte que leur domaine de fréquence est lui-même variable de quelques kHz à plusieurs centaines de kHz.

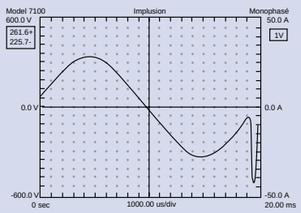


La foudre tombant sur le réseau provoque des surtensions qui sont transportées jusqu'aux utilisateurs malgré les protections mises en place par le distributeur.
Les réseaux souterrains, contrairement aux réseaux aériens, atténuent en grande partie l'onde de choc.

Onde typique de surtension de manœuvre



Relevé de surtension due à un choc de foudre

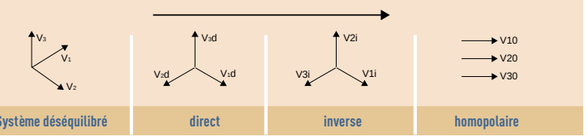


11 Les déséquilibres de la tension

Les déséquilibres de tension sont provoqués par les charges monophasées de forte puissance. Ils provoquent des composantes de courant inverses qui peuvent provoquer des couples de freinage et des échauffements des machines tournantes. Il est bien sûr conseillé de répartir au mieux les charges sur les trois phases et de protéger les installations par des détecteurs appropriés.
La composante inverse de la tension d'alimentation ne devrait pas excéder 2 % de la composante directe.

L'utilisation des composantes symétriques

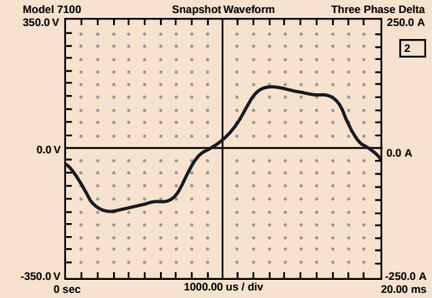
• Le réseau symétrique correspond à l'ensemble des éléments (impédances, fem, fcem, et charges) supposés symétriques, c'est-à-dire identiques sur chaque phase. A ne pas confondre avec l'équilibrage qui concerne l'égalité des courants et des tensions.
• Un système triphasé symétrique déséquilibré peut être décrit par trois systèmes triphasés équilibrés (représentation de Fortescue). Cette décomposition se fait selon trois modes : direct, inverse, homopolaire.
En cas de défaut, surtension, court-circuit, affectant uniquement une des phases (ce qui est le plus fréquent), le réseau devient dissymétrique et il ne peut alors être décrit que par un système réel, V et I séparé pour chaque phase, représente la partie concernée.



12 Les tensions harmoniques

Les harmoniques désignent une déformation du signal sinusoïdal due à l'absorption non linéaire du courant. Autrement dit, les charges générant des harmoniques n'absorbent pas un courant qui est l'image exacte de la tension comme le ferait une résistance. Il en résulte que le signal électrique est déformé et que sa valeur réelle est différente de sa valeur théorique. La difficulté est alors d'estimer quelle est la vraie valeur de ce signal et ses éventuels impacts.
Hormis des phénomènes destructeurs, mais heureusement rares, comme la rupture du conducteur neutre ou le claquage de condensateurs, les effets instantanés sont généralement très limités avec les appareils modernes. On peut néanmoins citer des déformations d'images, des distorsions du son, des décalages d'horloges à 50 Hz, des mesures erronées avec des appareils à référence de tension…
A long terme, on note surtout des échauffements supplémentaires des conducteurs et des circuits magnétiques (moteurs, transformateurs…).
Si globalement les effets sont difficiles à évaluer, il faut surtout être prudent sur la réduction du conducteur de neutre qui peut se trouver surchargé en harmoniques de rang 3 très fréquentes et qui s'additionnent sur ce conducteur.

Tensions harmoniques



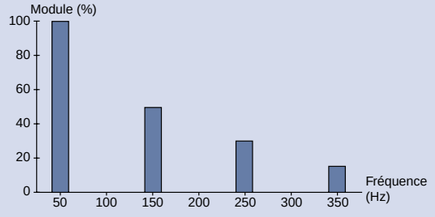
Distorsion : THD = 11,53 %
Odd = 11,52 %
Even = 0,46 %

Harmonics : 1 = 100,00 %	**19 = 0,23 %**	**37 = 0,02 %**
3 = 2,80 %	**21 = 0,04 %**	**39 = 0,13 %**
5 = 10,48 %	**23 = 0,13 %**	**41 = 0,03 %**
7 = 3,12 %	**25 = 0,03 %**	**43 = 0,05 %**
9 = 1,92 %	**27 = 0,03 %**	**45 = 0,00 %**
11 = 1,08 %	**29 = 0,04 %**	**47 = 0,09 %**
13 = 0,43 %	**31 = 0,06 %**	**49 = 0,02 %**
15 = 0,12 %	**33 = 0,02 %**	
17 = 0,39 %	**35 = 0,04 %**	

L'observation à l'oscilloscope montre bien un signal déformé qui ne ressemble plus beaucoup à une sinosoïde dans certains cas.

Pour quantifier et représenter ces phénomènes, on utilise un artifice mathématique nommé "décomposition en série de Fourier" qui permet de représenter n'importe quel signal périodique sous la forme de la somme d'une onde fondamentale et d'ondes additionnelles, les harmoniques, dont la fréquence est multiple de la fondamentale.

On parle ainsi souvent de rangs d'harmoniques :
rang 1 : 50 Hz (fondamentale)
rang 2 : 100 Hz
rang 3 : 150 Hz
rang 5 : 250 Hz
rang 7 : 350 Hz
rang 50 : 2 500 Hz qui est généralement la limite considérée.



Décomposition spectrale du signal s(t) en fréquence

Les harmoniques peuvent être exprimées rang par rang, en tension ou en courant, en pourcentage de la valeur de la fréquence fondamentale ou en valeur réelle.
On parle aussi de THD (TDH) qui est le taux de distorsion harmonique calculé à partir de la somme de tous les rangs. Ce chiffre unique peut permettre des comparaisons ou évaluer l'impact direct sur des récepteurs.

! Les principales sources d'harmoniques sont :

➜ Tous les appareils possédant une alimentation redressée monophasée suivie d'un découpage (rangs 3, 5, 7) : télévision, ordinateur, fax, lampe à ballast électronique;

➜ Les gradateurs monophasés utilisant la variation de l'angle de phase (rangs 3, 5, 7) : variateurs, régulateurs, démarreurs…

➜ Les équipements à arc (rangs 3, 5) : fours, soudure…

Les redresseurs de puissance à thyristors (rangs 5, 7) : alimentation de moteurs à vitesse variable, de fours, d'onduleurs…

➜ Les machines à circuit magnétique si celui-ci est saturé (rang 3) : transformateurs, moteurs;

➜ Les appareils d'éclairage à arc contrôlé (rang 3) : lampes à ballast électromagnétique, lampe à vapeur haute pression, tubes fluos…

Le rang d'harmonique 3 était jusqu'alors prépondérant, mais il est

arrêté par les transformateurs HT/BT et ne remonte donc pas sur le réseau de distribution. Ce n'est plus le cas avec les rangs supérieurs 5 et 7 qui croissent actuellement, d'où les limites en pourcentage de tension fixées par la norme au point de livraison :
- rang 3 —> 5 %
- rang 5 —> 6 %
- rang 7 —> 5 %
- rang 9 —>1,5 %
- rang 11—> 3,5 %, etc.

De toutes les perturbations, les harmoniques ont pour particularité de ne pas montrer d'influence locale directe au même titre que les autres perturbations que sont les transitoires, les surtensions, les microcoupures… dont les effets directs ou réciproques entre appareils sont à la fois visibles et identifiables. Les harmoniques désignent un phénomène global où chaque utilisateur n'apporte qu'une petite fraction de perturbations dégradant le réseau, mais où les effets cumulés sont de moins en moins négligeables.

13 Les tensions interharmoniques

Ce phénomène désigne des composantes de fréquence situées entre les harmoniques. Elles sont dues aux convertisseurs de fréquence, aux onduleurs, aux machines tournantes pilotées, aux appareils à arc.
Leur interaction peut provoquer des phénomènes de Flicker, mais c'est surtout vis-à-vis des signaux d'information transmis sur le réseau qu'ils doivent être identifiées et contrôlées.

14 Les signaux d'information transmis sur le réseau

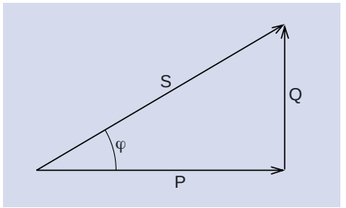
Le réseau est utilisé par le distributeur pour la transmission de commandes ou de mesures. Les fréquences de ces signaux varient de quelques dizaines d'Hz à plusieurs kHz.
En revanche, le réseau ne doit pas être utilisé pour la transmission des signaux d'information des installations privées. Ceux-ci, dits à courant porteur, utilisent des fréquences de l'ordre de quelques dizaines à quelques centaines de kHz. Le niveau de tension qu'elles peuvent générer sur le réseau est également fixé par la norme EN 50160.

9 LA COMPENSATION DU FACTEUR DE PUISSANCE

La consommation d'énergie réactive conduit à surdimensionner les sources d'énergie et les canalisations d'alimentation. Elle est facturée par le distributeur d'énergie.
La présence de charges inductives (moteurs, soudeuses, éclairages…) provoque une dégradation du cos φ.
La puissance active P (en W), restituée sous forme de travail ou de chaleur est alors inférieure à la puissance apparente S (en VA).

La puissance réactive Q constitue une consommation d'énergie inutile. Elle ne sert à rien !

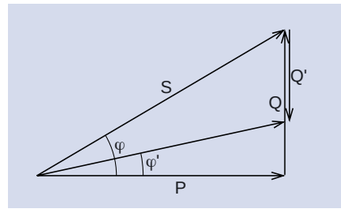
1 Diagramme des puissances



A noter qu'en terme de puissance, on utilise non pas le cosinus de l'angle mais plus souvent sa tangente d'où :

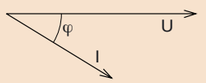
$$\tan \varphi = \frac{Q}{P}$$

La puissance réactive Q est exprimée en VAr (voltampères réactifs).
Les condensateurs utilisés pour la compensation sont également désignés par leur puissance réactive en VAr, bien que leur valeur Q' soit d'origine capacitive et donc de sens inverse à la valeur Q, d'origine inductive.



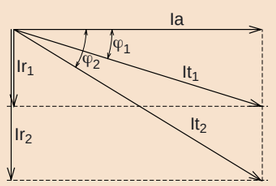
tan φ pour Q avant correction
tan φ' pour Q-Q' après correction
$Q' = C\omega U^2$
$\omega = 2\pi f$
C : capacité en farads

Le facteur de puissance désigne le cosinus φ de l'écart angulaire, ou déphasage, entre les vecteurs représentant la tension et l'intensité.



φ = 0° pour une charge purement résistive (U et I en phase)
φ = + 90° pour une charge purement inductive (I en retard sur U)
φ = - 90° pour une charge purement capacitive (I en avance sur U)

Le cosinus φ varie de 1 (φ = 0°) à 0 (φ = + 90° ou φ = - 90°)



Inconvénients d'un mauvais cos φ

Dans l'exemple :
φ_1 = 30° ⇒ cos φ_1 = 0,86
φ_2 = 60° ⇒ cos φ_2 = 0,5

Pour une même intensité active Ia absorbée par un récepteur, le courant total en ligne sera supérieur (It_2) avec un cos φ de 0,5 à celui qu'il serait (It_1) avec un cos φ de 0,86.

La formule : $I = \frac{P}{U\sqrt{3}\cos\varphi}$ en triphasé montre que pour une même puissance, l'intensité est proportionnelle à la dégradation du cos φ. I est par exemple doublé si φ passe de 1 à 0,5.

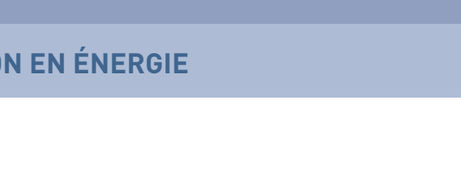


Batterie de condensateurs en armoire, à enclenchement automatique par gradins

L'amélioration du cosinus φ permet de diminuer les pertes dans les installations et d'éviter la facturation d'énergie réactive par le distributeur. Un cosinus φ correct permet de mieux disposer de l'énergie disponible.
Un transformateur de 1000 kVA ne peut délivrer que 500 kW avec un cosinus φ de 0,5.

L'installation de condensateurs peut se faire à proximité du récepteur ayant un mauvais cos φ, à l'origine de l'installation ou en compromis par groupe de circuits, ou bâtiments, ou ateliers.
Dans le premier cas, la batterie de condensateurs est adaptée au récepteur auquel elle est asservie. Son fonctionnement peut être non permanent. (Attention, une compensation trop importante peut générer des surtensions). Elle est utilisée pour les récepteurs de forte consommation ou ceux pour lesquels la compensation est incorporée (tubes à fluorescence).
Le deuxième cas, le plus général, consiste en une compensation moyenne sur l'origine de l'installation.
Enfin, le branchement par groupe ou poste de répartition permet de tenir compte de la simultanéité des récepteurs et d'utiliser au mieux la puissance installée. Cette installation peut être automatisée par un relais varmétrique qui couple les condensateurs en fonction des variations de charge.

Compensation moyenne sur l'origine de l'installation



L'installation de condensateurs de compensation nécessite quelques précautions :
- des résistances de décharge doivent être prévues
- des condensateurs doivent être coupés si la charge est trop faible
- les appareils de commande et de protection doivent être surdimensionnés (courant d'appel) voir page 306
- des inductances de choc peuvent être prévues en série avec les condensateurs.

2 Détermination de la puissance réactive Q' des batteries de condensateurs de compensation

• A partir de la facturation, on calcule la valeur nécessaire par la formule :

$$Q' = P (\tan \varphi - 0,4)$$

tan φ est donnée par le distributeur. Si elle est inférieure à 0,4 (correspondant à cos φ = 0,93) la compensation est inutile.

• A partir des relevés de puissance faits sur une période représentative t : 1 semaine à 1 mois, on calcule la tangente φ par la formule :

$$\tan \varphi = \frac{Wp}{VAr\,Q}$$

Wp : énergie active en kWh
VAr Q : énergie réactive en kVArh
La puissance P (en kW) est obtenue en divisant l'énergie par le temps (en heures) :

$$P = \frac{Wp}{t}$$

La puissance réactive de la batterie est calculée par la même formule

$$Q' = P (\tan \varphi - 0,4)$$

• Calcul à partir de mesures du cos φ
$P = U I \sqrt{3} \cos \varphi$
La relation avec la tangente est donnée par la formule :

$$\tan \varphi = \sqrt{\frac{1}{\cos \varphi} - 1}$$

La même formule de calcul de Q' est à nouveau utilisée.

• Calcul à partir des valeurs théoriques des récepteurs.
Cette méthode est généralement à appliquer pour les installations neuves. Elle consiste à répertorier tous les récepteurs, leur puissance et leur cosinus φ moyen.Pour chaque groupe, la tangente φ est calculée ainsi que la puissance de compensation.

Exemple

Récepteur	Puissance (kW)	cos φ	tan φ	Q' (kVAr)
Eclairage à incandescence	10	1		0
Eclairage à fluorescence	12	0,85	0,62	7,2
Chauffage	30	0,95	0,33	non nécessaire
Moteurs	16	0,6	1,33	14,9

La puissance réactive totale Q' de compensation à installer est de 7,2 + 14,9 = 22 kVAr pouvant être arrondie à 25 kVAr : valeur standard dans les gammes de condensateurs.

Si les conditions de fonctionnement (durée, simultanéité des charges…), sont connues avec précision, il est possible d'appliquer à ce calcul des coefficients de correction pour permettre une approche plus précise (voir page 243 pour information).

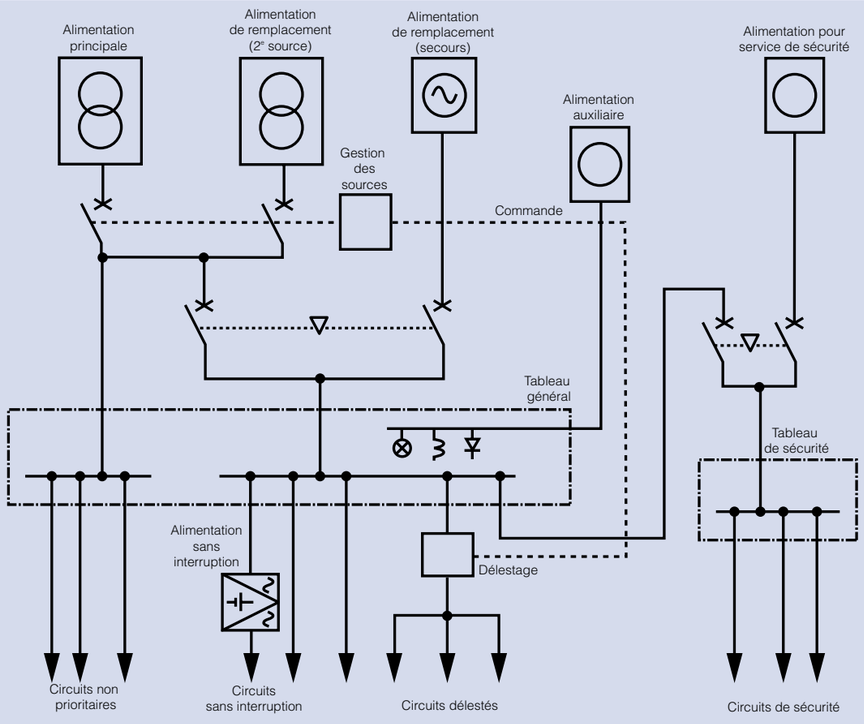
Les alimentations

Le terme général d'alimentation désigne la fourniture de l'énergie. L'alimentation, mais plus généralement les alimentations, sont assurées par des sources (réseau, batteries, groupes...). Le raccordement de ces sources, devenues multiples, nécessite de véritables automatismes et complexifie d'autant plus le schéma de la "tête d'installation".

Les alimentations nécessaires pourront être déterminées à partir des critères de définition de l'installation (récepteurs, puissance, localisation...) et des conditions d'exploitation (sûreté, évacuation du public, continuité...).

On distingue :
- l'alimentation principale
- l'alimentation de remplacement
- l'alimentation pour service de sécurité
- l'alimentation auxiliaire.

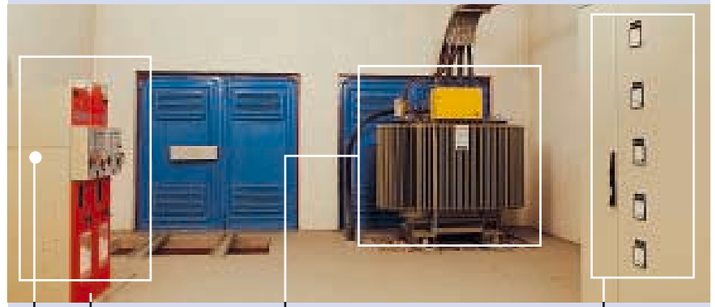
Architecture générale type



1 ALIMENTATION PRINCIPALE

Destinée à l'alimentation permanente de l'installation, elle est en général issue du réseau de distribution public. Le choix entre haute ou basse tension se fait en fonction de la puissance nécessaire (voir chapitre I.A.1).

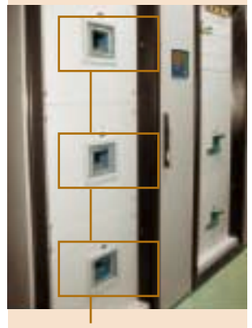
**Alimentations stabilisées secourues
Coffrets d'énergie Relergy**



2 ALIMENTATION DE REMPLACEMENT

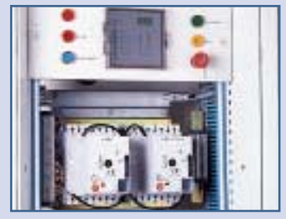
Destinée à remplacer l'alimentation principale, elle est utilisée :
- soit en cas de défaillance (secours), pour maintenir l'exploitation (hôpitaux, informatique, processus industriel, agro-alimentaire, applications militaires, grandes surfaces de distribution...)
- soit dans un but économique en se substituant en tout ou partie à l'alimentation principale (option délestage, bi-énergie, énergies renouvelables...).

Sélection de la source



Trois DPX 1600 en tête d'un TGBT

DPX en version inverseur de sources



Deux appareils sur une même platine. Les commandes motorisées et le boîtier d'automatisme permettent la gestion du basculement entre deux sources principales (transformateurs) ou entre une source principale et une source de remplacement.

Le besoin de sûreté dans la fourniture de l'énergie est de plus en plus élevé (concept HDHQ : Haute Disponibilité, Haute Qualité). Des technologies nouvelles (microturbines, piles à combustibles, aérogénérateurs, cellules photovoltaïques...) permettent ou vont permettre à court terme la production d'énergie en complément du réseau principal de distribution. Des concepts nouveaux d'architecture permettront d'exploiter au mieux les différentes sources en sectorisant les applications selon des critères tels que : secours, sécurité, interruptabilité, priorité, haute qualité...

3 ALIMENTATION POUR SERVICE DE SÉCURITÉ

Destinée à maintenir l'alimentation, elle fournit l'énergie nécessaire pour garantir la mise en sécurité du site en cas de défaillance de l'alimentation principale et/ou de remplacement.
Le maintien de l'alimentation est imposé pour :
- les installations de sécurité devant fonctionner en cas d'incendie (éclairage minimal, signalisation, alarme et secours incendie,désenfumage…)
- les autres installations de sécurité telles que les télécommandes, les télécommunications, les matériels participant à la sécurité des personnes (ascenseur, balisage, bloc opératoire…).
Elles sont caractérisées par leur mise en fonctionnement (automatique ou manuel) et leur autonomie.

Alimentations stabilisées secourues
Coffrets d'énergie Relergy





Alimentations stabilisées secourues en 12, 24 ou 48 V autonomie 1 heure



Les coffrets d'énergie Relergy assurent l'alimentation électrique de sécurité (AES) des systèmes de sécurité incendie

4 ALIMENTATION AUXILIAIRE

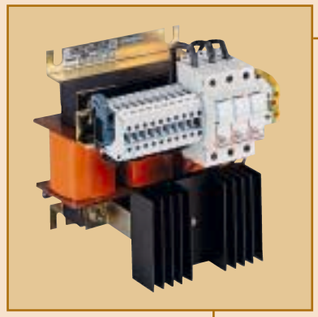
Destinée au fonctionnement des "auxiliaires" (circuits et appareils de commande et de signalisation), elle est fournie par une source distincte issue ou non de l'alimentation principale. Son indépendance procure une certaine sécurité de fonctionnement de l'installation. Elle est souvent d'une tension ou d'une nature différente de l'alimentation principale (exemple : TBT alternatif ou continu). Lorsqu'elle est secourue et qu'elle satisfait à certains critères (puissance, autonomie, etc.) elle peut être assimilée à une alimentation pour service de sécurité.

Alimentation des auxiliaires...



adaptée au besoin en tension et en puissance

Alimentations redressées filtrées, stabilisées, transformateurs de commande et de signalisation...







toutes les réponses au besoin d'alimentation auxiliaire sont dans le catalogue Legrand

Bien que leur usage soit le plus souvent nécessité par la sécurité des personnes (Très Basse Tension de Sécurité) ou par des besoins de tensions différentes, il est important de rappeler que les alimentations Legrand comportant un transformateur représentent une solution simple et efficace pour limiter la propagation des perturbations électromagnétiques et assurer l'alimentation d'appareils sensibles.

Les sources

Indépendamment de leur usage, les sources se distingent essentiellement par leur puissance, leur autonomie, l'origine de leur énergie et leur coût d'exploitation.

1 LES TRANSFORMATEURS HTA/BT

Les transformateurs sont généralement abaisseurs, et permettent d'alimenter des installations basse tension à partir d'un réseau haute tension.
Il existe deux types de transformateurs qui se distinguent par leur mode de construction : les transformateurs immergés et les transformateurs secs.

1 Transformateurs immergés

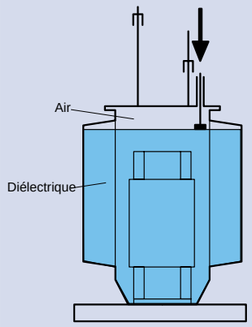
Le circuit magnétique et les enroulements sont immergés dans un diélectrique liquide qui assure isolation et évacuation des pertes calorifiques du transformateur.
Ce liquide se dilate en fonction de la charge et de la température ambiante.

Les PCB et TCB sont désormais interdits, l'huile minérale est généralement utilisée. Elle est inflammable et nécessite des mesures de protection contre les risques d'incendie, d'explosion et de pollution.
Les protections les plus utilisées sont le DGPT ou le DGPT2 : Détecteur de Gaz, de Pression et de Température à 1 ou 2 niveaux de détection sur la température. Ce système permet la coupure de la charge BT (1er niveau) puis de l'alimentation HT (2e niveau) lors d'une défaillance à l'intérieur du transformateur.
Un bac de rétention permet de récupérer la totalité du liquide diélectrique.

Des quatre types de transformateurs immergés, transformateurs respirants, transformateurs à matelas de gaz, transformateurs avec conservateur et transformateurs à remplissage intégral, seuls ces derniers sont actuellement installés.

• Transformateurs respirants
Un volume d'air entre la surface de l'huile et le couvercle permet la dilatation du liquide sans risque de débordement. Le transformateur "respire", mais l'humidité de l'air se mélange à l'huile et la rigidité diélectrique se dégrade.

Transformateurs respirants



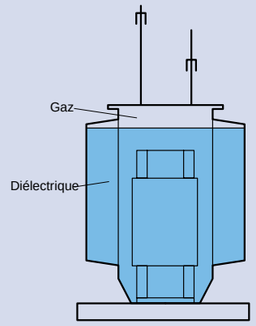
Normes de construction pour les transformateurs immergés

Puissance de 50 à 2 500 kVA (25 kVA possible) :
Tension primaire jusqu'à 36 kV
Tension secondaire jusqu'à 1,1 kV
NF C 52-112-x, HD 428.x.S1 (x de 1 à 4)

Puissance > 2 500 kVA :
Tension HTA supérieure à 36 kV
NF C 52-100, CEI 60076-x, HD 398-x (x de 1à 5)

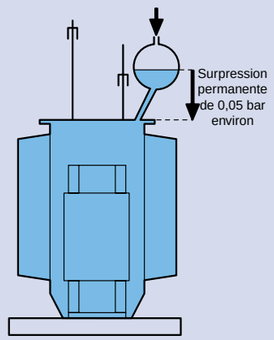
• Transformateurs à matelas de gaz
La cuve est rendue étanche et c'est un matelas de gaz neutre qui compense la variation de volume du diélectrique (risque de fuite).

Transformateurs à matelas de gaz



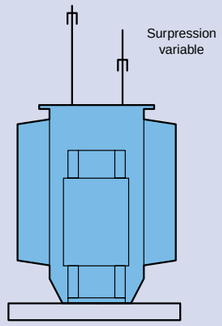
• Transformateurs avec conservateur
Pour limiter les inconvénients précédents, un réservoir d'expansion limite le contact air/huile et absorbe la surpression. Néanmoins, le diélectrique continue à s'oxyder et à se charger d'eau. L'adjonction d'un dessicateur limite ce phénomène mais nécessite une maintenance régulière.

Transformateurs avec conservateur



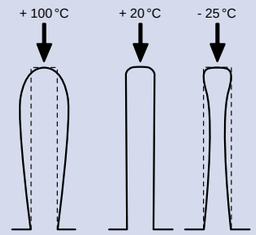
• Transformateurs à remplissage intégral
La cuve est totalement remplie de liquide diélectrique et close hermétiquement. Il n'y a aucun risque d'oxydation de l'huile.

Transformateurs à remplissage intégral



La surpression due à la dilatation du liquide est absorbée par les plis de la cuve.

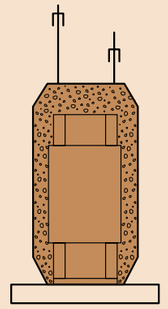
Surpression due à la dilatation



2 Transformateurs secs

Le circuit magnétique est isolé (ou enrobé) dans une matière isolante sèche à plusieurs composants. Le refroidissement est assuré dans l'air ambiant sans liquide intermédiaire. Ce type de transformateur a l'avantage de ne présenter aucun risque de fuite ou de pollution. En revanche, il nécessite des précautions de mise en œuvre et de maintenance (local ventilé, dépoussiérage…).
Les enroulements sont généralement équipés de sondes de détection afin de surveiller les températures internes et permettre le déclenchement de la charge et de l'alimentation si un problème thermique apparaît.

Transformateurs secs



Normes de construction pour les transformateurs secs

Puissance de 100 à 2 500 kVA :
Tension primaire jusqu'à 36 kV
Tension secondaire jusqu'à 1,1 kV
NF C 52-115-x, HD 538-x-S1 (x de 1 à 2)
NF C 52-726

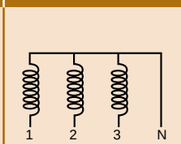
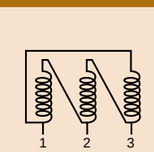
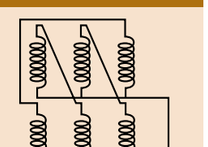
2 CARACTÉRISTIQUES DES TRANSFORMATEURS HTA/BT

Caractéristiques usuelles		
Puissance assignée (kVA)		$P = U_1 \cdot I_1 \cdot \sqrt{3}$ HTA/BT : 50 à 2 500 kVA
Fréquence (Hz)		50 Hz , 60 Hz…
Type de fonctionnement		Abaisseur, élévateur ou réversible
Tensions primaires	Tension(s) assignée(s) U_1	5,5 – 6,6 – 10 – 15 – 20 – 33 kV
	Tension d'isolement Ui	7,2 – 12 – 17,5 – 24 – 36 kV
Tensions secondaires	Tension(s) assignée(s) U_2	237 – 410 – 525 – 690 V
	Tension d'isolement Ui	1,1 kV
Tension de court-circuit (%)		Pourcentage de la tension primaire assignée à appliquer pour avoir l'intensité secondaire nominale quand ce secondaire est en court-circuit Ces valeurs sont, en général : 4 % pour P ≤ 630 kVA 6 % pour P > 630 kVA
Réglage hors tension	Par prises de réglage	Prises manœuvrables hors tension agissant sur la plus haute tension pour adapter le transformateur à la valeur réelle de la tension d'alimentation. Les valeurs standard sont de ± 2,5 %
Altitude d'utilisation		≤ 1 000 m (standard NF C 15-100 & CEI 76)
Température d'utilisation	Standard	- 25 °C à + 40 °C (standard NF C 15-100 & CEI 76)
	Moyenne journalière du mois le plus chaud	30 °C (standard NF C 15-100 & CEI 76)
	Moyenne annuelle	20 °C (standard NF C 15-100 & CEI 76)
Mode d'installation	Extérieur sur poteau	P ≤ 160 kVA
	Extérieur ou intérieur en cabine	Toutes puissances

Caractéristiques liées au mode de construction			
Mode de construction		**Immergé**	**Sec**
Diélectrique		Huile minérale en général	Enrobage dans la résine
Classe thermique et échauffement		A préciser	A préciser
Refroidissement	Naturel	Air Natural (AN)	Oil Natural Air Natural (ONAN)
	Forcé	Air Forced (AF)	Oil Natural Air Forced (ONAF)
Raccordement HT	Boulonné	Sur plages	Sur traversées porcelaine
	Embrochable	Sur parties fixes embrochables HN 52 S61	
Accessoires MT		Verrouillage du panneau MT avec serrure Parties mobiles embrochables HN 52 S61 avec verrouillage et serrure	
Raccordement BT		Par traversées porcelaine Par passe barres	Sur jeux de barres ou autre
Accessoires BT		Capot BT	
Accessoires de protection interne		DGPT, DGPT2, relais Buccholz + assécheur d'air etc.	Sondes de températures internes
Autres accessoires		Doigt de gant Vanne de vidange Verrouillage…	Verrouillage

! Désignation symbolique des branchements

Les lettres Y, D et Z utilisées pour les enroulements haute tension et y, d et z pour les enroulements basse tension désignent le branchement des enroulements triphasés.
Si le point neutre des enroulements en étoile ou en zigzag est accessible pour être raccordé, les désignations deviennent YN ou ZN et yn ou zn.

Branchement	Etoile	Triangle	Zigzag
Schéma			
Symbole			
Lettre	**Y ou y**	**D ou d**	**Z ou z**
Remarques	Simple, robuste et adapté aux très hautes tensions	Plus adapté aux courants importants	Utilisé côté secondaire des transformateurs de distribution Connexions plus nombreuses

Configurations de branchement primaire/secondaire les plus utilisées

- Etoile/Etoile (Y,y) : robuste, simple, neutre, accessible, mais mal adapté en régime déséquilibré et très forts courants.

- Etoile/Triangle (Y,d) : bonne tenue en régime déséquilibré, pas d'harmoniques de rang 3 mais la distribution BT quatre fils n'est pas possible (pas de neutre au secondaire).

- Triangle/Etoile (D,y) : pas de point neutre au primaire mais possibilité de neutre au secondaire (mise à la terre et distribution 4 fils).

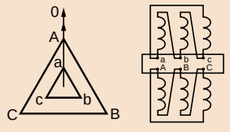
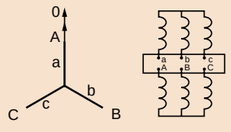
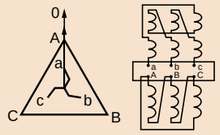
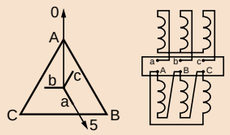
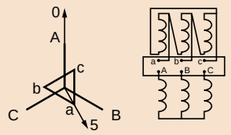
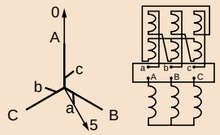
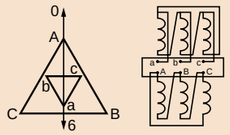
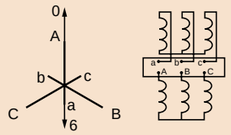
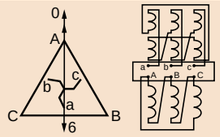
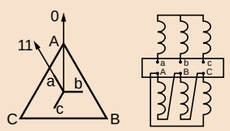
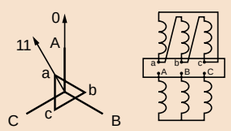
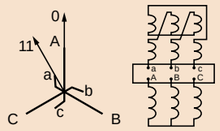
- Etoile/Zigzag (Y,z) : primaire adapté à la HT, possibilité de point neutre mis à la terre, pas d'harmoniques de rang 3, bonne tenue en régime déséquilibré, chutes de tension interne faibles mais coût et encombrement plus élevés et réalisation plus délicate.

- Triangle/Zigzag (D,z) : même qualité que précédemment avec une tenue améliorée en régime déséquilibré mais pas de point neutre au primaire.

Indice horaire

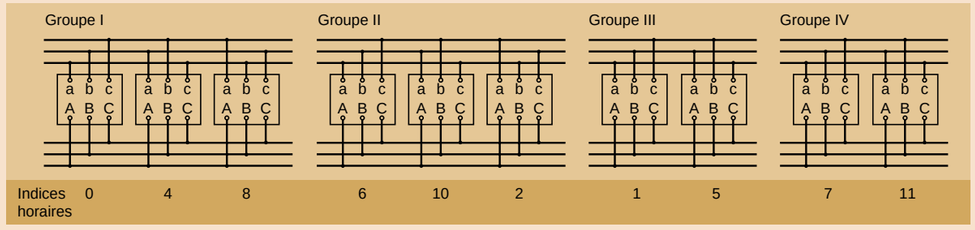
La désignation des branchements (par lettre) est complétée par un chiffre qui indique le déphasage angulaire, par exemple Yy6, Yd11, Ynyn0 (neutre sorti). Plutôt que d'exprimer le déphasage angulaire entre les vecteurs tensions primaire/secondaire (pôle à pôle ou phase à phase) en degrés (ou autre unité angulaire) dans un cercle trigonométrique ayant le point neutre pour centre, on utilise un moyen plus descriptif : l'indice horaire. On suppose le vecteur tension coté primaire situé à midi, l'indice horaire indique la position de l'heure sur laquelle est situé le vecteur correspondant coté secondaire.

Couplages usuels des transformateurs

Dd0		**Yy0**		**Dz0**	
Dy5		**Yd5**		**Yz5**	
Dd6		**Yy6**		**Dz6**	
Dy11		**Yd11**		**Yz11**	

Marche en parallèle des transformateurs

Pour que deux transformateurs triphasés puissent fonctionner en parallèle, il faut que ceux-ci aient :
- un rapport de leur puissance ≤ 2
- des caractéristiques de tensions égales (rapport de transformation)
- des caractéristiques de court-circuit égales (% de tension)
- des branchements étoile, triangle compatibles
- des indices horaires identiques (liaisons bornes à bornes) ou appartenant au même groupe de couplage si le régime d'utilisation est équilibré.



Des possibilités de marche en parallèle de transformateurs de groupes différents sont possibles en modifiant connexions ou branchements, mais elles devront être impérativement soumises à l'approbation des constructeurs.

3 LES GROUPES ÉLECTROGÈNES

Liés à l'exigence de continuité de fourniture de l'énergie, les groupes électrogènes sont de plus en plus utilisés. Selon leurs caractéristiques, ils peuvent constituer :
- des alimentations de remplacement se substituant à l'alimentation principale en cas de défaillance de celle-ci (avec délestage éventuel si la puissance du groupe est insuffisante),
- des alimentations de remplacement en tant que deuxième source pour l'alimentation principale afin de suppléer à la première source pour des nécessités d'économie ou en cas de pointe de consommation,
- des alimentations pour service de sécurité associées éventuellement à un onduleur pour mettre et maintenir en sécurité des installations sur des périodes incompatibles avec l'autonomie de batteries.

Dans tous les cas, c'est l'aptitude à fonctionner de manière autonome, pendant de longues périodes, qui prédomine au choix d'un groupe. L'offre des constructeurs de groupes électrogènes est quasi-illimitée.
Elle va des petits groupes portables de quelques kVA, utilisés comme source autonome, aux centrales d'énergie de plusieurs MVA en passant par les groupes mobiles sur roues (destinés par exemple à l'alimentation du réseau public en cas de panne) ou par les groupes à poste fixe de quelques centaines de kVA (destinés pour la plupart à un service de sécurité ou de remplacement). Les sources d'énergie sont elles-mêmes en évolution et si le fioul reste très utilisé, le gaz l'est de plus en plus ou encore la vapeur dans les centrales de cogénération.



De nouvelles technologies de génération arrivent sur le marché en substitution ou en complément des groupes électrogènes. Toutes ne sont pas encore en phase commerciale mais elles modifieront assurément la notion de production autonome et surtout sa gestion électrique. Dans ce contexte, on peut citer :
- les turbogénérateurs à haute vitesse (microturbines à gaz),
- les piles à combustible,
- les aérogénérateurs (éoliennes),
- les cellules photovoltaïques.
Toutes ces technologies bénéficient en filigrane de l'évolution de l'électronique de puissance qui permet de retransformer le courant produit (continu, variable, HF) en un courant 50 Hz utilisable.

L'installation des groupes électrogènes à moteur thermique fait l'objet du guide UTE C 15-041.
Les groupes eux-mêmes et leurs composants, moteurs, alternateurs... font l'objet des normes NF E 37-301 à NF E 37-307 issues de l'ISO 8528.

Devant une telle diversité, l'établissement d'une classification est un peu illusoire même si on distingue habituellement les groupes selon quelques critères.

• Le temps d'intervention défini par quatre classes :
- sans coupure (dit aussi à temps zéro) pour l'alimentation des installations de sécurité de type A,
- à courte coupure (à temps d'intervention n'excédant pas 1 s) pour les installations de sécurité de type B,
- à longue coupure (nécessitant jusqu'à 15 s pour prendre le relais de l'alimentation) pour les installations de sécurité de type C,
- à délai non spécifié (nécessitant un temps supérieur à 15 s ou un démarrage manuel).

• Le type d'application défini par quatre classes qui fixent les tolérances de fluctuation de la tension et de la fréquence en fonction des exigences des charges alimentées :
- G1 (U : ± 5 %, f : ± 2,5 %)[1] pour les charges résistives simples (éclairage, chauffage),
- G2 (U : ± 2,5 %, f : ± 1,5 %) pour les applications similaires à celles alimentées par le réseau public (éclairage, moteurs, équipements électrodomestiques…),
- G3 (U : ± 1 %, f : ± 0,5 %) pour les applications sensibles (régulation, télécommunications…),
- G4 (à spécifier) pour des utilisations ou les caractéristiques de la forme d'onde sont spécifiées (informatique…).

(1) valeurs en régime permanent. Les valeurs transitoires sont également spécifiées.

Inverseur de sources

Les automatismes d'inversion de sources des DPX permettent, selon les options de schéma d'assurer toutes les fonctions nécessaires :



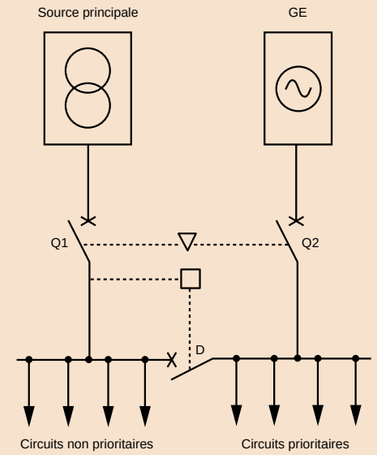
- **commutation temporisée des sources**
- **coupure à distance**
- **protection et acquittement des défauts**
- **commande à distance du groupe**
- **commande de délestage**

(solutions et schémas sont décrits au chapitre II.C.2)

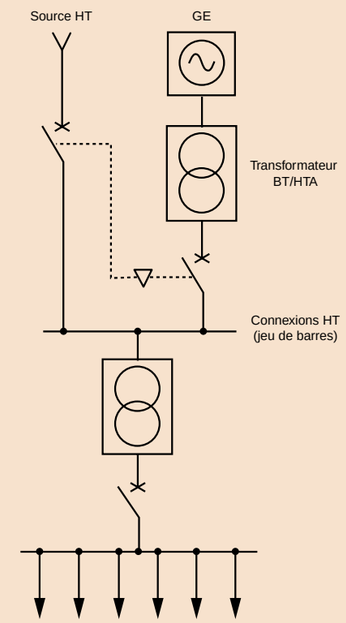
Principes de connexion d'un groupe électrogène en source de remplacement ou de sécurité

En cas de défaillance de la source principale, celle-ci est déconnectée (ouverture de Q1), D est éventuellement commandé (ouverture) pour délester la charge avant de fermer Q2 qui permettra au groupe d'ali menter les circuits voulus.

La séquence des manœuvres peut être manuelle, semi-automatique ou automatique mais dans tous les cas, des verrouillages électriques et mécaniques doivent empêcher de réalimenter le réseau par le groupe ou de connecter les sources ensembles.



Dans les installations de très forte puissance, alimentées directement en HT, il peut être préférable de connecter la source de remplacement directement sur le réseau HT par l'intermédiaire d'un transformateur élévateur BT/HT. Les commutations se font alors directement en HT, donc sous des courants plus faibles.
La liaison des masses HT sera de préférence en schéma TNR (voir page 18).



4 LES ONDULEURS

L'onduleur constitue une source de remplacement dont l'autonomie est fonction de la capacité de sa batterie. La technologie "on line" permettra également de protéger certains équipements sensibles (informatique) des perturbations de l'alimentation (microcoupures)

1 Le type "off-line" ou "en attente"

Cette technologie appelée aussi "stand-by" est utilisée pour les faibles puissances, ne dépassant pas quelques kVA. La charge (utilisation) est alimentée directement par le réseau à travers un simple filtre permettant d'atténuer les perturbations.
Dans le cas d'une défaillance du réseau électrique en amont, l'utilisation est transférée sur l'onduleur et sa batterie par un commutateur rapide (de 2 à 10 ms). Il est très important de vérifier que l'équipement alimenté supporte cette brève coupure.

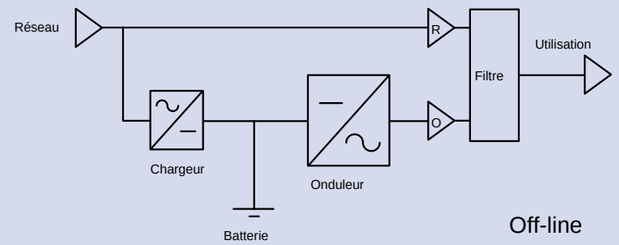
2 Le type "on-line" ou "en fonctionnement continu"

Technologie la plus utilisée au dessus de 3 kVA, elle est considérée comme la plus performante. La charge (utilisation) est constamment alimentée par l'onduleur, ce qui assure une régulation permanente de la tension et de la fréquence en sortie d'appareil (± 1 à 3%).
Dans le cas d'une défaillance du réseau électrique en amont, la charge continue d'être alimentée sans commutation.

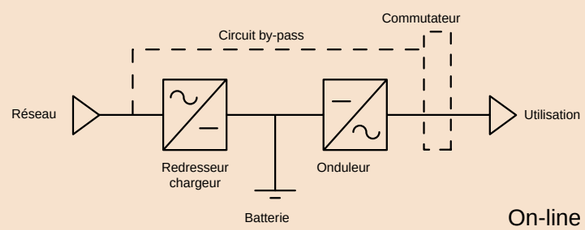
Résumé des technologies

Fonctionnalités	Off - line	On - line
Temps de transfert sur batterie lors de coupures secteur	Oui	Non
Protection contre les micro-coupures inférieures à 5 ms	Non	Oui
Régulation de fréquence	Non	Oui
Régulation de tension	Non	Oui
Absorption des pics de tension	Non	Oui
Filtrage des harmoniques	Non	Oui
Absorption des impacts de charge (courant d'appel)	Non	Oui

Onduleur de type "off-line"



Onduleur de type "on-line"



Le circuit "by-pass" permet d'utiliser l'énergie du réseau

Il existe également d'autres appellations de type "no-break", "in-line", "double-conversion", etc., qui sont des appellations plus marketing que techniques.

5 LES BATTERIES

Une batterie est composée d'éléments d'accumulateurs connectés entre eux.
Il existe deux types de batteries :
- les batteries ouvertes, constituées d'éléments pourvus d'orifices permettant de libérer dans l'atmosphère le mélange gazeux (oxygène et hydrogène) et de rétablir le niveau d'électrolyte, elles sont utilisées dans des configurations importantes et nécessitent un local ventilé
- les batteries sans entretien, constituées d'éléments ayant un taux de recombinaison au moins égal à 95%, elles ne nécessitent pas d'adjonction d'eau pendant l'exploitation. Elles sont utilisées pour des puissances allant jusqu'à 250 kVA.
La ventilation du local doit être adaptée.
En règle générale les batteries sont installées sur un support spécifique dénommé "chantier".
L'autonomie et la durée de vie des batteries dépendent de leurs conditions d'exploitation : puissance à fournir, régime de décharge, température ambiante, âge, condition de décharge.
Ce type de source est souvent utilisé pour des besoins ponctuels comme source de sécurité (éclairage de sécurité, alimentation stabilisée secourue…).



Les locaux de charge d'accumulateurs de puissance supérieure à 10 kW en courant continu constituent des "installations classées" pour la protection de l'environnement et sont soumis à déclaration
(voir page 143)

Les conditions d'installation et d'exploitation des batteries d'accumulateurs (définies par la norme NF C 15-100 § 554) sont fonction de leur puissance et de l'importance du dégagement gazeux.

- **Un local de service électrique est nécessaire si le produit p est supérieur à 1000 :**

$$p = C \times U$$

C : capacité en Ah
U : tension en V

Si le produit p n'excède pas 1000, les batteries peuvent être placées dans une armoire (à accès réservé) dans un local non spécifique.

- **Une ventilation naturelle ou mécanique est obligatoire. Elle ne doit pas être en circuit fermé et doit assurer un débit de renouvellement Q en m³/h au moins égal à :**

$$Q = k \times N \times I$$

k : coefficient dépendant du type de batterie.
- k = 0,0025 pour les batteries à recombinaison (étanches)
- k = 0,05 pour les batteries ouvertes
N : nombre d'éléments de la batterie
I : courant assigné (en A) du dispositif de protection lié au courant du système de charge

- **La coupure du système de charge doit être asservie à l'arrêt de la ventilation pour les batteries ouvertes.**

Pour les batteries à recombinaison, les conditions normales de ventilation applicables aux locaux à pollution (décret 84-1093 du 7 Décembre 1984) sont généralement suffisantes. Pour les batteries en armoires, des ouïes hautes et basses le sont également.
Les prescriptions et conditions de vérification des ensembles batteries, chargeurs redresseurs sont définies par la norme NF C 58-311.

LA PRISE EN COMPTE DES RISQUES

Si le terme même de risque est clair pour chacun, sa réalité est beaucoup plus complexe tant sont à la fois vastes et subtiles, nombreuses et spécifiques, les notions qui créent le risque et par là même sa réponse : la sécurité... Interdépendances, seuils acceptables, toujours difficiles à estimer mais que mesurent sans concession les statistiques. Celles-ci traduisent bien la réelle sécurité de l'énergie électrique au regard de son universalité.

Indéniablement la technologie a permis d'améliorer les performances et la fiabilité des appareils. La normalisation et la réglementation ont accompagné cette évolution pendant que se multipliaient les usages de l'électricité jusqu'à devenir omniprésents. Certes, la compétence, le bon sens, l'organisation et le comportement seront toujours les piliers de la sécurité mais les connaissances nécessaires sont devenues si précises, si diverses et si nombreuses qu'il faut bien souvent l'aide de spécialistes. L'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité), les CRAM (Caisse Régionale d'Assurance Maladie), la DRTEP (Direction Régionale du Travail et de l'Emploi et de la Formation Professionnelle) et bien sûr les organismes agréés peuvent aider les entreprises.
Si l'on discerne les conséquences humaines des conséquences matérielles, les accidents et incidents d'origine électrique appellent des conclusions nuancées : les accidents du travail d'origine électrique (0,14 % du total) sont en constante diminution bien qu'ils représentent 2,4 % des décès (17 en 1997 dont plus de la moitié causés par des lignes HT – source CNAM), alors que le risque électrique demeure une des causes principales d'incendie. Encore faudrait-il sur ce point faire la part des causes réelles et des causes supposées, et surtout de leur origine exacte. Le court-circuit, contrairement aux propos entendus, est rarement à l'origine du sinistre. Les surcharges prolongées (lignes sous-dimensionnées), les échauffements locaux (connexions), les étincelles (décharges électrostatiques en milieu explosible, silos, mines) et bien sûr la foudre sont les causes majeures de sinistres.

L'ouverture d'un établissement public, la mise en service d'une exploitation industrielle et en règle générale toute réalisation nouvelle ou modifiée doivent faire l'objet d'un contrôle et de validation en regard des textes applicables. Des rapports afférents devront justifier leur réalisation :
- le rapport de fin de travaux restitué au maître d'ouvrage qui applique le Code de la construction (art. L 111-26) lié à la sécurité des personnes
- l'attestation CONSUEL remise à l'installateur électricien sur la base du décret du 14 décembre 1972 et qui valide la conformité aux règles d'installation de la NF C 15-100
- les rapports de vérification initiale, puis de vérification périodique, que le chef d'établissement doit faire effectuer selon le décret du 14 novembre 1988
- le rapport de vérification complémentaire ERP selon le Code de la construction et de l'habitation (arrêté du 21 juin 1980) qui permet à l'exploitant de justifier de la "sûreté publique" de son établissement.

SÉCURITÉ ET SÛRETÉ : NE PAS CONFONDRE

La sécurité touche à l'atteinte directe ou indirecte des personnes ou des biens suite à une défaillance, à la maladresse, voire à certaines actions volontaires, l'environnement devant être considéré dans les biens.
La sûreté intègre des notions plus mesurables de performances, de durée de vie, de robustesse et particulièrement dans la distribution électrique de fiabilité et de continuité d'exploitation. La sûreté est un des éléments qui permet d'assurer la sécurité.

> POUR UNE MEILLEURE PRISE EN COMPTE DE LA SÉCURITÉ

En phase de conception :
- **connaître les textes réglementaires applicables (protection des travailleurs, IGH, ERP...) et les spécificités du projet (installations classées, chantiers à risques)**
- **respecter les règles de calcul des installations.**

En phase de mise en œuvre :
- **choisir des matériels sûrs et réputés**
- **veiller à la bonne exécution des travaux.**

En phase d'exploitation :
- **définir des consignes précises de manœuvre ou d'urgence**
- **élaborer un programme de maintenance**
- **former le personnel pour les tâches à exécuter (qualifications et habilitations).**

La sécurité des personnes

Indiscutablement énergie la plus sûre, le courant électrique n'en reste pas moins dangereux par son caractère invisible. Les effets sur l'homme en sont aujourd'hui suffisamment bien connus pour s'en protéger efficacement.

1 LE RISQUE DE CHOC ÉLECTRIQUE

Les effets du courant électrique sur le corps humain dépendent de deux facteurs :
- le temps de passage du courant à travers le corps
- l'intensité du courant et sa fréquence.

Ces deux facteurs sont indépendants l'un de l'autre mais le niveau du risque sera plus ou moins élevé, en fonction de la valeur de chaque facteur.
L'intensité du courant dangereux pour l'être humain va dépendre de la tension et de la tolérance du corps humain.
Dans la pratique, on définit l'intensité du courant à partir d'une tension limite UL prise égale à 50 V. Cette tension tient compte du courant maximum que peut supporter un être humain ayant une résistance électrique interne minimum, dans des conditions déterminées. Elle tient également compte de la durée maximale admissible du temps de passage du courant à travers le corps, sans effets physiopathologiques dangereux (fibrillation cardiaque).

1 Aspect physiologique

Lorsqu'il est soumis à une tension, le corps humain réagit comme un récepteur classique ayant une résistance interne donnée.

Il est parcouru par un courant électrique avec trois risques graves :
- la tétanisation : le courant maintient contractés les muscles traversés, s'il s'agit de la cage thoracique, cela peut entraîner un blocage respiratoire
- la fibrillation ventriculaire : c'est une désorganisation complète du rythme cardiaque
- les effets thermiques provoquant des lésions tissulaires plus ou moins graves, voire des brûlures profondes dans le cas de courants plus importants.

Le tableau ci-dessous montre que, pour une tension de contact de 220 V, un courant de 147 mA traversera le corps humain. Ce courant devra alors être coupé en moins de 0,18 seconde pour éviter tout risque.

Relation entre la tension de contact présumée et le temps de coupure maximal (1)

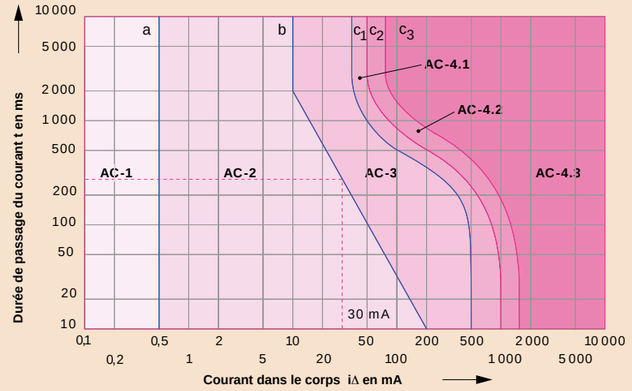
Tension de contact présumée Ut (V)	Impédance électrique du corps humain Z (Ω)	Courant passant par le corps humain I (mA)	Temps de passage maximal t (s)
≤ 50	1725	29	∞
75	1625	46	0,60
100	1600	62	0,40
125	1562	80	0,33
220	1500	147	0,18
300	1460	205	0,12
400	1425	280	0,07
500	1400	350	0,04

(1) Ces valeurs considèrent un double contact, deux mains, deux pieds (UTE C 15-413)

Considérant les deux paramètres à prendre en compte pour l'évaluation du risque, les normes définissent les courbes limites courant/temps.
iΔ : courant qui circule dans le corps
t : temps de passage du courant dans le corps
Ces courbes, issues de la CEI 60479-1, donnent les différentes limites des effets du courant alternatif à 50 Hz sur les personnes et déterminent 4 zones principales de risque.

Les courbes courant/temps sont données pour une fréquence de 15 à 100 Hz. Le risque augmente notablement lorsque la fréquence augmente.

Courbes courant/temps



Pour des durées du passage de courant inférieures à 10 ms, la limite du courant traversant le corps pour la ligne b reste constante et égale à 200 mA

Zone	Effets physiologiques
AC-1	Habituellement aucune réaction.
AC-2	Habituellement, aucun effet physiologique dangereux.
AC-3	Habituellement aucun dommage organique ; probabilité de contractions musculaires et de difficultés de respiration pour des durées de passage du courant supérieures à 2 s. Des perturbations réversibles dans la formation de la propagation des impulsions dans le cœur sans fibrillation ventriculaire, augmentant avec l'intensité du courant et le temps de passage.
AC-4	Augmentant avec l'intensité et le temps, des effets pathophysiologiques tels qu'arrêt du cœur, arrêt de la respiration, brûlures graves peuvent se produire en complément avec les effets de la zone 3.
AC-4.1	Probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 5 %.
AC-4.2	Probabilité de fibrillation ventriculaire jusqu'à environ 50 %.
AC-4.3	Probabilité de fibrillation ventriculaire supérieure à 50 %.

2 Le risque de contact direct

On parle de contact direct lorsqu'une personne vient toucher directement une partie nue sous tension d'un appareil, d'un équipement ou d'une installation (imprudence, maladresse, défectuosité…).



3 Le risque de contact indirect

On parle de contact indirect lorsqu'une personne vient toucher une masse métallique mise accidentellement sous tension (défaut d'isolement d'appareil ou de machine électrique).
Il sera donc important de détecter et d'éliminer rapidement ce défaut avant qu'une personne entre en contact avec la masse métallique.



Les moyens de protection contre les contacts indirects sont prescrits par la norme CEI 364-4-41 (NF C 15-100). Le guide UTE C 15-443 en explicite les règles en regard des conditions d'exposition et des effets physiologiques.

2 LE RISQUE DE BRÛLURES

1 Le contact de surfaces chaudes

Les températures atteintes par les surfaces accessibles des matériels électriques ne doivent pas être susceptibles de provoquer des brûlures à leur contact.
Si des surfaces doivent atteindre, même sur de courtes périodes, des valeurs plus élevées, elles doivent être protégées.



Valeurs des températures maximales de surface admissibles selon NF C 15-100 chapitre 423

Parties accessibles	Matières des parties accessibles	Températures maximales (°C)
Organes de commande manuelle	Métallique Non métallique	55 65
Prévues pour être touchées mais non destinées à être tenues en main	Métallique Non métallique	70 80
Non destinées à être touchées en service normal	Métallique Non métallique	80 90

L'évaluation du risque effectif de brûlures doit être faite en considérant :
- la température de la surface
- le matériau constitutif de cette surface
- la durée du contact avec la peau.
Des données complémentaires comme la forme (rainures), la présence d'un revêtement ou la pression de contact peuvent être nécessaires.
La norme EN 563 "température des surfaces tangibles" donne des indications de limites sur la base de données ergonomiques.

2 L'arc électrique

En dehors des conséquences matérielles très destructrices, les dangers d'un arc électrique accidentel sont surtout thermiques (brûlures directes par le plasma, projection de matière en fusion) et lumineux (flash intense).
L'arc peut naître de la coupure ou de l'établissement d'un circuit ou d'un court-circuit. Dans ce second cas, il peut être extrêmement énergétique puisque uniquement limité par la puissance de la source.



Il n'existe pas de protections spécifiques contre l'arc électrique qui reste un phénomène imprévisible. Des écrans ou des cloisonnements peuvent en limiter les conséquences mais la meilleure prévention demeure le respect des "règles de l'art" et la conformité à la réglementation dans la réalisation des installations.
Les parties de celles-ci qui ne sont pas protégées (en amont des dispositifs de protection) doivent notamment faire l'objet de précautions particulières de manière à réduire la probabilité d'un court-circuit (voir précautions de câblage au chapitre III.E.2).

3 L'EXPOSITION AUX CHAMPS ÉLECTROMAGNÉTIQUES BASSE FRÉQUENCE (HORS RADIO-FRÉQUENCES)

L'exposition professionnelle aux champs électromagnétiques n'est pas réglementée au plan national ni au plan international.
De nombreuses études épidémiologiques ont été menées et n'ont pas apporté de conclusions probantes sur les effets des champs électromagnétiques sur les humains.
L'évaluation de ce risque éventuel fait donc toujours l'objet de nombreuses recherches.

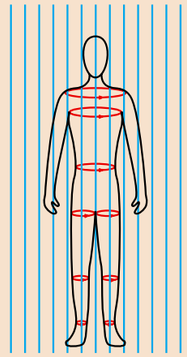


Les porteurs d'implants médicaux, actifs, mais aussi passifs, doivent signaler cette situation au médecin du travail afin que soient vérifiées les conditions d'exposition réelles (champ magnétique et champ électrique) et leur compatibilité.

1 Champs magnétiques à basse fréquence (en A/m)

Ils sont générés par les courants et sont proportionnels à leur intensité.
Ils induisent dans le corps des courants perpendiculaires au champ magnétique. Les valeurs du champ magnétique varient de quelques pT (picotesla) à quelques mT (millitesla).
La valeur d'exposition décroît très rapidement avec le cube de la distance.
Les expositions les plus fortes peuvent donc être atteintes avec des appareils domestiques très proches (sèche-cheveux, rasoir, couverture chauffante).

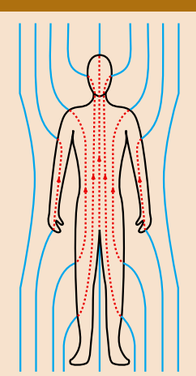
Champs magnétiques à basse fréquence



2 Champs électriques à basse fréquence (en V/m)

Le champ électrique est modifié à la surface du corps humain en fonction de la conductivité de celui-ci. C'est au niveau de la tête que l'intensité du champ est maximale. Le champ électrique induit des courants sensiblement dans l'axe du corps.
C'est à proximité des lignes d'énergie et transformateurs à haute tension, des soudeuses et fours à induction que les valeurs relevées sont les plus fortes (jusqu'à plusieurs kV/m). Le champ électrique décroît avec le carré de la distance.

Champs électriques à basse fréquence

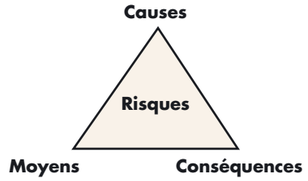


Preuve de la difficulté du sujet et des controverses qu'il alimente, l'édition de documents officiels (normes, règlements) reste limitée au regard du nombre d'études, thèses, rapports disponibles sur le sujet.
On citera la norme IEEE 95-1-1991 d'origine américaine et la recommandation du Conseil de l'Union Européenne 1999/519/CE.
Le guide ED 785 de l'INRS (Institut National de Recherche et de Sécurité) fait une synthèse complète et accessible à l'usage des médecins du travail et services de prévention.

La sécurité des biens

Courts-circuits, corrosion, vibrations, surcharges, pollution, feu, perturbations... autant de phénomènes plus ou moins destructeurs, plus ou moins prévisibles, qu'il faut savoir anticiper pour préserver l'intégrité et la sécurité des bâtiments et des ouvrages, leur activité et leur pérennité.

Intimement liée à celle des personnes, la sécurité des biens nécessite une approche préventive qui s'appuie sur une analyse de type :



Le tableau ci-contre rappelle, à titre indicatif, les principaux éléments à considérer pour les facteurs de risque électrique sans toutefois se substituer à la nécessaire "analyse des risques" qui doit accompagner tout projet.

Analyse des risques électriques	
Facteurs de risque	- Surintensités (surcharges, courts-circuits) - Courants de défaut - Surtensions (foudre, décharges électrostatiques...) - Baisses de tension et interruption d'alimentation - Perturbations électromagnétiques - Dégradations, vieillissement, corrosion - ...
Conditions environnementales	- Structure des bâtiments - Matériaux de construction - Nature des matières traitées ou entreposées - Conditions d'évacuation des personnes - Lieux publics (vandalisme) - Conditions d'environnement climatique - Contraintes mécaniques, vibrations, séismes - Présence de faune et flore (moisissures...) - Exposition aux intempéries (vent, pluie, inondations...) - ...
Conséquences	- Incendie, - Explosion - Non-continuité d'exploitation - Dysfonctionnement (CEM) - Pollution de l'environnement - ...
Moyens	- Dispositifs de protection contre les surintensités - Limitation des courants de défaut - Utilisation de matériels, conduits et conducteurs conformes aux normes - Evaluation de la charge calorifique - Résistance et réaction au feu des éléments constructifs - Compartimentage, désenfumage - Détection, alarmes - Moyens de lutte - Dispositions anti-intrusion, anti-vandalisme - Protection adaptée aux conditions d'environnement (climatique, mécanique, chimique...) - ...

Il n'y a jamais de protection totale et la meilleure sécurité passe par la recherche de compromis raisonnables et raisonnés où la priorité est donnée à la sauvegarde des personnes. La réglementation française est extrêmement développée et de nombreux règlements et décrets fixent les règles à respecter dans cette recherche de sécurité globale des personnes et des biens : Le Code de la Construction, le Règlement de la Sécurité des Etablissements Recevant du Public (ERP), des Immeubles de Grande Hauteur (IGH)...

1 LE RISQUE DE SURINTENSITÉS

Tous les conducteurs actifs de l'installation (phases et neutre) doivent par principe être protégés contre les surcharges et contre les courts-circuits.

1 La surcharge

C'est une surintensité circulant en l'absence de défaut électrique dans un circuit. Elle est due à un sous-dimensionnement de la canalisation pour la charge alimentée (ou réciproquement à une charge trop importante pour la canalisation).
Des dispositifs de protection doivent être prévus pour interrompre tout courant de surcharge avant que l'échauffement du conducteur ne nuise à son isolation, à ses connexions et aux matériaux environnants. La protection contre les surcharges peut être assurée par des fusibles (type gG), des disjoncteurs avec relais thermique, des disjoncteurs avec relais électronique, des contacteurs avec relais de mesure. Attention, les fusibles aM ne protègent pas contre les surcharges. Les règles de détermination pour assurer la protection contre les surcharges sont décrites au chapitre II.A.I.



2 Le court-circuit

C'est une surintensité produite par un défaut d'impédance négligeable entre conducteurs de potentiel différent.
Il est d'origine accidentelle et peut être dû à une maladresse (chute d'outil, coupure d'un câble) ou à une défaillance du matériel.
Des dispositifs de protection doivent être prévus pour limiter et couper les courants de courts-circuits avant que leurs effets thermiques (échauffement des conducteurs, arc électrique) et mécaniques (efforts électrodynamiques) ne soient nuisibles et dangereux.
La protection contre les courts-circuits peut être assurée par des fusibles (type gG ou aM), par des disjoncteurs avec relais magnétique, par des disjoncteurs avec relais électronique (maximum de courant).
Leur pouvoir de coupure et leur temps d'ouverture du circuit doivent être adaptés au circuit protégé. Les règles de détermination pour assurer la protection contre les courts-circuits sont décrites au chapitre II.A.3.



Les dispositifs de protection des circuits de l'installation ne sont pas prévus pour assurer la protection des circuits internes des appareils ni celle des conducteurs souples (câbles d'alimentation d'appareils mobiles) connectés sur des prises de courant.
L'étude de protections indépendantes et adaptées peut être nécessaire si le risque de surintensités le nécessite (surcharge sur moteurs par exemple).

Par principe, toutes les lignes doivent être protégées contre les courts-circuits. Des associations d'appareils sont autorisées pour augmenter le pouvoir de coupure (voir chapitre II.B.2). Des dispenses de protection sont également possibles dans certains cas (voir page 414).
La protection de conducteurs en parallèle (d'un même circuit) fait l'objet de précautions de câblage ainsi que la protection de l'installation en amont des dispositifs de protection (voir page 631).

2 LE RISQUE DE COURANTS DE DÉFAUT

Dans les matériels ou les installations, les courants de défaut entre parties actives et masses naissent généralement d'une défaillance ou d'un vieillissement de l'isolation. La circulation du courant peut, selon la valeur atteinte, créer des étincelles, voire enflammer les matériaux environnants.
Le choix du régime de neutre détermine la valeur maximale des courants de défaut.
En cas de risque d'incendie :
- le schéma TN-C est interdit, les courants peuvent atteindre plusieurs kA et circuler dans les structures mêmes des bâtiments
- le schéma TN-S est déconseillé sauf s'il est complété par des dispositifs différentiels de sensibilité IΔn ≤ 300 mA
- le schéma TT est possible (limitation par différentiel)
- le schéma IT est recommandé en sécurité intrinsèque car le courant de 1er défaut peut être limité à une valeur très faible (quelques mA), pour éviter le risque d'arc. Attention au 2e défaut qui doit être protégé par différentiel IΔn ≤ 300 mA.

Dans les situations à risques, il est fortement recommandé d'effectuer une maintenance préventive basée sur le suivi de la valeur d'isolement de l'ensemble de l'installation : valeurs indiquées par le contrôleur permanent d'isolement (IT) ou campagnes régulières de mesures de résistance d'isolement.
La présence de contaminant, d'humidité ou le vieillissement des isolants, se traduit par des points faibles dans l'isolation. Si on augmente de manière significative la valeur de la tension d'essai, on observera alors une diminution sensible de la valeur de résistance. L'application de tensions croissantes de mesure, par exemple : 500 V, 1 000 V, 1 500 V, 2 500 V, 5 000 V, sera révélatrice de déficiences si la valeur d'isolement chute de plus de 25 % à chaque pas de tension. Attention, la valeur d'essai doit rester nettement inférieure à la tenue diélectrique de l'installation (mini 2 U + 1 000).

3 LE RISQUE DE SURTENSIONS

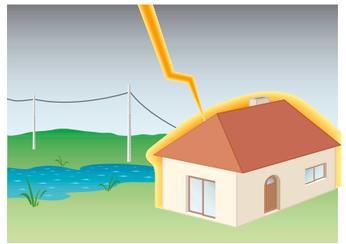
Les surtensions peuvent avoir plusieurs origines qu'il importe de discerner pour connaître leurs caractéristiques et adapter les moyens de protection.

1 Les surtensions d'origine atmosphérique

Les mécanismes de la foudre sont très complexes mais on peut dire de manière simplifiée qu'il s'agit d'une décharge électrique de très grande énergie provoquée par un rééquilibrage de potentiel entre nuages ou entre nuages et sol. Les courants de foudre atteignent de 10 à 100 kA avec des temps de montée de quelques microsecondes.
La foudre fait des dégâts considérables. En France, environ 2 millions de chocs de foudre frappent le sol, chaque année. Des centaines de bâtiments, des lignes téléphoniques et électriques sont mises hors d'usage. Des milliers d'animaux et plusieurs dizaines de personnes en sont les victimes.



Le risque local d'orage est déterminé par le niveau kéraunique qui est le nombre de jours où le tonnerre a été entendu dans une année. Les régions montagneuses sont les plus exposées.
Dans la pratique des cartes administratives de densité de foudroiement sont utilisées.
Etablies sur la base d'observations réalisées depuis une quinzaine d'années (réseau Météorage) elles quantifient le nombre d'impacts au sol par année et par km^2.
Les effets de la foudre sont communément distingués en effets directs et effets indirects.

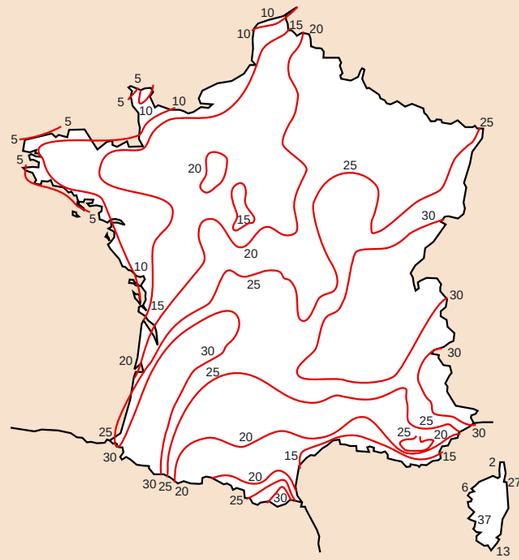


- **Effets directs**

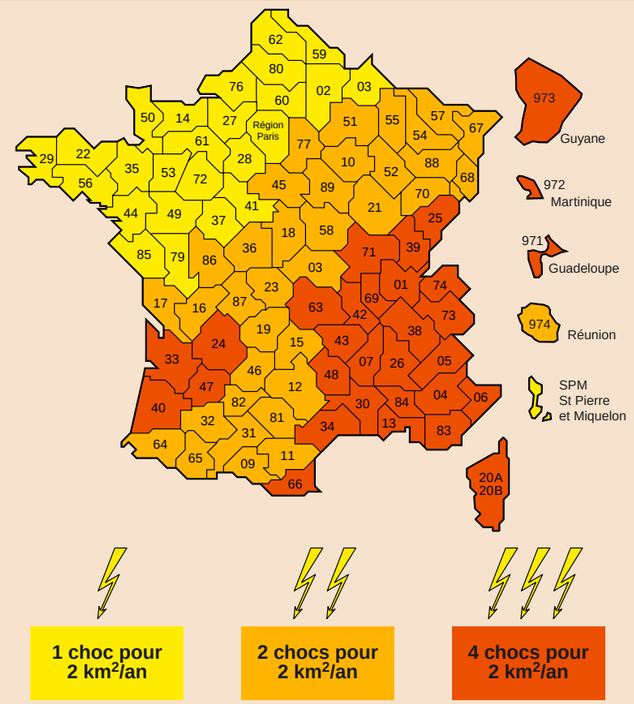
Le foudroiement génère au point d'impact :
- des effets thermiques directs (fusion, incendie) dus à l'arc électrique
- des effets thermiques et électrodynamiques induits par la circulation du courant de foudre
- des effets de déflagration (onde de choc et souffle) produits par la chaleur et la dilatation de l'air.

La protection contre les effets directs de la foudre repose sur la captation et l'écoulement du courant à la terre (paratonnerre, tiges de capture…).

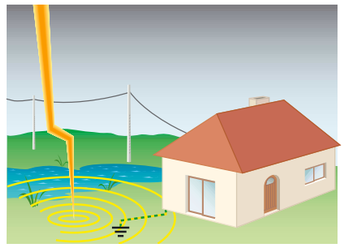
Lignes de niveaux kérauniques pour la France



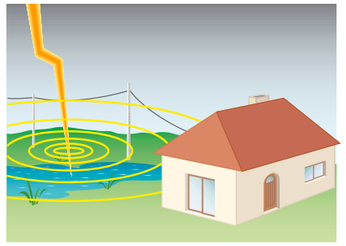
Densité de foudroiement pour la France



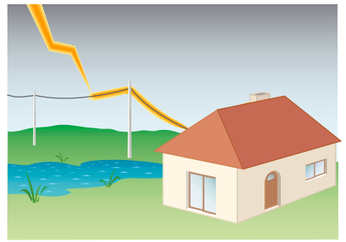
- **Effets indirects**



- Un choc de foudre au sol provoque une montée en potentiel de la terre qui peut se propager à l'installation (remontée de terre).

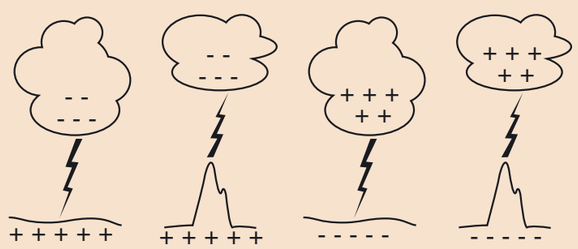


- A la décharge de foudre est également associé un champ électromagnétique à large spectre de fréquence qui, en se couplant avec les éléments conducteurs (structures de bâtiment, installations électriques), va donner naissance à des courants induits destructeurs. La protection contre les effets indirects repose essentiellement sur l'utilisation des parafoudres, sur l'équipotentialité des masses et le maillage des bâtiments.



- Le foudroiement des lignes aériennes entraîne la propagation sur les réseaux HT et BT de surtensions de plusieurs milliers de volts.

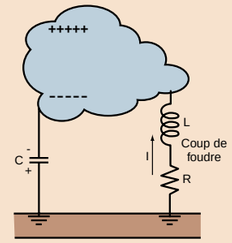
Selon le sens de développement de la charge (descendant ou ascendant) et selon la polarité des charges (positive ou négative), on distingue quatre types de coup de foudre au sol.



Descendant négatif | **Ascendant positif** | **Descendant positif** | **Ascendant négatif**

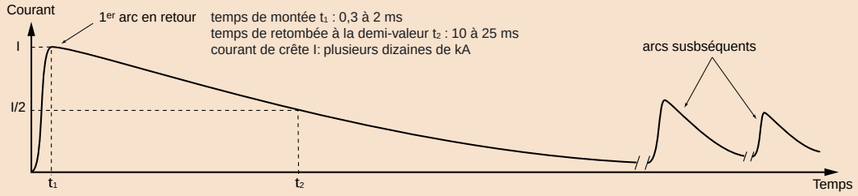
Sous nos climats, les chocs de foudre négatifs descendants sont les plus fréquents en plaine. Le courant de décharge varie de quelques dizaines à une centaine de kA. Un "précurseur" trace un canal conducteur descendant du nuage vers le sol et la décharge de foudre s'effectue "en retour" du sol vers le nuage.
Lorsque le précurseur monte, le choc de foudre est dit ascendant. Les chocs de foudre, ascendants positifs sont plus fréquents l'hiver, plus rares (10 %), ils sont aussi les plus violents (plusieurs centaines de kA). Ils se développent à partir d'une proéminence naturelle ou artificielle.

Modèle électrique d'une décharge atmosphérique



Une première décharge (précurseur) partant du nuage progresse vers le sol de manière aléatoire. A proximité de celui-ci, elle vient rencontrer un "leader ascendant" qui s'est établi à partir d'un point relié à la terre (arbre, bâtiment, paratonnerre ou sol lui-même). Lors de la jonction précurseur/leader, le coup de foudre proprement dit se produit en retour avec émission lumineuse (l'éclair), sonore (le tonnerre) et la décharge d'un courant intense.

Allure type du courant de décharge atmosphérique d'un choc de foudre descendant négatif



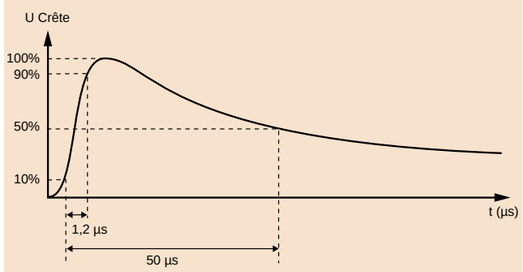
Il y a généralement plusieurs arcs en retour (arcs subséquents) qui peuvent se succéder pendant 0,5 à 1 s.

Les normes NF C 17-100 et NF C 17-200 fournissent des informations pour la conception et la réalisation des systèmes de protection tels que paratonnerres, fils tendus, conducteurs maillés...
Le guide UTE C 15-443 donne les éléments nécessaires au choix et à l'installation des parafoudres fondés sur une évaluation du risque en fonction de la probabilité de foudroiement, de la topographie des lieux, de la nature et de la valeur des biens à protéger.

Les installations de protection contre la foudre ne garantissent jamais une protection absolue des personnes et des biens. Les dispositions prises visent à réduire statistiquement les risques en regard des éléments à protéger.
Voir au chapitre I.C.4, les principes essentiels d'estimation des risques et de protection contre les effets directs et indirects de la foudre.

Onde normalisée

Une onde normalisée de tension de choc (dite onde 1,2/50) est appliquée aux matériels pour caractériser et qualifier leur tenue aux surtensions induites par la foudre dans les installations.



A cette onde est superposée une onde de courant de forme similaire, mais déphasée et de caractéristique 8/20 µs.

2 Les surtensions de manœuvres

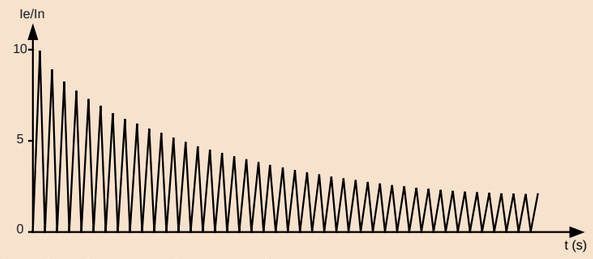
Pratiquement toutes les commutations sur les réseaux industriels, et particulièrement celles de forte puissance, produisent des surtensions.
Elles sont provoquées par la rupture brusque du courant. Les lignes et les transformateurs se comportent alors comme des self-inductions.
L'énergie mise en œuvre sous forme de transitoires dépend des caractéristiques du circuit commuté. Le temps de montée est de l'ordre de quelques dizaines de microsecondes et la valeur de quelques kV.

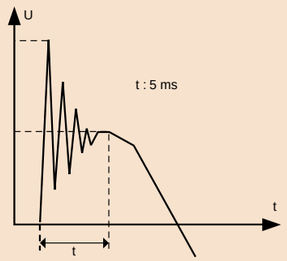


L'installation de parafoudres destinés à protéger contre les surtensions d'origine atmosphérique (foudre) permet en général de se prémunir contre les surtensions de manœuvre.

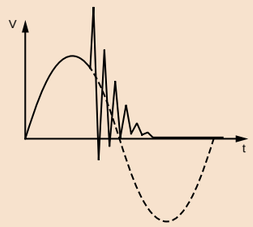
Courbes typiques de surtensions de manœuvre

Les régimes transitoires, qui peuvent être sources de surtensions et de surintensités, peuvent naître à l'enclenchement des charges ou à leur déclenchement.
Les transitoires les plus communs concernent les transformateurs, les moteurs, les condensateurs et les batteries.





L'enclenchement d'un transformateur provoque un courant d'appel de 10 à 20 In avec une composante apériodique amortie. Celle-ci provoque une surtension au secondaire par couplage capacitif et des effets oscillatoires dus aux capacités et aux inductances entre spires.
La coupure (ou l'ouverture) d'un transformateur crée une surtension transitoire due à la rupture du courant dans un circuit inductif. Cette surtension peut créer des réamorçages d'arc dans les dispositifs de coupure qui doivent être choisis en conséquence.



Surtension à la coupure d'un transformateur

3 Les surtensions par défaut d'isolement avec des installations à tension plus élevée

En règle générale, les surtensions de ce type ne sont considérées que pour des défauts entre la haute tension et les masses du poste HT/BT. La nature de la liaison entre ces dernières et la haute tension est déterminée par un schéma particulier R, N ou S (voir chapitre I.A.1).

Si le risque d'un défaut direct entre installations HT et BT n'est pas négligeable et que la prise de terre du poste et celle de l'installation sont distinctes (lettres N et S : TTN, TTS, ITN, ITS), on vérifiera que la valeur de la prise de terre du neutre Rt1 (de l'installation) est suffisamment basse pour limiter la montée en potentiel de l'installation BT.

$$Rt_1 \leq \frac{U_{ta} - U}{I_m}$$

Rt_1 : résistance de la prise de terre du neutre
U_{ta} : tension de tenue diélectrique à 50 Hz (généralement prise à 2 U + 1 000)
U : tension nominale de l'installation (tension simple ph/N en TT, tension composée ph/ph en IT)
I_m : courant maximal de défaut entre phase et terre de l'installation HT

4 Les décharges électrostatiques

Même si elles ne sont pas à proprement parler transmises par le réseau électrique, puisque leur source en est extérieure, les décharges électrostatiques entrent néanmoins dans la catégorie des surtensions.



Cause importante de destruction de composants ou de matériels électroniques, elles sont aussi la source d'incendies ou d'explosions dans les locaux traitant des matières pulvérulentes (farines), inflammables (solvants) ou dans des conditions poussiéreuses (silos à grains).
Lorsque deux matériaux isolants sont frottés l'un sur l'autre, l'un des matériaux cède des électrons à l'autre. C'est l'effet de charge électrostatique. Certains matériaux ont tendance à se charger positivement (perte d'électrons), d'autres à se charger négativement (gain d'électrons). Plus les matériaux sont éloignés sur l'échelle des potentiels et plus l'échange sera important.
De nombreuses associations de matériaux sont sources de charges électrostatiques.

Echelle des potentiels de quelques matériaux

⊕ charge positive	Air Main Verre Mica Cheveux humains Nylon Laine Fourrure Plomb Aluminium Papier
Référence 0	Coton (sec)
⊖ charge négative	Acier Bois Nickel, Cuivre Argent Or, Platine Acrylique Polyester Polyéthylène Polypropylène Polyuréthane Polychlorure de vinyle Silicium Téflon

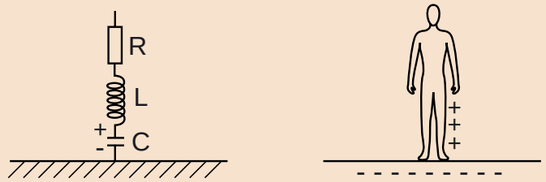
• Electrisation du corps humain

L'homme, en marchant ou en se mouvant, transmet des électrons aux surfaces en contact (moquette, mobilier…). Un équilibre s'établit après plusieurs mouvements et la charge peut alors atteindre quelques microcoulombs et plusieurs dizaines de kV.
Le contact avec un élément relié à la terre va provoquer une décharge brutale susceptible de perturber ou de détruire la plupart des composants électroniques.
Les effets sont directs (claquage diélectrique) ou indirects (champ magnétique induit par la circulation du courant de décharge pouvant atteindre plusieurs dizaines d'ampères).

• Electrisation des machines, des fluides, des particules

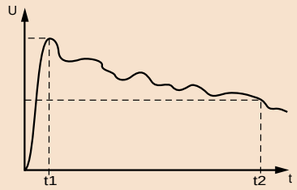
Les courroies de transmission sur les poulies, les bandes textiles sur des rouleaux, le papier sur les rotatives et tous les systèmes où des frottements permanents ont lieu, sont des sources de décharges électrostatiques. Leurs conséquences vont des désagréments ressentis par le personnel jusqu'au risque d'incendie ou d'explosion selon les matières traitées.
Les liquides peuvent également s'électriser dans les canalisations, particulièrement si elles sont en matériau isolant. La détente de gaz comprimés ou de jets de vapeur peut également créer des charges électrostatiques.

L'homme peut être modélisé comme un condensateur de quelques centaines de picofarads (pF) en série avec une résistance de quelques kΩ.



Au moment de la décharge, ce sont les éléments électriques R, L, C du circuit de décharge qui vont en déterminer les caractéristiques : temps de montée, durée, valeur de crête...

Allure type d'une décharge électrostatique.



t1 : temps de montée, 1 à 5 ns
t2 : temps de retombée à la demi valeur, 50 à 100 ns
U : Potentiel électrostatique, 15 kV (maxi 25 à 40 kV)
I : 5 à 20 A (maxi 70 A).

Les nuages de poussières sont susceptibles d'accumuler des charges importantes dont le potentiel peut dépasser 10 kV.
La quantité de charges électrostatiques augmente avec la concentration, la finesse, la vitesse de déplacement.
L'inflammation ou plus souvent l'explosion peut naître d'une décharge spontanée dans le nuage de poussières ou d'une source extérieure (bande transporteuse, personne…).
Le risque de décharges électrostatiques est également à considérer au premier chef dans les hôpitaux : mélanges inflammables, présence d'oxygène, humidité relative abaissée par le chauffage, nombreux frottements de tissus (literie, vêtements…) en sont les principaux ingrédients.

L'effet de charge électrostatique dépend de nombreux paramètres comme la nature des matériaux en frottement (permittivité), les conditions de frottement et de séparation (vitesse relative), mais surtout des conditions de température et d'humidité ambiantes.
Selon les possibilités ou les exigences des processus ou des locaux, la réduction du risque de décharge électrostatique passera par :
- l'humidification de l'atmosphère (> 70 %)
- l'augmentation de la conductivité des isolants
- la mise à la terre et l'établissement de liaisons équipotentielles
- la réduction des frottements
- la neutralisation des charges (ionisation de l'air, éliminateurs à induction ou radioactifs...).

4 LES INTERRUPTIONS ET BAISSES DE TENSION

La disparition de la tension d'alimentation et son rétablissement inopiné peuvent être une source de danger. De même certains matériels peuvent ne pas supporter une baisse de tension (en dehors des limites habituelles) et voir leur fonctionnement affecté : calage de moteurs, aléas dans des automatismes…
Les interruptions de tension doivent être analysées au niveau de toutes leurs conséquences : risque de panique, arrêt de machines, arrêt d'opérations pouvant mettre en cause la survie des personnes… Selon les exigences d'exploitation et/ou de sécurité, l'alimentation d'énergie pourra être assurée avec ou sans interruption (voir chapitre I.A.3).

Les disjoncteurs moteurs magnétothermiques Legrand...



... assurent la commande et la protection des moteurs triphasés. Ils peuvent être équipés d'un déclencheur de sécurité à manque de tension réf. 029 37/38 réglable de 0,35 à 0,7 Un.

Des dispositifs à minimum de tension temporisés peuvent assurer une protection adaptée pour un niveau de baisse de tension prédéterminé ou pour un temps d'absence ou de baisse, ou pour les deux à la fois, mais ils ne doivent pas empêcher ou retarder toute manœuvre de commande d'arrêt ou d'arrêt d'urgence.

Le décret 93-40 du 11/01/93 traite des prescriptions techniques auxquelles doivent satisfaire les machines et équipements de travail conformément à la directive européenne 89/655.
Tout équipement de travail doit être muni des organes de service nécessaires permettant son arrêt général dans des conditions sûres.
Des moyens d'arrêt évitant toute remise en marche intempestive doivent être mis à disposition des opérateurs.
La coupure de l'alimentation doit couper les actionneurs en énergie : automaintien, bobine à manque de tension, contacts à ouverture.
L'ordre d'arrêt doit être prioritaire sur l'ordre de marche.
Une opération d'acquittement volontaire (reset) avant remise en marche apporte un niveau de sécurité supplémentaire (art. R233-26).

5 LES PERTURBATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

Le développement accéléré de l'énergie électrique et de ses applications (électronique, informatique), la multiplication des appareils, fixes ou mobiles, la décentralisation des fonctions ont véritablement changé l'environnement naturel.
La compatibilité électromagnétique (ou CEM) se définit comme l'aptitude d'un matériel, d'un système ou d'une installation à fonctionner correctement dans son environnement, sans générer lui-même de perturbations intolérables pour les autres éléments de cet environnement. C'est une exigence incontournable qu'on ne peut ignorer dans les installations d'aujourd'hui.
Selon les cas, la CEM sera traitée au niveau de la source (réduction de l'émission) ou au niveau de la victime (amélioration de l'immunité ou "durcissement") ou les deux.
La complexité des problèmes de CEM est souvent liée au fait que les sources peuvent aussi être des victimes et les victimes des sources, et que le couplage se fait conjointement selon les deux modes : rayonné et conduit.
La directive européenne 89/336 (J.O. du 23 mai 1989) ordonne à chaque Etat de mettre en œuvre et d'harmoniser les moyens nécessaires ; retranscrite dans les droits nationaux, elle n'a finalement été rendue d'application obligatoire qu'au 1er janvier 1996.



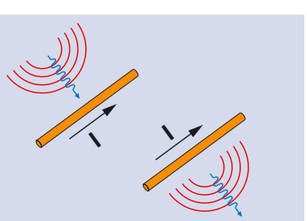
Trois paramètres définissent la CEM :

Source ⇒ Couplage ⇒ Victime

• La source est caractérisée par un niveau d'émission. Les principales sources de perturbations sont : la foudre, les émetteurs hertziens, les générateurs HF, les disjoncteurs et commutateurs de puissance, les fours à arc, à induction, les alimentations à découpage, l'éclairage à fluorescence, les relais, les moteurs électriques, l'outillage, l'électroménager, les décharges électrostatiques...

• La victime est caractérisée par un niveau d'immunité. Les principales victimes sont : la radio, la télévision, les télécommunications, les modems, l'informatique, les appareils contenant de l'électronique...

• Le couplage définit la voie de transmission de la perturbation. Il existe deux modes de transmission :
- le rayonnement (dans l'air, sans support matériel)
- la conduction (par les éléments conducteurs : masses, terre, câbles...).



Les conducteurs sont des antennes qui reçoivent... mais qui émettent.

La vérification de la conformité s'appuie désormais sur un ensemble conséquent de normes internationales (de la série CEI 61000).

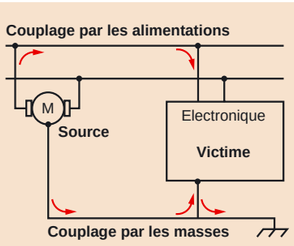
CEI 61000-1-1 : application et interprétation de définitions et termes fondamentaux
CEI 61000-2-1 : description de l'environnement électromagnétique
CEI 61000-2-2 : niveaux de compatibilité des perturbations - conduites BF et transmission des signaux sur les réseaux publics d'alimentation BT
CEI 61000-2-3 : description de l'environnement - phénomènes rayonnés et phénomènes conduits à des fréquences autres que celles du réseau
CEI 61000-2-4 : niveaux de compatibilité dans les installations industrielles pour les perturbations conduites BF
CEI 61000-2-5 : classification des environnements électromagnétiques
CEI 61000-2-6 : évaluation des niveaux d'émission dans l'alimentation des centrales industrielles tenant compte des perturbations conduites BF
CEI 61000-2-7 : champs magnétiques BF
CEI 61000-2-9 : description de l'environnement IEMN-HA(1) - perturbations radiantes
CEI 61000-2-10 : environnement IEMN-HA(1) - perturbations conduites
CEI 61000-2-11 : classification de l'environnement IEMN-HA(1)
CEI 61000-3-2 : limites pour les émissions de courant harmonique (appareils < 16 A)
CEI 61000-3-3 : limitation des fluctuations et du flicker dans les réseaux BT (appareils <16 A)
CEI 61000-3-4 : limites des émissions de courants harmoniques dans les réseaux BT (appareils > 16 A)
CEI 61000-3-5 : limitation des fluctuations de tension et du flicker dans les réseaux BT (appareils > 16 A)
CEI 61000-3-6 : évaluation des limites d'émission pour les charges déformantes raccordées aux réseaux MT et HT
CEI 61000-3-7 : évaluation des limites d'émission des charges fluctuantes sur les réseaux MT et HT
CEI 61000-3-8 : transmission des signaux dans les installations électriques BT
CEI 61000-4-1 : vue d'ensemble sur les essais d'immunité
CEI 61000-4-2 : essai d'immunité aux décharges électrostatiques
CEI 61000-4-3 : essai d'immunité aux champs EM rayonnés aux fréquences radioélectriques
CEI 61000-4-4 : essai d'immunité aux transitoires rapides en salves
CEI 61000-4-5 : essai d'immunité aux ondes de choc
CEI 61000-4-6 : essai d'immunité aux perturbations conduites induites par les champs radioélectriques
CEI 61000-4-7 : guide relatif aux mesures, appareillage, appareils raccordés aux réseaux d'alimentation pour les harmoniques et interharmoniques
CEI 61000-4-8 : essai d'immunité au champ magnétique à la fréquence du réseau
CEI 61000-4-9 : essai d'immunité au champ magnétique impulsionnel
CEI 61000-4-10 : essai d'immunité au champ magnétique oscillatoire amorti
CEI 61000-4-11 : essai d'immunité aux creux de tension, coupures brèves et variations
CEI 61000-4-12 : essai d'immunité aux ondes oscillatoires
CEI 61000-4-14 : essai d'immunité aux fluctuations de tension
CEI 61000-4-15 : flickermètre - spécification fonctionnelle et conception
CEI 61000-4-16 : essai d'immunité aux perturbations conduites en mode commun (0 à 150 kHz)
CEI 61000-4-17 : essai d'immunité à l'ondulation résiduelle sur entrée de puissance à courant continu
CEI 61000-4-24 : essais des dispositifs de protection contre les perturbations conduites IEMN-HA(1)
CEI 61000-4-28 : essai d'immunité à la variation de la fréquence d'alimentation
CEI 61000-5-1 : guide d'installation - considérations générales
CEI 61000-5-2 : guide : mise à la terre et câblage
CEI 61000-5-3 : guide : concepts de protection
CEI 61000-5-4 : guide : immunité à l'IEMN-HA (1)
CEI 61000-5-5 : guide : dispositifs de protection contre les perturbations EIMN-HA(1)
CEI 61000-6-1 : niveaux génériques - immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et industrie légère
CEI 61000-6-2 : niveaux génériques - immunité pour les environnements industriels
CEI 61000-6-4 : niveaux génériques - émission pour les environnements industriels

(1) Impulsion Electromagnétique Nucléaire à Haute Altitude.

Les problèmes de CEM naissent des "couplages" qui s'établissent entre les différents éléments d'un système ou d'une installation.
Ces phénomènes sont d'autant plus cruciaux que cohabitent des appareils de puissance avec des appareils électroniques, que leurs lignes d'alimentation (courants forts) et de transmission (courants faibles) sont proches et que l'environnement est perturbé du fait même de l'activité.
Le couplage, qui transmet la perturbation, peut s'effectuer selon quatre modes.

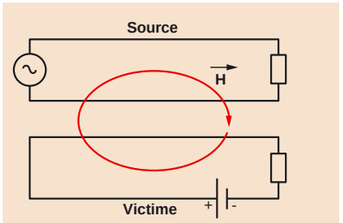
1 Couplage par impédance commune

Les perturbations se transmettent par les circuits en commun à la source et à la victime : alimentation, masses circuits de protection, auxiliaires… Ce mode est également nommé "couplage galvanique".



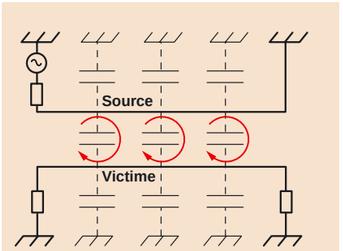
2 Couplage inductif

Les perturbations se transmettent par création d'un champ magnétique et induction d'une fem dans le conducteur victime.



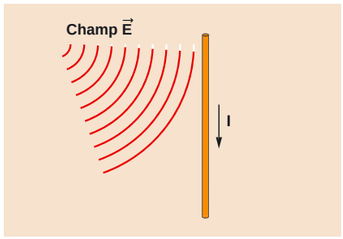
3 Couplage capacitif

Les perturbations sont transmises par effet capacitif entre les lignes qui cheminent à proximité l'une de l'autre. On nomme diaphonie les effets associés des couplages inductifs et capacitifs.



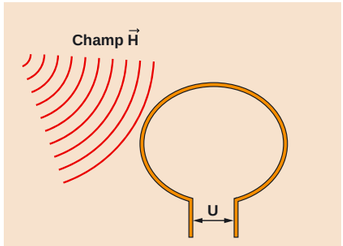
4 Couplage champ électrique sur fil

Les variations de champ électromagnétique (composante électrique $\vec{E}$) induisent des courants dans les conducteurs qui se comportent comme des antennes.



5 Couplage champ magnétique sur boucle

Les variations de champ magnétique $\vec{H}$ induisent des tensions (fem) dans les boucles conductrices.



Comme dans tous les domaines, la meilleure protection contre les problèmes de CEM passe par la prévention. Pour chaque mode de couplage, et aux risques de transmission de perturbations qui s'y rapportent, il existe des précautions élémentaires. Celles-ci sont décrites aux chapitres I.C.2 et I.C.6 page 171.
La prise en compte de la CEM implique des exigences nouvelles de mise en œuvre qui vont au-delà des règles de l'art habituelles.

6 LES PHÉNOMÈNES DE DÉGRADATION ET DE VIEILLISSEMENT

Les conditions d'exposition aux contraintes de l'environnement sont très variables selon les lieux d'installation.
En fait, les facteurs potentiels de dégradation peuvent être classés en deux grandes catégories :
- les facteurs climatologiques liés à la température, à l'ensoleillement, au vent, aux précipitations et à l'humidité
- les facteurs spécifiques à l'usage ou au lieu d'installation dont l'action est liée à la nature et la teneur des agents corrosifs et polluants, à la présence d'eau ou de poussière (caractérisée par le code IP), voire à l'action de la faune, de la flore ou des moisissures dans certains cas.

Le matériel installé doit pouvoir supporter sans dommage, et avec une espérance de vie suffisante, les contraintes du lieu où il est installé.
La protection peut être assurée :
- directement par le matériel, qui devra alors posséder les caractéristiques adaptées (IP, IK, résistance à la corrosion…)
- par une protection supplémentaire apportée par une enveloppe (coffret, armoire) adaptée
- par une installation dans un emplacement où les contraintes sont réduites : abri, locaux électriques, gaines techniques…

Il existe plusieurs classifications normalisées des conditions d'environnements.
La NF C 15-100 propose une codification pour un certain nombre de facteurs.
- Température ambiante : code AA (par exemple AA2, température très froide - 40 °C + 5 °C)
- Température et humidité combinées : code AB
- Altitude : code AC
- Présence d'eau : code AD (par exemple AD 5 = IP x5)
- Présence de corps solides : code AE
- Présence de substances corrosives : code AF
- Contraintes mécaniques : code AG (chocs), code AH (vibrations)
- Présence de flore et de moisissures : code AK
- Présence de faune : code AL
- Influences électromagnétiques, électrostatiques et ionisantes : code AM
- Rayonnements solaires : code AN
- Effets sismiques : code AP
- Foudre : code AQ
Sur la base de cette classification, le guide UTE C 15-103 préconise les caractéristiques que doivent comporter les matériels et les canalisations en fonction des locaux ou emplacements considérés.
Les niveaux de performance et les essais liés à la présence d'eau, de corps solides et de risques de chocs sont bien définis et correspondent à une classification des matériels : code IP, code IK.
En revanche, les critères liés aux facteurs climatiques ou spécifiques (corrosion, rayonnements…) ne donnent pas lieu à une classification des matériels.
Dans une approche plus exhaustive, la norme NF C 20-000 (issue de la CEI 60721) propose à la fois une classification des agents d'environnement individuels : température, humidité, mais aussi vagues, éclaboussures, sable, boue ou gaz à action corrosive avec des valeurs ou des niveaux types.
Et une classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités, permettant de caractériser tous les lieux d'utilisation ou d'installation : stockage, transport, poste fixe abrité, poste fixe extérieur, véhicules, navires…
La norme NF C 15-100 propose désormais (chapitre 512) des liaisons avec les classes de la norme NF C 20-003-3 et 20-003-4 pour les utilisations à poste fixe protégées et non protégées contre les intempéries.

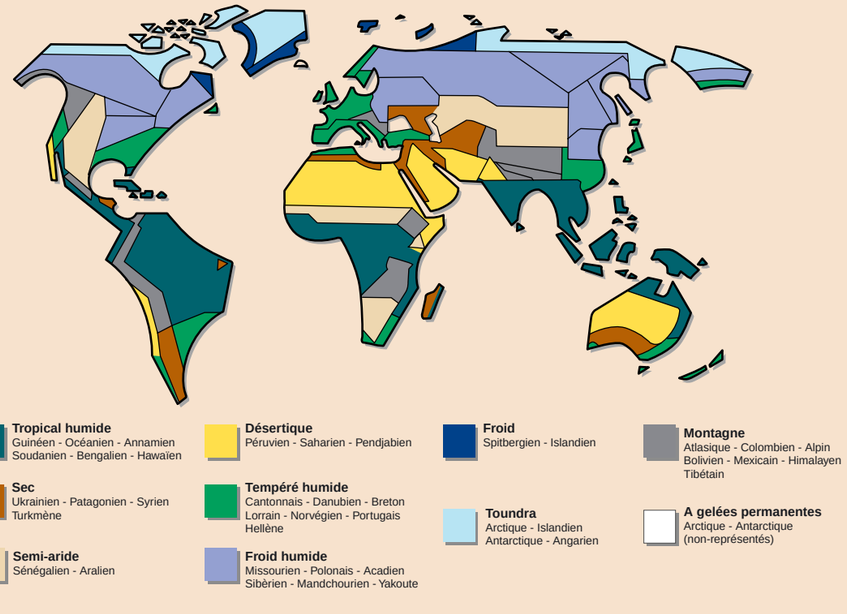
1 Installations extérieures

Pour le choix des matériels et des enveloppes, il faudra en première approche considérer les conditions climatiques du lieu (voir encadré).
Aux caractéristiques du climat type, il faudra superposer les facteurs spécifiques liés aux conditions mêmes d'utilisation ou d'installation qui peuvent varier pour un même climat. Malgré leur diversité et leur complexité, ceux-ci peuvent être classés en cinq grandes catégories ou "atmosphères".

- Atmosphère rurale qui correspond aux conditions d'exposition à la campagne, sans agents corrosifs en quantité notable autre que l'humidité ambiante.
- Atmosphère urbaine qui désigne les conditions d'exposition en ville avec alternance d'humidité et de sécheresse, présence de suies, de poussières, d'hydrocarbures, d'oxydes d'azote, d'oxydes de carbone, de métaux lourds, de dioxyde de soufre produits par la circulation automobile. Les effets de la corrosion sont notablement augmentés.
- Atmosphère industrielle dont les conditions agressives sont essentiellement dues à la teneur en composés soufrés (H2S, SO2) et halogénés (HCl).
- Atmosphère marine caractérisée par une attaque corrosive très importante du fait du sel (chlorures) et du fort taux d'humidité. Si ces conditions existent bien sûr en bord de mer (quais, jetées…) et a fortiori en pleine mer (navires, plates-formes…), elles ne doivent pas être négligées pour la frange côtière qui peut atteindre plusieurs kilomètres sous l'effet des vents dominants.
- Atmosphère tropicale dont les conditions réelles peuvent en fait être très variables mais où prédominent une température et une humidité élevées qui ne sont pas suffisantes à elles seules pour augmenter notablement la corrosion. D'autres facteurs devraient être considérés : moisissures, microorganismes, lichens, insectes, pollens… pour adapter au mieux les prescriptions de traitement. Leur connaissance restant souvent aléatoire, les conditions sont empiriquement considérées comme très sévères et les matériels choisis en conséquence (traitement de tropicalisation).

Pour tous les types d'exposition, le choix de l'indice IP du produit pourra se faire en discernant les utilisations à l'abri des précipitations directes de la pluie et/ou du soleil (auvent, larmier, hangar ouvert) de celles directement exposées aux intempéries.

Plusieurs classifications des climats existent. Celle du géographe français Emmanuel de Martonne (1873-1955) qualifie chaque climat local par le nom de la région qui correspond à ce climat et pour lequel sont regroupées les données météorologiques concernant la température, l'insolation, les précipitations et l'humidité relative.
Les climats locaux peuvent être regroupés en grands types dont les ordres de grandeur des caractéristiques sont généralement suffisants : tropical humide, sec, semi-aride, désertique, tempéré humide (la majorité de l'Europe), froid humide, froid, extrêmement froid.





Coffret Altantic Inox : une réponse adaptée pour la protection dans les atmosphères les plus difficiles.

2 Installations intérieures

Les conditions intérieures peuvent être classées en de nombreux niveaux sur la base des critères de chauffage (hors gel, régulé, climatisé…), d'humidité, de ventilation (souterrain confiné, ventilé), d'effets d'absorption ou de serre…
Dans la pratique, on pourra retenir trois classes principales.

- Intérieur sec qui caractérise les locaux chauffés l'hiver et exempts de condensation et d'humidité. Sont généralement inclus dans cette classe les locaux résidentiels, tertiaires, et les ateliers de montage.
- Intérieur humide applicable aux locaux ou emplacements soumis à l'humidité et à des condensations répétées (intérieurs de hangars, entrepôts fermés non chauffés, magasins avec quais ouverts, sous-sols…). Le volume intérieur des enveloppes fermées (coffrets, containers, cabines) placées à l'extérieur est assimilé à ce niveau.
- Intérieur agressif dont les conditions sont caractérisées par la présence de polluants ou d'agents de corrosion éventuellement combinés à une humidité ou à des projections d'eau importantes (agroalimentaire, traitements chimiques, locaux d'élevage…).



Armoires Altis et XL-A pour tous les locaux industriels secs et humides.



Pour les conditions extrêmes de résistance ou d'hygiène : la solution armoire Altis et coffrets inox.



Simulation de l'exposition en atmosphère industrielle dans une étuve SO2 (dioxyde de soufre).

3 Rayonnement solaire

Les phénomènes de vieillissement provoqués par le rayonnement solaire sont extrêmement complexes et difficiles à recréer en laboratoire. S'ajoutent d'autres facteurs comme la température, l'humidité, les agents chimiques dont les effets agissent en synergie avec le soleil.
Les dégradations observées vont du changement de couleur ou de brillance jusqu'à l'altération des caractéristiques physiques des matériaux.

Différents documents normatifs traitent du rayonnement solaire et des essais applicables, on peut citer :
NF C 20-540 : essai de vieillissement climatique des matériels et matériaux à usage extérieur
CEI 60068-2-5 : rayonnement solaire artificiel au niveau du sol
CEI 60068-2-9 : guide pour l'essai de rayonnement solaire
NF T 51-056 : méthodes d'exposition à une lampe à arc au xénon
NF T 51-185 : détermination des changements de couleur ou de caractéristiques après exposition
NF T 30-057 : évaluation de la solidité à la lumière artificielle des peintures d'intérieur
NF T 30-055 : méthode d'exposition sous verre à la lumière du jour
NF T 30-036 : action alternée d'un rayonnement UV et de l'eau.

Dans la pratique, les matériaux constituant les produits sont choisis pour résister au rayonnement solaire des emplacements pour lesquels ils sont prévus.
Des vérifications peuvent néanmoins s'avérer nécessaires pour certains cas extrêmes :
- installations en montage au-dessus de 2 000 m
- conditions d'insolation élevées (> 2 400 h/an)
- installations à proximité de sources d'éclairage riches en rayonnement UV (fluorescence, luminescence).

Le rayonnement solaire est caractérisé par son niveau d'énergie (exprimé en W/m²) et par le spectre de son émission (longueurs d'ondes λ).
L'énergie rayonnée varie selon les régions (latitude), selon la turbidité de l'air (au-dessus des villes), et bien sûr selon la présence de nuages.
Elle est caractérisée en valeur instantanée en W/m² ou pondérée sur la durée d'exposition qui peut être journalière, mensuelle ou annuelle.
Hormis sous les climats tropicaux ou désertiques, les valeurs types maximales, à midi, sans nuage, sont de 1 050 W dans les grandes villes, 1 120 W en plaine et 1 180 W en montagne.
La valeur de l'exposition énergétique journalière sous 45° de latitude Nord est de 7,45 kWh/m².
Le rayonnement électromagnétique du soleil couvre, au niveau de la surface de la terre, un spectre assez large dans une bande de longueurs d'ondes comprises entre 0,3 µm à 4 µm avec un maximum dans la bande visible entre 0,4 et 0,8 µm.
Le rayonnement peut affecter les matériaux essentiellement par échauffement (effet des infrarouges, λ > 0,8 µm) ou par photo dégradation (effet des ultraviolets λ < 0,4 µm). Cette dernière se traduit par des décolorations, farinages de surface, voire des craquelures ou des désagrégations.

7 LA CORROSION

Si le choix des enveloppes et des matériels est essentiel, leur mise en œuvre participe pour autant à la fiabilité et à la durabilité des installations. Une connaissance minimale des phénomènes de corrosion et de leurs causes peut dans ce souci, éviter quelques déboires.

1 Des phénomènes de corrosion

La corrosion désigne les phénomènes de dégradation progressive qui affectent plus ou moins lentement tous les métaux hormis ceux dits précieux comme l'or ou le platine.
Les phénomènes de corrosion sont très divers et complexes pour certains (gaz, haute température, métaux en fusion…). Dans l'atmosphère ambiante, la corrosion est essentiellement provoquée par des solutions aqueuses plus ou moins concentrées.
On discernera néanmoins deux phénomènes :
- la corrosion chimique (ou électro chimique) qui désigne l'attaque d'un métal suite à des déplacements de charges électriques (électrons) à sa surface
- la corrosion électrolytique (ou gal vanique) qui désigne le phénomène de circulation d'un courant élec trique entre deux métaux de nature différente dont l'un est attaqué au profit de l'autre.
Le premier phénomène est plutôt de nature microscopique alors que le second est de nature macrosco pique. Dans ces deux types de cor rosion, la présence d'une solution (aqueuse en général) initiera le phénomène de corrosion.

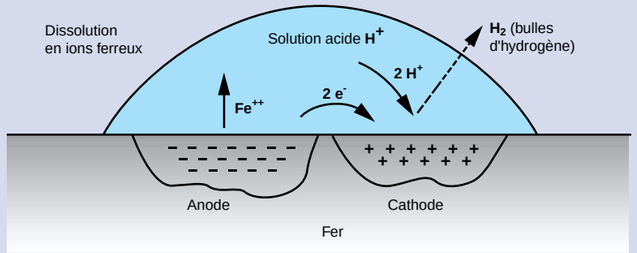
2 La corrosion chimique

On sait maintenant que la surface d'un métal se répartit à l'échelle microscopique en zones anodiques et en zones cathodiques. Cette hétérogénéité a de multiples causes : métallurgiques (carbures précipités, traitements thermiques…) physiques (écrouissages locaux, meulage, usi nage…) ou chimiques (incrustation d'autres métaux, de poussières).
L'immersion dans un milieu non homo gène (morceau de fer à demi immer gé) a les mêmes conséquences.
En présence d'une solution acide naîtront donc des réactions d'oxydo-réduction (sortes de micropiles) à la surface du métal qui peuvent s'écrire :

$Fe + 2H^+ \rightarrow Fe^{++} + H_2$

La solution acide peut provenir de la dissolution d'un gaz : le dioxyde de soufre SO_2 donne par exemple de l'acide sulfurique $H_2\ SO_4$ avec l'hu midité de l'air.
Le débit électrique de cette réaction et le sens du courant dépendent du potentiel entre le métal et la solution (conventionnellement pris à 0 V pour l'hydrogène H^+). Le potentiel électro-chimique de chaque métal (voir tableau page 656) permet de caractériser sa résistance à la corro sion. Le terme de "potentiel Rédox" est également utilisé.

Exemple de l'attaque du fer par une solution acide



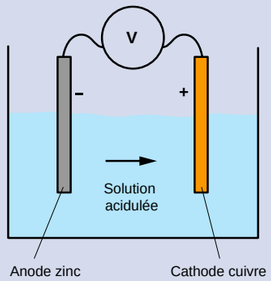
Une première réaction anodique de dissolution du métal se produit en libérant deux électrons. Le fer dissout passe en solution sous forme d'ions ferreux Fe^{++}.
Une deuxième réaction a lieu sur la cathode où les électrons libérés se combinent aux ions H^+ de la solution acide. Ces derniers sont alors réduits et libérés sous forme d'hydrogène gazeux H_2.

Plus généralement, c'est l'oxygène de l'air qui, en présence d'eau (humidité) réagira en apportant deux électrons supplémentaires sous la forme $O_2 + 2H_2O + 4e^-$ qui aboutira à la formation de rouille Fe_2O_3.

3 La corrosion électrolytique

Ce type de corrosion s'apparente directement au principe de la pile électrique de Volta. Au contraire de la corrosion chimique, les électrodes anode et cathode, sont de nature différente et la solution aqueuse entre celles-ci n'engendre pas forcément de réaction chimique, elle ne sert que d'électrolyte permettant le transport des ions de l'anode (-) vers la cathode (+). La différence de potentiel sera d'autant plus élevée que les deux métaux en présence seront éloignés sur l'échelle des potentiels électrochimiques. Hors du laboratoire, ce phénomène se produira dès que deux métaux de nature différente seront reliés par un électrolyte conducteur : acide, base, eau non pure et eau de mer notamment.

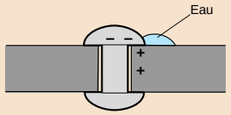
Exemple de corrosion électrolytique entre le zinc et le cuivre



Des charges positives, ions de zinc, se détachent de l'anode de zinc et vont se déposer sur la cathode de cuivre. Le zinc est détruit au profit du cuivre.

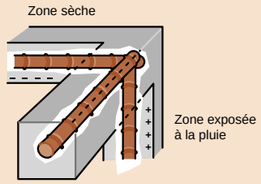
La corrosion électrolytique a peu de limites en terme de dimensions géométriques, en voici quelques exemples :

Assemblages



Le rivet en aluminium électronégatif par rapport au fer se corrode éventuellement jusqu'à la rupture.
Le même phénomène affectera un boulon en acier zingué en contact avec de l'acier inoxydable.
Des traitements plus appropriés : visserie inox ou laiton nickelé seront utilisés pour le contact avec l'inox.

Béton armé



Zone sèche : l'armature se comporte comme une anode.

Zone exposée à la pluie : le bèton reste humide, l'armature se comporte comme une cathode.

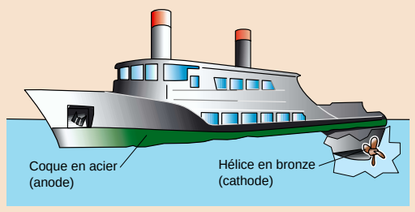
La circulation d'un courant galvanique va entraîner la corrosion de l'armature.

Pylônes



Le potentiel différent entre la terre et le pylône entraîne la circulation d'un courant.
La corrosion des parties enterrées peut être augmentée. Des systèmes complexes de protection sont mis en œuvre sur les ouvrages d'art pour "déplacer" la corrosion sur des anodes sacrificielles (enduit de zinc) ou pour empêcher les chlorures d'atteindre l'acier (membranes hydrofuges).

Navires



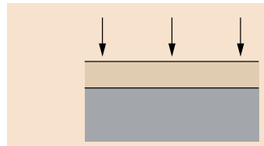
L'eau de mer constitue un électrolyte disponible et permanent.
La corrosion de la coque du navire risque d'être augmentée par la présence de l'hélice en bronze.
Là encore, la disposition "d'anodes sacrificielles" sur la coque du bateau permettra de "déplacer" le phénomène de corrosion.

La présence d'un barreau de magnésium dans les chauffe-eau a le même but pour protéger la cuve. Attention, lorsque l'anode disparaît totalement, il n'y a plus de protection.

Le tableau de la page 167 montre le domaine de compatibilité électrolytique entre les métaux. La valeur de la tension galvanique admise (300 mV en général, 400 mV en conditions sèches contrôlées) permet de connaître les associations possibles de métaux.
Attention, celles-ci restent indicatives : le pH du milieu (acide ou basique) et des phénomènes de passivité peuvent modifier les valeurs de potentiel.

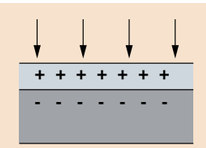
La protection d'un métal contre la corrosion peut communément se faire selon trois modes.

• Le dépôt d'un film étanche (peinture, vernis…) empêchant le contact du métal avec l'atmosphère ambiante.

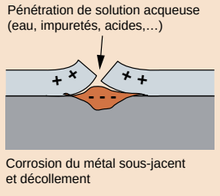


Le même principe peut, si le revêtement est isolant, empêcher la circulation d'un courant électrolytique entre deux métaux différents.
L'illustration en est donnée par un "truc" de plombier où les quelques tours de ruban isolant autour du tube de cuivre vont limiter la corrosion du collier Atlas en acier.

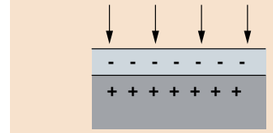
• Le dépôt d'un traitement métallique de potentiel électrochimique plus élevé que celui du métal de base (le terme de protection anodique est parfois utilisé mais sujet à confusion) ; par exemple : étain sur zinc, nickel sur fer, argent sur cuivre.



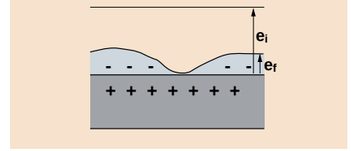
Ce type de protection n'est acceptable que si le traitement est parfaitement étanche. Dans le cas contraire, il y aura corrosion par piqûres du métal sous jacent et décollement à terme du traitement.



• Le dépôt d'un traitement métallique de potentiel inférieur à celui du métal de base (on parle aussi de protection cathodique) par exemple : zinc sur fer, étain sur cuivre.



Le métal déposé va être attaqué au profit du métal à protéger. On parle alors d'anode sacrificielle.
La protection sera proportionelle à la quantité (épaisseur initiale ei) de métal déposé. Elle s'arrêtera lorsque tout le traitement aura été consommé (voir durée prévisible des traitements page 115).

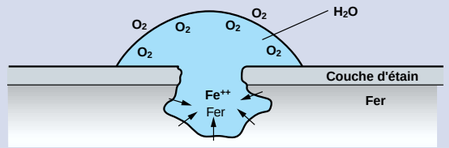


Certaines zones de métal mises à nu seront encore protégées par effet de proximité même si la couche d'épaisseur finale ef n'est plus totalement continue. La galvanisation illustre ce type de protection.



Revêtement cathodique en fin de vie. La couche de zinc (galvanisation) est consommée totalement sur certaines parties, laissant à nu le métal de base.

Exemple de l'attaque par piqure du fer étamé



Si une fissure ou une discontinuité apparait dans la couche d'étain, le fer sous-jacent peut être oxydé par O_2 (dissous dans l'eau). L'anode représentée par le fer étant de petite surface par rapport à la cathode (étain), l'attaque locale sera forte et profonde pour pouvoir fournir les électrons nécessaires à la réaction :

$$O_2 + 2\,H_2O + 4\,e^- \Rightarrow 4\,OH^-$$

qui aboutira à la formation de rouille $4\,Fe(OH)_3$
Le fer étamé ou fer blanc est utilisé lorsqu'il n'y a pas de risque de destruction locale : intérieur des boîtes de conserves.

Anode, cathode et sens du courant

L'anode est conventionnellement définie comme l'électrode positive d'un appareil. Celle qui reçoit le pôle ⊕ de l'alimentation mais :
- dans une pile, l'anode est l'électrode négative, qui cède des électrons, ceux-ci se déplacent alors du pôle ⊖ vers le pôle ⊕
- dans une réaction d'électrolyse, le courant est imposé et l'anode est l'électrode positive et les électrons se déplacent alors du pôle ⊕ vers le pôle ⊖ ; il y a dissolution de l'anode
- dans un tube électronique (ou cathodique), l'électrode portée au potentiel élevé d'une source émet des électrons, elle devient alors anode.
La meilleure définition est en fait donnée par l'étymologie où l'anode (du grec ana : haut) désigne le potentiel haut par rapport au potentiel bas (kata) de la cathode.

Lorsque la masse d'un appareil, d'un équipement, d'un véhicule ou d'un navire est utilisée comme pôle électrique ; il est essentiel de relier celle-ci au pôle ⊖ de l'alimentation. La masse représentera alors la cathode (potentiel bas) qui reçoit les charges électriques.
Dans le cas inverse, pôle ⊕ à la masse, donc anode, les éléments de la masse pourraient être corrodés par électrolyse.

La passivation de l'acier inoxydable

C'est l'incorporation de chrome à plus de 12 % qui confère son caractère d'inoxydabilité à l'acier. Cet élément d'alliage à la propriété de former à la surface du métal un composé oxydé de passivation. C'est cette mince couche qui détermine la résistance à la corrosion. Sa stabilité dépendra de plusieurs facteurs : composition de l'acier, état de surface, nature du milieu...
La couche passive se reconstitue spontanément à l'air ambiant après un endommagement accidentel. Mais ces conditions peuvent être compromises en présence d'ions halogènes (chlore, brome, fluor, iode) qui peuvent alors engendrer une corrosion par piqûres.
L'apport de molybdène (316 L) pallie en grande partie à ce risque, mais il montre l'importance de permettre la reconstitution de la couche passive ou de la provoquer (voir page 191).

Les normes qui traitent des traitements de surface et de la corrosion sont très nombreuses, on peut citer entre autres normes génériques :
NF A 91-010 "Terminologie"
NF A 05-655 "Définition des niveaux de compétence des agents"
NF A 05-691 "Protection cathodique : certification des agents"
ISO 2177 et 4518 "Mesurage de l'épaisseur des revêtements"

4 La passivité

Le phénomène de passivité désigne un état où le métal immergé dans un milieu suffisamment oxydant n'est plus attaqué. Il est alors recouvert d'une fine couche, invisible, qui freine la pénétration de l'eau et de l'oxygène. Par exemple, le fer devient passif dans l'acide nitrique très concentré, il n'est plus attaqué.
Certains métaux peuvent se passiver, et donc se protéger dans les conditions ambiantes : le cuivre, l'étain, le plomb, le zinc, mais ces conditions sont plus ou moins précaires, et cet état peut ne pas être suffisamment stable pour le considérer comme une protection durable.

La passivation, souvent assimilable à la "patine du temps" est trop longue à obtenir dans les processus industriels ; on obtient alors un état passif par un traitement de conversion chimique :
- chromatation du zinc
- phosphatation et chromatation de l'acier
- anodisation de l'aluminium.

Le traitement permettra selon les cas, un meilleur accrochage des revêtements ultérieurs ou une protection temporaire voire définitive.

La double vie du zinc

Sans doute, l'élément de protection anti-corrosion le plus utilisé, le zinc, a un comportement qui oscille selon les conditions d'environnement entre un rôle sacrificiel et un rôle d'autoprotection. Le premier est bien connu et le zinc est effectivement dissout et consommé notamment en présence de solutions acides dans les atmosphères urbaines et industrielles. Le second l'est moins, car plus complexe et il est lié au phénomène de passivation.

En ne retenant que les réactions aboutissant à des formes stables et protectrices des oxydes formés, deux éléments essentiels sont alors à considérer : la concentration en vapeur d'eau et celle en gaz carbonique.
En présence de vapeur d'eau (Hr > 50 %), il y a accroissement de la concentration en ions OH^- qui par combinaison avec la forme oxydée Zn_2, donne une forme hydratée d'oxyde de zinc $Zn(OH)_2$ très insoluble. Cet hydroxyde freine la pénétration de l'eau et de l'oxygène et inhibe la corrosion.
Le gaz carbonique (CO_2) contenu dans l'air (0,3 % au moins) va, pour sa part, entraîner la précipitation de formes carbonatées du zinc, également très insolubles. Il apparaît que plus la couche passivée contient de carbonates, plus son action est protectrice d'où l'importance de la concentration en CO_2 et de son renouvellement.

La meilleure durabilité des revêtements de zinc est obtenue lorsque ceux-ci sont à l'état passif. Une condition qui nécessite une bonne ventilation (renouvellement du CO_2) et de favoriser le ruissellement qui élimine les espèces solubles et les dépôts pulvérulents.
Le zinc préfère donc le grand air ! ...

Là encore, lorsque l'état de passivation naturelle sera difficile à obtenir (atmosphères acides ou confinées), on utilisera avantageusement les traitements de conversion comme la chromatation (couleur blanc clair), la bi-chromatation (couleur vert/jaune) ou la chromatation épaisse (vert/noir) qui ralentira nettement la corrosion.
A noter également que les chromates ayant un potentiel électrochimique (+ 0,3 V) plus élevé que celui du zinc (- 0,76 V) ils seront nettement moins attaqués.

8 LES CONTRAINTES D'EXPOSITION : POUSSIÈRES, EAU ET HUMIDITÉ

Le matériel ou les enveloppes destinés à le protéger doivent être choisis pour s'affranchir des effets nuisibles qu'aurait la pénétration de corps solides (poussières, sable) ou d'eau sous forme liquide mais aussi sous forme gazeuse : l'humidité.



1 Les poussières

De très nombreuses activités humaines (circulation, industrie, agriculture, travaux publics…) mais aussi la nature (terre, sable, pollens…) génèrent des poussières conductrices ou qui peuvent le devenir en combinaison avec l'humidité.
A terme, des pénétrations importantes dans les matériels électriques peuvent provoquer des dysfonctionnements, des défauts d'isolation, voire initier des courts-circuits.

**Le code IP (indice de protection) définit le niveau de protection apporté.
La norme CEI 60529 (NF C 20-010) prescrit les essais à effectuer pour sa vérification**

1er chiffre : protection contre les corps solides		
IP	Tests	
0		Pas de protection
1	Ø 50 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm
2	Ø 12,5 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 12,5 mm
3	Ø 2,5 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm (outils, vis)
4	Ø 1 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm (outils fins, petit fils)
5		Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible)
6		Totalement protégé contre les poussières

2e chiffre : protection contre les corps liquides		
IP	Tests	
0		Pas de protection
1		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)
2	15°	Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale
3	60°	Protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale
4		Protégé contre les projections d'eau de toutes directions
5		Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance
6		Totalement protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer
7	1 m, 15 cm mini	Protégé contre les effets de l'immersion
8	x m	Protégé contre les effets de l'immersion prolongée dans des conditions spécifiées

Le niveau d'accessibilité aux parties dangereuses également donné par le 1er chiffre ou par une lettre additionnelle n'est pas traité dans ce tableau. Voir chapitre III.G.1.

Dans les ambiances très polluées (ou très poussiéreuses), l'introduction de particules dans les enveloppes peut être combattue en maintenant le volume interne en légère surpression par rapport à l'ambiance. Les dispositions, niveau de pression et débits, précautions de réalisation, sont précisées page 193.

Souvent sournois et insidieux, ces défauts naissent avec le temps et le manque d'entretien.
Des périodes de marche et d'arrêt, créant des pressions/dépressions dans les enveloppes, favorisent la pénétration des poussières. Les systèmes de ventilation transportent énormément de poussières. Les filtres ne peuvent tout arrêter et doivent être nettoyés régulièrement.

Les locaux de service électrique, les tableaux, les gaines techniques doivent faire l'objet d'un nettoyage régulier par aspiration au titre de la maintenance préventive. La périodicité est à définir en fonction des conditions locales, mais ne devrait pas excéder douze mois.



Essai de pénétration contre les solides : ici, essai à la poussière de talc



Les échangeurs de chaleur Legrand (4 modèles de 16 W/°C à 80 W/°C) permettent un refroidissement très efficace dans les ambiances les plus poussiéreuses

Règles générales pour le choix du 1er chiffre de l'IP selon les emplacements (voir guide UTE C 15-103 pour plus de précisions).

- **IP 2x : emplacements ou locaux à usage domestique et tertiaire où il n'existe aucune quantité appréciable de poussières et où ne sont pas manipulés de petits objets. De nombreux locaux techniques de service et de commande sont concernés.**
- **IP 3x : emplacements ou locaux à usages industriels et assimilés (garages, bricolage) où sont manipulés de petits objets (visseries, outils…) - salles de machines, ateliers de montage, de fabrication, de mécanique - emplacements extérieurs : camping, chantiers, rues, cours, jardins, établissements forains, piscines…**
- **IP 4x : conditions identiques à sévérité 3 mais avec présence de corps étrangers plus petits (fils, paille…) (locaux agricoles d'élevage, ateliers de précision…).**
- **IP 5x et 6x : emplacements ou locaux où il existe des quantités importantes (5) ou très importante (6) de poussières (entrepôts de fourrage, greniers, granges, silos, ateliers de textile, de travail du bois, carrières, cimenteries, engrais, matières plastiques, sucreries…).**

2 L'eau

Au même titre que la poussière, l'eau ne doit pas pénétrer dans les matériels électriques : corrosion, dégradation des contacts, diminution de l'isolation… Autant d'effets néfastes dont il faut se préserver pour assurer la pérennité des équipements.
Bien évidemment, il faut choisir des matériels et enveloppes dont l'indice de protection est adapté au lieu d'installation, pour éviter la pénétration directe de l'eau sous forme liquide.



Essai de protection contre les projections d'eau IP x6

Les essais d'étanchéité prescrits par la norme EN 60529 sont adaptés aux cas d'installations les plus courants des climats tempérés.
Des applications spécifiques peuvent requérir des exigences différentes ou plus sévères qu'il importera de bien identifier pour s'assurer des performances des produits choisis, par exemple : marnage ou déluge pour les installations off-shore, lavage à haute pression (Karcher™), formation de glace, voire fonctionnement sous glace, charge de neige…

Règles générales pour le choix du 2e chiffre de l'IP selon les emplacements (voir guide UTE C 15-103 pour plus de précisions)

- **IP x1 : emplacements ou locaux dans lesquels l'humidité se condense occasionnellement sous forme de gouttes d'eau. Le taux d'humidité (vapeur d'eau) peut être élevé sur de longues périodes (caves, celliers, lingeries, toilettes, séchoirs, sous-sol, vérandas, laboratoires, chaufferies, ateliers, garages, salles de lavabos individuels, entrepôts de combustible, certains magasins de stockage…).**
- **IP x2 : cette sévérité n'est pas spécifiée pour des emplacements ou locaux types. On pourra néanmoins l'appliquer lorsqu'il existe des risques que les gouttes d'eau ne tombent pas verticalement suite à l'effet du vent (terrasses couvertes par exemple) ou que le produit ne soit pas installé dans les conditions de position pour lequel il est prévu (faux aplomb, sol en pente…).**
- **IP x3 : emplacements ou locaux dans lesquels l'eau ruisselle sur les murs et le sol (buanderies, vides sanitaires, chambres frigorifiques, surpresseurs, station de vapeur ou d'eau chaude, locaux de recharge de batterie, salles de lavabos collectifs, entrepôts d'alcools, chais, caves de distillation, serres, établissements forains, divers entrepôts, fabrication d'engrais, de détersifs, de colles, de peintures, de spiritueux, de vernis…).**
- **IP x4 : emplacements ou locaux dans lesquels les matériels sont soumis à des projections d'eau (boucheries, charcuteries, crèmeries, fabrication de pâte à papier, raffineries…). Cette sévérité et celles au-dessus sont applicables pour les emplacements extérieurs non couverts (rues, cours, jardins, terrasses…).**
- **IP x5 : emplacements ou locaux qui sont couramment lavés à l'aide de jets (locaux à poubelles, cours, jardins, plages de piscines, élevages de volailles, porcheries, étables, salles de traite, écuries, carrières, chaînes d'embouteillage, laiteries, laveries, lavoirs publics, fromageries, abattoirs, teintureries, sucreries, tanneries, poissonneries, chantiers, quais de déchargement…).**
- **IP x6 : emplacements ou locaux qui sont soumis à des vagues d'eau ou des paquets de mer (jetées, plages, quais, pontons, aires de lavage…).**

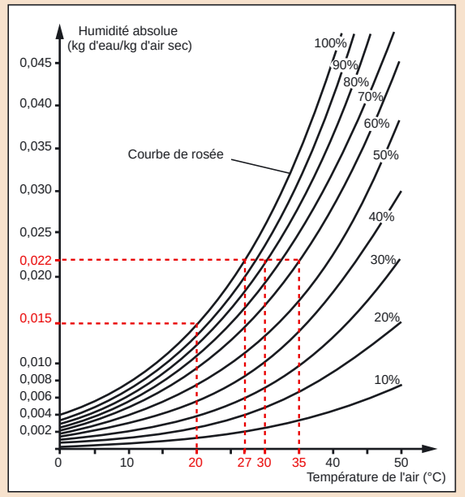
3 L'humidité

Si les modes de transport de l'eau (chute de gouttes, pluie, jets…) sont faciles à identifier et les moyens pour s'en protéger bien codifiés, il n'en est pas de même de l'humidité de l'air dont la condensation peut entraîner des dommages imprévisibles. A terme, l'eau condensée peut représenter des quantités insoupçonnées avec les conséquences que l'on devine.
Ceci est particulièrement vrai pour les matériels soumis à des variations cycliques de température. A l'extérieur, ce sont les variations saisonnières, le refroidissement nocturne, un orage par temps chaud, le passage à l'ombre après l'ensoleillement…
A l'intérieur, ce sont les cycles de marche et d'arrêt, le lavage à l'eau froide, la coupure du chauffage en période d'inoccupation, les écarts de température importants dans certains locaux (papeterie, agro-alimentaire…).



Essai en enceinte climatique permettant de recréer les conditions d'humidité et de condensation

Parmi ses nombreux composants (azote, gaz carbonique, oxygène…), l'air contient aussi de l'eau sous forme de gaz : c'est la vapeur d'eau qu'il ne faut pas confondre avec l'eau en suspension comme le brouillard ou la buée.
On appelle humidité absolue Q, la masse d'eau sous forme de gaz (vapeur) contenue dans une quantité d'air donnée. Q est exprimé en kg d'eau par kg d'air sec. Une masse d'air donnée ne peut contenir, pour une température donnée, qu'une quantité maximale d'eau appelée humidité absolue maximale Q_M. Au-delà de cette quantité, l'air est saturé et la vapeur passe à l'état liquide, c'est la condensation. Ce point de saturation est nommé point de rosée (par assimilation à la rosée de l'herbe).

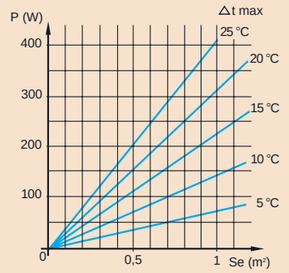


Plus l'air est chaud et plus il peut contenir d'eau sous forme de vapeur. On définit ainsi une courbe dite courbe de rosée qui caractérise la quantité d'eau sous forme de vapeur que peut contenir l'air en fonction de la température.
Dans la pratique, le terme d'humidité relative HR (ou degré hygrométrique) est souvent uti-lisé ; il exprime le rapport (en %) de la quantité Q de vapeur d'eau présente dans l'air à une température donnée (humidité absolue) sur la quantité maximale Q_M que peut contenir l'air à cette température.
HR (%) = Q/Q_M x 100
Connaissant Q_M (courbe de rosée), on peut calculer l'humidité relative pour différentes températures et définir un réseau de courbes, dit diagramme de Mollier.
On constate sur ce réseau que pour une humi-dité absolue donnée, l'humidité relative est inversement proportionnelle à la température.

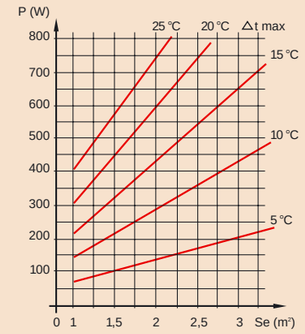
Sur l'exemple de la courbe : 1 kg d'air (soit environ 1 m^3) à 30 °C et 80 % HR contient 0,022 kg de vapeur d'eau. Si cet air est chauffé à 35 °C, la quantité d'eau ne change pas, mais l'humidité relative n'est plus que de 60 %.
Si ce même volume d'air est refroidi à 27 °C, l'humidité relative est de 100 %, le point de rosée est atteint. La différence de température (3 °C dans l'exemple) est nommée "écart psychométrique".
Si ce même air est maintenant refroidi à 20 °C, l'humidité absolue maximale sera maintenant de 0,015 kg. Il y aura donc condensation d'une masse d'eau égale à 0,022 - 0,015 = 0,007 kg, et qui sera passée sous forme liquide.

Les courbes ci-contre permettent de déterminer la puissance de chauffage à installer en fonction de Δt et de la surface de dissipation équivalente Se de l'enveloppe (voir calcul de Se à la page 489).
Les résistances réf. 348 00/ 01/02 sont autorégulées (PTC). Elles peuvent être asservies à un thermostat d'ambiance (réf. 348 47), à un inter crépusculaire, à l'arrêt de fonctionnement.

Se jusqu'à 1 m²



Se au-delà de 1 m²





**L'offre de résistances de chauffage Legrand pilotées par thermostat ou hygrostat permet une véritable gestion thermique des enveloppes.
Des puissances de 20, 60, 120 et 350 W permettent de répondre à tous les cas de figure**

**Pour éviter la condensation, il faut maintenir l'humidité relative à une valeur inférieure à 100 %. La température ne doit donc pas descendre en dessous du point de rosée. Pour chaque application, il faudrait connaître avec précision les différents paramètres influents, ainsi que l'apport de chaleur dû à l'appareillage.
On pourra, à titre indicatif, retenir les valeurs suivantes pour le climat français.**

Saison	Hiver	Printemps Automne	Eté
Température de condensation (point de rosée) HR : 100 %	+ 4 °C	+ 18 °C	+ 28 °C
Température minimale nocturne	- 5 °C	0 °C	+ 20 °C
Δt	+ 9 °C	+ 18 °C	+ 8 °C

La valeur Δt indique la différence entre la température minimale nocturne et la température du point de rosée. C'est donc la valeur de l'échauffement minimum à maintenir pour éviter la condensation.

**Règle de calcul approché pour déterminer la puissance de chauffage.
Locaux fermés non chauffés :
Prévoir 0,4 W/dm³ de volume de l'enveloppe.
Installations extérieures :
Prévoir 1 W/dm³ de volume de l'enveloppe.**

9 LES CONTRAINTES MÉCANIQUES

Hormis les exigences normales de fonctionnement mécanique que doivent assurer les matériels (ouverture des portes, débrochage, verrouillage…), il importe de vérifier que leur choix et leur mise en œuvre prennent bien en compte les contraintes mécaniques liées à l'environnement ; et celles-ci, souvent indirectes, ne sont pas toujours faciles à identifier.



1 Les substances mécaniquement actives

Au-delà du risque de pénétration dans les équipements (voir contraintes d'exposition), la présence de sable ou de poussières en grande quantité peut affecter les équipements par sédimentation (coincement des mécanismes) ou par abrasion (usure et corrosion).
De telles conditions peuvent se rencontrer dans certaines activités (carrières, cimenteries…) et dans les régions désertiques et subdésertiques.

Le sable, essentiellement constitué de particules de quartz de 100 à 1 000 µm de grosseur, raye la plupart des matériaux y compris le verre.

2 La pression mécanique du vent

Les effets mécaniques liés aux mouvements de l'air sont essentiellement pris en compte pour les lignes aériennes.

Les tableaux électriques, les enveloppes et leurs fixations peuvent également être soumis à des efforts non négligeables et proportionnels à leurs dimensions.
Dans les zones très venteuses, sur les navires, sur des jetées, sur des plates-formes, des interventions peuvent être effectuées dans des conditions extrêmes.

**Selon la destination des installations, les contraintes mécaniques sont diverses et variables :
- utilisation à poste fixe protégée des intempéries (installations intérieures)
- utilisation extérieure non protégée (grues, ponts)
- utilisations difficiles (chantiers)
- installations sur véhicules (compresseurs, groupes...).
Les contraintes mécaniques doivent être évaluées avec soin et testées en conséquence.**

**Les contraintes mécaniques, chocs, vibrations et séismes font l'objet d'une codification, en tant qu'influences externes, au chapitre 512 de la NF C 15-100.
La NF C 20-000 (CEI 60721-3) propose une classification très précise (jusqu'à 8 niveaux) avec des valeurs caractéristiques d'amplitude, d'accélération et de fréquences.**

La force exercée par le vent sur une surface peut être calculée par la formule :

$$F = 0{,}62\ v^2 S$$

**F : force en newtons (N)
v : vitesse du vent en m/s
S : surface perpendiculaire au vent en m²**

A titre d'exemple, une porte de coffret de 1 000 x 800 ouverte sous une rafale de 30 m/s sera soumise à une force de 468 N (environ 50 kg).

3 Les précipitations solides

Grêle, givre et verglas peuvent nécessiter des précautions particulières au niveau de leurs effets mécaniques.

• La grêle est à considérer essentiellement du point de vue des impacts mécaniques. En règle générale, on considérera la chute de grêlons n'excédant pas un diamètre de 20 mm, soit une énergie de 1 joule.
Une protection complémentaire (toit, déflecteur) pourra être envisagée pour les régions à risque élevé : des grêlons de 50 mm (énergie de choc de 40 joules) sont envisageables.

• La neige est à considérer du point de vue de la charge mécanique et de l'eau qu'elle représente une fois fondue. Le risque de pénétration (poudreuse) est normalement couvert par l'indice de protection minimum (IP x4) pour les produits extérieurs.
La densité de la neige récemment tombée est d'environ un dixième de celle de l'eau. Elle augmente avec le tassement, mais cela ne modifie pas la charge.
Une hauteur de neige de 1 m représente donc une pression de 1 kPa (10 g/cm^2).



• Le givre et le verglas sont deux phénomènes qui ne diffèrent que par les conditions de leur formation. Dans les deux cas, il s'agit de gouttelettes en "surfusion", le verglas se forme sur un film d'eau alors que le givre est une accumulation liée au vent. Les dépôts qu'ils représentent doivent être considérés sous les aspects de la charge et de risque de blocage des mécanismes.
La densité du verglas est proche de celle de l'eau et bien que les épaisseurs soient limitées, l'adhérence de la glace est telle que la charge représente un risque très réel pour les lignes aériennes.

Les risques d'obturation et de blocage liés au givre ou à la glace devront être évalués notamment au niveau des zones creuses où peuvent se produire des rétentions. Les joints de fermeture non drainés, les mécanismes pouvant se bloquer par suite de pénétration d'eau devront être protégés. Une couche de graisse ou un film à base de silicone peuvent être suffisants, les fermetures à clé restent souvent difficiles à protéger efficacement.
Les toits rapportés débordants représentent une solution simple et efficace de protection.

Les produits et enveloppes ayant une résistance aux chocs au moins égale à 5 joules (IK ≥ 07) sont considérés résister aux impacts de grêle les plus probables.

La charge potentielle de la neige devra être prise en compte au niveau de la surface supérieure des équipements et de leurs dispositifs de fixation. Une valeur standard de 20 g/m^2 (2 m de hauteur) pourra être retenue pour les régions tempérées.
Une protection complémentaire pour les régions à fort enneigement (montagne) devrait considérer une hauteur de 10 m (100 g/cm^2) en prenant en compte la neige transportée par le vent (congères).



Pattes de fixation réf. 364 01 pour coffrets XL-A et Altantic. Charge nominale 300 kg pour résister à toutes les contraintes d'installation

4 Les vibrations

Le terme de vibrations recouvre de nombreux phénomènes oscillatoires dont les caractéristiques et les effets sont très variables. On distingue ainsi les vibrations stationnaires sinusoïdales, les vibrations aléatoires mais stationnaires ou les vibrations aléatoires à spectre spécifique (chocs, impacts, freinage…).
Le matériel électrique, notamment de forte puissance, génère lui-même des vibrations liées à la fréquence 50 Hz du secteur ; cette donnée est prise en compte dans la conception même des produits.
En revanche, de nombreuses vibrations liées à l'activité ou à l'environnement extérieur peuvent se transmettre aux installations et créer à terme des dysfonctionnements.
La NFC 20-000 propose de nombreuses classes d'exposition, mais on peut retenir de manière simple et réaliste trois niveaux pour les matériels installés à poste fixe.

• 1er niveau
Les sources de vibrations sont absentes ou momentanées, les structures sont rigides et le matériel électrique n'est pas soumis à des vibrations significatives.

• 2e niveau
La proximité de machines, convoyeurs, le passage de véhicules, sont sources de vibrations qui se propagent par les éléments de structure (murs, charpente) jusqu'aux matériels et appareillages électriques. Dans ces conditions, les valeurs caractéristiques au niveau de la source n'excèdent pas : 3 mm pour l'amplitude des déplacements, 10 m/s^2 pour l'accélération (≈ 1 g) et de 2 à 200 Hz pour la fréquence. L'amplitude résultante compte tenu de l'amortissement n'excède pas 0,2 mm au niveau des matériels.

Une mise en œuvre soignée, le respect des couples de serrage préconisés, la fixation correcte des appareils et du câblage pour éviter résonances ou amplifications permettent normalement de se prémunir d'éventuels problèmes dans ces conditions.

• 3e niveau
Les matériels électriques sont directement fixés sur les machines ou sur des bâtis communs. Les vibrations ou les chocs sont importants et répétitifs. Au niveau de la source, l'amplitude peut atteindre 15 mm, et l'accélération 50 m/s^2 (5 g). Des valeurs qui peuvent engendrer des déplacements de 1 mm et plus des matériels.



Coffret Atlantic sur le bâti d'une presse

Des précautions sont indispensables dans ces conditions :
- utiliser des rondelles freins, du "frein-filet"… contre le desserrage des connexions, et celui des fixations. Dans tous les cas, le repérage (vernis craquelant ou peinture) des systèmes vissés est recommandé dans le cadre d'une maintenance prédictive
- utiliser des conducteurs souples et protéger ceux-ci de tout contact pouvant être ou devenir blessant
- guider et attacher les conduteurs (goulottes, gaines)
- respecter impérativement la position recommandée d'installation des appareils
- fixer si nécessaire les enveloppes sur amortisseurs (silent-blocs, élastomères…).



Altis inox intégrée au châssis d'une machine automatique

Pour les utilisations en déplacement, des spécifications particulières doivent être appliquées : accélérations verticales de type choc pour les véhicules, déplacements angulaires permanents et oscillants pour les navires…

5 Chocs avec impacts

Comme pour le code IP, le niveau de protection contre les chocs (code IK) doit être choisi en fonction des risques de l'emplacement d'installation. Le guide UTE C 15-103 donne des indications sur ce choix.
En règle générale, IK 02 est requis pour les applications domestiques, mais certains emplacements (caves, greniers, escaliers…) peuvent nécessiter IK 07.

IK 07 est nécessaire pour la plupart des locaux techniques, dans les exploitations agricoles, dans certains ERP.
IK 08 est également nécessaire dans certains ERP, dans les établissements industriels et dans des emplacements à risque (réserves, chantiers, quais…).
IK 10 est applicable aux emplacements situés à moins de 1,5 m au-dessus du sol et où circulent des engins de manutention.

Niveaux de protection contre les chocs

Degrés de protection IK contre les impacts mécaniques selon la norme CEI 60262

Degré IK	Tests	Energie en Joules	Appellations équivalentes NF C 15-100 code AG	Anciennes appellations IP 3e chiffre
IK 00		0		
IK 01	0,2 kg, 75 mm	0,15		
IK 02	0,2 kg, 100 mm	0,2	1	1
IK 03	0,2 kg, 175 mm	0,35		
IK 04	0,2 kg, 250 mm	0,5		3
IK 05	0,2 kg, 350 mm	0,7		
IK 06	0,5 kg, 200 mm	1		
IK 07	0,5 kg, 400 mm	2	2	5
IK 08	1,7 kg, 295 mm	5	3	7
IK 09	5 kg, 200 mm	10		
IK 10	5 kg, 400 mm	20	4	9

Le choc généré par le marteau IK est un choc de type contondant. Il est possible d'effectuer, selon les modalités de la norme, des chocs jusqu'à 50 joules en portant la hauteur de la chute à 1 mètre.
Des chocs perforants peuvent être effectués, notamment sur les emballages, avec le marteau spécifique défini par la norme NF H 00-059.



Protection spécifique contre les chocs pour coffrets mobiles

6 Les mouvements



Installations d'enveloppes et de transformateurs sur un pont roulant

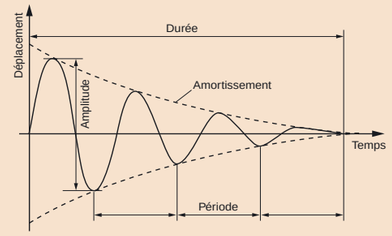
Certains équipements installés sur des dispositifs de manutention notamment (grues, ponts roulants, ascenseurs…) sont soumis à des mouvements de grande amplitude. Ceux-ci ne génèrent pas forcément de vibrations, mais des précautions doivent néanmoins être prises sous deux aspects.
• Les contraintes appliquées aux conducteurs qui subissent des déformations répétées.
Ces derniers doivent être correctement choisis (Buflex TM, câbles méplats H07 VVH6-F, câbles H05 VVD3H6-F pour ascenseurs…) pour l'usage. Des dispositifs (trolleys, attaches en festons…) permettent d'assurer leurs déplacements.
• Les efforts appliqués aux composants et surtout à leur fixation dans les phases d'accélération et de freinage. Ces efforts sont proportionnels à la masse des éléments fixés, et plus ceux-ci sont lourds (transformateurs, tableaux câblés), plus les efforts sont importants du fait de l'inertie. Des fixations complémentaires (équerres, goujons…) doivent être envisagées.

7 Les séismes

La compréhension des tremblements de terre et surtout leurs conséquences dramatiques ont conduit à une meilleure prise en compte de ce risque dans la construction des ouvrages et des bâtiments dans les régions les plus exposées. Mais le génie parasismique ne s'arrête pas aux constructions. Une véritable analyse doit prendre en compte les services minimaux qu'il faut maintenir pendant et après le séisme (sauvegarde). Les dégâts admissibles, les coûts de reconstruction seront comparés aux surcoûts de construction en regard du risque statistique de magnitude des séismes (répétés, d'intensité modérée à exceptionnellement élevée).
Dans cette approche, les équipements, notamment électriques peuvent faire l'objet d'exigences parasismiques quand leur pérennité touche à la sécurité. Les installations nucléaires en sont l'objet au premier chef, mais d'autres industries sensibles (chimie, sidérurgie, pharmacie…) ou des établissements recevant du public (hôpitaux, salles de spectacle…) peuvent être concernés au moins pour leur partie systèmes de sécurité et énergie de remplacement.

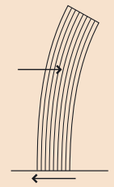
Le tremblement de terre est lié à une libération brutale d'énergie dans les profondeurs terrestres. La théorie de la "tectonique des plaques" explique que les séismes naissent le long des failles par soulèvement ou glissement relatif de ces plaques.
La croûte terrestre externe est constituée d'une dizaine de plaques majeures (plaque sud-américaine, plaque eurasiatique, plaque pacifique, plaque africaine, plaque antarctique…) et de plaques plus petites.

Relation entre le déplacement et le temps d'une onde amortie.

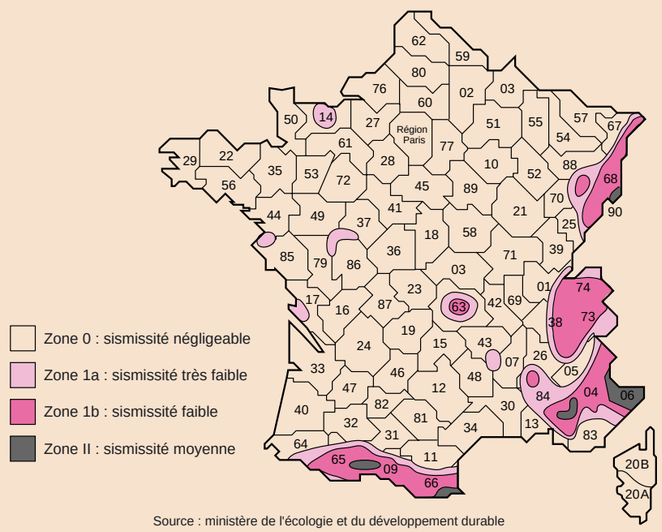


Les ondes sismiques principales se propagent dans toutes les directions à travers la croûte terrestre. Leur direction et leur cheminement sont complexes, leur fréquence variable mais les effets les plus destructeurs sont dus aux ondes lentes (inférieures à 10 Hz) et transversales.

L'attention la plus grande est généralement portée sur les forces horizontales générées par les séismes. Les valeurs d'accélération prescrites par les tests sont 2 fois plus élevées en horizontal qu'en vertical.



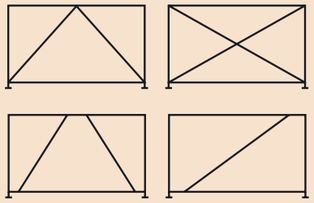
Zonage sismique de la France



Source : ministère de l'écologie et du développement durable

Les qualifications parasismiques des équipements s'appuient sur des essais effectués sur des tables vibrantes. La difficulté est bien sûr de simuler au mieux des conditions réelles hypothétiques, sachant en plus que les séismes sont souvent accompagnés de phénomènes secondaires (incendies, inondations, vagues d'eau...) encore plus difficiles à prévoir.
Au-delà des essais, une sensibilité certaine au risque sismique est réellement nécessaire pour concevoir des équipements adaptés.
La réponse sismique d'une structure nécessite la compréhension des facteurs fondamentaux, mais surtout le respect de règles d'installation :
- les ancrages au sol doivent supporter les effets de cisaillement (chevilles spéciales)
- éviter les entrechocs entre équipements ou entre équipements et ouvrages par solidarisation ou éloignement
- placer les appareils les plus sensibles (par exemple relais) en partie basse, l'accélération augmentant avec la hauteur de l'équipement
- les structures légères (panneaux de grande dimension, portiques) provoquent des effets accélérateurs
- se prémunir des chutes d'objets non fixés et des éléments de plafond
- fixer les équipement au sol et au mur...

Exemple : contreventements de portiques



Classique :
concentration de contraintes sur les nœuds.

Excentré :
mieux adapté aux effets de cisaillements horizontaux.

La consultation d'organisme spécialisé est un préalable recommandé dans les installations parasismiques : Association Française de Génie Parasismique, CEA, EDF, SOPEMEA (laboratoire

L'approche normative s'appuie sur deux voies :
• La première consiste à effectuer un essai conventionnel (balayage sinusoïdal, sinusoïde modulée, essai à fréquences multiples avec recherche de fréquence critique) pour qualifier un matériel à un niveau codifié donné. Trois classes sont retenues pour séisme faible à moyen, moyen à fort, fort à très fort. Des facteurs d'amplification (liés à la hauteur, à la rigidité du bâtiment) peuvent être appliqués ainsi que des facteurs de direction (horizontal ou vertical). On parle alors de "classe sismique générale".
• La seconde, plus précise, plus réaliste aussi, consiste à appliquer un accélérogramme spécifique (temps, amplitude, accélération). Celui-ci a pu être obtenu par calcul, par simulation ou par relevé sur des séismes précédents.
A ce spectre d'essai, peuvent être superposés des essais conventionnels (sinusoïdes modulées) et appliqué un facteur de sécurité ; c'est la "classe sismique spécifique".
Des méthodes et essais sismiques sont décrits dans un certain nombre de documents. Leur portée n'est souvent que nationale, voire sectorielle, et les résultats obtenus dans un cas de figure pratiquement jamais transposables à un autre cas.
UTE C 20-420 : guide pour les méthodes d'essais sismiques applicables aux matériels
HN 20 E 53 : spécification EDF
EN 60068-3-3 : méthode d'essais sismiques (UTE C 20-420)
IEEE Std 693 : IEEE recommended practices for seismic design of substations
ETG -1-015 : especificaciones technicas generales diseño sísmico.

10 LE RISQUE INCENDIE

Ambivalent par nature, le feu est à la fois source d'énergie, de confort et de vie (la chaleur) et source de danger (l'incendie).
La prise en compte du risque d'incendie et l'évaluation de ses conséquences éventuelles représentent sans doute l'une des démarches de sécurité les plus complexes.
Si les causes de défaillance électrique sont parfaitement connues (surcharges, courts-circuits, foudre...) il n'en reste pas moins que malgré des produits de protection de plus en plus performants (disjoncteurs, différentiels, parafoudres...), l'électricité reste une cause majeure d'incendie.
Aussi d'autres facteurs parfois oubliés mais très souvent aggravants doivent être considérés : ils tiennent à la fois de l'utilisation et du taux d'occupation des locaux, de la nature des matières traitées ou entreposées, des qualités de construction des bâtiments, de la nature même de



l'activité... auxquels il faut, bien sûr, ne pas oublier d'ajouter les risques induits par les comportements humains probables ou prévisibles.

La mise en place d'un Système de Sécurité Incendie (SSI) adapté doit passer par une approche globale et exhaustive où sont évalués à la fois les risques initiaux eux-mêmes (défaillance, maveillance, causes naturelles...) mais aussi les risques induits par les conditions environnementales (activité, type de bâtiment, proximités...) et enfin les risques complémentaires essentiellement d'origine humaine (panique, encombrement, surstockage, non - entretien).

1 Les locaux à risque accru d'incendie

Les critères permettant d'identifier et de protéger ce type de locaux s'appuient sur des textes différents pouvant relever d'autorités elles-mêmes différentes. Si la réglementation française est assurément complexe, on considère qu'elle est aussi l'une des plus élaborées au monde.
• Les établissements recevant des travailleurs (parfois nommés ERT) font l'objet du décret du 14 novembre 1988. L'article 43 désigne les locaux où sont stockées, fabriquées, traitées ou transformées des matières susceptibles de prendre feu, d'exploser ou de contaminer l'environnement.



Les conditions et précautions principales d'installation sont prescrites par la norme NF C 15-100 art. 322-5 et 482-2. Nommées de façon générique "installations classées", leur identification et l'application des textes réglementaires idoines relèvent de la responsabilité du chef d'établissement.
• Les établissements recevant du public (dits ERP) relèvent du "Règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public" qui impose des dispositions particulières pour assurer la sécurité. Parmi celles-ci, certaines sont bien sûr spécifiques aux installations électriques. Ces prescriptions sont dépendantes du type d'établissement défini par le code de la construction, de l'effectif (public + personnel), et des conditions d'évacuation. L'arrêté du 19 novembre 2001 modifiant et complétant l'arrêté du 25 juin 1980 constitue le socle de la réglementation ERP. Divers décrets, arrêtés, circulaires ou notes techniques viennent la compléter avec le temps. Avant la mise en service d'un ERP, l'exploitant doit justifier la "sûreté publique" de celui-ci après avis des services officiels compétents : commission de sécurité, services de secours.



• Les immeubles de grande hauteur (dits IGH) sont caractérisés par un risque accru de propagation du feu dû à leur structure, auquel peut s'ajouter des difficultés d'évacuation. Ces locaux, réglementés par le code de la construction, ont des exigences propres rappelées dans la norme C12-127 pour l'aspect électrique.

Lorsque des locaux recevant des travailleurs sont situés dans des ERP (cuisines, chaufferies, locaux techniques...) les exigences liées à la réglementation du travail (décret du 14/11/1988) s'ajoutent à celles liées au code de la construction (règlement ERP). Cette additivité est également vraie pour les IGH.

La classification des établissements recevant du public.

• Classement en type selon la nature de l'activité

- Etablissements installés dans un bâtiment

- **J : Maisons de retraite et foyers pour personnes handicapées**
- **L : Salles de spectacle, de réunion, de conférence ou à usages divers**
- **M : Magasins de vente, centres commerciaux**
- **N : Restaurants et débits de boisson**
- **O : Hôtels et pensions de famille**
- **P : Salles de danse et salles de jeux**
- **R : Etablissements d'enseignement, colonies de vacances**
- **S : Bibliothèques, centres de documentation**
- **T : Salles d'exposition**
- **U : Etablissements sanitaires**
- **V : Etablissements de culte**
- **W : Administrations, banques, bureaux**
- **X : Etablissements sportifs couverts**
- **Y : Musées**

- Etablissements dits spéciaux

- **PA : Etablissements de plein air**
- **CTS : Chapiteaux, tentes et structures**
- **SG : Structures gonflables**
- **PS : Parcs de stationnement couverts**
- **OA : Hôtels-restaurants d'altitude**
- **GA : Gares accessibles au public**
- **EF : Etablissements flottants**
- **REF : Refuges de montagne**

• Classement en groupe

- 1er groupe lui-même subdivisé en quatre catégories selon l'effectif total admissible (public + personnel*)

- **1re catégorie > 1500 personnes**
- **2e catégorie > 700 personnes**
- **3e catégorie > 300 personnes**
- **4e catégorie ≤ 300 personnes**

*** Le personnel à considérer est celui présent dans les lieux accessibles au public et celui dans les lieux non accessibles si les dégagements sont communs.**

- 2e groupe également nommé "cinquième catégorie"
La 5e catégorie s'applique généralement aux petites structures d'accueil (privées ou publiques). La limite de l'effectif admissible varie selon l'activité (20 à 200/300 personnes). Les établissements recevant moins de 20 personnes ne sont soumis qu'à des dispositions réduites excepté s'ils comportent des locaux à sommeil.

Locaux recevant des travailleurs

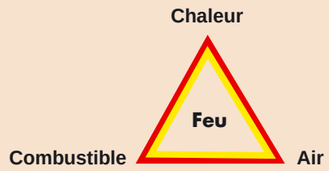
Les locaux à risque accru sont subdivisés en locaux à risque d'incendie (BE2 selon la norme NF C 15-100) et locaux à risque d'explosion (BE3) ; pour chacun d'eux un certain nombre de dispositions propres aux installations électriques doit être appliqué (voir chapitre I.C.5 § 2, 3).

Par ailleurs, une réglementation particulière est appliquée aux locaux à atmosphère explosible. Les installations et matériels ne doivent pas être une cause possible d'inflammation de l'atmosphère et doivent faire l'objet de certificats officiels de conformité et de contrôle (délivrés en France par le LCIE).
La directive 76/117/CEE fixait le cadre de la réglementation en s'appuyant sur les normes EN 50014 et suivantes qui définissaient des modes de protection d, i, e... (antidéflagrant, intrinsèque, augmentée...)
La directive "nouvelle approche" 94/9/CE du 23/03/1994 transposée par le décret 96/1010 du 19/11/1996 fait évoluer ce concept. Elle s'applique dorénavant au matériel électrique ou non, elle introduit la notion de potentialité de tous les dangers, regroupe les applications "mine et surface", et souligne l'importance d'une utilisation conforme à la destination. La conformité donnera lieu au marquage CE. Les anciens certificats de conformité seront valables jusqu'au 30 Juin 2003.
Caractérisation et marquage des matériels :
- groupe I - mines
Catégorie M1, présence, ou M2, risque de présence d'atmosphère explosible.
Niveaux de protection définies par "très haut niveau", "haut niveau", ou moyens de protection indépendants.
- groupe II - surface
Catégorie 1, 2 ou 3 selon la probabilité de présence d'atmosphère explosible,
(1 : fréquente, 2 : moyenne, 3 : faible).
Les différents niveaux de protection sont également retenus pour chaque catégorie.
La directive 1992/92/CE indique les critères de choix des matériels (ci-dessus) en fonction des emplacements considérés dangereux dans l'établissement. Ceux-ci sont dorénavant classés en zones en fonction de la fréquence et de la durée de la présence de l'atmosphère explosive, en considérant la nature du mélange avec l'air : gaz, vapeur, brouillard (zones 0, 1, 2) ou la présence d'un nuage de poussières combustiles (zones 20, 21 et 22).

2 Les dangers de l'incendie

Les conséquences pour les personnes sont bien sûr primordiales en terme de gravité liée au risque du feu. Parmi les causes directes, l'intoxication par le monoxyde de carbone et l'empoisonnement par l'acide cyanhydrique représentent les risques majeurs. L'exposition au rayonnement thermique et l'inhalation de gaz chauds sont une autre cause directe invalidante ou létale alors que la présence de fumées qui opacifient les lieux et créent la perte des repères, amplifie indirectement le risque. La panique s'ajoute à ces causes avec les risques de chutes, de piétinement, de défenestration voire d'agressivité qu'elle entraîne.
Les conséquences économiques représentent la deuxième dimension de l'incendie par les coûts et les pertes d'exploitation qu'il engendre ; le volet assurance et réassurance risquant de peser lourdement.
Enfin les conséquences induites sur l'environnement doivent bien sûr être évaluées afin de prendre toutes les mesures possibles contre la pollution des nappes et des rivières, la retombée des suies, la phytotoxicité…

L'incendie peut être divisé en trois phases :
- L'inflammation,
- Le développement du feu,
- L'embrasement généralisé (flash-over).



Trois facteurs déterminent ce que l'on nomme communément le "triangle du feu".
Si aucun de ces trois facteurs n'est réduit ou supprimé, le feu ira s'accélérant jusqu'à destruction totale du combustible. L'air étant difficile à supprimer, on limitera au mieux le risque en limitant l'exposition des matériaux à des températures compatibles avec leurs caractéristiques et en utilisant des matériaux les moins combustibles possibles.

3 Les matériels électriques et les isolants en matières plastiques

La plupart des matériaux minéraux brûlent peu ou pas du tout (béton, plâtre, céramique), par contre tous les matériaux organiques brûlent avec plus ou moins de facilité (bois, paille, papier…). Les matières plastiques composées essentiellement de carbone et d'hydrogène n'échappent pas à cette règle. En revanche, leur diversité et les possibilités de modification de formulation qu'elles offrent permettent d'améliorer très précisément leur comportement pour des applications ciblées.
On discerne ainsi trois stratégies principales d'ignifugation.

• L'inhibition de la flamme

Cette stratégie consiste à empêcher le développement des réactions chimiques qui sont à l'origine de la formation et de la propagation de la flamme. Des éléments tels que le chlore, le brome ou le phosphore sont particulièrement efficaces dans ce rôle d'inhibiteur de flamme. Pour cette raison, ils entrent dans la composition des retardateurs de flamme (ou ignifugeants). Le PVC, qui contient "naturellement" 50% de chlore est intrinsèquement ignifugé.

• La modification du processus de dégradation thermique

Elle permet, par l'addition de charges minérales, l'absorption de la chaleur, la diminution en masse de matière combustible et la libération d'eau (trioxyde d'aluminium).

• L'intumescence

Elle consiste, sous l'action de la chaleur, à développer une structure expansée en surface du matériau. Celle-ci joue alors le rôle de bouclier thermique en limitant l'apport d'oxygène. Le caractère intumescent est également propre au PVC.

Toutes ces stratégies ne sont pas applicables à toutes les matières; par exemple les charges minérales modifient les caractéristiques mécaniques. En fait les dérivés halogénés sont les plus utilisés même s'ils font l'objet d'attaques cycliques ou récurrentes sur leur toxicité supposée.

Sans halogène

Quelques matières peuvent effectivement être ignifugées sans halogène (polyamide, polycarbonate), mais la très grande majorité de celles-ci recourt aux retardateurs halogénés pour avoir une tenue correcte au feu.
Le terme "sans halogène" n'a donc de sens que si effectivement il y a zéro halogène ou si un taux maximal est prescrit pour un adjuvant donné.
Le "sans halogène" lorsqu'il est exigé pour les câbles (voir page 205), est souvent prescrit aux autres matériels par extrapolation, sans raison étayée. Si la masse de matière mises en jeu pour les câbles justifie cette exigence dans certains cas (risque de corrosion, lieux fermés, tunnels ferrovières), on en surestime totalement l'apport pour d'autres appareils ou dispositifs dont les quantités de matières isolantes ne sont pas comparables.

L'essai au fil incandescent (CEI 60695-2-11)

Cet essai simple permet de vérifier que l'exposition des isolants des appareils électriques à une chaleur intense (par exemple celle due à un défaut de contact ou à un arc) ne provoque pas une inflammation non maîtrisée (temps et hauteur de flamme) et que le matériau s'éteint de lui-même au retrait de la source de chaleur.
Le degré de sévérité de l'essai est réglé par la température du fil incandescent : 550°C, 650°C, 750°C, 850°C, 960°C et par la durée d'extinction admise, 30 s au retrait du fil. Une valeur d'essai adaptée est retenue selon l'emplacement dans l'installation (origine ou circuit terminal), selon que les pièces testées supportent ou pas des parties électriques, selon que les matériels sont avec ou sans surveillance, selon leur mode d'installation (encastré ou saillie), selon leur destination (circuits de sécurité, éclairage) et selon les risques propres aux locaux (ERP).

L'essai au brûleur 1 kW (CEI 60695-2-4)

Cet essai qui développe une énergie importante est appliqué aux éléments d'isolation plus volumineux (goulottes, conduits, chemins de câbles, enveloppes...)
La flamme produite par la combustion de gaz propane est appliquée plusieurs fois. La propagation du feu, la chute de gouttes enflammées, le temps d'extinction sont parmi les paramètres relevés.


Essai au brûleur 1 kW

La combustion du PVC

Le PVC est composé principalement de chlore qui, en cas d'incendie, est libéré sous forme de chlorure d'hydrogène. Ce gaz, par son caractère irritant à faible concentration, facilite la détection olfactive d'un début d'incendie. Le chlorure d'hydrogène (qui sous forme liquide est appelé acide chlorhydrique) issu de la combustion du PVC n'est pas cité comme toxique dans la 1e partie du rapport ISO 9122. En fait, le risque le plus probable concerne la corrosion surtout si la décontamination des lieux n'a pas lieu rapidement ou si elle n'est pas possible. Exemple : sinistre affectant des systèmes optiques complexes et coûteux, des appareils médicaux, des appareils de métrologie, des machines de très haute précision, des éléments d'aéronautique...

4 L'estimation du risque et le comportement humain

Comme dans beaucoup d'accidents, le risque lié à l'incendie est malheureusement souvent augmenté par des facteurs de comportement humain. Les meilleures précautions techniques seront sans effet si les consignes ne sont pas respectées : portes de sortie verrouillées, portes coupe-feu ouvertes, couloirs d'évacuation encombrés, dispositifs de signalisation inopérants, couches de poussières recouvrant les appareils, matières dangereuses stockées en quantité irréfléchie…

N'oublions pas que la majorité des éléments combustibles sont apportés peu à peu par les usagers ou les habitants (mobilier, décoration, rideaux, vêtements, appareils, produits divers et leurs emballages…).

La réglementation actuelle applicable aux éléments et matériaux de construction s'appuie principalement sur deux notions permettant d'apprécier le comportement au feu :
- la réaction au feu, qui juge le comportement des matériaux constitutifs en tant qu'aliment du feu participant à son développement
- la résistance au feu, qui détermine le temps pendant lequel les éléments de construction (poteaux, poutres, cloisons, portes...) continuent d'assurer leur fonction malgré l'action du feu.

• L'arrêté du 21 novembre 2002 (qui abroge l'arrêté du 30 juin 1983) définit dorénavant une classification qui discerne les matériaux de construction (classement dit "euroclasses", de A à F selon NF EN 13501-1) et les matériaux d'aménagement (classement M, M0 à M4 selon NF P 92507).
Cette nouvelle approche va nécessiter, au moins pour les matériaux de construction, l'engagement de nouveaux essais visant à établir leur classement.
Il sera toujours possible de se référer à la notion de classement conventionnel (produits réputés A_1 et A_1 Fl sans essai : béton, verre, argile, métaux, ...).
Des équivalences sont admises (voir tableau p. 87) pendant le temps nécessaire à ce que les nouvelles classifications soient établies (renouvellement de PV), ou dans le cas où la réglementation fait encore référence au classement M.
Le classement M, qui continue d'être utilisé pour les matériaux d'aménagement ne s'applique pas par principe aux appreils électriques.
Ce sont les tests normalisés (fil incandescent) qui doivent leur être appliqués.

• La résistance au feu est déterminée pour sa part selon trois critères :
- la résistance mécanique (pour les éléments porteurs)
- l'étanchéité aux flammes, aux gaz chauds ou inflammables
- l'isolation thermique qui vérifie que la température de la face non exposée au feu n'excède pas 140°C (180°C ponctuel).
L'arrêté du 21 avril 1983 définit trois classes :
Stable au feu (SF) lorsque seul le premier critère est satisfait.
Pare-flammes (PF) lorsque sont satisfaits les deux premiers critères
Coupe-feu (CP) pour l'ensemble des critères
Les structures en béton peuvent être classées de "SF 1 heure" à "SF 2 heures".
Les structures en acier ne sont pas classées au-delà de "SF 1/4 heure". Au-delà, elles doivent être protégées. De la même manière, les cloisons, parois, blocs-portes sont classés "pare-flamme" ou "coupe-feu" pour des temps normalisés de 1/4 h, 1/2 h, 1h30, 2h, 3h, 4h, 5h.
Attention, les caractéristiques d'une paroi ne doivent pas être diminuées par les opérations de montage, de jointement ou de traversée. Des précautions visant à rétablir le degré initial (joints intumescents, rebouchage, écrans...) doivent être prises (voir page 208).

Le pouvoir calorifique des matériaux

C'est la quantité maximale de chaleur que peut dégager une masse de matériau donnée jusqu'à sa combustion totale. Il est exprimé en MJ/Kg. On discerne le PCS (pouvoir calorifique supérieur) et le PCI (pouvoir calorifique inférieur) selon que l'on considère la part de "chaleur libérée" par la condensation de l'eau (PCS) ou absorbée par cette eau restant sous forme de vapeur (PCI).
Le produit de la masse totale de chaque matériau par son pouvoir calorifique permet d'estimer la charge calorifique ; en d'autres termes la quantité de matière combustible pouvant alimenter le feu. Cette notion est utilisée pour certains locaux à risques (industries, stockage de matériaux, nucléaire, immeuble de grande hauteur...).
Une procédure de calcul de la charge calorifique et des valeurs indicatives de PCS sont proposées page 209.

Le domaine de la normalisation feu pour les produits de construction du bâtiment est actuellement en pleine mutation.
Des nouvelles classifications européennes, dites "Euroclasses" (directives 2000/147/CE réaction au feu et 2000/367/CE résistance au feu) sont en cours d'adoption par les états membres (arrêté du 20/11/2002). Ces classifications s'appuient sur des essais qui sont destinés à discerner le comportement réel dans une situation potentielle d'incendie (par exemple feu de poubelle) et à établir une classification entre les matériaux.
Les essais retenus sont :
- Room Corner Test : ISO 9705
- Pouvoir calorifique supérieur : EN ISO 1716
- Four de non-combustibilité : pr EN ISO 1182
- Essai à petite flamme : EN ISO 11925-2
- Essai objet isolé en feu : NF EN 13823
- Essai pour revêtement de sol : EN ISO 9239-1
Ces essais font appel à des appareils élaborés qui permettent notamment de quantifier la contribution thermique (FIGRA), caractérisant la cinématique de la combustion dans un rapport energie/temps et la contribution aux fumées (SMOGRA), intégrant à la fois le débit des fumées et leur pouvoir opacifiant.

Euroclasses

Classe	Essais	Classification supplémentaire s et d
A1	Four EN ISO 1182 et bombe calorimétrique EN ISO 1716	Pas d'inflammation prolongée
A2	Four EN ISO 1182 ou bombe calorimétrique et SBI EN ISO 1716	Production de fumées et gouttes/particules enflammées
B	SBI EN ISO 13823 petite flamme EN ISO 11925-2	Production de fumées et gouttes/particules enflammées
C	SBI EN ISO 13823 petite flamme EN ISO 11925-2	Production de fumées et gouttes/particules enflammées
D	SBI EN ISO 13823 petite flamme EN ISO 11925-2	Production de fumées et gouttes/particules enflammées
E	Petite flamme EN ISO 11925-2	Gouttes/particules enflammées
F	Aucune performance déterminée	

Cette classification et ces essais s'appliquent aux produits de construction. Un classement identique mais avec un indice FL ($A1_{FL}$, $A2_{FL}$, B_{FL}, C_{FL}, D_{FL}, E_{FL}) s'appliquent aux sols pour lesquels existent des essais particuliers (EN ISO 9239-1).
Des classifications supplémentaires relatives à la production de fumée (s1, s2, s3) et de goutelettes et débrits enflammés (d1, d2, d3) complétent les nouvelles classes.
Les matériaux d'aménagement continuent d'être évalués par le classement M (M0, M1, M2...).
Des procédures transitoires sont prévues pour les produits de construction classés M pour lesquels l'emploi est accepté par les réglementations et le maintien de leurs performances est attesté.

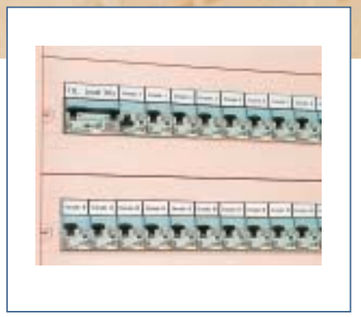
Equivalence des nouvelles classes avec les anciennes classes

Classes selon NF EN 13501-1			Anciennes classes
A1			Incombustible
A2	s1	d0	M0
A2	s1	d1(1)	M1
	s2	d0	
	s3	d1(1)	
B	s1	d0	
	s2	d1(1)	
	s3		
C(3)	s1(2)(3)	d0	M2
	s2(3)	d1(1)	
	s3(3)		
D	s1(2)	d0	M3
	s2	d1(1)	M4 (sans gouttes)
	s3		
Toutes classes autres que E-d2 et F			M4

Classes selon NF EN 13501-1			Anciennes classes
A1 Fl			Incombustible
A2 Fl	s1		M0
A2 Fl	s2		M3
B Fl	s1		
C Fl	s2		
D Fl	s1		M4
	s2		

(1) Le niveau d1 est accepté uniquement si les produits ne sont pas thermofusibles.
(2) Le niveau s1 dispense de fournir les éléments prévus (taux de CI et de N) par l'instruction du 1er décembre 1976 (voir page 209).
(3) Equivalence M1 admise si composant "non substantiel" (ne constituant pas une partie significative du produit : masse < 1 kg/m² ou épaisseur < 1 mm

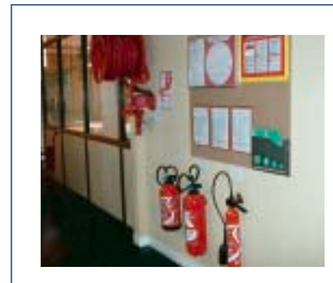
LES PRINCIPES DE PROTECTION











La prise en compte des risques passe par leur recherche systématique et par leur identification.
Chaque risque identifié doit alors amener implicitement la question : quelle protection ?
En deuxième temps, une analyse plus fine pourra différencier les moyens et les niveaux de réponse à cette question.

Comme pour la majorité des "métiers du bâtiment", la qualité et la sécurité des installations électriques s'appuient sur trois points :
- les produits mis en œuvre et leurs caractéristiques,
- le respect des règles de l'art, en l'occurrence les normes d'installation telles que la NF C 15-100, la NF EN 60439-1, la NF EN 60204-1...
- le savoir faire des hommes et leur connaissance du métier.

Sans se risquer à une hiérarchisation, il apparaît assez clairement que ce troisième point est à la fois essentiel et peut être trop souvent oublié.
Les pages qui suivent n'ont pas la prétention de l'exhaustivité mais simplement celle de rappeler les "grands principes" qui régissent la protection dans le double souci de la sécurité des personnes et des biens et de la fiabilité et de la durabilité des installations électriques.

C'est pourquoi on retrouvera sous ce titre de "principes de protection" tout à la fois un rappel de règles contre les chocs électriques, des dispositions et conseils de CEM, des notions de corrosion, et de vieillissement, une aide au choix des matériels et enveloppes en fonction de l'environnement, une approche pragmatique du risque foudre ou encore un résumé de la réglementation incendie.

La réalisation d'une protection adaptée passe par la mise en œuvre de moyens et de matériels et par l'application de mesures adaptées propres à limiter, autant que faire se peut, les risques liés à l'utilisation de l'énergie électrique, en situation normale d'exploitation, mais également en situation de défaut ou de sinistre.

La protection contre les chocs électriques

Touchant directement l'intégrité des personnes, le risque d'électrocution ou choc électrique, nécessite de prendre des mesures qui reposent le plus souvent sur la complémentarité entre les caractéristiques des appareils (isolement, continuité des masses) et leur installation (raccordement au circuit de protection, distances de montage...)

1 LA PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

La protection des personnes contre les dangers résultant d'un contact avec les parties actives d'un appareil ou d'une partie de l'installation peut être obtenue de plusieurs manières.

1 Protection par isolation

Les parties actives sont recouvertes d'une isolation qui ne peut être ôtée que par démontage ou destruction. Les matériels fabriqués en usine, les câbles, et plus généralement les appareils d'utilisation (outillage, luminaire…) sont protégés par isolation.

2 Protection par barrières et enveloppes

Les parties actives sont placées derrière des barrières ou à l'intérieur d'enveloppes qui assurent un degré de protection IP 2x ou xxB (voir tableau chapitre III.G.1). Ce degré est porté à IP 4x ou xxD pour les parties horizontales sur lesquelles ou au-dessus desquelles des personnes peuvent marcher (passerelles, caillebotis).
Les barrières et les enveloppes doivent maintenir des distances d'isolement suffisantes des parties actives. Leur démontage et l'accès aux parties actives ne doit pouvoir se faire qu'à l'une des conditions suivantes :
- avec une clé ou un outil ①
- après mise hors tension des parties accessibles (asservissement avec un dispositif de sectionnement) ②
- lorsqu'un deuxième niveau de barrière (écran) assure la conservation de l'IP 2x ou xxB. Celui-ci ne pouvant être retiré qu'avec une clé ou un outil ③.

La notion générale de fermeture à l'aide d'une clé ou d'un outil doit être adaptée aux contraintes réelles du lieu d'installation.

3 Protection par obstacles

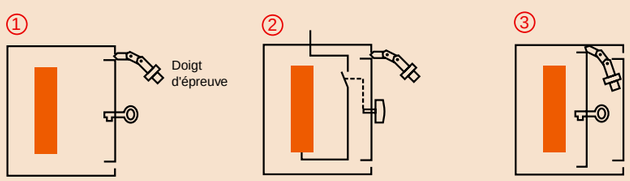
Les obstacles sont constitués de rambardes, grillages… qui empêchent l'accès aux parties sous tension. Si le contournement intentionnel ou le passage d'éléments conducteurs reste possible, l'usage de ce moyen de protection sera limité aux locaux électriques.

4 Protection par éloignement

Si des parties se trouvent à des potentiels différents (circuits distincts, partie active et masse), celles-ci doivent être suffisamment distantes pour ne pas être simultanément accessibles.
La distance minimale d'éloignement doit être de 2,5 m, éventuellement augmentée si des objets conducteurs (échelles…) peuvent être manipulés à proximité. Ce moyen de protection qui peut être combiné avec des obstacles est réservé aux locaux électriques et aux lignes aériennes.

Sauf à justifier de propriétés isolantes garanties mais aussi de propriétés mécaniques, chimiques, thermiques suffisantes et pérennes, l'utilisation (hors produits garantis par le constructeur) de vernis, peintures, traitement, n'est généralement pas admise.

Protection par barrières et enveloppes



Tableaux et ensembles

L'absence d'exigence normative sur l'accessibilité aux parties actives après ouverture de la porte ou enlèvement des plastrons (avec une clé ou un outil) est source d'interprétations diverses.
Des organismes de contrôle, des services de sécurité ou des prescripteurs à travers leurs cahiers des charges étendent souvent la nécessité du niveau IP xxB aux matériels disposés dans des enveloppes fermées et pour lesquelles la protection contre les contacts directs est donc en théorie déjà assurée. L'argument repose sur le fait que ces enveloppes sont rarement fermées à clé et que des personnes non qualifiées y effectuent des interventions simples comme le réarmement.
Si, sur le fond, cette exigence se justifie, il faut être bien conscient qu'un niveau réel IP xxB est contraignant à obtenir et cela d'autant plus que la puissance augmente (connexions, cosses, barres...). La démarche pratique consisterait donc plus à reporter en façade, sur plastron ou dans une enveloppe dédiée les fonctions dont l'accessibilité est nécessaire.
L'exigence IP xxB n'a en principe pas lieu d'être derrière des plastrons eux-mêmes IP xxB et démontables à l'outil. Là encore, il faudrait être certain de la totalité et de la pérennité de la protection : attention à ne pas donner un faux sentiment de sécurité par la présence d'éléments supposés protecteurs mais incomplets, ou même à créer des risques supplémentaires lors de leur démontage.
Si un niveau de protection est prescrit derrière des plastrons pour un intervenant qualifié, le niveau IP xxA (sphère de 50 mm simulant le dos de la main) est normalement suffisant pour se prémunir des contacts fortuits.

Le 1er chiffre du Code IP a une double signification : la protection contre l'accès aux parties dangereuses et la protection contre la pénétration de corps solides étrangers (norme EN 60529). L'expression sous la forme IP 2x implique la prise en compte des deux significations qui sont testées avec des calibres différents : le calibre d'accessibilité (doigt articulé) pour l'accès aux parties dangereuses, le calibre objet (bille) pour la pénétration des corps solides. Dans le cas de la protection des personnes, seule l'accessibilité devrait être vérifiée, et l'expression sous la forme xxB est plus adaptée.

5 Protection par très basse tension de sécurité

La protection est assurée par l'utilisation d'une tension non dangereuse délivrée par une source de sécurité. La limite supérieure de tension est de 50 V (valeur limite conventionnelle) mais des valeurs plus basses, 25 V ou 12 V, sont utilisées pour des conditions d'emploi en milieu humide ou immergé.

Si la très basse tension n'est pas fournie par une source de sécurité (autotransformateurs, alimentation électronique, variateur), le circuit concerné doit faire l'objet d'autres mesures de protection que la TBT, (généralement les mêmes que celles du circuit d'alimentation BT).
La très basse tension de sécurité peut assurer conjointement la protection contre les contacts directs mais aussi contre les contacts indirects (voir page suivante).

Transformateurs de sécurité Legrand



Conformes à la norme EN 61558-2-6 ils constituent des sources de sécurité de 63 VA à 10 kVA

Les sources de sécurité sont nommées :
- TBTS (SELV en anglais) si le circuit TBT n'est pas relié à la terre
- TBTP (PELV en anglais) si le circuit TBT est relié à la terre.

6 Protection par limitation de l'énergie de décharge

Cette mesure s'applique uniquement à des appareils répondant à des exigences spécifiques et n'est pas applicable à l'ensemble d'une installation. L'énergie et le courant de décharge sont limités selon les cas (interrupteurs à effleurement, appareils d'électrothérapie, clôtures électriques…) à des valeurs pouvant induire des réactions sensitives variables mais non dangereuses.

7 Protection par dispositif différentiel à haute sensibilité

L'emploi de dispositifs différentiels n'excédant pas un seuil de fonctionnement de 30 mA permet une protection complémentaire contre les contacts directs en cas de défaillance des moyens conventionnels, de maladresse ou d'imprudence des utilisateurs. Ce moyen n'est pas reconnu à lui seul comme suffisant, d'autant qu'il ne protège que des contacts entre masse et conducteurs actifs (ph/PE) mais pas d'un contact entre conducteurs actifs (ph/ph ou ph/N).
Voir page 340 les cas d'utilisation recommandés (en complément des régimes de neutre) ou exigés par la réglementation (prises de courant, salles de bains…).

2 LA PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS

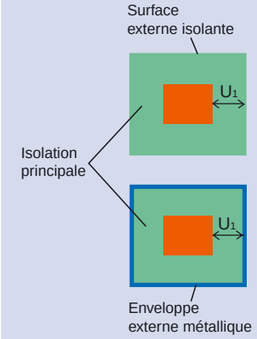
Destinée à assurer la sécurité à la suite d'un défaut d'isolement, la protection contre les contacts indirects repose sur l'association de mesures touchant à la fois les caractéristiques des matériels (classe 0, I, II ou III) et la réalisation de l'installation (coupure automatique, isolation supplémentaire, TBTS).

1 Les classes de protection contre les contacts indirects

• La classe 0
Aucune disposition n'est prévue ni prise pour relier les parties métalliques accessibles, si elles existent, à un conducteur de protection. En cas de défaut d'isolation, ces parties pourront être portées sous tension.
La protection repose alors sur l'impossibilité d'établir un contact avec un autre potentiel : condition qui ne peut être établie que dans les emplacements non conducteurs (locaux isolants) ou si l'appareil de classe 0 est alimenté par une source de séparation de circuit.

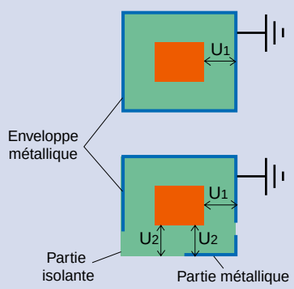
• La classe I
Outre l'isolation principale, la sécurité repose sur le raccordement des masses ou parties métalliques accessibles à un conducteur de protection. Ce conducteur fait partie de l'installation et est relié à la terre. La conception de classe I suppose l'équipotentialité des masses simultanément accessibles, la continuité des masses entre elles, la fiabilité des dispositifs de connexion et une conductivité suffisante pour la circulation des courants de défaut.

La classe 0



U_1 : valeur de la tension d'isolement nécessaire à l'isolation principale de l'appareil.

La classe I



U_1 : valeur de la tension d'isolement nécessaire à l'isolation principale.

U_2 : valeur de la tension d'isolement vérifiant la double isolation.

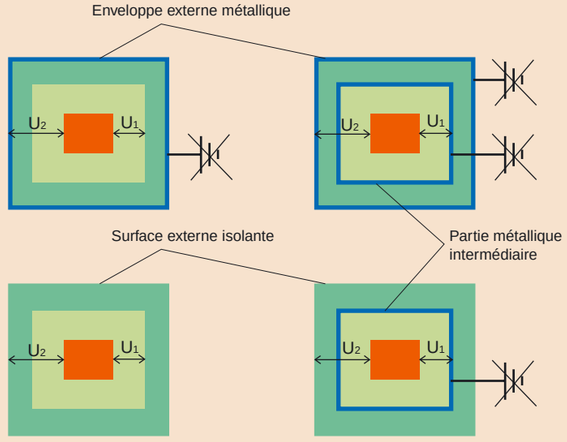
Si l'enveloppe métallique est incomplète, les autres parties isolantes ou métalliques non reliées au conducteur de protection doivent être traitées par la double isolation U_2 (voir page suivante : la classe II).

Les appareils, matériels et équipements de classe I n'assurent pas seuls la sécurité contre les contacts indirects. Celle-ci est indissociable des mesures mises en œuvre au niveau même de la structure de l'installation : création d'une boucle de défaut, détection de ce défaut et coupure ou limitation selon le régime de neutre.

• La Classe II ou double isolation

Contrairement à la classe I, la protection par la classe II ne dépend pas des conditions d'installation. La sécurité est basée sur la faible probabilité d'un défaut simultané des deux isolations qui constitue la double isolation. Par principe, la double isolation est obtenue par construction en ajoutant à la 1re isolation (l'isolation principale), une seconde isolation (dite isolation supplémentaire). Les deux isolations doivent normalement pouvoir être testées indépendamment.
Si des parties métalliques accessibles existent, elles ne doivent en aucun cas être reliées à un conducteur de protection.

La classe II



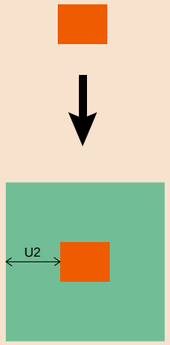
U_1 : tension d'isolement nécessaire à l'isolation principale

U_2 : tension d'isolement vérifiant la double isolation.

• L'isolation renforcée

Elle est une variante de la double isolation. Elle est constituée d'une seule isolation possédant normalement les mêmes qualités électriques et mécaniques… (par exemple : matière isolante moulée en plus forte épaisseur). Son usage ne doit être fait qu'en cas d'impossibilité de réaliser la double isolation.

L'isolation renforcée

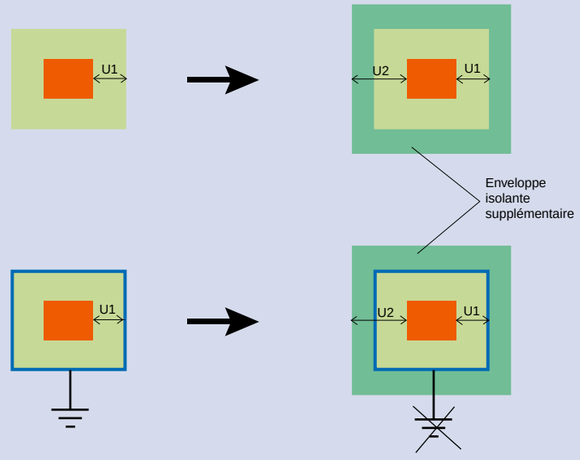


La protection par double isolation est très souvent utilisée pour les appareils électrodomestiques (luminaires, ménager…) et pour les appareils portatifs (outillage). L'absence de conducteur de protection dans le câble souple évite son risque de rupture.
Cette notion évolue aujourd'hui et la classe II est désormais appliquée à des récepteurs fixes (radiateurs de chauffage) mais aussi à des parties complètes d'installations et aux tableaux de distribution. Ces derniers cas concernent plus particulièrement les parties en amont des dispositifs de protection qui assurent effectivement la protection contre les contacts indirects (voir pages 168 et 650).

• Matériels assimilés à la classe II par isolation supplémentaire

Cette pratique permet par l'adjonction d'une isolation supplémentaire d'apporter les conditions de protection de la classe II à des matériels de classe 0 ou 1. Dans ce dernier cas, le conducteur de protection ne devant, bien entendu, pas être raccordé.
Cette pratique peut être utilisée :
- pour utiliser un appareil ou un équipement dans des conditions à environnement inadapté (absence de conducteur de protection)
- pour apporter un niveau d'isolement équivalent à la classe II dans la réalisation de tableaux ou d'ensembles.

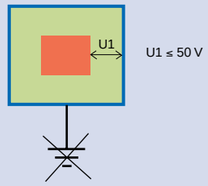
Classe II par isolation supplémentaire



• La classe III

Elle est caractérisée par le fait que la protection contre les chocs électriques est assurée par l'alimentation sous très basse tension (domaine de la TBT < 50 V). Un appareil ou équipement de classe III ne comporte pas de borne de mise à la terre. Sauf exception prévue dans la norme spécifique, il ne doit pas non plus posséder de borne de masse (liaison équipotentielle) ou de terre fonctionnelle (terre sans bruit).

Classe III



Un matériel de classe III qui produirait en interne des tensions supérieures au domaine TBT (téléviseur sur batterie par exemple) n'est pas considéré de classe III.

La sécurité d'un appareil de classe III ne peut être assurée que s'il est alimenté par une source de sécurité TBTS (Très Basse Tension de Sécurité) tel qu'un transformateur de sécurité.

Une installation TBTS répond à deux conditions :
- toutes les parties actives sont séparées par une isolation double ou renforcée, des parties actives de toute autre installation
- les parties actives sont isolées de la terre ainsi que de tout conducteur de protection appartenant à une autre installation.

Une installation TBTP (Très Basse Tension de Protection) est une installation du domaine TBT répondant seulement à la 1re condition.

Une installation TBTF (Très Basse Tension Fonctionnelle) est une installation du domaine TBT qui n'est ni TBTS ni TBTP.

2 Protection par coupure automatique de l'alimentation

La mise en œuvre de conducteurs de protection reliant toutes les masses de tous les matériels permet de constituer un circuit dénommé "boucle de défaut" destiné à la circulation du courant qui naîtrait suite à un défaut d'isolement.
Suivant le régime de neutre le courant de défaut passe ou ne passe pas par la terre, mais dans tous les cas, l'objectif est de maintenir le potentiel des masses à une valeur inférieure à la tension limite de 50 V.
Selon les cas, la valeur du courant de défaut va déterminer le dispositif de coupure à mettre en œuvre :
- dispositif contre les surintensités pour couper un courant élevé assimilable à un court-circuit en régime TN
- dispositif différentiel pour couper un courant de défaut faible en régime TT
- pas de nécessité de couper le courant de 1er défaut, très faible en régime IT.

L'application de la mesure de protection par coupure de l'alimentation implique l'utilisation de matériels de classe I.
Pour les appareils, cette exigence se traduit généralement par le simple raccordement du conducteur de protection. Pour la réalisation des ensembles, l'application des règles de construction de la classe I est beaucoup plus complexe et sujette à interprétation (voir page 162).

3 Protection par double isolation ou isolation supplémentaire

La limitation est obtenue par redondance de l'isolation.
La protection par double isolation ne dépend pas de l'organisation électrique de l'installation (régime de neutre et conducteurs de protection) mais uniquement des matériels.
On distingue ainsi :
- les appareils de classe II, marqués du symbole ⧈, qui répondent à leur norme propre (électrodomestique, outillage, transformateurs, appareils de chauffage…)
- les ensembles ou tableaux dénommés à "isolation totale" selon la norme EN 60439-1 qui sont pourvus d'une enveloppe isolante continue. Pour les applications domestiques ou de distribution terminale, ces enveloppes sont marquées du symbole ⧈. Pour les puissances plus élevées ou des applications industrielles, le marquage est de la responsabilité du metteur en œuvre
- les ensembles à isolation supplémentaire où la classe II est obtenue, sur tout ou partie, par des dispositions constructives à l'installation (voir page 168).

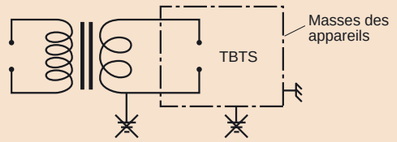
4 Protection par l'emploi de la très basse tension de sécurité

Les conditions de protection et l'exigence d'une source de sécurité sont identiques à celles mise en œuvre pour la protection contre les contacts directs. Des précautions doivent néanmoins être prises en ce qui concerne le raccordement des masses des circuits TBT.

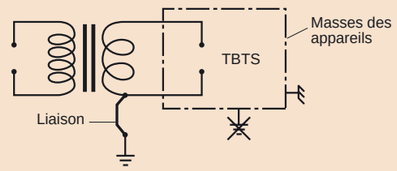
L'ensemble des conducteurs de protection est relié à une liaison équipotentielle générale à laquelle sont également reliées les canalisations métalliques et éléments conducteurs provenant de l'extérieur du bâtiment. La liaison équipotentielle permet de réduire la tension de contact en cas de défaut quel que soit le schéma de liaison à la terre (régime de neutre) voir réalisation chapitre II.D.4.

Contrairement à la coupure en situation de défaut ou de contact accidentel par dispositif différentiel, la protection par la très basse tension de sécurité est intrinsèque à la source. Elle est basée entre autres sur l'isolement entre circuit primaire et circuit secondaire.
Seule la conformité à la norme EN 61558-2-6 des transformateurs de sécurité Legrand garantit la possibilité d'usage dans les conditions les plus sévères.
Seuls les appareils alimentés en TBTS (≤ 12 V) peuvent être utilisés dans les volumes 0 ou 1 des locaux sanitaires, des piscines, etc. (voir partie 7-701 de la NF C 15-100).
La TBTS est recommandée pour toutes les installations à risques d'humidité (saunas, marinas).
Elle doit être utilisée pour les conditions de travail à risque (enceinte conductrice, milieu humide) pour l'alimentation des baladeuses, pour l'alimentation des chauffages par le sol...

• Circuit TBTS (très basse tension de sécurité) : non relié à la terre
Les parties actives des circuits TBTS ne sont pas reliées à la terre, ni à d'autres parties actives, ni à un conducteur de protection.
Les masses des circuits TBTS ne sont pas reliées à d'autres masses ou à un conducteur de protection.
NB : au cas où la tension du circuit TBTS est supérieure à 25 V, une protection contre les contacts directs IP xxB doit être assurée pour les parties sous tension.



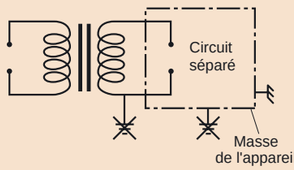
• Circuit TBTP (très basse tension de protection) : un point du secondaire relié à la terre
Cette disposition permet de fixer le potentiel du circuit secondaire par rapport à une référence, en l'occurrence la terre.
Le conducteur de protection de l'alimentation du primaire peut être utilisé. Les transformateurs Legrand facilitent cette opération en disposant d'une borne pour conducteur PE à proximité des bornes de sorties du secondaire.
La disposition d'un cavalier (livré) permet d'effectuer la liaison.
NB : les masses des circuits TBTP ne doivent pas être reliées à un conducteur PE ou à d'autres masses, elles-mêmes reliées à un conducteur PE. Si tel était cas, la mesure de protection contre les contacts indirects ne serait plus assurée par la TBT mais par les dispositions prises pour ces autres masses (régimes de neutre, dispositif différentiel, classe II...).



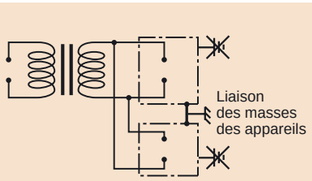
• Circuit TBTF (très basse tension fonctionnelle) : désigne l'utilisation de la TBT lorsqu'elle n'est pas dictée par la sécurité mais par des raisons fonctionnelles (transformation de tension pour adaptation aux caractéristiques des appareils alimentés, voyant 24 V par exemple).

5 Protection par séparation électrique

Le circuit d'utilisation est séparé du circuit d'alimentation par un transformateur de séparation de circuits de telle sorte qu'aucune tension dangereuse ne puisse apparaître entre le circuit séparé et la terre en cas de défaut.
Généralement, on limite la mesure de protection par séparation à un seul appareil.
Les parties actives du circuit séparé ne doivent être reliées à aucun autre circuit et n'avoir aucun point relié à la terre.
Les masses du circuit séparé ne doivent pas être reliées à d'autres masses ni à un conducteur de protection.



Lorsqu'un circuit séparé alimente plusieurs appareils les masses de ces appareils doivent être reliées entre elles par des conducteurs d'équipotentialité non reliés à la terre.



Si le circuit secondaire est étendu, il est alors recommandé d'appliquer les mesures de protection propres à créer un îlot avec un régime de neutre spécifique (voir conditions de mise en œuvre page 220).

La séparation de circuit permet l'alimentation d'appareils dans des conditions d'isolement réduites :
- volume 2 des locaux sanitaires avec puissance limitée (prises rasoirs)
- volume 3 des locaux sanitaires et piscines
- outils portatifs et appareils de mesure dans les installations de chantier
Au-delà de la gamme de puissance normalisée des transformateurs de séparation de circuits (2 500 VA en monophasé et 4 kVA en triphasé), la source de séparation peut être constituée par des transformateurs d'isolement conformes à la norme NF C 72-726.

Autres usages de la séparation de circuits

• Installations non surveillées
La séparation de circuits permet d'éviter la coupure de certains équipements en cas de défaut : congélateur, installations de sécurité, équipement de transmission, dispositifs d'alarmes, balises...

• Dispenses de protection contre les surcharges pour raisons de sécurité
Certains transformateurs peuvent être résistants aux surintensités par construction et n'ont pas besoin, sous réserve de dimensionnement des lignes, d'être munis de dispositifs de protection dont il est recommandé de se dispenser dans certains usages : alimentation d'électro-aimants de levage ou de manutention, circuits d'excitation de machines.

• Protection contre les surtensions
En isolant l'appareil d'utilisation du circuit d'alimentation, le transformateur de séparation de circuits réduit considérablement les risques de détérioration liés aux surtensions de mode commun, généralement les plus fréquentes (foudre ou commutation).

• Protection contre les perturbations électromagnétiques conduites
Le transformateur de séparation est, à l'instar de la protection contre les surtensions, un moyen simple, efficace et rentable pour limiter la propagation des perturbations dans le spectre de fréquence le plus courant (jusqu'à 10 MHz). Legrand est à même de fournir les performances d'atténuation des transformateurs (exprimés en dB en fonction de la fréquence), d'étudier et de fournir des produits adaptés (équipés d'écrans par exemple). Les principes d'évaluation et les performances d'un tel usage des transformateurs sont décrits à la page 106.

6 Protection dans les emplacements non conducteurs

Cette mesure de protection s'appuie sur l'impossibilité d'un contact simultané entre deux masses ou entre une masse et un élément conducteur. Il en résulte que sol et parois doivent être isolants et que le local ou l'emplacement ne comporte pas d'éléments conducteurs. Cette mesure fut utilisée dans les pièces d'habitation à sol isolant (parquet, moquette) et de ce fait les prises de courant ne comportaient pas de pôle de terre (socle à deux pôles). Elle n'est plus reconnue aujourd'hui, à cause de l'incertitude pesant sur la pérennité des conditions d'isolement.

7 Protection par liaison équipotentielle locale non reliée à la terre

Toutes les masses simultanément accessibles sont reliées de manière à ce qu'aucune tension dangereuse ne puisse apparaître entre elles.
Dans la pratique, cette mesure est utilisée pour certains postes de travail, des plates-formes de mesure de faible étendue ou dans des installations autonomes où la liaison à la terre n'est pas nécessaire ou pas souhaitée (voir CEM et régime de neutre à la page 233).

La liaison équipotentielle locale réalisée ne doit pas être reliée à la terre. Elle ne vise pas, contrairement à une liaison équipotentielle supplémentaire, à garantir des conditions de coupure suite à un défaut, mais à s'assurer que toutes les masses simultanément accessibles sont au même potentiel. Les usages et conditions de dimensionnement sont décrits page 235 (structure du réseau de protection).

La protection contre les perturbations électromagnétiques

S'il est un domaine de l'électricité où les précautions d'installation sont au moins aussi importantes que les performances des appareils, c'est bien celui de la compatibilité électomagnétique. Tout ici repose sur des phénomènes moins habituels : les hautes fréquences, les surfaces de boucle, la cohabitation... qu'il faut concilier avec l'exigence première de distribution de l'énergie. Pas toujours facile !

1 L'ÉQUIPOTENTIALITÉ DE L'INSTALLATION

La protection contre la propagation des perturbations électromagnétiques dans les installations s'appuie sur deux règles essentielles.

- L'équipotentialité qui doit être impérativement appliquée de manière adaptée à la sensibilité de l'installation. Cinq niveaux de réalisation du réseau de masse sont proposés.
- La séparation électrique et géométrique des appareils (et de leurs lignes) perturbés et perturbateurs, peut-être moins critique mais pas forcément facile à mettre en œuvre.

Là encore différentes solutions sont proposées.

En ce qui concerne les ensembles et les équipements, des règles de construction sont données page 171.

L'importance du réseau de masse est indéniable dans la bonne marche des équipements vis-à-vis de la CEM. Mais la réalisation la plus aboutie de celui-ci ne va pas sans quelques contraintes techniques ou financières.

C'est pourquoi, et l'expérience l'atteste, la constitution de ce réseau doit être adaptative : ce sont les cinq niveaux définis ci-après.

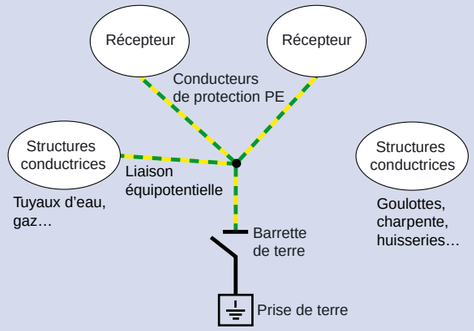
1 Equipotentialité de niveau 0

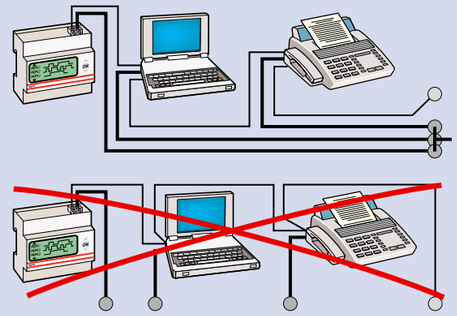
Le niveau 0 correspond en fait au raccordement des équipements par des conducteurs de protection (fils vert/jaune) à un point central unique. On parle souvent de mise en étoile. Il est exigé pour la protection des personnes. Si cette technique est appro-priée en BF, elle trouve rapidement ses limites en haute fréquence, l'impédance des conducteurs devenant trop grande du fait de leur longueur.

Ce niveau de réalisation est généralement réservé aux installations domestiques et résidentielles où les appareils branchés fonctionnent indépendamment les uns des autres.

Cette pratique minimale a également pour inconvénient de créer des boucles de grandes dimensions dans lesquelles des surtensions importantes peuvent être induites, notamment par la foudre.

Équipotentialité de niveau 0





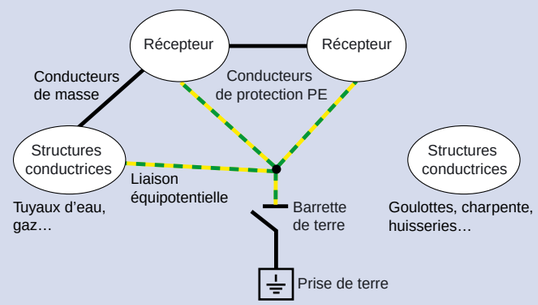
Lorsque des appareils ont à communiquer ensemble, il est fortement recommandé de les raccorder à un unique point d'alimentation (et donc au même conducteur de protection), leur équipotentialité n'en sera que meilleure et les surfaces de boucles seront réduites.

Certaines publications ont parfois parlé de raccordement au conducteur de protection le plus proche. Si cette approche est séduisante en limitant les impédances communes et les surfaces de boucle, elle est en fait peu réaliste à mettre en œuvre : la multiplication des raccordements et la difficulté de détermination de la section nécessaire peuvent mettre en cause la sécurité.

2 Equipotentialité de niveau 1

Le niveau 1, simple à mettre en œuvre, économique et souvent suffisant, correspond à l'évolution des usages. Il suffit d'ajouter une liaison équipotentielle entre les masses des appareils qui communiquent entre eux. Cette liaison peut être un conducteur court, ou mieux une structure métallique commune. Là encore cette liaison sera d'autant plus efficace qu'elle sera placée à proximité des conducteurs sensibles sur lesquels elle aura un effet réducteur.

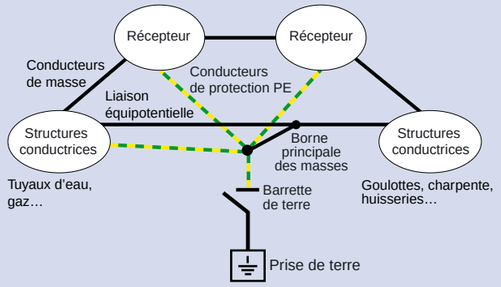
Équipotentialité de niveau 1

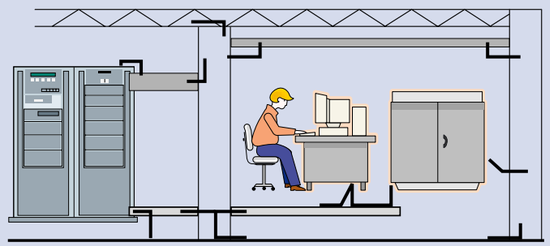


3 Equipotentialité de niveau 2

Le niveau 2 sera appliqué aux installations plus sensibles ou lorsque des sources importantes de pollution électromagnétiques sont présentes : applications d'automatismes et de conduite de procédés, réseaux informatiques locaux de catégorie 5 (jusqu'à 100 MHz) pour lesquels on aura alors tout intérêt à interconnecter tous les éléments métalliques accessibles : poteaux, charpentes, goulottes, tablettes, gaines, huisseries, qui constitueront un maillage certes imparfait mais réduisant déjà notablement les impédances communes et les surfaces de boucles.

Équipotentialité de niveau 2





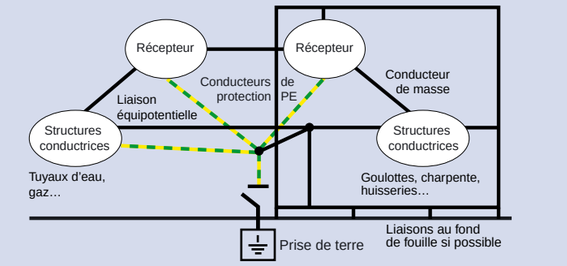
+ Les qualités d'équipotentialité des enveloppes XL et XL-A Legrand facilitent d'une part le raccordement des masses des appareils protégés par ces enveloppes mais aussi des éléments conducteurs environnants.

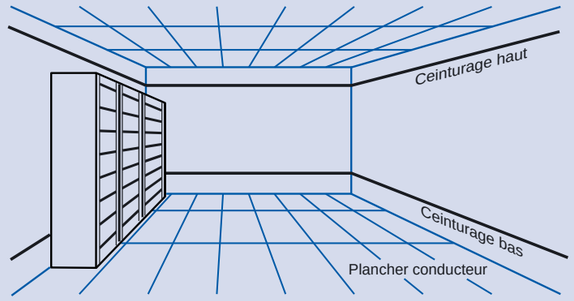
! Attention ! les câbles de liaison signaux n'assurent pas toujours une bonne équipotentialité : les broches et alvéoles 0 V (ou masse) doivent être effectivement raccordées à un conducteur spécifique assurant la liaison des masses. Le blindage constitué d'une tresse de cuivre n'a pas d'excellentes performances en BF et les écrans ne sont souvent constitués que d'une feuille de polyester métallisée ! Seuls les câbles d'énergie avec feuillard métal assurent effectivement une liaison équipotentielle, encore faut-il que la continuité au niveau des extrémités soit parfaitement assurée ! Les applications bureautiques locales (ordinateurs, imprimantes...), les terminaux téléphoniques analogiques ou numériques, les appareils audio, les terminaux internet, les bus de contrôle-commande et globalement tous les systèmes de faible étendue et de fréquence n'excédant 1 MHz fonctionnent généralement avec le niveau 1 de réseau de masse.

4 Equipotentialité de niveau 3

Le niveau 3 aborde la notion de maillage par îlot. Certains équipements plus sensibles ou qui doivent être sécurisés du fait de leur prix ou de la nécessité de leur disponibilité vont nécessiter une protection spécifique contre les champs de forte puissance rayonnés par les câbles d'énergie ou par la foudre. Le niveau d'équipotentialité des appareils et de leur environnement doit alors être excellent.
On peut citer à titre d'exemples : les salles informatiques et les serveurs, les baies de répartition, les commutateurs hauts débits, les régies vidéo et plus généralement les applications de fréquence supérieure à 100 MHz.
La création d'un îlot maillé pourra également être nécessaire lorsque le bâtiment ne comporte pas lui-même de structure conductrice suffisante (construction traditionnelle maçonnée).

Équipotentialité de niveau 3



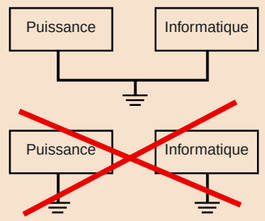


! Un maillage resserré et localisé peut être constitué par un plancher conducteur, par un ceinturage périphérique du local (feuillard de cuivre de largeur 20 mm mini) disposé en partie basse. Si la hauteur sous plafond est supérieure à 3 m, un ceinturage haut pourra également être installé. Bien entendu toutes les masses évoquées au niveau 2 seront reliées à ce maillage de l'îlot par des liaisons les plus directes possibles et constituées de tresses ou de feuillards ou à défaut de conducteurs souples de section minimale 25 mm².
Si possible, l'accessibilité au ceinturage sera préservée sur toute sa longueur (montage apparent ou en goulotte), et les traversées de mur seront isolées pour préserver de la corrosion.
Si deux îlots sont juxtaposés, les réseaux maillés de chacun seront interconnectés en plusieurs points. Les maillages d'îlots seront raccordés aux structures accessibles du bâtiment.
Dans tous les cas, l'efficacité de la protection contre la foudre passera par une bonne liaison du réseau de masse avec le sol via une prise de terre de bonne qualité (< 10 Ω) constituée si possible d'un ceinturage à fond de fouille.

!

Une terre unique

Un bâtiment ne doit posséder qu'une seule prise de terre.

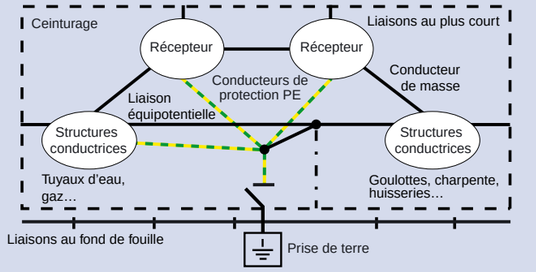


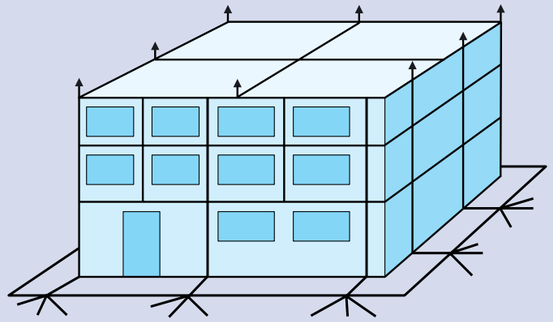
Toute prescription de prises de terre séparées sous les termes de terre propre, de terre informatique doit être formellement prohibée. La terre unique constitue une référence de potentiel. Multiplier les terres, c'est risquer des différences de potentiel entre les différents circuits (en cas de foudre par exemple).

5 Equipotentialité de niveau 4

Pour le niveau 4, les dispositions pour le maillage d'îlot (niveau 3) seront étendues à tout le bâtiment.
Des ceinturages périphériques sont constitués à chaque étage ; toutes les structures conductrices, les armatures du béton, les descentes de paratonnerre (en cas de protection par cage maillée et tiges de capture) sont interconnectées, les conducteurs de mise à la terre des dispositifs de protection contre les surtensions, ceux de mise à la terre des antennes, tous les conducteurs de liaison équipotentielle y sont interconnectés. L'ensemble du maillage réalisé est relié au ceinturage de fond de fouille sur toute la périphérie. La résistance de prise de terre est la plus faible possible (< 1 Ω). De telles dispositions sont appliquées dans les zones à risque de foudroiement et/ou lorsque les équipements à protéger sont particulièrement sensibles.

Équipotentialité de niveau 4



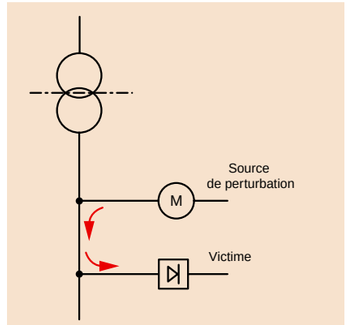


Les conducteurs de protection (vert/jaune), sont dimensionnés et raccordés pour assurer la protection des personnes suivant les prescriptions de la norme NF C 15-100. Ils ne doivent en aucun cas être remplacés par les liaisons du réseau de masse qui vise à améliorer l'immunité CEM.
Ces liaisons ne doivent pas utiliser la double coloration vert/jaune. A ce jour, le repérage des liaisons de masse n'est pas encore normalisé mais à priori l'usage de la couleur noire tend à se généraliser.
De même, des éléments métalliques (structure, conduits, chemins de câbles...) ne doivent pas être utilisés en tant que conducteurs de protection.

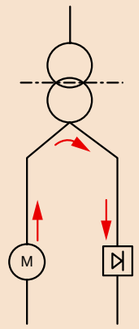
La réalisation des réseaux de masses a fait l'objet de nombreux ouvrages parmi lesquels "Câblages des immeubles professionnels", France Telecom, 1994. Le document UTE C 90-480-2 (EN 50174-2) donne des règles de planification et de pratiques d'installation à l'intérieur des bâtiments pour les systèmes de câblage dans les technologies de l'information.

2 LA SÉPARATION ÉLECTRIQUE DES ALIMENTATIONS

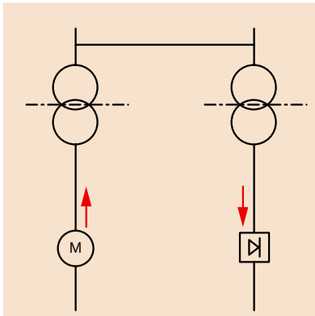
L'alimentation commune des matériels permet de véhiculer les perturbations entre ceux-ci. C'est le couplage galvanique ou par impédance commune.



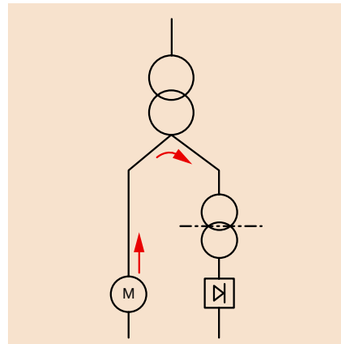
La première règle de bon sens consiste donc à ne pas alimenter par la même ligne des appareils qui peuvent se perturber mutuellement. Ce peut-être le cas d'appareils perturbateurs (moteurs, postes de soudure…) et d'appareils sensibles (radio, informatique…).



Attention ! cette pratique d'alimentations séparées (appareil en étoile) présente l'inconvénient de diminuer l'équipotentialité des appareils entre eux si celle-ci n'est assurée que par les conducteurs de protection (niveau 0 de l'équipotentialité). Elle ne sera donc réservée qu'à des appareils qui n'ont pas à communiquer entre eux. Dans les cas de matériels très sensibles ou fortement perturbateurs, on peut être amené à séparer véritablement les alimentations.



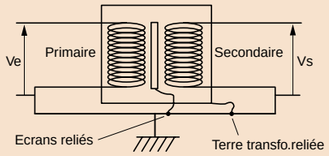
Cette disposition peut se retrouver lorsque certaines parties d'installation (devant fonctionner en sécurité) sont alimentées par un onduleur ou par une source de sécurité (voir chapitre I.A.2).
La pratique la plus aisée consiste en fait à alimenter les appareils sensibles (généralement aussi les moins puissants) par un transformateur de séparation de circuit.

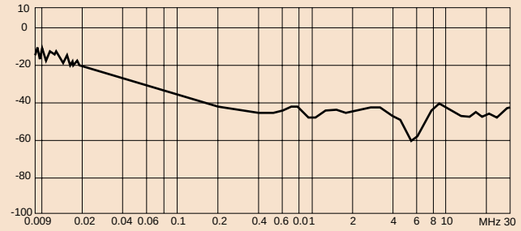


La séparation de circuit par un transformateur est en premier lieu destinée à assurer la protection contre les contacts indirects (voir page 98) mais on peut aussi utiliser le transformateur comme un filtre d'alimentation.

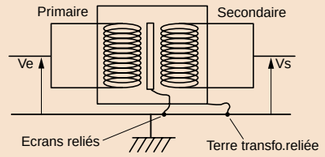
Caractéristiques d'atténuation des transformateurs

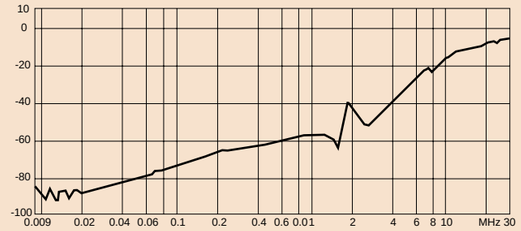
Les performances de filtrage d'un transformateur sont exprimées par le rapport d'atténuation (en dB) des perturbations entre les bobines primaire et secondaire.
En mode différentiel (ayant un point relié à la terre)





En mode commun





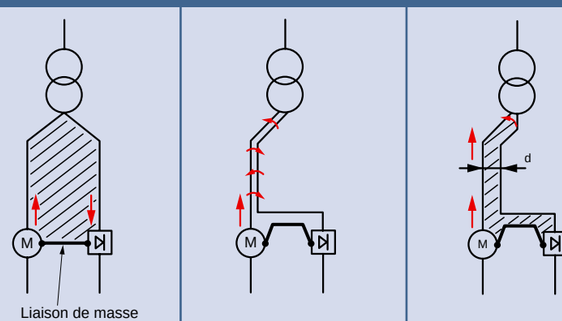
Les caractéristiques d'atténuation des transformateurs sont essentiellement liées aux capacités parasites entre primaire et secondaire, entre primaire et circuit magnétique et entre secondaire et circuit magnétique. Celles-ci dépendent en grande partie d'éléments physiques tels que la permittivité entre couches (caractéristiques des isolants) et d'aspects dimensionnels (forme et hauteur des bobines, surfaces en regard). La disposition d'un ou plusieurs écrans entre primaire et secondaire améliore l'atténuation.

Généralement le niveau de filtrage est excellent en mode commun (la grande majorité des perturbations) jusqu'à une fréquence de 1 MHz, voire au-delà pour les transformateurs de petites puissances (quelques centaines de VA).
Les performances d'atténuation décroissent avec la puissance, c'est pourquoi il est préférable d'alimenter plusieurs appareils sensibles par plusieurs petits transformateurs que d'alimenter l'ensemble

3 LA SÉPARATION GÉOMÉTRIQUE

Si la séparation électrique des alimentations fait partie des solutions de base, il est aussi nécessaire que cette séparation soit géométrique pour limiter les couplages entre les lignes perturbatrices et les lignes perturbées. Dans la pratique, la séparation des lignes pose le problème de la création de boucles de grandes surfaces qui peuvent être source de tensions induites sous l'effet des champs magnétiques.
A contrario, la recherche de la diminution des surfaces de boucles ne doit pas conduire à faire cohabiter les lignes à trop faible distance.

Séparation géométrique des lignes

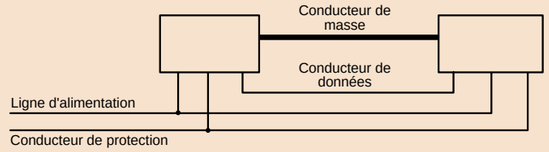


Création d'une surface de boucle importante

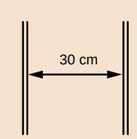
Surfaces des boucles réduites mais cohabitation des lignes et risque de couplage (diaphonie)

Compromis entre surfaces de boucles réduites et distances de cohabitation suffisantes

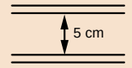
Il faut rester prudent sur un éloignement trop grand (plusieurs mètres) des conducteurs d'un même système. Il est toujours préférable de faire cheminer dans "une certaine proximité" tous les conducteurs (masse, données, alimentations).



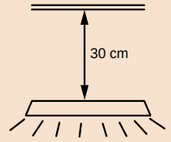
Des précautions seront prises essentiellement pour "maîtriser" la cohabitation entre les courants forts (alimentation) et les courants faibles (données). Le respect de distances minimum (cf. schémas ci-dessous) ou l'utilisation de conducteurs blindés sont prescrits dans ce but.



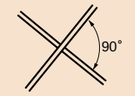
Circulation verticale (distribution principale ou rocade)



Circulation horizontale (distribution répartie)



A proximité d'une source de perturbations (moteur, fluos…)



Croisements de conducteurs

Le couplage entre conducteurs dépend de plusieurs facteurs :
- la fréquence du signal perturbateur
- la longueur de cheminement commun
- la distance entre les conducteurs.

La nature des conducteurs influe directement sur le couplage :
- paire torsadée pour limiter la composante inductive
- écran ou blindage pour limiter la composante capacitive.

Les conducteurs écrantés ou blindés (type FTP ou SFTP) ne requièrent pas de distances minimales de cohabitation.
Il y a tout intérêt à disposer si possible les conducteurs non blindés (type UTP) au plus près des masses pour bénéficier d'un effet réducteur.

Les normes EN 50174-2 (UTEC 90-480-2) et NF C 15-100 (chapitre 444) précisent les dispositions de séparation physique relative à la cohabitation des réseaux de puissance et de communication. Les gammes de goulottes DLP sont particulièrement adaptées à cette exigence en permettant des cloisonnements entre les différents circuits en fonction de leur sensibilité.



La protection contre la corrosion

**La rouille ronge le fer, la pierre se dégrade, le verre s'obscurcit...
le vieillissement et la fin sont le devenir inéluctable des œuvres humaines.
Mais entre pyramides et paillotes, il y a un écart d'espérance de vie
dans lequel les réalisations de ce siècle doivent pouvoir s'inscrire.**

1 LA PROTECTION DANS LES DIFFÉRENTS ENVIRONNEMENTS

Déterminer une protection adaptée des matériels contre la corrosion nécessite en premier lieu de connaître le milieu d'installation et par là même les contraintes propres à ce milieu : intérieur, extérieur, sec, humide, rural, industriel...

Des contraintes supplémentaires liées à l'activité peuvent aussi exister : agressions chimiques, chocs, gaz corrosifs, lavage...

Enfin le choix technologique, donc son coût, devra être mis en regard de la valeur de l'objet à protéger et de la durée de vie souhaitée pour l'objectif fixé de performance de cette protection : décorative, temporaire, durable, très durable voire inaltérable...

1 La corosion atmosphérique

On peut considérer que celle-ci est liée à trois facteurs :

- l'humidité de l'air et le risque potentiel de condensation
- la présence de contaminants (chlorures, sulfates)
- la présence de gaz corrosifs dissous (dioxyde de soufre, hydrogène sulfuré, gaz carbonique...).

Ces trois facteurs : eau, agent conducteur, agent oxydant, vont permettre la création de cellules de corrosion électrolytique ou électrochimique.

L'eau étant l'élément support, on peut ainsi considérer qu'en atmosphère sèche (≤ 50 % d'humidité relative), le risque de corrosion sera pratiquement négligeable.

A contrario, le risque sera élevé voire très élevé dans les zones humides polluées (régions urbaines et industrielles) ou humides "conductrices" (régions maritimes).

Entre les premières (zones sèches) et les secondes (zones humides), la durée prévisionnelle de vie d'une même protection peut facilement varier dans un rapport 10 : 5 années ou 50 années...

Il faut aussi noter que les installations simplement à l'abri de la pluie (auvents, hangars, garages) et non chauffées, sont pratiquement soumises aux mêmes conditions d'agressions corrosives qu'à l'extérieur : gaz et polluants y sont présents et l'eau est fournie par la condensation.

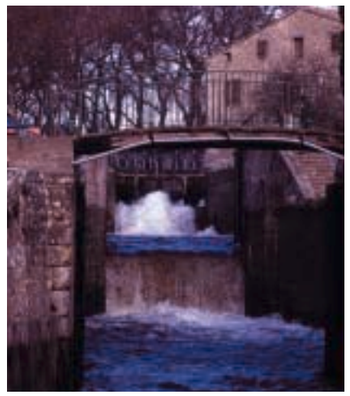
Dans les installations intérieures, le risque est indéniablement plus faible dès lors que les locaux sont régulièrement chauffés (résidences, bureaux) et il n'est pas normalement nécessaire de prévoir des revêtements très résistants du type galvanisation ou systèmes multicouches de peinture.

En revanche, la nature de l'activité et la présence humaine sont deux facteurs à ne pas omettre : l'activité peut être à la fois source d'humidité (lavages fréquents par exemple) et de pollutions ou de contaminations (chimie, laboratoires, agroalimentaire, cuisines, piscines couvertes...).

La présence humaine, par l'eau de la respiration, par la génération d'acides organiques (lactique, urique...) et par les risques d'abrasion (usure sur les zones de passage ou de manipulation), est un élément aggravant de détérioration à considérer dans les lieux publics et les ERP.

Il en est de même dans les lieux d'élevage et de présence animale.

2 La corrosion aquatique



Si l'eau et l'électricité sont "peu compatibles", il n'en demeure pas moins que de nombreuses installations sont immergées de façon continue ou accidentelle et que beaucoup d'éléments mécaniques destinés à supporter les installations (pieds de pylônes, poteaux, portiques, socles...) sont eux-mêmes temporairement ou continuellement immergés.

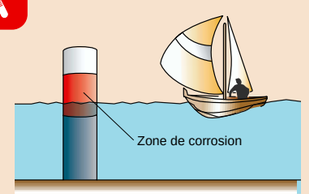
La nature de l'eau, douce, dure, salée, a une influence importante sur la corrosion, de même que sa composition chimique, son oxygénation, sa température, son agitation ou ses mouvements (éclaboussures, zones de marnage).

Les moyens de protection peuvent être du type galvanique (dépôt d'un traitement métallique) ou barrière (dépôt d'une couche organique étanche) ou la combinaison des deux.

Pour les traitements métalliques, le zinc utilisé dans les eaux froides, entartrantes (calcaires), plutôt neutres ou alcalines (pH > 6), sera déconseillé dans les eaux chaudes ou à tendance acide ; l'aluminium lui sera alors préféré.

La zone de corrosion préférentielle se situe le plus souvent à la limite air/eau ou le phénomène est amplifié par la présence de l'oxygène de l'air et de celui dissous dans les premières strates d'eau.

Dans l'eau de mer tempérée, la vitesse de corrosion du zinc atteint 10 à 20 µm/an. Il en résulte que pour obtenir une protection durable (10 à 20 ans) ou très durable (plus de 20 ans), il faudra appliquer des revêtements de zinc (galvanisation à chaud) d'épaisseur au moins égale à 150 µm (1er cas) ou 250 µm (2e cas).



Réduction de l'oxygène :
O_2 —> OH^-
Oxydation du fer :
Fe —> Fe^{2+} —> Fe^{3+}
Formation de rouille
$Fe(OH)_3$

Le phénomène est amplifié lorsque l'oxygène est régulièrement renouvelé par l'agitation ou les variations de niveau (marnage).

Les phénomènes de corrosion dans l'eau, et peut-être encore plus dans l'eau douce que dans l'eau salée sont complexes et les moyens de protection doivent être judicieusement choisis. Le conseil d'experts est fortement recommandé.

L'application de revêtements alliés zinc/aluminium (par projection thermique ou utilisation d'éléments prétraités) permet normalement une meilleure résistance.
Afin d'éviter des attaques locales dues aux manques d'épaisseur ou aux discontinuités du revêtement et dans le but également de faciliter un entretien ultérieur, il est conseillé d'appliquer un traitement dit "de colmatage" à base métallique (projection thermique de zinc, peinture riche en zinc) ou à base organique (époxydique).

Le renforcement de la protection pourra être fait par l'application de revêtements étanches épais tels que peintures bitumineuses.
En fonction de la durée de vie escomptée de l'ouvrage, il y aura toujours intérêt à prévoir un entretien régulier avant que ne se produisent des atteintes irréversibles ou difficilement réparables risquant à terme de compromettre la durabilité.

On pourra se référer aux documents spécialement établis :
NF EN ISO 11306 "Exposition et évaluation des métaux et alliages à la surface de l'eau de mer"
A05-611 "Protection cathodique des armatures du béton - ouvrages enterrés et immergés"
A05-655 "Mesure et neutralisation des influences électriques dues aux courants vagabonds d'origine industrielle"

3 La corrosion tellurique (dans le sol)

Les constructions métalliques en contact avec le sol sont soumises à des phénomènes de corrosion propres qui dépendent de la nature du sol, de sa teneur en minéraux et en éléments organiques, de l'humidité et du taux d'oxygène.
Les sols calcaires ou sablonneux (hors sables marins) sont moins corrosifs que les sols argileux ou humifères.
Les premiers sont à tendance alcaline (pH > 7) et les seconds à tendance acide (pH < 7).
Les revêtements à base de zinc sont déconseillés en sol trop acide, ceux à base d'aluminium leur seront alors préférés.
Les sols ayants été perturbés (remblais) sont moins homogènes et la corrosion peut y être plus importante. La présence de poches d'air (nommées cellules d'aération différentielle) crée des zones de corrosion chimique avec l'humidité présente.

L'établissement des prises de terre

Par définition en contact avec le sol, les prises de terre nécessitent des précautions particulières pour assurer leur pérennité.
Les matériaux utilisés doivent donc à la fois être bons conducteurs, conserver une surface elle-même conductrice et enfin résister à la corrosion pour garder leur intégrité physique.
Le fer non protégé n'est pas admis de même que les métaux légers (aluminium (1)).
Les métaux recouverts d'une gaine de plomb sont utilisables ainsi que l'acier galvanisé (piquets, feuillards (2)). Enfin le cuivre (câbles, feuillards) est recommandé.
Des risques de corrosion particuliers et importants sont à craindre dans les terrains parcourus par des courants permanents (circuit de retour de traction par exemple). Les prises de terres y feront l'objet d'études spécifiques.

Les prises de terre peuvent être établis par des conducteurs enfouis horizontalement (tranchées, boucles à fond de fouille), par des plaques minces (feuillards) enterrées verticalement, par un ou des piquets reliés enfouis verticalement.
Chaque méthode présente qualités et inconvénients mais il est possible de les utiliser conjointement pour faire baisser la valeur de la prise de terre.
Les conducteurs enfouis horizontalement peuvent constituer un ceinturage sur tout le périmètre du bâtiment, favorable en terme de CEM et de raccordement des parafoudres (grande surface d'influence). Posés à la construction, ils ne nécessitent pas de terrassement spécifique mais le remplissage des tranchées doit être fait avec soin, sans effort mécanique et avec de la terre arable susceptible de retenir l'humidité ; éviter cailloux, sables, ciments et résidus divers de chantier. Les plaques minces permettent d'augmenter la surface de contact de la prise de terre dans les terrains peu conducteurs mais nécessitent le creusement de tranchées.
Enfin les piquets permettent l'établissement de prise de terre, sans travaux, et sans modifier la structure du sol. Leur longueur peut permettre d'atteindre des couches du sol de plus faible résistivité. Les effets de la sécheresse ou du gel qui peuvent augmenter dangereusement la résistance de terre peuvent être évités par des piquets profonds (3 m).

(1) L'alumine formée en surface est isolante
(2) Prévoir une épaisseur de zinc suffisante (> 100 µm) en sol à tendance acides (argiles). Éviter en sols acides (tourbes).

La corrosion dans le béton

L'alcalinité du béton interdit son contact direct avec l'aluminium ou les revêtements à base d'aluminium. Un traitement étanche et continu doit alors être appliqué sur le métal.
L'utilisation d'armatures ou le scellement d'éléments zingués (ou galvanisés) sont recommandés si le béton reste sensiblement sec (hors d'eau, enduit ou peint) ou s'il n'est pas contaminé par des chlorures (eau de mer).

Des revêtements de zinc passivés ou chromâtés sont également préférables car limitant le démarrage de la corrosion. La corrosion des armatures en acier nu dans le béton fait l'objet de règles de mise en œuvre précisées (liens, distances aux faces externes). La corrosion peut également être arrêtée ou retardée par des moyens hydrofuges (membranes, peintures) qui empêchent la pénétration de l'eau, de l'oxygène et des chlorures ou bien par des protections cathodiques plus ou moins élaborées : anodes constituées de treillis de titane, enduits conducteurs, peintures graphitées ou métallisation au zinc.
La circulation de courant électrique spontané (polarisation galvanique) ou appliqué (par un générateur externe) reporte la corrosion de l'armature en acier sur l'anode sacrificielle.

2 LA CONCEPTION PRATIQUE DES ÉLÉMENTS À PROTÉGER

Les installations électriques nécessitent souvent de réaliser et de mettre en œuvre des ouvrages métalliques destinés au support des conducteurs (corbeaux, équerres…), à la fixation des coffrets et armoires (portiques, poteaux…) et à maintes autres fonctions qu'il faut adapter à chaque cas. Les recommandations ci-après, données à titre de conseil, n'ont pas de valeur contractuelle vis-à-vis de la résistance à la corrosion ; elles attirent simplement l'attention sur quelques précautions élémentaires de réalisation.

1 Formes, encombrement et accessibilité des pièces

Selon le mode de protection choisi (galvanisation au trempé, projection thermique, peinture à la brosse ou peinture au pistolet…) les pièces conçues devront permettre une manipulation et un accès aisés. Dans la mesure du possible, les corps creux devront pouvoir êtres atteints par la protection : entrée de zinc, évacuation des gaz et drainage pour la galvanisation, dimensions maximales du corps creux pour le pistolage.

Pour les corps creux inaccessibles (tubes, profils), la corrosion interne peut pratiquement être limitée en les rendant totalement étanches par soudure continue. Attention, en cas de protection par galvanisation, le bouchage total ne devra être fait qu'après le traitement (risque d'explosion), des bouchons ou obturateurs souples peuvent être utilisés. Les pièces ne devraient pas présenter de zones de rétention susceptibles d'accumuler eau et pollutions. Ceci doit être particulièrement vérifié pour les intervalles étroits.

Si des surfaces planes doivent être assemblées, elles seront préférablement protégées séparément avant assemblage ; des pénétrations ultérieures par capillarité pouvant toujours se produire.

Les jeux entre pièces devront prendre en compte les épaisseurs de traitement et notamment de galvanisation. Cela est particulièrement vrai pour les pièces filetées qui doivent être usinées ou choisies avec une tolérance supplémentaire.

Les arêtes vives sont la principale cause d'amorce de corrosion. D'une part, les traitements et peinture y sont déposés en quantité plus faible, d'autre part ils sont sensibles aux agressions mécaniques.

Utiliser de préférence des profilés cambrés ou pliés et arrondir tous les angles vifs (ponçage, meulage) avant traitement de surface.



Corrosion d'un corps creux mal protégé

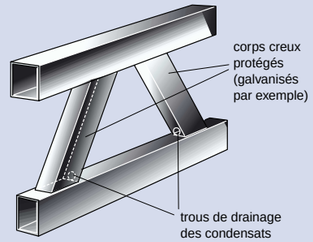


Corrosion due à la rétention entre pièces jointives et non étanches

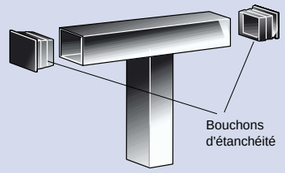


Arêtes vives et boulonnerie sont souvent le siège des départs de corrosion

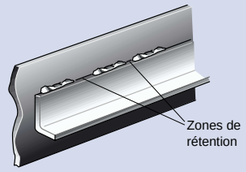
Exemples pratiques



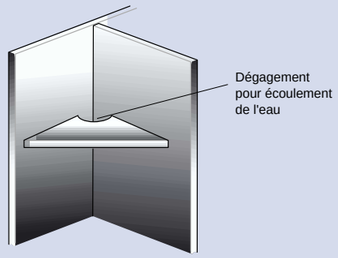
Elément de portique



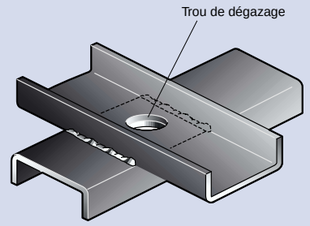
Corps creux non protégé



Pose d'un raidisseur : réaliser un cordon de soudure continu ou déposer un cordon d'étanchéité entre les deux pièces

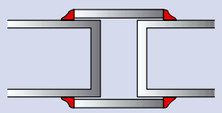


Goussets et renforts

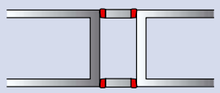


Assemblage de profils : les trous de dégazage sont indispensable pour le zingage à chaud (galvanisation)

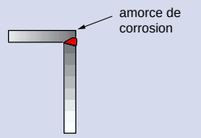
Eviter les zones de recouvrement...



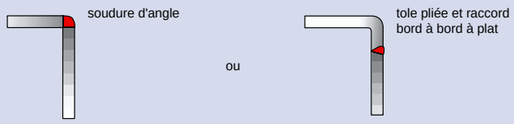
préférer les soudure bord à bord



Eviter les angles vifs...



préférer les soudures d'angle ou les angles pliés



2 Préparation des surfaces

L'état de préparation devra correspondre aux exigences du traitement de protection appliqué. Dans tous les cas, les surfaces devront être propres, sèches, exemptes de poussières et de salissures. Un dégraissage soigné devra être effectué. Les solvants, déconseillés pour leur toxicité, pourront être remplacés par des solutions aqueuses alcalines (lessive de soude) suivies de plusieurs rinçages et d'un séchage soigné.
Toute forme de rouille pulvérulente ou friable sera ôtée. Les traces de rouille adhérente pourront être poncées ou chimiquement converties par traitement. Ces conseils concernent essentiellement une préparation manuelle ; des performances supérieures sont obtenues par des traitements de surface industriels (phosphatation, chromatation…) mais elles nécessitent des moyens plus lourds.

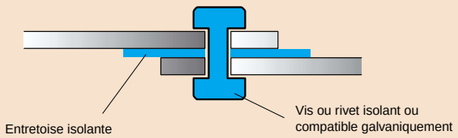
La norme ISO 8501-1 propose différents clichés types permettant de déterminer l'état de préparation visuel d'une surface après des opérations de décalaminage, grenaillage ou sablage.
La norme ISO 8503-1 permet de déterminer le profil de surface recherché.

3 Soudures et assemblages

Qu'elles soient réalisées par soudure, vissage, rivetage, les jonctions entre éléments sont très souvent source de corrosion pour plusieurs causes.
Les opérations de soudure, excepté si elles sont faites sous atmosphère contrôlée (argon) apportent et brûlent beaucoup d'oxygène, des zones de corrosion préférentielles risquent de se développer au niveau des soudures.
Si des soudures sont effectuées après traitement de surface, ce qui est déconseillé, il sera impératif de le restaurer (zinc à froid en aérosol, peinture riche en zinc…).
Les assemblages créent très souvent des zones de rétention ou des volumes fermés dans lesquels les protections sont difficiles à appliquer mais où l'eau et les polluants s'accumulent.

Les usinages (perçage notamment) pour la pose de rivets ou de boulons sont également des causes d'initiation de corrosion : destruction locale des traitements (rarement restauré dans les trous), création de copeaux et poussières difficiles à éliminer et très réactifs à la corrosion, angles vifs voire bavures sur les bords usinés.
Par la juxtaposition de métaux différents, les assemblages peuvent créer des couples électrolytiques particulièrement défavorables (aluminium/acier, zinc/inox, cuivre/zinc…). Une réflexion à considérer également pour la quincaillerie utilisée : visserie (acier, inox, laiton…) rivets (cuivre, alu, acier…) rondelles…

Recommandations d'assemblages des métaux



Nature des éléments à assembler	Nature des pièces d'assemblage (1)		
	Recommandé	Possible	Déconseillé
acier inox	acier inox	laiton nickelé cuivre	acier zingué aluminium acier nu laiton étamé
acier nu	acier zingué acier étamé	laiton aluminium laiton étamé	cuivre acier inox
aluminium et alliages	aluminium	acier zingué acier étamé acier Inox laiton étamé	cuivre laiton nickelé
cuivre	cuivre laiton nu laiton nickelé laiton étamé	acier étamé acier zingué bichromaté acier inox	acier zingué aluminium
acier zingué ou galvanisé	acier zingué acier zingué bichromaté	acier étamé laiton nickelé	acier inox cuivre laiton

(1) matériaux les plus courants pour la fabrication des vis, rivets, rondelles et quincaillerie d'assemblage.

Les recommandations ci-dessus seront d'autant plus importantes que l'atmosphère sera humide ou corrosive.

3 ESTIMATION DE LA DURÉE DE VIE PRÉVISIONNELLE

Le terme même de durée de vie est sujet à caution et il est donc important de bien préciser s'il désigne :
- la durée avant le premier entretien
- la durée avant les premières réparations importantes
- la durée avant le changement d'éléments
- la durée avant l'état de ruine.

Contrats et garanties ne sont souvent pas assez explicites sur ce point.
Il est évident que la durée des systèmes de protection, peintures et traitements de surface est fortement dépendante de la qualité, de la préparation et de la réalisation initiale et ensuite des conditions précises d'exposition auxquelles des contraintes supplémentaires (choc, manipulation, abrasion, agents corrosifs particuliers…) peuvent s'ajouter.



Décollement radial du feuil de peinture suite à un choc
Ce type de phénomène accidentel peut diminuer notablement la durée de vie de la protection



Décollement de la peinture de finition dû à une incompatibilité entre les couches

Durée de vie prévisionnelle

- **"Avant le premier entretien" désigne la durée avant les premières petites réparations (retouches sur des angles, grattage et colmatage sur quelques cloques, remise en peinture de quelques éléments - visserie par exemple). Les opérations de nettoyage, de démoussage, relevant de l'entretien courant, ni les réparations liées à une atteinte accidentelle ne sont concernées.**
- **"Avant les premières réparations importantes" désigne la durée au terme de laquelle il faudra généralement remettre de la peinture sur tout ou partie de l'ouvrage. Celui-ci retrouvera alors sa destination initiale et une nouvelle durée de vie qu'il faudra préciser.**
- **"Avant le changement d'éléments" désigne la durée avant le remplacement normal ou prévu (pièces d'usures) de certains éléments. Des anodes sacrificielles (de zinc ou de magnésium) peuvent relever d'une telle opération.**
- **"Avant l'état de ruine" désigne la durée au-delà de laquelle on considère que l'ouvrage n'assure plus sa fonction correctement et n'est plus réparable.**

Traitement et revêtements en fonction des conditions d'exposition

Le tableau ci-après donne "à titre indicatif" quelques exemples de traitements de surface ou de revêtements et systèmes de peintures pour une durée de vie objective de 10 années avant le premier entretien.

Conditions d'exposition (voir page 62-63)	Traitements de surface	Revêtements et systèmes de peinture (1)
Extérieur marin	• Z > 70 µm	• 2 couches primaires riches en zinc (50 µm) + 2 couches intermédiaire (60 µm) + 2 couches de finition (150 µm)
Extérieur industriel	• Z > 100 µm	• 2 couches primaires riches en zinc (50 µm) + 2 couches intermédiaire (60 µm) + 2 couches de finition (150 µm)
Extérieur urbain	• Zn 20 C • Z 350/Z 450 (25 à 30 µm)	• 1 couche primaire riche en zinc (30 µm) + 1 couche intermédiaire (30 µm) + 2 couches de finition (120 µm)
Exterieur rural	• Zn 15 C • Z 275/Z 350 (20 à 25 µm)	• 1 couche primaire riche en zinc (30 µm) + 2 couches de finition (120 µm) • Z 140 +couche primaire (30 µm) + 2 couches de finition (120 µm)
Intérieur agressif	• Zn 15 C • Z 200/Z 275 (15 à 20 µm)	• Z 140 +couche primaire (30 µm) + 2 couches de finition (120 µm)
Intérieur humide	• Zn 10 C • Z 140 (10 µm)	• EZ 5 + 2 couches de finition (120 µm) • Z 100 + couche primaire (30 µm) + 1 couche de finition (50 µm)
Intérieur sec	• EZ 5 • Zn 5 C • Zn 10 B • Z 100	• EZ 2,5 + 1 couche de finition (60 µm) • 1 couche primaire (20µm) + 1 couche de finition (50 µm)

(1) Finition à base de résine glycérophtalique en intérieur et à base de polyuréthane en extérieur

Désignation des abréviations :
- Zn xxB ou Zn xxC : zingage électrolytique d'épaisseur minimale xx en µm selon les valeurs préférentielles de la norme NF A 91010, chromatation B (blanc) ou C (irisé jaune vert ou bichromaté) selon NF A 91472
- EZxx : électrozingage d'épaisseur nominale xx en µm.
- Zxxx : galvanisation à chaud de poids de couche xxx en g/m^2 double face.

Système de peinture

La superposition de couches de peinture ne doit pas être faite sans précautions. Liants et pigments de certaines d'entre elles sont incompatibles. Les fabricants ont donc mis au point des "systèmes de peinture" adaptés aux différentes utilisations.

• Couche primaire : elle est directement appliquée sur le métal, son rôle est d'inhiber le processus de corrosion et d'assurer l'accrochage des couches suivantes (impression phosphatante sur acier, peinture réactive ou wash-primer sur galvanisé...)

• Couche intermédiaire : elle assure la liaison entre la couche primaire (si elle existe) et la couche de finition. Elle est souvent chargée de pigments ou adjuvants destinés à renforcer son imperméabilité et son caractère anticorrosion (poudre de zinc, aluminium...)

• Couche de finition : elle doit résister aux agents de l'environnement (UV, eau, gaz...) et aux contraintes mécaniques. Elle doit être aussi étanche et continue que possible. La multiplication des couches de finition est donc toujours profitable à la tenue du système.

Le feuil sec de peinture n'est jamais parfaitement étanche et l'épaisseur totale doit aller croissante avec l'agressivité du milieu, par exemple : 70 µm en intérieur sec, 180 µm en extérieur urbain et 250 µm en extérieur marin.

Le système de peinture des armoires Altis et XL-A, d'épaisseur totale 90 µm, a des performances au moins équivalentes à un sytème classique d'épaisseur totale 200 µm.

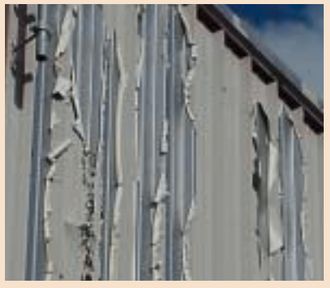
Classes de corrosivité

Les normes ISO 14713 (revêtements de zinc et d'aluminium) et ISO 12944-2 (anticorrosion des structures en acier par systèmes de peinture) établissent une classification de la corrosivité du milieu basée sur la vitesse de dissolution du zinc : perte en masse ou en épaisseur par année d'exposition.

Classes de corrosivité		Perte de masse (g/m^2)	Perte d'épaisseur (µm)
C5 M	très élevée (marine)	> 30 et ≤ 60	> 4,2 et ≤ 8,4
C5 I	très élevée (industrie)	> 30 et ≤ 60	> 4,2 et ≤ 8,4
C4	élevée	> 15 et ≤ 30	> 2,1 et ≤ 4,2
C3	moyenne	> 5 et ≤ 15	> 0,7 et ≤ 2,1
C2	faible	> 0,7 et ≤ 5	> 0,1 et ≤ 0,7
C1	très faible	≤ 0,7	≤ 0,1

Les revêtements de peinture sur l'acier zingué ou galvanisé

A l'exemple des tôles profilées ou prélaquées, utilisées pour le bardage et la couverture des bâtiments, les systèmes de protection (traitement au zinc + peinture) mis en œuvre dans des processus industriels permettent une excellente durabilité. En revanche, la mise en peinture de surfaces zinguées et à fortiori galvanisées requièrent des précautions pour éviter le décollement à terme du feuil de peinture.



Décollement typique des feuils de peinture déposés sur l'acier galvanisé.

Le zinc est un métal qui reste très réactif. Les couches de recouvrement doivent être parfaitement étanches pour éviter la pénétration de l'eau et de l'oxygène.
Il est conseillé d'attendre que le zinc se passive (voir page 69) et soit recouvert d'une patine naturelle avant de le peindre.
La tenue de la peinture sur galvanisation peut être compromise par la présence de plomb antiadhérent par nature. Celle-ci peut être suspectée par le fleurage de la surface.
Dans tous les cas, l'application d'une couche primaire spécifique à l'accroche sur zingué ou galvanisé est recommandée. Selon les fabricants, elle se fera avec ou sans avivage de surface.

4 LES ESSAIS DE CORROSION

Les possibilités d'exposition aux conditions réelles de l'environnement, les moyens de les mesurer et de les enregistrer et surtout le temps nécessaire font que la recherche de tests accélérés représentatifs à toujours été au cœur de l'étude des mécanismes de corrosion.
On sait que l'exposition des matériels ou l'utilisation des produits éprouvent ceux-ci en fonction de facteurs multiples et complexes : géométrie, porosité, état de surface, adhérence, salissures, abrasion, agent chimiques, fréquence et procédure de nettoyage, exposition solaire, variations de température et d'humidité… Pour cela, il est primordial de choisir un test accéléré qui simule au mieux l'exposition réelle mais pour la même raison, il est vain de penser que le test accéléré sera parfaitement représentatif de celle-ci.

En matière de tests accélérés à la corrosion, la prudence incite souvent à dire qu'il n'existe pas de relation directe entre les résultats obtenus et la tenue réelle des produits soumis aux conditions d'utilisation mais que de mauvais résultats permettent de prédire un comportement médiocre en situation.

L'approche des tests de corrosion est avant tout comparative. L'analyse des résultats se fait donc par rapport à des solutions antérieures, connues et éprouvées ou par le choix entre deux solutions dans un test simultané.

La qualification d'un système de traitement ou de revêtement devrait, de préférence, être faite sur des produits entiers et complets pour prendre en compte les phénomènes de corrosion dus à l'accumulation d'eau, aux couples galvaniques ou au confinement humide. Dans la pratique, on utilise souvent des éprouvettes dont il faut alors être conscient de la limite de leur représentativité.

1 Les méthodes de test

On en dénombre au moins une vingtaine. Certaines font appel à un agent unique d'agression (sel, acide, gaz) généralement en combinaison avec l'humidité, alors que d'autres sont basées sur des séquences alternant des périodes d'exposition (brouillard salin, puis ultraviolet, puis humidité, puis dioxyde de soufre… par exemple). Ces seconds types, nommés essais composites se veulent plus représentatifs, mais leur interprétation est encore plus difficile.
De nombreux tests ont été et sont encore développés par l'automobile (General Motors, Scab Test, Volvo test, test Hoogovens).



L'une des zones de vieillissement naturel des enveloppes Legrand avec station météorologique d'enregistrement.

Plusieurs voies de recherche sont explorées pour une meilleure connaissance de la corrosion et de sa simulation en laboratoire :
- "l'approche métallurgique" qui porte sur l'étude structurale et analytique des produits de corrosion et de l'interface métal/couche de passivation
- le développement de "moniteurs de corrosion" constitués de différents métaux associés dans des conditions déterminées (électrolyte, température, durée...) dont on mesure le débit de courant galvanique
- des études sur une approche thermodynamique des équilibres film humide/atmosphère à la surface du métal.
Le sujet corrosion est en permanence d'actualité.

Si la rapidité des tests de simulation est indispensable en développement et en contrôle de la qualité, l'exposition en atmosphère réelle sur site apporte indiscutablement les réponses les plus sûres. Certes elles demandent du temps, mais les années passent si vite !

Les principaux tests de corrosion

• Le test au brouillard salin (BS) : c'est le test le plus largement utilisé et aussi celui qui a les applications les plus vastes.
Issu de la norme américaine ASTM B 117 et repris par les normes NF X 41-002, CEI 60068-2-11 (essais Ka) et ISO 9227 (essais NNS), il consiste en la pulvérisation d'une solution saline (5% de NaCl) dans une chambre maintenue à 35°C et à saturation d'humidité. Les résultats sont obtenus en quelques heures pour les systèmes les moins protecteurs jusqu'à plusieurs centaines d'heures pour les plus performants.
Le brouillard salin est particulièrement adapté pour évaluer les qualités d'adhérence des peintures, et pour tester la corrosion des aciers inoxydables et les revêtements d'anodisation de l'aluminium. Il est également utilisé pour les revêtements de zinc, de nickel, de chrome sur les ferreux, mais l'interprétation doit être prudente car des phénomènes de colmatage peuvent se produire.
Les essais ASS (brouillard salin acétique) et CASS (brouillard salin cyrique) également décrits par la norme ISO 9227 (NF A 05-101) sont des variantes de l'essai de base. Le premier est utilisé pour augmenter la sévérité de l'essai, plus particulièrement sur les non-ferreux voire les plastiques, le second est utilisé pour les dépôts de cuivre/nickel/chrome.

• Le test au dioxyde de soufre (SO_2) : basé sur un mécanisme d'attaque acide, cet essai a l'avantage de développer des aspects de corrosion semblables à ceux qui sont observés sur des pièces subissant l'exposition atmosphérique industrielle. L'interprétation doit néanmoins rester très prudente car l'essai est agressif (formation d'acide sulfurique) et ne considère pas les nombreux autres agents (oxyde d'azote, chlore, ammoniaque, halogénures...) présents dans l'atmosphère.
L'essai au dioxyde de soufre est décrit dans la norme ASTM B 605, dans la norme DIN 50018 (essai Kœsternich), ISO 3231, NF T 30-055 et CEI 6068-2-42 (essai Kc). Quelques différences peuvent être notées entre ces normes, notamment sur la durée d'exposition et sa périodicité, continue ou alternée ou la concentration en gaz. Les essais au dioxyde de soufre sont utilisés sur les dépôts d'étain/nickel sur les ferreux et non ferreux, notamment pour les matériaux de contact électrique (essais KC à très basse concentration de la CEI 60068-2-60).
Les essais SO_2 sont utiles pour déceler très rapidement les imperfections ou discontinuités de surface par l'apparition de piqûres. Ils mettent également en évidence une éventuelle contamination de l'acier inoxydable par des ferreux.

• Les tests en atmosphères humides : ils trouvent une large application pour tous les revêtements destinés à des usages intérieurs ou dans des lieux humides abrités où de l'eau peut se condenser.
De nombreuses variantes de ces tests existent selon les produits, avec ou sans l'adjonction d'agents complémentaires et selon les modalités d'essai. On peut citer les essais en continu (CEI 60068-2-3 et 60068-2-56), les essais cycliques (CEI 68-2-30) ou les essais composites (CEI 68-2-38) avec alternances de chaleur, humidité et froid.
L'action corrosive de tels essais reste généralement limitée, mais ils peuvent affecter certaines caractéristiques (isolement) ou détériorer des matériaux organiques (peintures, plastiques).



Essai au brouillard salin



Essai au dioxyde de souffre



Essai en atmosphère humide

2 Les durées d'expositions en test

Malgré la difficulté d'établir une relation directe avec les conditions réelles, il est nécessaire d'établir une gradation dans la sévérité du test destinée à refléter l'agressivité des différents milieux d'utilisation : la durée d'exposition est généralement retenue comme paramètre de réglage.
Les normes d'essais ne stipulent pas de durées de test ; celles-ci devraient être fixées par les normes de produits. Elles recommandent simplement des valeurs préférentielles, par exemple : 2 h, 6 h, 24 h, 48 h, 96 h, 168 h, 240 h, 480 h, 720 h, 1000 h, pour le brouillard salin.

Les durées d'expositions reflètent aussi les valeurs objectives de tenue et le niveau de qualité visé par les constructeurs.

Valeurs indicatives de durée de tests applicables en fonction des conditions d'exposition (voir §7)

Conditions d'expositions	Brouillard salin (essai Ka)	Dioxyde de soufre (essai Kc)
Extérieur marin	2000 h	
Extérieur industriel sévère	1000 h	1000 h
Extérieur industriel	1000 h	500 h
Extérieur urbain	500 h	250 h
Extérieur rural	250 h	
Intérieur humide agressif	500 h	168 h
Intérieur humide condensation fréquente	168 h	96 h
Intérieur sec condensation temporaire	48 h	
Intérieur sec	24 h	

3 L'interprétation des résultats

Nature de l'essai et durée d'exposition ne sont pas suffisants pour fixer les performances à obtenir : nombre de cahiers des charges sont trop imprécis sur ce point laissant libre cours à la sensibilité ou l'interprétation de chacun.

- L'apparition de "rouille blanche"
Essentiellement destinée à évaluer les couches de passivation des traitements à base de zinc, aluminium ou cadmium, l'apparition de rouille blanche est évaluée en pourcentage de surface dégradée après des tests d'exposition au brouillard de 6 à 168h.

- L'apparition de "rouille rouge"
Elle permet d'évaluer la qualité des couches de protection cathodiques comme le zinc appliqué sur le fer. Le résultat est exprimé en pourcentage de surface attaquée après application de l'essai.

- Le degré de piqûres
Il caractérise le nombre d'attaques résultantes de discontinuités ou de soulèvements du revêtement par unité de surface. Son appréciation se fait suivant les clichés étalons de la norme ISO 1462. Cette mesure est destinée aux revêtements anodiques tels que nickel, cuivre, chrome sur fer par exemple.

- Le degré d'enrouillement
Cette méthode d'évaluation peut être utilisée pour les traitements anodiques ou cathodiques mais elle est surtout adaptée aux revêtements de peintures. L'appréciation du degré d'enrouillement Ri 0 à Ri 5 se fait suivant les clichés de la norme ISO 4628/1 (NFT 30-071).

- Le degré de cloquage
Il caractérise le nombre de cloques et leur dimensions apparues sur une surface (porosité, discontinuités, insuffisance d'épaisseur ou mauvaise préparation). Les clichés-types sont également décrits par la norme ISO 4628/1 (NFT 30-071).

- Le degré d'écaillage
Applicable aux peintures se décollant par feuils. Les critères d'appréciation sont donnés par la norme ISO 4628/5 (NFT 30-080).

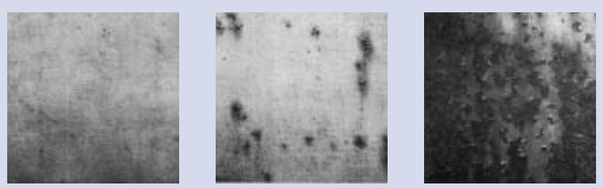
- Le degré de farinage
Appréciation qualitative assez difficile (norme NFT 30-081).

- La propagation à partir d'une blessure
L'échantillon testé est préalablement rayé avec une pointe jusqu'au subjectile (support). Après l'exposition au test, brouillard salin en général, la propagation de la corrosion est évaluée par mesure de la largeur de métal mis à nu à partir de la croix. Le moyen de décollement du revêtement non adhérent doit être précisé (ruban adhésif, air comprimé, grattoir…). Ce critère est difficile mais représentatif de conditions réelles de blessures ou de chocs.

Les critères de mesure et d'interprétation des résultats doivent être précisés pour le test retenu avec la durée d'exposition, l'état des pièces à tester et les conditions d'échantillonnage.

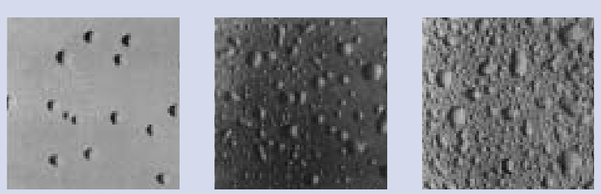
Exemples de clichés-types extraits de la norme ISO 4628

Degré d'enrouillement

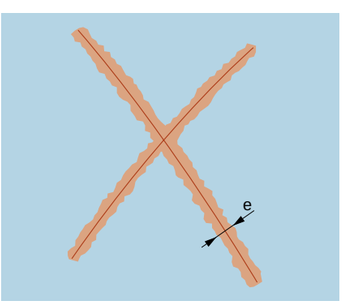


Ri 1 — Ri 3 — Ri 5

Degré de cloquage (cloques de dimension 5)



Degré 3 — Degré 4 — Degré 5



La protection contre la foudre

Par nature, énergétique et inattendu, le choc de foudre a souvent des conséquences dramatiques pour les installations électriques. Et même si les méthodes ne sont pas totalement infaillibles, l'évaluation des risques et de ses conséquences est indispensable.

Les paratonnerres, contre les effets directs, et les parafoudres contre les effets indirects offrent une protection efficace s'ils sont judicieusement choisis et correctement installés ; démarche qui doit passer par une prise en compte au plus tôt de la conception pour en intégrer les exigences : longueurs de lignes, prises de terre, réseaux équipotentiels…

1 L'ESTIMATION DU RISQUE ET DES CONSÉQUENCES

Préliminaire à l'installation de dispositifs de protection contre la foudre, l'estimation du risque s'appuie sur l'analyse de plusieurs critères :
- La probabilité de foudroiement de la zone
- Le mode de propagation du choc de foudre
- La topographie du site
- La nature des matériels à protéger et leur sensibilité propre
- Le coût des conséquences de l'indisponibilité des équipements.

L'installation de paratonnerres risque d'augmenter les effets indirects : elle doit s'accompagner, entre autres, de l'installation de parafoudres.

Le guide UTE C 15-443 (juillet 1996) en cours de révision, proposait une méthode d'évaluation du risque basée sur une formule empirique de calcul permettant de déterminer le facteur F d'exposition au risque :

$$F = Ng\ (1 + 2\ L_{BT} + T_{HTA} + \delta)$$

Ng : densité de foudroiement locale
L_{BT} : longueur de la ligne aérienne alimentant l'installation en km (au-delà de 0,5 km, L_{BT} = 0,5)
T_{HTA} : facteur lié au type de réseau alimentant le poste. Prendre 1 en aérien, 0 en souterrain
δ : coefficient prenant en compte la situation de la ligne aérienne et celle des bâtiments de valeur 0 à 1.

Un second facteur G lié aux conséquences est calculé par la formule :

$$G = S + M + I$$

S : facteur (de 1 à 3) lié à la sensibilité du matériel
M : facteur (de 1 à 3) lié au prix du matériel
I : facteur (de 1 à 3) lié au coût de l'indisponibilité des équipements

En fonction des valeurs calculées de F et de G le guide recommande l'installation ou non de parafoudres. S'ils sont nécessaires, leur capacité (courants de décharge) est déterminée selon la valeur de F.

Pour les installations de communication, une analyse complémentaire selon l'annexe A1 du même guide peut être effectuée. Le facteur d'exposition au risque, ici nommé H, reprend la valeur du facteur F précédemment déterminé auquel des pondérations sont appliquées en fonction de la situation de la ligne aérienne et de la résistivité du sol. Un facteur G de conséquences est calculé selon les mêmes critères.

Par principe, si un parafoudre est conseillé sur l'alimentation en énergie, il est fortement recommandé d'en disposer également sur les lignes de communication.

Basée sur une approche simple et réaliste, la démarche Legrand décrite ci-après permet de déterminer aisément le niveau de protection à prévoir en tête d'installation.
Ce niveau de protection est qualifié de :
- standard (★)
- élevé (★★)
- très élevé (★★★)

Il est déterminé selon 2 critères :
- le niveau d'exposition du site (défini à partir de la carte de densité de foudroiement page 47)
- la situation de l'installation :
  - situation du bâtiment
  - nature du réseau d'alimentation
  - présence d'un paratonnerre.

La démarche décrite ne concerne que la protection à l'origine de l'installation. Des protections complémentaires peuvent s'avérer nécessaires en fonction de son étendue (longueurs de ligne) et de la sensibilité des matériels à protéger (informatique, électronique…)
Dans le cas où plusieurs parafoudres sont installés, des règles très précises de coordination doivent être appliquées. (voir page 137)

Niveaux de protection à prévoir en tête d'installation

Situation de l'installation	Densité de foudroiement		
	1 choc/2 km²/an	2 chocs/2 km²/an	4 chocs/2 km²/an
Situation du bâtiment			
construction dense		★	★★
construction éparse	★	★★	★★
construction isolée	★	★★	★★★
en montagne, près d'un plan d'eau ou sur une crête	★★	★★★	★★★
Réseau d'alimentation			
aérien	★	★★	★★★
souterrain		★	★★
Présence d'un paratonnerre	★★★	★★★	★★★

Le choix doit être fait selon le critère le plus contraignant, celui qui préconise le niveau de protection le plus élevé.

Même si la présence d'un parafoudre n'est pas expressément recommandée, le coût de son installation sera dans tous les cas bien inférieur à celui des dommages qu'engendrerait un choc de foudre éventuel.

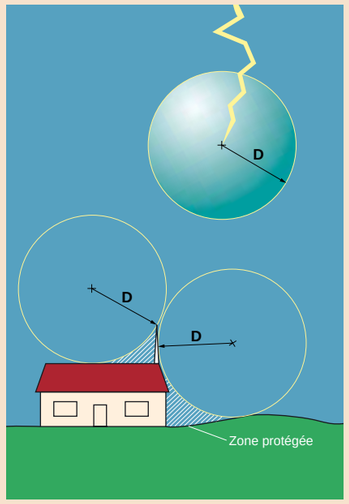
2 LA PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS

1 Le modèle électrogéométrique

Après évaluation du risque de foudroiement et de ses conséquences éventuelles en terme économique, le choix des dispositifs de capture de la foudre (paratonnerres) va nécessiter une étude d'implantation propre à chaque site.
Dans cette approche, le but sera de vérifier que la foudre aura une tendance préférentielle à "tomber" sur des points précis et prédéterminés et non pas sur d'autres parties des bâtiments ou des ouvrages.
Pour ce faire, on utilise une méthode dite "électrogéométrique" qui définit la zone sphérique "théoriquement" protégée par un paratonnerre en fonction de l'intensité du courant de décharge du 1er arc. Plus ce courant est élevé, plus la capture est probable et plus la zone protégée est large.

Principe général du modèle électrogéométrique

On considère que la pointe du traceur (ou précurseur) représente le centre d'une sphère fictive, de rayon D. Cette sphère accompagne le cheminement aléatoire du traceur. L'approche du premier élément en contact avec cette sphère déterminera le point d'impact de la foudre : un arbre, un toit, le sol ou un paratonnerre s'il en est disposé un. Au-delà des points de tangence de cette sphère, la protection n'est plus assurée par le paratonnerre.



Le rayon théorique (D) de la sphère est défini par la relation : $D = 10 \times I^{2/3}$ avec D en mètres et I en kA

D (m)	15	29	46	96	135	215
I (kA)	2	5	10	30	50	100

Pour une protection optimale intégrant les valeurs probables de courants de foudre les plus faibles (niveau de protection I), on considère une sphère de 20 m (I = 2,8 kA).

Le modèle électrogéométrique doit être adapté en fonction du dispositif de protection : paratonnerre à tige simple, cage maillée, fil tendu dont les volumes protégés sont définis dans la norme NF C 17-100 (CEI 61024-1). Celle-ci définit quatre niveaux de protection en fonction de la probabilité de capture

Niveaux de protection suivant NF C 17-100

Niveau	I	II	III	IV
Probabilité de capture (%)	98	95	90	80
courant mini de capture (kA)	2,8	5,2	9,5	14,7
Distance d'amorçage maxi D (m)	20	30	45	60

Pour les paratonnerres actifs à dispositif d'amorçage, il est nécessaire de se reporter aux documentations des constructeurs ainsi qu'à la norme NF C 17-102.



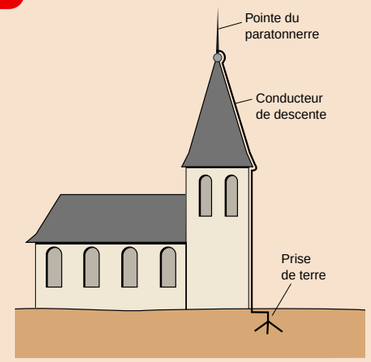
2 Les paratonnerres

Ils ont pour but de protéger les ouvrages contre les coups de foudre directs. En capturant la foudre et en écoulant à la terre le courant de décharge de celle-ci, ils évitent les dommages liés à l'impact même de la foudre et à la circulation du courant associé.

Les paratonnerres sont classés en quatre catégories.
- Les paratonnerres à tige simple (ou de Franklin) sont constitués d'une pointe, d'un (ou de plusieurs) conducteurs de descente et d'une prise de terre.
- Les paratonnerres à dispositif d'amorçage représentent une évolution de la tige simple. Ils sont équipés d'un dispositif d'amorçage qui crée un champ électrique à leur pointe favorisant la capture de la foudre et améliorant leur efficacité.

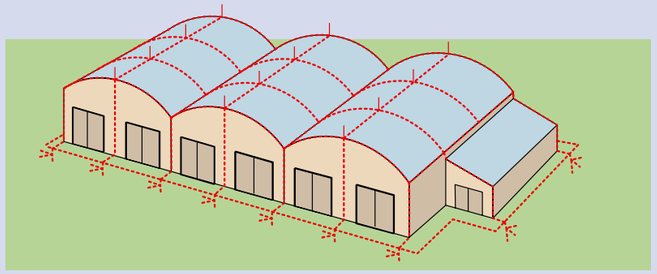
Plusieurs paratonnerres peuvent être installés sur une même structure. Ceux-ci doivent alors être interconnectés ainsi que leurs prises de terre.

- Les paratonnerres à cage maillée.
La cage maillée est constituée par un réseau de conducteurs disposés à l'extérieur du bâtiment de manière à circonscrire totalement son volume. Ce réseau peut être complété de tiges de capture (0,3 à 0,5 m de hauteur) régulièrement disposés sur les points saillants du bâtiment (faîtes, chenaux…). L'ensemble des conducteurs interconnectés est relié au réseau de prises de terre (fond de fouille) par plusieurs conducteurs de descente.
Le niveau de protection est défini par la taille des mailles. Par exemple, pour un niveau de protection I (sphère de rayon D = 20 m) la maille ne doit pas dépasser 5 m de côté.



L'efficacité de la tige simple est élevée sur les coups de foudre importants, mais elle est limitée sur les bâtiments de grande hauteur qui peuvent être foudroyés latéralement. Une protection complémentaire par ceinturage métallique peut être nécessaire.

Les paratonnerres à cage maillée



Les paratonnerres à cage maillée complètent les dispositions de maillage des bâtiments contre les champs électromagnétiques rayonnés auxquels ils doivent être interconnectés.
(voir équipotentialité de niveau 4 page 104)

- Les paratonnerres à fils tendus.
Ce système est utilisé aux dessus de certains bâtiments, zones de stockage extérieures, lignes électriques (fil de garde)…
Le modèle électrogéométrique de la sphère leur est applicable.

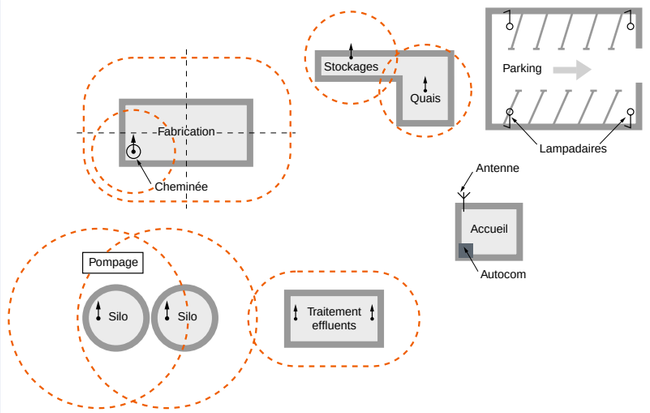


En présence d'un paratonnerre, un parafoudre de type 1 doit être installé en tête d'installation. Il peut être remplacé par des parafoudres de type 2 installés à l'origine de chacune des installations dérivées, dans le même bâtiment (immeuble collectif)

3 Le plan de protection : les surfaces de capture

Lorsque le site à protéger est constitué de plusieurs bâtiments ou que son étendue ne peut être couverte par un seul dispositif de capture (paratonnerre), il est nécessaire d'établir un plan de protection des lieux en juxtaposant les différentes surfaces de capture théoriques.
La couverture totale d'un site reste difficile si celui-ci est constitué d'ouvrages de hauteurs différentes.
Le plan de protection superposé à l'implantation des lieux permet de visualiser les zones non couvertes, mais surtout il doit aider à une véritable réflexion qui intègre :
- La probabilité de foudroiement par la détermination des points d'impacts privilégiés (tours, cheminées, antennes, lampadaires, mats…)
- La sensibilité des équipements abrités par les bâtiments (communications, informatiques, automates…)
- Le risque potentiel lié à l'activité ou à la nature des matériaux stockés (incendie, explosion…)
Enfin, on n'oubliera pas que les liaisons multiples entre les bâtiments (réseaux informatiques, télésurveillance, communications, alarmes, et énergie) peuvent devenir des vecteurs de perturbations sous l'effet du champ électromagnétique de la foudre ou sous celui du gradient de potentiel généré dans le sol.

Exemple de plan de protection



Sur ce site (fictif) on constate que les zones sensibles : fabrication, stockage, traitements... ont été effectivement protégées par paratonnerres ou par cage maillée et que deux zones ne l'ont pas été, car estimées à faible risque : l'accueil et le parking. Une réflexion plus en avant montre que les lampadaires éclairant le parking peuvent être foudroyés et transmettre le choc de foudre à l'installation et que l'accueil qui abrite l'autocommutateur téléphonique et l'antenne de recherche des personnes (bip) représente une zone à la fois vulnérable et sensible.
La station de pompage se trouve théoriquement protégée par les paratonnerres des silos qui sont beaucoup plus haut. Une situation qui ne doit néanmoins ne pas faire oublier que dans ce cas, le foudroiement latéral est possible.

Les protections de ces liaisons peuvent être de deux ordres :
- le blindage ou faradisation qui va, outre la protection contre les champs, essentiellement consister à maintenir l'équipotentialité de la liaison (conducteur de masse jointif, torsadage, écran conducteur…)
- le découplage galvanique qui va séparer électriquement les bâtiments (optocoupleurs, fibres optiques, transformateurs de séparation…).

Le plan de protection doit considérer les bâtiments et les ouvrages à protéger contre les chocs directs de la foudre, mais il doit aussi prendre en compte les éléments ou les zones non construites dont le foudroiement peut induire des effets destructeurs.

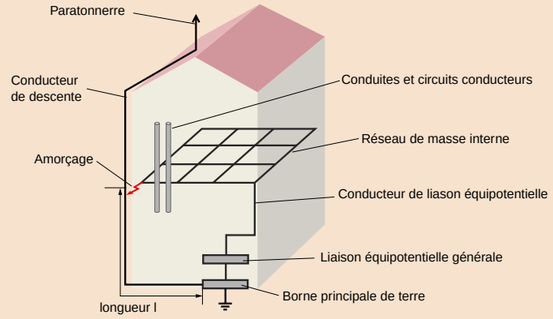
L'arrêté du 28 janvier 1993 fixe l'obligation d'identifier et de prévenir le risque de foudroiement et de ses effets pour un certain nombre d'installations :
- Immeubles de grande hauteur
- Établissements recevant du public (notamment les lieux avec clochers, tours, minarets)
- Installations classées à risques
- Installations de stockage de produits alimentaires
- Installation nucléaires.

4 Les conducteurs de descente

Ils assurent la liaison entre le paratonnerre lui-même (tige, cage, fil) et la prise de terre.
Ils sont soumis à des courants intenses et de ce fait doivent être de section suffisante (50 mm² cuivre mini), de forme plate (courant HF), être solidement fixés et emprunter le parcours le plus court possible. Ils ne doivent présenter, ni remontée, ni coudes vifs.
Les conducteurs peuvent être équipés de compteurs de chocs de foudre.

Il est conseillé de multiplier les conducteurs de descente afin de diminuer les courants dans chacun d'eux et les effets thermiques, électrodynamiques et inductifs associés. Les descentes doivent aboutir à un circuit de terre maillé et équipotentiel.

Interconnexion des conducteurs de descente avec les réseaux de masse des bâtiments.



Dans les bâtiments comportant plusieurs étages, il est recommandé de relier le (ou les) conducteur (s) de descente du paratonnerre aux réseaux de masse de chaque étage. Si tel n'est pas le cas, la différence de potentiel qui apparaît entre le conducteur de descente et les masses internes pourrait produire un amorçage à travers les murs du bâtiment.
La circulation du courant de foudre HF risque en effet d'engendrer une très importante élévation en potentiel du conducteur de descente (plusieurs centaines de kV) du fait de l'augmentation de son impédance en haute fréquence (voir page 172).

Les conséquences dans l'installation des effets induits par la circulation du courant de foudre dans les conducteurs de descente peuvent être minimisés :
- en multipliant le nombre de descentes afin de diviser le courant et de limiter ses effets induits
- en assurant l'interconnexion des conducteurs de descente avec les réseaux de masses à tous les niveaux du bâtiment
- en constituant des réseaux de masse équipotentiels intégrant véritablement tous les éléments conducteurs y compris ceux inaccessibles : conduites de fluides, circuits de protection, armatures du béton, charpentes métalliques... voir page 100
- en évitant de placer les conducteurs de descente à proximité de locaux ou d'appareils sensibles (informatique, télécommunication...)



Prise de terre de paratonnerre

5 Le réseau de terre

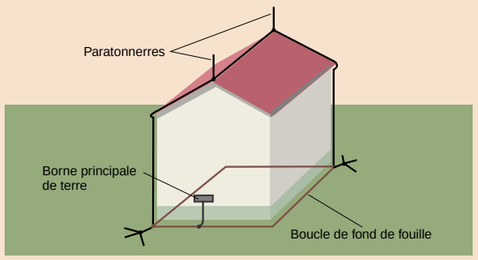
Il constitue un élément essentiel de la protection contre la foudre : d'une part, toutes les masses, elles-mêmes interconnectées, doivent lui être reliées, d'autre part, il doit être à même d'écouler le courant de foudre en évitant la montée en potentiel du réseau de terre lui-même et du sol environnant.
Bien qu'elle doive être suffisamment faible (< 10 Ω), la valeur de la résistance en basse fréquence de la prise de terre importe moins que sa forme et sa dimension en ce qui concerne l'écoulement du courant de foudre à haute fréquence.
D'une manière générale, chaque descente doit aboutir à une prise de terre qui peut être constituée par des conducteurs (trois au minimum) disposés en patte d'oie enfouis à au moins 0,5 m de profondeur ou par des piquets de terre, disposés de préférence en triangle.
Les modalités et longueurs de conducteurs enfouis sont définies dans la norme NF C 17-100.

Le réseau de terre doit être unique. Des circuits distincts et indépendants (informatique, descente de paratonnerre) doivent être prohibées ce qui n'exclue pas des prises de terre (électrodes) multiples si elles sont toutes interconnectées.

Intérêt de la prise en compte de la protection contre la foudre dès la conception

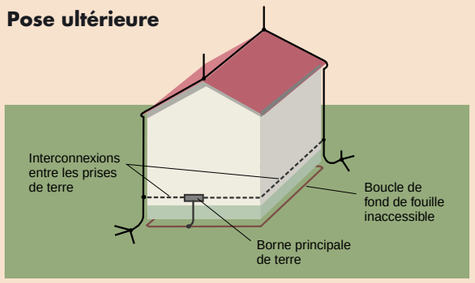
Il peut être difficile de concilier l'implantation optimale du paratonnerre, la circulation du conducteur de descente et son raccordement au réseau de terre. D'où l'importance d'une prise en compte de la protection foudre dès le début du projet.

Pose à la construction



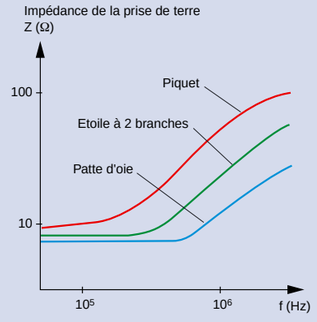
Les descentes des paratonneres sont directement reliées à la boucle de fond de fouille. Des pattes d'oie aux points de jonction améliorent l'impédance en haute fréquence.

Pose ultérieure



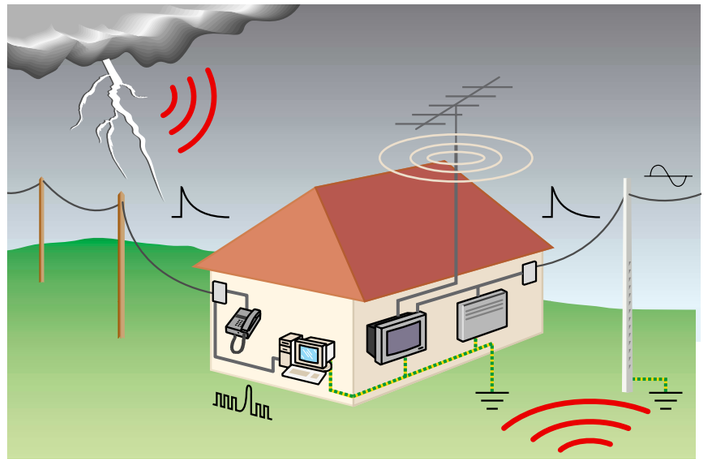
L'inaccessibilité à la boucle de fond de fouille entraîne la réalisation d'interconnexions difficiles et de grande longueur

Les prises de terre sont généralement conçues pour écouler des courants de défaut en basse fréquence. La résistance des conducteurs enfouis, même s'ils sont de grande longueur est négligeable devant la résistance de la prise de terre elle-même (quelque milliohms à comparer à quelques ohms).
Lors d'un choc de foudre, le courant à écouler est de nature HF (>1 MHz) et l'impédance de la prise de terre comporte alors une composante inductive prépondérante. Pour limiter cet effet, la géométrie de la prise de terre doit être adaptée : l'expérience montre que la patte d'oie est alors la meilleure disposition. Comme pour les conducteurs de descente, liaisons et raccordements doivent être effectués avec des conducteurs plats.



3 LA PROTECTION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS

On désigne par effets indirects, les conséquences d'un choc de foudre autres que ceux de l'impact qui peut avoir eu lieu sur l'ouvrage lui-même, mais aussi à distance ou sur les lignes auxquelles il est raccordé.
On considère que le courant de foudre et ses effets peuvent atteindre l'installation par trois modes d'accès :
- toutes les lignes électriques (énergie, télécom, télévision…) entrant ou sortant du bâtiment
- le sol, suite à son élévation de potentiel, via les masses, le réseau de terre et les conducteurs de protection,
- toutes les boucles conductrices (structures du bâtiment…), réseaux internes (énergie, telecom…) qui peuvent être le siège de tensions induites sous l'effet du champ magnétique généré par le courant de foudre.



1 Principes généraux

Le principe de la protection contre les effets indirects de la foudre consiste à empêcher l'énergie perturbatrice, voire destructrice, d'atteindre les appareils et équipements. Pour ce faire, trois conditions sont nécessaires.
- limiter la montée en potentiel de l'installation en dérivant le courant de foudre vers le potentiel de référence bas (réseau de masse et terre), c'est le rôle des parafoudres
- éviter l'apparition de surtensions dangereuses entre les appareils eux-mêmes et entre les appareils, les circuits de protection et les masses métalliques diverses, c'est le rôle du réseau de masses équipotentiel
- minimiser les effets d'induction dus aux champs générés par l'impact de foudre lui-même et par les conducteurs de descente des paratonnerres sur toutes les boucles conductrices (lignes électriques d'énergie et de communications) mais également structures des bâtiments ; c'est la localisation pertinente des équipements et de leur câblage qui permet de limiter les tensions induites.

Quelque soit le mode d'accès, l'énergie du choc de foudre va se traduire par un signal impulsionnel caractéristique de tension et de courant dont les valeurs seront fonction de la structure même de l'installation et de l'emplacement considéré dans celle-ci. Le choix des niveaux d'essais est établi à partir de ces conditions.
Le choc de foudre délivré par un générateur spécial, dit hybride, est généralement simulé par un signal combiné ou composite, de tension 1,2/50 µs et de courant 8/20 µs (parafoudre de type 2) selon la définition de la norme CEI 60060-1.
Le 1er chiffre désigne le temps de montée (durée du front) et le second chiffre le temps de redescente du signal à demi valeur (voir page 53).
Des ondes de courant 10/350 sont également utilisées pour les parafoudres à très haute énergie (type 1) ou bien encore une onde de tension 10/700 (CCITT) est appliquée pour les lignes et les accès des circuits de télécommunication à longue distance.

Le choix de la mise en œuvre d'une protection par parafoudres doit se fonder sur l'adéquation entre la valeur potentielle de la tension de choc et la valeur de la surtension à ne pas dépasser pour la classe d'installation.

• La tension de choc définie par la norme CEI 60664-1 est fonction de la tension d'alimentation et de l'emplacement considéré dans l'installation.

Valeurs prescrites de tenue aux chocs pour les matériels en réseau 230/400 V

Catégorie de surtension	Emplacement dans l'installation	Type et caractéristiques des matériels	Uimp(kV) Situation contrôlée(1)	Uimp(kV) Situation naturelle(2)
IV	Origine / branchement	Matériels installés en amont du tableau de distribution : compteurs, mesure, coupe-circuit et disjoncteur de tête (AGCP)…	6	4
III	Distribution / répartition	Matériels appartenant à l'installation fixe : appareillage, disjoncteurs, prises de courant, canalisations, boîtes de jonction, ou matériels à usage industriel connectés à demeure : moteurs, fours…	2,5	
II	Charges / appareils	Matériels d'utilisation destinés à être connectés : outils et appareils domestiques	2,5	1,5
I	Spécial / protégé	Matériels sensibles à tenue réduite comportant des circuits électroniques. Une protection de proximité ou intégrée peut être souhaitable	1,5	0,8

(1) On désigne en situation contrôlée, une installation où les surtensions transitoires sont réduites (>Uimp) par une protection sur la ligne elle-même ou à l'origine de l'installation (exemple : réseau aérien protégé).

(2) La situation naturelle est considérée pour les installations où le risque est naturellement faible. La protection parafoudre n'est généralement pas jugée nécessaire (exemple : réseau entièrement souterrain). Des valeurs plus basses (valeurs indicatives non normalisées) de tenue des appareils peuvent être acceptées dans cette situation (NF C 15-100 chapitre 443-3).

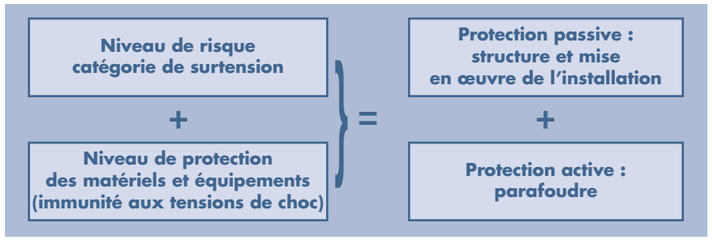
• La classe d'installation (5 classes) est définie par la norme CEI 61000-4-5.
Les équipements doivent avoir été qualifié pour les tensions de chocs correspondant à leur conditions d'installation.

Classification selon la marque CEI 61000-4-5

Classe	Tension de choc maxi	Condition d'installation
0	25 V	Bien protégés : tous les conducteurs d'arrivée sont équipés de parafoudres. Les matériels sont reliés à un réseau de masse peu influencé par les perturbations. Le matériel électronique est doté de sa propre alimentation. En général, salle ou installation spéciale.
1	500 V	Partiellement protégées : conditions similaires à la classe 0 mais où des manœuvres de commutation peuvent produire des surtensions.
2	1 kV	A câblage séparé : l'alimentation électrique est bien séparées des autres circuits. Le réseau de masse des circuits d'énergie est soumis aux perturbations de l'installation ou de la foudre.
3	2 kV	A câblage commun : les parcours des conducteurs d'énergie et de signaux sont parallèles. Le matériel électronique protégé et le matériel électrique sont raccordés au même réseau d'alimentation. Le réseau de masse est soumis à des perturbations importantes.
4	4 kV	A interconnexion par câbles extérieurs et câblage commun entre conducteurs d'énergie et de signaux. L'installation est connectée au réseau de masse du circuit d'énergie. Le réseau d'alimentation est commun à tous les circuits.
5	4 kV(1)	A connexion sur lignes aériennes. Le matériel électrique et électronique est soumis aux perturbations des lignes mais celles-ci sont pourvues d'une protection primaire. Il n'existe pas de réseau de masse ou de dispositif approprié de mise à la terre.
X	x kV	Conditions spécifiques à définir.

(1) 6 kV conseillé

L'immunité aux chocs de foudre déclarée d'un composant ne garantit pas celle de l'équipement auquel il est intégré et ne présume pas de ses conditions d'installation.
Une vision globale est donc indispensable.



Le risque lié aux effets indirects de la foudre n'est jamais totalement nul.
Le surcoût des protections, rapporté aux pertes potentielles, est négligeable et remboursé au 1er incident. Mais les parafoudres ne sont pas une panacée s'ils sont mis en œuvre dans une installation mal conçue. C'est d'abord par les précautions prises dans la structure et la mise en œuvre de celle-ci (protection passive) que passera la meilleure protection.

2 La protection passive

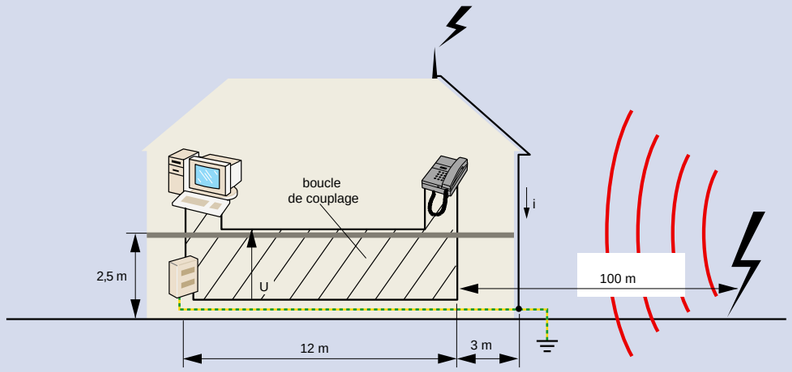
Les termes de structure et mise en œuvre de l'installation désignent :
- l'équipotentialité qui est réalisée par le réseau de masse et dont cinq niveaux sont proposés (voir page 100),
- la séparation électrique des alimentations entre les circuits dits "sensibles" et les circuits de puissance (voir page 105).
- La séparation géométrique des circuits destinée à limiter les couplages par diaphonie entre les conducteurs de ces circuits (voir page 106).
NB : l'existence de boucles de couplage sensibles au champ électromagnétique généré par la foudre relève d'aspects dimensionnels (surface de la boucle soumise au champ) et géométrique (parcours des conducteurs) et doit donc être discernée de la notion de distance de cohabitation entre les conducteurs eux-mêmes (distance de séparation).
- les schémas de liaison à la terre (ou régimes de neutre) dont le type à une influence sur le comportement de l'installation (voir page 231) et par conséquent sur le choix des parafoudres.

Réseau de masse ou prise de terre

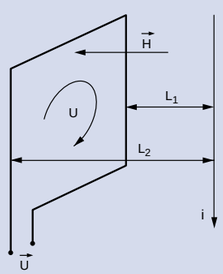
La normalisation utilise le terme de dispositif de mise à la terre pour désigner, sans les distinguer, à la fois les notions de réseaux équipotentiels et de prise de terre.
Contrairement aux idées reçues, la valeur de la prise de terre n'a pas une influence significative pour la protection parafoudre. Il est même possible d'établir une telle protection en son absence (voir page 231). Dans la pratique, on ne peut empêcher la montée locale en potentiel du sol auquel est relié la prise de terre. En effet, son impédance a fortement tendance à augmenter sous l'effet du courant de choc de foudre (forme d'onde impulsionnelle et fréquence élevée).
C'est donc au réseau de masse qu'il appartiendra de maintenir un potentiel de référence bas, sensiblement équipotentiel sur toute l'étendue de l'installation et c'est à ce réseau qu'il faudra raccorder les parafoudres (voir page 234).

Le champ électromagnétique rayonné

Le courant de décharge de la foudre par impact direct ou véhiculé par le conducteur de descente d'un paratonnerre génère un champ dont les composants électriques et magnétiques atteignent des valeurs considérables : plusieurs kV/m et plusieurs dizaines de microTeslas (µT).
Ces rayonnements sont reçus par tous conducteurs, formant une antenne plus ou moins adaptée, qui deviennent le siège de courants induits. C'est surtout sur les conducteurs matérialisant des boucles de grande surface (voir page 60) que l'effet de l'induction magnétique (champ H) est prépondérant.



Le champ généré par le courant i (plusieurs kA) dans la descente de paratonnerre se couple sur la boucle formée par les conducteurs dans le bâtiment en générant une tension U de plusieurs kV.
Ce phénomène, atténué, se produit aussi pour un impact éloigné, même à plusieurs centaines de mètres.
A titre d'exemple un courant de foudre de 10 kA à 100 m générera une surtension de 600 V dans une boucle de 30 m². Le même courant de foudre dans la descente de paratonnerre (située à 3 m) générera une surtension supérieure à 15 kV.
Dans le 1er cas, la surtension peut être absorbée sans trop de dommages, dans le second elle sera assurément destructrice.
C'est aussi l'illustration que la présence d'un paratonnerre n'est envisageable que si des parafoudres sont installés dans l'installation.



Couplage inductif d'un conducteur unique sur une boucle :

la tension U vaut : $U = M \times \frac{di}{dt}$

Où M est un coefficient caractérisant le couplage en fonction des distances L_1 et L_2, de la surface de la boucle et de la perméabilité magnétique du milieu.

Dans la pratique, on considère que le plan de la boucle est orthogonal au courant i (donc $L_1 = L_2$) et que la distance est grande par rapport à la dimension de la boucle.

La protection passive
Logique de configuration : structure et mise en œuvre de l'installation

La protection passive est définie par des notions indépendantes dont, pour certaines, la valeur qualitative est parfois difficile à apprécier avec précision : étendue de l'installation, séparation des circuits, niveau d'équipotentialité. Le logigramme ci-dessous doit donc être lu comme un indicateur du niveau de la protection passive :
- bonne lorsqu'un maximum de critères sont dans la zone verte,
- mauvaise lorsqu'une majorité sont dans le rouge,
- et moyenne dans les cas intermédiaires (niveaux orange ou niveaux vert et rouge présents ensemble, par exemple régime TN mais très grand site).

Classe d'installation des équipements (tension de choc de foudre)

5 (6 kV)	4 (4 kV)	3 (2 kV)	2 (1 kV)	1 (500 V)	0 (25 V)

Régime de neutre

TT	IT	TN

Etendue de l'installation (boucles)

très grande (site)	grande (immeuble)	petite (maison)

Séparation géométrique des circuits

pas séparés (couplage)	séparés	blindés (peu de couplage)

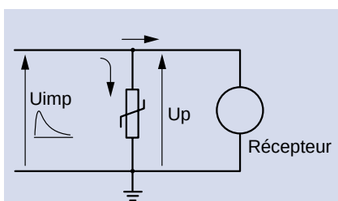
Séparation de l'alimentation des circuits sensibles

même alimentation	alimentation séparée	source séparée

Niveau d'équipotentialité

0 conducteurs de protection	1 conducteurs de masse	2 liaisons équipotentielles	3 maillage d'îlot	4 maillage total

3 Principe de la protection par parafoudre



La tension impulsionnelle Uimp, due au choc de foudre, risque de se propager dans l'installation avec ses effets destructeurs. Le parafoudre va alors se comporter comme un véritable court-circuit pour dériver la plus grande partie de l'énergie sur le réseau de masse équipotentiel. La prise de terre va ensuite ramener le potentiel à 0V avec un décalage temporel dû à son impédance.
Pour être efficace, le parafoudre doit être connecté par des conducteurs les plus courts possible (comme pour un court-circuit volontaire…). En effet, le courant de décharge, à haute fréquence, est très rapidement réduit par l'impédance des conducteurs insérés dans le circuit du parafoudre.
Dans la pratique, on recommande que la longueur totale du circuit parafoudre n'excède pas 0,5 m. Une exigence pas toujours facile à réaliser, mais que l'utilisation des masses disponibles à proximité peut aider à satisfaire.

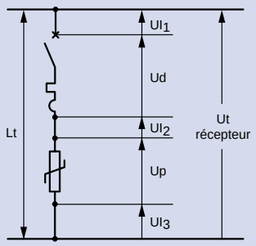
Règle des 0,5 m

En théorie, lors d'un choc de foudre, la tension Ut appliquée au récepteur est égale à la tension de protection Up du parafoudre (pour son I_{max}) mais dans la pratique celle-ci est plus élevée. En effet, les chutes de tension dues aux impédances des conducteurs de raccordement du parafoudre et de son dispositif de protection s'y ajoutent :
$Ut = UI_1 + Ud + UI_2 + Up + UI_3$

A titre d'exemple, la chute de tension dans 1 m de conducteur parcouru par un courant impulsionel de 10 kA pendant 10 µs atteindra 1 000 V

$$\Delta u = L \times \frac{di}{dt}$$

di : variation de courant 10 000 A
dt : variation de temps 10 µs
L : inductance de 1 m de conducteur = 1 microhenry
Valeur Δu à ajouter à la tension Up
La longueur totale Lt doit donc être la plus courte possible ; dans la pratique on recommande de ne pas dépasser 0,5 m.



En cas de difficulté, l'utilisation de conducteurs larges et plats (tresses isolées, barres souples isolées) peut s'avérer utile (voir page 172).

Section minimale des conducteurs de liaison des parafoudres

Capacité du parafoudre	Section (mm^2)
standard : Imax 15 kA	6
élevée : Imax 40 kA	10
haute : Imax 70 kA	16

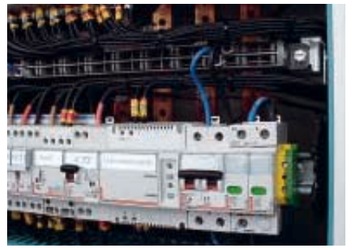
Contrairement aux idées reçues, il n'est pas indispensable de relier le parafoudre à la borne principale de terre lorsque celle-ci est trop éloignée. Le raccordement à la liaison équipotentielle locale la plus proche et la plus accessible s'avère plus efficace en respectant la règle des 0,5 m. (voir page 234 "Structure du réseau de protection").
La section minimale recommandée des conducteurs de raccordement prend en compte la valeur maxi du courant de décharge et les caractéristiques du dispositif de protection de fin de vie (disjoncteurs DX) (voir page 138). Il est illusoire d'augmenter cette section pour compenser une distance de connexion trop grande. En haute fréquence, l'augmentation de l'impédance des conducteurs est directement liée à leur longueur (voir page 172).



Parafoudre de tête d'installation :
Le rail support, équipotentiel par montage, permet de raccorder le parafoudre au plus court (respect des 0,5 m)



Parafoudre de capacité élevée (40 kA), en tête d'une armoire d'automatisme industriel : la plaque de montage pleine (acier galvanisé) assure la liaison équipotentielle et le raccordement à la terre



L'utilisation d'un répartiteur Lexiclic permet de raccorder aisément un parafoudre pour la protection d'un groupe de circuits

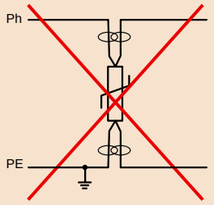


Les éléments des châssis, montants et rails, des enveloppes XL, possèdent une conductibilité assurant la continuité équipotentielle nécessaire au raccordement de la borne de terre des parafoudres, ici un modèle à haute capacité 70 kA

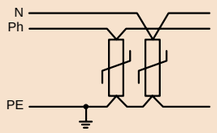
L'utilisation des masses à des fins de liaison équipotentielle des parafoudres doit bien sûr s'accompagner de précautions de construction et de mise en œuvre (voir page 164). La continuité des masses des enveloppes XL/XL-A a fait l'objet de mesures d'efficacité et d'équivalence de section électrique (voir page 649) qui permettent de les utiliser en tant que conducteurs PE mais aussi pour le raccordement des parafoudres. A noter d'ailleurs qu'en plus d'être facilement accessible et de permettre de respecter la règle des 0,5 m, les masses des enveloppes XL/XL-A présentent une impédance en haute fréquence beaucoup plus faible (inductance typique < 0,01 µH/m) que celle d'un conducteur.

L'utilisation des masses d'autres enveloppes que XL/XL-A ou de rails, notamment en aluminium, pour le raccordement des parafoudres ne doit pas être faite sans validation préalable. En cas de doute, il est alors préférable de conserver un conducteur filaire pour une liaison au bornier ou au collecteur des conducteurs de protection.

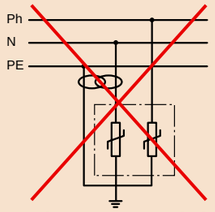
Certaines configurations de câblage peuvent créer des couplages entre les conducteurs en amont et en aval du parafoudre favorisant ainsi la propagation de l'onde de foudre dans l'installation.



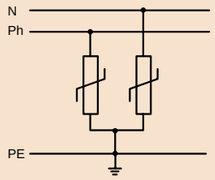
Conducteurs amont et aval raccordés sur la borne du parafoudre avec parcours commun.



Conducteurs raccordés sur la même borne mais bien séparés (parafoudre de circuit).



Conducteur retour de la borne de terre du parafoudre à proximité des conducteurs d'entrée.



Conducteurs de raccordement du parafoudre séparés et les plus courts possibles (parafoudre de tête).

4 Les longueurs protégées

L'élaboration d'une bonne protection parafoudre doit absolument prendre en compte la longueur des lignes alimentant les récepteurs à protéger.
En effet, au-delà d'une certaine longueur d, la tension appliquée au récepteur peut, par phénomène de résonance, dépasser largement la tension de limitation escomptée.
Le risque de résonance est lié aux caractéristiques de l'installation (conducteurs, réseaux de masse) et l'augmentation de la surtension potentielle est liée à la valeur du courant de choc.

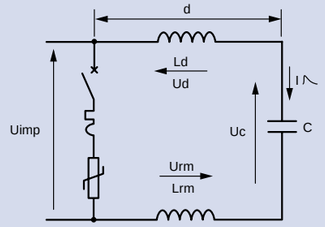
Les règles de longueur maximales préconisées relèvent donc d'un certain empirisme que l'on peut baser sur trois clés d'entrée :
- position du parafoudre
- constitution du réseau de masse
- section des conducteurs.

Longueur de ligne maximale entre parafoudre et appareil à protéger

Position du parafoudre		en tête d'installation		pas en tête d'installation	
Section des conducteurs		domestique (filerie)	industrie (gros câbles)	domestique (filerie)	industrie (gros câbles)
Constitution du réseau de masse	conducteur PE	20 m	10 m	<10 m(1)	10 m
	maillé / équipotentiel	30 m	20 m	10 m	20 m

(1) protection conseillée au point d'utilisation

Au delà d'une certaine longueur d, le circuit protégé par le parafoudre va entrer en résonance lorsque inductance et capacité seront égales : ($L\omega = -\frac{1}{C\omega}$).
L'impédance du circuit est alors réduite à sa résistance.



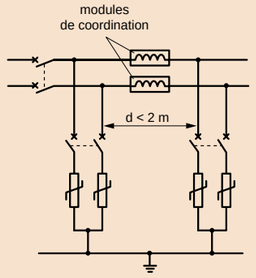
C : capacité représentant la charge
Ld : inductance de la ligne d'alimentation
Lrm : inductance du réseau de masse.

Malgré la part absorbée par le parafoudre, le courant de foudre I résiduel sur le circuit, reste impulsionnel. Son augmentation, due à la résonance va se traduire par des élévations importantes des tensions Ud, Uc et Urm.
La tension appliquée au récepteur peut doubler dans ces conditions.

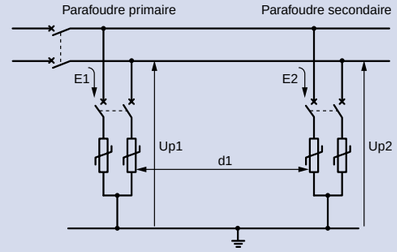
5 La coordination des parafoudres

L'installation de plusieurs parafoudres est souvent rendue nécessaire lorsque la distance entre le parafoudre et le matériel est trop grande mais aussi lorsque le niveau d'écrêtage du parafoudre de tête n'est pas suffisant, ce qui est le cas dès qu'il s'agit de protéger des matériels sensibles. Pour les matériels très sensibles, un troisième niveau dit de proximité, est même nécessaire. Cette disposition de plusieurs parafoudres nécessite leur coordination pour que chacun d'entre eux absorbent de manière optimale l'énergie et limitent le plus possible la propagation du choc de foudre dans l'installation. La coordination des parafoudres est une notion complexe devant faire l'objet d'études et d'essais. Des distances minimales entre parafoudres ou l'interposition d'inductances de découplage sont conseillées par les constructeurs.

Les modules de coordination Legrand réf. 039 62/63 permettent de coordonner deux parafoudres dans un même tableau (jusqu'à 63 A), sans tenir compte des distances entre ceux-ci.
Il est nécessaire d'installer 1 module par conducteur actif du circuit à protéger.



Coordination des parafoudres



Parafoudres primaire et secondaire doivent être coordonnés pour que l'énergie totale à dissiper (E1 + E2) se répartisse sur chacun d'eux en fonction de leur capacité d'écoulement. La distance préconisée d1 permet de découpler les parafoudres et d'éviter ainsi qu'une partie trop importante de l'énergie passe directement dans le parafoudre secondaire au risque de le détruire. Une situation qui dépend en fait, des caractéristiques de chacun des parafoudres.
Deux parafoudres identiques (par exemple Up : 2 kV et Imax : 40 kA) peuvent être installés sans exigence de distance d1 : l'énergie se répartira de manière sensiblement égale sur les deux parafoudres. Mais deux parafoudres différents (par exemple Up : 2 kV / Imax : 40 kA et Up : 1 kV / Imax : 15 kA) devront être éloignés d'au moins 10 m pour éviter que le second parafoudre ne soit trop sollicité.

Règle empirique

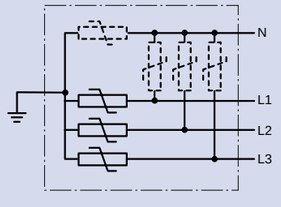
En l'absence d'indication, prendre d1 (en mètres) au moins égal à 1 % de la différence entre Up_1 et Up_2. Par exemple :
Up_1 = 2,5 kV et Up_2 = 1,4 kV ⇒ Up_1 - Up_2 = 1100 V
⇒ d_1 = 11 m mini.
Up_1 = 1,4 kV et Up_2 = 1 kV ⇒ Up_1 - Up_2 = 400 V
⇒ d_1 = 4 m mini.

L'installation de parafoudres ne doit pas nuire à la continuité de service, ce qui serait contraire au but recherché. Ceux-ci doivent donc être installés, notamment en tête d'installation domestique ou assimilée en régime TT, en accord avec un dispositif différentiel retardé type S. Une précaution qui ne doit pas faire oublier que pour des chocs de foudre élevés (> 5 kA), le différentiel risquera néanmoins de déclencher.

• Fin de vie

Les parafoudres doivent être protégés contre les effets thermiques et les courts-circuits. Après chaque coup de foudre écoulé, le courant de fuite augmente légèrement. Avec le temps, le composant varistance vieillit et s'échauffe. Un dispositif de déconnexion interne met le parafoudre hors circuit en fin de vie ; un voyant ou un contact signale cet état de déconnexion pour procéder au changement du module. La valeur Imax caractérise le courant que le parafoudre peut écouler. Au-delà de cette valeur, il sera détruit en se mettant en court-circuit. Un disjoncteur externe, en série avec le parafoudre, devra donc être installé selon les indications. Tous les parafoudres Legrand doivent être protégés par disjoncteur DX 6 000 calibre 20 A pour les capacités standard et élevées et DX-h 10 000 calibre 40 A pour les modèles haute capacité.

6 Constitution des parafoudres et régime de neutre



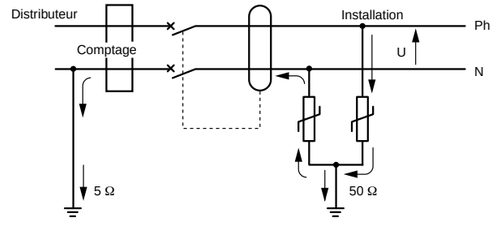
La constitution des parafoudres (nombre et position des dispositifs limiteurs) en fonction des régimes de neutre, fait l'objet de règles communément admises (voir tableau ci-après).

Présence minimale de dispositifs limiteurs à l'intérieur du parafoudre

Régime de neutre	Dispositifs limiteurs phase(s)/terre	neutre/terre	phase(s)/neutre
TT	●	●	● (2)
IT	●	● (1)	
TN-C	●		
TN-S	●	● (2)	● (2)

(1) si neutre distribué
(2) voir ci-dessous

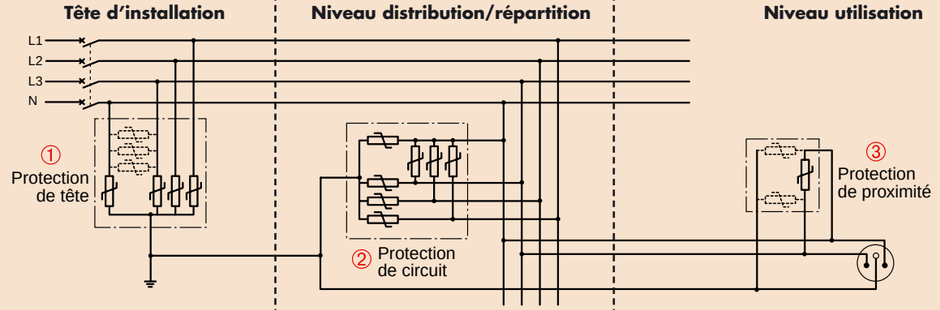
Des précautions doivent néanmoins être prises car les conditions de survenue des surtensions de mode commun (phase(s)/neutre), peuvent varier en fonction de l'emplacement de la protection dans l'installation (protection primaire, secondaire ou terminale) et des caractéristiques mêmes de cette installation. Ainsi, la protection phase(s)/neutre en régime TT est justifiée lorsque le neutre côté distributeur est relié à une prise de faible valeur (quelques ohms alors que la prise de terre de l'installation est de quelques dizaines d'ohms. Le circuit de retour du courant risque alors de se faire préférentiellement par le neutre de l'installation plutôt que par la terre.
La tension U de mode différentiel, entre phase et neutre pourra croître jusqu'à une valeur égale à la somme des tensions résiduelles de chaque élément du parafoudre, soit le double du niveau de protection en mode commun.



Un phénomène similaire peut se produire en régime TN-S si les deux conducteurs N et PE sont séparés ou imparfaitement équipotentiels. Le courant risque alors d'emprunter en retour le conducteur de neutre plutôt que le conducteur de protection et le réseau de masse.

Il est essentiel de vérifier que les parafoudres mis en œuvre sont compatible avec le régime de neutre. Les régimes compatibles sont donnés pour chacun des parafoudres Legrand.

Un modèle théorique de protection optimal, applicable à tous les régimes de neutre peut être défini, bien que dans les faits, les parafoudres associent pratiquement toujours protection de mode commun et protection de mode différentiel (excepté modèles IT ou TN-C).



La protection de tête (primaire) d'installation permet de dériver au réseau équipotentiel et à la terre la plus grande partie de l'énergie incidente (surtension de mode commun véhiculée par le réseau d'énergie)

La protection de circuit (secondaire) complète la protection précédente par coordination et limite les surtensions de mode différentiel nées de la configuration même de l'installation.

La protection de proximité (terminale) assure l'écrêtage final des surtensions de mode différentiel, les plus dangereuses pour les appareils (voir page 232). Bien qu'elle soit le plus souvent intégrée aux parafoudres, l'efficacité d'une protection de mode commun (phase/terre et neutre/terre) est généralement limitée au niveau terminal par la longueur des conducteurs de protection.

La protection active
Logique de configuration : localisation des parafoudres

Un parafoudre doit toujours être installé le plus près possible du matériel à protéger, mais une protection terminale ③ , seule, n'est pas à même de limiter suffisamment l'énergie.
Un parafoudre placé en tête d'installation ①, permet seulement de dériver la plus grande partie de l'énergie mais il ne protége pas toute l'installation et les matériels qui y sont raccordés. La protection de circuit ②, complémentaire à la protection de tête, assure une protection dépendante de l'étendue de l'installation et de la nature des risques (exposition / sensibilité des matériels).
Une protection parafoudre efficace nécessite généralement la combinaison de plusieurs parafoudres.

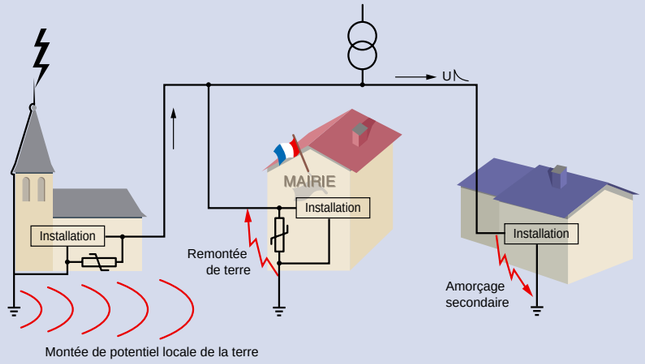
sensibilité des matériels	Niveau de protection (voir page 123) Standard ★	Elevé ★★	Trés élevé ★★★
Très sensible (informatique, électronique)	① + ③	① + ③	① + ② + ③
Sensible (électroménager)	①	① + ②	① + ② + ③
Peu sensible (moteurs, appareils chauffants)	①	①	① + ②

Choix nombre, type et position des parafoudres page 334

Parafoudres, parasurtenseurs, écrêteurs, limiteurs... Le vocabulaire désignant les appareils de protection contre les surtensions est large et sujet à confusion. Il convient maintenant d'utiliser le terme générique de "parafoudre" pour désigner tout dispositif destiné à limiter une surtension transitoire en dérivant une partie du courant de choc.
L'abréviation imp (de l'anglais impulse) est utilisée pour désigner les caractéristiques impulsionelles de tension Uimp et et de courant Iimp. Les parafoudres doivent être conformes à la norme NF C 61-740 (EN 61-643-11).
Le sigle SPF désigne de manière synthétique le "Système de Protection Foudre" qui comprend toute l'installation extérieure (paratonnerres) et intérieure (parafoudres) protégeant un ouvrage ou une structure.

La remontée de terre

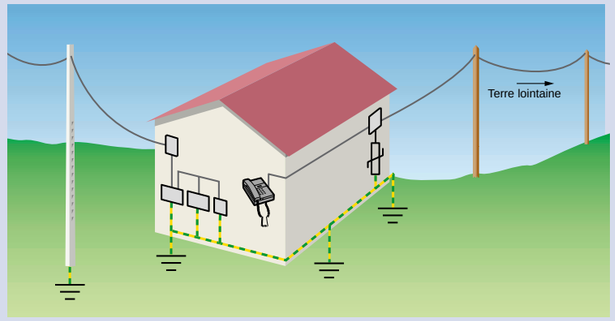
La foudre qui tombe sur un paratonnerre ou même directement sur le sol, provoque une augmentation locale du potentiel de la terre. Celui-ci se propage alors aux installations voisines via leurs prises de terre et leurs réseaux de masse, et aux installations plus éloignées via le réseau de distribution.

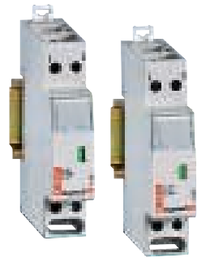


Montée de potentiel locale de la terre

A proximité du choc de foudre, une surtension, dite de remontée de terre, se propage de la terre vers le réseau, soit à travers l'installation (avec des effets destructeurs), soit par amorçage des parafoudres. Dans ce dernier cas, l'installation est protégée, mais d'autres installations alimentées par le même réseau ne le sont pas forcément. La surtension U, qui se propage, peut alors provoquer des amorçages secondaires destructeurs entre conducteurs actifs et masse, dans des installations plus éloignées dont la terre est référencée à un potentiel différent.
Ce type de phénomène peut être constaté dans les installations des bâtiments proches d'une église dont le clocher a été foudroyé.
Pour limiter les conséquences de tels phénomènes toujours difficiles à prévoir, il faudrait :
- équiper de parafoudres toutes les installations alimentées par un même réseau BT
- rendre équipotentiels tous les réseaux de masse via des prises de terre interconnectées. Une solution réalisable sur des bâtiments regroupés (usine), mais illusoire dans l'habitat.
A noter que le conducteur neutre, régulièrement mis à la terre assure une certaine équipotentialité du réseau, mais celle-ci n'est pas étendue à l'installation dont les prises de terre sont séparées (régime TT). Une distribution en régime TN serait à cet égard plus favorable.
Ajoutons enfin que bien qu'ils soient naturellement protégés contre les effets directs, les réseaux de distribution souterrains peuvent également induire des remontées de terre.

Si les installations électriques sont référencées à un réseau de masse lui-même relié à une terre locale, les installations téléphoniques sont le plus souvent référencées à une "terre lointaine" dont le potentiel n'est pas influencé par celui de la "terre électrique".
Lors d'un choc de foudre, une surtension apparaîtra entre les masses de l'installation et la ligne téléphonique avec danger pour l'utilisateur du téléphone. Le risque existe d'ailleurs quel que soit le réseau foudroyé, téléphonique ou énergie.
La solution consiste alors dans les cas extrêmes à séparer galvaniquement le réseau de téléphone (translateurs spéciaux) ou plus simplement à installer des parafoudres spécifiques dont la borne de terre doit bien être reliée au réseau de masse de l'installation.

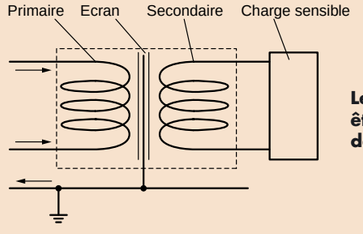




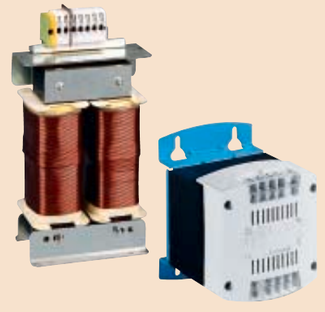
Les parafoudres Legrand réf. 038 28 pour lignes analogiques et réf. 038 29 pour lignes numériques sont tout à fait indiqués dans les applications téléphoniques

La séparation électrique des circuits sensibles

Les transformateurs de séparation de circuit permettent d'isoler galvaniquement les circuits sensibles dans une gamme de fréquence assez basse (≤ 100 kHz) pour les modèles sans écran, et jusqu'à des fréquences plus élevées (1 à 30 MHz) pour les modèles avec écran.



Le transformateur doit être placé au plus près de l'appareil à protéger.



Transformateurs de commande et de séparation de circuits avec écran

Attention : la protection par séparation électrique nécessite de ne pas raccorder les masses du circuit séparé à un conducteur de protection (voir page 98).

Des exemples de performances d'atténuation des transformateurs sont donnés (page 106).

La protection contre l'incendie

**Même si elles sont encore trop souvent à l'origine d'incendies, les installations électriques participent très largement à la sécurité des biens et des personnes : installations de sécurité, éclairages, alarmes, détection...
Quelle autre énergie peut se targuer de cette autoprotection ?**

1 LA SENSIBILISATION AU RISQUE

On ne saurait trop le dire, et le redire, l'analyse et la prise en compte des risques d'incendie est complexe. Et pourtant, les causes recherchées après le sinistre sont souvent simples, parfois dramatiquement simples. La démarche d'analyse puis la mise en œuvre de solutions doivent s'appuyer en permanence sur une vision double :
- quel risque ?
- quelle protection ?

1 Les risques et leurs conséquences

Dans cette approche, devront être examinés tous les facteurs qui peuvent être à la source même de l'incendie ou en être une cause d'aggravation. Toutes les composantes de l'activité concernée doivent être passées en revue :
- les bâtiments : leur nature, leur construction, leur exposition…
- les circulations : des hommes, des véhicules, des secours…
- les stockages : matières premières, combustibles…
- les canalisations : électriques, fluides, gaz, bouches d'incendie…
- les activités : processus industriel, artisanat, tertiaire, école, agricole…
- les déchets : matières premières, emballages…

Un véritable inventaire à la Prévert…



Silos de stockage : une véritable prise en compte des risques



Local à risque accru d'incendie dans le travail du bois (classé BE2)

Les installations classées

Elles désignent au sens large tous les établissements, locaux ou lieux abritant des activités industrielles, commerciales, artisanales ou agricoles qui occasionnent des nuisances pour l'environnement (pollution, bruit, rejet...) ou des dangers pour la sécurité, la santé ou la salubrité publique. Elles font l'objet d'une "nomenclature" officielle.
La législation impose un régime de déclaration et d'autorisations administratives pour ces installations qui peuvent être contrôlées à tout moment.
Les activités déclarées sont soumises à un arrêté qui détermine leurs conditions de fonctionnement propres. Des notions de servitude, de dispositions particulières contre les nuisances, de moyens et d'organisation de secours... sont également précisées.
Les installations électriques normales ou de secours font l'objet de règles particulières dans de nombreuses installations classées et notamment dans les locaux à risque accru d'incendie (identifiées BE2 par la norme NFC 15-100) ou à risque d'explosion (BE3 selon cette même norme).
Des dispositions sont alors préconisées pour la nature et les caractéristiques des matériels, les dispositifs de protection, les canalisations électriques, leur disposition et les précautions propres à leur installation et à celle des circuits de sécurité.

2 Les personnes et leur protection

Même si le souci de limitation des dégâts matériels directs et indirects est bien légitime, la finalité de la protection contre l'incendie (on dit aussi Sécurité Incendie) est avant tout la préservation de toutes les personnes : les travailleurs, le public, les visiteurs, les passants, mais aussi les intrus, les populations locales et bien sûr les personnels de secours et d'intervention.





Salles de spectacles, immeubles, parcs d'attractions, stades... des concentrations humaines où la prise en compte de la sécurité des personnes est absolument déterminante

La nouvelle réglementation sur la sécurité des tunnels a fait l'objet de la circulaire n° 2000-63 du 25 aout 2000. Elle définit des prescriptions, en termes de comportement au feu des ouvrages et des équipements de sécurité. La consultation des documents édités par le CETU (Centre d'étude des tunnels routiers) est indispensable dans ce domaine particulier.

2 LES INSTALLATIONS DE SÉCURITÉ

Les installations de sécurité désignent l'ensemble des équipements et installations qui permettent de détecter les risques d'incendie, d'alerter les personnes, de permettre l'évacuation du public dans les meilleures conditions de calme et de sécurité et de sécuriser les bâtiments.

Les installations de sécurité comprennent :
- les fonctions de détection de l'incendie
- les fonctions d'alarme
- les fonctions de gestion des issues
- les fonctions de compartimentage et de désenfumage
- les fonctions d'extinction automatique
- les fonctions d'arrêt ou de mise en sécurité de certains équipements.

Corollaire à une approche de la sécurité qui se veut beaucoup plus globale, l'ensemble de ces fonctions ont été regroupées sous l'appellation de système de Sécurité Incendie ou SSI.

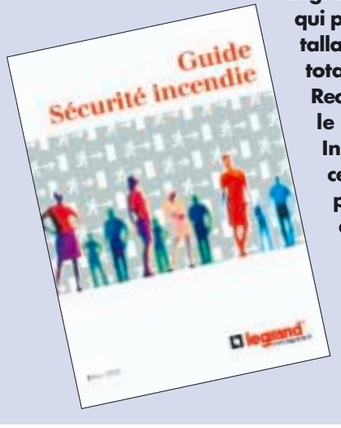
1 Le SSI

En fonction des caractéristiques et des dangers de chaque établissement, le SSI est adapté.
Cinq catégories de A à E, du plus complet au plus simple, sont ainsi définies.

A chaque SSI est associé un équipement d'alarme (EA) lui-même décliné en catégories 1, 2a, 2b, 3 et 4.
Dans certains établissements (ERP du 2e groupe à nombre réduit de dispositions : moins de 20 personnes, sans locaux de sommeil, petits locaux professionnels…) le SSI peut être réduit au seul équipement d'alarme.
L'éclairage de sécurité ne fait pas partie intégrante du SSI dans la mesure où il doit aussi prévenir le risque de panique et permettre l'évacuation indépendamment d'un incendie.

L'éclairage de sécurité assure deux fonctions :
- un éclairage de balisage des voies d'évacuation des issues de secours,
- un éclairage minimal d'ambiance anti-panique dans les locaux où l'effectif de personnes atteint un certain seuil (50 en s/sol, 100 en rdc ou en étage).

L'étude et la réalisation des installations de sécurité nécessitent des connaissances pointues, la réglementation est de plus en plus complexe. C'est pourquoi, il est indispensable de respecter des étapes consécutives :
- **Déterminer le type d'établissement**
  - **établissement Recevant du Public (ERP)**
  - **établissement Recevant des Travailleurs (ERT)**
  - **immeubles de Grande Hauteur (IGH)**
  - **locaux d'habitation.**
- **Déterminer l'activité de l'établissement (voir pages 82 et 83, les classifications propres aux ERP et aux ERT)**
- **Définir la catégorie après avoir calculé l'effectif du public et du personnel (5 catégories)**
- **Intégrer l'effectif des personnes handicapées**
- **Choisir, pour le cas défini, le type d'éclairage de sécurité, le type d'alarme et le contenu du système de sécurité incendie.**



Legrand propose toutes les solutions qui permettent de constituer les installations de sécurité pour la quasi-totalité des applications.
Reconnu comme la référence dans le domaine, le Guide Sécurité Incendie Legrand regroupe tout ce qu'il faut savoir et faire avant, pendant et après un chantier de sécurité et surtout il propose sous une forme claire les exigences et les solutions de produits pour chaque type d'établissement. Un guide absolument indispensable !

Un vocabulaire et des abréviations précis à défaut d'être faciles à retenir

SDI : Système de Détection Incendie
C'est l'ensemble des appareils nécessaires à la détection d'un signe physique de début d'incendie (chaleur, fumées…). Le SDI comprend les détecteurs autonomes (DA), les déclencheurs manuels (DM), l'équipement de commande et de signalisation généralement incorporé au Tableau de signalisation incendie (TSI)
SMSI : Système de Mise en Sécurité Incendie
C'est l'ensemble des équipements qui assurent la mise en sécurité d'un établissement par la commande ou le déclenchement des dispositifs d'alerte, de verrouillage, de signalisations diverses… Il assure également sa propre surveillance (détection des anomalies) et le contrôle de l'état de fonctionnement. Il est constitué par le Centralisateur de Mise en Sécurité (CMSI), par l'Equipement d'Alarme (EA) et par les Dispositifs Actionnés de Sécurité (DAS).

L'association du SDI et du SMSI constitue le SSI

CMSI : Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie
C'est l'ensemble des dispositifs qui collecte les informations en provenance du SDI en localisant la Zone de Détection (ZD) concernée. Il est équipé d'une Unité de Commande Manuelle Centralisée (UCMC) pour mise en sécurité partielle ou totale du bâtiment (compartimentage, désenfumage). Il comprend l'Unité de Gestion d'Alarme (UGA) qui pilote les Diffuseurs Sonores (DS) ainsi que l'Unité de Signalisation (US) qui a pour fonction d'afficher les états : veille, sécurité, dérangement, anomalie. L'état de veille caractérise l'état de surveillance active et de "prêt à fonctionner". L'état de sécurité est initié suite à un ordre donné par une information incendie issue d'un détecteur ou d'une commande manuelle. L'état de dérangement révèle un état anormal qui peut nécessiter une réinitialisation (suite à une détection par exemple), l'état d'anomalie nécessitant plutôt intervention ou maintenance.

EA : Equipement d'Alarme
C'est l'ensemble des équipements nécessaires au déclenchement et à l'émission des signaux sonores notamment : les déclencheurs manuels (DM), une Unité de Gestion d'Alarme (UGA) incorporée au CMSI et des Diffuseurs Sonores (DS). Les diffuseurs sonores comprennent entre autres : les Diffuseurs Sonores Non Autonomes (DSNA), les Blocs Autonomes d'Alarme Sonore (BAAS), les Diffuseurs d'Alarme Générale Sélective (AGS).

DAS : Dispositifs Actionnés de Sécurité
Ils assurent par une commande, un changement d'état physique ou mécanique qui touche aux fonctions de compartimentage (clapets coupe-feu, portes coupe-feu, écrans…), de désenfumage (volets, exutoires, relayage des ventilateurs de désenfumage…) et d'évacuation (déverrouillage des issues de secours, non-stop ascenseurs, signalisations diverses, marquage lumineux…). Les DAS peuvent être télécommandés sur un ordre issu du CMSI, d'une unité de Commande Manuelle (UCM) ou d'un Détecteur Autonomes Déclencheurs (DAD) ou bien encore via un Dispositif Adaptateur de Commande (DAC) qui transmet à l'interface l'ordre de commande dans une forme adaptée. Les DAS autocommandés ne nécessitent pas d'ordre externe pour passer en mode sécurité (par exemple tête d'arrosage de Sprinkleur).
L'alimentation en énergie des DAS peut être extérieure (DAS alimentés) par une ligne confondue ou séparée de la ligne de télécommande. Elle peut être autonome (Alimentation électrique de Sécurité, AES incorporée) ou intrinsèque (énergie propre : ressort, masse…).
Les Dispositifs Actionnés de Sécurité (DAS), les Diffuseurs Sonores (DS), les Blocs Autonomes d'Alarme Sonore (BAAS) et les ventilateurs de désenfumage constituent l'ensemble des Dispositifs Commandés Terminaux (DCT).

Equipements de sécurité incendie Legrand



Equipement d'Alarme Incendie type 1 intégrant le CMSI (Centralisateur de Mise en Sécurité Incendie), l'UGA (Unité Gestion d'Alarme) et l'ECS (Equipement de Contrôle et de Signalisation)



Déclencheurs Manuels (DM)
Ils transmettent un ordre ou une information au CMSI par une action volontaire



Détecteurs Autonomes (DA)
Ils détectent un début d'incendie (fumées, chaleur) et transmettent l'information au CMSI



Dispositifs Actionnés de Sécurité (DAS)
Les verrous électromagnétiques assurent la fermeture des portes sur une commande électrique provenant du CMSI



Détecteur Autonome Déclencheur (DAD)
Peut assurer localement les fonctions de détection et de commande d'un DAS

• SSI de catégorie A
Le SDI est constitué de détecteurs autonomes et de déclencheurs manuels avec tableau de signalisation.
Le SMSI est constitué d'un CMSI complet et des DAS (éventuellement de DAC).
La détection au niveau du SDI entraîne instantanément la commande des DAS.
Le SSI de catégorie A est associé à un équipement d'alarme (EA) de type 1.

• SSI de catégorie B
Il se compose uniquement d'une SMSI constituée d'un CMSI et des DAS (éventuellement de DAC).
Des DAD (SDI restreint) peuvent être mis en œuvre localement pour commander directement un à trois DAS.
Le SSI de catégorie B est associé à un EA de type 2a.

• SSI de catégorie C
Il est constitué uniquement d'un SMSI dont le CMSI est restreint à un DCS (Dispositif de Commande avec Signalisation), des DAS (éventuellement de DAC).
Des DAD peuvent être mis en œuvre localement pour la commande directe de un à trois DAS.
Le SSI de catégorie C est associé à un EA de type 2a ou 2b.

• SSI de catégorie D
Il est uniquement composé d'un Dispositif de Commandes Manuelles Regroupées (DCMR) (par exemple poignées de trappes de désenfumage).
Des DAD. peuvent être mis en œuvre localement.
L'équipement d'alarme est de type 2b ou 3 (4 avec tableau d'alarme Legrand réf. 406 62). Il peut commander la fermeture de porte et/ou le déverrouillage d'issues (contacts libres).

• SSI de catégorie E
Il est composé d'un ou plusieurs DCM (Dispositif de Commande Manuelle) et de DAS. (Mêmes remarques sur utilisation des DAD et EA que ci-dessus).

Pour certains établissements, la catégorie de SSI n'est pas toujours prescrite notamment pour les catégories les moins contraignantes. Le type d'équipement d'alarme est alors pris en référence.

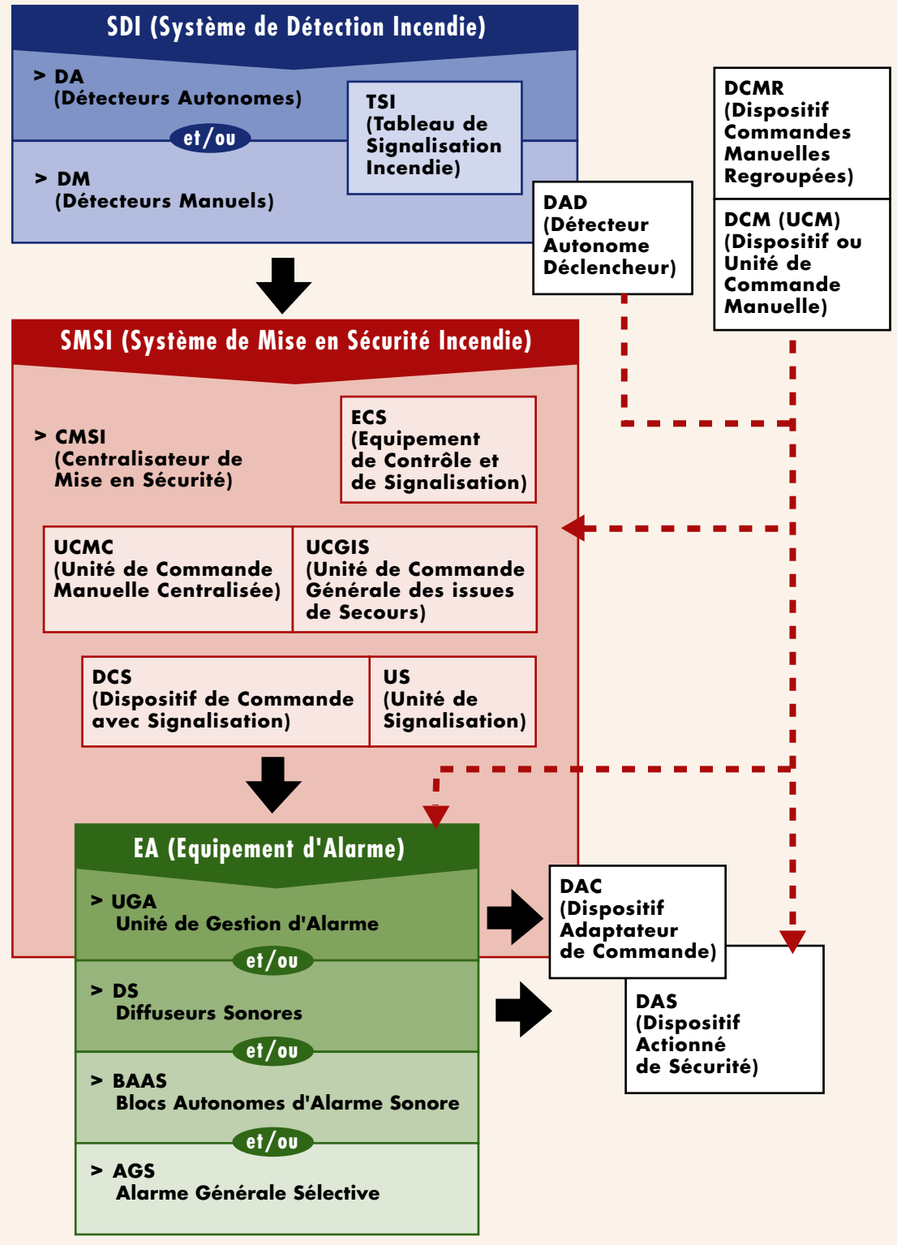
Un métier nouveau : coordonnateur SSI

Le maître d'ouvrage a tout intérêt de désigner au plus tôt une personne compétente qui sera à la fois chargée de valider les choix techniques, la mise en œuvre des produits et sera l'interlocuteur de la commission de sécurité.
Cette personne doit "recueillir les documents de résultats permettant l'élaboration du procès-verbal de réception" et mettre en forme pour les conserver "les principes qui ont présidé à l'analyse du besoin de sécurité", qui ont abouti à la conception du SSI.

Normes relatives aux SSI

NF S 61-931 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - dispositions générales
NF S 61-932 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - règles d'installation
NF S 61-933 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - règles d'exploitation et de maintenance
NF S 61-934 : Centralisateurs de mise en sécurité incendie (CMSI)
NF S 61-935 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - unité de signalisation (US)
NF S 61-936 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - équipements d'alarme (EA)
NF S 61-937 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - dispositifs actionnés de sécurité (DAS)
NF S 61-938 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - dispositifs de commandes manuelles (DCM) - dispositifs de commandes manuelles regroupées (DCMR) - dispositifs de commande avec signalisation (DCS) - dispositifs adaptateurs de commande (DAC)
NF S 61-939 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - alimentations pneumatiques de sécurité (APS)
NF S 61-940 : Systèmes de sécurité incendie (SSI) - alimentations électriques de sécurité (AES)
FD S 61-949 : Interprétation des normes NF S 61-931 à NF S 61-939
NF S 61-950 : Matériels de détection d'incendie - détecteurs, tableaux de signalisation et organes intermédiaires
NF S 61-961 : Matériels de détection d'incendie - détecteurs autonomes déclencheurs (DAD)
NF S 61-962 : Matériels de détection d'incendie - tableaux de signalisation à localisation d'adresse de zone.
NF S 62-101 : Protection contre l'incendie - système d'extinction par protection d'ambiance (noyage total) au halon 1301 - règles d'installation
NF S 62-102 : Protection contre l'incendie - organes constructifs des systèmes d'extinction au halon 1301
NF S 62-210 : Installations fixes d'extinction automatique à eau du type Sprinkleur - règles de conception, de calcul et de mise en œuvre
NF S 62-211 : Installations fixes d'extinction automatique à eau du type Sprinkleur - essais de réception surveillance et entretien/vérification
NF C 48-150 : Blocs autonomes d'alarme sonore d'évacuation d'urgence (BAAS)
EN 54 : systèmes de détection et d'alarme incendie (norme européenne)
FD S 61-965 : Organes non certifiables, fonctions supplémentaires.

Organisation du SSI (Système de Sécurité Incendie)



Localisation des dispositifs de contrôle et équipements d'alarme

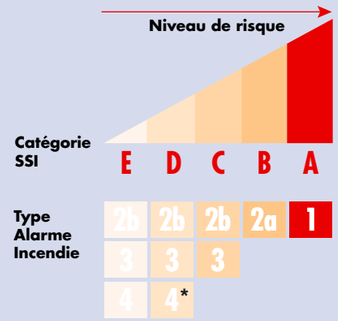
L'emplacement choisi pour implanter le tableau de signalisation, les reports d'alarmes et les dispositifs de commande centralisée doit faire l'objet d'une reflexion particulière.
L'ensemble de ces dispositifs doivent tout à la fois :
- rester visibles en permanence pour leur surveillance (pour un hôtel, reception par exemple)
- être accessibles au personnel qualifié mais pas au public
- se situer dans un local ou zone où le risque de feu est limité (parois coupe-feu)
- être facilement identifiables et directement accessibles pour les personnels de secours (entrée principale.
Des contraintes multiples qui peuvent se révéler contradictoires et nécessiter des précautions particulières : installation avec une protection complémentaire (renforcement maçonné, en armoire métallique vitrée,...
La prise d'avis des services de secours (ou de la Commission de Sécurité) est alors conseillée.

2 L'équipement d'alarme

Destinée à donner l'ordre d'évacuation du public et du personnel, autre que de secours, l'équipement d'alarme (EA) doit être systématiquement mis en œuvre dans tout établissement recevant du public.
Selon les conditions, l'alarme peut être générale, (public et personnel), générale et sélective (certaines catégories de personnes ; public mais pas le personnel par exemple dans un hôpital) ou restreinte (avertissement des services de secours permanents avant alarme générale). Mais dans tous les cas le choix de l'alarme est indissociable de celui du SSI (voir synoptique page précédente).

Types d'équipements d'alarme

La détermination de la catégorie SSI permet de retenir ensuite le type d'alarme à installer. Certaines catégories de SSI peuvent recouvrir plusieurs types d'alarme. Dans ce cas, se reporter à la règlementation spécifique ou au "Guide Sécurité incendie Legrand".



* SSI de catégorie D possible avec alarme Legrand réf. 406 62

Définitions relatives aux Equipements d'Alarme (EA)

UGA : Unité de Gestion d'Alarme.
Elle fait partie intégrante du CMSI et collecte les informations provenant du SDI. Il existe des UGA de type 1 (EA de type 1) et des UGA de type 2 (EA de type 2a).
Les Equipements d'Alarme de type 2b, 3 et 4 n'ont pas nécessairement d'UGA.

BAAS : Blocs Autonomes d'Alarme Sonore
Ils sont destinés à émettre un signal d'évacuation d'urgence y compris en cas de coupure de leur alimentation.
On distingue des blocs de type Pr (Principal) qui assurent une gestion restreinte d'alarme et qui peuvent commander plusieurs blocs, des blocs de type Sa (satellite) qui assurent dans toutes les zones requises la diffusion de l'alarme et sont pilotés par l'UGA ou par un bloc Pr. Enfin les blocs de type Ma sont simplement commandés par contact.



BAAS de type Pr



BAAS de type Sa

Les diffuseurs sonores



• Equipement d'Alarme de type 1

Il est constitué d'une UGA, de diffuseurs sonores et/ou de BAAS de type Sa.
Une alarme de type 1 comporte des déclencheurs manuels (DM) et des détecteurs autonomes (DA). Il comporte plusieurs boucles de détection, gère des zones différenciées (d'évacuation et de mise en sécurité). C'est le système le plus complet et le plus évolué (pour SSI de catégorie A).

• Equipement d'Alarme de type 2a

Il est également constitué d'une UGA, de déclencheurs manuels (DM) mais ne comporte pas nécessairement de déclencheurs autonomes (DA).

• Equipement d'Alarme de type 2b

L'unité de pilotage est constituée par un BAAS de type Pr auquel sont associés des déclencheurs manuels (DM). Il commande un (ou plusieurs) BAAS de type Sa, mais ne gère qu'une seule zone de diffusion d'alarme (ZA).

• Equipement d'alarme de type 3

Il se compose simplement d'un ou plusieurs blocs manuels (BAAS de type Ma) commandés par des déclencheurs manuels (DM).

• Equipement d'alarme de type 4

Au sens réglementaire, il peut se limiter à un dispositif sonore autonome de type sifflet, cloche… clairon !



Dans la pratique, les tableaux Legrand d'alarme de type 4 permettent une réponse plus élaborée avec la diffusion d'un son d'alerte et la possibilité de commande par des déclencheurs manuels déportés

3 Les Alimentations Electriques de Sécurité (AES)

alimentations de remplacement, les AES (ou alimentations pour service de sécurité) assurent la source de sécurité en énergie destinée à alimenter les installations électriques de sécu-rité (voir p. 24-26).
Elles peuvent être incorporées aux appareils (blocs autonomes, DAD), aux centrales (alarmes type 1, 2a) ou encore n'alimenter que certains périphériques (ventouses électromagnétiques par exemple).



Alimentations de sécurité en courant continu

Les batteries des alimentations de sécurité dont le Cu (produit de la capacité par la tension) est égal ou supérieur à 1000) doivent être installées dans un local coupe-feu 1h (porte 1/2 h).
Exemple : 100 Ah x 24 V ⇒ Cu = 2400 ⇒ Cu > 1000

Les sources centralisées permanentes Legrand permettent l'alimentation des luminaires de sécurité sous différentes tensions (24, 48, 110, 220 V⎓ et 230 V∿). Elles peuvent être complétées par un coffret anti-panique qui gère l'alimentation des circuits d'éclairage d'ambiance.



4 Le câblage des installations de sécurité

En règle générale, les câbles d'alimentation des installations de sécurité sont de type CR1 (résistant au feu) et leurs dispositifs de jonction et dérivation satisfont à l'essai au fil incandescent à 960° C.
Des conducteurs de catégories C2 peuvent être utilisés pour les dispositifs à rupture de circuit (ventouses) ou s'ils sont disposés dans des cheminements (caniveaux, vides, galeries) protégés par des parois coupe-feu 1 heure.
Les canalisations des installations de sécurité doivent être indépendantes des autres canalisations. Hormis pour un usage propre à ces locaux, elles ne doivent pas traverser de locaux à risque accru.
Les canalisations des circuits d'éclairage de sécurité font l'objet de règles spécifiques : séparation des circuits évacuation et ambiance, au moins deux circuits distincts par local, éloignement géométrique des circuits et conducteurs de catégorie CR1 (source centrale) ou C2 (blocs autonomes).

5 L'éclairage de sécurité

Le principe de la réglementation s'appuie désormais sur un seul type d'éclairage de sécurité. Son installation est réalisée soit par des Blocs Autonomes d'Eclairage de Sécurité (B.A.E.S), soit par une source centralisée alimentant des luminaires de sécurité.
L'allumage de l'éclairage doit être automatique en cas de défaillance de l'éclairage principal et son autonomie doit être d'au moins 1 heure. L'éclairage de sécurité peut assurer deux fonctions :
- l'évacuation (ou balisage) qui permet aux personnes d'accéder à l'extérieur en éclairant les sorties, les cheminements (tous les 15 m mini), les obstacles et changements de direction, les indications et panneaux utiles. Les luminaires d'évacuation doivent rester allumés (ou en veilleuse) en présence de l'éclairage normal.
- l'éclairage d'ambiance (ou anti-panique) permet de conserver une visibilité suffisante (5 lumens/m²). Il est requis dans les locaux accueillant 100 personnes et plus (50 en sous-sol).
Dans certains établissements de grandes dimensions, ou recevant un public important ou à risques accrus, éclairage d'évacuation et éclairage d'évacuation sur source centralisée sont obligatoires. Chaque type d'éclairage doit être alimenté séparément et chacun par au moins deux circuits distincts avec des cheminements différents. Les luminaires étant alimentés en alternance sur chaque circuit pour assurer un éclairage minimal en cas de défaillance.
Dans les établissements ayant des locaux à sommeil, si un groupe de remplacement n'est pas installé, les BAES (Blocs Autonomes d'Eclairage de Sécurité) doivent être couplés avec des BAEH (Blocs Autonomes d'Eclairage pour Habitation) qui sont commandés par le déclenchement de l'alarme Incendie.

Constitution de l'éclairage de sécurité

- **Alimentation à partir d'une source centralisée (groupe électrogène ou batteries) de luminaires pour source centralisée (LSC). L'éclairage de sécurité est permanent pendant la présence du public. Les canalisations et conducteurs entre source et luminaires doivent être résistantes au feu (conducteurs ou câbles CR1 ou CR2 si protégés dans des cheminements coupe-feu 1h ou 2h selon les risques des locaux).**
- **Alimentation à partir d'une source centralisée ou utilisation de blocs autonomes. Les luminaires à l'état de veille sont automatiquement alimentés (en 1s maxi) en mode éclairage de sécurité (basculement sur groupe synchrone ou commutation source normale / source de sécurité). Les canalisations sont également résistantes au feu (idem type A).**
- **Alimentation à partir d'une source centralisée ou utilisation de blocs autonomes. A l'état de veille, l'éclairage de sécurité est soit non alimenté, soit alimenté par la source normale. L'alimentation ou la réalimentation par la source de sécurité doit se faire en 15 secondes au plus (60 s admis si groupe électrogène).**
Des dispositions de temporisation doivent être prises au niveau de schéma d'inversion de sources (voir chapitre II.C.2) pour éviter des démarrages ou arrêts intempestifs.
Les canalisations n'ont pas d'exigence de tenue au feu renforcée hormis si elles traversent des locaux à risque BE2 (voir page 157).
- **L'éclairage de sécurité est constitué de lampes portatives à piles ou accumulateurs (uniquement dans les locaux techniques).**

Le raccordement du circuit d'alimentation des BAES s'effectue sur le circuit d'alimentation de l'éclairage normal généralement situé dans le même local ou à proximité pour pallier à son absence. Pour éviter le fonctionnement des blocs et leur usure prématurée, ils doivent être, tous, impérativement raccordés à une télécommande centralisée qui les met en position de repos à la fermeture des locaux.
Les blocs SATI (Système Autonome de Test Intégré) permettent d'effectuer cette opération automatiquement ; ils permettent également les opérations de tests obligatoires : marche tous les mois, autonomie tous les 6 mois.

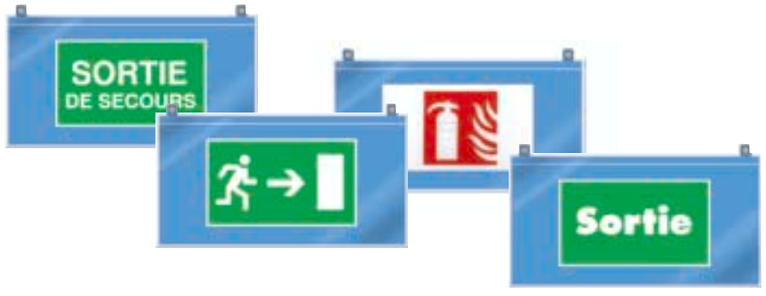
L'offre Sécurité du catalogue général Legrand propose toutes les solutions d'éclairage de sécurité : des plus complètes (centrale pour blocs adressables, blocs SATI...) aux plus simples (lampes portatives) en passant par les luminaires anti-panique, les éclairages d'ambiance, les balisages ou encore les coffrets de télécommande.



Centrale pour blocs autonomes adressables pour la commande, la gestion et le contrôle de l'ensemble des blocs (jusqu'à 800 avec répéteurs)



"Coffret" de télécommande au format modulaire pour mise au repos de l'installation

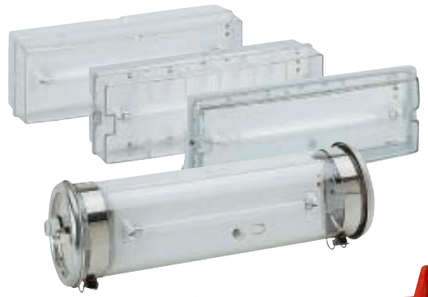


Blocs Arcor pour balisage des cheminements et des issues

Choix des éclairages de sécurité

L'harmonisation de la réglementation applicable aux ERT permet désormais un choix simplifié et unique des éclairages de sécurité nécessaires.

Cheminements	Tous	Evacuation
	Surface > 50 m² desservant des locaux recevant plus de 100 personnes au total	Evacuation et Ambiance
Locaux	Locaux recevant moins de 20 personnes débouchant de plein pied sur un dégagement avec trajet < 30 m pour atteindre une issue ou un dégagement	Pas d'obligation
	Local < 100 personnes	Evacuation
	Local > 100 personnes avec moins de 1 personne / 10 m²	Evacuation
	Local > 100 personnes avec plus de 1 personne / 10 m²	Evacuation et Ambiance



Blocs autonomes à fluorescence pour éclairage d'ambiance anti-panique



Les boîtes de dérivation ainsi que leurs connexions doivent satisfaire à l'essai au fil incandescent à 960°C. Elles doivent être marquées dans la masse ou de couleur rouge



Lampes portatives : assurent également un éclairage de sécurité en s'allumant lors de l'interruption secteur (uniquement dans les locaux techniques)



Blocs pour balisage pour permettre l'évacuation des locaux industriels ou ERP

L'éclairage d'évacuation des grands locaux (halls d'exposition, locaux de stockage...) est diffi-cile à réaliser avec des produits fixes. Soit les supports n'existent pas, ou bien ils sont mobiles ou démontables. La solution consiste alors à éclairer les cheminements et les obstacles par des projecteurs fixés en partie haute du local.

Normes relatives à l'éclairage de sécurité

- **NF C 71-800 : aptitude à la fonction des BAES d'évacuation dans les ERP, ERT soumis à la réglementation.**
- **NF C 71-801 : aptitude à la fonction des BAES d'ambiance dans les ERP, ERT soumis à la réglementation.**
- **NF C 71-805 : aptitude à la fonction des BAES pour bâtiments d'habitation soumis à la réglementation.**
- **NF C 71-820 : système de test automatique pour appareils d'éclairage de sécurité.**
- **NF C 71-830 : maintenance des blocs autonomes d'éclairage de sécurité BAES - BAEH.**
- **NF EN 50171 (C 71-815-1) : système d'alimentation à la source centrale.**
- **NF C 71-815-2 : essais de type pour les sources centralisées de série.**
- **NF EN 60598-2-22 : luminaires pour éclairage de secours.**

6 Le compartimentage et le désenfumage

Le compartimentage a pour but d'éviter la propagation de l'incendie en isolant les différentes parties du bâtiment. Il doit être effectué selon un schéma établi permettant à la fois la mise en sécurité optimale du bâtiment, l'évacuation des personnes et le désenfumage des zones de circulation.
La fermeture des portes est commandée par des Dispositifs Actionnés de Sécurité (DAS) comme les ventouses électromagnétiques associées éventuellement à des fermetures "grooms" hydrauliques.

Le désenfumage limite les effets délétères des fumées (toxicité, corrosivité, dépôts) en les rendant moins denses mais surtout il a pour but de faciliter l'évacuation des personnes en améliorant la visibilité et la respirabilité de l'air.
Le désenfumage est donc mis en œuvre en priorité dans les zones de circulation et d'évacuation : couloirs, escaliers…
Il peut être naturel (par tirage ascendant de l'air chaud) avec des exutoires à commande manuelle ou à commande asservie au CMSI (la commande est alors à manque de tension).
Le désenfumage peut également être mécanique par des ventilateurs commandés par un coffret dit "de relayage".

Les règles de compartimentage sont fixées pour chaque type d'établissement, selon les cas les portes doivent être classées pare-flammes ou coupe-feu (se reporter au Guide Sécurité Legrand).
Le compartimentage est toujours demandé entre l'établissement concerné et un parc de stationnement couvert attenant. Il l'est aussi dans les locaux à risque accru d'asphyxie (hôtels, établissements sanitaires...).

Coffrets de désenfumage avec commande forcée "pompier"



Commande pour coffret de relayage

Alimentation des ventilateurs de désenfumage

Les ventilateurs doivent résister aux fumées chaudes (une heure à 400° C)
Ils doivent être alimentés à partir d'une Alimentation Electrique de Sécurité (AES)(1)
L'installation est réalisée en schéma IT ou entièrement en matériels de classe II ou en TBTS
Les canalisations sont résistantes au feu CR1 (ou CR2 en volume protégé)
Les dispositifs de protection ne possèdent pas de protection contre les surcharges, mais uniquement contre les courts-circuits (DX-MA). Canalisations et dispositifs de protection sont dimensionnés pour le courant de défaut en surcharge, rotor bloqué.

(1) Dans certains établissements, l'alimentation peut être faite à partir d'une dérivation issue du tableau général basse tension (TGBT) sous réserve d'être protégée sélectivement, que l'isolement soit surveillé en permanence (si schéma non IT) et que la présence tension amont soit signalée.

3 LES LOCAUX À RISQUE D'INCENDIE (BE2)

Un certain nombre d'établissements industriels, mais aussi d'établissements recevant du public ou de manière plus limitative, certains locaux (chaufferie, stockages…) sont identifiés comme "à risque d'incendie accru" de type BE2 selon la NF C 15-100.



Risque accru d'incendie lié à la matière traitée : fabrication de cigarettes (combustibles par nature...)

Liste des établissements industriels classés BE2 (UTE C 15-103)

Abattoirs
Fabrication d'accumulateurs
Fabrication et dépôts d'acides
Fabrication et dépôts d'alcool
Fabrication et dépôts d'aluminium
Dépôts d'asphalte, bitume
Battage, cardage des laines
Travail du bois
Brasseries
Fabrication et transformation du caoutchouc
Fabrication et dépôts de carbure
Cartoucheries
Fabrication de cartons
Fabrication d'objets en celluloïd
Fabrication de cellulose
Entrepôts de charbons
Entrepôts de chiffons
Cokeries
Fabrication de colles
Dépôts de combustibles liquides
Traitement de corps gras
Traitement des minérais de cuivre
Distilleries
Fabrication d'encres
Fabrication et dépôts d'engrais
Fabrication et dépôts de fer
Filatures
Usines et dépôts de gaz
Traitement des goudrons
Gravures sur métaux
Extraction d'huile
Fabrication d'hydrocarbures
Imprimeries
Fabrication de liqueurs
Emploi de liquides halogénés
Dépôts, ateliers où l'on emploie des liquides inflammables
Fabrication, travail et dépôts de magnésium
Fabrication de matières plastiques
Menuiseries
Traitement de métaux
Essais de moteurs thermiques
Traitement des minerais de nickel
Traitement des ordures ménagères
Fabrication et dépôts de papier
Fabrication et dépôts de parfums
Préparation de pâte à papier
Fabrication et dépôts de peintures
Poudreries
Fabrication de produits chimiques
Raffineries de pétrole
Scieries
Silos à céréales ou à sucre
Traitement du soufre
Entrepôts de spiritueux
Sucreries
Teintureries
Fabrication de textiles, tissus
Fabrication, application de vernis
Verreries

Attention : la liste ci-dessus n'est pas limitative. Ainsi la présence d'un stockage de matières combustibles (par exemple huiles de coupe) peut entraîner le classement BE2 d'un atelier d'usinage qui a priori n'aurait pas été classé comme tel.
A noter que les stockages sont très souvent des sources dont l'incendie provoque les dégâts les plus importants.

Liste des locaux classés BE2 dans les établissements recevant du public

- **Type L : salles d'audition, de conférences, de réunion, de spectacles ou à usages multiples (cages de scènes, magasins de décors, locaux des perruquiers et des cordonniers).**
- **Type M : magasins de vente, centres commerciaux (stockage et manipulation de matériels d'emballages).**
- **Type T : expositions (locaux de réception des matériels et marchandises).**
- **Type U : établissements sanitaires (incinération, bloc opératoire, stérilisation centralisée, pharmacies et laboratoires, avec plus de 10 litres de liquides inflammables).**
- **Type X : établissements sportifs couverts (locaux contenant des installations frigorifiques).**
- **Locaux communs aux établissements recevant du public : dépôts, réserves, locaux d'emballage, locaux d'archives, stockage films et supports magnétiques, lingeries, blanchisseries, ateliers divers, grandes cuisines (puissance totale cuisson > 20 kW).**

Comme pour les établissements industriels, le classement est à déterminer en fonction de toutes les activités et pas uniquement en fonction de l'activité principale.

Si le seul local à risque d'incendie est la chaufferie, il n'entraîne pas le classement BE2 de la totalité de l'établissement sous réserve que cette chaufferie possède un accès extérieur séparé et que les règles applicables aux locaux BE2 y soient respectées.

1 Principe de base de l'équipement électrique des locaux BE2

Les matériels, installés à demeure ou non et les canalisations fixes ou mobiles doivent être limités à ceux nécessaires à l'exploitation du local.
Les circuits d'alimentation doivent être protégés en amont par des différentiels de sensibilité au plus égale à 300 mA, mais pas nécessairement un par circuit. Des regroupements de circuits sont possibles si la sélectivité différentielle n'est pas requise.
Les traversées de parois ne doivent pas diminuer le degré coupe-feu. Les câbles utilisés doivent comporter une gaine extérieure en PVC (V) ou en polyéthylène réticulé (N) ou bien être classé CR1 (résistant au feu).
Voir page 620.

Les matériels, appareils et éclairage doivent être choisis de manière à ne pas être des sources potentielles de feu (échauffement de surface, étincelles…) et leur degré de protection doit être au minimum IP4x ou IP5x en cas de présence de poussières.

2 Traversées de locaux BE2 par des circuits étrangers à ces locaux

Les mêmes règles que ci-dessus s'appliquent mais en plus les circuits doivent être protégés contre les surcharges et les courts-circuits en amont de la traversée.
Ils ne doivent comporter aucune dérivation dans le local BE2 excepté dans des enveloppes IP4x (ou 5x) résistantes à l'essai à 960° C.
Les matériels non nécessaires à l'exploitation doivent être séparés par des parois coupe-feu 1 heure.



Les coffrets Hypra IP44 ou IP67 apportent la bonne réponse aux installations à risque accru d'incendie

Dans tout bâtiment à risque d'incendie (BE2), une installation fixe d'éclairage de sécurité est obligatoire. De plus, dans les locaux concernés, les conducteurs et câbles de celle-ci doivent être résistants au feu ou protégés par des parois coupe-feu 1 heure.

4 LES LOCAUX À RISQUE D'EXPLOSION (BE3)

Les conditions applicables aux locaux BE2 s'appliquent mais avec une exigence drastique de limitation des installations et équipements au strict besoin d'exploitation.
Les matériels sont de type "pour atmosphère explosive".
Une classification exhaustive des locaux à risque d'explosion est impossible à établir et il appartiendra au maître d'ouvrage de s'assurer que les stockages à toutes les étapes, la fabrication et l'activité considérée totalement, mais aussi particulièrement (par exemple dans un local donné), ne génère pas un risque particulier d'explosion. Dans un hôpital, par exemple, à priori considéré comme un établissement non classé à risque d'explosion, le bloc opératoire fait partie des locaux classés BE3.
Les précautions nécessaires doivent être bien sûr prises dans ce local, mais aussi à proximité, et les effets d'une explosion éventuelle doivent être étudiées dans leurs conséquences à tout l'établissement.

Liste des établissements classés à risque d'explosion BE3 (UTE C 15-103)

Soute à combustible à gaz liquéfié des chaufferies de plus de 70 kW
Local de détente gaz
Parcs et aires de stationnement couverts de plus de 100 m²
Local de charge de batteries
Silos de céréales
Fabrication d'accumulateurs
Fabrication et dépôts d'acide
Fabrication et dépôts d'alcool
Fabrication et dépôts d'aluminium
Travail du bois, menuiseries
Fabrication et dépôts de chlore
Fabrication et dépôts de parfums
Atelier de chromage et traitement de surface gravure sur métaux
Electrolyse
Fabrication de matrices plastiques
Fabrication et dépôts de peinture
Fabrication et dépôts de produits chimiques (halogènes)
Fabrication et dépôts d'engrais
Sucreries, raffineries, silos à sucre
Teintureries
Raffineries de pétrole
Fabrication d'hydrocarbure
Dépôts de combustibles
Fabrication de colles
Fabrication et dépôts d'explosifs
Cartoucheries, munitions, feux d'artifice
Usine et dépôts de gaz
Travail et dépôts du magnésium



Certains locaux ou processus d'activité d'une station d'épuration sont classés à risque d'explosion

Aux conditions applicables aux locaux BE2 s'ajoutent les exigences suivantes pour la réalisation et l'équipement des installations électriques :
- les canalisations, conducteurs, câbles, au sens le plus large, ne doivent pas être une source d'inflammation de l'atmosphère, ils doivent donc être soustraits ou protégés des chocs mécaniques, des actions chimiques et de tout risque de détérioration externe
- ils sont préférentiellement noyés dans des matériaux incombustibles (plâtre, béton) ou ils sont non propagateur de la flamme C2
- chaque circuit est protégé contre les surcharges, et le courant admissible est réduit de 15% au moins
- les matériels pour atmosphère explosive de surface sont choisis selon le niveau de risque de la présence d'atmosphères explosives (1 : fréquente, 2 : moyenne, 3 : faible, voir page 83)
- si le risque d'explosion provient de la présence ou de la concentration de fibres ou poussières, outre le classement précédent, ils devront posséder un indice de protection IP5x ou 6x suivant le risque.

Constructions ou emplacements particuliers

Les installations électriques font l'objet de règles particulières dans un certain nombre de construction ou emplacements parmi lesquels :
- les constructions combustibles (paillotes...)
- les structures souples ou flexibles (chapiteaux...)
- les aires de distribution de carburant
- les parcs de stationnements...
Il y aura lieu de se reporter à ces règles qui fixent, entre autres, des distances de sécurité entre les installations électriques et les zones dangereuses, des limitations sur la nature du matériel (tenue au feu, températures) et sa tenue mécanique (par exemple IK10 jusqu'à 1,50 m au-dessus du sol des parcs de stationnement).

Eclairage de sécurité dans les locaux BE3

Les produits utilisés doivent respecter à la fois les règles propres à ces produits et celles qui sont applicables aux produits dédiés à ces locaux à risque d'explosion.
Les BAES (Blocs Autonomes d'Eclairage de Sécurité) et les LSC (Luminaires pour Source Centralisée) doivent donc être admis à la marque NF AEAS et posséder l'agrément "Ex".
Attention, les éclairages de sécurité continuant à fonctionner lors des coupures de l'alimentation, des précautions particulières doivent être appliquées : par exemple raccordement sur prises spéciales "Ex" coupant tous les conducteurs, ou luminaires certifiés pour "maintenance en zone" avec coupure incorporée dès leur ouverture pour maintenance.

5 LE SUIVI DES INSTALLATIONS DE SÉCURITÉ

1 Le registre de sécurité

Exigé par le code de la construction, un registre de sécurité doit être tenu à jour pour les Etablissements recevant du Public (ERP).
Ce document doit contenir :
- la liste des personnes chargées de la sécurité incendie
- les consignes générales établies en cas d'incendie
- les observations et dates des contrôles effectués par les différents organismes (commission de sécurité, pompiers, distributeurs d'énergie...)
- les natures et dates des travaux effectués avec le nom des entreprises, architectes ou techniciens.

Un dossier attenant doit être constitué et comporter : les notices et guides d'utilisation des produits, les rapports, relevés et remarques des essais périodiques avec les dates d'exécution. Pour les alarmes incendie, les certificats de garantie, les dates de recyclage périodique des détecteurs et le contrat d'entretien doivent également être tenus à jour.



Pour toute installation réalisée avec le matériel Legrand, votre agence commerciale met gratuitement des registres de sécurité à votre disposition

2 Le dossier de maintenance

Le code du travail impose au maître d'ouvrage de constituer et de remettre un dossier de maintenance.
Il permet à l'exploitant de vérifier et d'entretenir ses installations et doit à ce titre comprendre :
- la description des installations (plans...)
- les consignes de contrôle, de vérification et de maintenance des instal-lations
- la description des moyens nécessaires

Comme pour les ERP, il est recommandé dans les ERT de constituer un dossier de suivi qui pourra attester des mesures de contrôle et de maintenance périodiques effectuées selon les recommandations prescrites.

3 Périodicité des vérifications

Celle-ci est définie selon les établissements : ERT mettant en œuvre des courants électriques, ERP, IGH, parcs de stationnements couverts...
Elle est en général de 1 an pour les locaux à risques, les établissements recevant plus de 700 personnes, les installations de sécurité.
Elle peut être allongée dans certains cas : locaux sans risques particuliers, installations électriques des parties communes.

Dans le domaine de la sécurité, la réalisation correcte des interventions est impérative mais leur consignation l'est tout autant. L'absence d'écrit est un facteur aggravant dans la recherche des responsabilités et surtout il peut tout simplement mettre en cause la gestion de la sécurité. Car la sécurité n'est jamais acquise, elle se construit et se maintient jour après jour...

Les sociétés d'assurances exigent de plus en plus que les installations électriques (circuits et matériels) soient contrôlées au moins une fois par an par un vérificateur qualifié ASPAD (Assemblée Plénière des Sociétés d'Assurances Dommages). Une déclaration de modèle N18 identifiant les risques d'incendie liés à l'exploitation des courants électriques doit être remise à l'assureur.

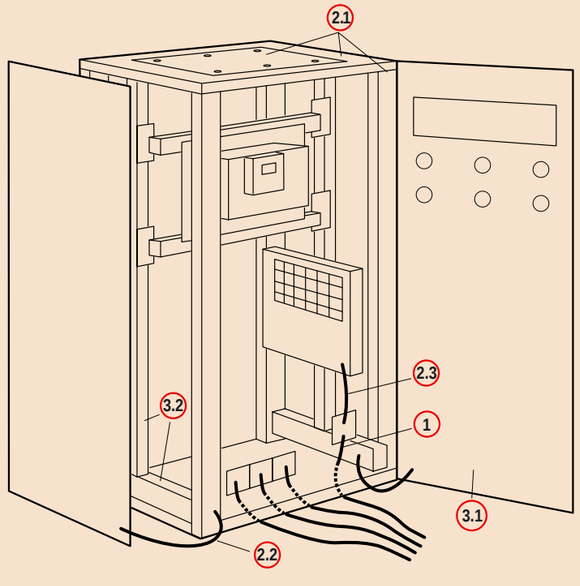
Les règles de construction

Les constructeurs en général, et Legrand en particulier, assument la responsabilité de la construction des appareils et des équipements. La conformité aux normes, l'aspect réglementaire, les moyens et les indications de mise en œuvre et d'usage accompagnent tous les produits. Mais le bon choix de ceux-ci par rapport aux conditions réelles, leur préparation éventuelle, leur cohabitation, leur intégration dans des installations souvent complexes sont le savoir faire des professionnels électriciens. Et là, nombre de règles ne sont pas écrites...

1 RÈGLES DE CONSTRUCTION DES ENVELOPPES DE CLASSE I

Les règles décrites ci-après font la synthèse des exigences des normes EN 60204-1, EN 60439-1, NF C 15-100, CEI 1140 et des recommandations constructives de bon sens.
Sont considérées comme masses toutes les parties métalliques directement accessibles à l'utilisateur même si elles sont recouvertes de peinture ou de revêtement, sauf s'ils justifient de qualités isolantes reconnues et testées dans l'épaisseur déposée (exemple : film collé).
Sont également étendues à la notion de masses toutes les parties métalliques inaccessibles à l'utilisateur mais accessibles à un intervenant, même qualifié, y compris après démontage, dans la mesure où leurs dispositions ou dimensions font présenter un risque de contact non négligeable (exemples : rails, platines, supports d'appareils...) ainsi que les parties métalliques intermédiaires inaccessibles mais en contact mécanique avec des masses dans la mesure ou elles peuvent propager un potentiel (exemple : transmission de mécanisme).
Les parties totalement inaccessibles (au personnel utilisateur et intervenant), les masses qui par leurs faibles dimensions (moins de 50 x 50 mm) ne peuvent être mises en contact avec le corps (excepté si elles peuvent être serrées entre les doigts ou dans la main), les noyaux de contacteurs, électroaimants... ne sont pas considérées comme des masses et peuvent ne pas être reliées à un conducteur de protection.

Structures à raccorder



1 Raccordement du conducteur de protection

Une borne principale reliée au(x) châssis ou à la structure principale, destinée au raccordement du conducteur de protection de la ligne d'alimentation, doit être installée à proximité des bornes d'entrée. Cette borne doit être calibrée pour recevoir un conducteur de protection de la section définie dans le tableau I et repérée par le symbole ⏚.
Le repiquage sous un même point de serrage n'est pas autorisé. En cas de nécessité, deux bornes indépendantes seront disposées. Exception faite des barres collectrices des ensembles de puissance destinées à être raccordées par cosses, un simple trou taraudé ou une languette pour fiche à souder ne sont pas considérés comme suffisants. La nécessité de gratter la peinture ou d'ôter un revêtement n'est pas admise.

2 Equipotentialité des masses

Les masses doivent être électriquement reliées entre elles afin qu'aucun potentiel dangereux ne puisse naître entre des masses simultanément accessibles. Cette continuité peut être obtenue par construction ou par l'emploi de conducteurs de liaison équipotentielle.

2.1 - Continuité des masses par construction

Celle-ci devra être efficacement protégée des détériorations mécaniques et chimiques. La compatibilité électrochimique entre métaux sera vérifiée suivant le tableau de la page 167.
Le démontage d'un élément ne devra pas entraîner de discontinuité de la liaison. À cet effet, les masses ne devront pas être connectées "en série".
Dans la mesure du possible la liaison électrique doit être dépendante de la fixation mécanique (vis commune par exemple), de manière à ce que la seconde fonction ne puisse être assurée sans la première.
La redondance des points de jonction est recommandée. Pour les couvercles, plaques et pièces analogues, les fixations métalliques, vis, boulons, rivets sont considérés comme suffisants si toute trace de peinture a été ôtée et si aucun équipement électrique (sans conducteur de protection propre) n'y est fixé.
Les systèmes à griffes, pointes, rondelles à picots, rivets cannelés qui percent le revêtement de surface doivent être vérifiés suivant le test de continuité du point 4.

2.2 - Continuité des masses par conducteurs de liaison équipotentielle

Lorsque les masses (porte, écran de protection, panneau de fermeture...) ne supportent aucun matériel ou équipement, la liaison équipotentielle de ces masses doit être assurée par un conducteur de section minimale 2,5 mm^2 s'il est protégé mécaniquement (conducteur d'un câble multiconducteurs, conducteur isolé sous gaine de protection, conducteur attaché sur tout son parcours...). Cette section sera portée à 4 mm^2 si le conducteur de liaison n'est pas protégé ou s'il est soumis à des manœuvres répétées (ouverture d'une porte, manipulation). Les connexions de ce conducteur devront elles-mêmes présenter un contact fiable avec les masses reliées (peinture ôtée, protection contre la corrosion et le desserrage) ; la vérification de la continuité se fera selon les modalités du point 4.
NB : les liaisons équipotentielles réalisées par des conducteurs sont généralement indépendantes des fonctions mécaniques et peuvent, de ce fait, ne pas être raccordées après une intervention de maintenance. Pour limiter ce risque, les liaisons seront si possible situées près des fixations, et elles devront être repérées sans équivoque : conducteurs ayant la double coloration vert/jaune ou repérés à chacune de leurs extrémités par ces couleurs et marquage ⏚ à proximité des connexions.

2.3 - Raccordement des équipements

Lorsque des appareils ou équipements sont fixés sur des masses, et particulièrement lorsque celles-ci sont amovibles (portes, panneaux, plaques...), l'équipement fixé doit être raccordé directement avec un conducteur de protection si celui-ci comporte une borne prévue à cet effet. La section de ce conducteur sera choisie en fonction de celle des conducteurs de phase alimentant l'appareil concerné selon le tableau I. Les bornes pour conducteur PE ne doivent pas avoir d'autres fonctions, de fixation mécanique par exemple.

Tableau I (EN 60439-1)

Section des conducteurs de phase de l'alimentation S (mm²)	Section minimale du conducteur de protection correspondant S_{PE} (mm²)
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
35 < S ≤ 400	S/2
400 < S ≤ 800	200
S > 800	S/4

3 Utilisation des masses en tant que conducteur de protection

Une telle utilisation est permise sous réserve du respect d'un certain nombre de précautions, mais on distinguera néanmoins l'application localisée ou ponctuelle (point 3.1) de l'application générale ou systématique (point 3.2) suivant l'importance de l'emploi de cette mesure.
Les masses utilisées à des fins de conducteurs de protection devront présenter une conductance suffisante et équivalente à celle qui résulterait de l'emploi de conducteurs en cuivre. Cette caractéristique sera vérifiée par les essais du point 4 (vérification de la continuité) et du point 5 (vérification de la tenue aux courts-circuits).
Les éventuelles liaisons entre les différents éléments seront protégées des détériorations mécaniques, chimiques et électrodynamiques. Le risque de démontage d'un élément qui entraînerait l'interruption du circuit de protection doit être limité :
- soit en associant une fonction indispensable à la jonction électrique de telle manière que l'appareil ou l'équipement ne puisse fonctionner normalement ou qu'il soit manifestement incomplet sur simple examen visuel
- soit en limitant le nombre de pièces constituant le circuit de protection à une seule dans le cas d'une application localisée de la mesure (point 3.1)
- soit en utilisant uniquement la structure, le bâti ou le châssis principal de l'appareil ou de l'équipement dans le cas d'une application généralisée (point 3.2).

+ L'utilisation des rails et des blocs Viking vert/jaune simplifie la collecte des conducteurs de protection, mais permet aussi le raccordement "au plus court" des parafoudres dans le respect de la règle des 0,5 m (voir page 134).

Equivalence de section des rails supports en acier utilisés en tant que conducteurs de protection

Sous réserve d'être parfaitement interconnectés par leur montage et raccordés par les blocs Viking adaptés, les rails de fixation (rails DIN dans le langage courant) peuvent être utilisés en tant que conducteur de protection



Type de rail (ou profilé) selon la norme EN 60715	Section équivalente en cuivre (conducteur PE)
profil chapeau TH 35 x 5,5	10 mm²
profil asymétrique G 32	35 mm²
profil chapeau TH 35 x 7,5	16 mm²
profil chapeau TH 35 x 15 normalisé épaisseur 2 mm	50 mm²
profil chapeau TH 35 x 15 Legrand non normalisé épaisseur 1,5 mm dit rail Oméga	35 mm²

Les bornes Viking assurent avec le rail une connexion d'excellente qualité, d'une résistance de l'ordre de 1mΩ. Les pièces constituantes sont conçues pour résister aux efforts mécaniques et ne présentent pas de contraintes internes. Elles sont protégées contre la corrosion.

La conductibilité équivalente des rails supports utilisés est conforme aux règles de détermination des normes NF C 15-100 et CEI 947.7.2. Elle est attestée par le rapport LCIE 285380.

Les bornes Viking ne sont démontables du rail qu'à l'aide d'un outil et ne peuvent être interrompues.

Les bornes Viking pour conducteurs de protection ont été spécifiquement étudiés et testés pour l'usage défini. Ils sont conformes aux norme CEI 947.7.2, UL 1059, UL 467, CSA 22-2.

Il est important de souligner que l'utilisation d'un profil acier, en tant que conducteur PEN, n'est pas permise par les normes CEI 947.7.2 § 7.1.7 et CEI 364 § 543.2.5.
En d'autres termes la circulation permanente d'un courant entre le(s) conducteur(s) et le rail en acier est interdite. Cette application n'est admise que sur des rails en cuivre ou en aluminium. C'est pourquoi, aucune intensité nominale (I permanent) n'est indiquée pour, et sur, ces blocs.

NF C 15-100 chapitre 543-2

L'utilisation des éléments métalliques suivants comme conducteurs de protection ou d'équipotentialité n'est pas admise :
- chemins de câbles et analogues
- canalisations de fluides (eau, gaz, chauffage...)
- éléments de la structure du bâtiment
- câbles porteurs de conducteurs
Une restriction qui ne s'oppose pas, bien sûr, à ce que ces éléments soient raccordés au réseau équipotentiel.

3.1 - Utilision localisée d'une masse en tant que conducteur de protection

Cette mesure est généralement appliquée lorsqu'un ou plusieurs appareils ne disposant pas de borne de raccordement pour un conducteur de protection propre (exemples : voyants à embase métallique, organes de manœuvre métalliques...) sont fixés sur un élément tel que capot, panneau, porte...
Outre les règles générales déjà définies, les précautions suivantes sont à prendre :
- le contact électrique entre l'élément support et l'appareil (ou les appareils) doit être traité pour assurer sa fiabilité (peinture ôtée, protection de la corrosion, indesserrabilité...)
- la liaison équipotentielle supplémentaire entre l'élément support et le circuit principal de protection (qu'il soit constitué de masses ou de conducteurs) est dimensionnée en fonction du courant maximal, égal à la somme des courants de chaque appareil fixé, selon le tableau II.
La valeur du courant de courtcircuit (point 5) sera limitée à celle correspondant à l'alimentation de l'appareil fixé le plus puissant.

3.2 - Utilisation généralisée des masses en tant que conducteur de protection

Cette mesure peut être appliquée lorsque l'on dispose d'une structure conductrice continue de dimensions suffisantes pour effectuer l'interconnexion des autres masses, et des conducteurs de liaison équipotentielle. Des dispositifs de connexion ou des moyens de raccordement doivent donc être prévus en conséquence y compris pour les appareils qui pourraient être installés ultérieurement (cas des ensembles d'armoires par exemple).

Tableau II (EN 60439-1)

Courant nominal d'emploi (A)	Section minimale du conducteur d'équipotentialité (mm²)
Ie ≤ 25	2,5
25 < Ie ≤ 32	4
32 < Ie ≤ 63	6
63 < Ie ≤ 80	10
80 < Ie ≤ 160	16
160 < Ie ≤ 200	25
200 < Ie ≤ 250	35

• 3.2.1
La section équivalente S doit permettre de conduire un éventuel courant de court-circuit calculé sur la base du courant maximal limité par le dispositif protégeant l'alimentation de l'équipement, et du temps de coupure de ce dispositif.

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

S : section du conducteur de protection en mm²
I : valeur efficace du courant de défaut en A
t : temps de fonctionnement du dispositif de coupure en s
K : coefficient dépendant des températures admises, du métal constituant et de l'isolation
Une valeur de K = 50, correspondant à une élévation de température de l'acier de 80 °C peut généralement être prise.

• 3.2.2
En l'absence de la connaissance de la boucle éventuelle de défaut, voire du dispositif de protection (ce qui est généralement le cas des armoires et coffrets vendus "vides"), on vérifiera alors que la section conductrice équivalente du matériau constitutif est au moins égale à celle du conducteur de protection cuivre requis pour la puissance installée (voir tableau I). En pratique, on pourra vérifier la section équivalente au cuivre des matériaux employés par la formule :

$$S_{matériau} = n \times S_{cuivre}$$

(uniquement valable pour des conditions de températures et d'installation similaires). Avec n = 1,5 pour l'aluminium, n = 2,8 pour le fer, n = 5,4 pour le plomb, n = 2 pour le laiton (Cu Zn 36/40).

4 Vérification de la continuité des masses

La résistance du circuit de protection est vérifiée entre la borne principale de raccordement du conducteur de protection et n'importe quelle masse de l'appareil ou de l'équipement. La mesure est effectuée en utilisant la méthode voltampèremétrique ou un micro-ohmmètre en faisant passer un courant alternatif 50 Hz pendant au moins 10 s.
La résistance doit être mesurée (ou calculée) pour une valeur de courant 25 A, elle ne doit pas excéder 0,05 Ω.
NB : cette valeur ne considère pas les exigences éventuelles d'équipotentialité liées à la compatibilité électromagnétique qui requièrent une impédance beaucoup plus faible (voir page 171).

5 Vérification de la tenue aux surintensités

5.1 - Conducteurs de protection et masses utilisées en tant que tels

Ceux-ci sont soumis à un courant de court-circuit défini selon les modalités suivantes :
- soit sur la base de la contrainte thermique I^2t limitée par le dispositif de protection en appliquant une valeur Icw pendant une seconde égale à $\sqrt{I^2t}$ (point 3.2.1)
- soit en appliquant une valeur égale à celle de la contrainte thermique maximale admissible par le conducteur de protection nécessaire pour l'équipement ou la partie d'équipement concerné, lorsque le dispositif de protection n'est pas connu (point 3.2.2). Le courant d'essai Icw pendant 1 s est alors égal à $\sqrt{K^2S^2}$ (voir tableau page 261).

5.2 - Masses mises accidentellement sous tension par suite du détachement d'un conducteur

Bien qu'une telle probabilité soit faible, elle doit néanmoins être prise en compte pour les équipements alimentés par un réseau à régime de neutre TN ou IT ne possédant pas de protection différentielle complémentaire. Cette situation peut entraîner, en cas de défaut entre phase(s) et partie métallique reliée au conducteur de protection, la circulation d'un courant de court-circuit uniquement limité par les dispositifs de protection contre les surintensités. (En régime IT, ce risque ne survient qu'au 2e défaut sur une autre phase et le courant de court-circuit reste plus faible qu'en régime TN.)
Dans de telles applications, on vérifiera que les masses concernées, les liaisons équipotentielles et leur raccordement au conducteur de protection sont à même d'écouler le courant de défaut limité par l'appareil de protection pour un courant égal à 60 % de l'Icc triphasé présumé.
La valeur de la contrainte thermique I^2t limitée permettra de déterminer le courant d'essai I égal à $\sqrt{I^2t}$ pendant 1 s.
A titre indicatif on pourra prendre les valeurs d'essai Icw du tableau III selon le courant de défaut ph/PE.

Tableau III

Courant de défaut ph/PE (kA)	Courant d'essai Icw (A)	Appareil de tête
3	200	modulaire In ≤ 63 A
6	250	modulaire 63 < In ≤ 125 A
10	700	boîtier moulé In ≤ 125 A
15	1 000	boîtier moulé 125 < In ≤ 400 A
20	2 000	boîtier moulé In > 400 A
35	3 800	boîtier moulé In ≤ 1 000 A

6 Compatibilité électrolytique (ou galvanique) des métaux

Une limite maximale de 300 mV est considérée comme acceptable pour limiter le phénomène de corrosion entre deux métaux (zone verte de l'abbaque ci-dessous). Cette valeur peut être augmentée à 400 mV en conditions sèches contrôlées (zone bleue).

Domaine de compatibilité électrolytique des métaux (dans l'eau à 2 % de NaCl)

	Or	Inox 18/8	Argent	Nickel	Cuivre	Laiton	Etain	Plomb	Acier 25 % Ni	Duralumin	Fonte	Cupro-alumin	Aluminium	Acier	Alumag	Cadmium	Fer	Chrome	Aluzinc	Zinc	Magnésium
Or		100	220	300	440	470	670	710	800	810	820	870	960	965	970	970	975	1070	1095	1270	1820
Inox 18/8	100		100	180	320	350	550	590	680	690	700	750	840	845	850	850	855	950	975	1150	1700
Argent	220	100		80	220	250	450	490	580	590	600	650	740	745	750	750	755	850	875	1050	1600
Nickel	300	180	80		140	170	370	410	500	510	520	570	660	665	670	670	675	770	795	970	1520
Cuivre	440	320	220	140		30	230	270	360	370	380	430	520	525	530	530	535	630	655	830	1380
Laiton	470	350	250	170	30		200	240	330	340	350	400	490	495	500	500	505	600	625	800	1350
Etain	670	550	450	370	230	200		40	130	140	150	200	290	295	300	300	305	400	425	600	1150
Plomb	710	590	490	410	270	240	40		90	100	110	160	250	255	260	260	265	360	385	560	1110
Acier 25 % Ni	800	680	580	500	360	330	130	90		10	20	70	160	165	170	170	175	270	295	470	1020
Duralumin	810	690	590	510	370	340	140	100	10		10	60	150	155	160	160	165	260	285	460	1010
Fonte	820	700	600	520	380	350	150	110	20	10		50	140	145	150	150	155	250	275	450	1000
Cupro-alumin	870	750	650	570	430	400	200	160	70	60	50		90	95	100	100	105	200	225	400	950
Aluminium	960	840	740	660	520	490	290	250	160	150	140	90		5	10	10	15	110	135	310	860
Acier	965	845	745	665	525	495	295	255	165	155	145	95	5		5	5	10	105	130	305	855
Alumag	970	850	750	670	530	500	300	260	170	160	150	100	10	5		0	5	100	125	300	850
Cadmium	970	850	750	670	530	500	300	260	170	160	150	100	10	5	0		5	100	125	300	850
Fer	975	855	755	675	535	505	305	265	175	165	155	105	15	10	5	5		95	120	295	845
Chrome	1070	950	850	770	630	600	400	360	270	260	250	200	110	105	100	100	95		25	200	750
Aluzinc	1095	975	875	795	655	625	425	385	295	285	275	225	135	130	125	125	120	25		175	725
Zinc	1270	1150	1050	970	800	735	600	560	470	460	450	400	310	305	300	300	295	200	175		550
Magnésium	1820	1700	1600	1520	1380	1350	1150	1110	1020	1010	1000	950	860	855	850	850	845	750	725	550	

Ce tableau doit être considéré comme une aide pour le choix de solutions. Il ne permet pas de préjuger totalement du comportement réel, qui sera également influencé par de nombreux autres facteurs : composition de l'électrolyte, pH, aspect de corrosion chimique, quantité d'eau, température, oxygénation du milieu... (voir page 65).

2 CONSTRUCTION DES ENSEMBLES DE CLASSE II

Seules les enveloppes réalisées en matériau isolant peuvent répondre à l'appellation "protection par isolation totale" : elles sont désignées de classe II A.
Cela n'exclut pas que des enveloppes en métal puissent également prétendre apporter un niveau de sécurité équivalent à la classe II. Ces enveloppes sont alors désignées de classe II B.
A contrario, une enveloppe isolante n'est pas obligatoirement de classe II. Elle peut, par exemple, être réalisée en classe I si les parties métalliques ou les appareils qu'elle contient sont reliés à un conducteur de protection.

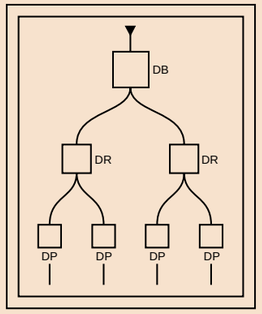
1 Enveloppes de classe II A

1.1 - Continuité de la protection isolante

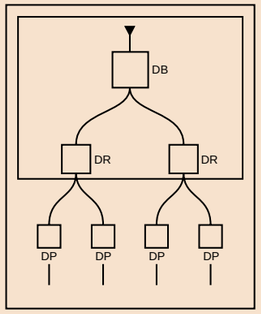
L'enveloppe doit être conçue de telle manière qu'aucune tension de défaut puisse être transmise à l'extérieur. Elle doit procurer un degré de protection au moins égal à IP 3xD en situation d'installation.
Cette continuité de protection doit également être assurée sur les faces non accessibles (boîte encastrée par exemple) s'il existe un risque de contact, même fortuit (conducteur détaché), avec un élément extérieur conducteur tel que structure métallique ou construction maçonnée. Dans ce cas précis, la protection sera vérifiée de l'intérieur du produit vers l'extérieur avec un degré au moins égal à IP 3x (ou 2xC).
Ce niveau de protection pourra être limité à IP 2x (risque de pénétration d'animaux), si des mesures visant à éviter tout déplacement des conducteurs sont appliquées (point 2.2).

Dispositions selon chapitre 558 de la NF C 15-100

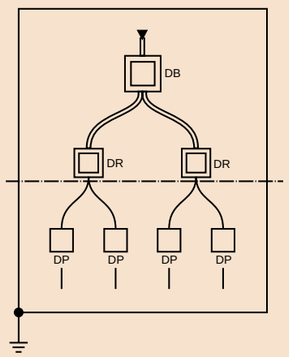
Classe II A à enveloppe isolante : aucune disposition particulière n'est à prendre.



Classe II B à enveloppe métallique : les matériels qui ne sont pas de classe II sont séparés par une isolation supplémentaire.



Classe I avec une partie en classe II : la partie en amont des dispositifs DR est réalisée avec des matériels de classe II et/ou une isolation supplémentaire.



DB : disjoncteur de branchement non différentiel
DR : dispositif à courant différentiel résiduel
DP : dispositif de protection contre les surintensités (fusibles, disjoncteurs)

Si l'enveloppe doit être traversée par des parties conductrices et ce quelles que soient leurs dimensions (commandes d'appareils, verrous, charnières, rivets, fixations murales…), ces dernières doivent être préférablement isolées à l'intérieur de l'enveloppe afin qu'elles ne puissent être portées sous tension suite à un défaut. Les vis isolantes ne doivent pas pouvoir être remplacées par des vis métalliques si cela nuit à l'isolation.

1.2 - Châssis et parties métalliques internes

Ceux-ci ne doivent pas être reliés au conducteur de protection et ne pas être en contact électrique avec des parties traversant l'enveloppe. Un marquage ⊗ doit être apposé de manière apparente à l'intérieur et à l'extérieur de l'enveloppe.
Si pour des raisons fonctionnelles une liaison à la terre est nécessaire (CEM), celle-ci ne sera pas repérée par la double coloration vert/jaune (l'usage retient généralement la couleur noire), la ou les borne(s) seront marquées TE ou repérées par le symbole ⏚. Des explications complémentaires (notice, doc. technique) devront être fournies. Pour les ensembles où il existe un risque de raccordement inopiné au conducteur de protection (châssis, barreau, collecteur…) ou de raccordement ultérieur (maintenance, évolution de l'installation…), un avertissement du type : "Attention, ensemble à double isolation. Masses non reliées au conducteur de protection" sera apposé.
Les châssis et parties métalliques à l'intérieur de l'enveloppe doivent être considérés comme potentiellement dangereux, y compris pour un intervenant qualifié, en cas de défaillance de l'isolation principale des appareils qu'ils supportent ou en cas de détachement d'un conducteur. Dans la pratique un tel risque peut être limité en n'incorporant que des appareils de classe II (y compris borniers, répartitions…), ou présentant une isolation équivalente par rapport à ces châssis et parties métalliques (alors assimilés à des masses accessibles), et en traitant la circulation des conducteurs tel que décrit au point 2.2.

2 Enveloppes de classe II B

La classe II B peut être obtenue par des dispositions constructives (point 2.1) ou par isolation supplémentaire à l'installation (point 2.2).

2.1 - Dispositions constructives

La face interne de l'enveloppe est recouverte d'un revêtement isolant continu jusqu'à la pénétration des conducteurs. Des barrières isolantes entourent toutes les parties métalliques où pourrait se produire un contact fortuit.
Les appareils, les connexions et tous les matériels installés assurent des distances d'isolement et des lignes de fuite entre l'enveloppe et les parties dangereuses (parties actives, conducteurs et borne PE, parties métalliques seulement séparées par une isolation fonctionnelle) en toutes circonstances y compris accidentelles (arrachement d'un conducteur, desserrage des bornes, déplacement sous l'effet d'un court-circuit).

2.2 - Isolation supplémentaire à l'installation

Cette disposition peut être utilisée pour des coffrets et armoires métalliques situés à l'origine de l'installation (TGBT) et plus particulièrement pour la partie comprise entre l'origine de l'installation et les bornes de sortie des dispositifs différentiels assurant la protection des départs.
La normalisation prévoit la possibilité d'obtenir une sécurité équivalente à la classe II en dotant les appareils d'une isolation supplémentaire à l'installation : entretoises isolantes, isolation des rails supports… Ces dispositions théoriques sont difficiles à mettre en œuvre et souvent peu industrielles.
Il est donc préférable, là encore, de n'incorporer que des matériels eux-mêmes de classe II, le traitement de l'isolation se limitant aux conducteurs et câbles. Sauf si ces derniers sont de classe II (U1000 R2V, H07 RN-F…), ils doivent être disposés dans des conduits ou goulottes isolantes. Des systèmes guide-fils, bracelets ou bien encore toronnage par colliers peuvent être suffisants si le maintien qu'ils assurent peut éviter tout contact fortuit avec l'enveloppe. Le maintien au voisinage des connexions, y compris en cas de desserrage, peut-être assuré par des cache-bornes adaptés. Les systèmes ayant plusieurs points de connexion simultanés (peignes) sont considérés ne pas pouvoir se déplacer.

3 Conducteurs de protection (PE)

Si un (ou des) conducteur(s) de protection et leur(s) borne(s) sont protégés par l'enveloppe, ceux-ci devront être totalement isolés des parties actives, des parties métalliques et des châssis.
Même si les appareils situés dans l'enveloppe comportent des bornes pour conducteur PE, celles-ci ne devront pas être raccordées.
Cette mesure ne s'oppose pas à ce que des conducteurs d'équipotentialité relient les masses des appareils entre elles pour des raisons fonctionnelles sous réserve que ces liaisons ne soient pas elles-mêmes reliées au conducteur de protection. Si une borne de masse extérieure doit être installée, elle devra être identifiée sans ambiguïté par le symbole ⏚, complété du symbole ⊗.
Les conducteurs de protection et leurs bornes seront protégés comme des parties actives et devront à ce titre présenter un degré de protection IP xxB (ou xxA avec cache-borne si > 16 mm^2) lorsque la porte de l'enveloppe est ouverte. Des capotages pourront être nécessaires pour limiter les risques de contact mutuel avec des conducteurs uniquement dotés d'une isolation principale (conducteurs de câblage) et/ou les risques de contact fortuit avec un conducteur détaché.

4 Vérification des propriétés diélectriques

Par construction, les caractéristiques d'isolation des enveloppes ne devraient pas être affectées par les contraintes d'exploitation susceptibles de les diminuer (chocs et impacts mécaniques, pluie, ruissellement, pollution et dépôts éventuellement conducteurs, corrosion…).
Les essais d'isolement consistent à appliquer les tensions suivantes.
• Tension d'essai à fréquence industrielle (seuil de détection 10 mA) :
1 mn à 3750 V pour les enveloppes de tension d'isolement ≤ 690 V,
1 mn à 5250 V pour les enveloppes de tension d'isolement ≤ 1000 V.
• Tension d'essai de choc (onde 1,2/50 µs), 3 fois pour chaque polarité :
6 kV pour les enveloppes de tension d'isolement ≤ 690 V,
8 kV pour les enveloppes de tension d'isolement ≤ 1000 V.
Les tensions d'essai sont appliquées :
- entre une feuille métallique matérialisant la surface d'accès extérieure et toutes les parties intérieures de l'enveloppe reliées entre elles (parties actives, châssis et parties métalliques, vis, inserts, dispositifs de fermeture et conducteurs de protection). Appliquée sur toute la face extérieure, y compris la face arrière, la feuille métallique est éventuellement poussée avec un doigt d'épreuve normalisé, elle doit également être reliée aux vis ou éléments de fixation de l'enveloppe
- entre toutes les parties intérieures de l'enveloppe reliées entre elles (parties actives, châssis et parties métalliques, vis, inserts, dispositifs de fermeture…) et les conducteurs de protection et leurs bornes.
NB : lorsque les parties intérieures ou leur localisation ne sont pas clairement identifiées (armoires et coffrets livrés "vides", boîtes, goulottes, conduits…), celles-ci peuvent être matérialisées par une feuille métallique appliquée sur la face interne, par le remplissage du volume intérieur par des billes conductrices, par l'application d'une peinture conductrice, ou par tout autre moyen représentatif.
Les essais ne doivent provoquer ni contournement, ni claquage ou perforation.

3 PRÉCAUTIONS DE CONSTRUCTION DES ENSEMBLES CONTRE LES PERTURBATIONS ÉLECTROMAGNÉTIQUES

En matière de compatibilité électromagnétique les précautions prises pour l'installation des appareils sont aussi importantes que les caractéristiques mêmes de ces appareils.
Les règles ci-après doivent être appliquées à la réalisation des ensembles d'appareillages et il est vain de penser solutionner correctement un problème de CEM si ces règles de base sont ignorées.

1 L'équipotentialité

L'équipotentialité consiste en la création d'une référence de potentiel commune à plusieurs éléments. Elle ne doit pas être confondue avec le raccordement à la terre nécessité par la sécurit des personnes.
La notion de masses, elle-même, diffère entre sécurité et CEM.
• Du point de vue normatif, elle désigne les éléments métalliques accessibles des matériels qui pourraient devenir dangereux par suite d'un défaut. C'est la différence de potentiel entre deux masses, dont l'une peut être la terre, qui est dangereuse.
• Dans le cadre de la CEM, cette notion est beaucoup plus large et tous les éléments métalliques, y compris non accessibles, faisant ou non partie des matériels (structures, bâtis, châssis, charpentes…), et devant être référencés au potentiel commun, sont assimilés à des masses.
Les électroniciens connaissent bien cette approche et l'appliquent depuis longtemps dans le dessin de leurs cartes, dans le raccordement des châssis, avec l'utilisation d'écrans et de câbles blindés.

A ce jour, la plupart des normes de produits intègrent des exigences de CEM (directive CEE / 89 / 336) et la conformité à celles-ci est attestée par le marquage CE. Si les caractéristiques d'un appareil isolé sont justifiables par des essais, elles le sont beaucoup moins d'un ensemble d'appareils et encore moins d'une installation complète. Autrement dit, les essais ne peuvent simuler la diversité de toutes les installations et des spécificités de leur environnement.
La présomption de conformité va donc reposer en grande partie sur les précautions prises à la mise en œuvre : celles applicables à l'installation dans sa globalité sont décrites au chapitre I.C.2 (réseaux de masse, séparations électrique, séparation géométrique), ces mêmes principes appliqués aux ensembles sont ici extrapolés.

L'équipotentialité… ou la répartition des perturbations !

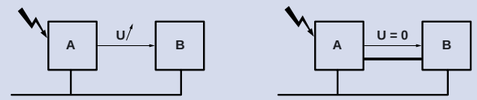


Schéma 1 Schéma 2

Si aucun conducteur de masse ne relie les équipements (schéma 1), une perturbation qui affecterait l'équipement A (une surtension par exemple) n'affectera pas, ou du moins de manière très atténuée, l'équipement B ; ce qui pourrait en soi être considéré comme positif. Or cette situation aura induit une différence de potentiel entre les équipements qui pourra être décodée comme un signal de commande ou une variation de valeur ou tout autre ordre non désirable.
En revanche, si les deux équipements sont parfaitement équipotentiels par l'adjonction d'un conducteur de masse (schéma 2), cette perturbation s'équilibrera, souvent en diminuant de niveau. La montée en potentiel sera identique sur les deux équipements et il n'y aura pas de défaut.
Exemple de la preuve quotidienne de cette notion d'équipotentialité : l'automobile. Celle-ci intègre des fonctions utilisant une diversité grandissante de signaux (haute tension pour l'allumage, haute fréquence bas niveau pour la radio, signaux numériques de la gestion de l'alimentation, capteurs analogiques de débit, de températures, courants très élevés pour le démarrage, courant continu de la batterie, alternatif du générateur…) dans une "profusion" de perturbations (surtensions, ruptures de courant, parasites des collecteurs de moteur, décharges électrostatiques…) et cela sans que la bonne marche du véhicule en soit affectée ! Mais il y a à tous ces éléments un point commun, une référence : la masse du véhicule (et cela sans prise de terre). Et chacun sait les conséquences fâcheuses d'une mauvaise masse, ne serait-ce que sur un clignotant !

La difficulté majeure réside dans le fait que les différentes liaisons galvaniques (alimentation, conducteur de protection…) assurent une bonne équipotentialité en basse fréquence (ce qui est vérifié par les tests de continuité pour la sécurité des personnes), mais que leur efficacité devient illusoire lorsque la fréquence augmente.
Le calcul de l'impédance des conducteurs de masse reste délicat car la notion d'équipotentialité n'est toujours qu'en valeur relative à l'impédance des circuits qu'il faut rendre équipotentiels et au domaine de fréquences concerné.
Sur un circuit d'impédance moyenne 100 Ω, une liaison de 1 Ω assure effectivement une notion certaine d'équipotentialité. Cette même liaison, sur un circuit basse impédance de 0,1 Ω ne sera d'aucune utilité.

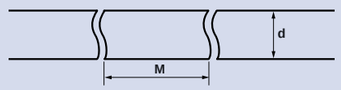
Ordre de grandeur des valeurs d'impédance de quelques conducteurs

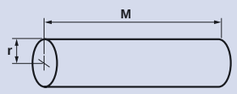
Conducteurs	à 1 MHz	à 100 MHz
Maille carrée de 20 cm en feuillard cuivre 20 x 1	0,001 Ω	0,1 Ω
Châssis et structure des enveloppes XL/XL-A	0,01 Ω	1 Ω
20 cm de feuillard cuivre 20 x 1	0,1 Ω	10 Ω
20 cm de tresse plate	0,5 Ω	50 Ω
1 m de conducteur filaire	5 Ω	500 Ω

Calcul de l'impédance d'un conducteur en haute fréquence (HF)

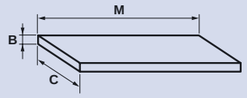
$$Z = 2 \pi f L$$

L'impédance croit proportionnellement avec la fréquence f (en hertz) et l'inductance L (en henry) du conducteur, elle-même directement liée à la longueur M de ce dernier.
L'inductance linéique (effet de self) d'un élément de conducteur rectiligne est d'environ 1 µH/m. Elle peut descendre à des valeurs de 0,1 à 0,5 µH/m pour des conducteurs larges et très courts (feuillards, tresses) où le rapport M/d est ≤ 5.
Il faut également noter que si l'on enroule les conducteurs (boucles ou loves), l'inductance linéique peut monter à 10 µH/m d'où une impédance encore plus élevée. En revanche, si le conducteur retour est très proche du conducteur aller (épingle à cheveux), l'inductance linéique est divisée par 3. D'où l'intérêt qu'il y a à regrouper dans un même cheminement les conducteurs d'alimentation, les conducteurs de protection et éventuellement de faire cheminer les conducteurs de masse au plus près des masses auxquelles ils sont raccordés.





L = K × M (log 2 × M / r)



L = K × M (log 2 × M / B + C)

Influence de la forme des conducteurs sur la valeur relative de l'inductance

La CEM implique de nouvelles exigences pratiques de réalisation qui vont au-delà des règles de l'art habituelles. Il y aura tout intérêt à se servir de tous les éléments métalliques disponibles, charpentes, structures, bâtis, armoires d'équipements, en multipliant les liaisons par conducteurs courts ou mieux encore par assemblage direct, pour faire baisser, principalement en HF, la valeur de la liaison équipotentielle.
On utilisera de préférence des conducteurs larges et le plus courts possible (feuillards ou tresses). Ils seront disposés au plus près des masses. Dans la pratique, leur longueur ne devrait pas excéder 1 m pour les applications industrielles courantes (f < 1 MHz) et 0,5 m pour les applications de transmission de données ou pour les liaisons parafoudre (f < 100 MHz). On limitera l'utilisation de conducteurs ronds aux fréquences inférieures à 10 MHz.
Les courants HF circulent essentiellement à la surface des conducteurs, c'est l'effet de peau. L'épaisseur de celle-ci en millimètres vaut :

$$\delta = \frac{0{,}066}{\sqrt{F \times \mu_r \times \rho_r}} \quad \text{(avec F en MHz)}$$

A titre d'exemple : δ = 0,0066 mm à 100 MHz.

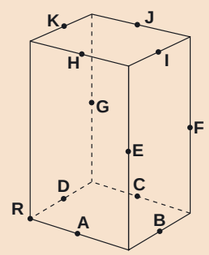
La conception même des enveloppes Legrand évite de recourir à des solutions complexes et onéreuses.
Au niveau des tableaux et des ensembles d'appareillages pour la réalisation de l'équipotentialité.
- L'utilisation de la structure métallique permet de créer une référence de potentiel fiable.
- Tous les systèmes de montage des équipements assurent une excellente continuité avec cette référence.
- L'emploi des plaques de montage et de châssis galvanisés permet d'assurer un contact direct avec les équipements possédant un châssis métallique conducteur.
- L'utilisation des vis spéciales HF avec rondelle contact réf. 367 75/76 et les clips-écrous à picots réf. 347 48/49 permettent d'assurer un excellent contact sur les surfaces peintes et traitées par perçage du revêtement.

Valeurs typiques de résistances de contact

Vis avec taraudage sur plaque pleine	0,2 à 0,3 mΩ
Vis autotaraudeuse sur plaque pleine	0,3 à 0,4 mΩ
Contact métal/métal sur plaque galvanisée	0,2 à 0.25 mΩ
Vis avec rondelle contact sur peinture	0,3 à 0,5 mΩ
Clips-écrous sur montants Altis peints	0,4 à 0,6 mΩ
Vis et rondelle plate sur traitement zingué bichromaté	0,6 à 0,8 mΩ

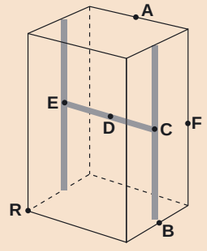
Valeurs d'équipotentialité d'une structure d'armoire Altis/XL-A(1)

Points	R (mΩ)
R/A	0,58
R/B	0,61
R/C	0,64
R/D	0,39
R/E	0,74
R/F	0,79
R/G	0,66
R/H	0,65
R/I	0,63
R/J	0,80
R/K	0,65



Valeurs d'équipotentialité d'une armoire XL(1)

Points	R (mΩ)
R/A	0,97
R/B	0,61
R/C	0,65
R/D	0,79
R/E	0,61
R/F	0,71



(1) Les points de mesure sont situés au milieu des montants et traverses.

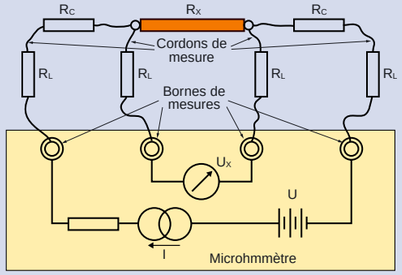
On considère que les valeurs d'équipotentialité nécessaires (mesurées en BF) ne doivent pas excéder 5 mΩ par contact de liaison, et 20 mΩ entre n'importe quel point d'une structure de dimensions ≤ 2 m. Les mesures effectuées sur tous les éléments constructifs, structure et châssis des enveloppes XL et XL-A démontrent des niveaux très en deçà.

2 La séparation des barres de puissance

Contrairement à toute attente, les principales sources de champ magnétique dans les ensembles ne sont pas constituées par des produits à "fonction magnétique" (transformateurs, contacteurs…) mais par les lignes d'alimentation en énergie constituées par des nappes de câbles ou des jeux de barres.
La circulation de courants permanents élevés crée des champs magnétiques à la fréquence du réseau (50 Hz) dont l'intensité est proportionnelle au courant et inversement proportionnelle à la distance (décroissance en 1/r).
Des fem induites peuvent donc se créer dans toute boucle conductrice qui intercepterait ces champs.

La mesure de résistance quatre fils

En pratique, la mesure d'impédance en HF n'est pas réalisable sur des éléments conducteurs en situation.
Une assimilation est donc faite en effectuant la mesure en basse fréquence, mais les valeurs très faibles à mesurer nécessitent d'utiliser un microhmmètre à mesure "à quatre fils". Cette méthode permet de s'affranchir des résistances des cordons et des pinces de mesure et de leur contact. Les valeurs de ces éléments risquant de ne pas être négligeables par rapport à l'élément à mesurer. Une mesure à l'ohmmètre deux fils surévaluerait totalement la valeur réelle.



A partir d'une source de tension U, un générateur fournit un courant de valeur I et de forme déterminée (∿ ou ⎓). Un voltmètre mesure la chute de tension U_X aux bornes R_X de la résistance à mesurer et affiche le résultat $R_X \times U_X/I$.
Le résultat est indépendant des autres résistances de la boucle de courant (R_L résistances des cordons de mesure, R_C résistances des contacts de mesure) tant que la chute de tension qu'elles provoquent avec R_X reste inférieure à la tension que peut fournir la source U.

Les champs permanents relevés atteignent des valeurs très supérieures aux niveaux prescrits par les normes génériques d'immunité (EN 50082-1/2) qui retiennent respectivement 3 A/m en milieu résidentiel et 30 A/m en milieu industriel. En fait ces valeurs s'appliquent à l'environnement extérieur alors que les valeurs à l'intérieur des tableaux sont beaucoup plus élevées.

Intensité (A)	H à 10 cm du centre du jeu de barres (A/m)	H à 30 cm du centre du jeu de barres (A/m)	H à 60 cm du centre du jeu de barres (A/m)
90	165	35	10
160	300	65	15
400	750	160	45
630	1200	260	65
1600	3000	650	170

A noter qu'en régime de court-circuit, ces valeurs peuvent augmenter notablement pendant le temps nécessaire à la coupure.

A même distance, la valeur du champ est plus élevée en regard de la face large des barres.
Des groupements de barres (plusieurs barres en parallèle par pôle) ne modifient pas sensiblement cette répartition.
A même courant le rayonnement d'un jeu de barres triphasé est environ deux fois plus faible que celui d'un jeu de barres monophasé. Ce qui confirme l'importance d'un groupement régulier et symétrique des conducteurs (voir page 630).
La présence d'une barre neutre réduit sensiblement le rayonnement global. Le côté de la barre neutre est nettement moins exposé.

Allure indicative des lignes d'équichamp autour des barres



La connaissance des valeurs réelles d'exposition dans les tableaux est un élément important dans la conception des produits. Les gammes de produits Lexic intègrent cette exigence bien au-delà des minima normatifs.
En règle générale, et plus la puissance augmente, il est recommandé de respecter quelques règles de distancement entre appareils et barres :
- aucune distance préconisée (fusibles, interrupteurs sans différentiel, connexions…)
- 30 cm mini (disjoncteurs y compris différentiels, relais, transformateurs…)
- 60 cm mini (électronique et appareils de mesure numériques, systèmes à bus, commandes à distance, interrupteurs électroniques…).
De même, l'orientation préférentielle (côté chant des barres et proximité de la barre de neutre) sera si possible respectée.
Des distances plus grandes peuvent être nécessaires avec les jeux de barres de très forte puissance (> 2 500 A).
Voir page 408, "Effets magnétiques associés aux jeux de barres".

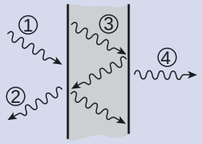
3 Le blindage des enveloppes

Dans les environnements particulièrement perturbés et à proximité de sources de rayonnement électromagnétiques de forte puissance (émetteurs, fours à arc, alimentations, variateurs…), certains appareils peuvent être sujets à des dysfonctionnements.
La mise en œuvre d'enveloppes blindées peut dans certains cas apporter une solution pour améliorer l'immunité de ces équipements, mais il faut être bien conscient que cette option n'aura de réelle efficacité que si les mesures de base de la CEM ont été appliquées.

L'utilisation d'enveloppes blindées ne doit être envisagée qu'après l'application des principes de base de mise en œuvre :
- au niveau de l'installation (voir page 100) par la réalisation d'un réseau de masses adapté, par la séparation des alimentations et par l'éloignement géométrique des perturbateurs et des perturbés
- au niveau des ensembles et tableaux (voir page 171) par des liaisons équipotentielles de qualité et par l'éloignement des sources de puissance.
Si les problèmes perdurent, on devra d'abord envisager l'emploi d'une enveloppe métallique (armoire Altis, XL-A, coffret Atlantic, Atlantic Inox) dont les performances en standard sont déjà élevées (environ 20 dB sur une très large plage de fréquences) avant de passer, étape ultime à des versions blindées.

Efficacité de blindage des matériaux

L'effet de blindage d'une paroi est un phénomène complexe lié à l'interaction des ondes électromagnétiques avec la matière. Les formules de calcul découlent des équations de Maxwell.



① Onde incidente appliquée à la paroi
② Partie de l'onde arrêtée par réflexion
③ Partie de l'onde absorbée par la matière et dissipée sous forme de chaleur
④ Partie de l'onde transmise

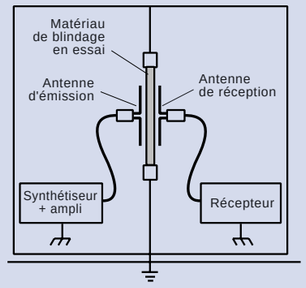
Selon les matériaux et la fréquence, les caractéristiques de blindage seront différentes.
Les basses fréquences, à prédominance de champs magnétiques, seront essentiellement arrêtées par absorption et nécessiteront des matériaux ferreux en forte épaisseur.
Les hautes fréquences, champ électrique, seront réfléchies par les matériaux bons conducteurs (cuivre, alu, zinc...).
Efficacité de blindage (E) = (A) + (R)
Somme des pertes par absorption (A) et pertes de réflexion (R)

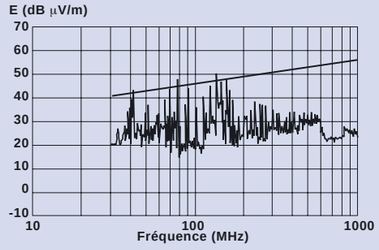
$$A = K_1 \, e \sqrt{F \, \mu_r \, \rho_r}$$

$$R = 10 \times \log \left(\frac{\rho_r}{F \, \mu_r} \right)$$

e **: épaisseur du matériau en mm**
F **: fréquence en Hz**
μ_r **: perméabilité magnétique relative**
ρ_r **: conductivité relative par rapport au cuivre**

Détermination expérimentale de l'efficacité de blindage d'un matériau





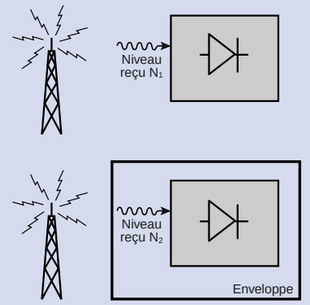
L'efficacité de blindage d'une enveloppe complète est beaucoup plus complexe à déterminer dans la mesure où les ouvertures, les joints, les pièces traversantes, la forme et les dimensions mêmes ont une influence.
Dans la pratique, on caractérise le niveau d'émission ou de réception de l'équipement (ou d'une antenne de référence) sans enveloppe N_1, puis avec enveloppe N_2. La différence entre les deux mesures exprime le niveau d'atténuation.
L'atténuation est la différence sous forme de rapport de N_1 sur N_2 :

$$A = \frac{N_1}{N_2} \text{ en amplitude.}$$

L'utilisation du logarithme permet d'exprimer cette grandeur en décibels :

$$A(dB) = 20 \log \left(\frac{N_1}{N_2} \right) \text{ en puissance.}$$

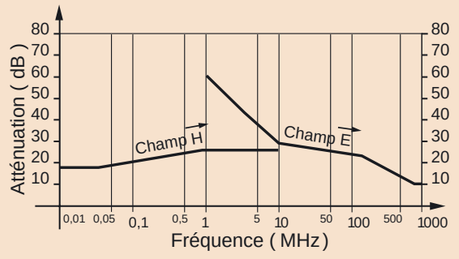
Niveaux d'atténuation



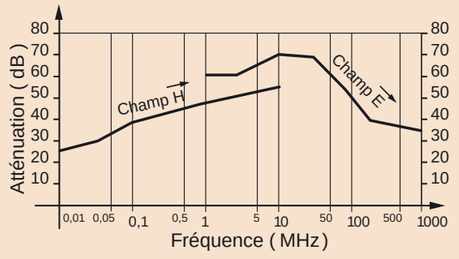
Rapport des niveaux d'atténuation N_1/N_2	Valeur exprimée en dB
2	6
3	10
10	20
30	30
1 000	60
10 000	80
100 000	100

Courbes d'atténuation typiques

Armoire XL-A



Armoire XL-A blindée



L'installation peut faire chuter notablement le niveau de blindage. L'efficacité du blindage chute dès la première fuite (ouverture, passage de câbles). Les fuites sont surtout sensibles en haute fréquence. Elles sont souvent difficiles à détecter.
La continuité de blindage nécessite un contact continu des surfaces sans interposition de peinture. C'est pourquoi les joints de blindage métalliques sont coûteux, délicats de mise en œuvre et fragiles à l'usage.
Des clips ou autres dispositifs qui n'assurent que des contacts ponctuels entre panneaux, portes et structure sont sans efficacité.

4 RÈGLES DE CONCEPTION ET CHOIX DES ENVELOPPES EN FONCTION DES CONDITIONS AMBIANTES

Si la règle première est de s'assurer, pour toutes les installations, que les caractéristiques des enveloppes et des matériels conviennent au regard des contraintes de l'environnement, il faut néanmoins discerner :
- les enveloppes propres à certains appareils et intrinsèquement liées à ceux-ci (coffrets de coupure, blocs autonomes, claviers…)
- les enveloppes à usage universel (coffrets, armoires…) destinées à recevoir des appareillages très divers (commande, signalisation, puissance, automatismes…) et toutes les fonctions qui s'y rattachent (câblage, connexions…)

Dans le premier cas, il n'y aura pas réellement de choix de l'enveloppe puisque celle-ci sera adaptée aux conditions les plus probables d'usage de l'appareil, ce qui sous-entend également que pour des conditions inhabituelles ou plus sévères, des mesures de protection complémentaires pourront être nécessaires.
Dans le second cas, le choix de l'enveloppe relèvera d'une démarche qui devra à la fois intégrer des besoins dimensionnels (types de matériels, puissance, nombre de départs…) et des contraintes liées aux conditions d'environnement (type de locaux, milieu corrosif, présence d'eau, de poussières…).

Quel qu'il soit, le choix d'une enveloppe demande toujours une réflexion particulière pour s'assurer de son adéquation à son milieu réel d'utilisation.

1 Les matériaux constitutifs des enveloppes

La diversité des matériaux disponibles dans l'offre d'enveloppes Legrand permet de répondre à toutes les conditions ambiantes d'installation. A base de matières synthétiques ou de métal, en voici les principaux traits.

• Les polymères

Ils sont utilisés pour les enveloppes de petite et moyenne dimension (coffrets modulaires par exemple). Les matières de base utilisées (polycarbonate, polystyrène, polypropylène…) font l'objet de formulations chimiques spécifiques (adjuvants anti UV, retardateurs feu, plastifiants antichoc…).
Ces matériaux peuvent être utilisés dans des plages de température habituelles (- 20°C à + 70°C) et dans des milieux humides ou modérément agressifs.



Coffrets Plexo, pour toutes les applications nécessitant à la fois étanchéité et protection contre l'agressivité et la corrosivité de l'ambiance



Les polymères techniques permettent de concilier des exigences mécaniques, dimensionnelles, de résistance aux agressions et d'isolation électrique

• Le polyester renforcé de fibres de verre

Il présente, outre ses qualités d'isolation électrique, une résistance élevée aux agents chimiques et corrosifs, alliée à d'excellentes performances mécaniques. Ses qualités de résistance au feu et sa température maximale d'utilisation en continu (85°C) lui permet de nombreux usages.



Moulage par compression des coffrets Marina



Coffrets polyester Marina, parfaitement adaptés aux ambiances agressives (bord de mer). Ils reçoivent des châssis permettant l'équipement en modulaire

**Les polyesters préimprégnés (en anglais SMC : Sheet Molding Compound) se présentent sous forme de tissus (ou mat) de verre imprégné de résine catalysée.
Ils sont mis en forme par pression dans un moule ayant une forme extérieure et une contre-forme intérieure, puis chauffés pour polymérisation. Le temps de mise en œuvre est assez long et les moyens industriels sont lourds.**

• L'acier revêtu de polyester

Il permet de multiples emplois : en locaux tertiaires et industriels secs ou humides (armoires XL/XL-A) ou en extérieur rural urbain ou industriel (coffrets Atlantic, Altis monoblocs) avec des contraintes de corrosion normales.
Il présente une excellente résistance aux chocs, aux rayures et à l'usure mécanique en général. La plage d'utilisation thermique est très large et va de - 40°C à + 100°C (140°C en pointe).
La tenue à la corrosion des revêtements de polyester est excellente, mais nécessite une maîtrise industrielle sans faille. Ainsi la qualité des traitements de surface de préparation (phosphatation, chromatation) est-elle essentielle. Il en est de même de la nature des résines : le polyester pur présente les meilleures performances alors que les epoxydiques se dégradent aux ultraviolets.



Armoire Altis, acier revêtu de polyester

Les peintures thermodurcissables en poudre (à base de résines polyester ou epoxy) sont déposées sur la pièce à peindre par attraction électrostatique.
La poudre, préchargée par un générateur à très haute tension, est appliquée par des pistolets robotisés. La pièce peinte est ensuite transférée dans un four de prégélification à infrarouges puis dans un four de cuisson finale à 200°C ou le film de peinture acquiert sa cohésion et son adhérence.



Poudrage des enveloppes

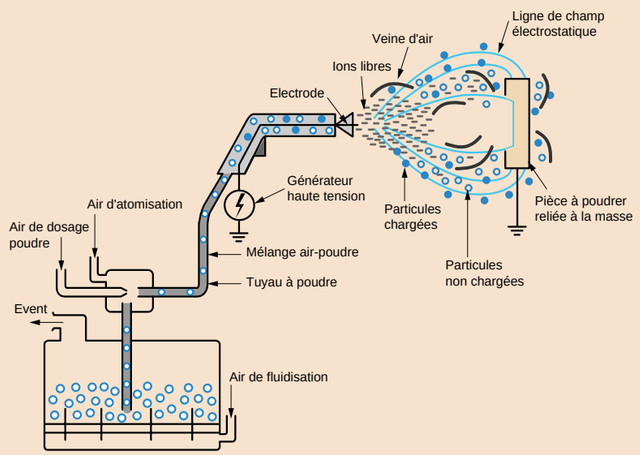
• l'acier inoxydable
Au top de la protection, il présente les qualités de résistance les plus élevées. Il sera donc utilisé, en ambiance intérieure ou extérieure, pour les milieux industriels les plus agressifs (chimie, pétrole, sidérurgie…) mais aussi et bien sûr, pour les applications marines (bord de mer, plates-formes, jetées…).



Acier inoxydable 304 L (ou 316 L) allié à un indice de protection IP 66 : le coffret Altantic Inox offre la meilleure réponse possible

L'acier inoxydable, c'est aussi une résistance exceptionnelle aux bactéries et aux microorganismes (moisissures, champignons) qui le font préconiser dans toutes activités agroalimentaires, pharmaceutiques, hospitalières ou de laboratoires.
A noter également que contrairement à l'acier, il ne présente pas de fragilisation à basse température. Les coffrets Atlantic Inox ont été testés à - 80°C.

Principe de peinture électrostatique



Fort d'une très longue expérience, où Legrand fut d'ailleurs très souvent novateur, le revêtement de polyester et les traitements de surface appliqués aux enveloppes XL, Altis et Atlantic leur garantissent une résistance exceptionnelle.

Les différents aciers inoxydables

On distingue essentiellement trois familles :
- les aciers martensitiques au chrome aux caractéristiques mécaniques élevées, leurs applications sont très larges et vont du domestique (couteaux, robinets...) à l'industrie de pointe (extraction pétrolière, nucléaire...), leur tenue à la corrosion varie selon les dopants utilisés
- les aciers ferritiques au chrome, au prix moins élevé à l'usinage plus classique mais à la tenue en corrosion limitée encore que certaines nuances additivées sont utilisées pour faire des cuves ou des pots d'échappement
- les aciers austénitique au chrome-nickel dont la résistance à la corrosion est la caractéristique essentielle recherchée. Les aciers suivants (désignation américaine AISI) sont les plus utilisés dans cette famille :
- 303 : résistance identique à 304 mais sensible en milieu acide (industriel) ou chloruré (marin)
- 304 : bonne résistance dans les milieux naturels et modérément agressifs en présence modérée de chlorures ou d'acides (limites dans l'agroalimentaire : vins, moutarde...)
- 304 L : excellente résistance en tous milieux naturels y compris urbains, la teneur "bas carbone" ≤ 0,03 % garantit la résistance à la corrosion intercristalline
- 316 : meilleure résistance que le 304 mais non garanti contre la corrosion intercristalline
- 316 L : excellente résistance dans les milieux chimiques acides et chlorurés.

En fonction des sidérurgistes, il peut exister des différences assez subtiles dans la composition des aciers. En règle générale, l'appellation AISI est celle qui couvre la tolérance la plus large. Ainsi la nuance 316 L recouvre-t-elle cinq désignations françaises dont la teneur en chrome varie de 17 à 18 %, celle en nickel de 11 à 14 % et celle en carbone de 0,01 à 0,03 %.
La nouvelle norme européenne EN 10088-2 reprend la désignation numérique (werkstoffnummer) de la norme allemande DIN 17440/41 ainsi que la désignation de la composition chimique. Elle devrait permettre une comparaison directe.

	austénitique à teneur en soufre	austénitique	austénitique bas carbone	austénitique au molybdène	austénitique au molybdène bas carbone
Etats Unis / AISI	303	304	304 (L)	316	316 (L)
Etats Unis / UNS	S 30300	S 30400	S 30403	S 31600	S 31603
Europe / EN 10088-2 (1995)	X8CrNIS 18-9	X5CrNi 18-10	X2CrNi 19-11	X5CrNiMo 17-12-2	X2CrNiMo 17-12-2
Europe : désign. numérique	1.4305	1.4301	1.4306 ou 1.4307	1.4401	1.4404
UK / BS1554 (1990)	303 S 21	303 S 31	304 S 11	316 S 19	316 S 11
Allemagne / werkstoffnummer	1.4305	1.4301	1.4306	1.4401	1.4404
France / NF A35-573 (1990)	Z8 CNF 18-09	Z7 CN 18-09	Z3 CN 18-10	Z7 CND 17-11-02	Z3 CND 17-12-02
France / désign. usuelle		Z6 CN 18-09	Z2 CN 18-10	Z8 CND 17-11	Z2 CND 17-12
Suède / MNC 9008 (1985)	SIS 2346	SIS 2332	SIS 2352	SIS 2347	SIS 2348
Suède / JIS G 4304 (1987)	SUS 303 Se	SUS 304	SUS 304 L	SUS 316	SUS 316 L

2 Les conditions d'agressivité des milieux : les atmosphères

En dehors des conditions climatiques locales (voir page 62), il est indispensable d'appréhender les caractéristiques spécifiques au lieu d'installation. La contamination, voire la pollution de l'atmosphère naturelle est causée par les effluents chimiques des activités industrielles, par les polluants des véhicules à moteur et des chauffages ou bien encore par les aérosols salins des bords de mer. D'autres substances : spores, moisissures… peuvent aussi être transportées dans l'atmosphère.
Il n'y a donc pas une mais des "atmosphères", avec la difficulté réelle qu'il y a à véritablement désigner et quantifier les agents actifs de l'environnement qu'ils soient chimiques, ou biologiques en sus bien sûr des agents climatiques. Les "atmosphères" étant de nature et de composition variables à l'infini, il est clair que le choix d'un produit et de ses caractéristiques, gardera toujours une part d'empirisme ou l'expérience sera essentielle même si l'on peut donner quelques règles générales pour les acceptions habituelles d'atmosphère industrielle, maritime, tropicale…

• L'atmosphère industrielle

On y trouve en quantité variable les agents suivants :
- des oxydes d'azote,
- des oxydes de carbone,
- des hydrocarbures,
- des dérivés soufrées : dioxyde de soufre (SO_2) et hydrogène sulfuré (H_2S)
- du chlore,
- de l'ammoniac,
- de l'ozone,
- des halogénures d'hydrogène (bromures, fluorures, iodures).

Les zones à forte pollution industrielle sont très corrosives. Les oxydes de soufre (activité industrielle et chauffage) et les oxydes d'azote (transports) sont les principaux précurseurs des pluies acides.
Combiné à l'eau, le chlore est également un élément corrosif des ferreux et des aciers inoxydables alors que l'ammoniac est cause d'attaque des alliages cuivreux. Tous les halogénures, même à faible concentration, sont extrêmement corrosifs.
Autant d'éléments dont l'agressivité est augmentée par la température et l'humidité.



Le "taux d'acidité forte"

Pour estimer l'effet corrosif d'une atmosphère à tendance acide (type industrielle ou urbaine), on peut effectuer une approximation avec le "taux d'acidité forte" du lieu considéré. Cette donnée peut être obtenue auprès des services météorologiques ou des organismes locaux de surveillance de la pollution.
Des taux moyens de moins de 50 µg/m³ se rencontrent dans les lieux pas ou peu pollués (niveau 1), des taux de 50 à 100 µg/m³ dans les lieux pollués (niveau 2) et des taux supérieurs à 100 µg/m³ dans les lieux très pollués (niveau 3). Des corrélations à priori peuvent être faites entre ces niveaux et la tenue à la corrosion des enveloppes en extérieur.
Les coffrets Altantic et les armoires Altis peints sont adaptés à une exposition permanente de niveau 1 et momentanée de niveau 2.
Les enveloppes Marina ou Atlantic Inox 304 L sont adaptées à l'exposition permanente au niveau 2 et momentanée au niveau 3.
L'exposition permanente au niveau 3 impose l'inox 316 L.

• L'atmosphère maritime

Elle est caractérisée par une présence constante d'humidité et d'agents chimiques tels que les chlorures de sodium et de magnésium, et les sulfates. Les chlorures constituent un danger important de corrosion par piqûres. Toute discontinuité du revêtement protecteur se traduira par une attaque en profondeur du métal sous-jacent. Il est donc capital de n'utiliser si possible que des matériaux difficilement attaquables (acier inoxydable, aluminium, matières plastiques ou composites). L'utilisation du fer n'est possible qu'en le recouvrant et en l'isolant totalement du milieu ambiant : traitement épais tel que la galvanisation au trempé ou système de peinture multicouches régulièrement renouvelé (principe de coques de navires).



Les contraintes de l'atmosphère maritime sont variables et les effets de corrosion essentiellement dus aux embruns. Ils peuvent être directs (éclaboussures) ou transportés par le vent. C'est pourquoi, l'exposition réelle à ce dernier est un élément essentiel à considérer en bord de mer. C'est d'ailleurs pendant la mauvaise saison (pluies, tempêtes) que l'attaque corrosive est la plus marquée.

• L'atmosphère tropicale

Parmi les éléments qui influent le plus sur le fonctionnement et la durabilité du matériel électrique installé en climat tropical, on note :
- la température
- l'humidité et le phénomène de condensation
- les moisissures et les microorganismes
- les insectes et les termites
- le rayonnement solaire
- les vents, les poussières et le sable qu'il transporte.

L'humidité est sans doute la cause majeure de dégradation à moyen et long terme : pertes d'isolation, corrosion, blocage des mécanismes. Les phénomènes sont accentués par la formation de rosée (beaucoup plus abondante) surtout lorsqu'elle se produit dans des enceintes confinées.
Corollaire aux conditions favorables d'humidité et de température, les moisissures se développent beaucoup plus sous les climats tropicaux.
Elles apparaissent sur les matériaux organiques (bois, matières plastiques, tissus…) mais aussi sur les surfaces métalliques si celles-ci sont recouvertes de poussières dont elles peuvent se nourrir. Les produits de leur croissance peuvent alors endommager le support.
Egalement difficiles à prévoir, les dégradations causées par les insectes en général, et les termites en particulier, peuvent être très importantes notamment dans le sol (câbles sous-terrains).

Les installations en climat tropical, et notamment équatorial, posent des problèmes complexes et multiples. On pourra avoir recours à des peintures ou vernis fongicides (moisissures), à des insecticides locaux (termites) ou à des protections adaptées (grilles contre la faune). Mais dans tous les cas, une bonne ventilation des matériels est indispensable pour limiter les proliférations bactériennes, les effets de corrosion par confinement, les dégradations des isolants par absorption de l'humidité. L'utilisation de dessicateurs (gel de silice) de résistances chauffantes, de ventilateurs est recommandée.

Il existe des essais qui permettent de vérifier la susceptibilité à un certain nombre de moisissures propres aux climats tropicaux (aspergillus niger, penicilium luteum, trichoderma viride...)
Etant donnés les risques afférents, ces essais doivent être effectués par un laboratoire spécialisé.
Le conseil et l'assistance d'organismes spécialisés peuvent être nécessaires.
- laboratoire de mycologie du Muséum de Paris,
- laboratoire de cryptogamie de la faculté de sciences de Toulouse,
- laboratoire de bio-détérioration du CREA - Ministère de la Défense à Arcueil.



• Les applications agroalimentaires

Celles-ci entrent dans la catégorie "intérieur humide" et ne représentent donc pas une atmosphère en tant que telle. Elles présentent néanmoins des exigences particulières utiles à rappeler.
Les enveloppes des matériels peuvent se couvrir d'une contamination de surface sous forme de poussières, d'éclaboussures, de dépôts nutritifs ou de graisses volatiles condensées. Les moisissures peuvent alors en tirer leurs éléments nutritifs et de ce fait dégrader les surfaces sous-jacentes si elles sont elles-mêmes de nature organique (peintures, plastiques, bois…).
Les surfaces devront donc à la fois ne pas nourrir la flore et permettre un nettoyage aisé, d'où l'imposition logique de l'acier inoxydable.



Les coffrets Altantic Inox et les armoires Altis Inox reçoivent un traitement de polissage final très fin (rugosité ≤ 0,3 µm) qui permet un nettoyage optimal des surfaces conformes aux plus hautes exigences d'hygiène. Leur indice de protection IP 66 est adapté au lavage à la lance dans les locaux alimentaires. Leur joint d'étanchéité en polyuréthane a fait l'objet de tests de compatibilité alimentaire avec des éléments sous forme pulvérulente et pâteuse.

• Les applications nucléaires

Outre les exigences de résistance à la corrosion qui dépendent du lieu d'installation, intérieur, sous abri, extérieur et pour lesquelles les critères de choix du tableau page 188 sont utilisables, les matériels et les enveloppes utilisés en locaux nucléaires doivent être conformes à des exigences spécifiques :
- essai de tenue à l'accident par perte de réfrigérant primaire suivant NFT 30-900,
- essai d'évaluation de la susceptibilité à la contamination et d'aptitude à la décontamination suivant NFT 30-901,
- essai de tenue aux rayonnements ionisants suivant NFT 30-903.

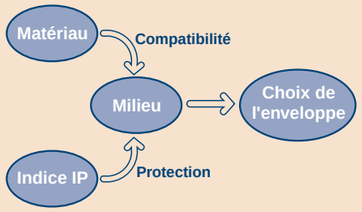
La direction de l'équipement d'Electricité de France a établi un cahier des charges pour les travaux de revêtement. Chaque système de protection y est répertorié par une codification comprenant :
- trois lettres capitales indiquant le milieu d'utilisation (nucléaire ou non, atmosphère, sol, acides, eau de mer...)
- trois chiffres arabes indiquant la fonction suivant la nature de la surface à recouvrir (décoratif, protection...)
- un chiffre romain indiquant la destination du revêtement (locaux, charpentes, maçonneries...).
On se référera utilement à ce document pour connaître les exigences exactes de chaque classification.

De nombreux secteurs d'activité (épuration des eaux, génie civil, métallerie, charpente...) ont élaboré des cahiers des charges spécifiques à leurs besoins. Beaucoup d'entre eux ont été établis sur la base de solutions ayant été testées et éprouvées (préparation de surface, épaisseur et nombre de couches...) et de ce fait ces documents préconisent plus souvent des solutions pratiques qu'ils n'exigent des performances mesurées.
Les traitements de surface et peintures appliquées aux enveloppes Legrand sont à la pointe de la technologie industrielle. Ils sont donc souvent différents des systèmes préconisés bien que leurs performances y soient égales ou supérieures.
On peut par exemple affirmer que le système de peinture des armoires Altis et XL-A : tôle d'acier galvanisée Z140 + traitement/passivation au chrome + poudrage polyester, d'épaisseur totale 90 µm a des performances au moins égales à un système classique de peinture humide de type grenaillage + couche primaire au phosphate de zinc + couche intermédiaire + couche de finition d'épaisseur totale 200 µm. La consultation des services techniques de Legrand est recommandée lorsque des comparaisons de performances sont nécessaires.



3 Le choix de l'enveloppe

La pérennité d'une installation dépend en premier lieu du bon choix des matériels et des enveloppes destinées à la protéger des agressions externes. Bien qu'elle ne soit pas toujours assez précisée, la connaissance du milieu d'installation final est essentielle (en voir les caractéristiques principales au paragraphe précédant). En fonction de celui-ci, les compatibilités et les limites aux agressions physico-chimiques pourront être vérifiées pour chaque matériau. Les indices de protection IP et IK permettront de vérifier pour leur part les niveaux de protection habituels poussières, eau, et chocs mécaniques.



Propriétés du revêtement des enveloppes peintes XL-A, Altis et Atlantic

- **Couleurs**
  Enveloppes : gris silex RAL 7032 841-GL
  Socles : gris foncé RAL 7021 841-GL
  Autres couleurs : - bleu AFNOR 2525 NF X 08-002
  - orange AFNOR 2130 NF X 08-002
  - 180 teintes RAL sur demande
  Aspect texturé satiné (brillant 60 %)
  Epaisseur nominale : extérieur 80 µm, intérieur 60 µm
  Exempt de TGIC et d'amiante.
- **Caractéristiques mécaniques**
  Adhérence : classe 0 à 1 selon NF T 30-038
  Résistance aux chocs : 1 kg à 0,5 m selon NF T 30-017
  Pliage : mandrin Ø 6 mm selon NF T 30-040
  Emboutissage : profondeur 8 mm selon NF T 30-019
  Rayabilité : pointe Ø 0,5 mm sous 1,5 kg
  Poinçonnage : Ø 20 mm, exfoliation < 1 mm
- **Tenue à la corrosion**
  Test au brouillard salin : 1000 h suivant NF X 41-002
  Test au dioxyde de soufre (18,5 g/m³) : 500 h en continu selon NF T 30-055
  Degré d'enrouillement Ri 1 et degré de cloquage 0 (selon NF T 30-071) admis après les tests.
- **Tenue en température**
  100°C en continu, 150°C 3 heures, 200°C en point
- **Résistance aux UV**
  Excellente (test selon NF T 51-056)
- **Résistance aux agents chimiques**
  Excellente en règle générale excepté aux solvants forts (cétones, aliphatiques, chlorés...) se reporter aux fiches techniques pour plus de détails.
- **Tenue au feu**
  Classement M0 selon NF P 92-507
  Pouvoir calorifique supérieur 2,1 MJ/m² selon NF P 92-510



Humidité et poussières...
Altis IP 55 dans un atelier de taille de pierres

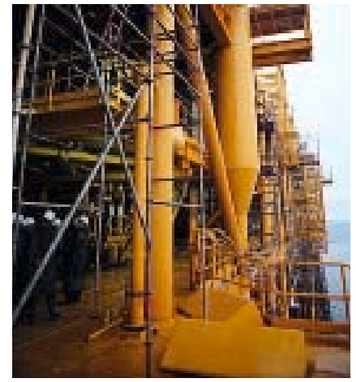
Propriétés des aciers inoxydables des enveloppes Atlantic et Altis Inox

Acier austénitique à basse teneur en carbone 304 L (Z3 CN18-10 suivant NF A 35-573). Sur demande, acier austénitique au molybdène 316 L (Z3 CND 17-12-02)

- **Etat de surface**
  Polissage grain 180 (selon NF E 05-015), rugosité moyenne Ra : 0,25 à 0,35 µm compatible avec les exigences de décontamination alimentaire des surfaces
- **Résistance aux agents chimiques**
  Excellente résistance à la corrosion dans les milieux naturels (atmosphères rurales et urbaines)
  Résistance élevée aux acides acétique, citrique, lactique

304 L : résistance limitée en présence de chlorures (bord de mer), de solvants chlorés ou de certains acides dilués : chlorhydrique, sulfurique. Réserves sur certains usages agroalimentaires (vins, moutarde) et en cas de lavage répété à l'hypochlorite de sodium (eau de javel)

316 L : excellente résistance dans tous les milieux alimentaires et dans de nombreux milieux chimiques acides : phosphorique, organiques, sulfurique pur, nitrique... Bonne résistance en présence modérée de chlorures et de dérivés chlorés en concentration limitée.





Casquette au-dessus de la porte, recouvrement total en partie supérieure et gouttières sur tous les ouvrants (portes et panneaux) permettent de garantir l'IP 66 sur les armoires Altis Inox

Propriétés du polyester chargé de fibres de verre des enveloppes Marina

Résine de polyester préimprégné de fibres de verre

- **Caractéristiques mécaniques :**
  Résistance élevée aux chocs IK 10 selon NF EN 50102
  Grande stabilité dimensionnelle
  Résistance aux agents chimiques
  Très bonnes résistances aux solutions salines
  Bonne résistance aux solvants alcools et hydrocarbures aliphatiques
  Bonne résistance aux acides non oxydants (acétique, citrique, urique...)
  Résistance limitée aux acides oxydants (nitrique, perchlorique, sulfurique, fluorhydrique...)
  Résistance limitée aux solvants chlorés, aux cétones et aux bases
- **Tenue en température**
  -40°C à +85°C en continu (+100°C en pointe)
- **Tenue au feu**
  960°C avec autoextinction < 5 s selon CEI 60695-2-1

Choix des enveloppes en fonction des conditions d'agressivité du milieu

Extérieur marin										④					③
Extérieur industriel et urbain								③		④	③			④	④
Extérieur rural															
Extérieur industriel et urbain s/abri															
Extérieur rural s/abri			②												
Intérieur humide et agressif			②												
Intérieur humide			①	②											
Intérieur sec															
Enveloppe Legrand	**Coffrets Plexo**	**XL 100**	**XL 135/195**	**XL 400/600**	**XL-A 250**	**XL-A 400/600/800**		**Coffrets Atlantic**	**Coffrets Marina**	**Coffrets Atlantic inox**	**Altis monobloc**	**Altis assemblable**	**Armoire Marina**	**Altis inox assemblable**	**Altis inox monobloc**
	Enveloppes de distribution plastronnées							**Enveloppes pouvant recevoir des chassis modulaires plastronnées**			**Enveloppes universelles non plastronnées**				

① Avec porte et joint d'étanchéité
② Avec kit d'étanchéité
③ Avec toit conseillé
④ Possibilité version 316 L pour exposition extrême, ou agent agressif particulier

La classification des différents environnements proposée dans le tableau ci-dessus est volontairement simplifiée : 3 niveaux pour les installations intérieures, 2 niveaux pour les installations sous abri et 3 niveaux pour les installations extérieures.
Si des conditions plus précises sont nécessaires, on pourra se reporter à la norme CEI 60721-3-3, "Utilisation à poste fixe protégé contre les intempéries", qui décline 8 niveaux de 3K1 (locaux fermés climatisés en température et humidité) à 3K8 (locaux ouverts, sans contrôle, soumis à la neige et à la pluie transportées).
Pour les installations non protégées contre les intempéries, la norme CEI 60721-3-4 décline de la même manière 5 niveaux de 4K1 à 4K4L.
Ces classifications peuvent être complétées par des conditions complémentaires : B (biologiques), C (chimiques), S et M (mécaniques).

4 Le façonnage et la mise en place des enveloppes

Bien qu'elle soit simplifiée par de nombreux accessoires (fixations murales, sur poteaux, socles…) et par le service configuré "Legrand" de sur mesure (couleurs à façon, perçages, pré équipements, assemblages…) la mise en œuvre des boîtiers, coffrets et armoires nécessite dans la plupart des cas un travail d'adaptation :
- pour l'installation même des équipements protégés dans l'enveloppe (perçage, découpes, adductions des câbles, ventilations…)
- pour l'implantation et la fixation sur site (mur, poteau, portique, passerelle…)
- pour les conditions exactes de l'environnement (exposition, abri, projections, exigences d'hygiène…).



• Usinage de l'acier et du polyester

En fonction du matériau, les précautions à prendre seront différentes mais l'on peut affirmer que tout travail d'usinage doit être suivi d'une restauration de la protection si l'enveloppe est destinée à être installée dans une atmosphère autre qu'intérieur sec.

Des outils conventionnels sont généralement utilisés :
- les forets et tarauds en acier rapide pour les trous de petits diamètres (≤ 13 mm), destinés à la fixation par vissage, rivetage métal ou plastique, passage des commandes déportées d'appareil…
- les emportes pièces (type greenlee®) sont très utilisés pour les diamètres et les lumières (d'environ 15 à 60 mm) destinés à la fixation des presse-étoupes, des unités de commande (boutons) et de signalisation (voyants) des façades d'appareils divers (compteurs, clavier…)
- la scie sauteuse ou la grignoteuse pour les grandes découpes (ventilation, façades d'automatismes, d'appareils de puissance, consoles de programmation, contrôleurs divers…)



Perçage à l'emporte-pièce Greenlee®



Découpe d'un coffret Atlantic à la scie sauteuse avec protection préalable par adhésif



Découpe d'un coffret Marina à la meule diamant



Découpe d'un coffret Marina à la scie-cloche

Découpe nette, absence de bavures, préservation du revêtement, même si c'est une évidence, la qualité du travail est liée à la qualité des outils et à leur affûtage.
Eviter le travail à la meuleuse d'angle qui brûle la peinture, détruit les traitements de surface et génère des limailles sources de corrosion et de défauts.



Les opérations d'usinage mettent à nu le métal qu'il est recommandé de reprotéger si l'enveloppe doit être soumise à l'humidité et à fortiori à des conditions agressives.
Les vis et les taraudages peuvent être protégés par une goutte de "frein-filet" qui permettra à la fois protection, indesserabilité et étanchéité.
Les bords de tôle découpée (hors inox) peuvent être reprotégées par une retouche à la bombe ou mieux par une application de peinture antirouille.



Retouche manuelle des bords de tôle mis à nu : recommandée pour une utilisation ultérieure en milieu humide ou corrosif

Les copeaux de coupe sont des sources de corrosion mais ils peuvent aussi créer des défauts dans les appareils.
La poussière générée par le travail du polyester est irritante pour les voies respiratoires.
Dans tous les cas, il faut prévoir une élimination soignée des déchets de coupe par aspiration.

• Le travail de l'inox

L'acier inoxydable est très sensible à la présence de particules ferreuses qui polluent sa surface. Celles-ci peuvent avoir plusieurs origines : outils de coupe ayant servi pour de l'acier, meulage à proximité, opérations de soudure non décontaminées… et même simplement posage sur tablier de machine. L'acier inoxydable donne alors l'impression de rouiller !
Le travail de l'acier inoxydable, perçage, découpe et même pliage ne doit se faire qu'avec des outils réservés à cet usage. L'utilisation de presse métallique autre qu'inox doit être prohibée au profit de brosse en nylon.
L'incrustation de la particule ferreuse dans l'inox est parfois difficilement évitable : une opération de décontamination est alors nécessaire. Elle est effectuée par lavage ou si possible par trempage à l'acide nitrique dilué à 50 %. L'acide nitrique est dangereux, notamment par son risque d'explosion avec de nombreuses substances.

Des pâtes décapantes stables, prêtes à l'emploi, sont utilisables pour les petites surfaces mais la meilleure pratique passe par la précaution.



Travail de l'inox à la grignoteuse



Inox rouillé par contamination

Les coffrets Atlantic Inox sont livrés, exempts de toute contamination ferreuse. Ils sont réalisés dans des ateliers réservés avec des outils dédiés. Les soudures sont décontaminées et les surfaces internes nettoyées par des microbilles de verre. Des traces de rouille éventuelles seraient donc à rechercher dans les opérations après déballage…

Idées reçues : attention

L'aimant ne colle pas : c'est du bon inox !…
Effectivement les aciers inox austénitiques sont amagnétiques et figurent parmi les plus résistants à la corrosion mais des écrouissages locaux (pliage, emboutissage) peuvent supprimer cette caractéristique sans que la résistance ne soit modifiée. Il en est de même de certains aciers ferritiques, qui bien que magnétiques, ont des propriétés anticorrosion très élevées : pots d'échappement, tuyères…

• L'installation dans les salles propres et les locaux à environnement maîtrisé

Sous le terme de salles propres sont génériquement regroupés différents locaux tels que :
- salles blanches
- salles à contamination contrôlée
- salles à empoussièrement contrôlé
- salles microbiologiquement contrôlées.

Ces salles sont destinées à permettre des activités aussi diverses que la microélectronique, la chimie fine, la fabrication de pièces pour l'aéronautique, le spatial, la micromécanique. Les activités agroalimentaires (cuisines, industries laitières, restauration collective….) nécessitent également, bien sûr, des salles propres de même que la pharmacie (fabrication des médicaments, cosmétologie…) ou la médecine (salles d'opérations, ophtalmologie…)

En fonction des activités, les exigences porteront, avec différents niveaux, sur des notions de renouvellement d'air (diffusion, balayage, débit), de poussières et de particules admissibles (nombre et taille par volume), de qualité bactériologique, d'empoussièrement des surfaces (salles blanches) et d'hygiène à l'utilisation (agroalimentaire).

La nature même des matériaux employés, leur état de surface et leurs formes sont essentiels pour éviter les rétentions et accumulations et faciliter le nettoyage.



L'ultrapropreté : salles blanches pour le contrôle des puces électroniques

Les installations électriques ou les équipements électriques de machine qui sont présents dans les zones d'éclaboussures et à fortiori dans les zones alimentaires doivent respecter les règles de construction et d'hygiène applicables aux matériels agroalimentaires (norme NF U 60-010) :
- toutes les surfaces doivent être facilement accessibles
- les éléments dont le nettoyage nécessitent démontage doivent se retirer facilement et sans outil
- les surfaces ne doivent pas présenter d'aspérités et leur état doit être au moins égal à N8 (Ra = 3,2 µm) suivant NF E 05-051 (Rugotest visotactile).
- la continuité des surfaces, les angles intérieurs, les assemblages et les ajustements doivent être traités pour éviter toute rétention difficilement nettoyable
- les vis à empreintes creuses (torx, cruciforme...) doivent être évitées
- pour les machines posées au sol et non amovibles, un joint d'étanchéité doit éviter toute infiltration entre les socles fixes et le sol.

Dans tous les cas, il y aura lieu de se référer aux textes applicables pour l'installation étudiée, parmi lesquels on peut citer :
- NF EN ISO 14644 : "Salles propres et environnements maîtrisés apparents"
- NF U 60-010 : "Règles de construction pour assurer l'hygiène à l'utilisation"
- NF S 90-351 : "Procédures de contrôle et de réception des salles d'opérations"
- Circulaires du Ministère de l'agriculture notamment DQ/SVHA/ C.80/N° 8082 du 27 juin 1980
- Guides et recommandations du CNERPAC (Centre National d'Etudes et de Recherches pour l'Alimentation Collective).



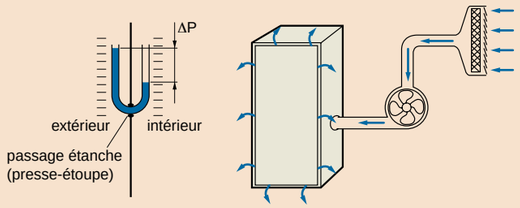
Coffrets Atlantic Inox, armoires monoblocs et assemblables Altis Inox : Une gamme complète d'enveloppes conçues pour répondre aux contraintes d'hygiène de l'agroalimentaire

• La surpression interne des enveloppes

La mise en pression permanente du volume interne des enveloppes permet de s'opposer à la pénétration de l'air ambiant lorsque celui-ci est fortement pollué, corrosif ou chargé de poussières.

La pressurisation peut être réalisée par de l'air comprimé et détendu pour les petites enveloppes, mais c'est une source coûteuse et dont le débit reste limité.

Il faudra bien prendre en considération que des fuites permanentes sont inévitables : elles sont dues aux différents assemblages, aux joints, aux fixations, aux entrées de conducteurs, aux voyants et commandes, et elles sont globalement proportionnelles aux dimensions



La pression interne peut être mesurée avec un manomètre à l'échelle adaptée ou encore plus aisément avec un tube à eau (éventuellement colorée). La pression interne dans l'enveloppe a pour valeur la différence de hauteur entre les colonnes d'eau intérieure et extérieure avec l'équivalence suivante : 1 mbar = 10mm d'eau = 100 Pa (Pascals)
Une pressurisation habituelle de 3 mbar correspond donc à un ΔP de 30 mm d'eau.

Enveloppes	Débit / volume d'enveloppe
Coffrets Atlantic	10 m³/h /m³
Coffrets Marina	non pressurisable
Armoires monoblocs 1 porte Altis (standard ou inox)	10 m³/h /m³
Armoires assemblables 1 porte Altis (standard ou inox)	25 m³/h /m³

Pour toute installation d'enveloppes pressurisées, il est nécessaire d'en préciser l'objectif et les caractéristiques recherchées auprès des attachés techniques Legrand afin de prendre des dispositions constructives spécifiques si nécessaires.

• La repeinture des enveloppes

Pour des critères d'adaptation esthétique ou pour la nécessité de protection complémentaire pour des milieux bien spécifiques, il peut être nécessaire d'appliquer une (ou des) couche(s) supplémentaires sur les enveloppes métalliques ou plastiques. Trois solutions sont alors possibles mais elles ne donnent pas forcément les mêmes performances.

- La repeinture directe

Conséquence de ses propriétés élevées de résistance de surface et d'antisalissures, la finition polyester texturée RAL 7032 est difficile à peindre directement. Seules les peintures polyuréthanes bicomposants pour applications automobiles ou industrielles permettent un recouvrement direct après déglaçage léger au papier abrasif à l'eau (grain 240 à 400).

Dans la pratique, ces peintures sont applicables uniquement au pistolet.

La repeinture directe des coffrets Marina (polyester SMC) a les mêmes contraintes.

- La repeinture avec une couche intermédiaire

Egalement nommée "apprêt" ou encore "impression" elle va accrocher directement sur les bases (peinture polyester, polyester SMC) des enveloppes et permettre l'adhérence des peintures (ou systèmes de peinture) les plus courants : caoutchouc et dérivés chlorés ou isomérisés, huiles, alkyde, alkydes modifiées (uréthanne, époxy), polyuréthannes, époxydiques, polyester.

- La repeinture sur apprêt d'usine

Sur demande, les enveloppes Atlantic et Altis peuvent être livrées avec une couche anticorrosion gris clair RAL 7035 mat spécialement élaborée pour fournir une excellente protection et une base d'accrochage permettant toutes les possibilités de finition : cellulosiques et dérivés, acryliques et méthacryliques, caoutchouc et dérivés, huiles modifiées, alhydes courtes et moyennes en huile, alkydes modifiés (époxy, uréthanne, silicone), polyuréthannes, époxydiques, polyester, silicone, silicone modifiée.

Le recouvrement par des peintures "grand public", alkydes glycérophtaliques et dispersions aqueuses (vinyliques ou acryliques) est déconseillé.
L'apprêt d'usine permet l'application des systèmes de peinture homologués "Ponts et chaussés", "Marine nationale", EDF, SNCF...)

Legrand propose un "apprêt pour peinture à façon" permettant un excellent accrochage de tous les types de peintures sur toutes les enveloppes y compris inox.





180 couleurs RAL disponibles sur demande pour personnaliser les enveloppes Atlantic et Altis avec une qualité et des performances identiques à la couleur de base RAL 7032

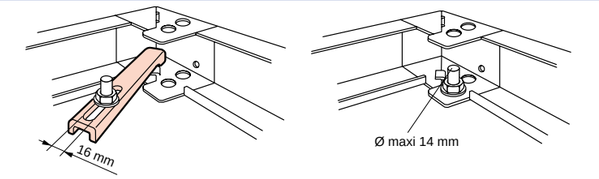
• La fixation des enveloppes et des équipements

Les dispositifs de fixation doivent assurer l'interface entre le support et le produit supporté : ils doivent à la fois résister aux contraintes mécaniques (chocs, vibrations, mouvements, charge... définis au chapitre I.B.2 § 4 à 7) et assurer la durabilité du supportage.

Si ces contraintes paraissent naturelles et habituelles, elles sont en fait largement amplifiées par plusieurs facteurs qui constituent tous les ingrédients pour déclencher des phénomènes de corrosion chimique ou électrolytique :

- les matériaux supports sont très divers : bois, ciment, plâtre, fer, inox, aluminium
- les fixations sont des zones de contact électrique et de continuité de potentiel
- les zones de fixation peuvent créer des rétentions localisées
- enfin les opérations de montage peuvent avoir endommagé les traitements notamment sur les vis et les arêtes vives.

Les socles d'armoires subissent souvent des chocs (pieds, chariots de manutention) auxquels s'ajoutent les opérations d'entretien des sols (balayages, lavage au jet) qui sont autant de facteurs de dégradation répétitifs.
Pour une résistance optimale les socles des armoires Altis sont réalisés en acier galvanisé peint. Pour des conditions extrêmes, il est possible de monter les armoires RAL 7032 sur les socles Altis inox.
Tous les socles peuvent être bridés au sol par des goujons scellés, directement ou par l'intermédiaire des fixations déportées réf. 34 549.



Les pattes de fixation pour coffrets

- **réf. 364 01 : zamak peint polyester RAL 7032 avec enjoliveur de finition pour les coffrets Atlantic pour tous les milieux**
- **réf. 634 04 : tôle d'acier découpée traitée Dacromet™ pour les applications intérieures et extérieures sous abri**
- **réf. 364 02 et 364 05 : polyamide chargé fibres de verre pour les coffrets Marina**
- **réf. 364 06 : acier inoxydable pour coffrets Atlantic Inox (peuvent également être utilisées sur les coffrets Atlantic).**



Pattes de fixation réf. 364 01 : résistance à la corrosion très élevée et isolation galvanique permettent un usage universel

Eviter l'emploi de pattes de fixation inox sur les supports en aluminium (couple galvanique). Leur préférer les pattes en Zamak réf. 364 01 ou en matière isolante réf. 364 02/05.



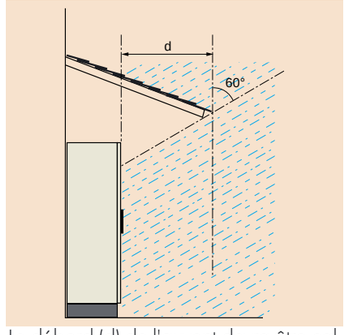
Les kits de fixation sur poteau réf. 364 46/49 sont composés de deux traverses en acier galvanisé fixées par cerclage d'un feuillard inox. L'outil réf. 364 45 permet un serrage efficace et adapté

• L'installation sous auvent, abri et toit

Dans les lieux très exposés à la pluie (terrasses d'immeubles, murs aux vents dominants, régions à fortes précipitations…) une protection au-dessus des enveloppes apportera une garantie complémentaire significative contre les pénétrations d'eau.

L'accumulation de déchets divers (feuilles, insectes…) et la permanence d'eau stagnante dans les feuillures de porte peuvent, avec le temps, compromettre l'étanchéité par capillarité.
Lorsqu'un entretien régulier n'est pas possible ou prévu, la disposition d'un toit sera recommandée.

Les coffrets Altantic et les armoires monoblocs peuvent être équipés de toits référencés. Le tableau de choix de la page 188 en conseille l'usage (note ③) pour les expositions les plus difficiles.
A noter également que l'édification d'abris ou d'auvents contre la pluie permettent l'utilisation extérieure des armoires assemblables XL-A et Altis.

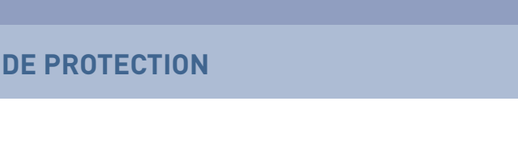


Le débord (d) de l'auvent devra être calculé de manière à ce que l'eau ne soit pas précipitée sur le dessus de l'enveloppe. Un angle mini de 60° de chasse sous le vent doit être considéré.

• La prévention de l'humidité à l'intérieur des enveloppes

Les variations importantes de température à l'extérieur entraînent inexorablement des phénomènes de cycles d'évaporation/condensation, les quantités d'eau accumulées à l'intérieur des enveloppes peuvent devenir considérables et provoquer des défaillances électriques (voir page 200) en plus des dégradations par la corrosion.
Des systèmes de déshumidification et notamment les résistances de chauffage limitent largement ce phénomène.

Un trou de drainage des condensats peut être aménagé en partie inférieure des enveloppes. Les coffrets Atlantic possèdent un trou avec un obturateur à retirer. Les coffrets Marina et Inox seront percés. Des aérateurs réf 365 78/79 permettent la mise à la pression atmosphérique de l'intérieur de l'enveloppe tout en conservant l'indice de protection.



En atmosphère tropicale humide (dite aussi équatoriale), la prévention des risques liés à l'humidité sera essentielle : installation sous abri, ventilation et dessiccation de l'air interne, graissage des charnières et serrures, étanchéité parfaite des entrées de conducteurs seront la règle.

• La réparation des surfaces abîmées ou accidentées

C'est une évidence, plus la réparation se fait tôt et plus la propagation des dégâts sera limitée. Un adage de bon sens qui s'applique autant aux enveloppes peintes qu'à celles qui sont en polyester. Tout écaillage de peinture, rayure ou choc profond qui met à nu le métal sous-jacent risque, outre le dégât esthétique, de donner naissance à un foyer de corrosion et à terme à une propagation plus ou moins importante.
Les surfaces abîmées seront grattées et toute la peinture non adhérente sera ôtée. Une application de primaire anticorrosion (à base de zinc ou d'aluminium) sera faite avant retouche avec une peinture de finition. Si les dégâts sont importants et que la tôle d'acier est attaquée par la rouille, un ponçage large de la surface devra être fait avant remise en peinture.

La durabilité des équipements passe par leur surveillance et leur entretien. Les atteintes accidentelles ne font pas partie des conditions de garantie (voir page 115). D'où l'importance d'y remédier au plus vite pour ne pas compromettre la durabilité de l'ouvrage ou des équipements.



Les aérosols de retouche RAL 9002, RAL 7032… permettent la réparation de petites surfaces abîmées.
Elles n'ont pas de qualités antirouille.
Les solvants des aérosols sont particulièrement puissants (cellulosiques). Si nécessaires, des primaires spécifiques anticorrosion seront utilisés.

Les atteintes du polyester chargé fibre de verre des enveloppes Marina doivent également être réparées dans les meilleurs délais.
Le déchirement de la couche de surface met à nu la matrice et les fibres de verre ; celles-ci sont hygroscopiques et l'humidité entre alors dans la matière qui risque de se dégrader de proche en proche. Des résines de réparation pour l'automobile (type Sintofer) peuvent être utilisées. Si nécessaire une mise en peinture de la partie atteinte pourra être faite.

5 PRÉCAUTIONS VISANT À MINIMISER LES RISQUES ET LES CONSÉQUENCES DE L'INCENDIE

Les scénarios à l'origine d'incendies électriques sont connus : déficience, mauvaise utilisation, malveillance, voire cause étrangères. Mais il ne faut pas faire l'amalgame entre les sources représentées par les appareils récepteurs et consommateurs (chauffage, moteurs, éclairage, machines…) et celles constituées par les éléments fixes de l'installation (tableaux, canalisations, appareillages…).
Les secondes ne sont que peu ou pas surveillées. Et pour cause, elles sont le plus souvent cachées ou inaccessibles. L'aspirateur qui fume, on le voit et on le débranche, mais pour le tableau dans la placard ou les câbles dans le faux-plafond ?
Dès lors qu'il sera initié, la gravité du sinistre dépendra de conditions extérieures au matériel qui en aura été la cause : quantité et nature des matériaux à proximité qui pourront alimenter le feu et le propager, moyens de détection, de confinement, d'extinction et conditions d'alerte et d'évacuation.

Quelle ambiance ?

Si la température du local ou du lieu d'installation doit bien sûr être considérée, il faut surtout s'assurer de celle du microenvironnement que constituent des volumes fermés tels que les armoires, les boîtes, les canalisations, les caniveaux, les gaines techniques, les placards, les faux-plafonds... sans oublier l'influence due à la proximité de sources de chaleur tels que radiateurs, machines, conduites... La température ambiante à considérer est donc celle du volume réduit dans lequel sont situés les appareils .

S'il est capital de limiter le risque d'incendie à la source, il est également essentiel d'en maîtriser les conséquences à proximité et le plus tôt possible.

1 Les conditions de fonctionnement

• Ambiance, microambiance, température ambiante

Evidence première, les matériels doivent fonctionner dans les conditions pour lesquelles ils sont prévus ; le respect de conditions ambiantes normales est donc impératif. La température est la cause majeure de vieillissement des matériaux et par la même des isolants, des conducteurs, des contacts, des connexions…
Les matériels pour usage domestique et analogue sont généralement prévus pour une température ambiante de 30°C ; les matériels industriels le sont pour 40°C.
Sauf matériels spécifiques, cela signifie qu'au delà de ces conditions le risque de défaillance augmente et corollairement celui d'incendie.

• Canalisations, appareils, enveloppes

Les canalisations doivent être dimensionnées selon les règles normatives (voir section II.A). Les coefficients réducteurs déterminés par les conditions de pose, les groupements de conducteurs, la température ambiante doivent être appliqués.
La nature des isolants doit être adaptée aux conditions ambiantes : température mais aussi agressions diverses, mécaniques, chimiques… (voir page 616).
Les appareils doivent être choisis pour l'usage prévu, ils doivent être conformes aux normes qui leur sont applicables et doivent être installés dans les conditions préconisées (position, protection…). Les appareils de protection (fusibles, disjoncteurs…), ceux de connexion (bornes), de commutation (interrupteurs, contacteurs…) possèdent des courbes de déclassement en fonction de la température ambiante (derating) qu'il est impératif de respecter. Elles sont données par les constructeurs.
Les enveloppes doivent être de dimensions suffisantes en regard de la puissance installée et des matériels incorporés. En effet, la température de fonctionnement de ces derniers dépend en grande partie de la capacité de dissipation des enveloppes qui les protègent. (voir chapitre II.E.3 "l'estimation du bilan thermique").

Les locaux techniques contenant des sources importantes de chaleur (transformateurs, tableaux de puissance…) doivent être largement ventilés voire refroidis ou climatisés si des températures extrêmes sont à craindre. Les placards, dégagements, gaines techniques, et tous espaces fermés doivent inciter aux mêmes précautions. Attention, la ventilation des locaux électriques ne doit pas diminuer les performances coupe-feu des parois lorsqu'il existe des exigences réglementaires. Selon les cas, des clapets coupe-feu pourront être nécessaires.

La tendance à la réduction des volumes entraîne un confinement des matériels électriques qui augmente la température de leur microenvironnement et dégrade leurs conditions de fonctionnement.
Une ventilation correcte est indispensable pour limiter la température et pour éviter les effets néfastes de l'humidité.
Si nécessaire, des dispositifs supplémentaires doivent être installés : ventilateurs, climatiseurs, tourelles d'extraction... Il est alors conseillé qu'ils soient asservis et surveillés avec un report de l'état de fonctionnement.





Ventilation de locaux électriques

• Humidité, facteurs de dégradation chimique, corrosion

Les dégâts dus à l'humidité peuvent être d'ordre mécaniques, chimiques et électriques. Ils concernent à la fois les matériaux isolants et les métaux conducteurs : variations dimensionnelles, ramollissement ou fragilisation, favorisation de la corrosion, de la flore et d'un point de vue électrique même, diminution des résistances d'isolement superficielle (condensation, adsorption, écoulement) ou transversale (absorption, diffusion).
Ces phénomènes poussés à leurs limites, ou combinés avec des pollutions ou des dépôts de surface, peuvent entraîner des claquages diélectriques et initier un court-circuit franc avec développement d'un arc et ses conséquences.
Mais ils peuvent aussi se développer beaucoup plus lentement et insidieusement en favorisant la circulation d'un courant de défaut très faible (on parle alors de décharges partielles) qui circule en échauffant localement le matériau isolant qui progressivement se dégrade, libère des gaz "de distillation" et peut finir par s'enflammer spontanément.

Le suivi des valeurs d'isolement des installations (voir pages 50 et 703) et la protection par des dispositifs différentiels à moyenne sensibilité (300 mA) ou mieux à haute sensibilité (30 mA) permet la détection de courants de défaut entre parties actives et masses (mais pas entre parties actives) et participe à la prévention du risque d'incendie.

L'humidité agit sur les matériaux suivant plusieurs modes souvent combinés ou simultanés.
• La condensation, qui est la précipitation de vapeur d'eau sur une surface dont la température est inférieure à celle du point de rosée de l'air ambiant ; l'eau passe alors de l'état gazeux à l'état liquide (voir page 73).
• L'absorption, qui caractérise l'accumulation de molécules d'eau dans un matériau. Ce processus est en général accéléré par la température, il se déroule de façon continue jusqu'à stabilisation.
• L'adsorption, qui désigne un phénomène d'adhérence des molécules de vapeur d'eau sur une surface de température supérieure au point de rosée. Elles est liée à la nature et à l'état mêmes de cette surface.
• La diffusion, provoquée par des différences de pression partielles provoquent des cheminements à travers les matériaux.
• Enfin, l'écoulement, qui à l'échelle macroscopique, est le déplacement des molécules d'eau à travers des fentes, porosités ou fissures. Outre les précipitations directes, la condensation en est la source principale.

L'humidité favorise également les phénomènes de corrosion des métaux, des éléments conducteurs et des connexions. Les dégradation sont physiques et mécaniques mais également électriques : les résistances des contacts notamment peuvent augmenter jusqu'à des valeurs engendrant des échauffements inadmissibles.
Dans cette hypothèse, la surveillance par thermographie infrarouge est un moyen de prévention intéressant qui permet la détection des "points chauds".

2 Les causes électriques de défaillance

• Les mauvais contacts

Qu'ils se situent à l'intérieur des appareils, à leur raccordement (bornes) ou dans les connexions de l'installation, les mauvais contacts peuvent avoir des origines diverses : la corrosion, le fluage des matériaux, le vieillissement, et le desserrage… souvent cité.
Dans la pratique, c'est la synergie de ces différents éléments, à la fois causes et conséquences qui aboutit à la situation potentiellement dangereuse de mauvais contact.
Dans le meilleur des cas, la continuité électrique est interrompue, dans le pire l'échauffement augmente petit à petit jusqu'à l'emballement thermique, l'inflammation spontanée des matériaux isolants, la propagation aux éléments voisins… voire l'incendie.

Les mauvais contacts représentent la cause la plus pernicieuse d'incendie d'origine électrique. Leur évolution peut être très longue et passer totalement inaperçue.

Dans les ensembles de distribution l'accessibilité directe, ou après démontage d'éléments, reste toujours possible et des actions de surveillance (thermographie, détection) ou de maintenance (resserrage, changement des pièces) peuvent être régulièrement effectuées.
Le chapitre III.E.2 rappelle également quelques précautions pour la connexion des conducteurs
Ces facilités sont beaucoup moins vraies dans les installations fixes qui sont cachées plus ou moins totalement. C'est pourquoi, les conducteurs ne doivent comporter aucune connexion ou dérivation dans les traversées de mur, cloisons, plafonds, planchers, dalles, vides de construction, toiture où elles seraient inaccessibles (NF C 15-100 chapitre 526). Seules les connexions des câbles enterrés, les jonctions noyées et scellées, les connexions des systèmes de chauffage par plafond ou plancher chauffants sont acceptées.

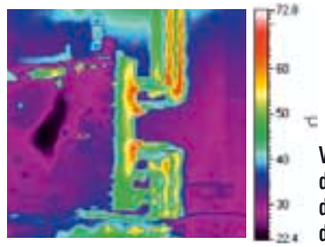
La fiabilité des connexions passe avant tout par le respect des sections, de la nature des conducteurs et des courants admissibles, et par une préparation et une mise en œuvre correctes. L'application des couples de serrage est expressement recommandée. (Voir tableaux page 708).



**L'application des couples préconisés permet un serrage optimum des connexions.
Attention aux oublis, c'est le risque principal.
Un marquage systématique est recommandé pour visualiser un éventuel desserrage mais surtout pour attester du serrage**

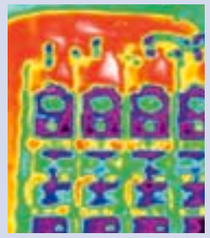
**Un serrage excessif des connexions de même que leur resserrage systématique et périodique risque d'entraîner un écrasement des conducteurs, leur réduction de section, le cisaillement de brins, voire la rupture du conducteur.
Au niveau de la borne, des serrages répétés peuvent se traduire par des fluages dus au dépassement de la limite élastique des matériaux et des chutes de pression de contact.**

La prévention des mauvais contacts passe aujourd'hui par une démarche plus ciblée qui s'appuie sur la thermographie infrarouge. Elle limite l'intervention aux seules connexions dont la température est trop élevée.



Visualisation de la température des raccordements d'un DMX sous 3200 A

Répartition homogène de la température sur un répartiteur réf. 374 00 sous 250 A



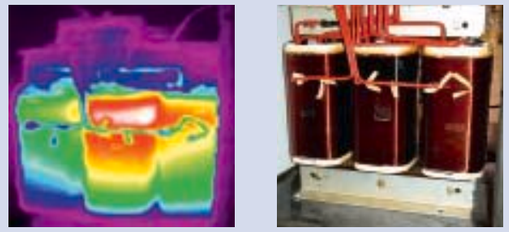
On voit que les barres souples de raccordement gagneraient à être espacées



Le cliché photo témoin permet d'identifier sans ambiguïté l'emplacement ou le produit vérifié

• La surcharge des conducteurs

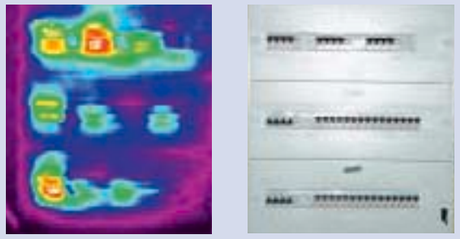
Elle se traduit par leur suréchauffement avec des risques incontournables de dégradation des isolants, voire de fusion, de court-circuit et d'inflammation.



La thermographie infrarouge : un test simple qui permet par exemple de détecter un échauffement anormal d'un bobinage de transformateur dû à un déséquilibre des charges.

**L'échauffement des conducteurs est lié à l'effet Joule. Il croît avec le carré de l'intensité ($P = RI^2 t$).
Pour exemple, une surcharge de 20% (que l'on pourrait considérer limitée) entraîne une élévation en température de 45% !**

Les dispositifs de protection doivent être choisis et dimensionnés de manière à ne pas dépasser le courant admissible Iz de la canalisation protégée.
Attention, la protection par fusible entraîne une réduction de la valeur Iz (voir chapitre II.A.1).
Les réglages Ir (x In) des disjoncteurs réglables doivent impérativement être positionnés en fonction de l'intensité admissible. S'ils ne peuvent être plombés, il est recommandé de dimensionner la canalisation protégée en fonction du réglage maxi (correspondant à l'intensité nominale de l'appareil).
Attention également au réglage du neutre : position N/2 en cas de neutre réduit à Ir/2.



Sans démontage des plastrons, l'infrarouge ne permet pas de vérifier les câblages et les connexions. Toutefois il permet de déceler très rapidement un appareil défectueux ou simplement surchargé

Lorsque des mesures de "non-protection" contre les surcharges sont appliquées (continuité de service ou sécurité), les canalisations doivent être dimensionnées pour le courant maximal de surcharge possible (rotor de moteur bloqué, courant d'appel permanent…)
Si, pour des récepteurs dédiés, certains circuits font l'objet d'une "dispense de protection" contre les surcharges, il est recommandé de les identifier afin qu'ils ne soient pas modifiés ou dérivés sans précautions.
La disposition de conducteurs en parallèle peut entraîner une répartition inégale des courants si les dispositions recommandées ne sont pas appliquées (voir chapitre III.E.2) et engendrer la surcharge de certains conducteurs au détriment d'autres. Une mesure sur site (pince ampèremétrique) est dans tous les cas recommandée pour connaître la répartition exacte.

La caméra infrarouge offre une visualisation thermique très rapide d'un système de dimensions moyenne ou importante comportant des composants divers sans installation de sondes et sans contact. C'est assurément un outil de diagnostic rapide pour la recherche de défaut dans de multiples applications. Mais attention, la fiabilité des résultats dépend largement de la pertinence des relevés (démontage des écrans, maintien des conditions normales de régime thermique) et de la qualité d'analyse des résultats (la valeur affichée dépend de l'émissivité des surfaces).
C'est pourquoi, il y aura tout intérêt à faire des clichés périodiques, pour évaluer l'évolution dans le temps, et de quantifier des écarts de température. Il est d'ailleurs fortement recommandé d'effectuer une campagne de mesures, de référence, à l'état neuf de l'installation.

• La surcharge du neutre

Face au risque de surcharge du neutre par des courants harmoniques (notamment rang 3 et multiples), il est recommandé d'en effectuer la mesure dès que leur présence est soupçonnée (charges non linéaires : voir page 23).



**La mesure des harmoniques est très aisée à réaliser avec les appareils actuels.
Aucun démontage ni interruption ne sont nécessaires.
Chaque circuit peut être testé individuellement.
Chaque rang d'harmonique est quantifié en valeur absolue (en A) et en valeur relative (en %)**

La rupture du neutre représente un risque indirect d'incendie par les conséquences qu'elle entraîne au niveau des récepteurs qui se trouvent alors alimentés sous une tension beaucoup plus élevée (voir page 304).

**NF C 15-100 art 524.2 : Si le taux d'harmoniques de rang 3 et multiples de 3 est compris entre 15 et 33% en courant, la réduction de la section du neutre doit alors être interdite.
Un surdimensionnement peut même être nécessaire si ce taux est supérieur à 33%.**

• Les courts-circuits

Les règles de protection des canalisations contre les courts-circuits sont décrites au chapitre II.A.3.
Au niveau de l'installation, il importe bien sûr de s'assurer que d'une part :
- dans les conditions de court-circuit maximal, les valeurs des contraintes thermiques limitées par les protections soient dans tous les cas inférieures aux valeurs admissibles par les conducteurs
- et d'autre part que les valeurs les plus faibles de courts-circuits en extrémité de ligne fassent bien fonctionner les protections dans un temps compatible avec la contrainte admissible par les conducteurs.
Au niveau même des ensembles et tableaux de distribution, la protection contre les courts-circuits relèvent bien entendu du choix des appareils de protection mais aussi pour une large part des précautions prises en terme de câblage, de disposition des appareils, de robustesse des fixations et assemblages, d'isolement, d'éloignement par le montage…

Soudains, imprévisibles et dangereux, les courts-circuits à l'intérieur des ensembles se révèlent souvent très destructeurs en raison de la puissance disponible souvent très élevée en tête d'installation (Icc présumé). La densité des matériels et des pièces sous tension favorisent l'atteinte de proche en proche : câbles arrachés qui entrent en contact des masses, fusion des isolants, barres tordues, arcs qui cheminent, effets de souffle, jets de matière en fusion…

• La foudre et les surtensions

Les surtensions et les courants de décharge dus à la foudre peuvent être très destructeurs : claquage des isolants et courts-circuits qui en découlent, fusion des conducteurs ; les dégâts de la foudre sont rarement bénins. Même si en toute logique statistique, il n'est pas obligatoire de protéger les installations peu exposées, il n'en reste pas moins que la disposition systématique d'un parafoudre de tête d'installation sera toujours "un plus" en terme de prévention et de protection. Et puis, s'il ne sert jamais, c'est encore mieux…
Parallèlement à l'installation de parafoudres, la réalisation d'un réseau équipotentiel de bonne qualité, de liaisons de masses systématiques et d'un réseau de terre d'influence adaptée au bâtiment (qui corresponde à sa surface tel un fond de fouille) sera essentielle à la limitation des perturbations et à l'abaissement des niveaux de surtensions.
Les modalités de réalisation des réseaux de masses sont décrites au chapitre I.C.2 page 100 et les règles touchant aux tableaux et ensembles page 171.

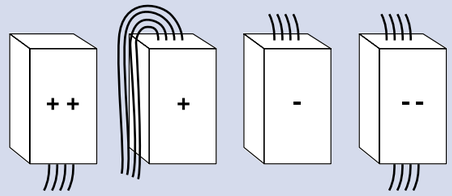
3 Les précautions de construction et de câblage

Les câbles sont très rarement à la source même de l'incendie. Pour ce faire, il faudrait qu'ils soient surchargés au point de faire fondre leur isolation et d'enflammer des matériaux à proximité ou bien encore qu'ils soient en court-circuit suite à un endommagement mécanique. En revanche, les câbles et les canalisations peuvent largement participer à la propagation du feu si des précautions constructives ne sont pas prises. En cheminant dans les locaux, les plafonds ou les gaines techniques, en traversant les cloisons, ils favorisent l'apport d'air, forment d'éventuelles cheminées pour les gaz et fumées et représentent une source énergétique susceptible de provoquer des arcs et des courts-circuits secondaires pouvant raviver la propagation du feu.

• Arrivées des câbles dans les enveloppes

Les amenées de câbles dans les armoires constituent à la fois des entrées susceptibles de transmettre le feu dans l'armoire (feu externe) ou de la propager à l'environnement (feu interne).

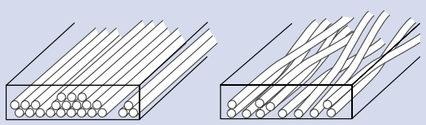
Dans la pratique, on favorisera les entrées de câbles en partie basse des armoires ou coffrets. Le feu restera mieux confiné dans l'enveloppe et en cas de feu, la zone au niveau du sol est généralement moins exposée.
Si des adductions sont néanmoins nécessaires en partie haute, elles devront être soigneusement refermées; les câbles devront être étanchés par des presse-étoupe ou dispositifs analogues (Cabstop Legrand).
Ces précautions seront renforcées si l'enveloppe possède à la fois des entrées haute et basse qui pourraient provoquer une accélération du feu par effet de cheminée.



Disposition des amenées de câbles dans les enveloppes par rapport à la limitation du risque de propagation du feu, de la plus favorable à la moins favorable

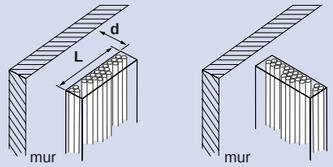
• Circulation et disposition des nappes de câbles

La disposition des nappes et groupements de câbles et des câbles eux-mêmes dans ces nappes jouent un rôle important dans le développement de l'incendie.
Les câbles devront être correctement rangés en limitant si possible les interstices entre eux de manière à éviter un effet "fagot" qui favoriserait l'embrasement.
Les nappes denses, serrées et compactes sont plus difficiles à enflammer, mais en contrepartie, leur dissipation thermique est moins bonne, ce qui peut conduire à réduire le courant admissible.



D'une manière générale, il faut éviter toute disposition qui constitue des "cheminées" naturelles ; un principe à appliquer entre les conducteurs eux-mêmes (voir dessin ci-dessus) mais également pour les nappes de câbles entre elles et pour les nappes avec les éléments environnants (murs, plafonds…).

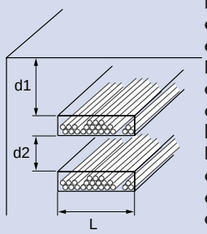
Disposition des nappes verticales



La disposition de la nappe contre le mur ou parallèle au mur crée un effet de cheminée. Elle est contre indiquée si la distance d n'est pas au moins égale à L.
Une disposition perpendiculaire est à ce sens préférable

Le comportement au feu des nappes verticales de câbles (catégorie C1 non-propagateurs de l'incendie).
La vérification de la résistance au feu des câbles en nappe est faite selon la norme CEI 60 332-3 (EN 32-072) dans une cabine d'essai de hauteur 4 m. Les câbles sont fixés sur une échelle verticale. Trois catégories A, B, C définissent le degré de sévérité selon le volume de matière organique mis en jeu : respectivement 7 – 3,5 – 1,5 dm³ par mètre de nappe.
La flamme d'un brûleur est appliquée en partie basse pendant 30 mn au terme desquelles la hauteur des câbles brûlés ne doit pas atteindre une limite fixée à 0,4 m de l'extrémité haute de la nappe.
Lorsque le risque de propagation de l'incendie est élevé (longs parcours verticaux, tours), ou que la sécurité d'établissements sensibles est en jeu, il est recommandé d'utiliser des câbles de catégorie C1.

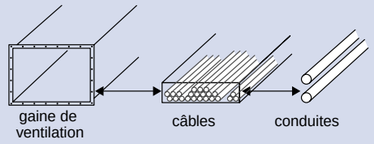
Disposition des nappes horizontales



Il est recommandé de placer ces nappes sous plafond à une distance d1 > 2 L.
En cas d'incendie, cela évitera en partie que les câbles soient dans les couches de gaz les plus chauds.
Pour éviter la propagation d'une nappe à l'autre, une distance minimale d2 > 2L est également recommandée

• Dispositions propres au voisinage des canalisations

Les canalisations électriques ne doivent pas risquer d'être portées à une température nuisible du fait de la proximité de sources de chaleur (conduites d'air, d'eau, de fumée, …). Si nécessaire des écrans ou calorifugeages doivent être interposés.



Maintenir des distances suffisantes pour permettre une intervention et des démontages faciles.
Interdire la pose de conducteurs sous les conduites sujettes à condensations

Les câbles sans halogène

La majorité des câbles utilisés aujourd'hui sont isolés en partie ou en totalité avec du PVC (U 1000 R2 V, H07VVH2-F, H07V-U, ...) voir page 617.
Ces conducteurs, naturellement ignifugés par la présence de chlore, ont une bonne résistance au feu. Ils sont généralement classés C2 (non-propagateurs de la flamme).
Inconvénient : s'ils sont pris dans un feu, ils libèrent du chlorure d'hydrogène qui condense sous forme d'acide chlorhydrique, irritant et corrosif, ce qui empêche leur usage dans certaines applications (voir page 85).
La nécessité de câbles classés C1(à réaction au feu améliorée) pour les nappes verticales, et celle d'exclure le chlore, ont abouti au développement de câbles C1 dits sans halogène, dont les ignifugeants sont à base de trihydrate d'aluminium ou de bihydrate de magnésium. Ces câbles libèrent peu de fumée et d'éléments corrosifs. On peut citer les types FR-N1X1X2, FR-N1X1G1, FR-N07X4X5-F, et en général les conducteurs conformes à la norme NFC 32-310.

• Traversées de parois

Lorsque des câbles et canalisations traversent des parois, planchers, plafonds ayant un degré coupe-feu prescrit, il est impératif que ceux-ci retrouvent leur degré initial après percement. L'obturation doit être effectuée avec des matériaux adaptés de type mastic haute température, plâtre, mortiers, fibres minérales,…
Les câbles seront, si possible, eux-mêmes protégés sur une distance d'au moins 20 cm de part et d'autre de la traversée.

Ne pas utiliser de mousse expansive polyuréthanne dont la résistance au feu est médiocre.

Par principe, reboucher extérieurement et intérieurement la canalisation. Cette dernière obligation peut néamoins être dérogée si la section intérieure n'excède pas 710 mm² et si la canalisation est au moins IP 33, y compris son extrémité.

• Séparation, écrantage et éloignement

Il n'existe pas de règles précises sur ces dispositions qui relèvent de l'observation de chaque cas et doivent surtout faire appel au bon sens. On pourra par exemple séparer la partie puissance de la partie commande, dans un même ensemble par des cloisons internes.



Armoires assemblables Altis et XL-A : une réponse évidente en terme de séparation des fonctions... et des risques

Les éléments sensibles peuvent être protégés par des écrans ou enfermés dans un coffret spécifique.
Des déflecteurs métalliques ou en matériaux maçonnés peuvent être conçus pour dévier les flammes ou arrêter les fumées (retombées de plafond).
Enfin l'éloignement physique peut, si la place n'est pas comptée, constituer la meilleure réponse au risque de propagation. Cela est d'autant plus à considérer que l'effet de rayonnement thermique de l'incendie peut enflammer les matériaux à proximité avant même que les flammes

Exemple de dispositions applicables à l'installation des coffrets XL dans les ERP (modification du règlement par l'arrêté du 19/11/2001)

L'objectif du règlement est ici de s'assurer de la protection contre les projections de particules incandescentes par la présence d'écrans résistant au feu entre les pièces sous tension et le public. Ces écrans peuvent être constitués d'éléments maçonnés ou par tout ou partie de l'enveloppe si elle est en métal.

• Puissance ≤ 100 kVA (≤ 145 A sous 400 V)

Toute la gamme d'enveloppes XL isolantes ou métalliques peut être installé sans restriction.

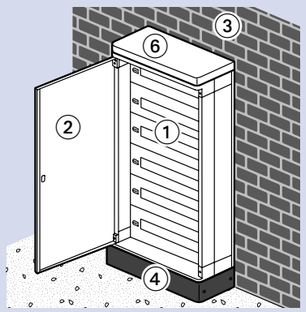
• Puissance > 100 kVA (> 145 A sous 400 V)

Les coffrets XL-A 250 et les armoires XL/XL-A sont conformes sans autres dispositions.

Les coffrets et armoires XL 195 répondent aux exigences du règlement en associant 2 concepts d'installation préconisés par le règlement ERP : enveloppes métalliques et parois maçonnées.

Les précautions de composition et d'installation suivantes doivent être respectées :

Fixation au sol



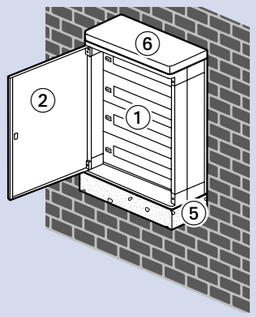
- les coffrets et armoires XL 195 doivent être équipés de plastrons métalliques réf. 092 XX ①, ou d'une porte métalliques réf. 094 XX ②

- le fond isolant doit être installé contre un mur continu maçonné, classé M0 ou M1 ③.

Ne pas retenir d'installation sur portique ou poteau

- préconiser de préférence l'installation des enveloppes directement sur le sol ④ avec socle réf. 093 90/81

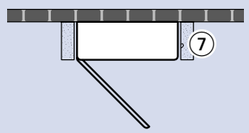
Fixation murale



- Préconiser la pose sur une tablette métallique ou maçonnée ⑤

- Préconiser, sauf pose sous plafond maçonné (à moins de 10 cm) la pose systématique d'un toit métallique ⑥ réf. 093 83/86

Classe II



Les kits classe II (flanc isolants) ne doivent pas être utilisés sauf si ceux-ci sont doublés par des parois latérales ⑦ maçonnées (enveloppe encastrée dans une gaine technique, largeur 600 par exemple)

Les matériaux constitutifs des enveloppes isolantes XL 100/135/195 sont conformes à l'exigence de tenue au feu : fil incandescent 750°C. Tous les appareils Legrand destinés à être montés dans ces tableaux (appareillage Lexic, gammes DPX, DX, Vistop, répartiteurs, borniers, supports jeu de barres...) sont également conformes à cet essai.

Ne pas confondre :

- le test de réaction au feu d'un matériau (classement M ou Euroclasses) qui quantifie l'apport au feu et sa propagation

- le test de résistance d'un produit (classement SF, PF, CF) qui mesure le temps pendant lequel il conserve la fonction qui lui est assignée : stabilité, pare-flamme, coupe-feu (voir page 86).

Les résultats de ces deux notions ne sont pas liés et peuvent être contradictoires : le fer par exemple est classé M0 mais ne résiste pas en stabilité (< 1/4 h), à contrario une charpente en bois classée M3 peut être SF 2 h.

4 L'extension du feu : l'influence des matériaux, la charge calorifique

L'extension immédiate du feu doit être maîtrisée, deux stratégies complémentaires de lutte sont alors disponibles :

- détecter, alerter et eventuellement déclencher des dispositifs de lutte automatiques (gaz extincteurs, sprinkleurs, mousse…) ; voir la description des installations de sécurité page 144

- limiter voire éliminer les éléments que le feu pourrait "dévorer" et sélectionner ceux qui sont adaptés en terme de réaction au feu (classements M et euroclasses) ou de résistance (classements SF, PF, CF).

Il est à noter que le règlement de sécurité contre l'incendie dans les établissements recevant du public (ERP) ne considère pas la présence des installations électriques comme une aggravation du risque (hormis pour les locaux pour groupe électrogène, ceux pour les batteries ou les cellules haute tension).

Les dispositions décrites pour les enveloppes XL (voir encadré) sont à ce titre suffisantes.

Dans certains cas (installations classées par exemple), des spécifications pourront néanmoins fixer des niveaux minimum pour les locaux électriques.

Sous la pression des assurances notamment, de nombreuses améliorations et augmentations du niveau de sécurité sont rendues nécessaires : détection obligatoire, compartimentage, stockages extérieurs, sprinklage…

Des questionnaires précis permettent de calculer les primes en fonction des risques estimés notamment par rapport à la nature des matériaux environnants ; ceux des planchers, des murs et cloisons, des charpentes et toitures, des aménagements intérieurs,..

Certains matériaux ou éléments de construction sont réputés posséder un classement au feu générique (voir encadré)

- Pour les produits plus complexes (composites, multicouches, matériaux synthétiques,…) ou ceux d'aménagement (tissus, moquettes, revêtements, moblier,…), il est nécessaire de se reporter aux caractéristiques déclarées du fabricant qui doit être à même de fournir un PV d'essai officiel d'un laboratoire agrée. La liste des produits ayant été testés en réaction ou en résistance au feu est régulièrement publiée au Journal Officiel.

- Les produits et éléments de construction, leurs systèmes et combinaisons testés officiellement font l'objet de publications du CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment)

Dans une approche préventive, et même si dans certains cas, elle peut être accrue par rapport à la réglementation, il est recommandé d'estimer le risque de propagation qu'aurait un incendie d'origine électrique sur les matériaux et les éléments environnants : à proximité des tableaux, des canalisations et chemins de câbles, dans les locaux à vocation électrique, les placards et dégagements, les circulations jusqu'aux postes d'utilisation.

En l'absence de préconisations, des niveaux minimum, M3 au sol, M2 aux murs et M1 en plafond, devraient être appliqués empiriquement dans les emplacements précités.

Toujours dans le souci de limiter la propagation, le bouchage des nappes verticales et des passages entre niveaux devrait être systématique.

L'installation de détecteurs de fumées dans les locaux TGBT, les combles et sous-plafonds , les gaines techniques à forte densité de câblage électrique relève du même souci de prévention.

Classement de réaction au feu de quelques matériaux (arrêté du 21 novembre 2002) Valeurs génériques à titre indicatif

Matériaux minéraux	Verre, béton, brique, plâtre, mortiers de ciment et de chaux, pierre, ardoise, vermiculite, perlite, céramiques…	M0 ou A1
	Plaque de plâtre cartonné	M1
Métaux	fer, fonte, aluminium, cuivre, zinc,…	M0 ou A1
Matériaux à base de bois	Bois non résineux d'épaisseur ≥ 14 mm (résineux ≥ 18 mm)	M3
	Bois non résineux d'épaisseur < 14 mm (résineux < 18 mm)	M4
	Panneaux lattés, particules, fibres ≥ 18 mm	M3
	Panneaux lattés, particules, fibres < 18 mm	M4
	Parquets bois massifs collés ≥ 6 mm	M3
	Parquets bois massifs collés < 6 mm	M4
Matériaux de synthèse	PVC rigides	M1 ou M2
	PVC souples	M2 à M4
	Polyoléfines (PP ou PE)	M3 à M4
	ABS	M2 à M4
	PTFE (Téflon™)	M1
	Polyesters	M1 à M4
	Polyurethanes (mousses non ignifugées)	non classé
	Polyurethanes (mousses ignifugées)	M2 à M4
	Silicones	M1 à M2

Voir page 87, les équivalences des classements M avec les nouvelles classifications selon NF EN 13501-1.

Classement de résistance au feu de quelques éléments de construction (arrêté du 3 août 1999) Valeurs génériques à titre indicatif

Cloisons en briques plâtrières ép 5 cm + 1 cm de plâtre face exposée		CF 1 h
Cloison en brique creuse ép 8 cm + 1 cm de plâtre face exposée	PF 6 h	CF 1 h
Cloison en brique creuse ép 12 cm + 1 cm de plâtre face exposée	PF 6 h	CF 2 h
Cloison en brique creuse ép 21 cm + 1 cm de plâtre face exposée	PF 6 h	CF 4 h
Cloison en brique pleine ép 6 cm + 1 cm de plâtre face exposée	PF 6 h	CF 1 h 30
Cloison en brique pleine ép 10 cm + 1 cm de plâtre face exposée	PF 6 h	CF 3 h
Cloison en béton ép 5 cm + 1,5 cm de plâtre face exposée		CF 2 h
Cloison en parpaings creux ép 10 cm + 1cm enduit ciment face exposée	PF 4 h	CF 1 h
Cloison en parpaings creux ép. 20 cm sans enduit	PF 6 h	CF 6 h
Cloisons en carreaux de plâtre ép. 5 cm assemblés par liant colle	PF 2 h	CF 2 h
Cloisons en carreaux de plâtre ép. 10 cm assemblés par liant colle	PF 4 h	CF 4 h

• L'évaluation de la charge calorifique

Le dégagement de chaleur est un élément essentiel de l'incendie. D'une manière générale, la durée de celui-ci et sa température augmentent proportionnellement à la charge calorifique dont la valeur est directement liée à la quantité et à la nature des matériaux à brûler.
Chacun de ces matériaux est caractérisé par un potentiel calorifique exprimé en mégajoules par kilogramme (MJ/Kg) qui représente la quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une masse unitaire de ce matériau (qui peut être un solide, un liquide ou un gaz).

Selon que l'eau produite par la combustion est libérée sous forme de vapeur ou entièrement condensée, on désigne respectivement le pouvoir calorifique de PCI (pouvoir calorifique inférieur) ou PCS (pouvoir calorifique supérieur). Les valeurs de PCS sont données par les essais et ce sont généralement celles que l'on utilise même si la réglementation prend en compte le PCI.

Le potentiel calorifique **Q**, présenté par un produit, est égal à : **m x PCS** si le produit est constitué d'un matériau unique (m : masse du produit en kg).
Il est égal à : $\mathbf{m_1 \times PCS_1 + m_2 \times PCS_2 + \ldots m_n \times PCS_n}$ si le produit est constitué de plusieurs matériaux : chacun d'eux est alors affecté de la masse utilisée et de son PCS propre.
La charge calorifique totale **Qt** que l'on souhaite évaluer (celle d'un local par exemple, d'une travée de stockage, d'un atelier, d'une zone sensible…) est déterminée en additionnant toutes les potentiels unitaires présentés par les différents produits et matériels présents.

$$\mathbf{Qt = \sum Q}$$

La charge calorifique totale peut éventuellement être pondérée par la surface du local aboutissant alors à une notion de Densité de Charge Calorifique exprimée en MJ/m^2.
En théorie, ne sont considérés que les éléments qui peuvent participer réellement à l'incendie. Ainsi, les éléments métalliques ou les matériaux n'étant pas susceptibles d'alimenter le feu en dessous d'une certaine température ou ceux complètement protégés ne sont pas pris en compte. L'approche du calcul de la charge calorifique doit donc faire appel à un certain "bon sens" : comptabiliser des petits produits de faible charge calorifique alors que la charge principale est parfaitement identifiée et prépondérante peut ne pas être utile.

L'évaluation de la charge calorifique peut être requise dans certaines industries à risque, dans les immeubles de grande hauteur, dans le nucléaire (STD 0315) ou bien encore demandées par certaines assurances.

Attention, la charge calorifique d'un incendie est largement augmentée par l'apport ultérieur de mobilier, d'équipements et de produits divers qui ne sont pas toujours comptabilisés dans le bilan initial. Une omission d'autant plus critique qu'ils peuvent être à la source même de l'incendie : récepteur électrique défaillant par exemple ou tout simplement cigarette sur une chaise rembourrée.

Quelques valeurs génériques de PCS

Dans la mesure du possible, il est préférable de se reporter aux données des constructeurs ou des fournisseurs de matériaux. En l'absence, les données ci-après pourront permettre une approche souvent suffisante.

Bois	18 à 21 MJ/Kg
PVC : polyvynile chlorure	20 MJ/Kg
PP : polypropylène	46 MJ/Kg
PS : polystyrène	41 MJ/Kg
PA : polyamide	32 à 37 MJ/Kg
PET : polyéthylène terephtalate	33 MJ/Kg
PBT : polybutylène terephtalate	33 MJ/Kg
PC : polycarbonate	29 MJ/Kg
PC/ABS : polycarbonate /ABS	31 MJ/Kg
ABS : Acrylonitrile butadière styrène	36 MJ/Kg
Néoprène polychloroprène	40 MJ/Kg
PMMA : polyméthacrylate de methyle	25 MJ/Kg
PU : polyester + fibres de verre	5 à 20 MJ/Kg
Peinture brillante : 0,15 kg/m²	3,35 MJ/m²
Peinture mate : 0,65 kg/m²	3,35 MJ/m²
Revêtements muraux	5 à 40 MJ/m²
Revêtements de sol	20 à 80 MJ/m²

Dans certains locaux ERP, IGH ou encore locaux souterrains sensibles (laboratoires, abris, centres de commandements…) la sélection des matériaux utilisés va largement au-delà de l'estimation de la charge calorifique.
Des conditions d'évacuation longues (nombre de personnes) ou difficiles (cheminement) peuvent conduire à une sélection drastique des matériels et matériaux : la nouvelle réglementation (Euroclasses) des produits de la construction va dans ce sens en intégrant des notions de génération et d'opacité des fumées par exemple.
Partant du principe incontournable que tous les matériaux organiques : thermoplastiques, thermodurcissables, élastomères, bois et dérivées de cellulose… brûlent en émettant de l'oxyde de carbone (CO), cause létale majeure en cas d'incendie, il faudra bien à un moment faire un choix qui sera forcément un compromis
En fonction de la stratégie adoptée, ce choix pourra impacter différentes phases de l'incendie.
Ainsi, choisit-on logiquement, pour lutter contre l'inflammation des matériaux difficiles à enflammer (contenant des retardateurs) mais leur nature peut les rendre dangereux si l'incendie continue de se développer :

- les produits chlorés (PVC, Néoprène) ou halogénés (la majorité des plastiques ignifugés) sont difficilement inflammables, plus ou moins auto extinguibles mais peuvent générer des fumées acides, irritantes ou narcotiques.
- Les polyamides ayant des qualités assez semblables, peuvent générer, certes en faible quantité, de l'acide cyanhydrique (au-delà de 600°C, l'HCN est transformé en oxydes azote, NO_X).
- Les styréniques (ABS, PS) génèrent d'importantes quantités de fumées opaques.
- Les produits contenant du soufre (polyether sulfone, sulfure de polyphénylène) se dégradent en acide sulfurique. Il en est de même des fluorés (Téflon), dégradés en acide fluorhydrique et des retardateurs organo-phosphoreux dégradés en acide phosphorique.

A ces exigences d'inflammation, de génération de fumées et d'effluents toxiques ou corrosifs, il faut bien entendu ajouter les notions "plus habituelles" de pouvoir calorifique, voire de cinétique de la production énergérique, de maintien mécanique et structurel.
Une prise en compte rigoureuse de ces multiples critères a toutes les chances d'aboutir à l'absence de solutions pratiques!
Une analyse plus fine est alors nécessaire et des priorités doivent être données, des compromis acceptés.
Chaque composant, produit et leurs matériaux constituants doivent être analysés en terme de risque : par rapport à l'initiation de l'incendie (allumabilité), par rapport à leur fonction et à la nécessité de conserver celle-ci pendant l'incendie (par exemple circuits de sécurité), par rapport à leur situation physique dans la chaîne probable de propagation du feu, par rapport à leur contribution en terme de combustible…
L'ensemble de ces éléments pondérés permettra alors d'effectuer un bilan précis pour chaque poste… sans oublier toutefois que la priorité reste la préservation des vies.

L'instruction technique du 1er décembre 1976, applicable aux ERP, fixe (pour les matériaux autre que M0 ou M1ou considérés équivalents, voir page 87) la quantité maximale des effluents, acide cyanhydrique (5g) et acide chlorhydrique (25g), pouvant être libérés par m³ de volume du local en cas d'incendie.
Dans le cas où ces valeurs ne sont pas connues, on considère les masses d'azote (N) ou de chlore (Cl) contenues dans le matériau initial.

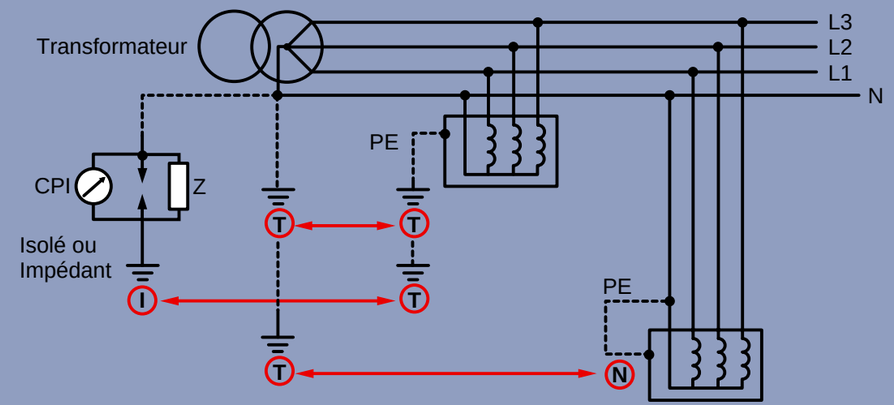
LES SCHÉMAS DE LIAISON À LA TERRE

Dans le but premier de protéger les personnes contre les conséquences de défauts d'isolement dans les installations, les conditions de mise à la terre ont été réglementairement définies. Si les différents schémas de liaison à la terre procurent un niveau équivalent de protection contre les contacts indirects, il n'en sera pas forcément de même pour la sécurité des biens, la continuité d'exploitation ou la compatibilité électromagnétique.

Le choix du "régime de neutre" n'a pas d'influence sur le niveau de sécurité obtenu pour assurer la protection des personnes. Par contre, il a des conséquences sur la continuité d'exploitation, la compatibilité électromagnétique, la protection des biens, les coûts d'installation, la maintenance et l'évolutivité.

Les normes CEI 60364 et NF C 15-100 définissent trois schémas de liaisons à la terre, nommés TT, IT et TN. La 1re lettre désigne la situation de l'alimentation (généralement, le neutre du secondaire du transformateur) par rapport à la terre. La 2e lettre désigne la situation des masses métalliques des appareils dans l'installation.

> LES DIFFÉRENTS RÉGIMES DE NEUTRE



Plusieurs types de schémas de liaisons à la terre peuvent coexister dans une même installation (îlotage).
Les règles de mise en œuvre en sont précisées au chapitre I.D.2.

Les "schémas de liaison à la terre" traduisent les différentes organisations possibles de l'installation électrique basse tension par rapport au potentiel de la terre.
C'est sous cette appellation qu'ils sont définis par les normes CEI 60364 et NF C 15-100 et par le décret de protection des travailleurs du 14 novembre 1988.
Dans la pratique et même si elle n'est pas parfaitement correcte, c'est l'expression "régime de neutre" qui est utilisée et c'est celle que nous garderons par la suite.

Les différents régimes de neutre

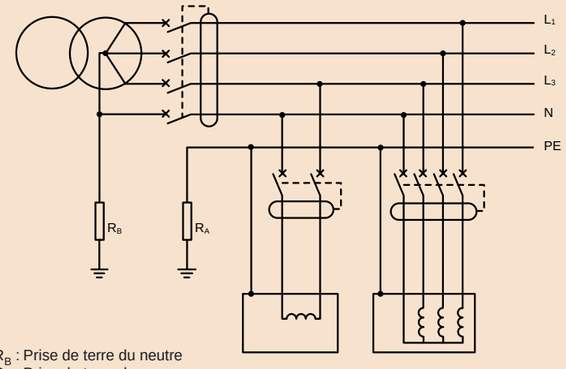
Tous les régimes de neutre apportent une sécurité équivalente contre le danger de choc électrique.
Il importe de bien connaître leurs conditions de mise en œuvre et de fonctionnement pour que cette sécurité soit garantie.

1 LE SCHÉMA TT (NEUTRE A LA TERRE)

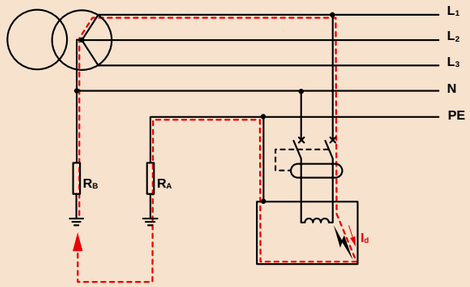
T : neutre à la terre
T : masses à la terre

En schéma TT, le point neutre du secondaire du transformateur d'alimentation de l'installation est directement relié à la terre, les masses de cette installation sont reliées à une prise de terre électriquement distincte (en distribution publique).
Le courant de défaut est fortement limité par l'impédance des prises de terre mais peut générer une tension de contact dangereuse. Le courant de défaut est généralement trop faible pour solliciter les protections contre les surintensités, il sera donc préférentiellement éliminé par un dispositif à courant différentiel résiduel.

Schéma TT



R_B : Prise de terre du neutre
R_A : Prise de terre des masses



En cas de défaut d'isolement d'un récepteur, le courant de défaut circule dans le circuit dénommé boucle de défaut, constitué par l'impédance du défaut sur la masse du récepteur, du raccordement de cette masse au conducteur de protection, du conducteur de protection lui-même, de sa mise à la terre (R_A) ; la boucle se referme par les enroulements du transformateur et le circuit d'alimentation. En toute logique, l'impédance de la boucle devrait donc être calculée à partir de l'ensemble des éléments en série constituant cette boucle.

Dans la pratique et tel que normativement admis, on ne considère que la résistance de prise de terre des masses R_A. Le courant de défaut est un peu surévalué, mais la marge de sécurité est augmentée.

La condition $R_A \times I_d \leq 50$ V doit être satisfaite. Le seuil de sensibilité IΔn du dispositif différentiel de protection est choisi tel que $I\Delta n < \frac{50}{R_A}$.

Le conducteur neutre ne doit jamais être relié à la terre en aval du dispositif différentiel. Les masses doivent être reliées à une seule prise de terre et un seul dispositif différentiel placé en amont est suffisant. Si des circuits sont reliés à des prises de terre différentes, chaque ensemble de circuits devra être protégé par un dispositif différentiel propre.

Sensibilité IDn en fonction de la résistance de la terre

IΔn différentiel	R Terre (Ω) U_L : 50 V
≤ 30 mA	> 500
100 mA	500
300 mA	167
1 A	50
3 A	17

Dans la pratique, on utilise des différentiels de 100, 300, voire 500 mA associés à des terres inférieures à 100 Ω dans des locaux secs. Lorsque la terre est mauvaise, la sensibilité de 30 mA est nécessaire.

La nouvelle édition de la nouvelle NF C 15-100 ne retient plus la valeur de tension de limite U_L : 25 V. Cette valeur était appliquée pour les locaux mouillés dans lesquels les conditions d'isolement sont réduites. Il en résultait des exigences de valeurs de prise de terre inférieures.
Des travaux médicaux ont montré que cette valeur de 25 V n'était pas justifiée. La valeur de U_L : 50 V doit donc être considérée dans tous les cas. Des dispositions particulières (liaisons équipotentielles supplémentaires, circuits protégés par DDR...) sont prescrites pour les locaux présentant des risques accrus (emplacements spéciaux - partie 7).

+



Les dispositifs différentiels à haute sensibilité (IΔn : 30 mA) permettent d'assurer la protection contre les contacts indirects lorsque les conditions d'établissement de la prise de terre sont défavorables (> 500 Ω) voire irréalisables.

Obligatoires pour l'alimentation des prises de courant jusqu'à 32 A et pour les conditions d'emploi à risque accru (appareils portatifs, installations de chantier, présence d'humidité...), ces dispositifs assurent une protection complémentaire contre les contacts directs et indirects.

Le schéma TT avec protection par dispositif différentiel est simple à mettre en œuvre, il est naturellement sécuritif et n'exige pas de calculs.
A ces titres, il est obligatoire pour les branchements sur le réseau public.
A contrario, il peut poser des problèmes de sélectivité verticale ou de sensibilités aux courants de fuite, mais des réponses adaptées existent :
- plusieurs niveaux de différentiels (avec décalage sur la sensibilité et le temps de coupure) permettent de conserver une bonne sélectivité (voir page 342)
- les différentiels Hpi présentent une bonne immunité pour les utilisations à fort courant de fuite (informatique)
- en dernier recours, l'utilisation d'un transformateur de séparation de circuit (voir page 222) est toujours possible.

Etablissement de la prise de terre

La résistance de la prise de terre dépend de la géométrie et des dimensions de celle-ci (piquet, plaque, fond de fouille) et de la nature du sol (limon, graviers, pierreux).

Ordre de grandeur de la résistivité ρ en Ωm

Terrains arables gras, compacts humides (argile, limon)	10 à 100 Ωm
Terrains arables maigres, graviers, remblais	100 à 500 Ωm
Terrains pierreux, sable sec, roches imperméables	500 à 3 000 Ωm et plus

Formules pratiques de calcul d'une prise de terre R (en Ω)
- conducteur horizontal : $R = 2\rho/L$ (L : longueur en m)
- plaque : $R = 0{,}8\rho/L$ (L : périmètre de la plaque en m)
- piquet vertical : $R = \rho/L$ (L : longueur du piquet en m)

!

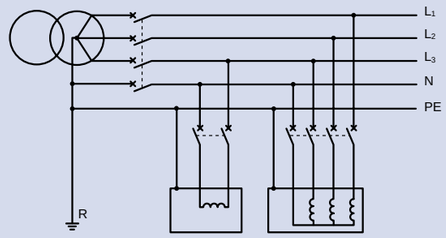
L'usage admet, et dans certains pays, que la protection soit assurée par des dispositifs contre les surintensités. Il en résulte des exigences de valeurs de prise de terre très difficiles à réaliser (< 0,5 Ω pour un calibre de 32 A par exemple) qui conduisent à des courants de défaut élevés. Cette pratique est désormais interdite par la NF C 15-100 (art. 531.1.2).

2 LE SCHÉMA TN (MISE AU NEUTRE)

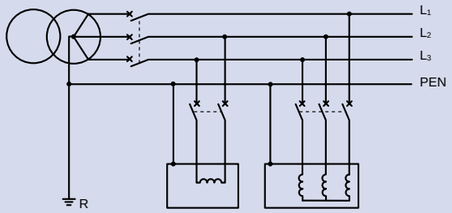
T : neutre à la terre
N : masses au neutre

En schéma TN, un point de l'alimentation, généralement le neutre du transformateur, est relié à la terre. Les masses de l'installation sont reliées à ce même point par un conducteur de protection. Le schéma est nommé TN-C lorsque la fonction neutre est confondue avec celle du conducteur de protection qui se nomme alors PEN. Si ces conducteurs sont séparés, le schéma est nommé TN-S.
Lorsque les deux variantes cohabitent dans une même installation, on peut employer le terme TN-C-S, sachant que le schéma TN-C doit toujours être en amont du TN-S.
L'impédance de la boucle de défaut est faible (elle ne passe pas par la terre). S'il y a défaut d'isolement, celui-ci se transforme en court-circuit qui doit être éliminé par les dispositifs de protection contre les surintensités.

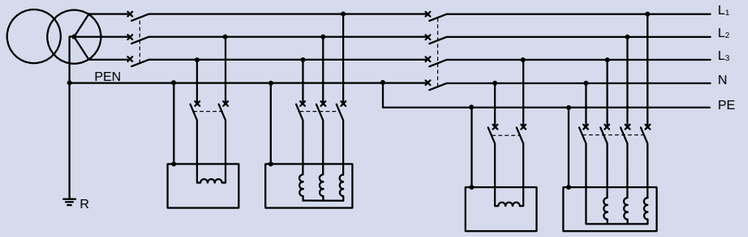
TN-S



TN-C

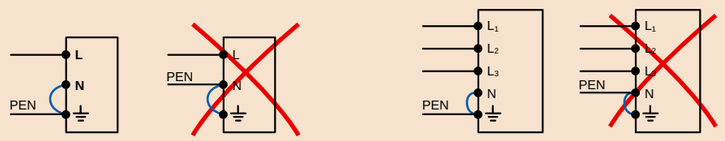


TN-C-S

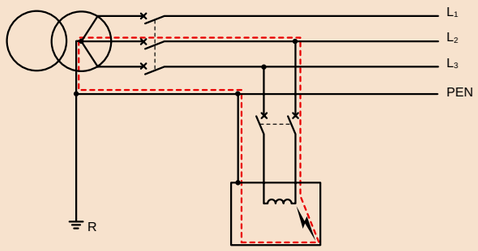


!

En schéma TN-C, la fonction "conducteur de protection" prédomine sur la fonction "neutre". Un conducteur PEN doit toujours être raccordé à la borne de terre d'un récepteur. Si une borne neutre existe, un "pont" est réalisé entre celle-ci et la borne de terre.



recepteur monophasé — recepteur triphasé



En cas de défaut, en un endroit quelconque de l'installation, affectant un conducteur de phase et le conducteur de protection ou une masse, la coupure automatique de l'alimentation doit être effectuée dans le temps prescrit de coupure t en respectant la condition $Z_S \times I_a \leq U_0$.

Z_S : impédance de la boucle de défaut comprenant la ligne d'alimentation, le conducteur de protection et la source (enroulements du transformateur).
I_a : courant de fonctionnement du dispositif de protection dans le temps prescrit.
U_0 : tension nominale phase/terre.

Les temps maximaux sont à appliquer aux circuits qui pourraient alimenter des appareils mobiles de classe I (en général toutes les prises de courant). Dans la pratique ces temps sont respectés par l'utilisation de disjoncteurs non retardés.

Temps de coupure maximaux pour les circuits terminaux

Temps de coupure (s)	Tension nominale U_0 (V)
0,8	$50 < U_0 \leq 120$
0,4	$120 < U_0 \leq 230$
0,2	$230 < U_0 \leq 400$
0,1	>400

Pour les parties fixes de l'installation de distribution, des temps plus longs, mais inférieurs à 5 s, sont admis sous réserve que $R_{PE} \leq \frac{500}{U_0} Z_S$.

R_{PE} : résistance du conducteur de protection (plus grande valeur entre un point de ce conducteur et la liaison équipotentielle). Cette formule vérifie que le rapport de l'impédance du conducteur de protection à l'impédance totale de la boucle de défaut est tel que le potentiel de la masse en défaut n'excédera pas 50 V mais elle ne vérifie pas que la coupure s'effectue dans le temps requis.

La validation de la protection contre les contacts indirects en schéma TN s'appuie sur la vérification des conditions de fonctionnement des protections (voir chapitre II.A.4).
Plus la valeur du défaut est élevée et plus les conditions de déclenchement sont faciles à obtenir. Plus la longueur des canalisations à protéger augmente, plus la valeur du courant de défaut diminue.

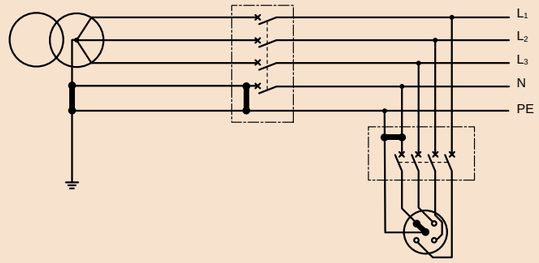
Si la condition de protection n'est pas assurée, on peut :
- augmenter la section des conducteurs (diminution de l'impédance de la boucle de défaut)
- réaliser une liaison équipotentielle locale (abaissement de la valeur de la tension de contact présumée)
- utiliser des dispositifs de protection différentielle moyenne sensibilité.

Cette dernière solution permet de s'affranchir de vérifications. Elle permet la protection des circuits terminaux de prises de courant sur lesquelles lesrécepteurs et les longueurs de câbles sont souvent méconnues.

La détermination des longueurs maximales de ligne protégées contre les contacts indirects et les courants de courts-circuits minimaux est une condition impérative de l'utilisation du régime TN.

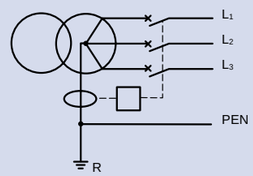
! Si les charges sont uniquement triphasées, le schéma TN-S peut être à neutre non distribué. Les appareils sont alors tripolaires, les tores de détection différentiels doivent exclure le conducteur PE.
Par principe, un schéma TN dans lequel le neutre n'est pas distribué est considéré comme un schéma TN-S.Un avertissement permanent est recommandé pour éviter la confusion avec un schéma TN-C.

Afin d'éviter des différences de potentiel entre neutre et terre (notamment dans les installations étendues ou en cas de surtension de foudre), il est possible de disposer des interconnexions régulières (démontables pour les mesures) entre le conducteur PE et le conducteur N : au niveau de la source (point neutre du transformateur), en amont du dispositif général de protection (dans le TGBT), en amont des dispositifs de protection des circuits d'utilisation (tableaux divisionnaires), au point d'utilisation (socle de prise de courant).

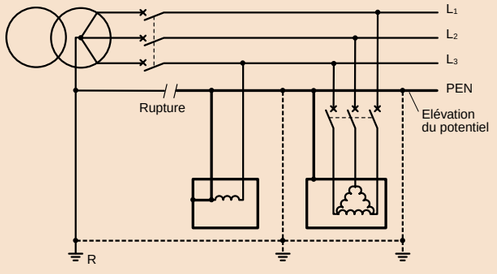


**Attention : Cette disposition n'est applicable que dans les pays où la coupure du neutre n'est pas obligatoire.
Elle n'est pas possible en France par exemple.**

**La détection de courants de défaut à la terre par tore différentiel est interdite en schéma TN-C.
En revanche une détection de surintensité dans le conducteur PEN entraînant la coupure des conducteurs de phase (mais pas celle du PEN) peut être réalisée en plaçant un tore homopolaire sur la liaison neutre/PEN du transformateur. Cette détection est d'autant nécessaire que la section du PEN est réduite par rapport aux conducteurs de phase.**



En cas de rupture ou de coupure du conducteur PEN, les masses de l'installation pourront être portées au potentiel de la tension U_0. C'est pourquoi le conducteur PEN ne doit pas pouvoir être interrompu par un dispositif quelconque (sectionnement, protection, arrêt d'urgence). Dans ce même souci de continuité, sa section minimale ne pourra être inférieure à 10 mm² en cuivre et 16 mm² en aluminium.



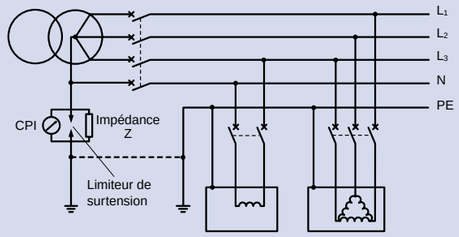
**La sécurité liée à la limitation de l'élévation en potentiel des masses repose en schéma TN sur le raccordement au conducteur de protection dont il importe de s'assurer que le potentiel reste le plus proche possible de la terre.
C'est pourquoi, il est recommandé de relier à la terre le conducteur PE ou PEN en autant de points que possible et au minimum au niveau des transformateurs d'alimentation du tableau général (liaison équipotentielle principale), au niveau de chaque bâtiment, voire au niveau de chaque groupe de circuits d'utilisation.**

3 LE SCHÉMA IT (NEUTRE ISOLÉ OU IMPÉDANT)

I : neutre "isolé" ou "impédant"
T : masses à la terre

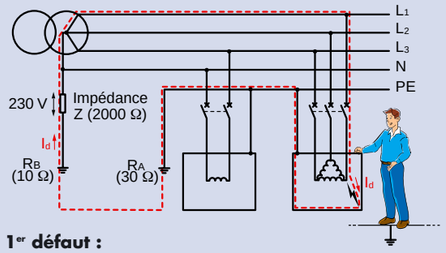
En schéma IT, l'alimentation de l'installation est isolée de la terre ou reliée à celle-ci par une impédance Z élevée. Cette liaison est généralement effectuée au point neutre ou à un point neutre artificiel. Les masses de l'installation sont interconnectées et reliées à la terre. En cas de défaut d'isolement, l'impédance de la boucle de défaut est élevée (fixée par la capacité de l'installation par rapport à la terre ou par l'impédance Z).
Au 1er défaut, l'élévation en potentiel des masses reste limitée et sans danger. La coupure n'est pas nécessaire, la continuité est assurée mais le défaut doit être recherché et éliminé par un service compétent.
Pour se faire, un contrôleur permanent d'isolement (CPI) surveille l'état d'isolement de l'installation. Si au 1er défaut non éliminé, s'ajoute un second, il se transforme en court-circuit qui doit alors être éliminé par les dispositifs de protection contre les surintensités.

Schéma IT



Le contrôleur permanent d'isolement (CPI)

Le CPI injecte en permanence un courant continu (quelques volts) entre un point du réseau et la terre. La partie capacitive de l'impédance n'est donc pas mesurée. Le courant débité correspond à la somme des courants de fuite des trois phases et caractérise l'isolement de l'installation. Un seuil de signalisation (réglé à la moitié de la valeur normale) ou un afficheur permanent de la valeur d'isolement permet de suivre et de maintenir l'installation. Une installation ne doit comporter qu'un seul CPI. Sa tension d'utilisation doit prendre en compte la présence ou non du neutre (par exemple 250 V avec neutre, 400 V sans neutre).

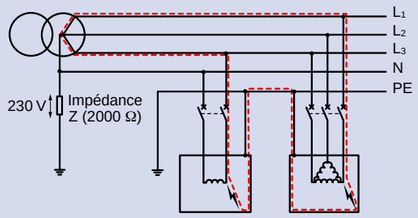


1er défaut :
pas de danger pour les personnes

Le courant de 1er défaut est limité par la somme des résistances des prises de terre de l'alimentation (R_B), des masses (R_A) et de l'impédance (Z). Soit dans l'exemple ci-contre :

$$Id = \frac{U_0}{} = \frac{230}{} = 0{,}112 \text{ A}$$

La condition de non-coupure est vérifiée, en s'assurant que le courant n'élèvera pas les masses à un potentiel supérieur à la tension limite U_L, on doit donc avoir : $R_A \times I_d \leq 50$ V**.**
Dans l'exemple : $30 \times 0{,}112 = 3{,}36$ V**.**
Les masses n'atteindront pas une tension dangereuse et la non-coupure est autorisée.



2e défaut : court-circuit

En cas de 2e défaut affectant une autre phase, sur une même masse ou sur une masse différente, une boucle est constituée par les masses des récepteurs en défaut, les conducteurs de protection et les conducteurs d'alimentation. Elle va entraîner la circulation d'un courant élevé, de court-circuit, dont les conditions d'élimination sont celles du schéma TN ou TT.

Il est à noter que cette situation de double défaut est totalement indépendante de la situation du neutre par rapport à la terre, isolé ou impédant.
Le courant de double défaut IT est souvent plus faible qu'il ne serait en TN. Les longueurs de ligne protégées s'en trouvent réduites d'autant.
En cas de défaut, le potentiel du neutre pourra s'élever jusqu'au potentiel de la phase en défaut (tension simple). Le potentiel des autres phases tendra à monter vers la valeur de la tension composée. C'est pourquoi il est conseillé de ne pas alimenter d'appareils entre phase et neutre en schéma IT.

En schéma IT, les masses peuvent être reliées à la terre individuellement, par groupe, ou toutes interconnectées ensemble.
Dans tous les cas, il est nécessaire de vérifier que la condition $R_A \times I_a \leq 50$ V est satisfaite pour la résistance de la terre RA des masses considérées (I_a étant le courant de déclenchement du dispositif de protection). L'interconnexion et la liaison à une seule prise de terre restent préférables.
Si un double défaut apparaît, les conditions de protection à mettre en œuvre et à vérifier, seront celles du schéma TT si les masses sont séparées, etcelles du schéma TN si elles sont toutes interconnectées. Voir la détermination des conditions de protection au chapitre II.A.4.

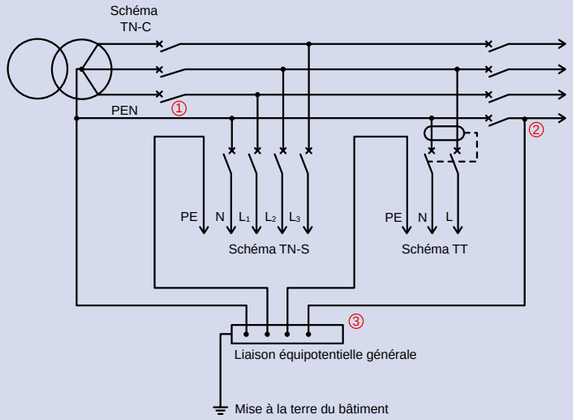
L'îlotage

Au-delà de la protection des personnes, chaque régime de neutre présente des avantages et des inconvénients pour la sécurité des biens, la compatibilité électromagnétique ou la continuité de service. Ces critères sont bien sûr à considérer pour le choix du régime principal, mais les caractéristiques du réseau, des récepteurs, et les exigences de leur exploitation peuvent, au sein d'une même installation, n'être pas compatibles avec ce seul régime de neutre.
La réalisation d'un schéma spécifique ou îlotage, dans une partie de l'installation, peut s'avérer la solution adaptée.

1 ALIMENTATION PAR UN MÊME TRANSFORMATEUR

La possibilité de réaliser différents régimes de neutre dans une même installation (îlotage) est en premier lieu dépendante de la possibilité ou non d'alimenter l'îlot par un transformateur de séparation.
En pratique, seuls des schémas TN et TT peuvent cohabiter au respect des conditions suivantes :
- le neutre est directement relié à la terre
- chaque partie de l'installation est calculée et protégée selon les règles propres à chaque schéma
- une liaison équipotentielle principale est établie dans chaque bâtiment, les conducteurs de protection y sont reliés
- chaque partie de l'installation (îlot) possède son propre conducteur de protection auquel sont reliées les masses
- si des masses d'installation différentes se trouvent dans le même bâtiment, elles doivent être reliées par une liaison équipotentielle supplémentaire
- les règles propres à la mise en œuvre du conducteur PEN (schéma TN-C) doivent être respectées (voir page 641) notamment la non-coupure du PEN ou son raccordement avec la liaison équipotentielle générale en aval du dispositif de coupure.

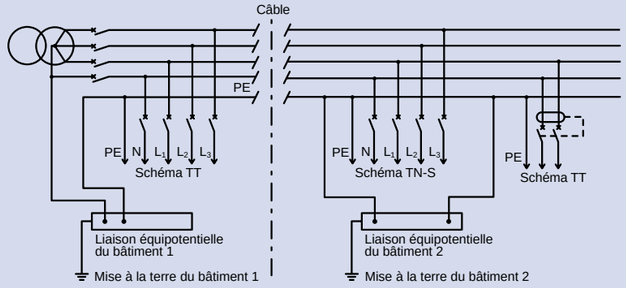
Schéma de principe de l'alimentation dans un même bâtiment ou dans deux bâtiments proches



Non-coupure du PEN ① ou raccordement à la liaison équipotentielle générale en aval du dispositif de coupure ②.
Raccordement de tous les conducteurs de protection à une même liaison équipotentielle ③.

Le passage du schéma TN-C au schéma TN-S n'est pas considéré comme un changement de régime de neutre, mais la règle du TN-S toujours en aval du TN-C reste applicable dans tous les cas.

Schéma de principe de l'alimentation de plusieurs bâtiments



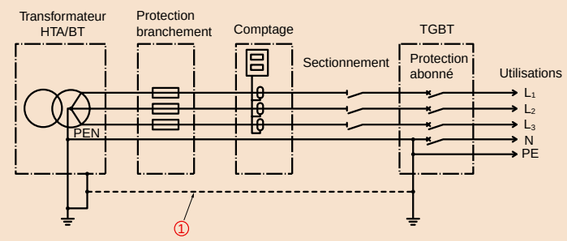
- Si seul le schéma TN-C est utilisé dans le 1er bâtiment, le câble d'alimentation du second bâtiment peut utiliser le conducteur neutre comme conducteur de protection (PEN) (câbles à 4 conducteurs).
- Dans le cas contraire (exemple du schéma), le câble d'alimentation sera à cinq conducteurs (PE et N séparés), ou à quatre conducteurs avec un conducteur PE posé jointivement au câble, pour assurer la liaison entre les circuits de protection des deux bâtiments.

Si plusieurs régimes de neutre (identiques ou différents) sont mis en œuvre dans un même bâtiment, les circuits de protection (conducteurs PE) seront reliés entre eux et interconnectés à la même liaison équipotentielle du bâtiment concerné.

Raccordement d'une installation en schéma TN-C ou TN-S au réseau de distribution publique

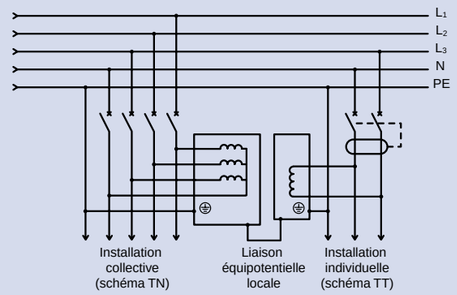
la distribution publique est normalement effectuée en schéma TT. La possibilité d'une liaison en schéma TN requiert l'accord du service local de distribution :
- le raccordement ne peut être effectué que sur réseau souterrain
- le neutre basse tension est relié à la terre des masses HTA du poste (schéma TNR, voir chapitre I.A.1)
- il ne comporte pas de dispositif de coupure jusqu'au point de livraison (PEN)
- les caractéristiques du réseau (distances, puissances, évolutions) sont nécessaires au calcul de la boucle de défaut éventuel.

Principe du branchement en schéma TN



① Si le poste de livraison et le TGBT sont situés dans le même bâtiment, les masses du poste doivent être reliées à la même prise de terre que les installations BT.

Exemple de cohabitation de schémas : installation individuelle en TT (abonnés), installation collective en TN (chauffage par exemple)



2 ALIMENTATION PAR UN TRANSFORMATEUR SPÉCIFIQUE

Dans cette application, il faut distinguer trois cas.
• L'utilisation d'un "transformateur de séparation de circuits", pour séparer localement le circuit d'utilisation de celui d'alimentation afin d'éviter le risque de contact indirect sur le circuit séparé. Cette mesure s'applique pour l'alimentation d'un appareil ou d'un ensemble d'appareils regroupés (voir page 98).
• L'utilisation d'un transformateur d'isolement à enroulements séparés pour alimenter de manière distincte un appareil sensible aux perturbations électromagnétiques. Le transformateur est alors utilisé pour ses qualités de filtrage (voir page 106).
• L'utilisation d'un transformateur d'isolement à enroulements séparés destiné à recréer une source d'alimentation au départ de laquelle pourra être mis en œuvre le régime de neutre adapté au besoin spécifique de l'îlot, généralement TN-S ou IT.

Transformateur d'isolement

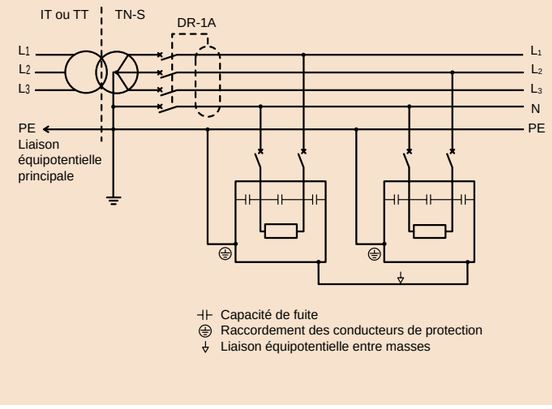


Réf. 425 04

1 Alimentation en régime TN-S (mise au neutre locale)

Pour les installations :
- à courants de fuite importants (traitement de l'information)
- à faible isolement (fours, soudeuses) fortement perturbées (émetteurs hertziens).
Les applications où l'antiparasitage est important (condensateurs) peuvent également nécessiter ce type de schéma (matériels de commande industriel ou de télécommunications).
La protection contre les défauts d'isolement (contacts indirects) est assurée par des dispositifs contre les surintensités en s'assurant que le courant de défaut est supérieur (+ 20 %) au courant de déclenchement. Si la puissance de court-circuit du transformateur est insuffisante, on utilisera un dispositif différentiel basse sensibilité (1A par exemple).
L'équipotentialité des récepteurs sera particulièrement soignée. Des liaisons supplémentaires seront établies en ce sens.
Des interconnexions neutre/conducteur de protection seront établies ainsi que des référencements supplémentaires à la terre si nécessaire.

Schéma type d'un îlot en régime TN-S triphasé (application possible à un schéma monophasé)



Règle pratique pour déterminer le calibre de la protection au secondaire :

Pour vérifier que le dispositif choisi est bien adapté, une valeur approchée du court-circuit minimum au point le plus éloigné de l'installation peut être obtenue grâce à la formule ci-dessous :

$$Icc\ mini = \frac{U_S}{\left(\frac{U_S^2}{P} \times \frac{Ucc\,\%}{100}\right) + \frac{2\rho l}{S}}$$

U_S : tension secondaire du transformateur en V
P : puissance du transformateur en VA
Ucc % : tension de court-circuit du transformateur
l : longueur de la ligne en m
S : section de la ligne en mm^2
ρ cuivre : 0,023 Ω mm^2/m

Le calibre de la protection sera choisi de façon à avoir un temps de coupure de 5 s maximum pour le courant Icc défini précédemment :

Fusible gG : $In \leq \frac{Icc\ mini}{4}$

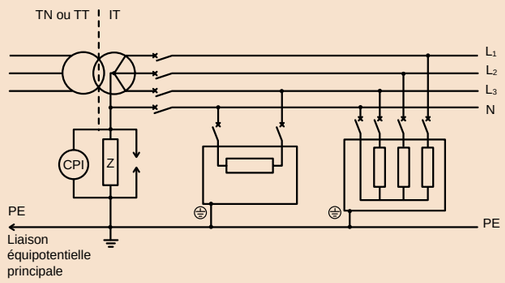
Disjoncteur type C : $In \leq \frac{Icc\ mini}{8}$

2 Alimentation en régime IT

Pour les installations :
- à nécessité de continuité de service pour la sécurité (médical, agro-alimentaire)
- à nécessité de continuité d'exploitation (ventilation, pompes, balises)
- à risques d'incendie (silos, hydrocarbures)
- à faible puissance de court-circuit (générateurs autonomes).

Si la qualité première du régime IT est de limiter le courant de 1er défaut et de ne pas "couper", il n'en reste pas moins que ce choix peut se faire au détriment d'autres exigences qu'il sera nécessaire de bien peser :
- la non-distribution du conducteur neutre, qui reste recommandée de par le risque de montée en potentiel ou de rupture en cas de double défaut, est peu compatible avec l'utilisation de récepteurs monophasés
- le risque de montée en potentiel de la terre, à laquelle les masses des appareils électroniques sont reliées par leur conducteur de protection
- la difficulté d'utiliser des différentiels haute sensibilité (30 mA) pour les prises de courant qui couperaient au 1er défaut.

Schéma type d'un îlot en régime IT pour continuité d'exploitation, conducteur neutre distribué



Il est recommandé de réaliser l'îlot IT sur une faible étendue.
Si le conducteur neutre est nécessaire, d'une part il sera systématiquement protégé (et pas uniquement coupé) et d'autre part sa section ne sera pas réduite (il pourrait fondre en cas de double défaut). La présence d'harmoniques liées aux appareils utilisés dans le médical devrait même conduire à en augmenter la section.
Pour limiter le risque de montée en potentiel des masses, celles-ci seront interconnectées, reliées à la prise de terre locale qui sera elle-même reliée à toutes les prises de terre du bâtiment via la liaison équipotentielle principale.

L'application du schéma IT médical est définie par la norme NFC 15-211 (mesure P5). Elle est obligatoire dans les salles d'anesthésie, d'opération et de cathétérisme cardiaque. Elle est recommandée dans un certain nombre d'autres salles : hydrothérapie, réveil, soins intensifs, hémodialyse...
Transformateur et appareillage doivent être dans un local distinct de la salle, mais un report lumineux du dispositif de contrôle d'isolement doit y être visible. L'impédance Z du CPI doit être d'au moins 100 kΩ avec un seuil d'alarme réglé à 50 kΩ correspondant à un courant de défaut d'environ 5 mA ($I_d = \frac{U_0}{Z} = \frac{230}{50\,000} = 4{,}6$ mA) permettant la détection d'un défaut éventuel avant coupure des différentiels haute sensibilité.
Tous les circuits doivent être protégés par des différentiels haute sensibilité de type A (voir chapitre II.B.6).
Les appareils de puissance > 5 kVA doivent être alimentés directement sans prise.
Les appareils et les prises de puissance < 5 kVA doivent être alimentés par un transformateur de séparation pour les trois types de salle à IT médical obligatoire.

Compatibilité entre dispositifs différentiels haute sensibilité et non-déclenchement du 1er défaut en îlot IT.
La protection par différentiels haute sensibilité des prises de courant reste obligatoire mais la coupure inopinée due à un déclenchement peut être anticipée en réglant le courant de détection du CPI à une valeur plus faible que celle du différentiel (voir IT médical).
En cas de nécessité impérative sur la continuité d'exploitation, les différentiels haute sensibilité ne sont pas nécessaires si les appareils sont directement branchés sur l'installation (sans prise de courant).
La mesure dérogative d'utilisation spécifique peut être utilisée pour alimenter des prises de courant non protégées si aucun autre appareil que ceux prévus ne risque d'y être branché (voir page 341).

Les régimes de neutre des groupes électrogènes

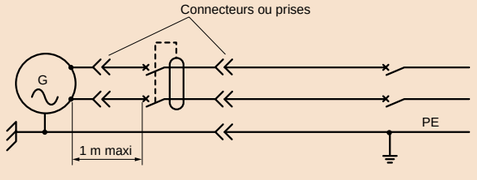
Les groupes électrogènes présentent des spécificités à prendre en compte pour la protection contre les chocs électriques.
Les groupes mobiles ne peuvent pas être reliés à la terre et leur raccordement par un câble souple reste un élément fragile.
Les groupes, en général, ont des niveaux de court-circuit beaucoup plus faibles que les transformateurs (de l'ordre de 3 In au lieu de 20 In, à titre indicatif).
De ce fait, les conditions de déclenchement nécessaires à la protection contre les contacts indirects peuvent ne plus être assurées par les dispositifs dimensionnés pour le fonctionnement sur la source normale.

1 Groupes portatifs pour installations temporaires

Limités à quelques kVA ils alimentent directement un petit nombre de récepteurs (étal de marché, kiosque, alimentation d'outils portatifs…).
Les masses du groupe et celles de l'installation doivent être reliées par un conducteur de protection.
Chaque circuit de départ doit être protégé par un dispositif différentiel IΔn ≤ 30 mA.

Si le groupe comporte une ou des prises de courant sans différentiel de protection, il doit en être disposé un par circuit à une distance de moins de 1 m.
Si le groupe électrogène est de classe II, la liaison des masses n'est pas réalisée mais la disposition du ou des différentiels reste obligatoire pour la protection complémentaire contre les contacts directs, notamment sur le câble souple de liaison.

Groupe portatif pour installation temporaire



Installation temporaire

2 Groupes mobiles pour installations temporaires

De puissances supérieures à 10 kVA, ils alimentent des installations plus étendues (chantiers, manèges, chapiteaux…).
Les masses du groupe sont reliées aux masses des appareils d'utilisation par un conducteur de protection.
La protection contre les chocs électriques est assurée par un dispositif différentiel IΔn ≤ 30 mA.
Si des nécessités de sélectivité différentielle entre les circuits alimentés sont nécessaires, les règles décrites page 342 pourront être appliquées.
L'impossibilité d'établir une prise de terre fiable conduit à l'établissement d'un schéma TN-S.
Le courant de défaut se referme par la liaison des masses. Le neutre peut ou non être distribué.

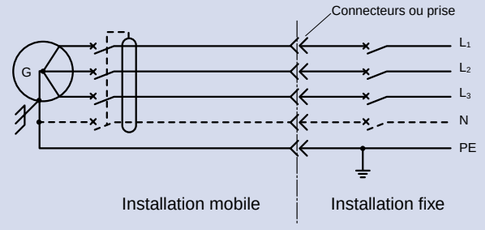
3 Groupes mobiles pour installations fixes

La réalimentation temporaire d'une installation fixe en lieu et place du réseau ou de l'alimentation habituelle ne doit être faite qu'après sectionnement. Le disjoncteur de tête, un sectionneur ou un inverseur peuvent être utilisés sous réserve qu'ils soient condamnés en position d'ouverture.
Quel que soit le régime de neutre de l'installation fixe, il est nécessaire d'interconnecter les masses (TT, IT), le point neutre du groupe et les masses du groupe (TN) aux masses de l'installation existante.
Si les conditions de protection (Icc mini) ne sont pas remplies, des dispositifs différentiels seront utilisés.
Le tore sera placé sur tous les conducteurs actifs (phase + neutre) ou sur le conducteur de liaison du point neutre de l'alternateur à la terre de l'installation (TT ou TN-S). En TN-C, cette solution n'est pas applicable.

4 Groupes fixes pour installations fixes

Si le groupe constitue une source de remplacement, il doit utiliser le même régime de neutre que la source normale.
Les conditions de protection contre les contacts indirects et de déclenchement pour les courts-circuits minimaux doivent être vérifiées (voir chapitres II.A.3, II.A.4, II.A.5), pour les courts-circuits présumés en régime TN et IT.

Groupe mobile pour installation fixe



Si le groupe constitue une source pour l'alimentation de sécurité, le schéma utilisé devra être l'IT.

Attention, en régime TN ou IT, la protection contre les contacts indirects risque de ne pas être assurée (valeur d'Icc trop faible).
Sur les installations destinées à être réalimentées par un groupe mobile, une indication sera placée près du point de connexion avec l'indication :
"Puissance minimale du groupe à installer : x kVA".

L'installation et la mise en œuvre des groupes font l'objet d'une réglementation précise sur les caractéristiques des locaux, l'évacuation et les taux de polluants des gaz d'échappement, le bruit admissible. Il conviendra de s'y reporter avec l'aide des constructeurs et organismes compétents.

LE CHOIX DU RÉGIME DE NEUTRE

Le choix d'un régime de neutre relève d'obligations et d'objectifs souvent contradictoires : à tel point qu'il faut parfois créer plusieurs schémas (îlotage) pour répondre à des besoins de sécurité, de maintenabilité ou d'exploitation trop différents au sein d'une même installation.

1 TABLEAU PRATIQUE RÉCAPITULATIF

Régime TT			
Principe général	**Avantages**	**Inconvénients**	**Commentaires**
Détection d'un courant de défaut passant par la terre et coupure de l'alimentation par dispositif à courant différentiel	- Simplicité (peu de calculs à l'installation) - Extension sans calcul des longueurs - Courants de défauts faibles (sécurité contre l'incendie) - Peu de maintenance (sauf tests réguliers des différentiels) - Sécurité des personnes en cas d'alimentation d'appareils portatifs ou de mise à la terre déficiente (avec différentiels 30 mA) - Fonctionnement sur source à Icc présumé réduit (groupe électrogène).	- Pas de sélectivité si disjoncteur unique en tête d'installation - Nécessité de différentiels sur chaque départ pour obtenir la sélectivité horizontale (coût) - Risque de déclenchements intempestifs (surtensions) - Interconnexions des masses à une seule prise de terre (installations étendues) ou différentiel nécessaire par groupe de masses - Niveau de sécurité dépendant de la valeur des prises de terre.	- Parafoudres à prévoir si distribution aérienne - Possibilité de relier la prise de terre de l'alimentation et celle des masses si transformateur HTA/BT privé (vérifier pouvoir de coupure des différentiels) - Nécessite de gérer des équipements à courants de fuite élevé (séparation, îlotage) - Importance de l'établissement et de la pérennité des prises de terre (sécurité des personnes) - Prévoir des vérifications périodiques des valeurs des terres et des seuils de déclenchement des différentiels.

Régime TN			
Principe général	**Avantages**	**Inconvénients**	**Commentaires**
Le courant de défaut est transformé en courant de court-circuit coupé par les dispositifs de protection contre les surintensités, les masses sont maintenues sous un seuil de potentiel non dangereux.	- Coût réduit (les protections sont utilisées pour les courants de défaut et les surintensités) - La prise de terre n'a pas d'influence sur la sécurité des personnes - Faible susceptibilité aux perturbations (bonne équipotentialité, neutre relié à la terre) - Peu sensible aux courants de fuite élevés (appareils chauffants, à vapeur, informatiques).	- Courants de défauts élevés (génération de perturbations et risques d'incendie particulièrement en TN-C) - Nécessité de calculs de lignes précis - Risque en cas d'extensions de rénovation ou d'utilisations non maîtrisées (personnel compétent).	- La vérification des conditions de protection doit être effectuée : - à l'étude (calcul) - à la mise en service - périodiquement - en cas de modification de l'installation - La vérification pratique nécessite un matériel de test spécifique (mesure de l'Icc en bout de ligne) - L'utilisation de différentiels permet de limiter les courants de défauts (vérifier le pouvoir de coupure) et de pallier aux risques non prévus par les calculs (rupture conducteurs de protection, longueurs de ligne de charges mobiles…).

Régime IT			
Principe général	**Avantages**	**Inconvénients**	**Commentaires**
La maîtrise du courant de 1er défaut à une valeur très faible limite la montée en potentiel des masses. Il n'y a alors pas nécessité de coupure.	- Continuité de service (pas de coupure au 1er défaut) - Courants de 1er défaut très faible (protection contre l'incendie) - Courant de défaut peu perturbateur - Fonctionnement sur sources à Icc présumé réduit (groupe électrogène) - Alimentation de récepteurs sensibles aux courants de défaut (moteurs).	- Coût d'installation (neutre protégé, CPI, parasurtenseurs) - Coût d'exploitation (personnel compétent, localisation des défauts) - Sensibilité aux perturbations (mauvaise équipotentialité avec la terre) - Risques au 2e défaut : - surintensités de court-circuit - perturbations (montée en potentiel de la terre) - apparition d'une tension composée (si neutre distribué).	- La signalisation du 1er défaut est obligatoire et sa recherche doit être immédiatement entreprise - La situation de 2e défaut doit être évitée compte tenu de ses risques - Protection par parafoudres indispensable (risque de montée en potentiel de la terre) - Il est conseillé de limiter l'étendue des installations IT au strict nécessaire (îlotage).

Les tableaux de choix ci-après donnent des règles générales qui peuvent ne pas être applicables dans certains cas.

Le régime de neutre doit être choisi pour la majorité des applications de l'installation. Si l'une d'elles est peu compatible avec ce choix, il sera préférable de l'isoler et la traiter à part (îlotage, filtrage, séparation).
Choisir le régime global pour cette application, c'est le risque de faire le mauvais choix pour tout le reste de l'installation.

Nature et caractéristiques de l'installation	Régime de neutre conseillé
- Réseau de distribution publique BT	TT (TN sur demande)
- Réseau étendu avec prises de terre médiocres - Alimentation par transformateur à faible Icc - Groupe électrogène (installation temporaire) - Réseau en lignes aériennes	TT
- Réseau perturbé (zone foudroyée) - Réseau avec courants de fuite importants	TN
- Groupe électrogène (alimentation temporaire)	TN-S
- Groupe électrogène (alimentation de sécurité) - Source de sécurité des circuits de sécurité des ERP	IT

Nature des récepteurs et conditions d'exploitation	Régime de neutre conseillé
- Nombreux appareils mobiles ou portatifs - Installations avec modifications fréquentes - Installations de chantier - Installations anciennes - Locaux à risques d'incendie	TT
- Equipements électroniques et informatiques - Equipement avec auxilliaires (machines-outils) - Equipement de manutention (palans, ponts, grues…) - Appareils avec isolement faible (appareils de cuisson, à vapeur…) - Installations à courant de fuite important (marinas…)	TN-S
- Locaux à risque d'incendie - Installations de contrôle de commande avec nombreux capteurs - Installations avec exigence de continuité (médical, pompes, ventillation…) - Appareils sensibles aux courants de fuite (risque de destruction de bobinages)	

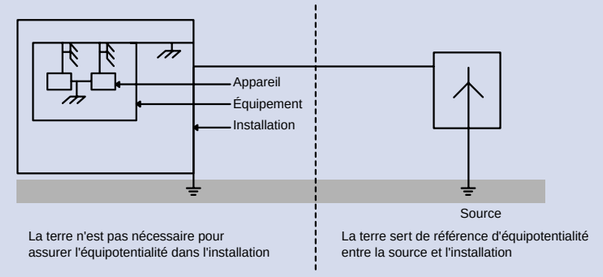
2 RÉGIME DE NEUTRE ET CEM

Le choix du "régime de neutre" a une influence directe sur la "compatibilité électromagnétique" de l'installation :
- les conséquences d'un choc de foudre sont en partie dépendantes de la situation de l'alimentation par rapport à la terre, définie par la 1re lettre (I ou T)
- la transmission des perturbations conduites ou émises à haute fréquence dépend du raccordement des masses de l'installation et de leur équipotentialité, définis par la seconde lettre (T ou N).

Choc de foudre <————> Potentiel de référence - mise à la terre
Perturbations conduites <————> Réseau de masses

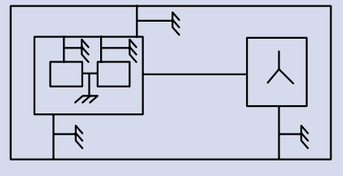
Les distances de transport de l'énergie nécessitent une référence de potentiel commune qui puisse être accessible de la source à l'utilisation et écouler des perturbations telles que la foudre. La terre est seule disponible !

Installation et alimentation séparées (réseau de distribution publique)



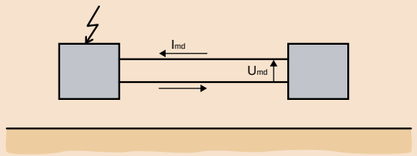
Localement, la terre n'est pas nécessaire à l'équipotentialité d'une installation. C'est le réseau de masse qui assure cette équipotentialité. Ainsi lorsque la source d'énergie est proche ou autonome (batteries, panneaux solaires, groupe électrogène...), la liaison alimentation/installation par la terre n'est pas nécessaire. La protection peut s'effectuer uniquement par des "liaisons équipotentielles locales" non reliées à la terre. En cas de foudroiement, risque principal, toute l'installation monte en potentiel de façon égale, donc sans dommage. Les stations météo d'altitude, les émetteurs isolés utilisent ce principe.

Installation autonome

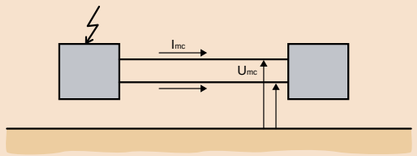


Mode différentiel, mode commun

En mode différentiel, la perturbation qui va se coupler sur la ligne va donner naissance à un courant I_{md}, et donc à une tension U_{md} entre les deux conducteurs aller et retour de la ligne. Cette tension peut être suffisante pour changer le niveau du signal normalement transmis et entraîner une erreur de commande (ligne de transmission) ou une destruction de l'équipement dans le cas d'une perturbation énergétique comme la foudre (ligne d'énergie).

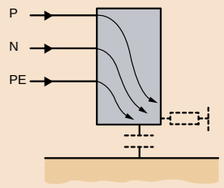


En mode commun, l'élévation de potentiel U_{mc} est identique sur les deux conducteurs de la ligne et se fait par rapport à une référence externe, généralement la terre. Le courant de mode commun I_{mc} est de même sens dans les deux conducteurs.
En règle générale, les perturbations de mode différentiel sont les plus gênantes car elles

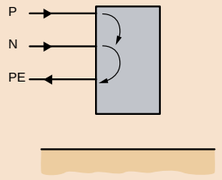


sollicitent les caractéristiques fonctionnelles propres des produits (niveaux de mesure, seuils de déclenchement, alimentation en énergie...).
Pour leur part et même si elles peuvent être d'un niveau supérieur, les perturbations de mode commun sollicitent essentiellement les isolations des produits qui, pour des raisons de sécurité, sont largement dimensionnées.
On aura toujours intérêt à transformer les perturbations de mode différentiel en mode commun pour en limiter les effets et en faciliter le filtrage. Le torsadage est par exemple un moyen très simple et universellement utilisé pour les câbles de données.

Le "vrai mode commun" est caractérisé par la circulation de la perturbation dans tous les conducteurs. Son retour s'effectue par les différents couplages capacitifs ou galvaniques avec d'autres appareils. Par exemple, la surtension de foudre en tête d'installation est de "vrai mode commun". Elle n'est par arrêtée par un transformateur.



Le "faux mode commun" se caractérise par le retour de la perturbation par le circuit de protection et le réseau de masse. C'est généralement le cas des appareils d'utilisation sous masse métallique (classe I), et raccordés sur des circuits terminaux. Le "faux mode commun" est arrêté par un transformateur et à fortiori par un transformateur avec écran.



Avantages et inconvénients des régimes de neutre vis-à-vis de la CEM

• Schéma TT

⊕ **- Le potentiel du neutre est fixé.**
- Les courants de défaut sont faibles.

⊖ **- Les prises de terre "source" et "utilisation" sont séparées et ne sont pas parfaitement équipotentielles d'autant que l'impédance de la prise de terre "utilisation" peut être élevée.**
- Le conducteur PE n'est pas une référence de potentiel fiable, d'où la nécessité de liaisons équipotentielles supplémentaires.
- Dissymétrie en cas de choc de foudre entraînant des surtensions de mode différentiel.

• Schéma IT

⊕ **- Les courants de défaut sont faibles.**
- Bonne protection contre la foudre conduite (surtensions de mode commun) mais risque d'amorçage sur l'impédance de neutre, d'où la nécessité d'un parasurtenseur.

⊖ **- Potentiel de la terre "utilisation" non fixé par rapport à la source et en conséquence celui des masses non plus.**
- Montée en potentiel de la terre (impact direct de foudre) ou après le 1er défaut : perte de référence pour les appareils électroniques.
- Circulation de courants permanents par couplage capacitif entre conducteurs actifs et terre.

• Schéma TN-S

⊕ **- Une seule référence de potentiel "source" et "utilisation". La terre n'est pas utilisée comme conducteur. Bonne équipotentialité des masses.**
- Faible impédance du circuit de protection par la nécessité de conduire des courants de défaut importants.

⊖ **- Règles de mise en œuvre et matériels spécifiques (5 fils).**
- Rejection possible de perturbations sur le neutre si l'équipotentialité est mal assurée entre neutre et conducteur PE ou si leurs parcours sont différents (d'où la nécessité de liaisons régulières).
- Courants de défaut élevés.
- Dissymétrie en cas de choc de foudre entraînant des surtensions de mode différentiel.

NB : le schéma TN-C n'est pas recommandé du fait de la circulation de forts courants de défaut dans le conducteur PEN.

Il est communément admis que le régime TN-S représente le meilleur compromis en matière de CEM. Les limites de ce schéma pourront être facilement palliées par l'utilisation complémentaire de parafoudres combinant modes commun et différentiel.
L'utilisation sur chaque circuit de départ de disjoncteurs différentiels compatibles avec les courants de fuite limitera les courants en cas de défaut.

La structure du réseau de protection

Les conducteurs de protection constituent toujours "les fils conducteurs" de ce réseau, mais sa complexité va en s'accroissant avec les besoins des technologies de l'information, des protections parafoudres, des réseaux locaux... avec le risque de mélanger un peu les vocabulaires. Un petit rappel lexical n'est peut-être pas inutile...



Coffrets XL : l'interconnexion des masses par conception facilite très largement le raccordement des conducteurs de protection des circuits d'utilisation

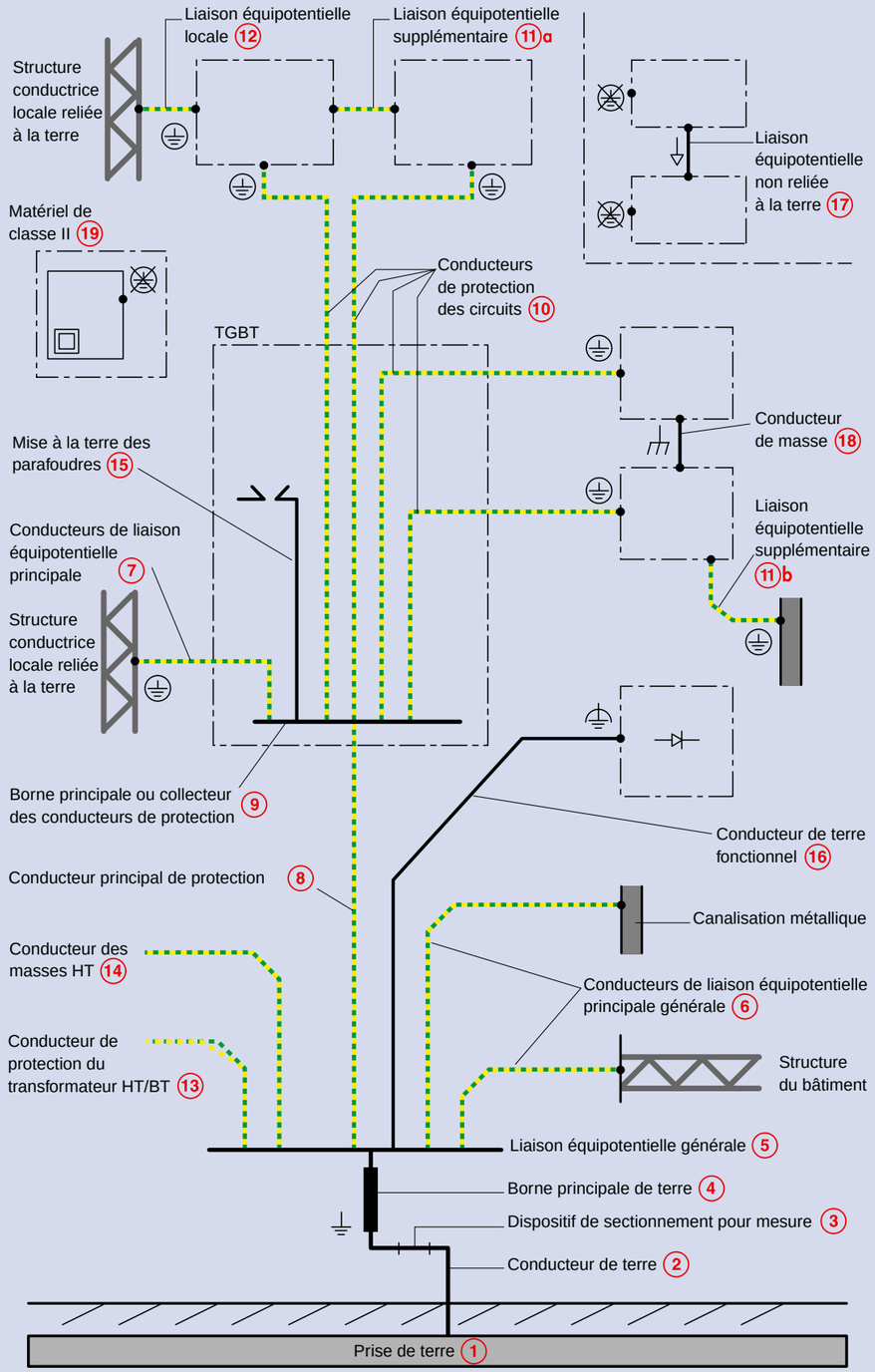
Conducteurs de liaison équipotentielle reliés à une barre collectrice ou "borne principale des conducteurs de protection"



Symboles

- Terre, symbole général.
- Conducteur de protection double coloration vert/jaune. Connexion à la terre pour un rôle de protection contre les chocs électriques.
- Rôle fonctionnel de la terre n'incluant pas nécessairement la protection contre les chocs électriques.
- ou ⊥ Masse, liaison électrique des châssis, point de référence de tension.
- Liaison équipotentielle.
- Masse non reliée à un conducteur de protection. Si une liaison fonctionnelle est nécessaire (liaison des masses par exemple), utiliser le symbole .
- Appareil à double isolation obtenue par construction, ou ensemble à double isolation (dit à isolation totale), obtenue par installation.

Schéma du réseau de protection (voir définitions pages suivantes)



Définitions	
① **Prise de terre.**	Ensemble des éléments conducteurs en contact avec le sol. La prise de terre est établie en fonction des conditions locales (nature du sol) et de la valeur souhaitée de résistance.
② **Conducteur de terre.**	Conducteur assurant la liaison avec la prise de terre, généralement non isolé, avec une section minimale de 25 mm^2 cuivre et 50 mm^2 en acier galvanisé.
③ **Dispositif de sectionnement.**	Inséré dans le conducteur de terre, l'ouverture de ce dispositif permet la mesure de la prise de terre.
④ **Borne principale de terre.**	Liaison électrique entre le circuit de terre et la liaison équipotentielle générale. Peut faire partie intégrante de cette dernière ou du dispositif de sectionnement.
⑤ **Liaison équipotentielle générale**	Située à l'origine de l'installation et/ou au point de pénétration dans chaque bâtiment, elle relie l'ensemble des conducteurs de terre, la liaison équipotentielle principale et les divers conducteurs de protection.
⑥ **Conducteur de liaison équipotentielle principale générale**	Relie les éléments métalliques de la construction, les canalisations, les charpentes, à la liaison équipotentielle générale. La section doit être égale à celle du conducteur principal de protection avec un minimum de 6 mm^2 (10 mm^2 en aluminium) et un maximum de 25 mm^2 (35 mm^2 en aluminium).
⑦ **Conducteurs de liaison équipotentielle principale**	Relie les éléments conducteurs à proximité du Tableau Général Basse Tension à la borne des conducteurs de protection. La section doit être égale à celle du conducteur de protection avec un minimum de 6 mm^2 (10 mm^2 en aluminium) et un maximum de 25 mm^2 (35 mm^2 en aluminium).
⑧ **Conducteur principal de protection**	Conducteur reliant la borne principale de terre à la borne principale des conducteurs de protection. Sa section est déterminée selon les règles indiquées dans ce chapitre (choix ou calcul).
⑨ **Borne principale ou collecteur des conducteurs de protection**	Elle est située dans le Tableau Général Basse Tension. Son choix ou sa détermination sont effectués selon les règles indiquées dans ce chapitre.
⑩ **Conducteur de protection des circuits**	Ils sont déterminés en fonction de l'intensité de chaque circuit d'utilisation selon les règles indiquées dans ce chapitre (choix ou calcul).
⑪ **Liaisons équipotentielles supplémentaires**	Elles permettent d'assurer la continuité des circuits de protection. **a** Entre masses : la section est au moins égale à celle du plus petit conducteur de protection des deux masses à relier. **b** Entre masses et parties conductrices : la section est au moins égale à la moitié de la section du conducteur de protection de la masse à relier. NB : Dans les deux cas, un minimum de 2,5 mm^2 est nécessaire si la liaison est mécaniquement protégée (sous enveloppe, goulotte, gaine…) et de 4 mm^2 si elle n'est pas protégée (fil souple). Ces règles sont applicables aux panneaux amovibles et portes des armoires XL et XL-A lorsque aucun appareil n'y est fixé. Si des appareils y sont fixés ou s'il existe des risques particuliers de contacts indirects sur ces masses (traversées de commande, absence de plastron…), l'offre Legrand de tresses souples permet de répondre à tous les cas d'installation.
⑫ **Liaison équipotentielle locale**	Si en régime de neutre TN ou IT, la longueur des circuits situés en amont des circuits terminaux est méconnue ou trop importante, une liaison équipotentielle locale est réalisée au niveau de chaque tableau alimentant les circuits terminaux. Sa section doit être au moins égale à la moitié de la section du conducteur de protection alimentant le tableau, avec un minimum de 6 mm^2 (10 mm^2 en aluminium), et un maximum de 25 mm^2 (35 mm^2 en aluminium).
⑬ **Conducteur de protection du transformateur HT/BT**	La section est déterminée en fonction de la nature du conducteur, de la puissance du transformateur et du temps de réaction de la protection HT. Dans la pratique, sa section est identique à celle du conducteur principal de protection.
⑭ **Conducteur des masses Haute Tension**	Si l'installation est alimentée par un poste de livraison, la section utilisée est égale à 25 mm^2 (35 mm^2 en aluminium). Dans des cas d'alimentation différente, la section doit être calculée.
⑮ **Mise à la terre des parafoudres**	Elle est destinée à écouler les courants de défaut dus à l'élimination des surtensions. Ces conducteurs doivent être les plus courts possibles et réservés à cet usage. La section minimale est choisie selon les indications des constructeurs : 4 à 16 mm^2 en général

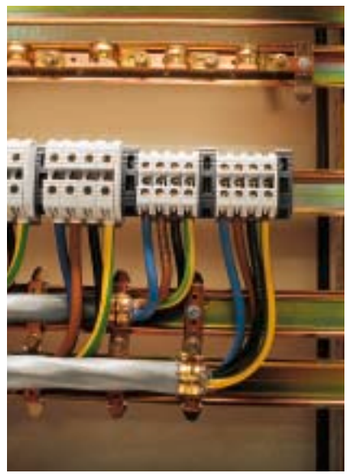
Définitions (suite)	
⑯ **Conducteur de terre sans fonction de sécurité**	Il assure, pour des raisons fonctionnelles ou de niveau de perturbations, la liaison avec la terre. N'utilisez la double coloration vert/jaune que si le conducteur assure également la fonction de protection. Les termes "terre sans bruit" ou "terre propre" sont à proscrire
⑰ **Conducteur de masse**	- Conducteur à usage uniquement fonctionnel : référencement de potentiel (masses électroniques), sa section est alors choisie en fonction de l'intensité réelle. - Compatibilité électromagnétique : les conducteurs seront choisis les plus courts et les plus larges possibles pour diminuer leur impédance en haute fréquence.
⑱ **Liaison équipotentielle non reliée à la terre**	Liaison spécifique à certaines applications restreintes en milieu isolant (plate-forme d'essais…). Toutes les masses et éléments simultanément accessibles sont alors reliés. Les sections sont prises identiques à celles des liaisons équipotentielles supplémentaires.
⑲ **Matériel de classe II**	Les masses de ce matériel ne doivent pas être reliées à un conducteur de protection.



Raccordement des conducteurs de protection par bornes Viking vert/jaune : le rail est utilisé comme collecteur (voir page 164)



Conducteurs de masse constitués par des tresses réf. 347 97 (30 mm^2)



Pour une véritable "culture des masses" : reprises de blindage par colliers fixés sur des griffes "Fixoméga" réf. 364 69, parfaite identification des circuits sur borniers Viking

II

LES CHOIX

II.A – LE DIMENSIONNEMENT DES CONDUCTEURS ET DES PRODUCTIONS 240
- II.A.1 – La protection contre les surcharges 242
- II.A.2 – La vérification des chutes de tension 256
- II.A.3 – La protection contre les courts-circuits 260
- II.A.4 – La protection contre les contacts indirects 268
- II.A.5 – Estimation des courts-circuits et exemple de calcul 278

II.B – LES APPAREILS DE PROTECTION 288
- II.B.1 – Les disjoncteurs Legrand DPX, DX 290
- II.B.2 – L'association des dispositifs de protection 308
- II.B.3 – La sélectivité des dispositifs de protection 312
- II.B.4 – Les disjoncteurs et interrupteurs ouverts DMX 320
- II.B.5 – Les parafoudres 330
- II.B.6 – Les différentiels 336

II.C – LES FONCTIONS D'EXPLOITATION 344
- II.C.1 – La consignation des ouvrages et équipements 346
- II.C.2 – La motorisation et l'inversion de source 358
- II.C.3 – La coupure et l'arrêt d'urgence, le sectionnement 384

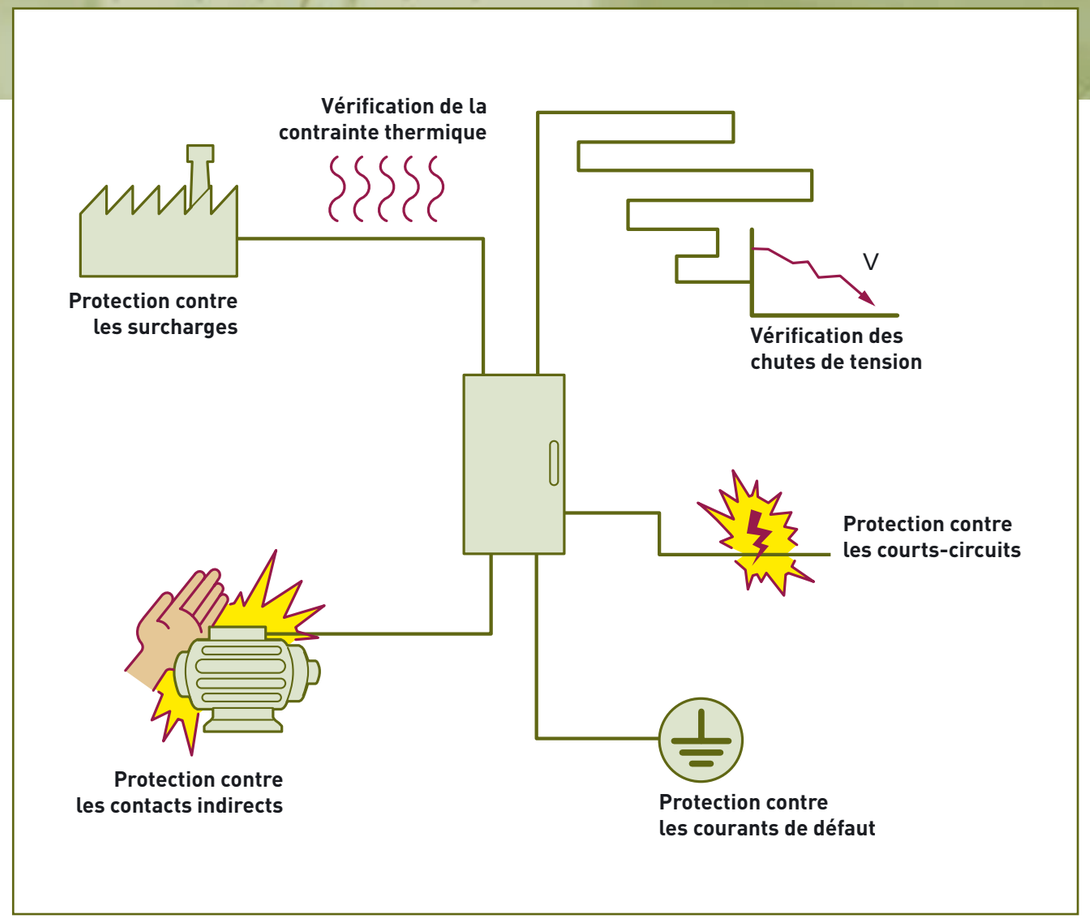
II.D – LA RÉPARTITION 392
- II.D.1 – Le dimensionnement des jeux de barres 394
- II.D.2 – Les répartiteurs Legrand 414
- II.D.3 – Les configurations XL-Part 428

II.E – LA DÉTERMINATION DES ENVELOPPES 438
- II.E.1 – La configuration des ensembles jusqu'à 1600 A 440
- II.E.2 – La configuration des ensembles jusqu'à 4000 A 472
- II.E.3 – L'estimation du bilan thermique 478
- II.E.4 – Les conditions thermiques de fonctionnement 490

LE DIMENSIONNEMENT DES CONDUCTEURS ET DES PROTECTIONS

C'est par le choix judicieux des dimensions des conducteurs dans les canalisations et des caractéristiques des appareils de protection que seront assurées les protections de base de l'installation :
- protection contre les surcharges
- limitation des chutes de tension
- protection contre les courts-circuits
- vérification des contraintes thermiques
- protection contre les contacts indirects.

Il faut reconnaître que le calcul complet des installations est suffisamment long, complexe voire rébarbatif pour avoir justifié le développement permanent de moyens d'aide pratique : abaques, tableaux-mémos, règles à calcul... jusqu'aux programmes informatiques qui permettent d'obtenir vite des résultats précis et fiables.
Sans contester ces progrès indéniables, force est de reconnaître que plus les outils sont élaborés et moins nous savons comment ils fonctionnent. C'en est un peu comme d'ouvrir le capot de nos automobiles modernes...
Les pages qui suivent ont, face à ce constat, l'objectif de rappeler les règles essentielles qui permettent de dimensionner les conducteurs et canalisations et leur protection électrique (contre les surcharges, les chutes de tension, les courts-circuits, les contacts indirects) en fonction des paramètres de l'installation : physiques (nature des conducteurs, conditions de pose, température, longueurs des lignes...) et électriques (puissance, court-circuit présumé, courants d'emploi...)
Des exemples de détermination sont donnés pour chaque paramètre de même qu'est illustrée au chapitre II.A.5 la démarche complète d'estimation des courants de court-circuit à tous les niveaux de l'installation.



Les règles de choix, de détermination et de mise en œuvre des canalisations sont spécifiées par la partie 52 de la NF C 15-100. Elles sont reprises dans le guide pratique UTE C 15-105 qui propose plusieurs méthodes de calcul visant justement au respect de ces règles.
Le guide UTE C 15-500 a le même objectif, garde sensiblement les mêmes principes de calcul, mais est spécifiquement destiné aux logiciels et à leur approbation.

La protection contre les surcharges

**Le passage d'un courant électrique dans un conducteur engendre un échauffement proportionnel au carré du courant : c'est l'effet Joule.
Partant de cet axiome, il faut déterminer le courant admissible Iz du conducteur en fonction de sa section, de sa nature et de ses conditions d'installation (modes de pose).
Un préalable qui permettra ensuite de choisir une protection adaptée contre les surcharges.**

1 RÈGLE DE BASE

Le courant réel d'emploi I_B ne doit pas excéder le courant assigné (calibre In ou réglage Ir) de l'appareil de protection dont la valeur elle-même ne doit pas dépasser celle du courant admissible par la canalisation Iz. La valeur Iz doit être réduite d'un coefficient R en cas de protection par fusible.
Il convient donc de respecter :

$$I_B \leq In \leq R.Iz$$

Avec :
R = 1 pour les disjoncteurs
R = 0,75 pour les fusibles < 16 A
R = 0,9 pour les fusibles ≥ 16 A.

Zones de charges d'une canalisation



La valeur In (Ir) doit se trouver dans la zone verte

Dans la zone rouge, la canalisation est surchargée

Dans la zone orange, la protection est sous-calibrée avec risque de disjonction intempestive

La valeur Iz représente l'intensité maximale que peut supporter la canalisation en permanence sans préjudice pour la durée de vie.

Pour les disjoncteurs réglables, il est conseillé de choisir Iz supérieur au calibre In nominal de l'appareil. Les conséquences d'un réglage thermique Ir inadapté ou d'une évolution du courant d'emploi I_B seront sans risque.

2 DÉTERMINATION DU COURANT RÉEL D'EMPLOI I_B

L'analyse exacte de toutes les utilisations et surtout la connaissance réelle des puissances de chaque récepteur ne sont pas toujours évidentes, c'est pourquoi dans la pratique il est nécessaire de prendre des coefficients de sécurité souvent forfaitaires pour éviter de sous-dimensionner l'installation.
- Ne pas dépasser une charge théorique des circuits de 80 % (x 0,8) (une surcharge occasionnelle, une extension non prévue, une température ambiante anormale verront leurs conséquences limitées).
- Eviter de considérer un facteur minorant sur le temps d'utilisation; les conditions de fonctionnement et l'organisation peuvent changer.
- Penser aux extensions prévisionnelles (une réserve de 20 % est conseillée même si, dans la pratique, c'est plus souvent la place que l'énergie qui manque).
- Majorer de 80 % (x 1,8) la puissance considérée pour les luminaires à fluorescence compensés et de 150 % (x 2,5) celle des luminaires non compensés.
- Prendre un coefficient générique de 1,5 pour toutes les lampes à vapeur ou à iodures métalliques.
- Appliquer une majoration de 100 % pour les moteurs jusqu'à 4 kW (puissance considérée x 2). Pour les moteurs de 4 à 50 kW, ce facteur sera ramené à 1,5.
- Prendre les puissances nominales pour l'éclairage à incandescence, y compris halogène, et le chauffage.

Exemple de calcul

**La puissance d'une réglette à fluorescence 2 x 36 W compensée doit être considérée égale à 2 x 36 x 1,8 = 130 W.
Un disjoncteur DX 20 A permettrait en théorie de protéger :**

$$\frac{20\ (A) \times 230\ (V)}{130\ (W)} \approx 35 \text{ réglettes}$$

Nombre qu'il convient de limiter à 28 pour respecter un coefficient d'utilisation de 80 %.

**Le guide UTE C 15-105 décrit une méthode de détermination du courant maximal d'emploi qui s'appuie sur la connaissance de la puissance de chaque circuit d'utilisation pour lequel sont attribués différents coefficients.
Coefficients minorants :
- facteur de simultanéité lié au foisonnement des circuits (prises de courant par exemple)
- facteur d'utilisation (ou de charge) généralement choisi entre 0,7 et 0,8.
Coefficients majorants :
- facteur lié au rendement ou au cos φ dégradé (lampes à fluorescence) et à des surintensités (démarrage moteurs)
- facteur de prévision d'extension de l'installation.**

3 DÉTERMINATION DE LA SECTION DES CONDUCTEURS

La section des conducteurs est déterminée à partir de la connaissance du courant maximal admissible Iz de la canalisation lui-même déterminé à partir des conducteurs et de leur condition d'emploi.
La norme CEI 60364-5-52 permet de déterminer les valeurs de courants selon les principes fondamentaux d'exploitation des installations et de sécurité des personnes. Les éléments principaux en sont reproduits ci-après.
Le tableau des courants admissibles (page 253) permet de déterminer directement la section des conducteurs en fonction :
- du type de conducteur
- de la méthode de référence (mode de pose)
- du courant admissible Iz théorique (I_{Zth}), calculé par l'application de l'ensemble des facteurs de correction f à la valeur I_B du courant d'emploi. Les facteurs f sont déterminés selon le mode de pose, le groupement, la température, etc.

$$I_B = I_{Zth} \times f \quad \text{d'ou} \quad I_{Zth} = \frac{I_B}{f}$$

1 Caractéristiques des conducteurs

Les éléments suivants sont à prendre en considération.
- La nature de l'âme, en cuivre ou en aluminium.
- La nature de l'isolant qui définit la température maximale admissible en fonctionnement, notée PR pour les isolants supportant 90 °C (EPR, PRC…) et PVC pour les âmes supportant 70 °C (voir caractéristiques des conducteurs au chapitre III.E.1).
- Le nombre de conducteurs chargés :
3 pour le triphasé
3 pour le triphasé avec neutre distribué
2 pour le biphasé
2 pour le monophasé (phase + neutre).
Exemple : un câble triphasé isolé au PVC et constitué de 3, 4 ou 5 conducteurs sera noté PVC 3.

Extrait du tableau des courants admissibles

Méthode de référence	Isolant et nombre de conducteurs chargés								
B	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2			
C		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2		
D									
E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2	
F				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
S (mm^2)									
Cuivre									
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575

Iz ≥ Izth

Le courant admissible Iz pour une section normalisée de conducteur doit être choisi pour une valeur immédiatement supérieure à la valeur théorique déterminée Izth.

En triphasé, lorsque le neutre est chargé (> 30 % I_{phase}, méthode de référence B et D, ou > 70 % I_{phase}, méthode de référence C, E, F), un facteur réducteur de 0,84 est appliqué au courant admissible Iz du câble.

**La détermination de la section des conducteurs dans les ensembles d'appareillage n'est pas explicitement prévue par la norme NF C 15-100, bien que le calcul selon les modes de poses 31 et 32 soit conseillé en commentaire.
La norme EN 60439 définit des courants (retenus pour les essais d'échauffement) pour des conducteurs cuivre isolés PVC.
Un tableau "guide" tenant compte des habitudes du métier est proposé page 623.**

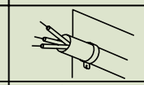
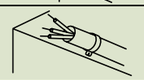
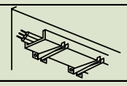
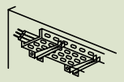
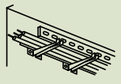
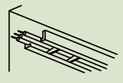
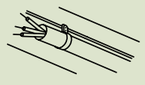
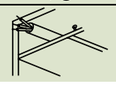
2 Canalisation : modes de pose et méthodes de référence

La norme définit un certain nombre de modes de pose représentatifs des diverses conditions d'installation.

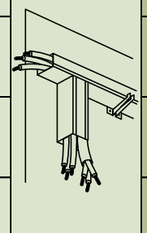
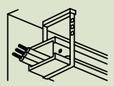
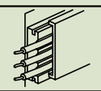
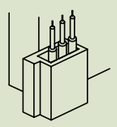
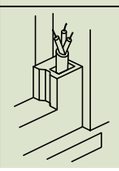
Dans les tableaux suivants, ils sont regroupés sous quatre rubriques :
- pose à l'air libre
- pose sous conduit ou goulotte à l'air libre
- pose encastrée dans les éléments de construction
- pose enterrée.

En fonction du mode de pose retenu, les tableaux indiquent la méthode de référence (B, C, D, E, F) nécessaire à la lecture du tableau des courants admissibles dans les conducteurs, ainsi qu'un éventuel facteur de correction lié à ce mode de pose.

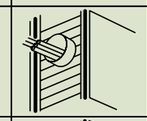
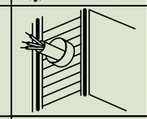
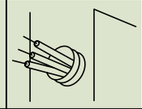
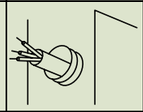
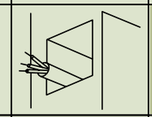
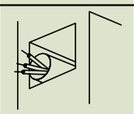
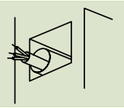
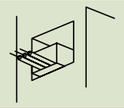
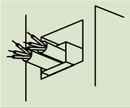
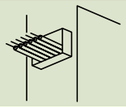
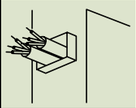
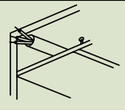
Câbles et conducteurs posés à l'air libre

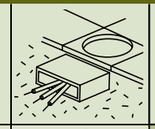
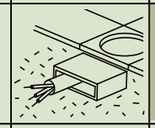
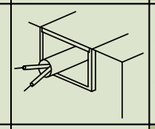
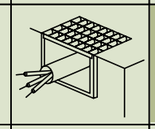
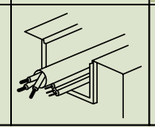
N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifiques des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
11		Câbles mono ou multiconducteurs, avec ou sans armature, fixés au mur	C	1	T1, D2	-	-
11A		Câbles mono ou multiconducteurs, avec ou sans armature, fixés à un plafond	C	0,95	T1, D3	-	-
12		Câbles mono ou multiconducteurs posés sur des chemins de câbles ou tablettes non perforées	C	1	T1, D2	T2	-
13		Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	E	1	T1, D4	T2	-
13A		Câbles monoconducteurs sur des chemins de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	F	1	T1, D4	T2	-
14		Câbles multiconducteurs sur des corbeaux sur des chemins de câbles en treillis soudé	E	1	T1, D5	T2	-
14A		Câbles monoconducteurs sur des corbeaux sur des chemins de câbles en treillis soudé	F	1	T1, D5	T2	-
16		Câbles multiconducteurs sur échelles à câbles	E	1	T1, D5	T2	-
16A		Câbles monoconducteurs sur échelles à câbles	F	1	T1, D5	T2	-
17		Câbles multiconducteurs suspendus à un câble porteur ou autoporteurs	E	1	T1, D5	T2	-
17A		Câbles monoconducteurs suspendus à un câble porteur ou autoporteurs	F	1	T1, D5	T2	-
18		Conducteurs nus ou isolés sur isolateurs	C	1,21	-	-	-
25		Câbles mono ou multiconducteurs : - dans des faux plafonds - dans des plafonds suspendus	B	0,95	T1, D1	T2	-

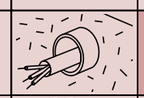
Câbles sous conduits ou goulotte posés à l'air libre

N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifiques des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
3		Conducteurs isolés dans des conduits en montage apparent	B	1	T1, D1	-	T5
3A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits en montage apparent	B	0,9	T1, D1	-	T5
4		Conducteurs isolés dans des conduits profilés en montage apparent	B	1	T1, D1	-	T5
4A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits profilés en montage apparent	B	0,9	T1, D1	-	T5
31		Conducteurs isolés dans des goulottes fixées aux parois en parcours horizontal	B	1	T1, D1	T2	-
31A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes fixées aux parois en parcours horizontal	B	0,9	T1, D1	T2	-
32		Conducteurs isolés dans des goulottes fixées aux parois en parcours vertical	B	1	T1, D1	T2	-
32A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes fixées aux parois en parcours vertical	B	0,9	T1, D1	T2	-
34		Conducteurs isolés dans des goulottes suspendues	B	1	T1, D1	T2	-
34A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes suspendues	B	0,9	T1, D1	T2	-
71		Conducteurs isolés dans des moulures	B	1	T1, D1	-	-
73		Conducteurs isolés dans des chambranles ou câbles monoconducteurs	B	1	-	-	-
73A		Câbles multiconducteurs dans des chambranles	B	0,9	-	-	-
74		Conducteurs isolés ou câble monoconducteur dans des huisseries de fenêtres	B	1	-	-	-
74A		Câbles multiconducteurs dans des huisseries de fenêtres	B	0,9	-	-	-

Câbles posés encastrés (sous conduits ou non)

N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifiques des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
1		Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans les parois thermiquement isolantes	B	0,77	T1, D1	-	T5
2		Câbles multiconducteurs dans des conduits encastrés dans les parois thermiquement isolantes	B	0,7	T1, D1	-	T5
5		Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans une paroi	B	1	T1, D1	-	T6
5A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits encastrés dans une paroi	B	0,9	T1, D1	-	T6
21		Câbles mono ou multiconducteurs dans des vides de construction	B	0,95	T1, D1	T2	-
22		Conducteurs isolés dans des conduits dans des vides de construction	B	0,95	T1, D1	-	T5
22A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits dans des vides de construction	B	0,865	T1, D1	-	T5
23		Conducteurs isolés dans des conduits profilés dans des vides de construction	B	0,95	T1, D1	-	T5
23A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits profilés dans des vides de construction	B	0,865	T1, D1	-	T5
24		Conducteurs isolés dans des conduits profilés noyés dans la construction	B	0,95	T1, D1	-	T6
24A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits profilés noyés dans la construction	B	0,865	T1, D1	-	T6
25		Câbles mono ou multiconducteurs : - dans des faux plafonds - dans des plafonds suspendus	B	0,95	T1, D1	T2	-

Câbles posés encastrés (sous conduits ou non) (suite)							
33		Conducteurs isolés dans des goulottes encastrées dans des planchers	B	1	T1, D1	T2	-
33A		Câbles mono ou multiconducteurs dans des goulottes encastrées dans des planchers	B	0,9	T1, D1	T2	-
41		Conducteurs isolés dans des conduits ou câbles multiconducteurs dans des caniveaux fermés, en parcours horizontal ou vertical	B	0,95	T1, D1	T2	T5
42		Conducteurs isolés dans des conduits dans des caniveaux ventilés	B	1	T1, D1	-	T5
43		Câbles mono ou multiconducteurs dans des caniveaux ouverts ou ventilés	B	1	T1, D1	T2	-

Câbles enterrés							
N° mode de pose	Exemple	Description	Méthode de référence	Facteur de correction	Référence des tableaux spécifiques des facteurs liés aux groupements		
					Circuits	Couches	Conduits
61		Câbles mono ou multiconducteurs dans des conduits ou dans des conduits profilés enterrés	D	0,8	T3	-	T7
62		Câbles mono ou multiconducteurs enterrés sans protection mécanique complémentaire	D	1	T4	-	-
63		Câbles mono ou multiconducteurs enterrés avec protection mécanique complémentaire	D	1	T4	-	-

3 Groupement de circuits

Les tableaux de modes de pose renvoient également à des tableaux spécifiques à utiliser pour déterminer les facteurs de correction liés au groupement des circuits et conduits.

- Tableau T1 : facteurs de correction pour groupement de plusieurs circuits ou plusieurs câbles multiconducteurs.
- Tableau T2 : facteurs de correction pour pose en plusieurs couches.
- Tableau T3 : facteurs de correction dans le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré.
- Tableau T4 : facteurs de correction pour groupement de plusieurs câbles enterrés.
- Tableau T5 : facteurs de correction en fonction du nombre de conduits dans l'air et de leur disposition.
- Tableau T6 : facteurs de correction en fonction du nombre de conduits enterrés ou noyés dans le béton et de leur disposition.
- Tableau T7 : facteurs de correction pour conduits enterrés non jointifs.

Pour les groupements de circuits, les coefficients de correction seront appliqués uniquement aux circuits normalement chargés :
> 30 % du courant admissible pour les méthodes de référence B et D
> 70 % pour les méthodes C, E et F.
De même, il n'est pas tenu compte des conducteurs utilisés pour la commande et la signalisation.

T1 - Facteurs de correction pour groupement de plusieurs circuits ou plusieurs câbles multiconducteurs

Disposition de circuits ou de câbles jointifs(1)	Facteurs de correction – Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
D1 : Enfermés	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40
D2 : Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles		
D3 : Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64			
D4 : Simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72			
D5 : Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, treillis soudés, etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78			

(1) Les câbles sont considérés comme jointifs si la distance les séparant n'excède pas 2 fois le diamètre du plus gros des câbles

T2 - Facteurs de correction pour pose en plusieurs couches

Nombre de couches	2	3	4 ou 5	6 à 8	9 et plus
Coefficient	0,80	0,73	0,70	0,68	0,66

T3 - Facteurs de correction dans le cas de plusieurs circuits ou câbles dans un même conduit enterré

Disposition de circuits ou de câbles jointifs	Facteurs de correction – Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
Posés dans un conduit enterré	1	0,71	0,58	0,5	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22

T4 - Facteurs de correction pour groupement de plusieurs câbles posés directement dans le sol. Câbles monoconducteurs ou multiconducteurs disposés horizontalement ou verticalement

Distance entre câbles ou groupements de 3 câbles monoconducteurs (a)*					
Nombre de câbles ou de circuits	Nulle (câbles jointifs)	Un diamètre de câble	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,76	0,79	0,84	0,88	0,92
3	0,64	0,67	0,74	0,79	0,85
4	0,57	0,61	0,69	0,75	0,82
5	0,52	0,56	0,65	0,71	0,80
6	0,49	0,53	0,60	0,69	0,78

* Câbles multiconducteurs



* Câbles monoconducteurs



T5 - Facteurs de correction en fonction du nombre de conduits dans l'air et de leur disposition

Nombre de conduits disposés verticalement	Nombre de circuits disposés horizontalement					
	1	2	3	4	5	6
1	1	0,94	0,91	0,88	0,87	0,86
2	0,92	0,87	0,84	0,81	0,80	0,79
3	0,85	0,81	0,78	0,76	0,75	0,74
4	0,82	0,78	0,74	0,73	0,72	0,72
5	0,80	0,76	0,72	0,71	0,70	0,70
6	0,79	0,75	0,71	0,70	0,69	0,68

T6 - Facteurs de correction en fonction du nombre de conduits enterrés ou noyés dans le béton et de leur disposition

Nombre de conduits disposés verticalement	Nombre de circuits disposés horizontalement					
	1	2	3	4	5	6
1	1	0,87	0,77	0,72	0,68	0,65
2	0,87	0,71	0,62	0,57	0,53	0,50
3	0,77	0,62	0,53	0,48	0,45	0,42
4	0,72	0,57	0,48	0,44	0,40	0,38
5	0,68	0,53	0,45	0,40	0,37	0,35
6	0,65	0,50	0,42	0,38	0,35	0,32

T7 - Facteurs de correction pour conduits enterrés jointifs ou non jointifs, disposés horizontalement ou verticalement à raison d'un câble multiconducteur ou d'un groupement de 3 câbles monoconducteurs par conduit

Distance entre conduits (a)*				
Nombre de conduits	jointifs	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,87	0,93	0,95	0,97
3	0,77	0,87	0,91	0,95
4	0,72	0,84	0,89	0,94
5	0,68	0,81	0,87	0,93
6	0,65	0,79	0,86	0,93

* Câbles multiconducteurs



* Câbles monoconducteurs



Si le mode de pose varie le long du parcours d'un câble ou conducteur, le courant admissible doit être déterminé pour la partie la plus défavorable. Néanmoins, pour une pose à l'air libre, on ne prendra pas en compte un passage sous conduit de moins de 1 m, ou un passage encastré sur moins de 0,20 m.

4 Température ambiante

La température ambiante a une influence directe sur le dimensionnement des conducteurs.
La température à prendre en compte est celle de l'air autour des câbles (pose à l'air libre), et celle du sol pour les câbles enterrés.
La tableau T8 pour les câbles posés dans l'air, et le tableau T9 pour les câbles enterrés indiquent les coefficients de réduction à prendre en compte en fonction de la température ambiante et du type de conducteur.
Les températures de référence, pour lesquelles aucun coefficient n'est à prendre en considération, sont respectivement de 30 °C pour les câbles dans l'air et de 20 °C pour les câbles enterrés.
Dans le cas des câbles enterrés, il y a lieu de prendre en compte la résistivité thermique du sol. Les valeurs des facteurs de correction sont consignées dans le tableau T10.

La température ambiante autour des câbles ne doit pas être confondue avec celle prise en compte pour les dispositifs de protection qui est la température interne du tableau où ces protections sont installées.

T8 - Facteurs de correction pour les températures ambiantes dans l'air différentes de 30 °C

Température ambiante (°C)	Caoutchouc	Isolation	
		PVC	PR
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
25	1,15	1,12	1,08
30	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58
75	-	-	0,50
80	-	-	0,41
85	-	-	-
90	-	-	-
95	-	-	-

Les facteurs (T8) ci-dessus ne prennent pas en compte l'influence du rayonnement solaire direct. Si requis, un cœfficient réducteur supplémentaire de 0,85 sera appliqué.

T9 - Facteurs de correction pour les températures du sol différentes de 20 °C

Température du sol (°C)	Isolation	
	PVC	PR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	-	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

T10 - Facteurs de correction pour les câbles enterrés en fonction de la résistivité thermique du sol

Résistivité thermique du terrain (km/W)	Facteur de correction	Observations			
		Humidité	Nature du terrain		
0,40	1,25	Pose immergée	Marécages Sable		
0,50	1,21	Terrains très humides			
0,70	1,13	Terrains humides		Argile et calcaire	
0,85	1,05	Terrain dit normal			
1,00	1	Terrain sec			Cendres et machefer
1,20	0,94				
1,50	0,86	Terrain très sec			
2,00	0,76				
2,50	0,70				
3,00	0,65				

5 Risques d'explosion

Dans les installations à risques d'explosion (présence, traitement ou stockage de matières explosives ou ayant un point d'éclair bas, y compris la présence de poussières explosives), les canalisations comporteront une protection mécanique appropriée et le courant admissible sera réduit de 15 %.

6 Conducteurs en parallèle

Sous réserve que la disposition des conducteurs soit conforme aux règles de groupement, le courant admissible de la canalisation peut être considéré égal à la somme des intensités admissibles de chaque conducteur auquel sont appliqués les coefficients de correction liés au groupement des conducteurs (tableaux T1 à T7). Si les conditions de symétrie ne peuvent pas être respectes notamment dans les dispositions en nappe, un coefficient réducteur supplémentaire (fs = 0,8 ou fs = 0,7) doit être appliqué au courant admissible (voir page 629).

7 Coefficient global de correction

Quand tous les facteurs spécifiques de correction sont connus, il est possible de déterminer le coefficient global f de correction égal au produit de tous les facteurs spécifiques. La procédure consiste alors à calculer le courant théorique I_{Zth} admissible par la canalisation :

$$I_{Zth} = \frac{I_B}{f}$$

La connaissance de I_{Zth} permet alors de se reporter aux tableaux de détermination des courants admissibles (ci-contre) qui permet de déterminer la section nécessaire (en mm²). La lecture s'effectue dans la colonne qui correspond au type de conducteur et à la méthode de référence.
Il suffit alors de choisir dans le tableau la valeur de courant admissible immédiatement supérieure à la valeur I_{Zth} pour trouver la section.

8 Section du conducteur neutre

Par principe, le neutre doit avoir la même section que le conducteur de phase dans tous les circuits monophasés. Dans les circuits triphasés de section supérieure à 16 mm² (25 mm² alu), la section du neutre peut être réduite jusqu'à S/2.
Toutefois cette réduction n'est pas autorisée si :
- les charges ne sont pas pratiquement équilibrées
- le taux de courants harmoniques de rang 3 est supérieur à 15%

Si ce taux est supérieur à 33%, la section des conducteurs actifs des câbles multipolaires est choisie en majorant le courant I_B par un coefficient multiplicateur de 1,45.
Pour les câbles unipolaires, seule la section du neutre est augmentée. (voir page 24 : les principales sources d'harmoniques)

Dans le cas de protection par fusible, la valeur admissible Izth doit être réduite du coefficient R.
(R = 0,75 pour fusibles <16 A, R = 0,9 pour fusibles ≥ 16 A, voir page 242).

Une tolérance de 5 % sur la valeur d'Iz est acceptée. Ainsi, pour un courant d'emploi I_B de 140 A, il est donné une section de 35 mm² avec un courant admissible de 169 A. L'application de cette tolérance nous permet de choisir une section de 25 mm² avec un courant admissible de 138 A qui peut donc supporter un courant de 145 A.

Courants admissibles dans les canalisations (en A)

Méthode de référence	Isolant et nombre de conducteurs chargés												
B	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR 2							
C		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2						
D										PVC 3	PVC 2	PR 3	PR 2
E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2					
F				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2				
S (mm²)													
Cuivre													
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		26	32	31	37
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		34	42	41	48
4	28	32	34	36	40	42	45	49		44	54	53	63
6	36	41	43	48	51	54	58	63		56	67	66	80
10	50	57	60	63	70	75	80	86		74	90	87	104
16	68	76	80	85	94	100	107	115		96	116	113	136
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161	123	148	144	173
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	147	178	174	208
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	174	211	206	247
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310	216	261	254	304
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377	256	308	301	360
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437	290	351	343	410
150		299	319	344	371	395	441	473	504	328	397	387	463
185		341	364	392	424	450	506	542	575	367	445	434	518
240		403	430	461	500	538	599	641	679	424	514	501	598
300		464	497	530	576	621	693	741	783	480	581	565	677
400					656	754	825		940				
500					749	868	946		1083				
630					855	1005	1088		1254				
Aluminium													
2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	24	26	28					
4	22	25	26	28	31	32	35	38					
6	28	32	33	36	39	42	45	49					
10	39	44	46	49	54	58	62	67		57	68	67	80
16	53	59	61	66	73	77	84	91		74	88	87	104
25	70	73	78	83	90	97	101	108	121	94	114	111	133
35	86	90	96	103	112	120	126	135	150	114	137	134	160
50	104	110	117	125	136	146	154	164	184	134	161	160	188
70	133	140	150	160	174	187	198	211	237	167	200	197	233
95	161	170	183	195	211	227	241	257	289	197	237	234	275
120	186	197	212	226	245	263	280	300	337	224	270	266	314
150		227	245	261	283	304	324	346	389	254	304	300	359
185		259	280	298	323	347	371	397	447	285	343	337	398
240		305	330	352	382	409	439	470	530	328	396	388	458
300		351	381	406	440	471	508	543	613	371	447	440	520
400					526	600	663		740				
500					610	694	770		856				
630					711	808	899		996				

Exemple de détermination

Hypothèses

- liaison triphasée entre un tableau principal et un tableau secondaire
- l'estimation des charges a permis d'évaluer le courant I_B à transporter à 600 A
- la canalisation est constituée de câbles monoconducteurs en cuivre isolés au PR
- les conducteurs sont posés jointifs dans un chemin de câbles perforé
- une préférence est donnée à la pose de câbles en parallèle pour limiter la section unitaire à 150 mm².

Résolution

La pose en chemin de câbles correspond au mode de pose n° 13A, il n'y a pas de facteur réducteur dû à la pose. Le tableau nous indique la méthode de référence à prendre en compte, F, et le tableau des facteurs liés au groupement des circuits, T1 ligne D4.

13		de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	E	1	T1, D4	T2
13A		Câbles monoconducteurs sur des chemins de câbles ou tablettes perforées, en parcours horizontal ou vertical	F	1	T1, D4	T2
		Câbles multiconducteurs sur des		1		

Dans le cas présent, il n'y a qu'un circuit :
- si un seul conducteur par phase est suffisant, il n'y a pas de correction à appliquer
- si deux conducteurs par phase sont utilisés (pose en parallèle préférée), un coefficient de réduction de 0,88 est appliqué

Disposition de circuits ou de câbles jointifs[1]	Nombre de circuits ou de câbles multicond								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D1 : Enfermés	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,5
D2 : Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,7
D3 : Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,6
D4 : Simple couche sur des tablettes horizontales perforées ou tablettes verticales	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,7

- la valeur Iz théorique est déterminée par $Iz_{th} = \frac{I_B}{f} = \frac{600}{0,88} = 682$ **A**

- soit, pour deux conducteurs en parallèle : $\frac{682}{2} = 341$ **A par conducteur.**

La lecture du tableau des courants admissibles indique une valeur admissible de 382 A (valeur immédiatement supérieure à 341 A) pour un conducteur PR 3 en méthode de référence F.

		PVC 3		PVC 2	PR 3					PVC 3	PVC 2	PR 3	PR 2
D			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2					
E				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2				
F					PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2			
S (mm²)													
Cuivre													
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		26	32	31	37
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		34	42	41	48
4	28	32	34	36	40	42	45	49		44	54	53	63
6	36	41	43	48	51	54	58	63		56	67	66	80
10	50	57	60	63	70	75	80	86		74	90	87	104
16	68	76	80	85	94	100	107	115		96	116	113	136
25	89	96	101	112	119	127	135	149	161	123	148	144	173
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	147	178	174	208
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	174	211	206	247
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310	216	261	254	304
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377	256	308	301	360
120	230	259	276	299	322	346	382	410	437	290	351	343	410
150		299	319	344	371	395	441	473	504	328	397	387	463
185		341	364	392	424	450	506	542	575		445	434	518

4 DISPOSITIFS DE PROTECTIONS CONTRE LES SURCHARGES

1 Emplacement des protections

En principe, un dispositif de protection doit être placé à l'origine de chaque canalisation (ligne principale ou dérivation), dès lors que le courant Iz admissible par la canalisation devient inférieur au courant In du dispositif de protection amont.
Des règles dérogatives existent et permettent le déplacement de l'appareil de protection (voir page 414).

2 Dispense de protection contre les surcharges

Lorsqu'une canalisation dédiée alimente un récepteur, fixé à demeure, non susceptible de surcharges (luminaires à puissance de lampe limitée, radiateurs, chauffages, chauffe-eau, fours…) et dont le courant d'emploi I_B est inférieur au courant admissible de la canalisation, il est admis de ne pas protéger cette dernière contre les surcharges.

Attention, cette dispense ne concerne pas la protection contre les courts-circuits, qui doit rester assurée dans tous les cas. La ligne concernée ne doit pas comporter de dérivation. Par principe, une ligne de prises de courant peut subir des surcharges et doit toujours être protégée.

3 Recommandations de non-protection contre les surcharges

Lorsque la continuité de service ou la sécurité le nécessite (moteurs de désenfumage, circuits de machines tournantes, appareils de levage…) il est recommandé de ne pas placer de dispositif avec protection contre les surcharges.
Dans ce cas, la canalisation doit être dimensionnée pour le courant éventuel de défaut en surcharge : rotor bloqué pour un moteur par exemple.

Les disjoncteurs Lexic magnétique seul DX-MA permettent de souscrire aux recommandations de non-protection contre les surcharges.

La vérification des chutes de tension

La mise à disposition d'une tension correcte est essentielle au bon usage et à la qualité de service de l'électricité. Il importe donc de vérifier que la chute de tension cumulée depuis la source jusqu'à n'importe quel point de l'installation n'excède pas les valeurs requises.

Valeurs limites admises de chutes de tension

Branchement	Eclairage	Autres usages
Branchement à basse tension à partir du réseau de distribution public	3 %	5 %
Branchement par poste de livraison ou poste de transformation à partir d'un réseau haute tension	6 %	8 %

Ces valeurs de chutes de tension s'appliquent en fonctionnement normal, sans tenir compte d'appareils pouvant générer des courants d'appel importants et des chutes de tension au démarrage (ex. : moteur).

Si la chute de tension est supérieure aux valeurs limites admises, il y a lieu d'augmenter la section des conducteurs jusqu'à ce que la chute de tension devienne inférieure aux valeurs prescrites. Lorsque les canalisations principales de l'installation ont une longueur supérieure à 100 m, les valeurs limites admises des chutes de tension peuvent être augmentées de 0,005 % par mètre au-delà de 100 m, sans que ce supplément ne dépasse lui-même 0,5 %.

Les chutes de tension sont calculées à partir de la formule suivante :

$$u = b(\rho_1 \frac{L}{S} \cos\varphi + \lambda \times L \times \sin\varphi)\, I_B$$

u : chute de tension en V
b : coefficient de valeur 1 pour les circuits triphasés et 2 pour les circuits monophasés
ρ_1 : résistivité des conducteurs en Ωmm²/m (0,023 pour le cuivre et 0,037 pour l'aluminium)
L : longueur de la canalisation en m
S : section de la canalisation en mm²
λ : réactance linéique des conducteurs en mΩ/m (0,08 pour les câbles multi ou monoconducteurs en trèfle, 0,09 pour les câbles monoconducteurs jointifs en nappe et 0,13 pour les monoconducteurs séparés)
Cos φ : facteur de puissance (0,8 en l'absence d'information)
I_B : courant d'emploi de la canalisation en A

La chute de tension relative (en %) se calcule de la manière suivante :

$$\Delta u = 100 \frac{u}{U_0}$$

u : chute de tension en V
U_0 : tension entre phase et neutre en V

Dans le cas où l'installation alimente des moteurs, il est recommandé de vérifier la chute de tension dans les conditions de démarrage. Pour cela, il suffit de remplacer, dans la formule ci-contre, le courant I_B par le courant de démarrage du moteur et d'utiliser le facteur de puissance au démarrage.
En l'absence de données plus précises, le courant de démarrage peut être pris égal à 6 × In. La chute de tension, en tenant compte de tous les moteurs pouvant démarrer en même temps, ne doit pas dépasser 15 %. Outre le fait qu'une chute de tension trop élevée peut gêner les autres utilisateurs de l'installation, elle risque aussi d'empêcher le démarrage du moteur.

La chute de tension unitaire v (en volts), par ampère et pour 100 m, peut être directement déterminée à partir des tableaux suivants, en fonction :
- de la section (en mm²) et de la nature des âmes, cuivre ou alu
- de la réactance linéique des conducteurs, λ (en mΩ/m), liée à leur disposition relative
- du cos φ (1 pour le chauffage et l'éclairage, 0,85 pour les applications mixtes, 0,35 au démarrage des moteurs).

La valeur de la chute de tension de la canalisation triphasée de longueur L (en m) parcourue par le courant d'emploi I_B (en A) vaut alors,
- exprimée en volts :

$$u = \frac{v}{100} \times I_B \times L$$

- exprimée en pourcentage :

$$\Delta u = \frac{v \times I_B \times L}{U_0}$$

U_0 = 230 V en réseau triphasé 400 V.

Pour les canalisations monophasées, les valeurs de u et Δu sont à multiplier par 2 (chute dans "le conducteur aller"et dans le "conducteur retour" tout deux parcourus par le même courant).

Exemple

Dans l'exemple repris au chapitre II.A.5, le calcul précis de la chute de tension pour le câble "Départ 1" donne un résultat de 4,04 V soit une chute de tension relative de 1,75 %.
L'utilisation des tableaux donne un résultat identique. En effet, la lecture du tableau ci-contre pour une section de phase de 70 mm² en cuivre et un cos φ de 0,85 donne une valeur de 0,032.
Cette valeur est donnée pour 100 m de câble et pour un courant de 1 A. Il faut donc multiplier cette valeur par 250 (I_B = 250 A) et par 0,5 (50 m de câble), ce qui donne une chute de tension absolue de 4 V et une chute de tension relative 1,73 %.

Chutes de tension unitaire (en V) pour 1 A et pour 100 m de conducteur avec λ = 0,08 mΩ/m (câbles multi ou monoconducteurs en trèfle)

Section	Triphasé Cu 100 m			Triphasé Alu 100 m		
	Cos φ			Cos φ		
	1	0,85	0,35	1	0,85	0,35
1,5	1,533	1,308	0,544	2,467	2,101	0,871
2,5	0,920	0,786	0,329	1,480	1,262	0,525
4	0,575	0,493	0,209	0,925	0,790	0,331
6	0,383	0,330	0,142	0,617	0,528	0,223
10	0,230	0,200	0,088	0,370	0,319	0,137
16	0,144	0,126	0,058	0,231	0,201	0,088
25	0,092	0,082	0,040	0,148	0,130	0,059
35	0,066	0,060	0,030	0,106	0,094	0,044
50	0,046	0,043	0,024	0,074	0,067	0,033
70	0,033	0,032	0,019	0,053	0,049	0,026
95	0,024	0,025	0,016	0,039	0,037	0,021
120	0,019	0,021	0,014	0,031	0,030	0,018
150	0,015	0,017	0,013	0,025	0,025	0,016
185	0,012	0,015	0,012	0,020	0,021	0,014
240	0,010	0,012	0,011	0,015	0,017	0,013
300	0,008	0,011	0,010	0,012	0,015	0,012
400	0,006	0,009	0,010	0,009	0,012	0,011
500	0,005	0,008	0,009	0,007	0,011	0,010
630	0,004	0,007	0,009	0,006	0,009	0,010
2 x 120	0,010	0,010	0,007	0,015	0,015	0,009
2 x 150	0,008	0,009	0,006	0,012	0,013	0,008
2 x 185	0,006	0,007	0,006	0,010	0,011	0,007
2 x 240	0,005	0,006	0,005	0,008	0,009	0,006
3 x 120	0,006	0,007	0,005	0,010	0,010	0,006
3 x 150	0,005	0,006	0,004	0,008	0,008	0,005
3 x 185	0,004	0,005	0,004	0,007	0,007	0,005
3 x 240	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,004
4 x 185	0,003	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004
4 x 240	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003

Chutes de tension unitaire (en V) pour 1 A et pour 100 m de conducteur avec λ = 0,09 mΩ/m (câbles monoconducteurs jointifs en nappe)

Section	Triphasé Cu 100 m			Triphasé Alu 100 m		
	Cos φ			Cos φ		
	1	0,85	0,35	1	0,85	0,35
1,5	1,533	1,308	0,544	2,467	2,101	0,872
2,5	0,920	0,787	0,330	1,480	1,263	0,526
4	0,575	0,493	0,210	0,925	0,791	0,332
6	0,383	0,331	0,143	0,617	0,529	0,224
10	0,230	0,200	0,089	0,370	0,319	0,138
16	0,144	0,127	0,059	0,231	0,201	0,089
25	0,092	0,083	0,041	0,148	0,131	0,060
35	0,066	0,061	0,031	0,106	0,095	0,045
50	0,046	0,044	0,025	0,074	0,068	0,034
70	0,033	0,033	0,020	0,053	0,050	0,027
95	0,024	0,025	0,017	0,039	0,038	0,022
120	0,019	0,021	0,015	0,031	0,031	0,019
150	0,015	0,018	0,014	0,025	0,026	0,017
185	0,012	0,015	0,013	0,020	0,022	0,015
240	0,010	0,013	0,012	0,015	0,018	0,014
300	0,008	0,011	0,011	0,012	0,015	0,013
400	0,006	0,010	0,010	0,009	0,013	0,012
500	0,005	0,009	0,010	0,007	0,011	0,011
630	0,004	0,008	0,010	0,006	0,010	0,010
2 x 120	0,010	0,011	0,008	0,015	0,015	0,010
2 x 150	0,008	0,009	0,007	0,012	0,013	0,009
2 x 185	0,006	0,008	0,006	0,010	0,011	0,008
2 x 240	0,005	0,006	0,006	0,008	0,009	0,007
3 x 120	0,006	0,007	0,005	0,010	0,010	0,006
3 x 150	0,005	0,006	0,005	0,008	0,009	0,006
3 x 185	0,004	0,005	0,004	0,007	0,007	0,005
3 x 240	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,005
4 x 185	0,003	0,004	0,003	0,005	0,005	0,004
4 x 240	0,002	0,003	0,003	0,004	0,004	0,003

Chutes de tension unitaire (en V) pour 1 A et pour 100 m de conducteur avec λ = 0,13 mΩ/m (câbles monoconducteurs séparés)

Section	Triphasé Cu 100 m			Triphasé Alu 100 m		
	Cos φ			Cos φ		
	1	0,85	0,35	1	0,85	0,35
1,5	1,533	1,310	0,549	2,467	2,104	0,876
2,5	0,920	0,789	0,334	1,480	1,265	0,530
4	0,575	0,496	0,213	0,925	0,793	0,336
6	0,383	0,333	0,146	0,617	0,531	0,228
10	0,230	0,202	0,093	0,370	0,321	0,142
16	0,144	0,129	0,062	0,231	0,203	0,093
25	0,092	0,085	0,044	0,148	0,133	0,064
35	0,066	0,063	0,035	0,106	0,097	0,049
50	0,046	0,046	0,028	0,074	0,070	0,038
70	0,033	0,035	0,024	0,053	0,052	0,031
95	0,024	0,027	0,021	0,039	0,0340	0,026
120	0,019	0,023	0,019	0,031	0,033	0,023
150	0,015	0,020	0,018	0,025	0,028	0,021
185	0,012	0,017	0,017	0,020	0,024	0,019
240	0,010	0,015	0,016	0,015	0,020	0,018
300	0,008	0,013	0,015	0,012	0,017	0,016
400	0,006	0,012	0,014	0,009	0,015	0,015
500	0,005	0,011	0,014	0,007	0,013	0,015
630	0,004	0,010	0,013	0,006	0,012	0,014
2 x 120	0,010	0,012	0,009	0,015	0,017	0,011
2 x 150	0,008	0,010	0,009	0,012	0,014	0,010
2 x 185	0,006	0,009	0,008	0,010	0,012	0,010
2 x 240	0,005	0,007	0,008	0,008	0,010	0,009
3 x 120	0,006	0,008	0,006	0,010	0,011	0,008
3 x 150	0,005	0,007	0,006	0,008	0,009	0,007
3 x 185	0,004	0,006	0,006	0,007	0,008	0,006
3 x 240	0,003	0,005	0,005	0,005	0,007	0,006
4 x 185	0,003	0,004	0,004	0,005	0,006	0,005
4 x 240	0,002	0,004	0,004	0,004	0,005	0,004

La protection contre les courts-circuits

Pour se prémunir des risques des courants de court-circuit, tout dispositif de protection contre ces courts-circuits doit répondre aux deux règles suivantes :
- le pouvoir de coupure de l'appareil doit être au moins égal au courant de court-circuit maximum présumé en son point d'installation
- le temps de coupure, pour un court-circuit se produisant en n'importe quel point de l'installation, ne doit pas être supérieur au temps portant la température des conducteurs à la valeur maximale admissible

En application de ces règles, il est nécessaire, pour chaque circuit, de déterminer le courant de court-circuit maximum en son origine ainsi que le courant de court-circuit minimum en son extrémité.
Le courant de court-circuit maximum à l'origine du circuit est utilisé :
- pour déterminer le pouvoir de coupure nécessaire des appareils de protection
- pour s'assurer de la protection des conducteurs contre les contraintes thermiques.
Le courant de court-circuit minimum à l'extrémité du circuit est utilisé :
- pour vérifier les conditions de coupure pour le réglage magnétique des disjoncteurs
- pour s'assurer de la protection des conducteurs contre les contraintes thermiques en cas de protection par fusibles.



Réglage du seuil magnétique d'un disjoncteur DPX

En règle générale la protection contre les courts-circuits doit-être placée en tête de chaque circuit.
Voir page 414 pour les règles normatives et les dérogations

1 LE POUVOIR DE COUPURE

Le pouvoir de coupure d'un dispositif de protection doit être au moins égal au courant de court-circuit maximum présumé susceptible de se produire au point où l'appareil est installé :

PdC ≥ Icc maxi

Le courant de court-circuit maximum présumé à prendre en compte est :
- le courant de court-circuit triphasé symétrique Icc3, pour les circuits triphasés (3 phases ou 3 phases + neutre)
- le courant de court-circuit biphasé Icc2, pour les circuits biphasés (phase/phase)
- le courant de court-circuit monophasé Icc1 pour les circuits monophasés (phase/neutre) :
Voir chapitre II.A.5 pour l'estimation des valeurs d'Icc.

! Association (coordination) des protections

Il est admis, par dérogation, que le pouvoir de coupure du dispositif de protection soit inférieur au court-circuit maximum présumé à condition :
- qu'il soit associé en amont à un appareil ayant le pouvoir de coupure nécessaire
- que l'énergie limitée par l'association des appareils puisse être supportée par l'appareil aval ainsi que par les canalisations protégées.
Voir au chapitre II.B.2, les caractéristiques des appareils DX et DPX en association.

Cas particulier du schéma IT

L'article 533.3 de la NF C 15-100 indique que lorsqu'une installation est réalisée en schéma IT, la règle du pouvoir de coupure doit être appliquée pour le courant de court-circuit triphasé mais aussi pour le courant de double défaut présumé.

Par convention, le dispositif de protection doit pouvoir couper, sous la tension entre phases et sur un seul pôle, le courant de double défaut pris égal à :
- **0,15 fois le courant de court-circuit triphasé au point d'installation si celui-ci est inférieur ou égal à 10 000 A**
- **0,25 fois le courant de court-circuit triphasé au point d'installation si celui-ci est supérieur à 10 000 A.**

Exemple : dans une installation 230/400 V, pour un courant de court-circuit triphasé de 20 kA, les dispositifs de protection devront pouvoir couper sous 400 V et sur un pôle :

0,25 × 20 = 5 kA

Voir page 293 les caractéristiques des disjoncteurs Legrand en régime IT.

2 VÉRIFICATION DES CONTRAINTES THERMIQUES ADMISSIBLES PAR LES CONDUCTEURS

Le temps de coupure d'un disjoncteur, suite à un court-circuit ayant lieu en un point quelconque d'un circuit, ne doit pas être supérieur au temps portant la température des conducteurs à la limite admissible. Pratiquement, il convient de s'assurer que l'énergie que laisse passer le disjoncteur n'est pas supérieure à celle que peut effectivement supporter le câble.

La contrainte thermique maximale (pour des temps inférieurs à 5 s) supportée par une canalisation se calcule par la formule suivante :

$I^2t = K^2 \times S^2$

Valeur de K pour les conducteurs actifs et de protection

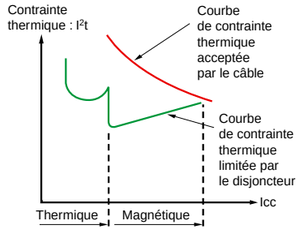
Isolant	PVC			PR / EPR			Caoutchouc 60°C			Caoutchouc 85°C			Caoutchouc siliconé			Nu sans isolant		
θ° max (°C)	160/ 140 (2)			250			200			220			350			200/150 (1)		
Nature de l'âme	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier	Cu	Al	Acier
Conducteur de protection non incorporé à un câble ou conducteurs non-regroupés	143 133(2)	95 88(2)	52 49(2)	176	116	64	159	105	58	166	110	60	201	133	73	159 138(1)	105 91(1)	58 50(1)
Conducteur actif ou de protection constitutif d'un câble multiconducteur ou conducteurs regroupés	115 103(2)	76 68(2)		143	94		141	93		134	89		132	87		138	91	50

(1) Si risque particulier d'incendie.
(2) Section supérieure à 300 mm² ou conducteurs regoupés

1 Conducteurs actifs

• Dans le cas d'une protection par disjoncteur, il convient de vérifier que l'énergie que laisse passer l'appareil reste inférieure à la contrainte maximale admissible par les canalisations.
Le courant à prendre en compte est le courant de court-circuit maximum à l'origine du circuit considéré.
- Icc3 pour les circuits triphasés (3 phases ou 3 phases + neutre)
- Icc2 pour les circuits biphasés
- Icc1pour les circuits monophasés (phase + neutre).

La lecture directe des courbes de limitation en contrainte thermique des disjoncteurs permet de vérifier que la valeur limitée est effectivement inférieure à celle supportée par les conducteurs pour les conditions présumées de défaut.



• Dans le cas d'une protection par fusible, il y a lieu de s'assurer que la plus petite valeur de court-circuit à l'extrémité de l'installation fera "fondre" le fusible dans un temps compatible avec la contrainte thermique du câble.
Attention, les courants de court-circuit à prendre en compte sont ceux à l'extrémité de la canalisation :
- Icc1 pour les circuits avec neutre distribué
- Icc2 pour les circuits sans neutre distribué.



La valeur du courant de court-circuit minimum doit être supérieure à la valeur Ia

Valeurs des contraintes thermiques maximales (en A^2s) dans les câbles en fonction de leur type et de leur section

S (mm^2)	Cu/PVC	Cu/PR	Al/PVC	Al/PR
1,5	$2,98 \cdot 10^4$	$4,6 \cdot 10^4$		
2,5	$8,27 \cdot 10^4$	$1,28 \cdot 10^5$		
4	$2,12 \cdot 10^5$	$3,27 \cdot 10^5$		
6	$4,76 \cdot 10^5$	$7,36 \cdot 10^5$		
10	$1,32 \cdot 10^6$	$2,04 \cdot 10^6$	$5,78 \cdot 10^5$	$8,84 \cdot 10^5$
16	$3,39 \cdot 10^6$	$5,23 \cdot 10^6$	$1,48 \cdot 10^6$	$2,26 \cdot 10^6$
25	$8,27 \cdot 10^6$	$1,28 \cdot 10^7$	$3,61 \cdot 10^6$	$5,52 \cdot 10^6$
35	$1,62 \cdot 10^7$	$2,51 \cdot 10^7$	$7,08 \cdot 10^6$	$1,08 \cdot 10^7$
50	$3,31 \cdot 10^7$	$5,11 \cdot 10^7$	$1,44 \cdot 10^7$	$2,21 \cdot 10^7$
95	$1,19 \cdot 10^8$	$1,85 \cdot 10^8$	$5,21 \cdot 10^7$	$7,97 \cdot 10^7$
120	$1,9 \cdot 10^8$	$2,94 \cdot 10^8$	$8,32 \cdot 10^7$	$1,27 \cdot 10^8$
150	$2,98 \cdot 10^8$	$4,6 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^8$	$1,99 \cdot 10^8$
185	$4,53 \cdot 10^8$	$7 \cdot 10^8$	$1,98 \cdot 10^8$	$3,02 \cdot 10^8$
240	$7,62 \cdot 10^8$	$1,18 \cdot 10^9$	$3,33 \cdot 10^8$	$5,09 \cdot 10^8$
300	$1,19 \cdot 10^9$	$1,84 \cdot 10^9$	$5,2 \cdot 10^8$	$7,95 \cdot 10^8$
400	$2,12 \cdot 10^9$	$3,27 \cdot 10^9$	$9,24 \cdot 10^8$	$1,41 \cdot 10^9$
500	$3,31 \cdot 10^9$	$5,11 \cdot 10^9$	$1,44 \cdot 10^9$	$2,21 \cdot 10^9$

Dans le cas de disjoncteurs dont le déclencheur magnétique est retardé, il est nécessaire de vérifier systématiquement les contraintes thermiques.
Il n'est généralement pas nécessaire de le faire pour les conducteurs actifs (phases et neutre) si :
- le dispositif de protection, à l'origine de la canalisation, comporte une fonction de protection contre les surcharges
- la section du conducteur de neutre n'est pas inférieure à la section des conducteurs de phases.

2 Conducteurs de protection

La vérification des contraintes thermiques n'est pas nécessaire si la section du conducteur de protection a été choisie conformément au tableau ci-contre.

En schéma TN-C, la section du conducteur PEN ne doit pas être inférieure à 10 mm^2 pour le cuivre et à 16 mm^2 pour l'aluminium.

Si la section des conducteurs de protection est déterminée par le calcul, le courant de court-circuit à prendre en compte pour la vérification de la contrainte thermique est le courant de défaut minimum (I_d) entre un conducteur actif et le conducteur de protection et ce, à l'extrémité du circuit considéré, quel que soit le type de protection.

La section est calculée pour les temps de coupure inférieurs à 5 s par la formule suivante :

$$S = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

S : section du conducteur de protection en mm^2

I : valeur efficace du courant de défaut en A

t : temps de fonctionnement du dispositif de coupure

K : coefficient dépendant des températures admissibles, du métal constituant et de l'isolation (voir valeur pratique dans le tableau page 261).



Section du conducteur de protection (S_{PE}) en fonction de la section des conducteurs de phase (Sph)

Section des conducteurs de phase S_{ph}	Section du conducteur de protection S_{PE}
$S_{ph} < 16$ mm²	S_{ph}
16 mm² < $S_{ph} \leq 35$ mm²	16 mm²
$S_{ph} > 35$ mm²	$S_{ph} / 2$

Pour les matériels présentant des courants de fuite permanents élevés (>10mA), la section S_{PE} du conducteur de protection devra être d'au moins 10 mm² pour le cuivre ou 16 mm² pour l'aluminium, ou bien le double de la section "normale" par la disposition d'un second conducteur parallèle au premier mis en œuvre jusqu'au point de l'installation où la section de 10 mm² (cuivre) ou 16 mm² (alu) est atteinte.
L'utilisation du schéma TN est recommandée en cas de courants de fuites élevés.

Calcul de I_d

La méthode approchée conventionnelle peut être appliquée, compte tenu de l'éloignement de la source d'alimentation.
Le courant de défaut phase/masse I_d peut être pris (en négligeant les réactances) égal à :

$$I_d = 0,8 \times \frac{U_0}{R_{ph} + R_{PE}}$$

U_0 : tension simple phase/neutre
R_{ph} : résistance du conducteur de phase
R_{PE} : résistance du conducteur de protection
La valeur 0,8 prend pour hypothèse que la tension à l'origine du circuit est égale à 80 % de la tension nominale ou encore que l'impédance de la partie de la boucle de défaut en amont des protections représente 20 % de l'impédance totale de la boucle.

Calcul du coefficient K

K exprimé en $As^{0,5}/mm^2$ est calculé par la formule :

$$K = \frac{\sqrt{C_V (B_0 + 20)}}{\rho_{20}} \times 10^{-12} \times I_n \left(1 + \frac{\theta_f - \theta_1}{B_0 + \theta_1}\right)$$

C_V : capacité thermique volumique en J/°C·m³
$C_V = C_M \times M_V$ **C_M : chaleur massique du conducteur en J/°C·kg**
M_V : masse volumique en kg/m³
B_0 : inverse du coefficient de résistivité à 0 °C
ρ_{20} : résistivité du matériau à 20 °C en Ωm
θ_1 : température initiale du conducteur en °C
θ_f : température finale du conducteur en °C

3 VÉRIFICATION DES LONGUEURS MAXIMALES PROTÉGÉES (COURTS-CIRCUITS MINIMAUX)

Il est nécessaire de s'assurer que le plus petit courant de court-circuit fera effectivement fonctionner l'appareil de protection. Pour cela, il suffit de vérifier que ce courant, au bout de la canalisation à protéger, est supérieur au seuil de déclenchement magnétique du disjoncteur. Il faut prendre en compte la valeur de déclenchement la plus défavorable :
- limite haute des courbes de déclenchement B (5 × In), C (10 × In) ou D (20 × In) pour les disjoncteurs DX
- valeur du réglage magnétique augmentée de la tolérance de fonctionnement de 20 % pour les disjoncteurs DPX.

Le guide UTE C 15-105 fournit une méthode de calcul simple (dite conventionnelle) permettant d'évaluer les longueurs maximales protégées en fonction du réglage magnétique des disjoncteurs. Elle est valable pour les circuits situés loin de la source et non alimentés par un alternateur.
Cette méthode suppose, qu'en cas de court-circuit, la tension à l'origine du circuit en défaut est égale à 80 % de la tension nominale d'alimentation. Cela signifie que l'impédance du circuit en défaut représente 80 % de l'impédance totale de la boucle de défaut.

Ce qui peut se traduire par la formule ci-dessous :

$$0{,}8 \times U = Z_d \times Icc_{min}$$

U : tension en service normal à l'endroit où est installé l'appareil de protection
Z_d : impédance de la boucle de défaut pour la partie concernant le circuit en défaut. Il faut considérer 2 fois la longueur du circuit (aller et retour du courant)
Icc_{min} : courant de court-circuit minimal
Cette formule peut également s'écrire sous la forme suivante :

$$L_{max} = \frac{0{,}8 \times U_0 \times S}{2 \times \rho \times I_a}$$

L_{max} : longueur maximale protégée, en m
U_0 : tension nominale de l'installation entre phase et neutre, en V. Si le neutre n'est pas distribué, prendre la tension entre phases
S : section des conducteurs, en mm^2
ρ : résistivité du métal constituant l'âme du conducteur, en $\Omega \cdot mm^2/m$
I_a : courant de déclenchement du disjoncteur, en A.
Il est toutefois nécessaire, pour les câbles de fortes sections (≥ 150 mm^2), d'apporter une correction afin de tenir compte de l'influence de leur réactance. Celle-ci est déjà intégrée dans les tableaux suivants.

Coefficients de correction à appliquer aux longueurs des conducteurs lues dans les tableaux

- Âme du conducteur : les valeurs sont données pour des conducteurs en cuivre. Pour les conducteurs en aluminium, il faut multiplier ces valeurs par 0,62 pour une protection par disjoncteur et par 0,41 pour une protection par fusible.
- Type de circuit : les tableaux sont donnés pour des circuits monophasés 230 V et triphasés 400 V avec neutre. Le tableau ci-dessous indique la valeur des coefficients multiplicateurs à appliquer dans les autres cas.

Circuit triphasé ou biphasé 400 V	Coefficient multiplicateur de correction
Sans neutre	1,72
Avec neutre "plein"	1
Avec neutre "demi"	0,67

Les tableaux des pages suivantes permettent de déterminer les longueurs maximales de câble protégées, mais en aucun cas les courants admissibles. Pour ceux-ci (valeur Iz), se reporter au chapitre II.A.1.

Longueurs théoriques maximales de câble protégées contre les courts-circuits minimaux (en m) en fonction de l'appareil de protection et de la section du câble ($S_{neutre} = S_{phase}$) pour un circuit triphasé avec neutre 400 V ou monophasé 230 V

Disjoncteur modulaire DX courbe C

S (mm^2)	Calibre (In) du disjoncteur (en A)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	300	150	100	60	38	30	24	19						
2,5	500	250	167	100	63	50	40	31	25					
4	800	400	267	160	100	80	64	50	40	32				
6		600	400	240	150	120	96	75	60	48	38			
10			667	400	250	200	160	125	100	80	63	50		
16			1067	640	400	320	256	200	160	128	102	80	64	
25				1000	625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
35					875	700	560	438	350	280	222	175	140	112
50							800	625	500	400	317	250	200	160

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 264

Disjoncteur modulaire DX courbe B

S (mm^2)	Calibre (In) du disjoncteur (en A)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	600	300	200	120	75	60	48	38						
2,5	1000	500	333	200	125	100	80	63	50					
4	1600	800	533	320	200	160	128	100	80	64				
6		1200	800	480	300	240	192	150	120	96	76			
10			1333	800	500	400	320	250	200	160	127	100		
16			2133	1280	800	640	512	400	320	256	203	160	128	
25				2000	1250	1000	800	625	500	400	317	250	200	160
35					1750	1400	1120	875	700	560	444	350	280	224
50							1600	1250	1000	800	635	500	400	320

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 264

Disjoncteur modulaire DX courbe D

S (mm^2)	Calibre (In) du disjoncteur (en A)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	150	75	50	30	19	15	12	9						
2,5	250	125	83	50	31	25	20	16	13					
4	400	200	133	80	50	40	32	25	20	16				
6		300	200	120	75	60	48	38	30	24	19			
10			333	200	125	100	80	63	50	40	32	25		
16			233	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	
25				500	313	250	200	156	125	100	79	63	50	40
35					438	350	280	219	175	140	111	88	70	56
50							400	313	250	200	159	125	100	80

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 264

Longueurs théoriques maximales de câble protégées contre les courts-circuits minimaux (suite)

Disjoncteur DPX

S (mm²)	Valeur du réglage magnétique du disjoncteur (en A)																							
	90	100	125	160	200	250	320	400	500	700	800	875	1 000	1 120	1 250	1 600	2 000	2 500	3 200	4 000	5 000	6 300	8 000	12 500	16 000
1,5	56	50	40	31	25	20	16	13	10	7	6	6	5	4	4	5									
2,5	93	83	67	52	42	33	26	21	17	12	10	10	8	7	7	5	4	3	3						
4	148	133	107	83	67	53	42	33	27	19	17	15	13	12	11	8	7	5	4	3	3				
6	222	200	160	125	100	80	63	50	40	29	25	23	20	18	16	13	10	8	6	5	4	3			
10	370	333	267	208	167	133	104	83	67	48	42	38	33	30	27	21	17	13	10	8	7	5	4		
16	593	533	427	333	267	213	167	133	107	76	67	61	53	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7	4	3
25			667	521	417	333	260	208	167	119	104	95	83	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	7	5
35					583	467	365	292	233	167	146	133	117	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	9	7
50						667	521	417	333	238	208	190	167	149	133	104	83	67	52	42	33	26	21	13	10
70							729	583	467	333	292	267	233	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	19	15
95										452	396	362	317	283	253	198	158	127	99	79	63	50	40	25	20
120											500	457	400	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	**32**	25
150												497	435	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	35	27
185													514	459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	41	32
240														571	512	400	320	256	200	160	128	102	80	51	40
300																500	400	320	250	200	160	127	100	64	50

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 264
NB : pour les sections supérieures à 300 mm², la valeur de la résistance des câbles doit être prise en compte.

Coupe-circuit à fusibles aM

S (mm²)	Courant assigné des coupe-circuits à fusibles aM (en A) PVC/PR																		
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250
1,5	28/33	19/23	13/15	8/10	6/7															
2,5	67	47/54	32/38	20/24	14/16	9/11	6/7													
4	108	86	69	47/54	32/38	22/25	14/17	9/11	6/7											
6	161	129	104	81	65/66	45/52	29/34	19/23	13/15	9/10	6/7									
10				135	108	88	68	47/54	32/38	21/25	14/16	9/11	6/7							
16						140	109	86	69	49/55	32/38	21/25	14/17	9/11	6/7					
25								135	108	86	67	47/64	32/38	21/25	14/16	9/11				
35									151	121	94	75	58/60	38/45	25/30	17/20	11/13	7/9		
50											128	102	82	65	43/51	29/36	19/24	13/15	8/10	
70												151	121	96	75	56/60	38/45	26/30	17/20	11/13
95												205	164	130	102	82	65	43/51	29/34	19/23
120														164	129	104	82	65	44/52	29/35
150															138	110	88	69	55	37/44
185																128	102	80	64	61
240																	123	97	78	62

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 264

Coupe-circuit à fusibles gG

S (mm²)	Courant assigné des coupe-circuits à fusibles gG (en A) PVC/PR																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250
1,5	82	59/61	38/47	18/22	13/16	6/7														
2,5		102	82	49/56	35/43	16/20	12/15	5/7												
4			131	89	76	42/52	31/39	14/17	8/10	4/5										
6				134	113	78	67/74	31/39	18/23	10/12	7/9									
10					189	129	112	74	51/57	27/34	19/24	19/12	7/9	3/4						
16							179	119	91	67	49/56	24/30	18/23	9/11	5/7	3/4				
25								186	143	104	88	59/61	45/53	22/27	13/16	7/9	4/5			
35									200	146	123	86	75	43/52	25/36	14/18	8/11	4/5		
50										198	167	117	101	71	45/54	26/33	16/22	8/11	5/7	
70											246	172	150	104	80	57/60	34/42	17/22	11/14	
95												233	203	141	109	82	62	32/40	20/25	9/11
120													256	179	137	103	80	51/57	32/40	14/18
150													272	190	145	110	85	61	42/48	20/24
185														220	169	127	98	70	56	27/34
240															205	155	119	85	68	43/46

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 264

La protection contre les contacts indirects

Toute installation électrique doit être protégée contre les contacts indirects. Différents moyens décrits au chapitre I.C.1 permettent de réaliser cette protection. Le présent chapitre définit les conditions de la protection par coupure automatique de l'alimentation.

La norme impose que le courant de défaut I_d soit éliminé dans un temps compatible avec la sécurité des personnes.
Ce temps est déterminé par lecture des courbes (voir chapitre I.B.1) définies en fonction de la tension de contact Uc présumée. Ces courbes ont été retranscrites sous forme de tableaux qui donnent le temps de coupure maximum en fonction du schéma de terre choisi, de la tension nominale de l'installation et de la tension limite.
En schéma TT, grâce à la présence des dispositifs différentiels, aucune vérification n'est nécessaire. Le dispositif différentiel doit être dimensionné en fonction de la valeur de la prise de terre et de la nature de l'utilisation.
En schémas TN et IT, il est nécessaire de calculer les valeurs des courants de défaut et de respecter les temps de coupure repris dans les tableaux ci-après.
A noter que l'utilisation de dispositifs différentiels à haute sensibilité (30 mA) est obligatoire, quel que soit le régime de neutre, pour les circuits terminaux :

- alimentant des prises de courant ≤ 32 A
- alimentant des prises de courant dans des locaux de type mouillé
- alimentant des prises de courant dans des installations temporaires.

La tension limite représente la valeur du seuil sous lequel il n'y a pas de risque d'électrocution. En règle générale, la tension nominale des installations est supérieure à la tension limite (50 V). Pour qu'il n'y ait aucun danger, il faut que la tension de contact présumée reste inférieure à la tension limite.



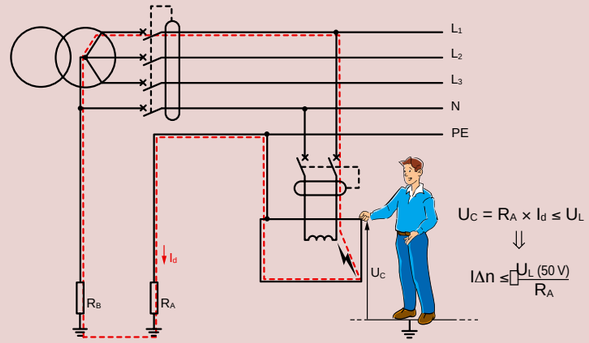
1 CAS DU SCHÉMA TT

Dans ce régime de neutre, la protection repose le plus souvent sur l'utilisation de dispositifs différentiels. L'impédance de la boucle de défaut est élevée (deux résistances de prises de terre) et l'intensité du courant de défaut est trop faible pour solliciter les dispositifs de protection contre les surintensités.
La valeur maximale de la sensibilité des dispositifs différentiels doit être choisie de manière à ce que la tension de contact n'excède pas la tension limite U_L (50 V dans la formule ci-dessous).

$$I\Delta n \leq \frac{50}{R_A}$$

$I\Delta n$: sensibilité du dispositif différentiel
R_A : résistance de la prise de terre des masses d'utilisation.

Boucle de défaut en schéma TT



Valeurs maximales de la prise de terre en fonction de la sensibilité des différentiels

IΔn différentiel	R Terre (Ω) U_L : 50 V
≤ 30 mA	> 500
100 mA	500
300 mA	167
1 A	50
3 A	17

2 CAS DU SCHÉMA TN

Dans le cas du schéma TN, la protection contre les contacts indirects est réalisée par les dispositifs de protection contre les surintensités. Il est impératif de s'assurer que la valeur du courant de défaut soit suffisante pour solliciter ces dispositifs, et ce, dans un temps suffisamment court.

1 Temps de coupure

Les temps de coupure des dispositifs de protection ne doivent pas excéder les valeurs reprises dans le tableau ci-après.

Temps de coupure maximum

Tension nominale de l'alimentation U_0 (V)	Temps de coupure t_0 (s) U_L : 50 V
50 < U_0 ≤ 120	0,8
120 < U_0 ≤ 230	0,4
230 < U_0 ≤ 400	0,2
> 400	0,1

En pratique, lorsque le circuit est protégé par un disjoncteur, il n'est pas nécessaire de vérifier cette règle. Toutefois, s'il s'agit d'un disjoncteur retardé, il faut s'assurer que le temps de coupure total de l'appareil (temporisation + ouverture des contacts) reste compatible avec les temps prescrits.

2 Courant de défaut

Le principe de protection est basé sur le fait que, dans un schéma TN, un défaut d'isolement se transforme en court-circuit phase/neutre. Si la valeur du courant de défaut est suffisamment grande, la protection est alors assurée par les dispositifs de protection contre les surintensités. Ceci se traduit par la règle suivante :

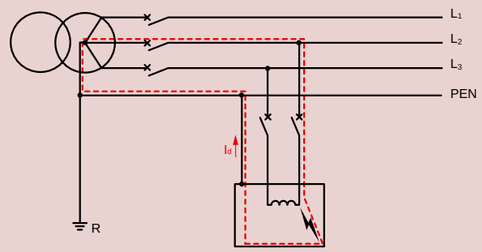
$$I_d = \frac{U_0}{Z_S} \geq I_a$$

U_0 = tension nominale de l'installation entre phase et neutre
Z_S = impédance totale de la boucle de défaut
I_a = courant assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps requis.

3 Longueurs maximales protégées

Dans la pratique, il n'est pas nécessaire de connaître le courant de défaut I_d pour déterminer la longueur maximale de canalisation protégée. L'estimation de cette dernière s'effectue en fonction du courant de déclenchement magnétique I_m (ou I_a) des appareils de protection (voir page 264)

Boucle de défaut en schéma TN

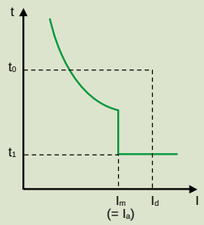


Protection par disjoncteurs

Dans le cas de protection par disjoncteurs, il est nécessaire de s'assurer que le courant de défaut est supérieur au seuil de déclenchement magnétique du disjoncteur. Il faut prendre en compte la valeur de déclenchement la plus défavorable. Dans les cas des DPX, il s'agit de la valeur de réglage du relais magnétique augmentée de la tolérance de fonctionnement (20 %). Dans les cas des disjoncteurs modulaires DX, il s'agit de la valeur maximale de la plage de déclenchement.

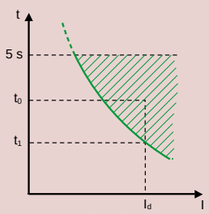
I_m : courant de déclenchement magnétique
I_d : courant de défaut
t_1 : temps de fonctionnement du disjoncteur
t_0 : temps de coupure maximum (voir tableau)

Si $I_d > I_m + 20\ \%$ et $t_1 < t_0$ alors la protection est assurée



Protection par fusibles

Il faut s'assurer que le courant de défaut fait effectivement fondre le fusible dans le temps imposé. Cette condition est vérifiée si t_1, le temps de fusion du fusible pour le courant de défaut calculé I_d, est inférieur au temps t_0, temps de coupure imposé par la norme.



Si $t_1 < t_0$ alors la protection est assurée

3 CAS DU SCHÉMA IT

1 Au premier défaut

L'intérêt du schéma IT est de ne pas déclencher au premier défaut. Grâce à l'impédance de boucle élevée en cas d'un premier défaut, le courant de défaut qui circule dans l'installation est faible et la tension de contact reste très inférieure à la tension limite. Il n'y a donc aucun risque pour l'utilisateur. La présence de ce défaut devra être signalée par le contrôleur permanent d'isolement (CPI).

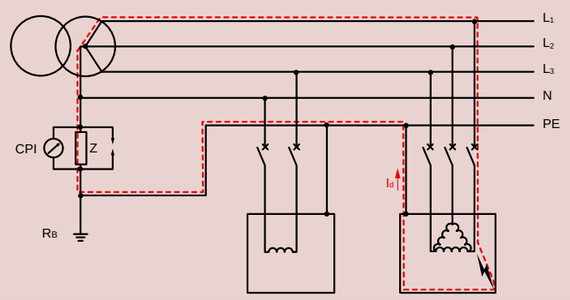
2 Au second défaut

Lors de l'apparition d'un second défaut, la coupure de l'alimentation est obligatoire. Deux cas sont à aborder en fonction de la manière dont les masses sont reliées :

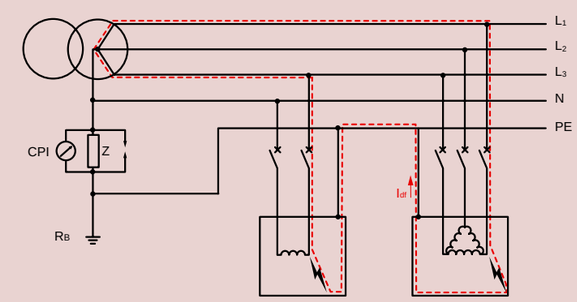
- les masses des récepteurs sont toutes interconnectées via le conducteur PE (configuration conseillée) : les conditions à appliquer sont celles du schéma TN
- les masses ne sont pas interconnectées et sont reliées à des prises de terre distinctes : les conditions à appliquer sont celles du schéma TT.

! Dans le cas où les masses sont interconnectées, le courant de double défaut s'apparente à un court-circuit qui n'est plus limité par les prises de terre.
Comme dans un schéma TN, il faut s'assurer que la valeur du courant de double défaut soit suffisamment grande pour activer les dispositifs de protection contre les surintensités. On peut alors appliquer les règles de protection du schéma TN en prenant en compte la tension simple ou composée (neutre distribué ou non) et une impédance de boucle prenant en compte le trajet du courant de double défaut.

Premier défaut en schéma IT



Second défaut, masses interconnectées



Ceci se traduit par la règle suivante :

$$I_{df} = \frac{U'}{2Z_s} \geq I_a$$

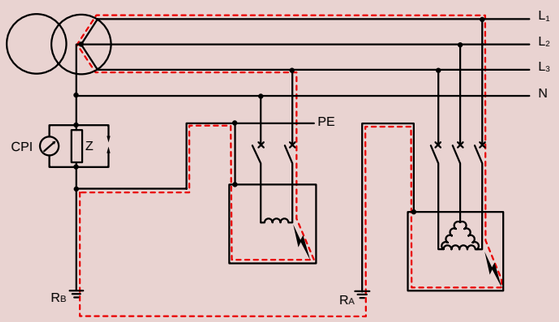
I_{df} : courant de double défaut
U' : tension entre phases, si le neutre n'est pas distribué; tension entre phase et neutre, si le neutre est distribué
Z_s : impédance totale de la boucle de défaut
I_a : courant assurant le fonctionnement du dispositif de protection dans le temps requis.

Temps de coupure maximum en fonction de la tension d'alimentation (circuits terminaux)

Tension nominale de l'alimentation U_0 (V)	Temps de coupure t_0 (s) pour U_L : 50 V
$50 < U_0 \leq 120$	0,8
$120 < U_0 \leq 230$	0,4
$230 < U_0 \leq 400$	0,2
> 400	0,1

Dans le cas où les masses ne sont pas interconnectées et que deux défauts se produisent sur des circuits reliés à des prises de terre distinctes, le courant de double défaut se boucle par la terre et est limité par deux prises de terre. La valeur du courant de défaut risque d'être trop faible pour solliciter les dispositifs de protection contre les surintensités mais générera néanmoins une tension de contact dangereuse. La norme impose alors de placer des dispositifs différentiels sur chaque groupe de masses. Leur choix s'effectue de la même manière qu'en schéma TT.

Second défaut, masses séparées



Lorsque les masses côté basse tension du poste de transformation ne sont pas reliées aux autres masses de l'installation, il est alors nécessaire de placer un dispositif différentiel à l'origine de l'installation. Il en est de même lorsque la prise de terre du limiteur de surtension n'est pas reliée à l'ensemble des masses interconnectées.

3 Vérification des longueurs maximales protégées

Pour cela, il suffit de vérifier que le courant de défaut est supérieur au seuil de déclenchement magnétique du disjoncteur. Il faut prendre en compte la valeur de déclenchement la plus défavorable :
- limite haute des courbes de déclenchement B (3 x In), C (10 x In) ou D (20 x In) pour les disjoncteurs DX
- valeur du réglage magnétique augmentée de la tolérance de fonctionnement de 20 % pour les disjoncteurs DPX.

Comme pour l'estimation des longueurs maximales protégées contre les courts-circuits minimaux, le guide UTE C 15-105 fournit une méthode de calcul simple (dite conventionnelle). Elle est valable pour les circuits situés loin de la source (circuits secondaires et terminaux) et non alimentés par un alternateur.
Cette méthode suppose, qu'en cas de court-circuit, la tension à l'origine du circuit en défaut est égale à 80 % de la tension nominale de l'installation. Cela signifie que l'impédance du départ en défaut représente 80 % de l'impédance totale de la boucle de défaut.

Ce qui peut se traduire par la formule générale :

$$0{,}8 \times U_0 = (R_a + R_{PE}) \times I_d$$

U_0 : tension simple phase/neutre (en V)
R_{PE} : résistance du conducteur de protection du circuit en défaut
R_a : résistance d'un conducteur actif du circuit en défaut
I_d : courant de défaut phase/masse.

Cette formule peut également s'écrire sous la forme suivante (schéma TN) :

$$L_{max} = \frac{0{,}8 \times U_0 \times S_{ph}}{\rho \times (1+m) \times I_a}$$

L_{max} : longueur maximale protégée (en m)
U_0 : tension simple phase neutre (en V)
S_{ph} : section d'un conducteur de phase du circuit en défaut, en mm^2
m : rapport S_{ph}/S_{PE} de la section du conducteur de phase sur celle du conducteur de protection
ρ : résistivité du métal constituant l'âme du conducteur (en $\Omega/mm^2/m$) 0,0225 pour le cuivre et 0,035 pour l'aluminium.
I_a = courant de déclenchement du disjoncteur.

Dans le cas du schéma IT avec masses interconnectées, le courant de défaut est en fait un courant de double défaut. Comme il est impossible de définir quel sera le deuxième circuit en défaut, on fait l'hypothèse que ce dernier possède les mêmes caractéristiques que le circuit étudié. La formule ci-dessus devient :

$$L_{max} = \frac{1}{2} \times \frac{0{,}8 \times U' \times S_a}{\rho \times (1+m) \times I_a}$$

L_{max} : longueur maximale protégée (en m)
U' : tension composée entre phases si le neutre n'est pas distribué; tension simple entre phase et neutre, si le neutre est distribué (en V)
S_a : section d'un conducteur actif du circuit en défaut (en mm^2), conducteur de phase si le neutre n'est pas distribué et conducteur neutre, si le neutre est distribué
m : rapport S_a/S_{PE} de la section du conducteur actif sur celle du conducteur de protection
ρ : résistivité du métal constituant l'âme du conducteur (en $\Omega \cdot mm^2/m$)
I_a : courant de déclenchement du disjoncteur.

Les tableaux ci-après permettent de déterminer les longueurs maximales protégées en fonction du type de protection et de la nature de l'âme du conducteur. Ces valeurs sont données pour des circuits où la section du PE est égale à la section des phases, si le PE est réduit elles doivent être multipliées par les coefficients du tableau ci-contre.
Les corrections liées à l'influence de la réactance des conducteurs de forte section (≥ 150 mm²) sont directement intégrées dans les tableaux.

Coefficients de correction à appliquer aux longueurs théoriques maximales protégées en fonction du régime de neutre et de la section du conducteur de protection

Régime de neutre	m = S_{PE}/S_{ph}				
	1	0,5	0,33	0,25	0,2
TN 230/400 V	1	0,67	0,5	0,4	0,33
IT 400 V neutre non distribué	0,86	0,58	0,43	0,34	0,28
IT 230/400 V neutre distribué	0,5	0,33	0,25	0,2	0,16

Pour des conducteurs en aluminium, les valeurs des coefficients ci-dessus doivent être multipliées par 0,62

En schéma IT, lorsque le neutre est distribué et que sa section est inférieure à celles des conducteurs de phase, il faut lire les tableaux en prenant en référence la section réelle (réduite) du conducteur de neutre.

Les tableaux ci-après permettent de déterminer les longueurs maximales de câble protégées, mais en aucun cas les courants admissibles. Pour ceux-ci (valeur Iz), se reporter au chapitre II.A.1.

Longueurs théoriques maximales de câble protégées contre les contacts indirects (en m) en fonction de l'appareil de protection et de la section du câble (Sneutre = Sphase) pour un circuit triphasé avec neutre 400 V ou monophasé 230 V

Disjoncteur modulaire DX courbe C

S (mm²)	Calibre (In) du disjoncteur (en A)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	300	150	100	60	38	30	24	19						
2,5	500	250	167	100	63	50	40	31	25					
4	800	400	267	160	100	80	64	50	40	32				
6		600	400	240	150	120	96	75	60	48	38			
10			667	400	250	200	160	125	100	80	63	50		
16			1067	640	400	320	256	200	160	128	102	80	64	
25				1000	625	500	400	313	250	200	159	125	100	80
35					875	700	560	438	350	280	222	175	140	112
50							800	625	500	400	317	250	200	160

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction ci-dessus.

Exemple

Dans l'exemple repris au chapitre II.A.5, le calcul précis du courant de défaut pour le câble "Départ 1" montre que la protection contre les contacts indirects est bien assurée par le disjoncteur DPX 250 ER (Im = 2 500 A) installé à l'origine de la canalisation.
L'utilisation des tableaux donne un résultat identique. En effet, la lecture du tableau "Disjoncteurs DPX", pour une section de phase de 70 mm² et un réglage magnétique de 2 500 A, donne une longueur maximale protégée de 93 m.
Etant donné que le rapport m (Section PE/Section ph) est de 0,5, il faut appliquer, en schéma TN, un coefficient de correction multiplicateur de 0,67 (voir tableau page précédente). La longueur effectivement protégée est alors de 62 m, donc compatible avec la longueur réelle du câble qui est de 50 m.

Disjoncteur modulaire DX courbe B

S (mm²)	Calibre (In) du disjoncteur (en A)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	600	300	200	120	75	60	48	38						
2,5	1000	500	333	200	125	100	80	63	50					
4	1600	800	533	320	200	160	128	100	80	64				
6		1200	800	480	300	240	192	150	120	96	76			
10			1333	800	500	400	320	250	200	160	127	100		
16			2133	1280	800	640	512	400	320	256	203	160	128	
25				2000	1250	1000	800	625	500	400	317	250	200	160
35					1750	1400	1120	875	700	560	444	350	280	224
50							1600	1250	1000	800	635	500	400	320

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 274.

Disjoncteur modulaire DX courbe D

S (mm²)	Calibre (In) du disjoncteur (en A)													
	2	4	6	10	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125
1,5	150	75	50	30	19	15	12	9						
2,5	250	125	83	50	31	25	20	16	13					
4	400	200	133	80	50	40	32	25	20	16				
6		300	200	120	75	60	48	38	30	24	19			
10			333	200	125	100	80	63	50	40	32	25		
16			533	320	200	160	128	100	80	64	51	40	32	
25			833	500	313	250	200	156	125	100	79	63	50	40
35				700	438	350	280	219	175	140	111	88	70	56
50					625	500	400	313	250	200	159	125	100	80

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 274.

Disjoncteur DPX

S (mm²)	Valeur du réglage magnétique du disjoncteur (en A)																									
	90	100	125	160	200	250	320	400	500	700	800	875	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	12500	16000
1,5	56	50	40	31	25	20	16	13	10	7	6	6	5												
2,5	93	83	67	52	42	33	26	21	17	12	10	10	8	7	7	5									
4	148	133	107	83	67	53	42	33	27	19	17	15	13	12	11	8	7	5							
6	222	200	160	125	100	80	63	50	40	29	25	23	20	18	16	13	10	8	6	5					
10	370	333	267	208	167	133	104	83	67	48	42	38	33	30	27	21	17	13	10	8	7	5			
16	593	533	427	333	267	213	167	133	107	76	67	61	53	48	43	33	27	21	17	13	11	8	7		
25			667	521	417	333	260	208	167	119	104	95	83	74	67	52	42	33	26	21	17	13	10	7	5
35					583	467	365	292	233	167	146	133	117	104	93	73	58	47	36	29	23	19	15	9	7
50						667	521	417	333	238	208	190	167	149	133	104	83	67	52	42	33	26	21	13	10
70							729	583	467	333	292	267	233	208	187	146	117	93	73	58	47	37	29	19	15
95										452	396	362	317	283	253	198	158	127	99	79	63	50	40	25	20
120											500	457	400	357	320	250	200	160	125	100	80	63	50	32	25
150												497	435	388	348	272	217	174	136	109	87	69	54	35	27
185													514	459	411	321	257	206	161	128	103	82	64	41	32
240														571	512	400	320	256	200	160	128	102	80	51	40
300																500	400	320	250	200	160	127	100	64	50

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 274.
NB : pour les sections supérieures à 300 mm², la valeur de la réactance des câbles doit être prise en compte.

Longueurs théoriques maximales de câble protégées contre les contacts indirects (suite)

Coupe-circuit à fusibles aM

S (mm²)	Courant assigné des coupe-circuits à fusibles aM (en A)																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	28	23	18	14	11	9	7	6	5	4										
2,5	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6	5									
4	75	60	48	36	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4						
6	113	90	72	57	45	36	29	23	18	14	11	9	7	6	5	4				
10	188	151	121	94	75	60	48	36	30	24	19	15	12	10	8	6	5	4		
16	301	241	193	151	121	96	77	60	48	39	30	24	19	15	12	10	6	6	5	4
25	470	377	302	236	188	151	120	94	75	60	47	38	30	24	19	15	12	9	8	6
35	658	627	422	330	264	211	167	132	105	84	66	53	42	33	26	21	17	13	11	8
50	891	714	572	447	357	286	227	179	144	115	90	72	57	46	36	29	23	18	14	11
70			845	660	527	422	335	264	211	169	132	105	84	67	53	42	33	26	21	17
95				895	716	572	454	358	286	229	179	143	115	91	72	67	45	36	29	23
120					904	723	574	452	362	289	226	181	145	115	90	72	57	45	36	29
150						794	630	496	397	317	248	198	159	126	99	79	63	50	40	32
185							744	586	469	375	293	234	188	149	117	94	74	59	47	38
240								730	584	467	365	292	234	185	146	117	93	73	58	47
300									702	582	439	351	281	223	175	140	111	88	70	66

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 274.
NB : pour les sections supérieures à 300 mm², la valeur de la réactance des câbles doit être prise en compte.

Coupe-circuit à fusibles gG

S (mm²)	Courant assigné des coupe-circuits à fusibles gG (en A)																			
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
1,5	53	40	32	22	18	13	11	7	6	4	3									
2,5	88	66	53	36	31	21	18	12	9	7	6	4								
4	141	106	85	58	49	33	29	19	15	11	9	8	6	4						
6	212	159	127	87	73	60	43	29	22	16	14	10	8	6	4					
10	353	265	212	145	122	84	72	48	37	27	23	16	14	10	7	6	4			
16	566	424	339	231	196	134	116	77	69	43	36	25	22	15	12	9	7	6	4	
25	884	663	530	381	306	209	181	120	92	67	57	40	35	24	18	14	11	8	6	4
35		928	742	606	428	293	263	169	129	94	80	56	48	34	26	20	15	11	9	6
50				667	581	398	343	229	176	128	108	76	66	46	35	27	20	15	12	8
70					856	586	506	337	259	189	159	111	97	67	52	39	30	22	17	11
95						795	887	458	351	256	216	151	131	92	70	63	41	29	23	16
120							868	578	444	323	273	191	166	116	89	67	52	37	29	20
150								615	472	343	290	203	178	123	94	71	54	39	31	21
185								714	547	399	336	235	205	142	110	82	64	46	36	24
240									666	485	409	286	249	173	133	100	77	55	44	29
300										566	477	334	290	202	155	117	90	65	51	34

Attention : appliquez à ces valeurs le coefficient de correction p. 274.
NB : pour les sections supérieures à 300 mm², la valeur de la réactance des câbles doit être prise en compte.

4 SOLUTIONS À METTRE EN ŒUVRE LORSQUE LES CONDITIONS DE DÉCLENCHEMENT NE SONT PAS REMPLIES

En schémas TN et IT, lorsque les conditions de protection ne peuvent être satisfaites ou vérifiées, plusieurs autres solutions peuvent être envisagées :

1 Utilisation de dispositifs différentiels. La valeur du courant de défaut assez élevée permet d'utiliser des dispositifs différentiels de basse sensibilité (de l'ordre de l'ampère). Comme en schéma TT, il n'est plus nécessaire de vérifier la valeur du courant de défaut.

2 Utilisation de disjoncteurs à "magnétique bas" ou disjoncteurs de courbe B.
L'inconvénient éventuel pourrait être un déclenchement intempestif sur pointe de courant lorsque le circuit alimente des récepteurs particuliers (ex. : enclenchement de transformateurs BT/BT, démarrage moteurs…).

3 Augmenter la section des conducteurs de manière à augmenter la valeur du courant de défaut jusqu'à une valeur suffisante pour assurer le déclenchement des appareils de protection contre les surintensités.

4 Réaliser des liaisons équipotentielles supplémentaires. Ces liaisons doivent comprendre tous les éléments conducteurs simultanément accessibles tels que les masses des appareils, les poutres métalliques, les armatures du béton. Les conducteurs de protection de tous les matériels ainsi que ceux des prises de courant doivent aussi être raccordés à ces liaisons. L'efficacité de cette solution doit être vérifiée par mesure de la résistance effective entre masses simultanément accessibles.



La mesure sur site de la valeur de court-circuit en bout de ligne permet de valider pratiquement les choix de protection

Estimation des courts-circuits et exemple de calcul

La détermination des valeurs de courts-circuits en tous points d'une installation est essentielle au choix des matériels. Elle commence par l'estimation de cette valeur à l'origine de l'installation, puis en n'importe quel point selon plusieurs méthodes dont le choix dépend de l'importance de l'installation, des données disponibles, du type de vérification à effectuer...

Le guide UTE C 15-105 propose une méthode de calcul rigoureuse appelée "méthode des impédances" et deux méthodes approchées appelées respectivement "méthode conventionnelle" et "méthode de composition".

• La méthode des impédances consiste à totaliser les résistances et réactances des boucles de défaut depuis la source jusqu'au point considéré et à en calculer l'impédance équivalente. Les différents courants de court-circuit et de défaut sont alors déduits par l'application de la loi d'Ohm. Cette méthode est utilisable lorsque toutes les caractéristiques des éléments constituant les boucles de défaut sont connues.

• La méthode conventionnelle est basée sur l'hypothèse que durant un défaut la tension à l'origine du circuit est égale à 80 % de la tension nominale de l'installation. Elle est utilisée lorsque le court-circuit à l'origine du circuit et les caractéristiques amont de l'installation ne sont pas connus. Elle permet de déterminer les courts-circuits minimaux et d'établir les tableaux des longueurs maximales protégées (voir chapitres II.A.3 et II.A.4). Elle est valable pour les circuits éloignés de la source et n'est pas applicable pour les installations alimentées par des alternateurs.

• La méthode de composition est utilisée lorsque le court-circuit à l'origine du circuit est connu mais que les caractéristiques amont de l'installation ne le sont pas. Elle permet de déterminer les courts-circuits maximaux en un point quelconque de l'installation.

1 VALEUR DE COURT-CIRCUIT À L'ORIGINE DE L'INSTALLATION

1 Alimentation par transformateur HTA/BT

Dans le cas d'une alimentation par un transformateur HTA/BT, il y a lieu de prendre en compte l'impédance du transformateur mais également celle du réseau HT en amont.

• Impédance du réseau HT

L'impédance du réseau HT, vue côté BT, peut être obtenue auprès du distributeur, mesurée ou calculée à partir des formules suivantes :

$$Z_Q = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{kQ}} \quad (\text{en m}\Omega)$$

m : facteur de charge à vide pris égal à 1,05

U_n : tension nominale de l'installation entre phases, en V

S_{kQ} : puissance de court-circuit du réseau HT, en kVA

En l'absence d'informations précises de la part du distributeur d'énergie, la norme CEI 909 indique de calculer les résistances et réactances comme suit :

$R_Q = 0{,}1 \times X_Q$ et $X_Q = 0{,}995 \times Z_Q$ (valeurs en mΩ).

Par défaut, prendre S_{kQ} = 500 MVA

• Impédance du transformateur

$$Z_S = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{Tr}} \times \frac{U_{CC}}{100} \quad (\text{en m}\Omega)$$

m : facteur de charge à vide, pris égal à 1,05

U_n : tension nominale de l'installation entre phases, en V

S_{Tr} : puissance assignée du transformateur, en kVA

Ucc : tension de court-circuit du transformateur, en %

Les valeurs des résistances et réactances sont parfois données par le constructeur. Dans le cas contraire, elles sont à calculer à l'aide des formules ci-dessous :

$R_S = 0{,}31 \times Z_S$ et $X_S = 0{,}95 \times Z_S$ (valeurs en mΩ)

Les tableaux ci-dessous fournissent les valeurs de résistances, réactances et courts-circuits triphasés maximaux (impédance HT nulle) pour les transformateurs immergés et secs. Ces valeurs ont été calculées en fonction des éléments fournis dans le guide UTE C 15-105.

NB : les valeurs de court-circuit données dans les catalogues constructeurs peuvent être légèrement inférieures car généralement calculées pour une tension de 410 V.

Transformateurs triphasés immergés dans un diélectrique liquide, conformes à la norme NF C 52-112
Valeurs calculées pour une tension à vide de 420 V

S (kVA)	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
In (A)	69	137	220	275	344	433	550	687	866	1 100	1 375	1 718	2 200	2 749	3 437
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
I_{CC3} (kA)	1,81	3,61	5,78	7,22	9,03	11,37	14,44	18,05	22,75	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R_{TR} (mΩ)	43,75	21,9	13,7	10,9	8,75	6,94	5,47	4,38	3,47	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X_{TR} (mΩ)	134,1	67	41,9	33,5	26,8	21,28	16,76	13,41	10,64	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

Transformateurs secs triphasés, conformes à la norme NF C 52-115
Valeurs calculées pour une tension à vide de 420 V

S (kVA)	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
In (A)	137	220	344	344	433	550	687	866	1 100	1 375	1 718	2 199	2 479	3 437
Ucc (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
I_{CC3} (kA)	2,41	3,85	4,81	6,02	7,58	9,63	12,04	15,17	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R_{TR} (mΩ)	32,8	20,5	16,4	13,1	10,42	8,2	6,56	5,21	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X_{TR} (mΩ)	100	62,8	50,3	40,2	31,9	25,1	20,11	15,96	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

Transformateurs en parallèle

Pour assurer la bonne marche de transformateurs en parallèle (voir page 36), il est nécessaire de vérifier les conditions suivantes :
- même rapport de transformation sur toutes les prises
- même indice horaire
- même tension de court-circuit (tolérance 10 %)
- rapport des puissances assignées compris entre 0,5 et 2

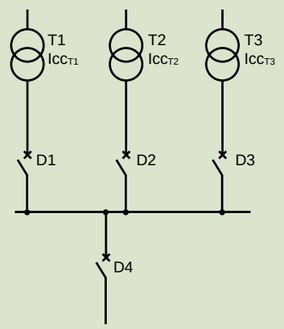
Détermination des pouvoirs de coupure des appareils

• Pouvoir de coupure d'un disjoncteur de source (ex. : disjoncteur D1)

Il doit être au moins égal à la valeur la plus élevée entre celle du court-circuit maximum (I_{CCT1}) généré par le transformateur T1 (cas d'un court-circuit en aval de D1) et la somme de tous les courts-circuits (I_{CCT2} + I_{CCT3}) générés par les autres transformateurs couplés (cas d'un court-circuit en amont du disjoncteur D1).

• Pouvoir de coupure d'un disjoncteur de départ (ex. : disjoncteur D4)

Il doit être au moins égal à la somme de tous les courts-circuits maximaux générés par tous les transformateurs couplés (I_{CCT1} + I_{CCT2} + I_{CCT3}).



2 Alimentation par le réseau public

• Branchement à puissance limitée

Dans le cas du tarif bleu (≤ 36 kVA), grâce à la présence de protection amont, la norme NF C 14-100 indique de prendre une valeur maximale de court-circuit présumé de 3 kA.

• Branchement à puissance surveillée

Dans le cas du tarif jaune (de 36 à 250 kVA), les valeurs nécessaires pour le calcul des courts-circuits maximaux (puissance et tension de court-circuit du transformateur, longueur et section des lignes entre le transformateur et le point de livraison) sont à obtenir auprès du distributeur d'énergie. Si elles ne peuvent être obtenues, il faut considérer les valeurs suivantes :

P = 1 000 kVA
Ucc = 6 %
S_{Ph} = 240 mm² Alu
L = 15 m

En pratique, pour un branchement tarif jaune, on peut considérer une valeur maximale présumée de :
- 18 kA pour une puissance du branchement jusqu'à 100 kVA
- 22 kA pour une puissance du branchement jusqu'à 250 kVA.

3 Alimentation par un alternateur

Les valeurs de courant de court-circuit peuvent être calculées comme suit (UTE C 15-105) :

$$I_{cc3} = \frac{c \times m \times U_0}{X'd}$$

$$I_{cc2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{cc3}$$

$$I_{cc1} = \frac{3 \times c \times m \times U_0}{2 \times X'd + X_0}$$

$$X'd = \frac{U_n^2}{S_G} \times \frac{x'_d}{100}$$

(réactance transitoire, en mΩ) et

$$X_0 = \frac{U_n^2}{S_G} \times \frac{x_0}{100}$$

(réactance homopolaire, en mΩ)

m : facteur de charge à vide, pris égal à 1,05
c : facteur de tension, pris égal à 1,05 pour les valeurs maximales et 0,95 pour les valeurs minimales
U_n : tension nominale entre phases, en V
U_0 : tension entre phase et neutre, en V
S_G : puissance de l'alternateur, en kVA
x'_d : réactance transitoire, en %, prise égale à 30 % en l'absence d'informations plus précises
x_0 : réactance homopolaire, en %, prise égale à 6 % en l'absence d'informations plus précises

En raison de leur impédance interne élevée, les alternateurs génèrent des courants de court-circuit beaucoup plus faibles que ceux générés par des transformateurs de puissance équivalente.
Les pouvoirs de coupure des appareils de protection seront plus faibles mais, par contre, la protection contre les courts-circuits minimaux et les contacts indirects sera plus difficile à réaliser.
Le développement d'un court-circuit qui apparaît aux bornes d'un alternateur, peut être décomposé en trois périodes :
- période subtransitoire : de 10 à 20 ms, durant laquelle le niveau de court-circuit est le plus élevé (> 5 In)
- période transitoire : jusqu'à 200 à 300 ms, durant laquelle le court-circuit est de l'ordre de 3 à 5 In
- le niveau de court-circuit se stabilise ensuite à un niveau pouvant aller de 0,3 à 5 In en fonction du type d'excitation de l'alternateur.

Niveaux de courts-circuits triphasés maximum d'un alternateur en fonction de sa puissance (Un = 400 V et x'd = 30 %)

P (kVA)	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
I_{CC3max} (kA)	0,53	0,85	1,06	1,33	1,67	2,12	2,65	3,34	4,24	5,30	6,63

Pour les alternateurs, il se peut que la valeur du court-circuit biphasé soit inférieure à celle du court-circuit monophasé. Dans ce cas, c'est cette valeur de court-circuit biphasé (Icc2) qui doit être prise en compte pour les calculs nécessitant une valeur de court-circuit minimum (longueurs de lignes, protection contre les contacts indirects...).

Lorsqu'une installation est alimentée par plusieurs types de sources différentes, par exemple un ou plusieurs transformateurs comme source normale et un générateur en remplacement (ou secours), les appareils de protection devront être adaptés aux caractéristiques des différents types de sources.
Les calculs de courts-circuits maximaux sont à effectuer en comparant le niveau de court-circuit maximum que peuvent générer toutes les sources susceptibles de fonctionner simultanément et en en retenant la valeur maximale. Il s'agit généralement des transformateurs en parallèle.
Les calculs de courts-circuits minimaux sont à effectuer en comparant le niveau de court-circuit minimal généré par chacune des sources et en en retenant la valeur minimale.

2 VALEURS DE COURT-CIRCUIT EN UN POINT QUELCONQUE DE L'INSTALLATION

1 Méthode des impédances

En utilisant cette méthode, il est possible de déterminer la valeur d'un court-circuit en un point quelconque de l'installation en totalisant les résistances et réactances de boucle de défaut depuis la source jusqu'au point considéré et en en calculant l'impédance équivalente.

Les valeurs de court-circuit sont alors calculées par application de la loi d'Ohm (formule générale) :

$$I_{cc} = \frac{c \times m \times U_0}{Z_{cc}} = \frac{c \times m \times U_0}{\sqrt{\Sigma R^2 + \Sigma X^2}}$$

c : facteur de tension pris égal à 0,95 pour les courts-circuits minimaux et 1,05 pour les courts-circuits maximaux

m : facteur de charge pris égal à 1,05
U_0 : tension de l'installation entre phase et neutre, en V
Zcc : impédance totale de la boucle de défaut au point considéré. C'est la somme vectorielle des résistances et réactances composant la boucle.

Les différents types de courts-circuits maximaux et minimaux sont déduits à partir de la formule générale.

- **Courant de court-circuit triphasé :**

$$I_{CC3max} = \frac{c_{max} \times m \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{Pha} + \rho_0 \frac{L}{S_{Ph} \times n_{Ph}}\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{Pha} + \lambda \frac{L}{n_{Ph}}\right)^2}}$$

- **Courant de court-circuit biphasé :**

$$I_{CC2max} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{CC3max}$$

Pour calculer la valeur minimum du court-circuit biphasé, il faut remplacer :
- ρ_0 par ρ_1 pour une protection par disjoncteur ou par ρ_2 pour une protection par fusible
- c_{max} par c_{min}.

- **Courant de court-circuit monophasé phase - neutre :**

$$I_{CC1max} = \frac{c_{max} \times m \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{Pha} + R_{Na} + \rho_0 \times L\left(\frac{1}{S_{Ph} \times n_{Ph}} + \frac{1}{S_N \times n_N}\right)\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{Pha} + X_{Na} + \lambda \times L\left(\frac{1}{n_{Ph}} + \frac{1}{n_N}\right)\right)^2}}$$

Pour calculer la valeur minimale du court-circuit monophasé, il faut remplacer :
- ρ_0 par ρ_1 pour une protection par disjoncteur ou par ρ_2 pour une protection par fusible
- c_{max} par c_{min}.

- **Courant de défaut :**

$$I_d = \frac{c_{min} \times m \times \alpha \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{Pha} + R_{PEa} + \rho_1 \times L\left(\frac{1}{S_{Ph} \times n_{Ph}} + \frac{1}{S_{PE} \times n_{PE}}\right)\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{Pha} + X_{PEa} + \lambda \times L\left(\frac{1}{n_{Ph}} + \frac{1}{n_{PE}}\right)\right)^2}}$$

c_{max}, c_{min} : facteur de tension pris égal à 0,95 (c_{min}) pour les courts-circuits minimaux et 1,05 (c_{max}) pour les courts-circuits maximaux
m : facteur de charge pris égal à 1,05
a : 1 en schéma TN, 0,86 en IT sans neutre et 0,5 en IT avec neutre
U_0 : tension de l'installation entre phase et neutre, en V
R_Q, X_Q : résistance et réactance équivalentes du réseau HT
R_S, X_S : résistance et réactance équivalentes de la source
R_{Pha}, X_{Pha} : résistance et réactance des conducteurs de phase depuis la source jusqu'à l'origine du circuit considéré. C'est la somme des résistances R et des réactances X des câbles en amont.
R_{Na}, X_{Na} : résistance et réactance d'un conducteur de neutre depuis la source jusqu'à l'origine du circuit considéré. C'est la somme des résistances R et des réactances X des câbles en amont.
R_{PEa}, X_{PEa} : résistance et réactance d'un conducteur de protection depuis la source jusqu'à l'origine du circuit considéré. C'est la somme des résistances R et des réactances X des câbles en amont.
ρ_0, ρ_1, ρ_2 : résistivité des conducteurs (voir tableau page suivante)
λ : réactance linéique des conducteurs (voir tableau page suivante)
L : longueur du circuit considéré, en m
S_{Ph}, n_{Ph} : section et nombre de conducteurs en parallèle par phase du circuit considéré
S_N, n_N : section et nombre de conducteurs en parallèle pour le neutre du circuit considéré
S_{PE}, n_{PE} : section et nombre de conducteurs en parallèle pour le PE du circuit considéré

Les impédances des câbles s'estiment à l'aide des formules ci-dessous :

$$R = \rho \times 10^3 \frac{L}{n_c \times S_c} \quad (\text{en } m\Omega)$$

ρ : résistivité du conducteur, en $\Omega mm^2/m$ (voir tableau ci-contre)
S_c : section du conducteur, en mm^2
n_c : nombre de conducteurs en parallèle
L : longueur du conducteur, en m

$$X = \lambda \frac{L}{n_c} \quad (\text{en } m\Omega)$$

λ : réactance linéique du conducteur, en $m\Omega/m$ (voir tableau ci-contre)
S_c : section du conducteur, en mm^2
n_c : nombre de conducteurs en parallèle
L : longueur du conducteur, en m

Résistivité des conducteurs à utiliser en fonction du type de court-circuit calculé (ρ0 : résistivité des conducteurs à 20 °C)

Défaut	Résistivité	Conducteur Cu ($\Omega mm^2/m$)	Conducteur Al ($\Omega mm^2/m$)
Icc maximum	ρ_0	0,01851	0,0294
Icc minimum	Disjoncteur $\rho_1 = 1,25\ \rho_0$	0,02314	0,0368
	Fusible $\rho_1 = 1,5\ \rho_0$	0,02777	0,0441
Id	$\rho_1 = 1,25\ \rho_0$	0,02314	0,0368
Contraintes thermiques	$\rho_1 = 1,25\ \rho_0$	0,02314	0,0368

Réactance linéique des conducteurs à utiliser en fonction du type de câble et de son mode de pose

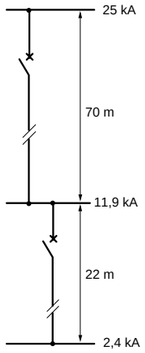
Câbles et poses	Réactance linéique λ ($m\Omega$ / m)
Câbles multiconducteurs ou câbles monoconducteurs en trèfle	0,08
Câbles monoconducteurs jointifs en nappe	0,09
Câbles monoconducteurs séparés de plus d'un diamètre	0,13

2 Méthode de composition

Cette méthode est une approche simplifiée. Connaissant le courant du court-circuit triphasé à l'origine de l'installation (voir paragraphe précédent), elle permet d'estimer le courant de court-circuit présumé I_{CC3} à l'extrémité d'une canalisation de longueur et section données. Cette méthode s'applique à des installations dont la puissance n'excède pas 800 kVA.

Le courant de court-circuit maximal en un point quelconque de l'installation est déterminé à l'aide du tableau de la page suivante à partir :
- de la valeur de court-circuit présumée en tête de l'installation
- de la longueur de la ligne
- de la nature et de la section des conducteurs.

Exemple



• 1re partie :
- Icc origine : 25 kA
- câble cuivre : 120 mm²
- longueur : 75 m (73 m)
→ Icc aval : 11,9 kA

• 2e partie :
- Icc amont : 11,9 kA arrondi à 15 kA
- câble cuivre : 6 mm²
- longueur : 25 m (22 m)
→ Icc aval : 2,4 kA

Cuivre	Section des conducteurs de phase (mm²)	Longueur de la canalisation (en mètres)																					
230 V 400	1,5													1,3	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21
	2,5												1,1	1,5	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34
	4											1,7	1,9	2,6	3,7	5,3	7,4	10,5	15	21	30	42
	6										1,4	2,0	2,8	4,0	5,6	7,9	11,2	16	22	32	45	63
	10									2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	68	97	137	
	16								1,7	2,4	3,4	4,8	6,8	9,7	14	19	27	39	55	77	110	155	219
	25						1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,7	15	21	30	43	61	86	121	171	242	342
	35						1,9	2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339	479
	50					1,8	2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460	
	70					2,6	3,7	5,3	7,5	10,6	15	21	30	42	60	85	120	170	240	339			
	95				2,5	3,6	5,1	7,2	10,2	14	20	29	41	58	81	115	163	230	325	460			
	120 →		1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	13	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411				
	150	1,2	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447				
	185	1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528				
	240	1,8	2,6	3,6	5,1	7,3	10,3	15	21	29	41	58	82	116	164	232	329	465	658				
	300	2,2	3,1	4,4	6,2	8,7	12,3	17	25	35	49	70	99	140	198	279	395	559					
	2 x 120	2,3	3,2	4,5	6,4	9,1	12,8	18	26	36	51	73	103	145	205	291	411	581					
	2 x 150	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	39	56	79	112	158	223	316	447	632					
	2 x 185	2,9	4,1	5,8	8,2	11,7	16,5	23	33	47	66	93	132	187	264	373	528	747					
	3 x 120	3,4	4,8	6,8	9,6	13,6	19	27	39	54	77	109	154	218	308	436	616						
	3 x 150	3,7	5,2	7,4	10,5	14,8	21	30	42	59	84	118	168	237	335	474	670						
	2 x 240	3,6	5,2	7,2	10,2	14,6	21	30	42	58	82	116	164	232	328	464	658						
	3 x 185	4,4	6,2	8,8	12,4	17,5	25	35	49	70	99	140	198	280	396	560							
	4 x 185	3,8	8,2	11,6	16,4	23	33	46	66	94	132	186	264	374	528	746							
	4 x 240	7,2	10,4	14,4	20	29	41	60	84	116	164	232	328	464	656								
Icc		**Courant de court-circuit au niveau considéré (Icc aval en kA)**																					
Icc amont en kA	100	93,5	91,1	87,9	83,7	78,4	71,9	64,4	56,1	47,5	39,0	31,2	24,2	18,5	13,8	10,2	7,4	5,4	3,8	2,8	2,0	1,4	1,0
	90	82,7	82,7	80,1	76,5	72,1	66,6	60,1	52,8	45,1	37,4	30,1	23,6	18,1	13,6	10,1	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0
	80	74,2	74,2	72,0	69,2	65,5	61,0	55,5	49,2	42,5	35,6	28,9	22,9	17,6	13,3	9,9	7,3	5,3	3,8	2,7	2,0	1,4	1,0
	70	65,5	65,5	63,8	61,6	58,7	55,0	50,5	45,3	39,5	33,4	27,5	22,0	17,1	13,0	9,7	7,2	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0
	60	56,7	56,7	55,4	53,7	51,5	48,6	45,1	40,9	36,1	31,0	25,8	20,9	16,4	12,6	9,5	7,1	5,2	3,8	2,7	1,9	1,4	1,0
	50	47,7	47,7	46,8	45,6	43,9	41,8	39,2	36,0	32,2	28,1	23,8	19,5	15,6	12,1	9,2	6,9	5,1	3,7	2,7	1,9	1,4	1,0
	40	38,5	38,5	37,9	37,1	36,0	34,6	32,8	30,5	27,7	24,6	21,2	17,8	14,5	11,4	8,8	6,7	5,0	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0
	35	33,8	33,8	33,4	32,8	31,9	30,8	29,3	27,5	25,2	22,6	19,7	16,7	13,7	11,0	8,5	6,5	4,9	3,6	2,6	1,9	1,4	1,0
	30	29,1	29,1	28,8	28,3	27,7	26,9	25,7	24,3	22,5	20,4	18,0	15,5	12,9	10,4	8,2	6,3	4,8	3,5	2,6	1,9	1,4	1,0
	25 →	24,4	24,4	24,2	23,8	23,4	22,8	22,0	20,9	19,6	18,0	16,1	14,0	11,9	9,8	7,8	6,1	4,6	3,4	2,5	1,9	1,3	1,0
	20	19,6	19,6	19,5	19,2	19,0	18,6	18,0	17,3	16,4	15,2	13,9	12,3	10,6	8,9	7,2	5,7	4,4	3,3	2,5	1,8	1,3	1,0
	15	14,8	14,8	14,7	14,6	14,4	14,2	13,9	13,4	12,9	12,2	11,3	10,2	9,0	7,7	6,4	5,2	4,1	3,2	2,4	1,8	1,3	0,9
	10	9,9	9,9	9,9	9,8	9,7	9,6	9,5	9,3	9,0	8,6	8,2	7,6	6,9	6,2	5,3	4,4	3,6	2,9	2,2	1,7	1,2	0,9
	7	7,0	7,0	6,9	6,9	6,9	6,8	6,7	6,6	6,5	6,3	6,1	5,7	5,3	4,9	4,3	3,7	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	0,9
	5	5,0	5,0	5,0	5,0	4,9	4,9	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	4,3	4,1	3,8	3,5	3,1	2,7	2,2	1,8	1,4	1,1	0,8
	4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9	3,8	3,8	3,7	3,6	3,4	3,2	3,0	2,7	2,3	2,0	1,7	1,3	1,0	0,8
	3	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	2,9	2,9	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2,0	1,7	1,5	1,2	1,0	0,8
	2	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	1,2	1,0	0,8	0,7
	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5

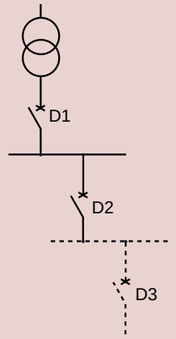
Aluminium	Section des conducteurs de phase (mm²)	Longueur de la canalisation (en mètres)																					
230 V 400	2,5													1,3	1,9	2,7	3,8	5,4	7,6	10,8	15	22
	4												1,1	1,5	2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34
	6											1,6	1,7	2,5	3,5	4,9	7,0	9,9	14	20	28	40	
	10										1,5	2,1	2,9	4,1	5,8	8,2	11,6	16	23	33	47	66	
	16									2,2	3,0	4,3	6,1	8,6	12	17	24	34	49	69	98	138	
	25								1,7	2,4	3,4	4,8	6,7	9,5	13	19	27	38	54	76	108	152	216
	35							1,7	2,4	3,3	4,7	6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302
	50						1,6	2,3	3,2	4,5	6,4	9,0	13	18	26	36	51	72	102	145	205	290	410
	70						2,4	3,3	4,7	6,7	9,4	13	19	27	38	53	75	107	151	213	302	427	
	95					2,3	3,2	4,5	6,4	9,0	13	18	26	36	51	72	102	145	205	290	410		
	120					2,9	4,0	5,7	8,1	11,4	16	23	32	46	65	91	129	183	259	366			
	150					3,1	4,4	6,2	8,8	12	18	25	35	50	70	99	141	199	281	398			
	185				2,6	3,7	5,2	7,3	10,4	15	21	29	42	59	83	117	166	235	332	470			
	240		1,6	2,3	3,2	4,6	6,5	9,1	13	18	26	37	52	73	103	146	207	293	414				
	300	1,4	1,9	2,7	3,9	5,5	7,8	11	16	22	31	44	62	88	124	176	249	352	497				
	2 x 120	1,4	2,0	2,9	4,0	5,7	8,1	11,4	16	23	32	46	65	91	129	183	259	366	517				
	2 x 150	1,6	2,2	3,1	4,4	6,2	8,8	12	18	25	35	50	70	99	141	199	281	398					
	2 x 185	1,8	2,6	3,7	5,2	7,3	10,4	15	21	29	42	59	83	117	166	235	332	470					
	2 x 240	2,3	3,2	4,6	6,5	9,1	12,9	18	26	37	52	73	103	146	207	293	414	583					
	3 x 120	2,1	3,0	4,3	6,1	8,6	12,1	17	24	34	48	69	97	137	194	274	388	549					
	3 x 150	2,3	3,3	4,7	6,6	9,3	13,2	19	26	37	53	75	105	149	211	298	422	596					
	3 x 185	2,8	3,9	5,5	7,8	11,0	15,6	22	31	44	62	88	125	176	249	352	498	705					
	2 x 300	2,8	3,8	5,4	7,8	11	16	22	32	44	62	88	124	176	248	352	498						
	3 x 240	3,4	4,8	6,9	9,7	13,7	19	27	39	55	78	110	155	219	310	439	621						
	4 x 240	4,6	6,4	9,2	13	18	26	36	52	74	104	146	206	292	414	586							
	4 x 300	5,6	7,6	10,8	14,6	22	32	44	64	88	124	176	248	352	496	704							

Tableau extrapolé du guide UTE C 15-105.

3 EXEMPLE DE CALCUL

Cet exemple reprend un calcul complet d'installation selon la méthode des impédances. Dans le cadre de la protection des personnes, un calcul complet de courant de défaut est également effectué. Ce courant de défaut étant, dans cet exemple, toujours inférieur au court-circuit monophasé, il servira de référence pour le réglage des déclencheurs magnétiques des disjoncteurs.

Données de base de l'exemple traité



Soit une installation en schéma TN 230/400 V alimentée par un transformateur HTA/BT de 630 kVA (Ucc : 4 %), la puissance de court-circuit du réseau HT étant de 500 MVA.

S_{kQ} = 500 MVA

Réseau HT

$$Z_Q = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{kQ}} = \frac{(1{,}05 \times 400)^2}{500000} = 0{,}353\ m\Omega$$

$X_Q = 0{,}995 \times Z_Q = 0{,}351\ m\Omega$ et $R_Q = 0{,}1 \times X_Q = 0{,}035\ m\Omega$

R_Q = 0,035 mΩ	X_Q = 0,351 mΩ		

S_{Tr} = 630 kVA
U_{CC} = 4 %
I_n = 866 A

Transformateur HTA/BT

• Calcul d'I_{CC3}

$$Z_S = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{Tr}} \times \frac{U_{CC}}{100} = \frac{(1{,}05 \times 400)^2}{630} \times \frac{4}{100} = 11{,}2\ m\Omega$$

$R_S = 0{,}31 \times Z_S = 3{,}472\ m\Omega$ et $X_S = 0{,}95 \times Z_S = 10{,}640\ m\Omega$

R_S = 3,472 mΩ	X_S = 10,640 mΩ	∑R = 3,507 mΩ	∑X = 10,991 mΩ

$$\Rightarrow I_{CC3} = \frac{1{,}05 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{3{,}507^2 + 10{,}991^2}} = 22{,}07\ kA$$

I_{CC3} = 22,07 kA

Cuivre/PR
$S_{Ph} = 2 \times 185\ mm^2$
$S_N = 2 \times 185\ mm^2$
$S_{PE} = 1 \times 95\ mm^2$
I_B = 866 A
I_Z = 1054 A
L = 5 m

Câble Arrivée

• Calcul d'I_{CC3}

$$R_c = \rho_0 \times 10^3 \times \frac{L}{n_{ph} \times S_{ph}} = 0{,}01851 \times 10^3 \times \frac{5}{2 \times 185} = 0{,}250\ m\Omega$$

$$X_c = \lambda \times \frac{L}{n_{ph}} = 0{,}08 \times \frac{5}{2} = 0{,}200\ m\Omega$$

R_C = 0,250 mΩ	X_C = 0,200 mΩ	∑R = 3,757 mΩ	∑X = 11,191 mΩ

$$\Rightarrow I_{CC3} = \frac{1{,}05 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{3{,}757^2 + 11{,}191^2}} = 21{,}57\ kA$$

• Calcul d'I_d

$R_c = \rho_1 \times 10^3 \times L \left(\frac{1}{n_{ph} \times S_{ph}} + \frac{1}{n_{PE} \times S_{PE}}\right) = 0{,}02314 \times 10^3 \times 5 \left(\frac{1}{2 \times 185} + \frac{1}{95}\right) = 1{,}53\ m\Omega$

$X_c = \lambda \times L \left(\frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_{PE}}\right) = 0{,}08 \times 5 \left(\frac{1}{2} + 1\right) = 0{,}600\ m\Omega$

R_C = 1,531 mΩ	X_C = 0,600 mΩ	$\sum R$ = 5,038 mΩ	$\sum X$ = 11,591 mΩ

$\Rightarrow I_d = \frac{0{,}95 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{5{,}038^2 + 11{,}191^2}} = 18{,}23\ kA$



Choix et réglages du disjoncteur de tête D1

• Calibre (In)

Il doit être au moins égal à I_B. Parmi les solutions offertes nous choisirons un DPX 1600 de calibre 1 600 A pour permettre une évolution de l'installation.

• Pouvoir de coupure

PdC ≥ I_{CC3} ⇒ PdC ≥ 21,57 kA. Le pouvoir de coupure du DPX 1600 est de 50 kA.

• Nombre de pôles

3P + N/2

• Réglage du thermique (Ir)

$I_B \le Ir \le I_Z \Rightarrow 866 \le Ir \le 1\,054$ A.

Le réglage devra donc se situer entre $\frac{866}{1600} = 0{,}54$ et $\frac{1054}{1600} = 0{,}64$.

Nous prendrons Ir = 0,6 × In soit Ir = 960 A.

• Réglage du magnétique (Im)

$Im \le \frac{I_d}{1{,}2}$

I_d : plus petit défaut en bout de ligne (niveau du jeu de barres)

1,2 : prise en compte de la tolérance de 20 % sur la courbe de déclenchement

$Im \le \frac{18230}{1{,}2} \Rightarrow Im \le 15191$ A

Le réglage maximum possible convient : Im = 10 × Ir = 9 600 A.

En règle générale les impédances des jeux de barres sont négligées.

Choix et réglages du disjoncteur de départ D2

• Calibre (In)

Il doit être au moins égal à I_B. Nous choisirons un DPX 250 ER de calibre 250 A.

• Pouvoir de coupure

PdC ≥ I_{CC3} ⇒ PdC ≥ 21,57 kA. Le pouvoir de coupure du DPX 250 ER est de 50 kA.

• Nombre de pôles 3P + N/2

• Réglage du thermique (Ir)

$I_B \le Ir \le I_Z \Rightarrow 250 \le Ir \le 269$ A. Le réglage maximum convient : Ir = 1 × In = 250 A.

• Réglage du magnétique (Im)

$Im \le \frac{I_d}{1{,}2} \Rightarrow Im \le \frac{4390}{1{,}2} \Rightarrow Im \le 3658$ A.

Le réglage convient : Im = 10 × In = 2500 A.

Cuivre/PR
S_{Ph} = 2 × 70 mm²
S_N = 1 × 35 mm²
S_{PE} = 1 × 35 mm²
I_B = 250 A
I_Z = 269 A
L = 50 m

cos φ = 0,85

Câble Départ

• Calcul d'I_{CC3} (c'est cette valeur qui servira à déterminer le PdC du disjoncteur D3)

$R_c = \rho_0 \times 10^3 \times \frac{L}{n_{ph} \times S_{ph}} = 0{,}01851 \times 10^3 \times \frac{50}{1 \times 70} = 13{,}221\ m\Omega$

$X_c = \lambda \times \frac{L}{n_{ph}} = 0{,}08 \times \frac{50}{1} = 4\ m\Omega$

R_C = 13,221 mΩ	X_C = 4 mΩ	$\sum R$ = 16,979 mΩ	$\sum X$ = 15,191 mΩ

$\Rightarrow I_{CC3} = \frac{1{,}05 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{16{,}979^2 + 15{,}191^2}} = 11{,}18\ kA$

• Calcul d'I_d

$R_c = \rho_1 \times 10^3 \times L \left(\frac{1}{n_{ph} \times S_{ph}} + \frac{1}{n_{PE} \times S_{PE}}\right) = 0{,}02314 \times 10^3 \times 50 \left(\frac{1}{70} + \frac{1}{35}\right) = 49{,}586\ m\Omega$

$X_c = \lambda \times L \left(\frac{1}{n_{ph}} + \frac{1}{n_{PE}}\right) = 0{,}08 \times 50 \left(1 + 1\right) = 8\ m\Omega$

R_C = 49,586 mΩ	X_C = 8 mΩ	$\sum R$ = 54,623 mΩ	$\sum X$ = 19,591 mΩ

$\Rightarrow I_d = \frac{0{,}95 \times 1{,}05 \times 231}{\sqrt{54{,}623^2 + 19{,}591^2}} = 4{,}39\ kA$

• Calcul de la chute de tension

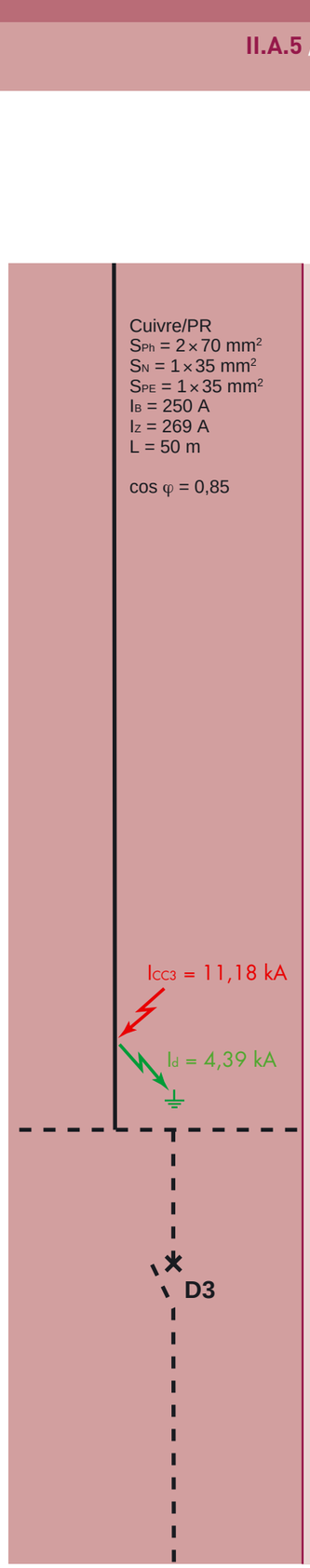
$u = b\ (\rho_1 \frac{L}{S} \cos\varphi + \lambda\ L \sin\varphi)\ I_B$

en triphasé b =1

$u = \left(0{,}02314 \times \frac{50}{70} \times 0{,}85 + 0{,}08 \times 10^{-3} \times 50 \times 0{,}527\right) \times 250 = 4{,}04\ V$

$\Delta u = \frac{4{,}04}{231} \times 100 = 1{,}75\ \%$

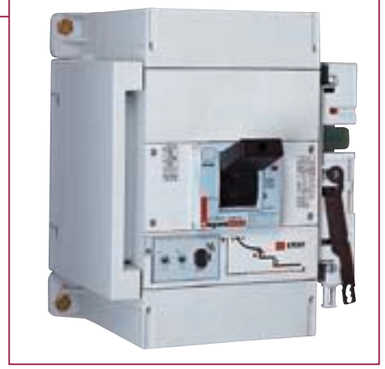
Sachant que la chute de tension en amont est de 0,14 % (valeur préalablement calculée), la chute de tension cumulée totale est de 1,89 %.



LES APPAREILS DE PROTECTION







Tout en assurant la meilleure continuité possible, le choix d'un appareil de protection vise deux objectifs obligatoires :
- protéger les personnes
- protéger les canalisations.
A contrario celui d'un appareil de coupure (sectionnement, coupure fonctionnelle, coupure d'urgence) n'a pas pour but principal ce rôle de protection automatique.

La protection des personnes contre les contacts indirects est effectuée en adéquation avec le régime de neutre et les caractéristiques de l'installation (longueurs de lignes) (voir chapitre II.A.4).
La protection des canalisations est destinée à limiter les effets des surcharges et des courts-circuits (voir chapitres II.A.1 et II.A.3).
La notion de sélectivité est relative aux aspects de sélectivité entre appareils (voir chapitre II.B.3).

Ne pas confondre les normes de produits et les normes d'installation.
Les premières concernent l'appareillage, elles relèvent de la responsabilité des constructeurs, alors que les secondes concernent la mise en œuvre, qui garantit le bon fonctionnement, la sécurité et la pérennité des installations.
Les normes d'installation sont rendues obligatoires par la loi ; les metteurs en œuvre se doivent de les appliquer, mais au-delà ils doivent aussi garantir un niveau de performances global de l'installation (du TGBT à la prise) en s'appuyant sur la qualité des produits et les garanties que seul un grand constructeur peut leur apporter.

Les appareils de protection assurent la protection de ces circuits et des personnes : ce sont les disjoncteurs et les fusibles.
Les disjoncteurs DX, DPX et DMX assurent à la fois la coupure et la protection.
Les appareils de coupure permettent de commander les différents circuits d'une installation : ce sont des interrupteurs, des contacteurs, voire d'autres appareils (thermostats, télérupteurs...) si la coupure n'a qu'un rôle fonctionnel (voir chapitre II.B.5).

Les disjoncteurs legrand DPX, DX

Un disjoncteur est à la fois un dispositif de coupure capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants d'une intensité au plus égale à son courant assigné (In), et un dispositif de protection capable d'interrompre automatiquement des courants de surintensité qui peuvent naître de défauts dans les installations.
Les disjoncteurs Legrand se répartissent en deux grandes catégories : les disjoncteurs de puissance DPX (boîtiers moulés), et les disjoncteurs divisionnaires DX (modulaires).
Le choix des caractéristiques d'un disjoncteur est corollaire au dimensionnement de l'installation

1 LES DIFFÉRENTES TECHNOLOGIES UTILISÉES

La détection des surintensités est assurée par trois dispositifs différents : thermiques pour les surcharges, magnétiques pour les courts-circuits et électroniques pour les deux. Les déclencheurs thermiques et magnétiques, généralement associés (disjoncteurs magnétothermiques), sont d'une technique éprouvée et économique, mais offrent moins de souplesse de réglage que les déclencheurs électroniques.

+

Les disjoncteurs Legrand assurent également :
- la commande d'un circuit, manuelle ou automatique
- le sectionnement à coupure pleinement apparente (DPX) et à coupure visible pour les appareils extractibles et débrochables
- la coupure d'urgence
- la protection différentielle
- la protection à manque de tension.

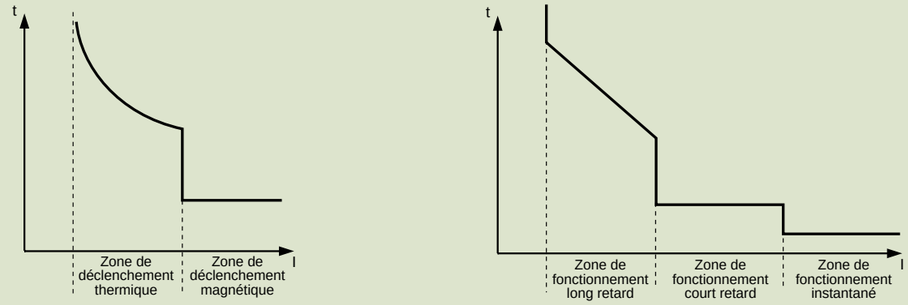
1 Le déclencheur thermique

Il est constitué d'un bilame dont l'échauffement au-delà des valeurs normales de fonctionnement provoque une déformation qui libère la serrure de maintien des contacts. Le temps de réaction d'un bilame est inversement proportionnel à l'intensité du courant. Du fait de son inertie thermique, chaque réenclenchement du circuit en défaut diminuera son temps de réaction. Les disjoncteurs DPX permettent de régler le courant de déclenchement Ir entre certaines limites (0,4 à 1 In suivant les modèles).

2 Le déclencheur magnétique

Il est constitué par une boucle magnétique dont l'effet libère la serrure de maintien des contacts, provoquant ainsi la coupure en cas de forte surintensité. Le temps de réponse est très court (de l'ordre du centième de seconde). Les disjoncteurs de puissance DPX possèdent un réglage Im (jusqu'à 10 x Ir), qui permet d'ajuster la valeur de déclenchement aux conditions de protection de l'installation (courant de défaut et contact indirect). De plus, ce réglage permet de rechercher les meilleures conditions de sélectivité entre les appareils.

Courbes typiques de déclenchement



Déclencheur magnétothermique — **Déclencheur électronique**

3 Le déclencheur électronique

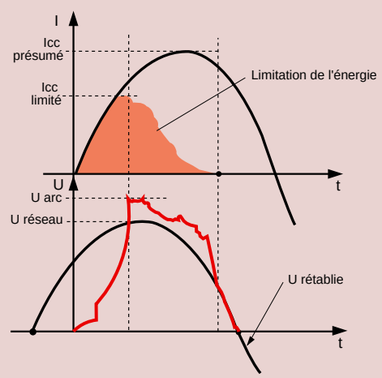
Un tore, placé sur chaque conducteur, mesure en permanence le courant dans chacun d'eux. Cette information est traitée par un module électronique qui commande le déclenchement du disjoncteur lorsque les valeurs des réglages sont dépassées. La courbe du déclencheur présente trois zones de fonctionnement.
• Zone de fonctionnement "instantané" Elle assure la protection contre les courts-circuits de forte intensité. Elle est réglée par construction à une valeur fixe (5 à 20 kA suivant les modèles).
• Zone de fonctionnement "court retard" Elle assure la protection contre les courts-circuits de plus faible intensité, généralement en bout de ligne. Le seuil de déclenchement est généralement réglable. La durée du retard peut être portée par seuils jusqu'à une seconde, afin d'assurer la sélectivité avec les appareils placés en aval.
• Zone de fonctionnement "long retard" Elle est assimilable à la caractéristique d'un déclencheur thermique. Elle permet d'assurer la protection des conducteurs contre les surcharges.

+

Les déclencheurs électroniques des DPX assurent, suivant les modèles, des fonctions innovantes supplémentaires.
• Mémoire thermique : dans le cadre de la protection "long retard", le déclencheur mémorise l'image de l'échauffement produit par une surcharge. Cette "mémoire thermique" est rafraîchie régulièrement si aucune autre surcharge ne se produit. Par contre, en cas de surcharges successives, les effets sont cumulés et le temps d'intervention de l'appareil sera proportionnellement réduit ; la protection du câble est ainsi préservée.
• Réglage du courant de neutre en face avant (0 %, 50 %, 100 % du courant de phase).
• Sélectivité logique : une liaison spécifique entre deux appareils permet d'affecter à celui installé en amont un retard supplémentaire de 50 ms afin de laisser le temps à l'appareil aval de couper.
• Fonction de délestage : lorsqu'un appareil est traversé par un courant supérieur à 105 % de Ir, il est alors possible, en utilisant les contacts de sortie, de délester les circuits non prioritaires. L'information de délestage est annulée lorsque la charge de l'appareil redevient inférieure à 85 % de Ir.
• Signalisation de la charge de l'appareil par LED en face avant (vert : normal ; rouge fixe : I ≥ 0,9 × Ir ; rouge clignotant : I ≥ 1,05 × Ir).
• Connecteur en face avant pour branchement du boîtier de test électronique réf. 261 99.
• Autoprotection en cas d'anomalie du microprocesseur.
• Dispositif de détection des défauts de terre importants, avec réglage du courant Ig de 0,2 à 1 × In, et du temps Tg de 0,1 à 1 seconde.

L'arc électrique

La coupure du courant est réalisée dans la chambre de coupure du disjoncteur, conçue pour maîtriser l'arc électrique qui se produit à l'ouverture des contacts (assimilables à des électrodes). L'énergie de l'arc peut devenir considérable, jusqu'à 100 kilojoules et 20 000 °C, et peut entraîner l'érosion des contacts par vaporisation du métal. Il convient donc de "souffler" l'arc le plus tôt possible, pour limiter ses effets.
Le champ magnétique produit par l'arc (qui est un conducteur) est utilisé pour le déplacer dans une "chambre de coupure" et l'allonger jusqu'à extinction.
Les mécanismes des disjoncteurs doivent allier une ouverture très rapide des contacts (limitation de l'érosion) est une pression de contact élevée (opposition aux efforts électrodynamiques).



Pouvoir de coupure en schéma IT

Lorsque l'installation est réalisée suivant le schéma IT, la règle du pouvoir de coupure doit être appliquée non seulement pour le courant de court-circuit triphasé au point considéré, mais aussi pour le courant de double défaut présumé.
Il est recommandé que le dispositif de protection puisse couper sous un seul pôle, sous la tension entre phases, le courant de double défaut pris égal à :
- 0,15 fois le courant de court-circuit triphasé au point considéré si celui-ci n'excède pas 10 kA
- 0,25 fois le courant de court-circuit triphasé au point considéré si celui-ci est supérieur à 10 kA.

Pouvoir de coupure d'un seul pôle sous 400 V selon EN 60947-2

DNX et DX 1P+N		1,5 kA
DX courbes B et C	≤ 63 A	3 kA
DX-h courbes B et C	≤ 20 A	6 kA
	25 A	5 kA
	32 et 40 A	4 kA
	50 et 63 A	3 kA
DX-L courbes C	80 à 125 A	4 kA
DX-D 15 kA	≤ 32 A	4 kA
	40 à 125 A	3 kA
DX-D 25 kA	10 à 32 A	6 kA
DX courbes MA	≤ 6,3 A	6 kA
	10 à 25 A	4 kA

DPX 125	9 kA
DPX 160	9 kA
DPX 250 ER	9 kA
DPX 250	16 kA*
DPX-h 250	20 kA*
DPX 630	16 kA*
DPX-h 630	20 kA*
DPX 1600	20 kA*
DPX-h 1600	25 kA*

*Valeur du pouvoir de coupure sous un pôle prise égale à la valeur du pouvoir de coupure sous 690 V triphasé. (art. 533.3 NF C 15-100)

Exemple : pour un Icc triphasé de 20 kA avec une alimentation de 230 - 400 V, le pouvoir de coupure sur un pôle devra être supérieur à 0,25 x 20 = 5 kA sous 400 V.

2 LES CARACTÉRISTIQUES DES DISJONCTEURS

1 Tension assignée d'emploi Ue (en V)

C'est la (ou les) tension(s) sous laquelle le disjoncteur peut être employé. La valeur donnée est généralement la valeur maximale. Sous des tensions inférieures, certaines caractéristiques peuvent être différentes, voire améliorées, comme le pouvoir de coupure.

2 Tension d'isolement Ui (en V)

Cette valeur sert de référence pour les performances d'isolement de l'appareil. C'est sur cette base que sont déterminées les tensions d'essai diélectrique (onde de choc, fréquence industrielle…).

3 Tension de choc Uimp (en kV)

Cette valeur caractérise l'aptitude de l'appareil à résister aux surtensions transitoires dues à la foudre (onde normalisée 1,2/50 µs, voir au chapitre II.A.4 "Vérifications des caractéristiques d'isolement").

4 Courant assigné In (en A)

C'est la valeur maximale du courant que le disjoncteur peut supporter de manière permanente. Cette valeur est toujours donnée pour une température ambiante autour de l'appareil de 40 °C selon la norme CEI 60947-2, et de 30 °C selon la norme CEI 60898. Si la température à laquelle est utilisé l'appareil est supérieure, il peut être nécessaire de diminuer le courant d'emploi (voir chapitre II.E.2).

5 Pouvoir de coupure ultime Icu (en kA)

C'est la valeur maximale du courant de court-circuit que peut couper un disjoncteur sous une tension et un déphasage (cos φ) donnés. Les tests sont réalisés suivant la séquence O - t - CO ; O représente une manœuvre d'ouverture, t un intervalle de temps et CO une manœuvre de fermeture suivie d'une manœuvre d'ouverture automatique. A la suite de l'essai, le disjoncteur doit continuer d'assurer un niveau de sécurité minimum (sectionnement, tenue diélectrique).

Dans la norme CEI 60898, le pouvoir de coupure de l'appareil est testé de la même manière mais est nommé Icn. Après le test, le disjoncteur doit conserver ses propriétés diélectriques et pouvoir déclencher suivant les spécifications de la norme.

6 Pouvoir de coupure de service Ics

C'est la valeur exprimée en pourcentage d'Icu, parmi les valeurs : 25 % (catégorie A seulement), 50 %, 75 % ou 100 %. Le disjoncteur doit être capable de fonctionner normalement après avoir coupé plusieurs fois le courant Ics suivant la séquence O-CO-CO.
La norme CEI 60898 donne les valeurs minimales à atteindre en fonction de l'Icn de l'appareil.

7 Courant de courte durée admissible Icw (en kA)

C'est la valeur du courant de court-circuit qu'un disjoncteur de catégorie B (voir ci-après) est capable de supporter pendant une période définie sans altération de ses caractéristiques. Cette valeur est destinée à permettre la sélectivité entre appareils. Le disjoncteur concerné peut rester fermé pendant le temps d'élimination du défaut par le dispositif aval tant que l'énergie I^2t ne dépasse pas $Icw^2(1s)$.

Attention : par convention la valeur Icw est donnée pour un temps t = 1 s. Pour une autre durée t, celle-ci doit être indiquée, par exemple $Icw_{0,2}$. Il conviendra alors de vérifier que la contrainte thermique I^2t, générée jusqu'à la coupure du dispositif aval, est effectivement inférieure à Icw^2t.

En exploitation, il est très rare qu'un disjoncteur ait à couper le courant de court-circuit maximum présumé (qui a servi à déterminer son pouvoir de coupure nécessaire). Par contre, il pourra être amené à couper des courants plus faibles. S'ils sont inférieurs à l'Ics de l'appareil, cela signifie qu'il pourra toujours continuer à fonctionner correctement après la coupure et que l'installation pourra être remise en service immédiatement. A noter qu'à ce jour, peu de normes ou prescriptions d'installation font référence à l'Ics.

Les disjoncteurs sont souvent identifiés avec deux pouvoirs de coupure. Cette distinction résulte de normes aux conditions d'essais différentes.
• 10 000 : norme EN 60898 pour des appareils domestiques ou analogues où des personnes non qualifiées peuvent refermer plusieurs fois un circuit dont le défaut persiste. L'indication du pouvoir de coupure (en Ampères) figure alors dans un encadré, sans mention de l'unité.
• 10 kA : norme EN 60947-2 pour toutes les applications où les personnes intervenantes sont qualifiées. L'indication du pouvoir de coupure figure alors avec son unité.

8 Pouvoir assigné de fermeture sur court-circuit Icm (kA crête)

C'est la plus grande intensité de courant qu'un appareil puisse établir sous sa tension assignée dans les conditions de la norme. Les appareils sans fonction de protection tels que les interrupteurs doivent supporter les courants de courts-circuits en valeur et durée résultant de l'action du dispositif de protection associé.

9 Catégorie d'emploi

La CEI 60947-2 désigne les disjoncteurs selon deux catégories :
- catégorie A pour les disjoncteurs qui n'ont aucune temporisation pour le déclenchement sur court-circuit
- catégorie B pour les disjoncteurs qui possèdent une temporisation. Celle-ci est réglable afin de réaliser une sélectivité chronométrique pour une valeur de court-circuit inférieure à Icw. La valeur d'Icw doit être au moins égale à la plus grande des deux valeurs, 12 In ou 5 kA, pour les disjoncteurs de courant assigné au plus égal à 2 500 A, et à 30 kA au-delà.

Normes produits

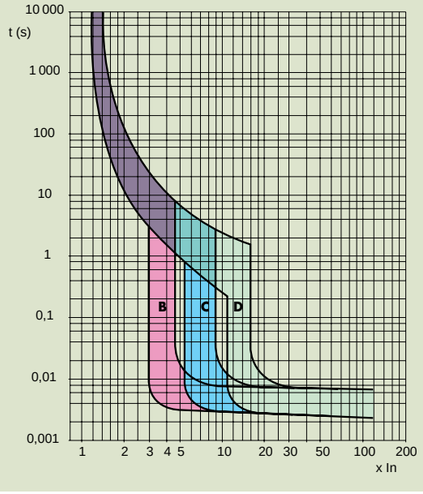
• Norme CEI 60898 (NF C 61-410)
Dans la pratique, on fait référence à cette norme pour les circuits terminaux des installations domestiques, résidentielles, petits tertiaires, où les intervenants ne sont pas qualifiés. Elle s'applique jusqu'à 125 A, 25 000 A de pouvoir de coupure et 440 V. Le déclenchement thermique s'effectue entre 1,05 et 1,3 In. Elle fixe des plages de fonctionnement B, C et D sur le réglage magnétique.
• Norme CEI 60947-2 (NF C 63-120)
Norme du domaine industriel, elle suppose que les intervenants sont qualifiés. Elle ne fixe pas de plage de fonctionnement : toutes les caractéristiques (Ir, Im, t...) peuvent être réglables. Pour Ir = 1 In, le déclenchement doit s'effectuer entre 1,13 et 1,45 In. Les produits répondant à la norme CEI 60898 sont également utilisables dans les installations industrielles dans la limite de leurs caractéristiques. Les disjoncteurs DX Legrand répondent aux deux normes.
• Norme CEI 61009-1 (NF C 61-440)
Elle s'applique aux disjoncteurs qui possèdent une fonction différentielle.
• Norme CEI 61008-1 (NF C 61-150)
Elle s'applique aux interrupteurs différentiels.

3 LES COURBES DE DÉCLENCHEMENT

Pour les disjoncteurs divisionnaires, le courant magnétique est réglé en usine selon la norme EN 60898 :
- Courbe B : 3 à 5 In
- Courbe C : 5 à 10 In
- Courbe D : 10 à 20 In

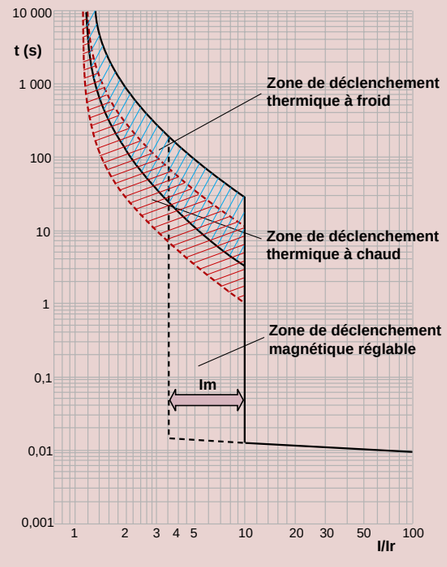
D'autres types de courbes peuvent également être utilisés :
- Courbe Z : 2,4 à 3,6 In
- Courbe MA : 12 à 14 In

Courbes de déclenchement des disjoncteurs DX



En règle générale on utilise les disjoncteurs courbe C pour les applications usuelles de distribution.
Le recours à la courbe B peut se révéler nécessaire pour de faibles intensités de court-circuit (grande longueur, divisionnaire en régime IT, TN, alternateur...).
En cas de courants d'appel élevés (transformateurs, moteurs), la courbe D évite les déclenchements intempestifs, notamment au démarrage.
La courbe Z à haute sensibilité est généralement réservée à la protection de circuits alimentant de l'électronique.
Le type MA (magnétique seul) possède un seuil de fonctionnement destiné à une continuité de service maximale. A ce titre, il est utilisé dans les circuits de sécurité des ERP.

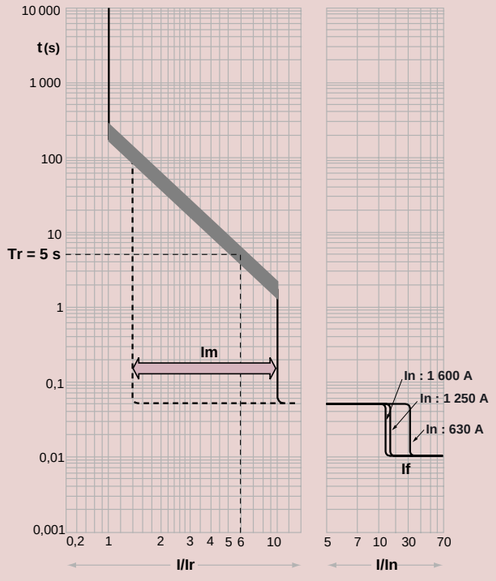
Courbe de déclenchement d'un disjoncteur DPX magnétothermique



I : courant réel
Ir : protection thermique contre les surcharges (réglage Ir = x In)
Im : protection magnétique contre les courts-circuits (réglage Im = x Ir)

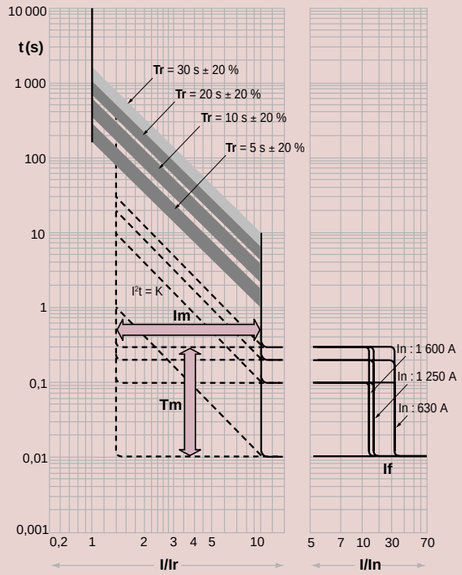
L'abscisse des courbes exprimant le rapport I/Ir, la modification du réglage de Ir ne change pas la représentation graphique du déclenchement thermique. En revanche le réglage magnétique est directement lisible (de 3,5 à 10 sur l'exemple).

Courbe de déclenchement d'un disjoncteur DPX électronique 1 (DPX 1 600)



I : courant réel
Ir : protection long retard contre les surcharges (réglable : Ir = x In)
Tr : temps d'action de la protection long retard (fixe : 5 s à 6 Ir)
Im : protection court retard contre les courts-circuits (réglable : Im = x Ir, de 1,5 à 10 Ir dans l'exemple)
Tm : temps d'action de la protection court retard (fixe : 0,1 s)
If : protection instantanée à seuil fixe (5 à 20 kA suivant modèles)

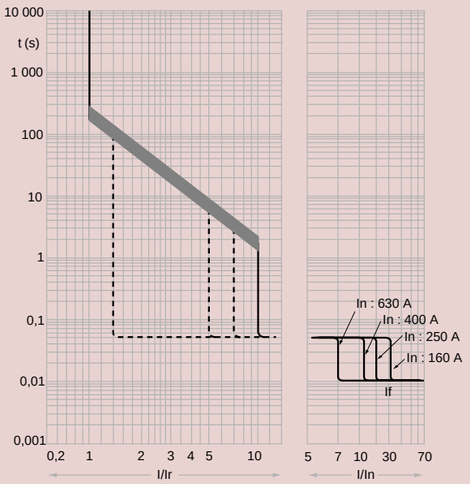
Courbe de déclenchement d'un disjoncteur DPX électronique 2 (DPX-H 1 600)



I : courant réel
Ir : protection long retard contre les surcharges (réglable : Ir = x In, de 0,4 à 1 x In)
Tr : temps d'action de la protection long retard (réglable : 5 à 30 s) à 6 x Ir
Im : protection court retard contre les courts-circuits (réglable : Im = x Ir, de 1,5 à 10 Ir dans l'exemple)
Tm : temps d'action de la protection court retard (réglable : 0 à 0,3 s)
I²t constant (réglable par Tm) voir "Sélectivité logique" au chapitre II.C.2
If : protection instantanée à seuil fixe (fixe : 5 à 20 kA suivant modèles)

Exemple de réglages et de lecture des courbes

Exemple :
I_B = 500 A
$Icc3_{max}$ = 25 kA au point d'installation
⇒ DPX 630 électronique, calibre 630 A (réf. 256 03/07)
⇒ réglage long retard (surcharge) Ir = 0,8 × In, soit 504 A



Cas 1 : Icc mini élevé
Icc mini (en bout de ligne) = 20 kA
⇒ réglage court retard (court-circuit) Im = 10 × Ir, soit 5 040 A
Lecture des courbes :
Si I < 504 A ⇒ pas de déclenchement
Si 504 A ≤ I < 5 kA ⇒ déclenchement entre 1 et 200 s (protection long retard)
Si I > 5 kA ⇒ déclenchement en 0,01 s (protection instantanée à seuil fixe)

Cas 2 : Icc mini faible
Icc mini (en bout de ligne) = 4 kA
⇒ réglage court retard (court-circuit) Im = 5 × Ir, soit 2 520 A
Lecture des courbes :
Si I < 504 A ⇒ pas de déclenchement
Si 504 A ≤ I < 2 520 A ⇒ déclenchement entre 10 et 200 s (protection long retard)
Si 2 520 A < I < 5 kA ⇒ déclenchement < 0,1 s (protection court retard)
Si I > 5 kA ⇒ déclenchement 0,01 s (protection instantanée à seuil fixe)

Cas 3 : Contrainte thermique du câble limitée
Icc mini (en bout de ligne) = 20 kA
Conducteur 10 mm², contrainte thermique admissible :
1,32 × 10⁶ A²s soit 3 633 A pour 0,1 s
⇒ réglage court retard (court-circuit) Im = 7 × Ir, soit 3 528 A (< Ith du câble)
Lecture des courbes :
Si I < 504 A ⇒ pas de déclenchement
Si 504 A ≤ I < 3 528 A ⇒ déclenchement entre 3 et 200 s (protection long retard)
Si 3 528 A < I < 5 kA⇒ déclenchement < 0,1 s (protection court retard)
Si I > 5 kA ⇒ déclenchement en 0,01 s (protection instantanée à seuil fixe)

4 LA LIMITATION

En cas de court-circuit, en l'absence de protection, le courant qui circulerait dans l'installation est le courant de court-circuit présumé.
Lorsqu'un courant de court-circuit traverse un disjoncteur, ce dernier a une aptitude plus ou moins importante à ne laisser passer qu'une partie de ce courant. Le court-circuit est alors limité en amplitude et en durée.
L'intérêt de la limitation est de réduire :
- les contraintes thermiques
- les efforts électrodynamiques
- les effets d'induction électromagnétiques.

Par ailleurs elle favorise la sélectivité et l'association.
Le pouvoir de limitation des appareils est représenté sous forme de courbes de limitation.

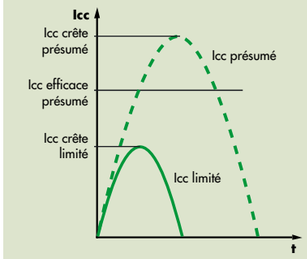
1 Courbes de limitation en courant

Elles donnent les valeurs maximales des courants de crête (en Â crête), limités par les appareils en fonction de la valeur du courant de court-circuit présumé.
Les valeurs de courant limité servent à dimensionner les jeux de barres et à vérifier la tenue des conducteurs et des appareils.

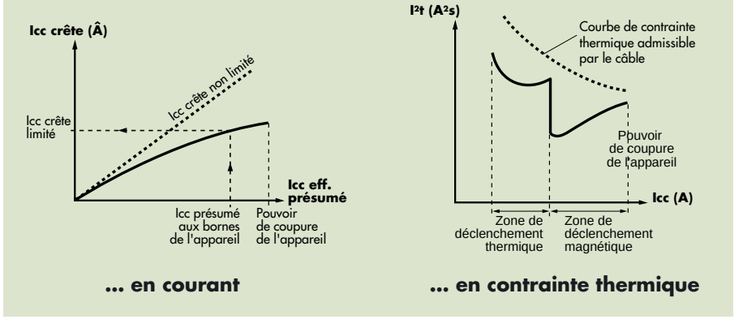
2 Courbes de limitation en contrainte thermique

Elles donnent l'image de l'énergie (en A^2s) que laisse passer l'appareil en fonction du courant de court-circuit présumé.
Elles permettent de vérifier la tenue en contraintes thermiques des câbles protégés par l'appareil.

Limitation du courant de court-circuit présumé



Courbes de limitation...



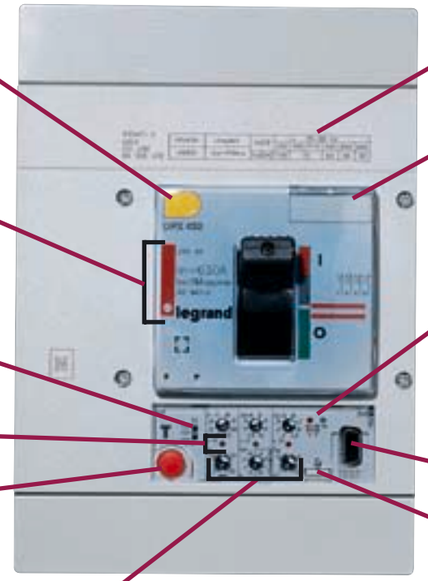
... en courant **... en contrainte thermique**

Classe de limitation des disjoncteurs

L'annexe ZA de la norme EN 60898 définit les classes de limitation en contrainte thermique pour les calibres inférieurs ou égaux à 32 A. Les classes de limitation permettent de hiérarchiser les aptitudes de limitation en contrainte thermique.
Exemple pour un disjoncteur type C 6 kA de 20 à 32 A :
- classe 1 : contrainte thermique non limitée
- classe 2 : contrainte thermique limitée à 160 000 A²s maximum
- classe 3 : contrainte thermique limitée à 55 000 A²s maximum.
Tous les disjoncteurs Legrand de calibre inférieur ou égal à 32 A sont de classe 3.

5 LES DISJONCTEURS DE PUISSANCE DPX

DPX-H 630 - Déclencheur électronique 2





DPX 250 magnétothermique | DPX-H 250 électronique 1 | DPX 630 électronique 1 | DPX 1 600 électronique 1

Caractéristiques des DPX

Désignation		DPX 125		DPX 160		DPX 250 ER		DPX 250		DPX 630		DPX 1600	
Nombre de pôles		3P-4P		3P-4P		3P-4P		3P-4P		3P-4P		3P-4P	
Appelation type (Icu sous 400 V)		25 kA	36 kA	25 kA	50 kA	25 kA	50 kA	36 kA	70 kA	36 kA	70 kA	50 kA	70 kA
Courant assigné In(A) à 40 °C (calibre des déclencheurs)		16, 25, 40, 63, 100, 125		25, 40, 63, 100, 160		100, 160, 250		40, 63(1), 100, 160, 250		250(2), 320, 400, 500(1), 630		630, 800, 1000(1), 1250, 1600(2)	
Tension assignée d'isolement Ui (V)		500		500		500		690		690		690	
Tension assignée de tenue aux chocs Uimp (kV)		6		6		6		8		8		8	
Tension d'emploi Ue (V)	alternatif	500		500		500		690		690		690	
	continu	250		250		250		250(1)		250(1)		250(1)	
Pouvoir de coupure ultime Icu	230 V~	35	40	40	65	40	65	60	100	60	100	80	100
	400 V~	**25**	**36**	**25**	**50**	**25**	**50**	**36**	**70**	**36**	**70**	**50**	**70**
	440 V~	18	20	20	30	20	30	30	60	30	60	35	65
	480/500 V~	12	14	10	15	10	15	25	40	25	40	30	45
	600 V~	-	-	-	-	-	-	20	25	20	25	25	35
	690 V~	-	-	-	-	-	-	16	20	16	20	20	25
	(2 pôles en série) 250 V⎓	25	30	25	45	25	45	36(1)	40(1)	-	-	-	-
Pouvoir de coupure de service Ics (% Icu)		50	75	100	50	100	50	100	75	100	75	100	75
Pouvoir assigné de fermeture en court-circuit Icm (kA)		52,5	75,6	52,5	105	52,5	105	75,6	154	75,6	154	105	154
Catégorie d'emploi	magnétothermique	A		A		A		A		A		A	
	électronique	-		-		-		B		630 A : A < 630 A : B		B	
Aptitude au sectionnement		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Déclencheur (voir pages 295, 296)	magnétothermique	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
	électronique1							OUI		OUI		OUI	
	électronique 2										OUI		OUI
Différentiel électronique adaptable	latéral	OUI		OUI		OUI							
	aval	OUI		OUI		OUI		OUI		OUI			
Endurance (cycles de manœuvre)	mécanique	25 000		20 000		20 000		20 000		15 000		10 000	
	électrique	8 000		8 000		8 000		8 000		5 000		4 000	
Dimensions boîtier (L x H x P en mm)	3P	75,6 x 120 x 74		90 x 150x 74		90 x 176 x 74		105 x 200 x 105		140 x 260 x 105		210 x 280 x 140	
	4P	101 x 120 x 74		120 x 150 x 74		120 x 176 x 74		140 x 200 x 105		183 x 260 x 105		280 x 280 x 140	
Masse (kg)	3P	1		1,2		1,2		2,5		5,8		≤ 800 A : 12,2 > 800 A : 18	
	4P	1,2		1,6		1,6		3,7		7,4		≤ 800 A : 15,1 > 800 A : 23,4	

(1) magnétothermique uniquement.
(2) électronique uniquement.

Raccordement des DPX

Version	Raccordement	DPX 125	DPX 160	DPX 250 ER	DPX 250	DPX 630	DPX 1 600
Fixe	Prises avant		Montées	Montées	Montées	Montées	Montées
	Bornes à cage	Montées	•	•	•	•	•
	Bornes à cage grande capacité		•			•	•
	Prolongateurs de plages		•		•	•	•
	Epanouisseurs			•	•	•	•
	Prises arrière filetées	•	•	•	•	•	
	Prises arrière méplats				•	•	
	Prises arrière plates courtes						•
	Prises arrière plates longues						•
Extractible	Prises avant	•	•	•	•	•	
	Prises arrière filetées	•	•	•	•	•	
	Prises arrière méplats				•	•	
Débrochable	Prises avant				•	•	•
	Prises arrière filetées				•	•	
	Prises arrière méplats				•	•	
	Prises arrière plates						•

Versions de montage des DPX

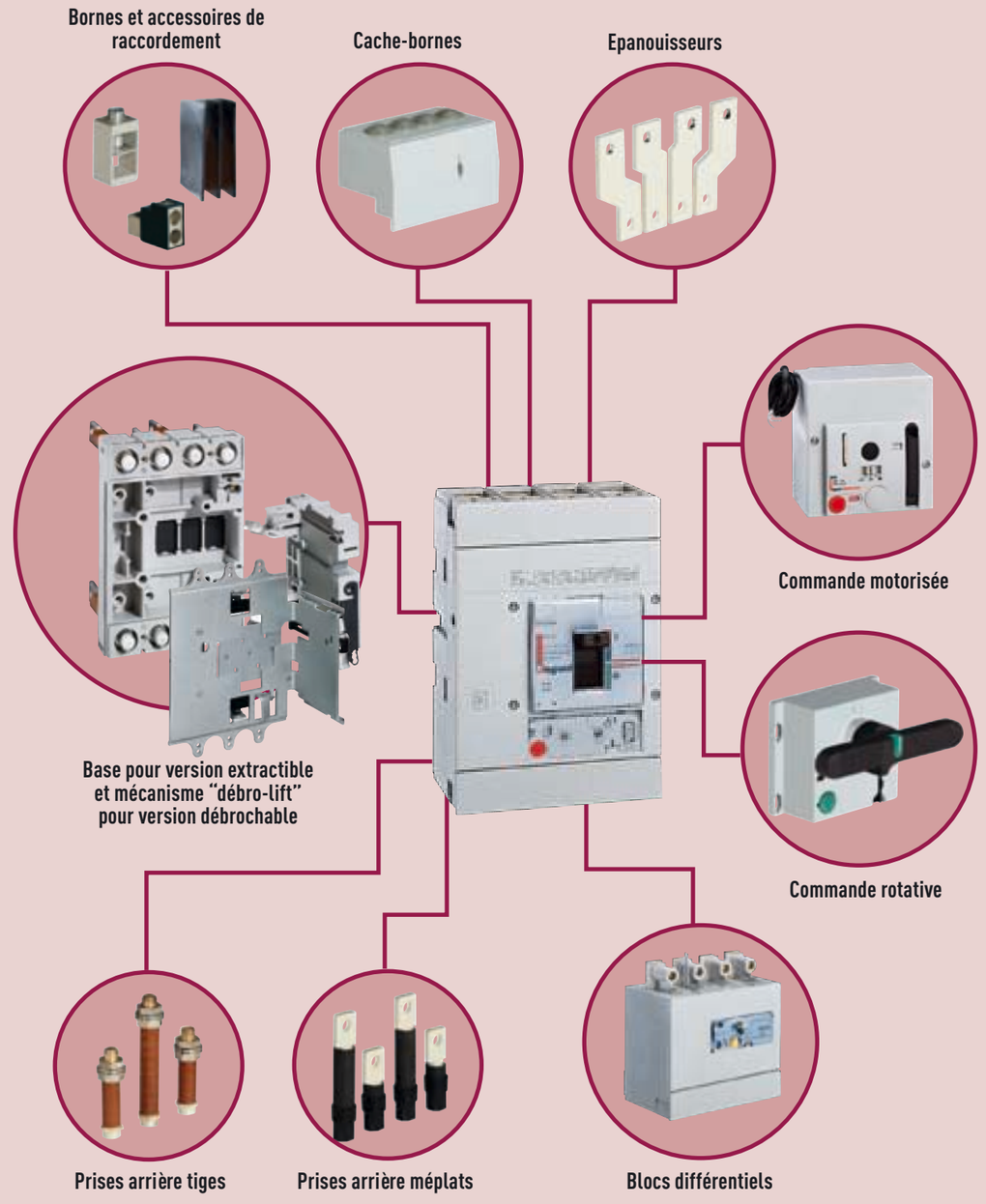
Montage		DPX 125			DPX 160			DPX 250 ER			DPX 250		DPX 630		DPX 1 600
		Seul	+ Diff. latéral	+ Diff. aval	Seul	+ Diff. latéral	+ Diff. aval	Seul	+ Diff. latéral	+ Diff. aval	Seul	+ Diff. aval	Seul	+ Diff. aval	Seul
Sur rail		•	•		•	•		•	•						
Fixe	Prises avant	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	Prises arrière	•		•	•		•	•		•	•	•	•	•	•
Extractible	Prises avant	•			•			•			•	•	•	•	
	Prises arrière	•			•			•			•	•	•	•	
Débrochable	Prises arrière										•	•	•	•	•
	Prises arrière										•	•	•	•	•
XL-Part colonne	Fixe										•	•	•	•	
	Extractible										•	•	•	•	
	Débrochable										•	•	•	•	
XL-Part rangée	Fixe	•	•		•	•		•	•						

Les inverseurs de sources

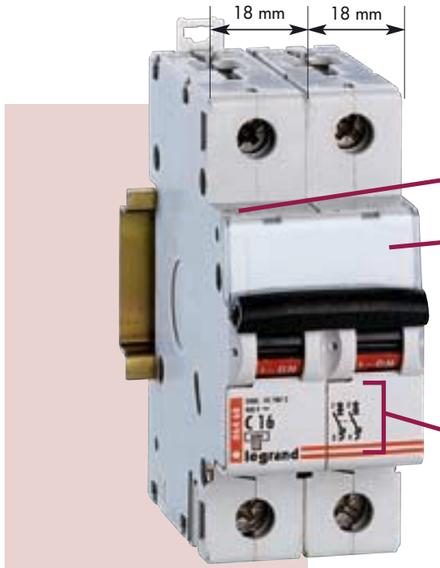
Les inverseurs de sources sont réalisables avec les appareils DPX 250, DPX 630, DPX 1 600, en version disjoncteurs ou interrupteurs fixes ou débrochables, disponibles en 3 exécutions différentes.

- **Manuel, la platine de montage, équipée d'un interverrouillage mécanique, interdit la fermeture simultanée des deux appareils qu'elle supporte. La fermeture d'un appareil n'est possible que si l'autre est ouvert.**
- **Télécommandé, les appareils étant équipés de commande motorisée, leurs manœuvres sont alors réalisées à distance.**
- **Automatique, un boîtier d'automatisme (230 V~ ou 24 V⎓) prend en charge la gestion de l'inverseur.**

Accessoires de montage de commandes et de raccordement



6 LES DISJONCTEURS MODULAIRES DX



1 module par pôle jusqu'à 63 A
et 1,5 module de 80 à 125 A

Marques de qualité
et agréments

Repérage des circuits

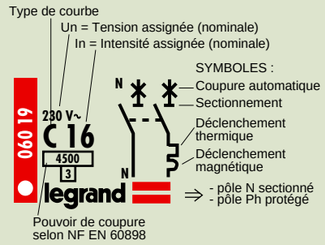
Manette de commande

◁ I - ON / rouge

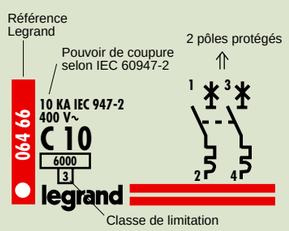
◁ O - OFF / vert

Caractéristiques

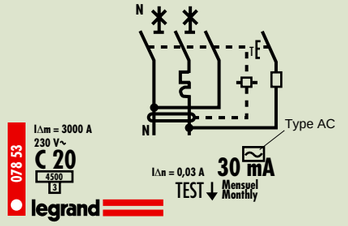
Marquage des DX



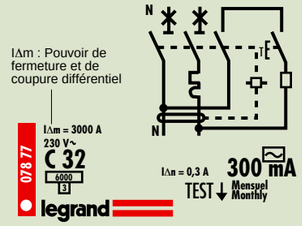
Disjoncteur 1P+N DNX



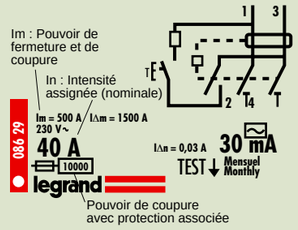
Disjoncteur bipolaire DX



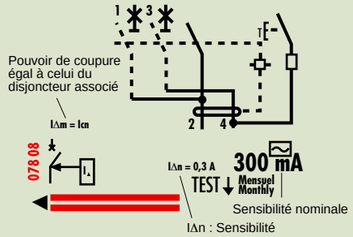
Disjoncteur différentiel 1P+N DNX



Disjoncteur différentiel 1P+N DX



Interrupteur différentiel bipolaire DX



Bloc différentiel adaptable DX

Caractéristiques des DX

Désignation	DNX 4500	DX 6000 / 10 kA				DX-h 10 000 / 25 kA		DX-h 10 000 / 25 kA		DX-D 15 kA		DX-D 25 kA	DX MA 15 kA	DX-L 50 kA		
Nombre de pôles	1P + N	1P + N	1P	2P	3P et 4P	1P		2P	3P et 4P	2P	3P et 4P	4P	3P	1P	2P	3P et 4P
Courant assigné In à 30 °C (A) Calibres	2/6/10/16/20/25/32	0,5/1/2/3/4/6 8/10/13/16 20/25/32/40	2/6/10 16/20/25/32 40/50/63	2/6/10 16/20/25/32 40/50/63	2/6/10 16/20/25/32 40/50/63	1/2/10/16/20 25/32/40/50 63/80/100/125		1/2/3/6/10/16/20 25/32/40/50 63/80/100/125	1/2/3/6/10/16/20 25/32/40/50 63/80/100/125	1/2/3/6/10/16/20 25/32/40/50/63 80/100/125	1/2/3/6/10/16/20 25/32/40/50/63 80/100/125	10/16/20/25/32	2,5/4/6,3/10 12,5/16/25	10/16/2025 32/40/50/63	10/16/2025 32/40/50/63	10/16/2025 32/40/50/63
Type de courbe	C	C	C	B et C	B et C	B(1) et C		B(1) et C	B(1) et C	D	D	D	MA	C	C	C
Tension nominale (avec tolérance normalisée)	230 V	230 V	230/400 V	400 V	400 V	400 V		400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	400 V	230/400 V	400 V	400 V
Fréquence nominale	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz		50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz	50/60 Hz
Tension d'utilisation (50/60 Hz) +/- 10 %	240 V	240 V	240/415 V	415 V	415 V	240/415 V		415 V	415 V	415 V	415 V	415 V	415 V	240/415 V	415 V	415 V
Pouvoir de coupure Icn 50/60 Hz selon EN 60898 en réseau 127/230 V	4 500 A	6 000 A	6 000 A	6 000 A	6 000 A	10 000 A		10 000 A	10 000 A							
Pouvoir de coupure Icn 50/60 Hz selon EN 60898 en réseau 230/400 V	4 500 A	6 000 A	6 000 A	6 000 A	6 000 A	10 000 A		10 000 A	10 000 A							
Pouvoir de coupure Icu 50/60 Hz selon EN 60947-2 en réseau 127/230 V	4,5 kA	10 kA	10 kA	Courbe B : 25 kA Courbe C : In ≤ 32 A : 25 kA In > 32 A : 20 kA	Courbe B : 25 kA Courbe C : In ≤ 32 A : 25 kA In > 32 A : 20 kA	25 kA		In ≤ 40 A : 50 kA In > 40 A : 25 kA	In ≤ 40 A : 50 kA In 50/63 A : 25 kA In > 63 A : 16 kA	In ≤ 63 A : 20 kA In > 63 A : 16 kA	In ≤ 63 A : 20 kA In > 60 A : 16 kA	36 kA	15 kA	50 kA	70 kA	70 kA
Pouvoir de coupure Icu 50/60 Hz selon EN 60947-2 en réseau 230/400 V	4,5 kA	10 kA	10 kA	10 kA	10 kA	In ≤ 20 A : 25 kA In 25 A : 20 kA In 32 A : 15 kA In > 32 A : 12,5 kA		In ≤ 20 A : 30 kA In 25 A : 25 kA In 32/40 A : 20 kA In > 40 A : 15 kA	In ≤ 20 A : 25 kA In 25 A : 20 kA In 32/40 A : 15 kA In > 40 A : 12,5 kA	In ≤ 32 A : 15 kA In > 32 A : 10 kA	In ≤ 32 A : 15 kA In > 32 A : 10 kA	25 kA	15 kA	50 kA	50 kA	50 kA
Pouvoir de coupure de service Ics selon EN 60947-2 (% Icu)	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	75 %		75 %	75 %	80 %	75 %	75 %	80 %	75 %	75 %	75 %
Tension assignée d'isolement Ui (degré de pollution 2)	250 V	250 V	500 V	500 V	500 V	500 V		500 V	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V	500 V
Tension assignée de tenue aux chocs Uimp (kV)	4 kV	4 kV	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV		6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV	6 kV
Endurance (cycles de manœuvre) mécanique	20 000	20 000	20 000	20000	20000	20000		20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000	20 000
Endurance (cycles de manœuvre) électrique	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000		10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000
Tenue diélectrique entre 0 et 2 000 m	3 500 V	3 500 V	2 500 V	2 500 V	2 500 V	2 500 V		2 500 V	2 500 V	2 500 V	2 500 V	2 500 V	2 500 V	2 500 V	2 500 V	2 500 V
Commande à distance				oui	oui	oui		oui	oui	oui	oui	oui	oui			
Bloc différentiel adaptable				oui	oui			oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Température de fonctionnement	- 5 °C à + 40 °C	- 5 °C à + 40 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C		- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70 °C	- 25 °C à + 70

(1) sauf calibres 80, 100 et 125 A

Choix des dispositifs de protection en fonction du régime de neutre

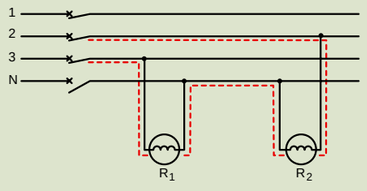
En règle générale tous les conducteurs actifs (phases et neutre) doivent être protégés contre les surcharges et les courts-circuits. On peut toutefois se dispenser de cette obligation pour le conducteur de neutre dans certaines configurations.

Principales dispositions admises en fonction du régime de neutre et de la nature des circuits

Régime de neutre	$S_N = S_{PH}$	$S_N = S_{PH}$	N non distribué	$S_N = S_{PH}$	$S_N < S_{PH}$	$S_N = S_{PH}$	$S_N < S_{PH}$	$S_N = S_{PH}$	$S_N < S_{PH}$
TT	● (1)	●	●	● (1)		●	●		
TN-S	● (1)	●	●	● (1)		●	●		
TN-C			●					●	●
IT		●	●	● (2)	● (2)	●	●		

(1) En régime TT et TN, il est possible d'utiliser des disjoncteurs avec pôle neutre non protégé si la section du conducteur de neutre est égale à celle des phases. A contrario, le conducteur de neutre devra être protégé si le risque de coupure de celui-ci existe en amont de l'appareil et s'il n'existe pas de protection différentielle (schéma TN). Voir "Section du conducteur de neutre" au chapitre III.E.3.
(2) En régime IT avec conducteur neutre distribué, il est possible d'utiliser des disjoncteurs avec pôle neutre non protégé si un dispositif de protection différentielle, de sensibilité inférieure à 15 % du courant admissible dans le neutre, est placé en amont. Ce dispositif doit couper tous les pôles, y compris le neutre. Cette situation doit être limitée à l'alimentation d'appareils susceptibles de supporter la pleine tension (entre phases) sans risque d'incendie.

L'interruption du neutre (par coupure volontaire ou détection de surintensité) doit dans tous les cas entraîner la coupure de tous les conducteurs actifs. La coupure unipolaire du neutre déséquilibre les tensions appliquées aux appareils monophasés alimentés à partir d'un circuit triphasé (voir page 425).



A l'ouverture du neutre les récepteurs R1 et R2, se trouvent alimentés en série par la tension composée entre phases (U_{23} : 400 V dans l'exemple)

$$U_{23} = U_{R1} + U_{R2}$$

En fonction de l'impédance propre de chaque récepteur R_1 et R_2, la tension qui leur sera appliquée pourra atteindre des valeurs destructrices. Si par exemple R_1 est un appareil de 2 kW et R_2 un appareil de 100 W, la tension aux bornes de R_1 sera de 20 V et celle aux bornes de R_2 de 380 V... ! au lieu d'une tension normale de 230 V.

Les appareils de coupure triphasés avec pôle neutre doivent couper le pôle neutre en dernier à la manœuvre d'ouverture et le rétablir en premier à la manœuvre de fermeture. C'est également pourquoi il faut toujours respecter le repérage N des appareils et ne pas raccorder le conducteur de neutre sur un autre pôle.

7 PERFORMANCES DES APPAREILS EN FONCTION DE LEURS CONDITIONS D'UTILISATION

1 Température

Un disjoncteur est réglé pour fonctionner sous In dans une température ambiante de :
• 30 °C pour les disjoncteurs DX selon la norme NF C 61-410 (EN 60898).
• 40 °C pour les disjoncteurs DPX.
Lorsque la température ambiante, à l'intérieur de l'enveloppe, est supérieure à ces valeurs, il convient de réduire le courant d'emploi pour éviter des déclenchements intempestifs (voir chapitre II.E.2).

Les caractéristiques nominales des disjoncteurs DNX et DX P+N 1 module ne sont pas affectées par la température ambiante qui règne dans le coffret ou l'armoire. Aucun déclassement n'est donc nécessaire entre - 25 °C et + 60 °C.

La valeur mini du courant d'emploi correspond au réglage mini du déclencheur Ir/In (0,7 pour DPX 125 - 0,64 pour DPX 160 - 0,8 pour DPX 400 - 0,4 pour DPX 630 - 0,4 pour DPX 1600).
Versions extractibles et débrochables : appliquer un coefficient réducteur de 0,85 à la valeur maxi trouvée du courant d'emploi.
Version avec bloc différentiel : appliquer un coefficient réducteur de 0,9 à la valeur maxi trouvée au courant d'emploi.
Appliquer un coefficient 0,7 en cas de simultanéité des deux versions.

Courant d'emploi (A) en fonction de la température pour les disjoncteurs DX, DX-h courbes B et C et DX-D courbe D

In (A)	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C	60 °C
1	1,1	1,07	1,03	1	0,97	0,93	0,90
2	2,2	2,1	2,06	2	1,94	1,86	1,80
3	3,3	3,2	3,1	3	2,9	2,8	2,6
6	6,6	6,4	6,18	6	6,8	5,5	5,4
10	11	10,7	10,3	10	9,7	9,3	9
16	18	17,3	16,6	16	15,4	14,7	14,1
20	22,4	21,6	20,8	20	19,2	18,4	17,6
25	28,3	27,2	26	25	24	22,7	21,7
32	36,2	34,9	33,3	32	30,7	29,1	27,8
40	46	44	42	40	38	36	34
50	57,5	55	52,5	50	47,5	45	42,5
63	73,1	69,9	66,1	63	59,8	56,1	52,9
80	96	89	86,4	80	73,6	67,2	60,8
100	119	114	108	100	92	84	76
125	148	142	135	125	115	105	95

- Température de référence = 30 °C

Courant d'emploi des DPX suivant réglage thermique (Ir) en fonction de la température dans l'enveloppe

Disjoncteur magnéto-thermique	Intensité nominale	40 °C		50 °C		60 °C		70 °C	
		I_r min.	I_r max.	I_r min.	I_r max.	I_r min.	I_r max.	I_r min.	I_r max.
DPX 125	25 A	17	25	16	24	16	23	15	22
	40 A	28	40	27	38	26	37	25	36
	63 A	44	63	42	60	40	58	38	55
	100 A	70	100	67	96	64	92	61	88
	125 A	87	125	84	120	80	115	76	110
DPX 160	25 A	16	25	14	23	13	20	12	18
	40 A	25	40	23	36	20	32	18	28
	63 A	40	63	36	57	32	50	28	43
	100 A	63	100	58	91	52	82	48	73
	160 A	100	160	93	145	83	130	73	115
DPX 250 ER	100 A	64	100	58	91	52	82	47	73
	160 A	102	160	93	145	83	130	74	115
	250 A	160	250	147	230	134	210	122	190
DPX 250	100 A	63	100	58	91	52	82	48	73
	160 A	100	160	93	145	83	130	73	115
	250 A	160	250	147	230	130	210	115	190
DPX 630	400 A	160	400	160	400	150	380		
	500 A	400	500	380	480	360	450	340	420
	630 A	250	630	240	599	227	567		
DPX 1600	800 A	630	800	600	760	570	720	540	680
	1000 A	800	1000	760	950	720	900	680	850
	1250 A	1000	1250	950	1190	900	1125	850	1080

Disjoncteur électronique	Intensité nominale	40°	50°	60°
DPX 250	250 A	250	250	238
DPX 630	400 A	400	400	380
	630 A	630	600	567
DPX 1600	800 A	800	760	760
	1250 A	1250	1188	1125
	1600 A	1600	1520	1440

2 Alimentation en 400 Hz

Les caractéristiques annoncées pour les appareils sont à considérer pour une fréquence de 50/60 Hz. Elles doivent être corrigées pour une utilisation en 400 Hz

- Les disjoncteurs DNX, 6 A à 32 A, DX Phase neutre 1 module et DX 80 A, 100 A et 125 A ont leur seuil magnétique qui augmente de 35 %.

Cette augmentation est de 45 % pour les disjoncteurs DX et DX-h uni, bi, tri et tétrapolaires de 1 A à 63 A.
Les autres caractéristiques, comme l'intensité nominale de fonctionnement et les seuils thermiques, ne changent pas. Ceci pour tous les calibres.

- Pour les DPX, des facteurs de correction sont à appliquer pour le réglage du thermique et du magnétique (voir tableau ci-contre).

Facteurs de correction à appliquer aux réglages des DPX déclencheur magnétothermique, pour une utilisation en 400 Hz

Type d'appareil	Intensité nominale	Réglage du thermique		Réglage du magnétique	
		Facteur de correction	In à 400 Hz	Facteur de correction	Im à 400 Hz
DPX 125	16 A	1	16	2	1000
	25 A	1	25	2	1250
	40 A	1	40	2	1800
	63 A	0,95	60	2	1900
	100 A	0,9	90	2	2 500
	125 A	0,9	112	2	2 500
DPX 160	25 A	1	25	2	800
	40 A	1	40	2	800
	63 A	0,95	60	2	1250
	100 A	0,95	95	2	2000
	160 A	0,9	145	2	3200
DPX 250 ER	100 A	0,95	95	2	2 000
	160 A	0,9	145	2	3 200
	250 A	0,85	210	2	5 000
DPX 250	40 A	1	40	2	280 à 800
	63 A	0,95	60	2	440 à 1250
	100 A	0,95	95	2	700 à 2 000
	160 A	0,9	145	2	1 120 à 3 200
	250 A	0,85	210	2	1 800 à 5 000
DPX 630	400 A	0,8	320	1	2 000 à 4 000
	630 A	0,6	380	1	3 200 à 6 300
DPX 1600	800 A	0,6	480	1	4 000 à 8 000
	1250 A	0,6	750	1	3 800 à 7 500

3 Alimentation en courant continu

Les DX peuvent assurer la protection de lignes alimentées en courant continu, sous réserve de ne pas dépasser :
- 60 V par appareil pour les DX P+N et DNX P+N (1 module)
- 80 V par pôle pour les DX et DX-h.

Pour les tensions supérieures à 80 V, utiliser des multipolaires et mettre les pôles en série.
Les DPX magnétothermiques peuvent également être utilisés en limitant la tension d'utilisation (voir tableau p. 299). Le seuil magnétique se trouve alors augmenter de 40 % par rapport à la valeur normale pour les DX et de 50 % pour les DPX.

4 Alimentation de tubes fluorescents

Le calibre de l'appareil de protection doit être déterminé sur la base d'un courant d'emploi réel (I_B) majoré par le coefficient K.
K = 1,8 pour des tubes compensés ($\cos\varphi \approx 0,85$)
K = 3,4 pour des tubes non compensés ($\cos\varphi \approx 0,5$)

En distribution triphasée 230 V : $I_B = \frac{P}{230} \times K$

En distribution triphasée 400 V : $I_B = \frac{P}{400 \times \sqrt{3}} \times K$

P : Somme des puissances (en W) des réglettes fluos selon modèles (18 W, 36 W, 58 W, 2 × 36 W, 2 × 58 W, 2 × 80 W, 4 × 18 W...).

5 Protection des batteries de condensateurs

Le calibre de l'appareil de protection doit être déterminé sur la base d'un courant d'emploi réel (I_B) majoré par le coefficient K).
K = 2 pour Q ≤ 25 kVAR
K = 1,8 pour Q ≤ 50 kVAR
K = 1,7 pour Q ≤ 100 kVAR
K = 1,5 pour Q > 100 kVAR

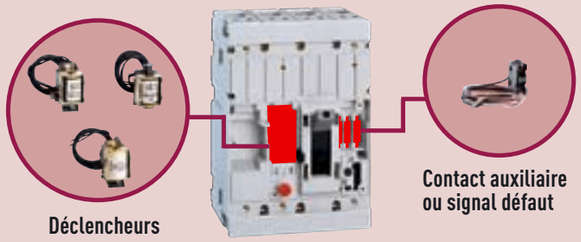
$$I_B = \frac{Q \times 1000}{U \times \sqrt{3}} \times K$$

Q : Puissance réactive de la batterie de condensateurs (en kVAR)
U : Tension nominale du réseau triphasé

8 LES AUXILIAIRES ÉLECTRIQUES

Chacune des gammes DPX et DX dispose de tous les auxiliaires électriques nécessaires : contact auxiliaire, signal défaut, déclencheurs à émission ou à minimum de tension.
Pour les DPX ils se montent en face avant de l'appareil, dans des compartiments réservés et isolés, sans aucune intervention sur le mécanisme interne.
Pour les DX les auxiliaires (3 au maximum) se montent à gauche des appareils. Ils permettent le passage des peignes d'alimentation. Les interrupteurs différentiels à sortie par le bas nécessitent une interface réf. 073 52.
Pour les versions extractibles et débrochables, les auxiliaires sont raccordés sur des connecteurs spécifiques (réf. 098 19/6 contacts et 263 99/8 contacts).

Montage des auxiliaires sur DPX



Nombre maximum d'auxiliaires par DPX

Appareil	Contact auxiliaire	Signal défaut	Déclencheur
DPX 125	1	1	1
DPX 160	1	1	1
DPX 250 ER	1	1	1
DPX 250	2	1	1
DPX 630	2	2	1
DPX 1 600	3	1	1

Repérage des points de raccordement des connecteurs en fonction des auxiliaires

DPX	125	160 250 ER	250	630	1600
Déclencheur à émission de courant ET	C1-C2	C1-C2	C1-C2	C1-C2	C1-C2
Déclencheur à minimum de tension MT	D1-D2*	D1-D2	D1-D2	D1-D2	D1-D2
Contact auxiliaires NO-NF					
1er contact	11-12-14	11-12-14	11-12-14	11-12-14	11-12-14
2e contact	-	-	21-22-24	21-22-24	21-22-24
3e contact	-	-	-	-	31-32-34
Contacts SD NO-NF					
1er contact SD	51-52-54	51-52-54	51-52-54	51-52-54	51-52-54
2e contact SD	-	-	-	61-62-64	-

Tous les déclencheurs, contacts auxiliaires et contacts SD sont identiques pour tous les modèles excepté le déclencheur à minimum de tension MT pour DPX 125 (*) et DPX I-S

+

- Les contacts auxiliaires (CA) permettent la signalisation de la position des contacts principaux (ouverts ou fermés) du disjoncteur tandis que les contacts de défaut (SD) indiquent que le disjoncteur a ouvert sur défaut ou par l'action d'un déclencheur à émission (ET) ou minimum de tension (MT) ou par une manœuvre de débrochage (DPX). Dans la gamme DPX le même composant assure les deux fonctions. Il devient contact auxiliaire ou signal de défaut en fonction du compartiment dans lequel il est placé.
- Les déclencheurs à émission permettent de déclencher à distance le disjoncteur lorsqu'ils sont alimentés (puissance d'appel : 300 VA).
- Les déclencheurs à minimum de tension permettent de déclencher à distance le disjoncteur lorsqu'ils ne sont plus alimentés. Les versions retardées prémunissent contre les déclenchements intempestifs ; pour les DPX le déclencheur est alors associé à un module de temporisation.

L'association des dispositifs de protection

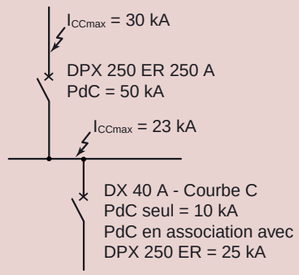
L'association est la technique qui consiste à augmenter le pouvoir de coupure d'un disjoncteur en le coordonnant avec un autre dispositif de protection placé en amont. Cette coordination permet d'utiliser un appareil de protection possédant un pouvoir de coupure inférieur au courant de court-circuit présumé maximum en son point d'installation.

Le pouvoir de coupure d'un dispositif de protection doit être au moins égal au court-circuit maximum susceptible de se produire à l'endroit où est installé ce dispositif.
Par dérogation (NF C 15-100, art. 434), il est admis que le pouvoir de coupure soit inférieur au court-circuit maximum présumé à condition :
- qu'il soit associé en amont à un appareil ayant le pouvoir de coupure nécessaire en son point d'installation propre
- que l'énergie limitée par l'association des appareils puisse être supportée par l'appareil aval ainsi que par les canalisations protégées.

L'association permet donc de réaliser des économies substantielles.
Les valeurs d'association mentionnées dans les tableaux des pages suivantes s'appuient sur des essais en laboratoire conformément à la norme CEI 947-2.

Remarque : Dans le cas de circuits monophasés (protégés par des disjoncteurs P+N ou 2P) dans un réseau 380/415 V, alimentés en amont par un circuit triphasé, il convient d'utiliser les tableaux d'association sous 230 V.

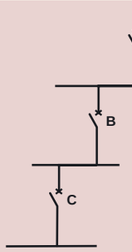
Exemple d'association



Association en schéma IT

**Les valeurs mentionnées dans les tableaux ne sont utilisables que pour les schémas de terre TN et TT.
Bien que cette pratique ne soit pas courante, ces valeurs peuvent aussi être utilisées pour les installations réalisées en schéma IT. Il convient alors de s'assurer que les appareils de protection, pris individuellement, peuvent couper, sous un seul pôle, le courant de double défaut maximum au point considéré (voir chapitre II.1.C).**

Association à 3 niveaux

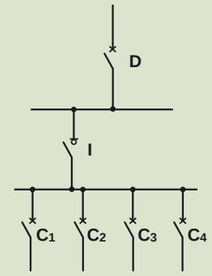


Une association peut être effectuée sur trois niveaux si l'une des conditions ci-dessous est satisfaite.
• L'appareil amont A doit avoir un pouvoir de coupure suffisant en son point d'installation. L'appareil B ainsi que l'appareil C s'associent avec l'appareil A. Il suffit de vérifier que les valeurs d'association B+A et C+A ont les pouvoirs de coupure nécessaires.
Dans ce cas, il est inutile de vérifier l'association entre les appareils B et C.
• L'association est réalisée entre appareils successifs : l'appareil amont A , ayant un pouvoir de coupure suffisant en son point d'installation, l'appareil C s'associe avec l'appareil B qui lui-même s'associe avec l'appareil A. Il suffit de vérifier que les valeurs d'association C+B et B+A ont les pouvoirs de coupure nécessaires.
Dans ce cas, il est inutile de vérifier l'association entre les appareils A et C.

Association disjoncteur-interrupteur

• Surcharges
On considère que l'interrupteur I est protégé contre les surcharges si son calibre est au moins égal à celui du disjoncteur D ou si la somme des courants des appareils C n'est pas supérieure au calibre de I. Si tel n'est pas le cas, les contraintes thermiques des appareils et des conducteurs doivent être vérifiées.

• Courts-circuits
Par principe, les interrupteurs doivent être systèmatiquement protégés par un disjoncteur placé en amont (voir tableau ci-dessous). Toutefois, il est admis que la protection soit assurée par les appareils placés en aval en prenant les précautions de câblage nécessaires de manière à éviter tout risque de court-circuit entre ces appareils et l'interrupteur qui doivent impérativement se trouver dans le même tableau.



Pouvoirs de coupure des associations disjoncteurs - inter différentiels DX

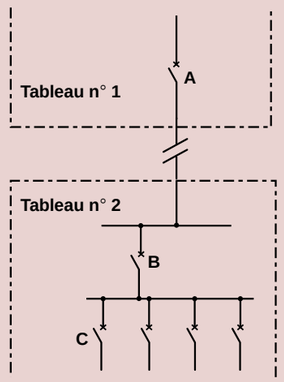
Interrupteurs différentiels aval		Disjoncteurs amont DX (courbe C) DNX	1P + N	≤ 40 A	50 et 63 A	80 à 125 A	DX-h	DPX 63 A
Bipolaires 230 V	16 A	4,5	6	10	10	6	10	6
	25 A	4,5	6	10	10	6	10	6
	40 A	4,5	6	10	10	6	10	6
	63 A			10	10	6	10	6
	80 A					6		
Tétrapolaires 230/400 V	25 A			10	6	6	10	6
	40 A			10	6	6	10	6
	63 A			10	6	6	10	6
	80 A			10	6	6	10	6

Pouvoirs de coupure des associations disjoncteurs - interrupteurs DPX

Interrupteur aval	Disjoncteur amont DPX 125 25 kA	DPX 125 36 kA	DPX 160 25 kA	DPX 160 50 kA	DPX 250 ER 25 kA	DPX 250 ER 50 kA	DPX 250	DPX H-250	DPX 630	DPX H-630	DPX (MT) 1600	DPX H-1600	DPX 1600	DPX H-1600
DPX-I 125	25	36	25	50	25	50	36	50	36	50	50	50		
DPX-I 160			25	50	25	50	36	50	36	50	36	50		
DPX-I 250 ER			25	50	25	50	36	50	36	50	36	50		
DPX-I 250							36	70	36	70	50	70		
DPX-I 630 In = 400 A									36	70	50	70		
DPX-I 630 In = 630 A											50	70		
DPX-I 1600 In = 800 A											50	70		
DPX-I 1600 In = 1250 A											50	70	20	20
DPX-I 1600 In = 1600 A													20	20

L'association entre tableaux

L'association s'applique à des appareils installés dans le même tableau mais aussi dans des tableaux différents. Il est donc généralement possible de bénéficier des avantages de l'association entre des appareils situés, par exemple, dans un tableau général et dans un tableau divisionnaire.



**Il est également possible de bénéficier de l'association au niveau du tableau n°2 entre l'appareil B (par exemple un DX de pouvoir de coupure 10 kA) et des appareils divisionnaires C (DNX 1P+N de pouvoir de coupure 4,5 kA).
L'association DX + DNX possède dans ces conditions un pouvoir de coupure de 25 kA.**

1 ASSOCIATION OU COORDINATION DES DISJONCTEURS (EN kA)

En réseau triphasé (+ N) 400/415 V selon IEC 60947-2

Disjoncteurs amont

Disjoncteurs aval		DX-h 10 000 25 à 12,5 kA courbe C 6 à 32 A	DX-h 10 000 25 à 12,5 kA courbe C 40 à 125 A	DX-D 25 kA 10 à 32 A	DX-L 25 000 - 50 kA courbe C 10 à 32 A	DX-L 25 000 - 50 kA courbe C 40 à 63 A	DPX 125 25 kA 16 à 125 A	DPX 125 36 kA 16 à 125 A	DPX 160 25 kA 25 à 160 A	DPX 160 50 kA 25 à 160 A	DPX 250 ER 25 kA 100 à 250 A	DPX 250 ER 50 kA 100 A 250 A	DPX 250 36 kA 40 à 100 A	DPX 250 36 kA 160 A	DPX 250 36 kA 250 A		DPX-H 250 70 kA 40 à 100 A	DPX-H 250 70 kA 160 A	DPX-H 250 70 kA 250 A	DPX 630 36 kA 250 à 400 A	DPX 630 36 kA 500 et 630 A	DPX-H 630 70 kA 250 à 400 A	DPX-H 630 70 kA 500 et 630 A	DPX 1 600 50 kA 630 à 1 600 A	DPX-H 1 600 70 kA 630 à 1 600 A	DPX version EDF 250-ER AB	DPX version EDF 400 AB
DX 6 000 - 10 kA courbes B et C	2 à 20 A	25	12,5	25	50	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	25 A	25	12,5	25	50	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	25	20	20	25	25
	32 A		12,5			25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	25	15	15	25	25
	40 A		12,5			25	25	25	25	25	25	25	25	25	20		25	25	20	20	20	20	20	15	15	25	20
	50 A						25	25	20	20	20	20	25	20	15		25	20	15	15	15	15	15	12,5	12,5	20	15
	63 A						25	25	15	15	15	15	20	15	15		20	15	15	15	15	15	15	12,5	12,5	15	15
DX-h 10 000 25 à 12,5 kA courbes B, C DX-D - 15 kA DX-MA	1 à 20 A			25	50	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
	25 A			25	50	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	25	20	20	25	25
	32 A					25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	25	15	15	25	25
	40 A					25	25	25	25	25	25	25	25	25	20		25	25	20	20	20	20	20	15	15	25	20
	50 A					25	25	25	20	20	20	20	25	20	15		25	20	15	15	15	15	15	12,5	12,5	20	15
	63 A						25	25	15	15	15	15	20	15	15		20	15	15	15	15	15	15	12,5	12,5	15	15
	80 A						20	20	20	20	20	20	20	20	20		20	20	20	20	15	20	15	15	15	20	20
	100 A						20	20	20	20	20	20		20	20			20	20	20	15	20	15	15	15	20	20
	125 A								15	15	15	15		15	15			15	15	15	12,5	15	12,5	12,5	12,5	15	15
DX-D - 25 kA	10 à 32 A				25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25		25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
DX-L 50 kA courbe C	10 à 63 A				50	50				50		50					50	50	50			50	50	50	50		
DPX 125	16 à 125 A							36		50		50	36	36	36		70	70	70	36	36	70	70				
DPX 160	25 à 160 A									50		50					70	70	70	36	36	70	70				
DPX 250 ER	100 à 250 A											50					70	70	70			70	70	50	50		
DPX 250	40 à 250 A																	70	70			70	70	50	70		
DPX 630	320 à 630 A																					70	70	50	70		
DPX 1 600	630 à 1 250 A																								70		

(1) Attention : le calibre et le seuil magnétique du disjoncteur amont doivent être supérieurs au calibre et seuil magnétique du disjoncteur aval

En réseau triphasé (+ N) 230/240 V selon IEC 60947-2

Disjoncteurs amont

Disjoncteurs aval		DX 6 000 10 kA courbe B et C 2 à 63 A	DX-h 10 000 25 kA à 12,5 kA courbe B et C 6 à 32 A	DX-h 10 000 25 kA à 12,5 kA courbe B et C 40 à 63 A	DX-h 10 000 25 kA à 12,5 kA courbe B et C 80 à 125 A	DX-D 25 kA 10 à 32 A	DX-L 50 kA courbe C 10 à 32 A	DX-L 50 kA courbe C 40 à 63 A	DPX 125 25 kA 16 à 125 A	DPX 125 36 kA 16 à 125 A	DPX 160 25 kA 25 à 160 A	DPX 160 50 kA 25 à 160 A	DPX 250 ER 25 kA 100 à 250 A	DPX 250 ER 50 kA 100 à 250 A	DPX 250 36 kA 40 à 100 A	DPX 250 36 kA 160 A	DPX 250 36 kA 250 A		DPX-H 250 70 kA 40 à 100 A	DPX-H 250 70 kA 160 A	DPX-H 250 70 kA 250 A	DPX 630 36 kA 250 à 400 A	DPX 630 36 kA 500 et 630 A	DPX-H 630 70 kA 250 à 400 A	DPX-H 630 70 kA 500 et 630 A	DPX 1 600 50 kA 630 à 1 600 A	DPX-H 1 600 70 kA 630 à 1 600 A	DPX version EDF 250-ER AB	DPX version EDF 400 AB
DNX 4 500 DX (uni + n) 6 000 10 kA courbes B, C	0,5 à 10 A	25	50	25	20	25	50	25	30	30	30	30	30	30	30	30	30		30	30	30	25	25	25	25	20	20	30	25
	16 et 20 A	25	50	25	20	25	50	25	30	30	25	25	25	25	25	25	25		25			25	25	25	25	20	20	25	25
	25 A	25	50	25	20	25		25	25	25	20	20	20	20	20	20	20		20	20	20	20	20	20	20	15	15	20	20
	32 A	25		25	20			25	15	15	10	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
	40 A	25		25	20			25	10	10	10	10	10	10	10	10	10		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
DX 6 000 10 kA courbes B, C	2 à 10 A		50	25	20	25	50	25	35	35	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	25 A		50	25	20	25		25	35	35	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	32 A			25	20			25	35	35	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	40 A			25	20			25	35	35	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	50 A				20			25	25	35	36	36	36	36	45	36	30		45	36	30	30	30	30	30	25	25	36	30
	63 A				20				25	25	30	30	30	30	30	45	30			45	30	30	30	30	30	25	25	30	30
DX-h 10 000 25 kA courbes B, C DX-D 15 kA à DX-MA	1 à 20 A						50	25	35	35	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	25 A							25	35	35	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	32 A							25	35	35	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	40 A							25	35	35	50	50	50	50	50	50	50		50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	50 A							25	25	25	36	36	36	36	45	36	30		45	36	30	30	30	30	30	25	25	36	30
	63 A								25	25	30	30	30	30	45	30	30		45	30	30	30	30	30	30	25	25	30	30
	80 A								25	25	25	25	25	25		25	25		25	25	25	25	25	25	25	20	20	25	25
	100 A								25	25	25	25	25	25		25	25			25	25	25	25	25	25	20	20	25	25
	125 A										25	25	25	25		25	25			25	25	25	25	25	25	20	20	25	25
DX-D 25 kA	10 à 32 A						36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36		36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
DX-L 50 kA courbe C	10 à 63 A						70	70					70	70					70	70	70	70	70	70	70	70	70		
DPX 125	16 à 125 A									50		50	50	50	60	60	60		70	70	70	60	60	70	100				
DPX 160	25 à 160 A												50	50	60				100	100	100	60	60	70	100				
DPX 250 ER	25 à 250 A																		100	100	100	60	60	70	100	70			
DPX 250	100 à 250 A																								100	70	100		
DPX 630	250 à 630 A																								100	70	100		
DPX 1 600	630 à 1600 A																										100		

2 ASSOCIATION DES DX UNI + NEUTRE ET DES DNX (EN kA)

En réseau 230 V (Ph + N) selon IEC 60947-2

Disjoncteur amont

Disjoncteur aval		DX uni + N 6 000 10 kA Courbe C 2 à 40 A
DNX 4 500 Courbe C	2 à 32 A	10

3 ASSOCIATION DES CARTOUCHES FUSIBLES ET DES DISJONCTEURS DX

En réseau triphasé (+ N) 400/415 V selon IEC 60947-2

Disjoncteurs aval		Cartouches fusibles amont Type gG 20 à 50 A	Cartouches fusibles amont Type gG 63 à 160 A
DX 6 000 - 10 kA Courbes B et C	1 à 40 A	100	100
	50 à 63 A		100
DX-h 10 000 - 25 kA Courbes B et C	2 à 40 A	100	100
	50 à 125 A		100
DX-L 25 000 - 50 kA Courbe C	10 à 40 A	100	100
	50 - 63 A		100
DX-D, DX MA	1 à 40 A	100	100
	50 - 125 A		100

En réseau triphasé (+ N) 230/240 V selon IEC 60947-2

Disjoncteurs aval		Cartouches fusibles amont Type gG 20 à 50 A	Cartouches fusibles amont Type gG 63 à 160 A
DNX 4 500 DX uni + neutre 6 000 - 10 kA	0,5 à 40 A	50	25
DX 6 000 - 10 kA Courbes B et C	1 à 40 A	100	100
	50 à 63 A		100
DX-h 10 000 - 25 kA Courbes B et C	2 à 40 A	100	100
	50 à 125 A		100
DX-L 25 000 - 50 kA Courbe C	10 à 40 A	100	100
	50 - 63 A		100
DX-D, DX MA	1 à 40 A	100	100
	50 - 125 A		100

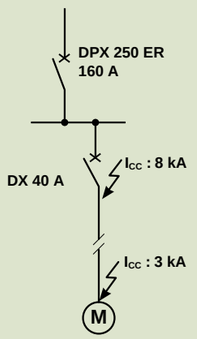
La sélectivité des dispositifs de protection

La sélectivité est une technique qui consiste à coordonner les protections de manière à ce qu'un défaut sur un circuit ne fasse déclencher que la protection placée en tête de ce circuit, évitant ainsi la mise hors service du reste de l'installation. La sélectivité améliore la continuité de service et la sécurité de l'installation

La sélectivité est imposée par la réglementation pour les installations de sécurité des établissements recevant du public.



La quasi-totalité des défauts ayant lieu au niveau de l'utilisation, une sélectivité partielle peut s'avérer suffisante si la limite de sélectivité est supérieure à la valeur du court-circuit maximal pouvant survenir au point d'utilisation (ou en bout de canalisation), on parle alors de "sélectivité d'exploitation". Cette technique est très souvent suffisante, plus économique et moins contraignante en terme de réalisation.



**La limite de sélectivité de l'association DPX 250 ER (160 A) avec DX 40 A (courbe C) est de 6 kA.
L'ICC présumé au point d'installation étant de 8 kA, il n'y a pas sélectivité totale. En revanche, elle est assurée au point d'utilisation où le courant de court-circuit présumé n'est que de 3 kA.**

La sélectivité entre A et B est dite "totale" si elle est assurée jusqu'à la valeur de court-circuit maximale présumée à l'endroit où B est installé.
Par extension, dans les tableaux des pages suivantes, la sélectivité totale, notée T, signifie qu'il y a sélectivité jusqu'au pouvoir de coupure de l'appareil B.
La sélectivité entre A et B est dite "partielle" dans les autres cas. On définit alors une limite de sélectivité (mentionnée dans les tableaux ci-après) qui indique la valeur de courant de court-circuit en dessous de laquelle seul le disjoncteur B ouvrira et au-dessus de laquelle le disjoncteur A ouvrira également.
Plusieurs techniques permettent de réaliser la sélectivité :
- sélectivité ampèremétrique, utilisée pour les circuits terminaux ayant de faibles courts-circuits
- sélectivité chronométrique, assurée par un retard au déclenchement du disjoncteur amont
- sélectivité logique, variante de la sélectivité chronométrique, utilisée sur les disjoncteurs électroniques grâce à une liaison spécifique entre les appareils.

1 La sélectivité ampèremétrique

Cette technique repose sur le décalage en intensité des courbes de déclenchement des disjoncteurs amont et aval. Elle se vérifie par comparaison de ces courbes en s'assurant qu'elles ne se chevauchent pas. Elle s'applique pour la zone des surcharges et la zone des courts-circuits et est d'autant meilleure que les calibres des appareils sont éloignés.

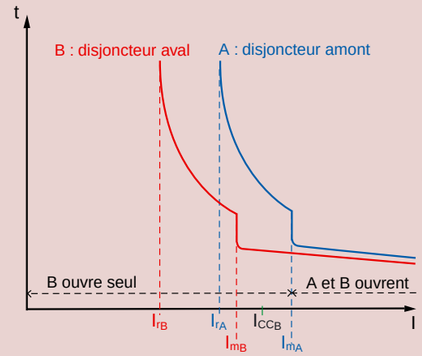
• Sur surcharges

Pour avoir sélectivité dans la zone des surcharges, il faut que le rapport des courants de réglage (Ir) soit au moins égal à 2.

• Sur courts-circuits

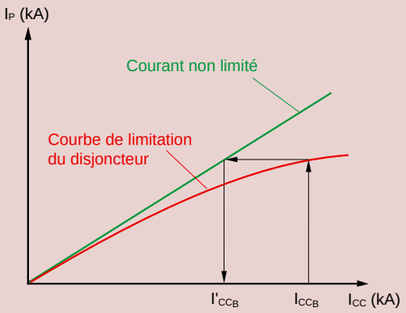
Pour avoir sélectivité dans la zone de courts-circuits, il faut que le rapport des courants de réglage magnétique (Im) soit au moins égal à 1,5.
La limite de sélectivité est alors égale au courant de déclenchement magnétique I_{mA} du disjoncteur amont. La sélectivité est donc totale tant que I_{CCB} est inférieur à I_{mA}.
La sélectivité ampèremétrique est bien adaptée pour les circuits terminaux où les niveaux de courts-circuits sont relativement faibles.
Dans les autres cas, la sélectivité ampèremétrique doit parfois être complétée par une sélectivité chronométrique.

Sélectivité ampèremétrique



La sélectivité est totale pour I_{CCB}.

I_{CCB} : court-circuit maximum au point d'installation du disjoncteur B

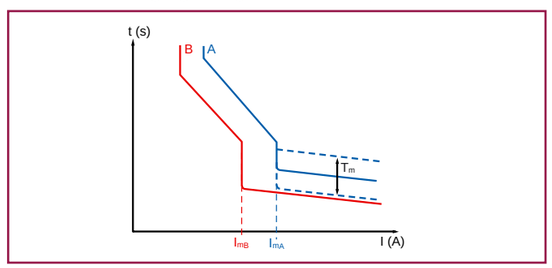


Lorsque le disjoncteur aval B est un appareil limiteur, le courant de court-circuit est limité en durée et en amplitude. Il y a alors sélectivité totale si le courant limité I_{CCB}, que laisse passer l'appareil B est inférieur au courant de déclenchement de l'appareil A.

I_{CCB} : court-circuit présumé au point d'installation de l'appareil
I'_{CCB} : court-circuit limité par l'appareil B

2 La sélectivité chronométrique

Cette technique repose sur le décalage en temps des courbes de déclenchement des disjoncteurs en série. Elle se vérifie par comparaison des courbes et s'applique pour la sélectivité dans la zone des courts-circuits. Elle s'utilise en complément de la sélectivité ampèremétrique afin d'obtenir une sélectivité au-delà du courant de réglage magnétique du disjoncteur amont (I_{mA}).



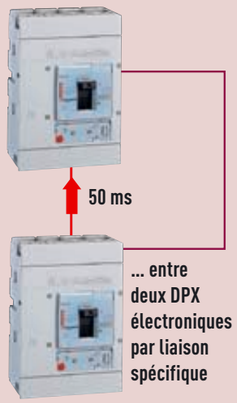
Il faut alors que :
- le disjoncteur amont soit temporisable
- le disjoncteur amont soit capable de supporter le courant de court-circuit et ses effets pendant toute la durée de la temporisation
- les canalisations parcourues par ce courant puissent en supporter les contraintes thermiques (I^2t).

Le temps de non-déclenchement de l'appareil amont doit être supérieur à la durée de coupure (y compris une éventuelletemporisation) de l'appareil aval.
Les disjoncteurs DPX possèdent plusieurs positions de réglage de leur temporisation afin de réaliser une sélectivité à plusieurs étages.

3 La sélectivité logique

Elle est assurée entre deux appareils qui communiquent via une liaison spécifique. Lorsque le disjoncteur aval détecte un défaut, il envoie un signal vers l'appareil amont qui sera alors temporisé de 50 ms. Si l'appareil aval n'a pas pu éliminer ce défaut durant ce laps de temps, il y aura intervention de l'appareil amont. Les déclencheurs électroniques des disjoncteurs DPX sont conçus pour réaliser une sélectivité logique.

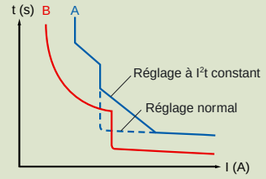
Sélectivité logique...



Dans le même esprit d'amélioration de continuité deservice, les déclencheurs électroniques comportent aussi une fonction de délestage. C'est elle qui permet de déconnecter les circuits non prioritaires lorsque le circuit protégé est chargé à plus de 90 %.

Déclencheurs électroniques à réglage I^2t constant

L'utilisation de disjoncteur à déclencheurs électroniques sur lesquels il est possible d'effectuer un réglage à I^2t constant permet d'améliorer la sélectivité.



La suppression du talon de la courbe de déclenchement en court retard évite le chevauchement des courbes de déclenchement. Cette option est disponible sur les DPX 630 et DPX 1600. L'appareil en amont doit être nécessairement de type DPX 1600.

1 LIMITES DE SÉLECTIVITÉ CARTOUCHE FUSIBLE/DX

Cartouche fusible amont

Disjoncteur aval		Type gG									Type aM								
		25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	160 A
DNX DX DX-h DX-L Courbes B et C (et Z)	0,5 à 6 A		1600	1900	2500	4000	4600	11000	25000	T	1000	1300	2100	3200	6200	15000	25000	25000	T
	8 A		1600	1900	2500	4000	4600	11000	25000	T	1000	1300	2100	3200	6200	15000	25000	25000	T
	10 A			1600	2200	3200	3600	7000	11000	20000		1100	1700	2500	5000	7800	1200	2500	T
	13 A			1600	2200	3200	3600	7000	11000	20000		1100	1700	2500	5000	7800	1200	2500	T
	16 A			1400	1800	2600	3000	5600	8000	15000		1000	1400	2100	4000	6000	9000	2100	T
	20 A			1200	1500	2200	2500	4600	6300	10000			1300	1800	3400	5100	7000	14000	20000
	25 A				1300	2000	2200	4100	5500	8000			1100	1600	3000	4500	6000	9300	14000
	32 A				1200	1700	1900	3500	4500	7000				1300	2400	3800	5000	7700	10000
	40 A						1700	3000	4000	5000					2100	3100	4200	6400	8000
	50 A						1600	2600	3500	4500					2000	2900	3700	6000	7000
	63 A							2400	3300	4500						2800	3500	5500	7000
	80 A							3000	6000	8000							3000	5000	6000
	180 A								4000	5000								4000	5000
	125 A									4000									4000
DX-D Courbe D DX-MA Courbe MA	0,5 à 6 A		1400	1600	2200	4000	4200	8000	14000	T		1200	2000	2700	5500	T	T	T	T
	8 A		1400	1600	2200	4000	4200	8000	14000	T		1200	2000	2700	5500	T	T	T	T
	10 A			1400	2000	3000	3500	6000	9500	T		1000	1500	2200	4500	7000	11000	T	T
	13 A			1400	2000	3000	3500	6000	9500	T		1000	1500	2200	4500	7000	11000	T	T
	16 A			1200	1500	2400	3000	5000	7500	13000			1300	1800	3500	6500	8000	15000	T
	20 A			1000	1300	2000	2500	4200	6000	9000			1200	1600	3000	4700	6500	12000	T
	25 A				1200	1800	2100	3700	5000	8000			1000	1500	2700	4000	5500	9000	12000
	32 A				1000	1500	1800	3000	4000	6000				1100	2100	3500	4700	7500	9000
	40 A						1700	2600	3500	4500					1800	2800	4000	6000	6500
	50 A						1400	2000	3000	4000					1800	2500	3500	5500	5500
	63 A							2000	3000	4000						2500	3500	5500	5500
	80 A							2500	2500	3000							2500	3500	4500
	100 A								2500	3000								3000	4000
	125 A									2500									3500

T : Sélectivité totale, jusqu'au pouvoir de coupure du disjoncteur aval, selon EN 60947-2.

2 LIMITES DE SÉLECTIVITÉ CARTOUCHE FUSIBLE/DPX

Cartouche fusible amont

Disjoncteur aval		Type gG		
		250 A	400 A	1000 A
DPX	DPX 125	7500		
	DPX 160		10000	
	DPX 250		10000	
	DPX 630			50000

Limite de sélectivité DMX/DMX et DMX/DPX : voir page 327.

3 LIMITES DE SÉLECTIVITÉ DPX/DX

(valeurs moyennes en ampères)

Disjoncteurs DPX amont

Disjoncteurs DX aval		DPX 125				DPX 160		DPX 250 ER/ DPX 250 AB				DPX 250/ DPX-H 250				DPX 630/ DPX-H 630/ DPX 400 AB		DPX DPX-H 1600	
		40 A	63 A	100 A	125 A	100 A	160 A	63 A	100 A	160 A	250 A	63 A	100 A	160 A	250 A	100 et 160 A	250 à 630 A	630 A	1600 A
DNX DX uni + neutre(1) Courbe C	0,5 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	1 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	2 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	4 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	8 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	10 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	13 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	16 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	20 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	25 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	32 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	40 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
DX DX - h Courbes B et C	1 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	2 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6 A	6000	6000	T	T	T	T	T	T	T	T	6000	T	T	T	T	T	T	T
	10 A	5000	5000	7500	7500	7000	T	5000	T	T	T	5000	T	T	T	T	T	T	T
	16 A	4000	4000	6000	6000	6000	T	4000	T	T	T	4000	T	T	T	T	T	T	T
	20 A	3000	3000	5000	5000	5000	T	4000	8000	T	T	4000	8000	T	T	T	T	T	T
	25 A	3000	3000	4500	4500	4000	8500	3000	6000	8500	T	3000	6000	T	T	T	T	T	T
	32 A		2000	4000	4000	4000	7000	2000	5000	7000	T	2000	5000	T	T	T	T	T	T
	40 A		2000	3000	3000	3000	6000	2000	4000	6000	T	2000	5000	T	T	T	T	T	T
	50 A			3000	3000	3000	5500		4000	5500	7000		4000	8000	T	T	T	T	T
	63 A			3000	3000	3000	5000		3000	5000	6000		4000	8000	T	T	T	T	T
	80 A				2000	2000	5000		2500	5000	6000			8000	T	T	T	T	T
	100 A						4000			4000	5000			7500	T	T	T	T	T
	125 A						2000			2000	3000			3000	8000	T	T	T	T
DX-D 15 kA Courbe D et DX-MA Courbe MA	1 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	2 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	3 A	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T	T
	6 A	6000	6000	T	T	T	T	T	T	T	T	6000	T	T	T	T	T	T	T
	10 A	5000	5000	7500	7500	7500	T	4000	T	T	T	5000	T	T	T	T	T	T	T
	16 A	4000	4000	6000	6000	6000	T	3500	6000	T	T	4000	T	T	T	T	T	T	T
	20 A	3000	3000	5000	5000	5000	T	3500	6000	T	T	4000	8000	T	T	T	T	T	T
	25 A	3000	3000	4500	4500	9500	8500	2500	5500	8500	T	3000	6000	T	T	T	T	T	T
	32 A	2000	4000	4000	7000	7000	7000	4500	7000	T		2000	5000	T	T	T	T	T	T
	40 A		2000	3000	3000	4000	6000	2000	4500	6000	T	2000	5000	T	T	T	T	T	T
	50 A			3000	3000	3000	5500		3500	5500	T		4000	8000	T	T	T	T	T
	63 A			3000	3000	3000	5000		3500	5000	6000		4000	8000	T	T	T	T	T
	80 A				1500		4000			4000	5000			7000	T	T	T	T	T
	100 A						3000			3000	4000			6500	T	T	T	T	T
	125 A						1500			1500	2000			2000	7000	T	T	T	T
DX-L 25 kA Courbe C DX-D 25 kA Courbe D	10 A					T	T	T	T	T	T		T	T	T	T	T	T	T
	16 A					T	T	20000	T	T	T		40000	T	T	T	T	T	T
	20 A					20000	T	15000	22000	T	T		33000	T	T	T	T	T	T
	25 A					15000	T	12000	18000	T	T		28000	T	T	T	T	T	T
	32 A					10000	20000	9000	13000	T	T		20000	T	T	T	T	T	T
	40 A					7000	17000	6000	8000	20000	25000		13000	T	T	T	T	T	T
	50 A					3000	8000		4000	10000	20000		8000	20000	T	T	T	T	T
	63 A					3000	8000		4000	10000	15000		8000	20000	T	T	T	T	T

T : sélectivité totale, jusqu'au pouvoir de coupure du disjoncteur aval, selon IEC 60947-2
Le disjoncteur aval doit toujours avoir un seuil magnétique et une intensité nominale inférieure au disjoncteur amont
(1) Avec les Ph + N la sélectivité s'applique pour l'Icu entre Ph et N, soit 230 V, en réseau 230/400 V

4 LIMITES DE SÉLECTIVITÉ DX/DX
(valeurs moyennes en ampères)

Disjoncteurs amont

Disjoncteurs aval		DX - DX-h - DX-L Courbe C(1)												DX-D Courbe D(1)							
		6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A	80 A	100 A	125 A	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A
DNX DX uni + neutre Courbe C(1)	0,5 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	1 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	2 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	3 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	4 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384	480	600
	6 A		75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384	480	600
	8 A		75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384	480	600
	10 A			120	150	187	240	300	375	472	480	600	750			192	240	300	384	480	600
	13 A			120	150	187	240	300	375	472	480	600	750			192	240	300	384	480	600
	16 A				150	187	240	300	375	472	480	600	750				240	300	384	480	600
	20 A					187	240	300	375	472	480	600	750					300	384	480	600
	25 A						240	300	375	472	480	600	750						384	480	600
	32 A							300	375	472	480	600	750							480	600
	40 A								375	472	480	600	750								600
DX DX - h DX - L Courbe C(1)	1 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	2 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	3 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	6 A		75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384	480	600
	10 A			120	150	187	240	300	375	472	480	600	750			192	240	300	384	480	600
	16 A				150	187	240	300	375	472	480	600	750				240	300	384	480	600
	20 A					187	240	300	375	472	480	600	750					300	384	480	600
	25 A						240	300	375	472	480	600	750						384	480	600
	32 A							300	375	472	480	600	750							480	600
	40 A								375	472	480	600	750								600
	50 A									472	480	600	750								
	63 A										480	600	750								
	80 A											600	750								
	100 A												750								
	125 A																				
DX-D Courbe D(1) DX MA Courbe MA	1 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	2 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	3 A		75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	6 A			120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384	480	600
	10 A				150	187	240	300	375	472	480	600	750			192	240	300	384	480	600
	16 A						240	300	375	472	480	600	750				240	300	384	480	600
	20 A							300	375	472	480	600	750					300	384	480	600
	25 A								375	472	480	600	750						384	480	600
	32 A									472	480	600	750							480	600
	40 A										480	600	750								600
	50 A											600	750								
	63 A											600	750								
	80 A																				
	100 A																				
	125 A																				
DX DX-h Courbe B(1)	1 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	2 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	3 A	45	75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750	72	120	192	240	300	384	480	600
	6 A		75	120	150	187	240	300	375	472	480	600	750		120	192	240	300	384	480	600
	10 A			120	150	187	240	300	375	472	480	600	750			192	240	300	384	480	600
	16 A				150	187	240	300	375	472	480	600	750				240	300	384	480	600
	20 A					187	240	300	375	472	480	600	750					300	384	480	600
	25 A						240	300	375	472	480	600	750						384	480	600
	32 A							300	375	472	480	600	750							480	600
	40 A								375	472	480	600	750								600
	50 A									472	480	600	750								
	63 A										480	600	750								

Disjoncteurs aval		DX-D Courbe D(1)				DX - DX-h Courbe B(1)									
		63 A	80 A	100 A	125 A	6 A	10 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A	50 A	63 A
DNX DX uni + neutre Courbe C(1)	0,5 A	756	800	T	T	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	1 A	756	800	T	T	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	2 A	756	800	T	T	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	3 A	756	800	T	T		40	64	80	100	128	160	200	252
	4 A	756	800	T	T		40	64	80	100	128	160	200	252
	6 A	756	800	1 200	1 500			64	80	100	128	160	200	252
	8 A	756	800	1 200	1 500				80	100	128	160	200	252
	10 A	756	800	1 200	1 500					100	128	160	200	252
	13 A	756	800	1 200	1 500						128	160	200	252
	16 A	756	800	1 200	1 500							160	200	252
	20 A	756	800	1 200	1 500								200	252
	25 A	756	800	1 200	1 500									252
	32 A	756	800	1 200	1 500									
	40 A	756	800	1 200	1 500									
DX DX - h DX - L Courbe C(1)	1 A	756	800	T	T	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	2 A	756	800	T	T	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	3 A	756	800	T	T		40	64	80	100	128	160	200	252
	6 A	756	800	1 200	1 500			64	80	100	128	160	200	252
	10 A	756	800	1 200	1 500					100	128	160	200	252
	16 A	756	800	1 200	1 500							160	200	252
	20 A	756	800	1 200	1 500								200	252
	25 A	756	800	1 200	1 500									252
	32 A	756	800	1 200	1 500									
	40 A	756	800	1 200	1 500									
	50 A	756	800	1 200	1 500									252
	63 A		800	1 200	1 500									
	80 A			1 200	1 500									
	100 A				1 500									
	125 A													
DX-D Courbe D(1) DX MA Courbe MA	1 A	756	800	T	T	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	2 A	756	800	T	T		40	64	80	100	128	160	200	252
	3 A	756	800	T	T			64	80	100	128	160	200	252
	6 A	756	800	1 200	1 500					100	128	160	200	252
	10 A	756	800	1 200	1 500							160	200	252
	16 A	756	800	1 200	1 500									252
	20 A	756	800	1 200	1 500									
	25 A	756	800	1 200	1 500									
	32 A	756	800	1 200	1 500									
	40 A	756	800	1 200	1 500									
	50 A	756	800	1 200	1 500									
	63 A		800	1 200	1 500									
	80 A			1 200	1 500									
	100 A				1 500									
	125 A													
DX DX-h Courbe B(1)	1 A	756	800	1 200	1 500	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	2 A	756	800	1 200	1 500	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	3 A	756	800	1 200	1 500	24	40	64	80	100	128	160	200	252
	6 A	756	800	1 200	1 500		40	64	80	100	128	160	200	252
	10 A	756	800	1 200	1 500			64	80	100	128	160	200	252
	16 A	756	800	1 200	1 500				80	100	128	160	200	252
	20 A	756	800	1 200	1 500					100	128	160	200	252
	25 A	756	800	1 200	1 500						128	160	200	252
	32 A	756	800	1 200	1 500							160	200	252
	40 A	756	800	1 200	1 500								200	252
	50 A	756	800	1 200	1 500									252
	63 A		800	1 200	1 500									

(1) Le disjoncteur aval doit toujours avoir un seuil magnétique et une intensité nominale, inférieure aux disjoncteurs amont

Disjoncteur DX uni neutre en amont et DNX en aval

Disjoncteurs amont

Disjoncteurs aval		DX uni + neutre Courbe C(1)								
		6 A	8 A	10 A	13 A	16 A	20 A	25 A	32 A	40 A
DNX(1) Courbe C	0,5 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300
	1 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300
	2 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300
	3 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300
	4 A	45	64	75	97	120	150	187	240	300
	6 A		64	75	97	120	150	187	240	300
	8 A			75	97	120	150	187	240	300
	10 A				97	120	150	187	240	300
	13 A					120	150	187	240	300
	16 A						150	187	240	300
	20 A							187	240	300
	25 A								240	300
	32 A									300
	40 A									

5 LIMITES DE SÉLECTIVITÉ DPX/DPX
(valeurs moyennes en kA)

Disjoncteurs amont

Disjoncteurs aval	In (A)	DPX 125 (25 kA) DPX 125 (36 kA) (MT)				DPX 160 (25 kA) DPX 160 (50 kA) (MT)				DPX 250 ER (25 kA) DPX 250 ER (50 kA) (MT)			DPX 250 (50 kA) DPX-H 250 (70 kA) (MT)				DPX 250 S1 (50 kA) DPX-H 250 S1 (70 kA) (Electronique)				DPX 630 (36 kA) DPX-H 630 (70 kA) (MT)					DPX 630 S1 DPX-H 630 S2 (Electronique)				DPX 1250 (50 kA) DPX-H 1250 (70 kA) (MT)					DPX 1600 S1 (Electronique)				DPX 1600 S2 (Electronique)			
		40	63	100	125	40	63	100	160	100	160	250	63	100	160	250	40	100	160	250	250	320	400	500	630	160	250	400	630	500	630	800	1000	1250	630	800	1250	1600	630	800	1250	1600
DPX 125 (25 kA)	16 A	0,8	1	1,2	1,2		0,63	1	1,6	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	6	6	6	6	8	8	8	8	8	12	16	16	16	16	25	25	T	T	T	T	T	T
	25 A	0,8	1	1,2	1,2			1	1,6	1	1,6	2,5		1	1,6	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	6	6	6	6	8	8	8	8	8	12	16	16	16	16	T	T	T	T	T	T	T	T
	40 A		1	1,2	1,2			1	1,6	1	1,6	2,5		1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	6	6	6	6	8	6	6	6	6	12	16	16	16	16	T	T	T	T	T	T	T	T
	63 A			1,2	1,2				1,6		1,6	2,5			1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	6	6	6	6	8	6	6	6	6	12	16	16	16	16	T	T	T	T	T	T	T	T
	100 A								1,6		1,6	2,5			1,6	2,5			3,5	3,5	4	4	6	6	8	6	6	6	6	12	16	16	16	16	T	T	T	T	T	T	T	T
	125 A								1,6		1,6	2,5			1,6	2,5			3,5	3,5	4	4	6	6	8	6	6	6	6	12	16	16	16	16	T	T	T	T	T	T	T	T
DPX 125 (36 kA)	16 A	0,8	1	1,2	1,2		0,63	1	1,6	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	6	6	6	6	8	8	8	8	8	12	16	16	16	16	25	25	T	T	T	T	T	T
	25 A	0,8	1	1,2	1,2			1	1,6	1	1,6	2,5		1	1,6	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	6	6	6	6	8	8	8	8	8	12	16	16	16	16	25	25	T	T	T	T	T	T
	40 A		1	1,2	1,2			1	1,6	1	1,6	2,5		1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	6	6	6	6	8	6	6	6	6	12	16	16	16	16	25	25	T	T	T	T	T	T
	63 A			1,2	1,2				1,6		1,6	2,5			1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	6	6	6	6	8	6	6	6	6	12	16	16	16	16	25	25	T	T	T	T	T	T
	100 A								1,6		1,6	2,5			1,6	2,5			3,5	3,5	4	4	4	6	8	6	6	6	6	12	16	16	16	16	25	25	T	T	T	T	T	T
	125 A								1,6		1,6	2,5			1,6	2,5			3,5	3,5	4	4	4	6	8	6	6	6	6	12	16	16	16	16	25	25	T	T	T	T	T	T
DPX 160 (25 kA)	25 A					0,4	0,63	1	1,6	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	40 A						0,63	1	1,6	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	63 A							1	1,6	1	1,6	2,5		1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	100 A								1,6		1,6	2,5			1,6	2,5			3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	160 A											2,5				2,5				3,5	2,5	3,2	4	5	6,3		6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	250 A																					3,2	4	5	6,3			6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
DPX 160 (50 kA)	25 A					0,4	0,63	1	1,6	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5	3,5	3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	40 A						0,63	1	1,6	1	1,6	2,5	0,63	1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	63 A							1	1,6	1	1,6	2,5		1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	100 A								1,6		1,6	2,5			1,6	2,5			3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	160 A											2,5				2,5				3,5	2,5	3,2	4	5	6,3		6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
DPX 250 ER (36 kA)	100 A										1,6	2,5			1,6	2,5			3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	160 A											2,5				2,5				3,5	2,5	3,2	4	5	6,3		6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	250 A																					3,2	4	5	6,3			6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
DPX 250 ER (50 kA)	100 A										1,6	2,5			1,6	2,5			3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	160 A											2,5				2,5				3,5	2,5	3,2	4	5	6,3		6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	250 A																					3,2	4	5	6,3			6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
DPX 250 (MT) (36 kA)	40 A												0,63	1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	63 A													1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	100 A														1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	160 A															2,5				3,5	2,5	3,2	4	5	6,3		8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	250 A																					3,2	4	5	6,3			6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
DPX-H 250 (MT) (70 kA)	40 A												0,63	1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	8	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
	63 A													1	1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
	100 A														1,6	2,5		3,5	3,5	3,5	2,5	3,2	4	5	6,3	6	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
	160 A															2,5				3,5	2,5	3,2	4	5	6,3		8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
	250 A																					3,2	4	5	6,3			6	6	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
DPX 250 S1 Electronique (36 kA)	40 A																1	1,6	2,5		2,5	3,2	4	5	6,3	8	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	100 A																	1,6	2,5		2,5	3,2	4	5	6,3	6	6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	160 A																		2,5		2,5	3,2	4	5	6,3		6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
	250 A																					3,2	4	5	6,3			6	6	12	16	16	16	16	20	20	T	T	T	T	T	T
DPX-H 250 S1 Electronique (70 kA)	40 A																1	1,6	2,5		2,5	3,2	4	5	6,3	8	8	8	8	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
	100 A																	1,6	2,5		2,5	3,2	4	5	6,3	6	6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
	160 A																		2,5		2,5	3,2	4	5	6,3		6	6	6	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
	250 A																					3,2	4	5	6,3			6	6	12	16	16	16	16	20	20	30	36	30	30	30	36
DPX 630 (MT) (36 kA)	320 A																						4	5	6,3			6	6	10	10	10	10	10	15	15	20	T	15	15	20	T
	400 A																							5	6,3				6	10	10	10	6	7,5	15	15	20	T	15	15	20	T
	500 A																								6,3						10	10	6	7,5	10	10	16	T	10	10	16	T
	630 A																															10	6	7,5		10	16	T	10	10	16	T
DPX 630 (MT) (70 kA)	320 A																						4	5	6,3			6	6	10	10	10	10	10	15	15	20	36	15	15	20	36
	400 A																							5	6,3				6	10	10	10	6	7,5	15	15	20	36	15	15	20	36
	500 A																								6,3						10	10	6	7,5	10	10	16	36	10	10	16	36
	630 A																															10	6	7,5		10	16	36	10	10	16	36
DPX 630 S1 Electronique (36 kA)	250 A																								6,3			5	5	5	6,3	8	6	8	15	15	30	T	15	15	30	T
	400 A																								6,3				5	5	6,3	8	6	8	15	15	30	T	15	15	30	T
	630 A																															8	6	8		15	30	T		15	30	T
DPX-H 630 S2 Electronique (70 kA)	250 A																								6,3			5	5	5	6,3	8	6	8	15	15	30	36	15	15	30	36
	400 A																								6,3				5	5	6,3	8	6	8	15	15	30	36	15	15	30	36
	630 A																															8	6	8		15	30	36	15	15	30	36
DPX 1250 (MT) (50 kA)	630 A																															8		7,5		15	15	20		15	15	20
	800 A																																				15	20			15	20
	1000 A																																	7,5			15	20			15	20
	1250 A																																					20				20
DPX-H 1250 (MT) (70 kA)	630 A																															8		7,5		15	15	20		15	15	20
	800 A																																				15	20			15	20
	1000 A																																	7,5			15	20			15	20
	1250 A																																					20				20
DPX 1600 S1 Electronique (50 kA)	630 A																																			10	15	20		10	15	20
	800 A																																				15	20			15	20
	1250 A																																					20				20
DPX 1600 S1 Electronique (50 kA)	630 A																																			10	15	20		10	15	20
	800 A																																				15	20			15	20
	1250 A																																					20				20

Les disjoncteurs et interrupteurs ouverts DMX

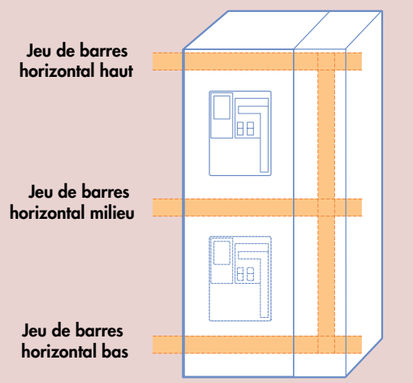
La technologie du disjoncteur dit "ouvert" a beaucoup évolué : en fait la coupure ne s'effectue pas véritablement à l'air libre, mais dans des chambres de coupure sophistiquées et l'encombrement des appareils a considérablement diminué. Parallèlement, leurs qualités propres (robustesse électrique et mécanique, pouvoir de coupure, maintenabilité, possibilités d'accessorisations...) ont été développées.

Les nouveaux DMX Legrand s'inscrivent complètement dans cette évolution et permettent de protéger les installations les plus puissantes (jusqu'à 4000 A) tout en restant dans la logique d'intégration qu'avait initiée les disjoncteurs DPX jusqu'à 1600 A dans les armoires XL/XL-A.

La facilité de montage et la clarté d'implantation ont été particulièrement étudiées. Tous les appareils de la gamme DMX se montent derrière un plastron de hauteur unique.

Toutes les armoires offrent la possibilité d'installer deux DMX et quatre implantations de jeu de barres.

+ Un principe d'implantation unique qui permet à la fois l'interverrouillage des appareils (inversion de sources) et les raccordements sur les différents jeux de barres pour effectuer les couplages nécessaires.





Armoires XL/XL-A, jeux de barres et nouveaux disjoncteurs ouverts DMX pour une parfaite cohérence des ensembles jusqu'à 4000 A.

1 LA GAMME DMX

Les disjoncteurs et interrupteurs DMX se déclinent en seulement deux tailles d'appareils : Les DMX et DMX-I 2500 (calibres 1250, 1600, 2000 et 2500 A) et les DMX et DMX-I 4000 (calibres 3200 et 4000 A).

L'appellation DMX correspond à un pouvoir de coupure standard de 50 kA alors que l'appellation DMX-L offre un pouvoir de coupure de 100 kA. Dans ce dernier cas, la taille des appareils est identique à celle du DMX 4000 pour tous les calibres de 1250 à 4000 A.



DMX 2500 version fixe



DMX 2500 version débrochable



DMX 4000 version débrochable

Tous les DMX, disjoncteurs et interrupteurs, sont exécutables en version fixe et en version débrochable.

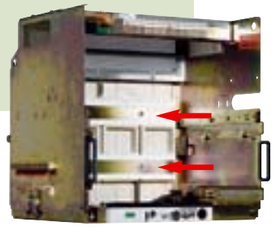
Par rapport à la version fixe, la version débrochable apporte des possibilités de verrouillage supplémentaires (position débrochée), une sécurité optimale en cas d'intervention (consignation et séparation physique de l'installation) et une interchangeabilité aisée (pas de déconnexion à effectuer).



Débrochage d'un DMX. Une manœuvre qui peut aussi s'effectuer sans dépose des plastrons



Des poignées escamotables permettent d'extraire l'appareil



Des volets d'isolement protégent du risque de contact avec les parties restées sous tension

La conception des DMX participe largement à leur robustesse et à leur maintenabilité. Le retrait de la face avant (4 vis) donne un accès direct à tous les auxiliaires de commande et signalisation : déclencheurs, bobines, contacts, motorisation, compteur...



2 LES UNITÉS DE PROTECTION

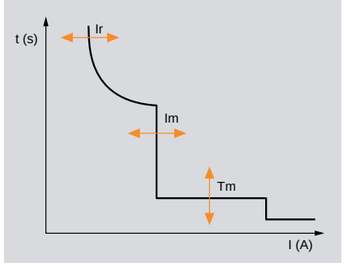
Outre leurs possibilités d'intégration, leur facilité de montage et de raccordement, leur robustesse et la continuité maximale d'exploitation qu'ils assurent, les disjoncteurs possèdent également des unités de protections modernes qui permettent des réglages très précis des conditions de protection tout en préservant une sélectivité totale avec les appareils aval.

• Unité de protection électronique MP17

En standard, les disjoncteurs DMX sont équipés de l'unité de protection électronique MP17. Les réglages s'effectuent par sélecteurs rotatifs :
- protection long-retard contre les surcharges : Ir de 0,4 à 1 In (7 pas)
- protection court-retard contre les court-circuits : Im de 2 à 12 Ir (7pas)
- temps d'action de la protection court-retard : Tm de 0 à 1 s (7 pas)



Unité de protection MP17 sur DMX 2500 débrochable





L'unité de mémoire externe

En cas de changement d'appareil, l'unité de mémoire externe (UME) conserve les réglages et l'ensemble des données enregistrées (défauts, manœuvres, courants...) pendant le fonctionnement de l'appareil précédemment installé : une fonction qui sécurise la maintenance et réduit le temps d'arrêt au minimum. Ainsi les réglages ne sont pas associés à l'appareil, mais au circuit protégé.



Tous les appareils DMX, DMX-I, DMX-L en version fixe et débrochable peuvent recevoir un mécanisme d'interverrouillage qui garantit la "sécurité mécanique" en cas d'inversion de source par exemple.

La disposition de deux appareils dans une même enveloppe est possible si ceux-ci ne sont pas simultanément chargés (inversion de sources) ou si la somme de leurs courants respectifs n'excède pas les valeurs indiquées pour permettre une dissipation thermique correcte (voir page 14). Dans le cas contraire, on doit installer un seul appareil par armoire (ou par unité d'un bloc de cellules).



Disjoncteurs ouverts DMX en inversion de sources. Les deux disjoncteurs sont raccordés à un jeu de barres commun



Le mécanisme d'interverrouillage à câbles s'adapte très facilement à toutes les versions de DMX sans être tributaire de leur position dans l'ensemble (câble de longueur 2 m)

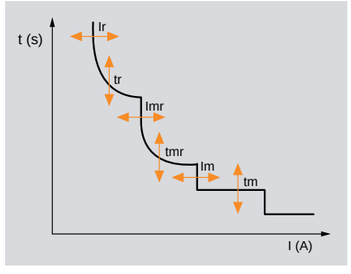
• Unité de protection électronique MP20

Sur demande, les disjoncteurs DMX peuvent recevoir des unités de protection électronique MP20 dotées de fonctions avancées.
Les réglages s'effectuent par clavier sensitif avec visualisation du point de réglage sur une courbe lumineuse.
Les opérations et les interventions effectuées, les paramètres de délestage (préavis, contrôle de charge), les valeurs de courant peuvent être visualisés. Des fonctions de communication et de contrôle sont également disponibles. Pour les versions débrochables, l'unité de mémoire externe (UME) est associée à l'unité de protection MP20.
Réglages possible :
- protection long-retard contre les surcharges : Ir de 0,4 à In (60 pas)
- temps d'action de la protection long-retard : tr de 0,14 à 19 s (16 pas)
- protection retardée contre les courts-circuits : Imr de 1,5 à 12 Ir (9 pas)
- temps d'action de la protection retardée : tmr de 1 à 10 s (fonction de tr)
- protection court-retard contre les courts-circuits : Im de 1,5 à 12 Ir (9 pas)
- temps d'action de la protection court-retard : tm de 0 à 1 s (10 pas)



Unité de contrôle MP20 sur disjoncteur DMX 4000 (disponible sur demande)





3 LES DISPOSITIFS DE SÉCURITÉ ET DE CADENASSAGE

Les nouveaux disjoncteurs et interrupteurs DMX Legrand possèdent plusieurs dispositifs de sécurité.

• Par cadenas :
- boutons de commande
- volets d'isolement
- position débrochée et insertion manivelle.

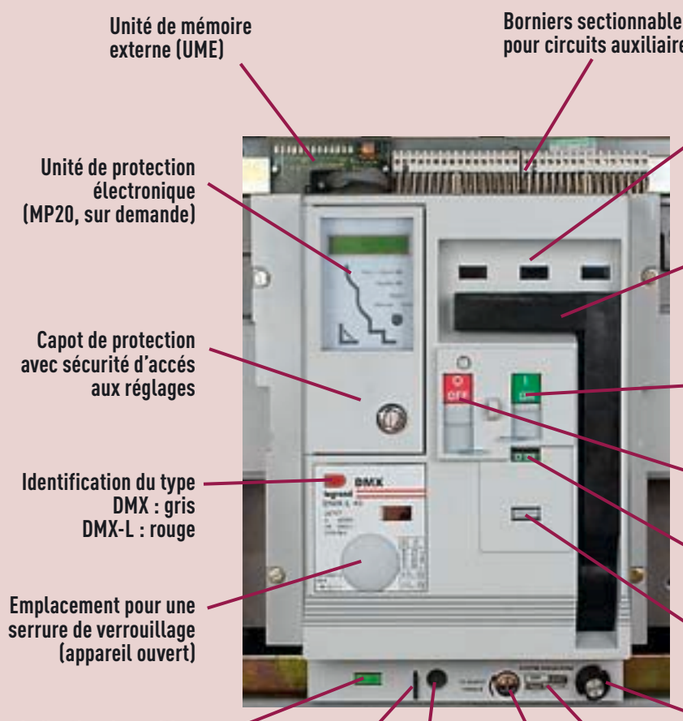
• Par serrure à clé :
- contacts principaux ouverts
- position débrochée.

• Par obstacle :
- réglages de l'unité de protection
- insertion de la manivelle
- détrompeur de calibre.

• Par interverrouillage à câbles, pour inversion de sources.



Face avant des disjoncteurs DMX débrochables



4 LES CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Caractéristiques des DMX

		DMX / DMX-L 2500								DMX / DMX-L 4000			
		1250 A		1600 A		2000 A		2500 A		3200 A		4000 A	
		DMX	DMX-L	DMX	DMX-L	DMX	DMX-L	DMX	DMX-L	DMX	DMX-L	DMX	DMX-L
Nombre de pôles		3P-4P		3P-4P		3P-4P		3P-4P		3P-4P		3P-4P	
Courant assigné In (A)		1250		1600		2000		2500		3200		4000	
Protection du neutre (1)		50 %		50 %		50 %		50 %		50 %		50 %	
Tension assignée d'isolement Ui (V)		1000		1000		1000		1000		1000		1000	
Tension assignée de tenue aux chocs Uimp (kV)		8		8		8		8		8		8	
Tension assignée d'emploi (50/60 Hz) Ue (V)		690		690		690		690		690		690	
Pouvoir de coupure ultime Icu (kA)	230 V~	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
	415 V~	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100	50	100
	500 V~	50	80	50	80	50	80	50	80	50	80	50	80
	600 V~	50	65	50	65	50	65	50	65	50	65	50	65
	690 V~	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60	40	60
Pouvoir de coupure de service Ics (% Icu)		100	80	100	80	100	80	100	80	100	80	100	80
Pouvoir assigné de coupure en court-circuit Icm (kA)	415 V~	143	176	143	176	143	176	143	176	143	176	143	176
	500 V~	105	176	105	176	105	176	105	176	105	176	105	176
	600 V~	105	143	105	143	105	143	105	143	105	143	105	143
	690 V~	84	105	84	105	84	105	84	105	84	105	84	105
Courant de courte durée admissible Icw (kA) t = 1s		50	80	50	80	50	80	50	80	50	80	50	80
Catégorie d'emploi		B		B		B		B		B		B	
Aptitude au sectionnement		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI		OUI	
Unité de protection électronique	MP17	Standard		Standard		Standard		Standard		Standard		Standard	
	MP20	Option		Option		Option		Option		Option		Option	
Endurance (cycles)	mécanique	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000	20000
	électrique	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000	5000

(1) réglage 0-50-100% avec unité de protection MP20

Caractéristiques des DMX-I

		DMX-I 2500				DMX-I 4000	
		1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A
Nombre de pôles		3P-4P	3P-4P	3P-4P	3P-4P	3P-4P	3P-4P
Courant assigné In (A)		1250	1600	2000	2500	3200	4000
Tension assignée d'isolement Ui (V)		1000	1000	1000	1000	1000	1000
Tension assignée de tenue aux chocs Uimp (kV)		8	8	8	8	8	8
Tension assignée d'emploi Ue (V~)	50/60 Hz	690	690	690	690	690	690
	continu	250	250	250	250	250	250
Pouvoir assigné de coupure en court-circuit Icm (kA)	415 V~	143	143	143	143	143	143
	500 V~	105	105	105	105	105	105
	600 V~	105	105	105	105	105	105
	690 V~	84	84	84	84	84	84
Courant de courte durée admissible Icw (kA) t = 1s		50	50	50	50	50	50
Aptitude au sectionnement		OUI	OUI	OUI	OUI	OUI	OUI
Endurance (cycles)	mécanique	20000	20000	20000	20000	20000	20000
	électrique	5000	5000	5000	5000	5000	5000

Courant d'emploi (A) en fonction de la température ambiante

Type d'appareil	Intensité nominale (A)	40°C	50°C	60°C	65°C	70°C
DMX 2500/4000	1250	1250	1250	1250	1250	1250
	1600	1600	1600	1445	1364	1280
	2000	2000	2000	2000	2000	1970
	2500	2500	2450	2232	2092	1970
	3200	3200	3200	3200	3019	2831
	4000	4000	3727	3367	3175	2978

Masse des appareils (kg)

	DMX 2500				DMX 4000				DMX-L 2500 / DMX-L 4000			
In (A)	1250-1600 A		2000-2500 A		3200 A		4000 A		1250-3200 A		4000 A	
Nombre de pôles	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P
Version fixe	38,8	48,6	43	54	53	67,8	53	67,8	53	67,8	53	67,8
Version débrochable (appareil + base)	68,7	85,2	73,3	91,2	92,6	119,6	112,9	147,2	92,6	119,6	112,9	147,2
Version débrochable (base seule)	29,2	35,6	29,2	35,6	37,4	48,8	57,7	76	37,4	48,8	57,7	76

Séléctivité en réseau triphasé 400 V~

DMX/DPX

		Disjoncteur amont					
		DMX 2500				DMX 4000	
Disjoncteur aval		1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A
DPX 125(1)		T	T	T	T	T	T
DPX 160(1)		T	T	T	T	T	T
DPX 250 ER(1)		T	T	T	T	T	T
DPX 250(1)		T	T	T	T	T	T
DPX 630(1)		T	T	T	T	T	T
DPX 1600(1)	630 A	T	T	T	T	T	T
	800 A	T	T	T	T	T	T
	1000 A	T	T	T	T	T	T
	1250 A		T	T	T	T	T
	1600 A			T	T	T	T

(1) Tous pouvoirs de coupure

DMX/DMX

		Disjoncteur amont					
		DMX 2500				DMX 4000	
Disjoncteur aval		1250 A	1600 A	2000 A	2500 A	3200 A	4000 A
DMX 2500	1250 A	T	T	T	T	T	T
	1600 A		T	T	T	T	T
	2000 A			T	T	T	T
	2500 A				T	T	T
DMX 4000	3200 A					T	T
	4000 A						T

5 L'ACCESSORISATION

1 Accessoires de commande

• Déclencheurs à émission de courant

Les déclencheurs à émission de courant sont des dispositifs généralement pilotés par une commande à contact de type NO pour effectuer, à distance, l'ouverture instantanée de l'appareil.
Ces dispositifs sont disponibles en différentes tensions d'alimentation, en courant alternatif comme en courant continu. Ils se montent en face avant de l'appareil par simple clipsage.

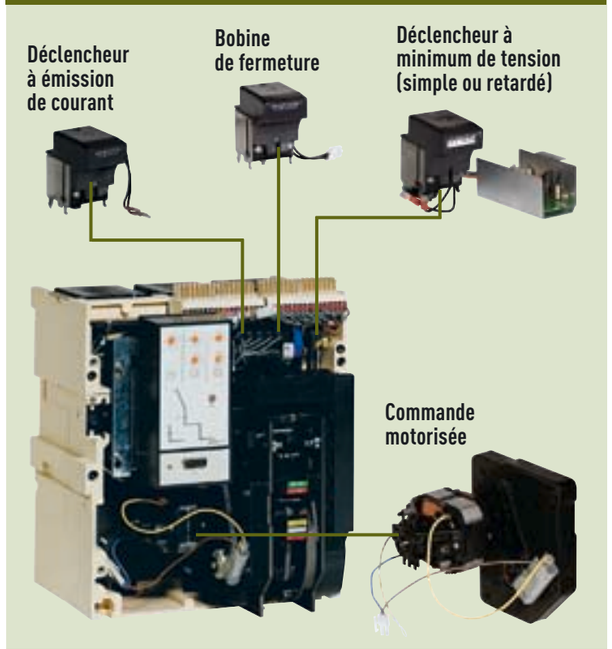
Tension nominale :
48 V⎓, 110/130 V∿/⎓,
220/250 V∿/⎓, 380/440 V∿
Tolérance sur la tension nominale : 0,7 à 1,1 Un
Temps maximum d'ouverture : 50 ms
Puissance maximale absorbée:
300 VA (en ∿) et 250 W (en ⎓)

• Déclencheurs à minimum de tension

Les déclencheurs à minimum de tension sont des dispositifs généralement pilotés par une commande à contact de type NF. Ils provoquent l'ouverture instantanée du disjoncteur si leur tension d'alimentation chute sous un certain seuil et à fortiori en cas d'ouverture du contact de commande.
Ces déclencheurs sont équipés d'un dispositif permettant de limiter leur consommation après la fermeture du circuit. Ils se montent en face avant de l'appareil par simple clipsage.

Tension nominale :
24/30 V⎓, 48 V⎓, 110/130 V⎓,
220/250 V∿, 380/440 V∿
Tolérance sur la tension nominale :
0,85 à 1,1 Un
Tension de déclenchement : 35 %
Tension de retour : 60 %
Temps d'ouverture : 50 ms
Puissance maximale absorbée : 300 VA
réduite à 20 VA après 400 ms

Montage des accessoires



• Déclencheurs à minimum de tension retardés

Ces déclencheurs sont équipés d'un dispositif électronique permettant de retarder leur fonctionnement de 3 secondes. Ils sont destinés à être utilisés dans des réseaux instables, où la tension d'alimentation du déclencheur peut être sujette à variations ou à microcoupures, afin d'éviter l'ouverture intempestive du disjoncteur. Ils sont également équipés d'un dispositif économiseur permettant de limiter leur consommation.
Tension nominale : 48 V⎓, 110/130 V⎓, 220/250 V∿, 380/440 V∿
Tolérance sur la tension nominale : 0,85 à 1,1 Un
Tension de déclenchement : 35 %
Tension de retour : 60 %
Temps de déclenchement : 3s
Puissance maximale absorbée : 300 VA réduite à 20 VA après 400 ms.

• Bobines de fermeture

Ces bobines sont utilisées pour commander la fermeture à distance du disjoncteur, celle-ci étant subordonnée à la charge préalable des ressorts. Elles sont pilotées par un contact de type NO qui peut être à impulsion (arrêt d'urgence) ou maintenu (contact de relais), la bobine intégrant une autocoupure de son alimentation.
Tension nominale : 24/30 V⎓, 48 V⎓,
110/130 V∿/⎓, 230/250 V∿

Tolérance sur la tension nominale : 0,85 à 1,1 Un
Temps d'ouverture : 50 ms
Puissance absorbée : 300 VA (en ∿) et
250 W (en ⎓).

Nombre d'accessoires de commande par DMX	
Déclencheur à émission de courant	1
Déclencheur à minimum de tension (simple ou retardé)	1
Bobine de fermeture	1

• Commandes motorisées

Les commandes motorisées, disponibles sous plusieurs tensions, sont utilisées pour effectuer, à distance, la recharge des ressorts du mécanisme du disjoncteur et ce, aussitôt après fermeture de l'appareil. Ainsi l'appareil peut être refermé quasi-instantanément après une manœuvre d'ouverture.
Associées à un déclencheur (à émission de courant ou à minimum de tension) et à une bobine de fermeture, elles permettent ainsi de commander le disjoncteur à distance.
Leur montage se réalise facilement par trois vis.
En cas de défaillance de la tension d'alimentation des commandes, il est toujours possible de recharger manuellement les ressorts.
Les commandes motorisées sont dotées de contacts "fin de course" coupant l'alimentation de leur moteur après recharge des ressorts.
Un contact auxiliaire de signalisation "commande armée" réf. 269 51, peut être ajouté pour reporter l'état de charge des ressorts.

Tension nominale : 24/30 V⎓, 48 V⎓, 110/130 V⎓, 110/130 V∿, 230/250 V∿
Tolérance sur la tension nominale : 0,85 à 1,1 Un
Temps de recharge des ressorts : 3 s
Puissance maximale absorbée : 300 VA (en ∿) et 250 W (en ⎓)

2 Accessoires de signalisation

• Contacts de signalisation

Tous les appareils DMX sont équipés de série de 8 contacts auxiliaires (5 NO + 3 NF).

Un contact signal défaut électrique (1 NO) réf. 269 52 peut être ajouté pour indiquer un déclenchement sur défaut. Ce contact reste fermé jusqu'au réarmement de l'appareil.

Intensité admissible : 5 A pour 125 V⎓, 0,25 A pour 250 V⎓, 10 A pour 250 V∿
Catégorie d'emploi : AC23 – DC3 (2 contacts en série).

• Contacts de position

Un bloc complémentaire de 12 contacts inverseurs (6 NO + 6 NF) réf. 269 50 peut être monté sur les versions débrochables pour signaler la position de l'appareil dans sa base (embroché/test/débroché). Il peut être reconfiguré en fonction des besoins.

+ Raccordement et identification des accessoires

Le raccordement des auxiliaires électriques s'effectuent en face avant sur les borniers prévus à cet effet : 32 points de connexion disponibles.
L'identification des accessoires se fait en face avant, le capot étant pourvu de fenêtres, il est aisé de savoir de quelles bobines est équipé l'appareil. De plus, sur chaque appareil, une étiquette signalétique indique sa composition à la livraison.

Les parafoudres

Les parafoudres sont un élément essentiel de la protection des installations modernes, mais la pertinence de leur choix et le respect de leurs règles d'installation sont des conditions incontournables à leur efficacité

1 LES TECHNOLOGIES DES PARAFOUDRES

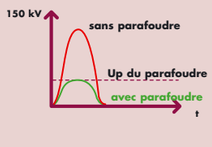
Basés sur l'assemblage d'éléments à varistance, les parafoudres Legrand allient rapidité et capacité d'écoulement. Ils possèdent une protection interne avec indication de fin de vie par un voyant et offre la possibilité de report à distance par contact auxiliaire.

• Les parafoudres à varistance
La varistance est un composant à base d'oxyde de zinc (ZnO) qui possède la propriété d'être fortement "non-linéaire". C'est-à-dire qu'à la tension de fonctionnement normale, la résistance du composant est très élevée et le courant de fuite très faible (< 1 mA). Lorsqu'une surtension apparaît, la valeur de la résistance s'effondre et une partie importante du courant est déviée limitant ainsi la surtension en aval du parafoudre. Après plusieurs chocs de foudre, la varistance vieillit et doit être remplacée.

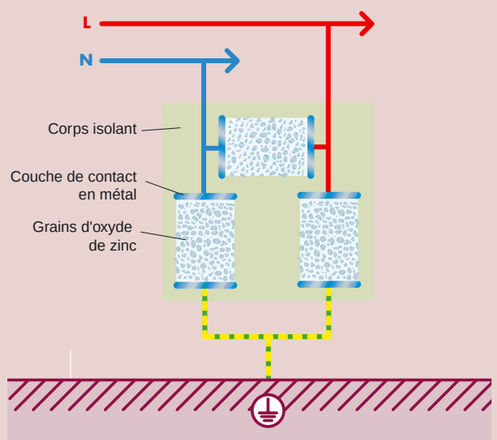
D'autres technologie de parafoudres sont également rencontrées.

• Les parafoudres éclateurs à air, à décharge en surface ou à gaz à l'intérieur d'un tube
Ils ont le pouvoir de dériver des énergies importantes, d'induire une faible capacité parasite, mais leurs conditions de réponse sont variables (conditions atmosphériques, type d'onde), leur courant de suite est élevé. Ils sont généralement utilisés sur les réseaux d'énergie…

Fonctionnement d'une varistance



Dans une installation avec parafoudre, la varistance limite la surtension au niveau de l'Up.



• Les parafoudres à composants silicium (diodes Zener, thyristor…)
Ils sont utilisés en basse tension, sur les lignes bas niveau ou dans l'électronique. Leur temps de réponse est excellent, mais leur capacité de dissipation est limitée. Ils assurent une protection fine en complément de parafoudres à varistance.

Les parafoudres Legrand sont installés en tête d'installation (protection primaire), au niveau du tableau de distribution (protection secondaire) et au niveau utilisation (protection terminale), en fonction de leurs caractéristiques.

2 LES CARACTÉRISTIQUES DES PARAFOUDRES

• Niveau de protection Up exprimé en kV
Cette valeur caractérise le niveau auquel est ramenée la surtension lors de l'écoulement du courant nominal de décharge, par exemple : 1 - 1,2 - 1,5 - 1,8 - 2 - 2,5 kV.

• Courant maximal de décharge Imax
Il exprime la valeur du courant en kA de forme d'onde 8/20 µs que peut écouler le parafoudre au moins une fois.

• Courant nominal de décharge In
C'est le courant de décharge (en kA) utilisé pour les tests que le parafoudre doit être à même d'écouler 20 fois.

• Tension maximale de régime permanent Uc (en V)
C'est la valeur spécifiée de la tension d'utilisation du parafoudre. Elle doit être au moins égale à la tension maximale du réseau.



Parafoudre Legrand à varistance avec élément de remplacement déconnectable

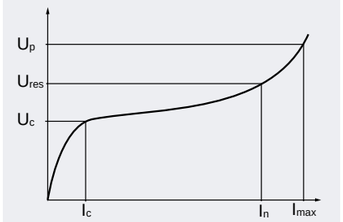
Le nombre de chocs de foudre que le parafoudre est capable d'absorber va décroissant avec la valeur du courant de décharge (de 20 chocs à 1 choc). C'est pourquoi le choix de ces valeurs doit être mis en face des conditions probables d'intensité et de répétitivité des chocs de foudre.

La NF C 15-100 § 534-1 recommande qu'à l'origine d'une installation alimentée par le réseau public, le courant nominal In soit au moins égal à 5 kA et le niveau de protection Up ≤ 2,5 kV. Des critères plus sévères d'exposition ou de protection peuvent conduire à des valeurs plus élevées.

Attention : la seule protection de tête d'installation permet de dériver la plus grande partie de l'énergie, mais elle ne suffit pas à protéger toute l'installation et particulièrement les matériels sensibles auxquels il faut une protection de proximité (voir page 127). Le modèle de protection et la logique d'implantation des parafoudres sont décrits page 130.

• Courant de fonctionnement permanent Ic
Improprement nommé courant de fuite, c'est la valeur (en mA) du courant qui s'écoule dans le parafoudre sous sa tension Uc en l'absence de défaut.

• Tension résiduelle Ures
C'est la valeur mesurée de la tension aux bornes du parafoudre lorsqu'il est soumis au courant de décharge nominal In. Cette valeur ne doit pas excéder celle d'Up.



Comme n'importe quel appareil d'une installation, les parafoudres doivent être protégés contres les chocs électriques (contacts directs et indirects) contre les courts-circuits et les surcharges. L'installation d'un dispositif de protection est préconisée pour les parafoudres de tableau, tête ou distribution. Il est constitué d'un disjoncteur DX 20 A réf. 065 64 en tétrapolaire ou réf. 064 69 en bipolaire.

3 LE CHOIX DES PARAFOUDRES

Les parafoudres Legrand de type modulaire sont déclinés en trois niveaux liés à leur capacité d'écoulement : haute capacité 70 kA, capacité élevée 40 kA et capacité standard 15 kA.
Ils peuvent être installés en tête ou au niveau distribution/répartition de l'installation.
Les parafoudres de proximité sont généralement incorporés aux produits eux-mêmes : réglette de prises, appareillage, bloc bureautique…

Les auxiliaires de signalisation réf. 039 55/56/57/58, montables par simple clipsage, permettent via un contact inverseur, de reporter l'état du parafoudre.



Quelques principes de choix :
- une protection de proximité est toujours recommandée pour les matériels très sensibles (informatique, électronique),
- une protection de capacité standard est généralement adaptée pour les matériels de sensibilité moyenne (électroménager),
- les parafoudres à haute capacité ou à capacité élevée sont prescrits pour les niveaux de protection liés à une forte ou très forte exposition (voir page 116). Une protection de capacité standard doit leur être complémentaire et coordonnée.

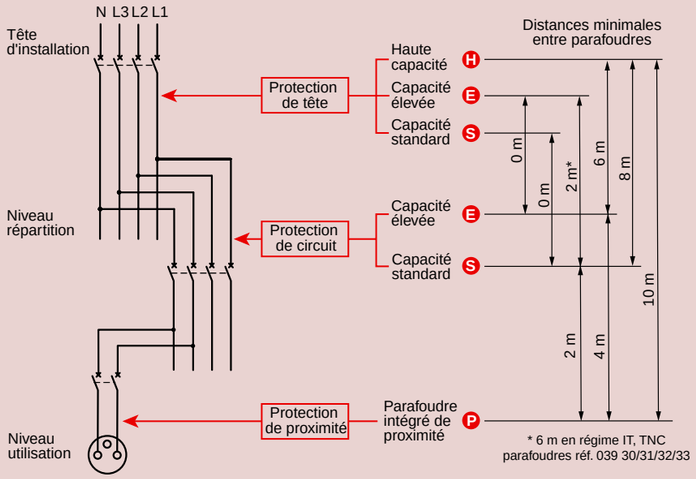
Caractéristiques des parafoudres Legrand

Type de parafoudres		Capacité d'écoulement (I max)	Courant nominal (In)	Niveau de protection (Up)
Parafoudres Lexic de tête et de circuit 	Haute capacité (H)	70 kA	20 kA	2 kV
	Capacité élevée (E)	40 kA	15 kA	1,4 kV(1)
	Capacité standard (S)	15 kA	5 kA	1,2 kV
Parafoudres de proximité (P)	Appareillage Mosaic 	3 kA	1,5 kA	1 kV
	Blocs de prises 	1 à 8 kA(2)	1,5 à 2,5 kA(2)	1,2 kV
Parafoudres Lexic pour lignes téléphoniques 		10 kA	5 kA	100 ou 300 V

(1) 1,8 kV en régime IT et TNC
(2) Selon les modèles

Par principe l'installation de parafoudre de proximité doit toujours être accompagnée par l'installation d'un parafoudre de tête.

Nombre, type et position recommandés des parafoudres en fonction du degré de protection (exposition) de la protection passive apportée par l'installation et de la sensibilité des matériels



Protection passive de l'installation		Niveau de protection (exposition) ☆ Sensibilité des matériels: Peu sensibles	Sensibles	Très sensibles	Peu sensibles	Sensibles	Très sensibles	Peu sensibles	Sensibles	Très sensibles	Position des parafoudres
Bonne			S	S	S	S	S	E	E	E	Tête
									S	S	Circuit
				P			P			P	Proximité
Moyenne		S	S	S	E	E	E	E	E	H	Tête
							S	S	S	S	Circuit
				P		P	P		P	P	Proximité
Médiocre		S	S	E	E	E	H	H	H	H	Tête
				S	S	S	S	S	S	E	Circuit
			P	P		P	P		P	P	Proximité

Ce tableau doit être considéré comme un guide ; il s'appuie sur des données qualitatives telles que la protection passive apportée par l'installation ou la sensibilité présumée des matériels. La réponse en terme de produits y est raisonnablement proposée par rapport au risque statistique de dommages dus à la foudre, qui reste toujours un phénomène imprévisible...

- **Niveau de protection : il caractérise le risque de surtension en tête d'installation par un nombre d'étoiles de 1 à 3. Ce niveau est déterminé à partir de l'exposition (nombre d'impacts/km²/an), de la situation du bâtiment, de celle du réseau d'alimentation et de la présence ou pas d'un paratonnerre (voir tableau page 116).**
- **Protection passive de l'installation : elle désigne la part de protection apportée par la structure et à la configuration de l'installation elle-même : son étendue, son niveau d'équipotentialité, la séparation des circuits... La protection passive est considérée médiocre, moyenne ou bonne par un code de couleurs dégradées du rouge au vert (voir tableau page 126)**
- **Sensibilité des matériels : les matériels sont classés en trois catégories :**
  - **Peu sensibles (moteurs, appareils chauffants...)**
  - **Sensibles (électroménager, luminaires, électronique de puissance...)**
  - **Très sensibles (informatique, électronique de commande, modems, fax, équipements de communication...)**

Le tableau de la page 130 permet de déterminer le niveau admissible de surtension d'un appareil en fonction de sa classe (CEI 61000-4-5).

Exemple :
Dans une zone à niveau de protection ☆☆, dans une installation dont la protection passive est médiocre (grande étendue, mauvaise équipotentialité…) et qui comporte des appareils sensibles, il est conseillé de placer un parafoudre de capacité élevée E en tête d'installation, un parafoudre de capacité standard S en tête des circuits dérivés concernés et un parafoudre de proximité P près du (ou des) appareil(s) sensibles à protéger.

La disposition cote à cote de deux parafoudres identiques H+H ou E+E (distance 0 m) permet d'augmenter la capacité d'écoulement.

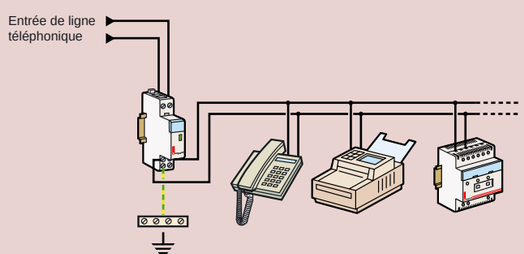
La coordination des parafoudres

La coordination des parafoudres repose sur le respect d'une distance minimale entre eux (voir page 128). Ces distances sont rappelées sur le schéma page 214
Le parafoudre de proximité est généralement assez éloigné (point d'utilisation) mais les niveaux de tête d'installation et de répartition sont souvent dans le même ensemble (domestique, petit tertiaire...).
Le respect des distances minimales, entre parafoudre de tête et parafoudre de circuit, est alors impossible sans recourir aux modules de coordination.



Les modules de coordination réf. 039 62/63 permettent de s'affranchir des distances minimales entre parafoudres.

La protection des lignes téléphoniques



Par nature, les lignes téléphoniques représentent un risque de propagation des surtensions liées à la foudre. Elles ne sont généralement reliées qu'à une terre lointaine (voir page 132).

Quels que soient les niveaux de protection de l'installation et le risque d'exposition, il est toujours conseillé d'installer des parafoudres spécifiques : réf. 038 28 pour lignes analogiques, réf. 038 29 pour lignes numériques.

Les différentiels

Le différentiel (dispositif à courant différentiel résiduel) mesure en permanence la différence entre la valeur du courant aller et la valeur du courant retour du circuit qu'il protège. Si cette différence n'est pas nulle, cela signifie qu'il y a fuite ou défaut d'isolement. Lorsque cette valeur atteint le niveau de réglage du différentiel, il y a coupure automatique de l'alimentation du circuit.

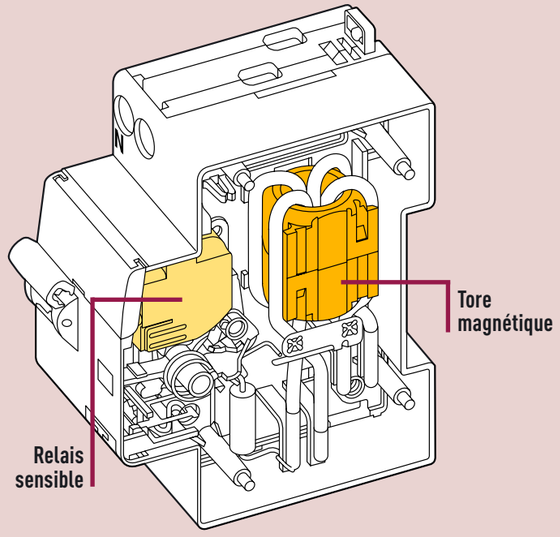
1 CONSTITUTION DES DIFFÉRENTIELS

Le différentiel est principalement constitué d'un tore et d'un relais sensible.

1 Le tore magnétique

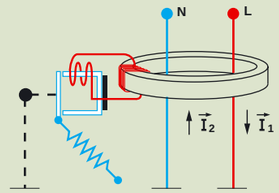
Le tore magnétique fonctionne comme un transformateur. Le primaire mesure l'ensemble des courants du circuit à surveiller, le secondaire alimente le relais sensible.
En cas de courant de fuite ou de défaut la somme vectorielle des courants n'est pas nulle et se traduit par un courant différentiel. Au-delà du seuil préréglé IΔn, le relais sensible commande l'ouverture des contacts principaux du dispositif de coupure associé (interrupteur ou disjoncteur).

Disjoncteur différentiel phase + neutre



Courant de fuite : courant qui s'écoule à la terre en l'absence de défaut en situation normale de fonctionnement.
Courant de défaut : courant qui s'écoule à la terre par les masses ou le conducteur de protection suite à un défaut d'isolement.

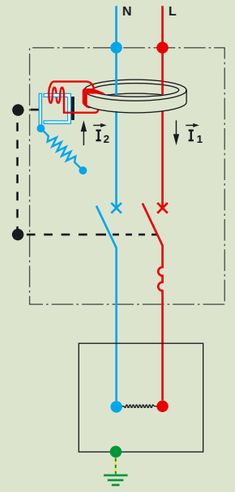
Principe du différentiel



2 Le relais sensible

Le relais sensible est constitué d'une bobine aimantée qui maintient, en l'absence de courant de défaut, une palette en position fermée. Cette palette est fixée sur un axe et subit l'effort d'un ressort. En l'absence d'excitation de la bobine par un courant, l'aimant permanent oppose un effort de maintien de la palette supérieur à l'effort du ressort. En cas d'excitation de la bobine, le flux magnétique induit s'oppose à l'aimantation permanente. L'effort généré par le ressort entraîne alors le mouvement de la palette qui commande le mécanisme d'ouverture des contacts.

En l'absence de défaut

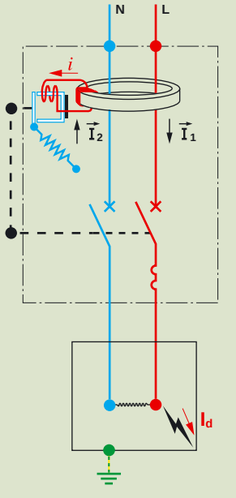


$\vec{I_2} = -\vec{I_1}$

$\vec{I_1} + \vec{I_2} = 0$

La valeur du courant aller (phase) est égale à celle du courant retour (neutre). En l'absence de courant différentiel aucun flux magnétique n'est créé dans le tore. La bobine du relais sensible n'est pas excitée. Les contacts restent fermés. L'équipement fonctionne normalement.

En présence d'un défaut



$\vec{I_2} \neq \vec{I_1}$

$\vec{I_1} + \vec{I_2} = \vec{I_d}$

La valeur du courant aller (phase) est différente de la valeur du courant retour (neutre). Le courant différentiel provoque un flux magnétique dans le tore, lequel génère un courant qui va exciter le relais sensible.

2 LES APPAREILS À DISPOSITIF DIFFÉRENTIEL

Le choix d'un appareil à dispositif différentiel dépend du niveau de protection requis (seuil de déclenchement IΔn), de la nature de l'appareil de coupure associé (disjoncteur ou interrupteur) et des conditions spécifiques de l'utilisation (retardé, sélectif, immunisé).

1 Détermination du seuil de déclenchement

On discerne trois familles de dispositifs différentiels dénommées haute, moyenne et basse sensibilité.

• Haute sensibilité : IΔn ≤ 30 mA

Ils sont utilisés pour la protection des prises de courant, des locaux humides, des installations mobiles (chantiers, foires…), des bâtiments agricoles ou lorsque les conditions de mise à la terre sont déficientes.

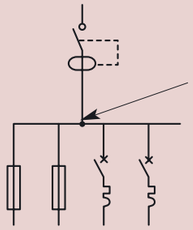
• Moyenne sensibilité : 30 mA < IΔn ≤ 500 mA

Ils sont utilisés pour la protection des installations fixes (principalement en schéma TT). Ils permettent la sélectivité avec les dispositifs haute sensibilité. Ils assurent la protection dans les conditions de court-circuit minimum (longueurs de lignes en schémas TN et IT) et permettent de limiter les courants de défaut (risque d'incendie).

• Basse sensibilité : IΔn > 0,5 A

Ils sont utilisés pour la protection des installations (schémas TN et IT). Ils permettent la sélectivité avec les dispositifs haute et moyenne sensibilité.

Interrupeur différentiel en amont des dispositifs de protection contre les surintensités



La partie d'installation entre l'interrupteur différentiel en amont et les dispositifs de protection en aval doit faire l'objet de mesures visant à réduire les risques de contacts indirects (câblage en goulotte, fils attachés, peignes, répartiteur Lexiclic).

La protection est assurée lorsque la liaison est réalisée par des peignes.

2 Choix de l'appareil de protection

• L'interrupteur différentiel

Conforme à la norme CEI 61008, il permet la coupure du circuit mais n'assure pas la protection contre les surintensités. On doit donc impérativement lui associer un dispositif de protection, type disjoncteur ou fusible, qui assurera également la protection de l'interrupteur (voir page 309).

• Le disjoncteur différentiel

Conforme à la norme CEI 61009-1, il assure à la fois la coupure du circuit et la protection contre les surintensités (courts-circuits et surcharges).
Il existe sous plusieurs formes :
- monobloc modulaire
- bloc différentiel adaptable (BDA) pour appareil modulaire
- bloc différentiel associable (vertical ou horizontal) pour DPX
- relais différentiel à tore séparé.

NF C 15-100 partie 7-771. Locaux d'habitation art. 777-531.2.3.2. Protection complémentaire contre les contacts directs.

Tous les circuits de l'installation doivent être protégés par des DDR ≤ 30 mA dont le nombre minimum est défini comme suit :

Surface des locaux d'habitation	Branchement monophasé de Puissance : ≤ 18 kVA, avec ou sans chauffage électrique
	Courant assigné minimal In des interrupteurs différentiels 30 mA
Surface ≤ 35 m²	1 x 25 A et 1 x 40 A(*)
35 m² < Surface ≤ 100 m²	3 x 40 A(*)
Surface > 100 m²	4 x 40 A(*) (1)

(*) un DDR 40 A sera de type A pour protéger notamment le circuit spécialisé cuisinière ou plaque de cuisson et le circuit spécialisé lave-linge.
(1) en cas de chauffage électrique de puissance supérieure à 8 kVA, remplacer un DDR 40 A de type AC par un DDR 63 A de type AC.

En cas d'utilisation de disjoncteurs différentiels leur nombre minimum est identique mais leur calibre est adapté au circuit à protéger.
Les dispositifs de protection DDR doivent être placés à l'origine de tous les circuits à l'exception de ceux alimentés par un transformateur de séparation.
La protection des circuits extérieurs alimentant des installations et des matériels non fixés au bâtiment doit être distincte de celles des circuits intérieurs.
La protection par DDR 30 mA peut être :
- soit divisionnaire pour un groupe de circuits
- soit individuelle pour un circuit spécialisé ou non.
Les circuits spécialisés peuvent intéresser les sources plus probables de déclenchement, lave-linge, lave-vaisselle.
Les utilisations où la coupure doit être évitée (congélateurs, microinformatique) pourront être protégées par des DDR à immunité renforcée (Hpi) ou par un transformateur de séparation.

Les relais différentiels à tore séparé…

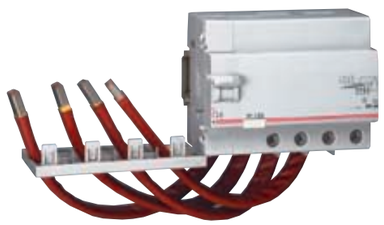


… permettent de rendre différentiels les disjoncteurs et interrupteurs à déclenchement libre DPX équipés d'un déclencheur.

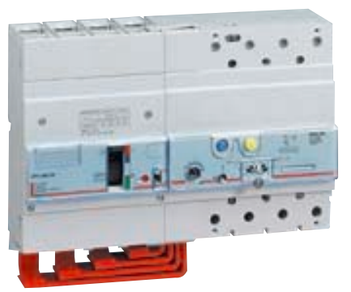
Disjoncteurs différentiels monoblocs tétrapolaires 4 modules seulement jusqu'à 32 A



Bloc différentiel adaptable pour disjoncteurs modulaires



Bloc différentiel latéral réf. 230 36 associé à un DPX 250 ER



Les dispositifs différentiels sont équipés d'un bouton "test". Celui-ci simule un courant de défaut. Un test doit être effectué tous les mois.

3 Conditions spécifiques d'utilisation

Il existe deux types de différentiels :

• Type AC
Utilisés pour les applications standard sans présence de composantes continues de courant.

• Type A
Utilisés lorsque les charges déforment le signal (le courant n'est pas parfaitement sinusoïdal ou présente une composante continue); ils sont conseillés pour la protection des appareils électroniques, informatiques, à fluorescence…
Chacun des types de différentiels peut être décliné en :

• Version "standard"
Le déclenchement est considéré comme instantané.

• Version "s" (sélectif ou retardé)
Le déclenchement est retardé pour permettre la sélectivité avec d'autres différentiels en aval.

• Version Hpi Hpi (haut pouvoir immunitaire)
Il s'agit d'une variante du type A dont l'immunité aux phénomènes transitoires est renforcée. Il est donc particulièrement adapté aux installations électriquement polluantes. Sa moindre sensibilité aux courants de fuite permanents le destine plus spécialement aux installations alimentant des ordinateurs et évite de multiplier les divisions de circuits. Cela permet de réduire le nombre de protections différentielles.



Disjoncteur différentiel DX Hpi réf. 085 67

**Les seuils de déclenchement différentiels sont généralement garantis pour une température basse jusqu'à – 5°C.
Pour certaines versions, notamment "Hpi", ils sont garantis jusqu'à –25°C. Un marquage spécifique le signale.**

-25

Intérêt des dispositifs différentiels (DR)

**L'assurance totale de la protection apportée par les régimes de neutre est à la fois dépendante des règles de conception (calcul), de la réalisation (longueur de lignes, qualité des terres) et surtout de l'évolution et de l'utilisation qui seront faites de l'installation (extensions, charges mobiles).
Devant ces incertitudes, et le risque à terme de dégrader le niveau de sécurité, l'utilisation de dispositifs différentiels Legrand représente "la solution" complémentaire aux schémas de liaison à la terre. Quel que soit le régime de neutre, le différentiel c'est "le plus" indéniable, qui assure et rassure.
A moyenne sensibilité (300 ou 500 mA), il évite la montée en énergie de courants de défauts qui pourraient être source d'incendie (protection des biens). A haute sensibilité (30 mA), il permet de conserver la protection contre les contacts indirects, en cas de mauvaise terre ou de coupure du conducteur de protection. Il complète la protection contre un contact direct phase/terre (protection des personnes).**

• Au 1er défaut, en schéma TT :
**- placé en tête d'installations, le DR permet la détection de courants de défaut dès leur naissance. Il permet de ne pas exiger de prises de terre difficiles à obtenir
- placé sur chaque départ, ou sur chaque groupe de circuits, il permet la sélectivité de la protection si les masses ne sont pas reliées entre elles.**

• Au 1er défaut, en schéma TN :
**- placé sur chaque départ, il garantit les conditions de déclenchement en cas de longueurs de lignes trop importantes et d'utilisations mal maîtrisées
- placé en tête d'un groupe de circuits, il assure la protection lorsque les masses ne sont pas reliées entre elles (bâtiments distincts, utilisations éloignées).**

• Au 2e défaut, en schéma IT :
**- placé sur les départs dont les conditions de protection ne sont pas assurées (longueurs de lignes souvent limitées en IT par un courant de défaut plus faible qu'en TN), il garantit la coupure
- placé en tête d'un groupe de circuits, il assure la protection lorsque les masses ne sont pas reliées entre elles (bâtiments distincts, utilisations éloignées).**

Déclenchements intempestifs

Les causes

• Courants de fuite :
**Les installations électriques BT présentent des courants de fuite permanents, qui ne sont pas dus à des défauts, mais aux caractéristiques mêmes des isolants des appareils et des conducteurs. Leur valeur est généralement de quelques milliampères dans une installation en bon état et n'entraîne pas de disjonction intempestive.
Le développement des récepteurs intégrant de plus en plus d'électronique avec alimentations à découpage et filtrage associés, il en résulte des courants de fuite plus élevés. Un seul poste informatique qui comprend plusieurs appareils (unité, écran, imprimante, scanner…) peut présenter un courant de fuite de quelques milliampères.
L'alimentation de plusieurs postes à partir d'une même prise ou d'un même circuit peut donc rapidement entraîner un courant total de fuite faisant déclencher les différentiels haute sensibilité.**

• Courants transitoires :
Les effets capacitifs de l'installation, les surtensions de manœuvre sur circuits inductifs, les décharges électrostatiques, les chocs de foudre sont autant de phénomènes momentanés qui ne sont pas des défauts au sens propre et pour lesquels les dispositifs différentiels doivent être immunisés.

• Présence de composantes continues :
Des composantes continues de courant peuvent circuler suite à des défaillances de certaines alimentations électroniques. Celles-ci peuvent modifier voire annihiler le fonctionnement des différentiels s'ils ne sont pas protégés en conséquence.

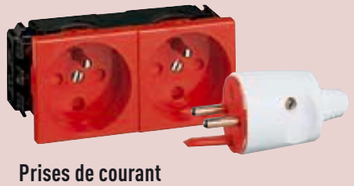
Les solutions

• Courants de fuite élevés :
**- diviser et protéger indépendamment les circuits afin de limiter le nombre d'appareils pour chacun en s'assurant de la sélectivité verticale
- utiliser des appareils de classe II quand ils existent
- alimenter par un transformateur de séparation les appareils à risque de fuite important
- utiliser des différentiels de type Hpi dont la courbe de déclenchement est mieux adaptée
- appliquer la "mesure dérogative d'utilisation spécifique" uniquement en recours ultime (voir encadré).**

• Courants transitoires :
**- limiter ceux-ci en assurant une bonne équipotentialité de l'installation (voir page 100)
- utiliser des câbles avec un conducteur de protection relié à la terre même si celui-ci n'est pas utilisé (alimentation d'appareils de classe II), les câbles sans conducteur de protection pouvant générer des transitoires par effet capacitif
- utiliser des différentiels retardés (type s), qui laissent passer les courants transitoires pendant la phase de retard, ou de préférence des différentiels Hpi qui assurent une bonne immunité aux courants transitoires (limitation des déclenchements) tout en conservant une sécurité optimale de la protection (rapidité).**

La mesure dérogative d'utilisation spécifique

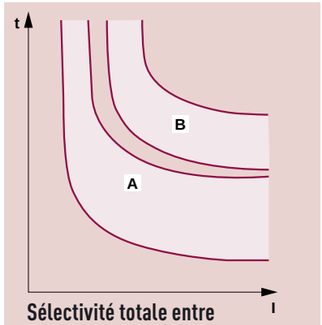
**L'arrêté du ministère du Travail du 8 janvier 1992 admet en dérogation à la NF C 15-100 de ne pas protéger, par un dispositif différentiel 30 mA, les prises de courant jusqu'à 32 A lorsque cette mesure n'est pas compatible avec l'exploitation (courants de fuite des matériels informatiques par exemple).
Attention : une telle démarche engage la responsabilité du chef d'établissement qui serait responsable en cas d'accident lors d'une utilisation non prévue (branchement d'un autre appareil).
Des précautions de sécurité complémentaires (marquage distinctif, prises à détrompeur) doivent donc être prises en complément de l'application de cette dérogation qui doit vraiment rester exceptionnelle.**



Prises de courant
Mosaic à détrompage

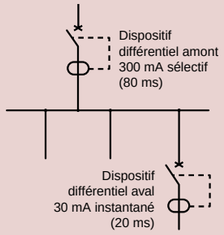
3 LA SÉLECTIVITÉ DES DIFFÉRENTIELS

Les conditions de coordination des dispositifs de protection à courant différentiel résiduel (DR) sont définies par la CEI 60364-5-53.
Tout en assurant une sécurité maximale, elles permettent de maintenir en exploitation les parties de l'installation qui ne sont pas affectées par le défaut éventuel.
La sélectivité de deux dispositifs de protection à courant différentiel résiduel nécessite que la caractéristique de non-déclenchement temps/courant de l'appareil amont soit supérieure à celle de l'appareil aval.

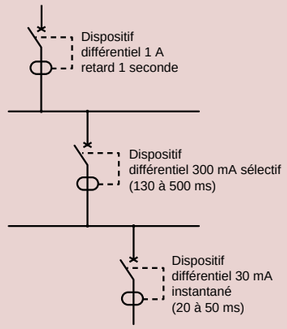


Sélectivité totale entre un appareil aval (A) et amont (B)

Sélectivité à 2 niveaux



Sélectivité à 3 niveaux



Dans la pratique, le dispositif amont devra avoir une sensibilité 2 à 3 fois moindre et un temps de coupure à IΔn au moins 4 fois plus long que le dispositif aval.

Exemple :
Avec un courant de défaut de 1 A
- dispositif aval : 30 mA instantané (déclenchement en 20 ms)
- dispositif amont : 300 mA sélectif (déclenchement en 80 ms).

Attention : un retard supérieur à 1 s n'est pas autorisé.

4 LA NÉCESSITÉ DE LA CLASSE II

La protection contre les contacts indirects peut ne pas être assurée sur certaines parties de l'installation, par exemple :
- les tableaux de branchement des installations en régime TT où l'appareil de tête ne possède pas de fonction différentielle
- les tableaux où la présence d'un parafoudre en tête entraînerait le déclenchement d'un appareil de tête différentiel
- les circuits dans lesquels les caractéristiques temps / courant des appareils différentiels ne sont pas compatibles avec la résistance de prise de terre locale.

Du fait de l'absence de dispositif différentiel de tête, l'installation de classe II peut également permettre de substantielles économies.

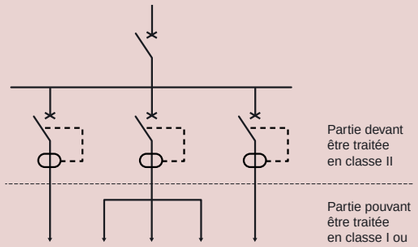
L'installation doit être réalisée en classe II jusqu'aux bornes de sortie des dispositifs à courant différentiel assurant effectivement la protection contre les contacts indirects (caractéristiques temps/courant compatibles avec les conditions locales de protection définies par la tension de contact admise U_L et la résistance R de prise de terre).

Valeur maximale de la résistance de prise de terre R (Ω) en fonction du courant de fonctionnement du dispositif différentiel (temps de déclenchement n'excédant pas 1 s).

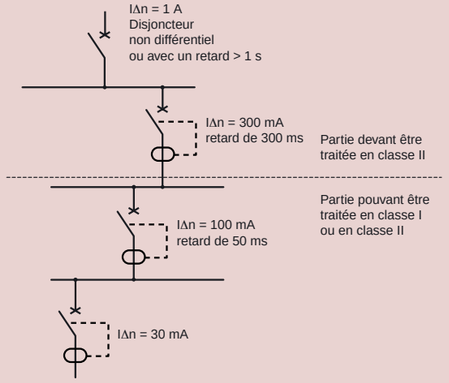
IΔn différentiel	R Terre (Ω) U_L : 50 V
≤ 30 mA	> 500
100 mA	500
300 mA	167
500 mA	100
1 A	50
3 A	17

Traitement en classe II pour tout ou partie d'un ensemble ou d'un tableau de branchement

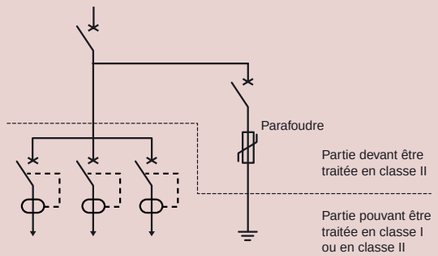
Appareil de branchement non différentiel



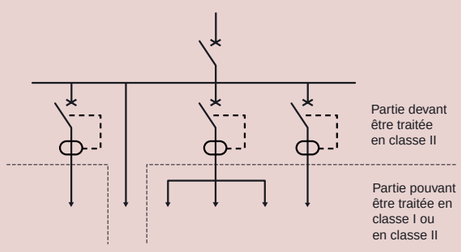
4 niveaux de sélectivité dont les deux premiers nécessitent l'installation en classe II



Parafoudre placé en amont du dispositif différentiel



Départ principal vers un autre tableau traité en classe II



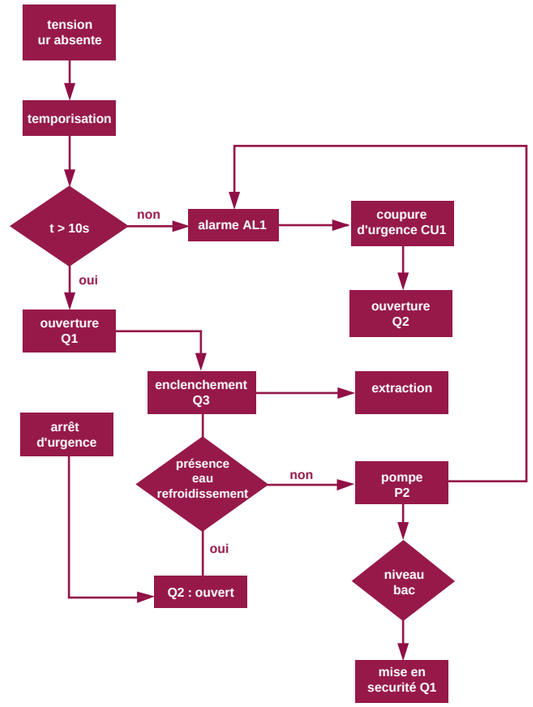
LES FONCTIONS D'EXPLOITATION

Coupure et protection restent assurément les fonctions de base nécessaires à une utilisation sécurisée de l'énergie électrique ; mais à celles-ci s'ajoutent dans les installations actuelles des exigences de fiabilité, de continuité de service, de sécurité, qui requièrent une schématique adaptée à des appareils aux fonctions élargies (motorisations, auxiliaires, débrochages, bobines de commande...).





> LE LOGIGRAMME D'EXPLOITATION



Préalablement au schéma unifilaire, il est conseillé d'établir un schéma fonctionnel logique intégrant les notions de gestion de sources, de circuits prioritaires, de commandes et d'asservissements, de sectionnement, de tests des circuits... avant d'effectuer le choix des appareils.

Des moyens de coupure d'urgence doivent être prévus pour toute partie d'installation pour laquelle il peut être nécessaire de commander l'alimentation afin de supprimer un danger inattendu. (NFC 15-100 art. 463). L'arrêt d'urgence vise à la suppression la plus rapide possible d'un danger qui n'est pas nécessairement d'origine électrique.

L'utilisation de l'Indice de Service (IS) peut aider à définir les critères de continuité nécessaires à l'exploitation, la maintenance et l'évolution des tableaux de puissance (document UTE C 63-429).
Les différentes versions d'appareils DPX, DMX (fixes, extractibles, débrochables) et les systèmes de distribution (Lexiclic, XL-Part,...) de l'offre Legrand permettent de répondre à tous les niveaux d'IS requis (de 111 à 333).

La consignation des ouvrages et équipements

Isolation (ou sectionnement), commutations, vérifications, tests et maintenance au sens le plus large sont autant d'opérations qui doivent se faire, et se prévoir avec le souci majeur de préserver la sécurité des personnes et des biens. Pour les effectuer, un certain nombre d'actions dûment identifiées et ordonnées est nécessaire. Elles constituent la consignation



1 LA CONSIGNATION

La "consignation" ou "mise en sécurité" est une opération précise et bien définie ayant toujours pour but de mettre et surtout de maintenir une situation en sécurité.
Celle-ci va permettre d'intervenir sur tout ou partie d'une installation (ou d'un équipement) sans que la remise en fonctionnement (déconsignation) ne soit possible sans l'action volontaire et concertée de toutes les personnes responsables.
Plusieurs phases incontournables sont discernées dans la consignation.

Coupure pleinement apparente / Coupure visible



La coupure pleinement apparente garantit la liaison mécanique permanente des contacts et de la poignée de manœuvre. La position de celle-ci traduit celle des contacts. Elle ne peut, par exemple, être mise sur OFF si les contacts sont soudés



Le vistop assure le sectionnement à coupure visible des contacts. La poignée de manœuvre intègre la possibilité de disposer jusqu'à 3 cadenas de consignation

La coupure pleinement apparente

Elle peut être assurée par un sectionneur ou un inter-sectionneur à contacts visibles (Vistop) ou par un appareil ayant à la fois des distances d'isolement suffisantes et un asservissement fiable entre la position des contacts et celle de l'organe de manœuvre (DPX).
A noter que dans les conditions de livraison du "tarif vert EDF" et en cas de comptage BT (transformateur unique et de puissance ≤ 1 250 kVA) l'appareil de tête doit être à coupure visible. Cette condition peut être assurée alors par un appareil de type DPX, ou DMX débrochable ou par l'association d'un inter-sectionneur Vistop et d'un disjoncteur DPX.

1 La séparation

Elle consiste en la mise "hors tension" de tous les circuits de puissance, de contrôle-commande et de secours par une coupure dite "pleinement apparente".

2 La condamnation

Elle est réalisée par un dispositif mécanique assuré par cadenas ou serrure. Elle empêche toute manœuvre, intentionnelle ou non, de l'appareil condamné.

A noter que les clés à profil (triangle, carré…) ne sont pas admises pour cette fonction.



Cadenas de consignation réf. 227 99

3 La dissipation (ou mise au niveau d'énergie le plus bas)

Elle consiste en la décharge des condensateurs. Pour une sécurité maximale, elle comprend la mise à la terre et en court-circuit des conducteurs. Elle est obligatoire au-dessus de 500 V. Elle ne l'est pas en dessous (domaine BTA) sauf s'il y a risque de tensions induites, d'effets capacitifs (condensateurs ou grandes longueurs) ou risque de réalimentation.

4 La vérification

Elle doit être effectuée au plus près du lieu de l'intervention, avec un appareil normalisé de "mesure d'absence de tension" (selon NFC 18-310/311) entre tous les conducteurs y compris le neutre et entre ceux-ci et la terre. Les contrôleurs type multimètre ou testeur sont formellement prohibés.
Ces quatre phases de principe doivent être accompagnées des moyens nécessaires à l'information des personnes non intervenants et intervenants.

5 La signalisation

Elle consiste en une information claire, précise et permanente de l'état de consignation de l'installation. Le balisage de la zone peut être nécessaire.

A noter que dans le domaine BTA (≤ 500 V), l'apposition d'une pancarte interdisant la manœuvre du dispositif de séparation est exceptionnellement possible si ce dernier ne comporte pas de condamnation. Cette pratique ne doit pas être admise si le dispositif n'est pas visible depuis le lieu d'intervention.

6 L'identification

Elle doit permettre une intervention ciblée, sans ambiguïté sur l'appareil ou la partie d'installation concernée. A cet effet, schémas électriques, plans de situation géographique, repérages… devront être disponibles et à jour.



2 LES OUVRAGES

Si les principes généraux restent les mêmes en matière de consignation, les mesures à prendre pourront différer selon les périmètres concernés : réseau, installations, appareils et équipements.

1 Les réseaux de distribution

Ils concernent la partie des ouvrages relevant du distributeur d'énergie. Des règles (spécifications EDF par exemple), objet de décrets spécifiques leur sont applicables.

2 Les installations électriques

Elles comprennent l'ensemble des matériels qui participent à la transformation, à la distribution et au transport de l'énergie jusqu'aux différents équipements utilisateurs. Le tableau principal (TGBT) fait partie de l'installation.
Parmi les textes réglementaires applicables, on peut citer : le décret du 14 novembre 1988 relatif à la protection des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques, les normes dites d'installations NFC 13-100, NF C 13-200, NFC 14-100, NFC 15-100…

3 Les appareils et équipements

Ils sont constitués par les canalisations et l'appareillage. Les tableaux divisionnaires et terminaux qui regroupent les commandes et protections font partie des appareils et équipements.
Les normes applicables sont ici très nombreuses et propres à chaque équipement ou famille d'appareils : série des normes EN 60439, EN 60204, EN 60947…

3 LES MANŒUVRES

En plus de la consignation les manœuvres peuvent être d'exploitation ou d'urgence. Il importe de bien les discerner.
Les manœuvres d'exploitation sont destinées à des opérations courantes : mise en marche, arrêt, connexions prévues à cet effet, mesures, réarmement qui s'effectuent sans risque particulier dans un cadre de fonctionnement normal. Les manœuvres d'urgence relèvent pour leur part de la nécessité de protéger au mieux personnes et biens dans le cadre de circonstances dangereuses.
Les manœuvres d'exploitation nécessitent de prendre des précautions fondamentales de sécurité en veillant tout particulièrement à utiliser des dispositifs de protection individuelle (gants isolants), appareils de mesure et fiches-de tests adaptées, pinces isolées…
Le risque de court-circuit doit absolument être minimisé compte-tenu de ses conséquences.
Par principe, les mesures prises doivent l'être après une analyse préalable intégrant à la fois :
- la nature des travaux (mesures, essais, connexion, nettoyage…)
- les conditions d'environnement au sens large, notamment conditions atmosphériques (précipitations ou risque d'orage) mais également conditions réelles d'inaccessibilité de personnes non qualifiées ou encore occurrence de contact avec le potentiel de la terre
- les exigences propres au travail sous tension que l'on sépare en travail au contact, à distance ou au potentiel.
Il fait dans tous les cas l'objet d'une habilitation particulière délivrée par le chef d'établissement. La conduite des travaux sous tension relève de procédures propres et requiert des matériels de protection et outillages spécifiques.

4 LES INTERVENANTS

Le personnel chargé des manœuvres de consignation et d'exploitation doit être qualifié et habilité selon la complexité et les risques propres à l'opération concernée.
Hormis celles sur les réseaux de distribution réservées à des personnes qualifiées et habilitées, les manœuvres d'urgence nécessitent uniquement information ou consignes.

Définition et qualification des intervenants

La publication UTE C 18-510, qui fait référence, donne les définitions précises et les qualificatifs de chacune des personnes concernées. En voici les éléments résumés.

• Employeur :
personne qui assure directement ou indirectement la responsabilité légale dans le cadre du Code du Travail. Pour éviter les confusions entre l'entreprise donneuse d'ordre et l'entreprise intervenante, on pourra utiliser chef d'établissement ou exploitant pour la première et chef d'entreprise pour la seconde.

• Chargé d'exploitation :
personne désignée et déléguée par l'employeur pour assurer l'exploitation d'un ouvrage électrique, y compris l'exécution des travaux et interventions.

• Chargé de consignation électrique :
personne désigné par l'employeur ou le chargé d'exploitation pour effectuer tout ou partie de la consignation et faire prendre les mesures de sécurité adaptées.

• Chargé de réquisition :
personne désignée par le chef d'exploitation chargée de mettre en réquisition tout ou partie d'ouvrages, principalement de réseaux ou d'installations étendues. Pour la partie réquisitionnée, il peut alors avoir le rôle de chargé de consignation.

• Chargé de travaux :
personne qui assure la direction effective des travaux. Chargée de prendre, de faire prendre les mesures de sécurité et de veiller à leur application. En outre cette personne peut travailler seule ou participer aux travaux qu'elle dirige.

• Chargé d'essais :
personne qui assure la direction effective des essais. Elle est chargée de prendre les mesures nécessaires et de veiller à leur application.

• Exécutant :
personne désignée par son employeur pour effectuer des travaux en exécution d'un ordre verbal ou écrit. Il doit posséder la qualification correspondant au travail à effectuer.

• Surveillant de sécurité électrique :
personne spécialisée dans la sécurité et chargée par son employeur de veiller à la sécurité des personnes opérant sur les ouvrages électriques ou à leur proximité.

• Personne qualifiée :
personne possédant les connaissances pour l'exécution des tâches qui lui sont confiées.

5 LES HABILITATIONS

L'habilitation consiste en la reconnaissance par l'employeur de l'aptitude d'une personne à effectuer en toute sécurité les taches qui lui sont confiées.
Un titre d'habilitation écrit, comportant l'identification et l'approbation des parties et la codification du niveau d'habilitation devra être remis à l'employé. Ce titre ne dégage pas pour autant l'employeur de ses responsabilités.
Le niveau d'habilitation devra donc être adapté aux travaux à effectuer : différent par exemple entre le peintre qui travaillera dans un local transformateur et l'électricien intervenant sur le transformateur lui-même. Mais, condition sine qua non, tous deux devront avoir reçu une formation adaptée aux risques encourus pour eux-mêmes et pour les autres.

Une habilitation est bien évidemment nécessaire pour exécuter des travaux électriques, mais aussi pour diriger ces travaux, pour surveiller, pour consigner une installation, pour effectuer des tests et mesures, et ne l'oublions pas, pour simplement accéder sans surveillance à un local réservé aux électriciens. Par exemple, la personne qui effectue le ménage sur une plate-forme d'essai doit être habilitée en conséquence.



Signification du code d'habilitation

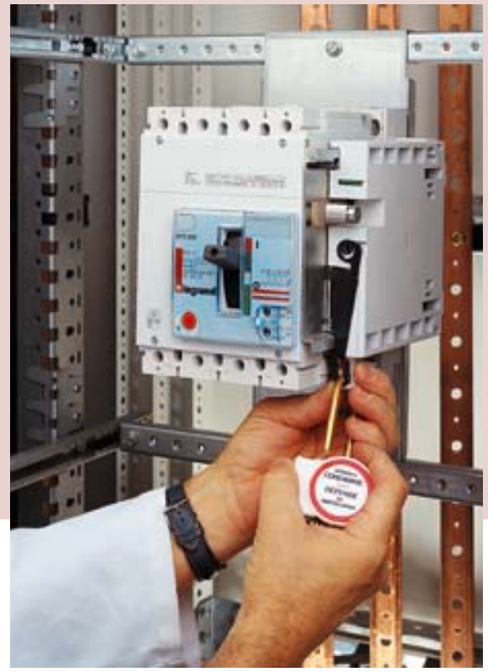
• Première lettre :
B pour le domaine BT et TBT
H pour le domaine HT
• Seconde lettre (optionnelle) :
R pour les travaux de dépannage, de raccordement, de test, de mesures (uniquement en BT)
C pour pouvoir effectuer des consignations
T pour travailler sous tension
N pour effectuer des travaux de nettoyage sous tension
V pour travailler au voisinage de parties sous tension
• Chiffre :
0 pour le personnel ne réalisant pas des travaux électriques
1 pour les exécutants des travaux électriques
2 pour les chargés de travaux électriques pouvant diriger plusieurs personnes
• Quelques exemples non limitatifs d'habilitations courantes dans le domaine BT :
B0 : Non-électricien pouvant accéder à des locaux réservés
B1 : Electricien exécutant sur instruction
BR : Chargé d'intervention assurant la direction des travaux qu'il effectue et leur sécurité
BC : Personne responsable de la consignation.

6 LES AUTORISATIONS

Quels que soient les travaux entrepris, l'opération de consignation proprement dite doit faire l'objet de documents écrits et surtout de l'assurance que ces documents aient bien été reçus par leur destinataire.
Les messages télétransmis (fax, mails) doivent faire l'objet de précautions adaptées sur la garantie de la réception et de la compréhension. Un message en retour avec numéro d'identification du message aller est obligatoire. L'accusé de réception n'est pas suffisant.
On utilisera à cette fin l'attestation de consignation, destinée au chargé de travaux ou d'intervention ; elle comportera la date et l'heure et un volet d'avis de fin de travaux.
D'autres documents dont la liste n'est pas ici exhaustive seront utilisés : autorisation de travail, fiche de manœuvre, instruction, avis de réquisition, attestation de séparation du réseau de distribution public, etc.
On se reportera aux textes réglementaires en vigueur pour plus de précisions.

7 LA CONDAMNATION

La condamnation a pour but d'interdire la manœuvre de l'organe de séparation.
Elle doit comprendre l'immobilisation mécanique de l'appareil et la neutralisation de toutes les commandes, qu'elles soient électriques, électroniques, radio, etc.
D'autre part une indication (affichage, voyant…) doit signaler clairement l'état de condamnation.



Opération de condamnation d'un DPX 250 débrochable par cadenas

8 LE VERROUILLAGE

Seule la réalisation du verrouillage permet de garantir l'état de condamnation.
Très souvent, plusieurs verrouillages sont utilisés conjointement :
- pour ordonner la séquence des manœuvres (ordre des commandes)
- pour rendre les manœuvres interdépendantes et alternatives (inversion de sources par exemple)
- pour nécessiter l'action simultanée de plusieurs personnes (sécurité accrue).

Les verrouillages sont réalisés en prenant en compte la sécurité des personnes et des biens, par exemple: interdire l'accès à des cellules HT avant leur mise hors tension, interdire l'ouverture ou la fermeture d'un sectionneur en charge...
Lorsque la clé se trouve libérée par la première serrure et permet alors de commander une seconde serrure, on parle d'interverrouillage à transfert de clé.
La séquence de verrouillage peut aussi nécessiter la libération de plusieurs clés : dans ce cas un dispositif à serrures multiples permet à la première clé (dite "clé-mère") qui va rester prisonnière de libérer plusieurs clés (dites clés-filles).

Le principe de base du verrouillage repose sur l'unicité de la clé.
Celle-ci peut commander une ou plusieurs serrures mais jamais une serrure ne doit pouvoir être commandée par deux clés identiques.

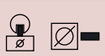
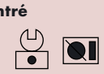


Bloc serrure adaptable sur DPX 630 débrochable

9 SYMBOLES PRATIQUES

Dans tous les cas le choix des serrures et des positions de sécurité nécessite une étude préalable de la séquence de verrouillage à appliquer pour bien définir le besoin et parfaitement identifier les risques afférents.
Les verrouillages "électriques" ne sont jamais considérés comme suffisants. Par principe, seuls les verrouillages "mécaniques" sont aptes à assurer la sécurité (sous réserve qu'ils soient eux-mêmes fiabilisés).
Différentes représentations graphiques sont faites des mécanismes de verrouillage ; certaines représentations reprennent l'état de la serrure (pêne rentré ou sorti) et de la clé (libre ou prisonnière). Des schémas symboliques de principe sont également utilisés mais, par principe, les séquences complexes doivent être explicitées par le texte.

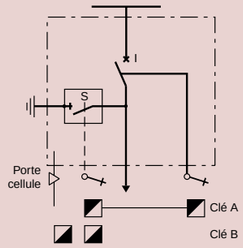
Symboles de principe (source APAVE)	
Ensemble mécanisme serrure	
Serrure avec clé toujours libre	
Serrure avec clé toujours prisonnière	
Serrure avec clé prisonnière appareil fermé	
Serrure avec clé prisonnière appareil ouvert	

Symboles fonctionnels	
Verrouillage mécanique	
Ensemble mécanisme serrure	
Clé prisonnière	
Clé absente	
Clé libre	
Manœuvre de la clé - introduction	
- extraction	
Serrure sur porte	
Clés tête-bêche	
Clé absente / pêne rentré manœuvre libre	
Clé absente / pêne sorti manœuvre bloquée	
Clé libre / pêne rentré manœuvre libre	
Clé libre / pêne sorti manœuvre bloquée	
Clé prisonnière / pêne rentré manœuvre libre	
Clé prisonnière / pêne sorti manœuvre bloquée	

10 EXEMPLES DE SCHÉMAS-TYPES AVEC PROCÉDURES DE VERROUILLAGE

Exemple 1 : verrouillage entre sectionneur de mise à la terre, interrupteur HT et porte de cellule (symboles de principe)

Séquence de verrouillage :
- Ouverture de l'interrupteur I
- La clé est libérée
- Transfert de la clé A sur le sectionneur S
- Fermeture du sectionneur S
- La clé B est libérée
- Ouverture de la porte de la cellule avec la clé B
- La clé B reste prisonnière.

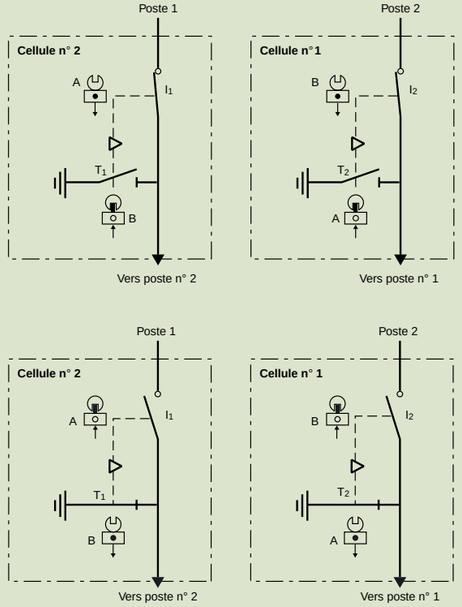


Exemple 2 : verrouillage de cellules sur réseau HT en boucle

L'objet de cette procédure est l'interdiction de la manœuvre de fermeture des sectionneurs de terre lorsque la cellule est alimentée en amont ou en aval (retour de boucle).

Installation en service :

NB : interrupteurs I et sectionneurs T sont asservis mécaniquement par construction.
Séquence de condamnation :
- Ouverture de l'interrupteur I1
- Condamnation de l'interrupteur I1 et libération de la clé A
- Ouverture de l'interrupteur I2
- Condamnation de l'interrupteur I2 et libération de la clé B
- Déverrouillage du sectionneur de terre T2 avec la clé A
- Fermeture du sectionneur de terre T2
- La clé A est prisonnière
- Déverrouillage du sectionneur de terre T1 avec la clé B
- Fermeture du sectionneur de terre T1
- La clé B est prisonnière.

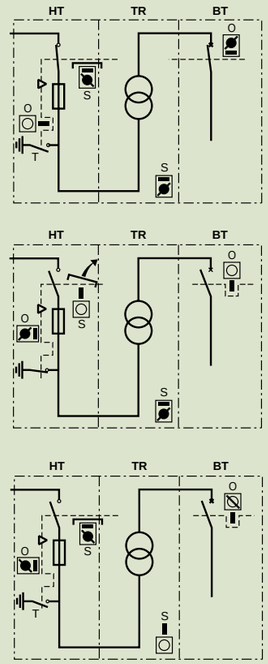


Exemple 3 : verrouillage HT/TR/BT (symboles fonctionnels)

Utilisée dans les postes de livraison à comptage BT, cette séquence, parmi les plus courantes, permet d'accéder aux bornes du transformateur après :
- Ouverture et verrouillage du disjoncteur BT
- Ouverture et verrouillage de la cellule HT
- Mise à la terre de l'alimentation HT séparée

Etat en service :
- Le disjoncteur BT est fermé
- La clé O est prisonnière
- La cellule HT est fermée
- La clé S est prisonnière
- Les bornes du transformateur sont inaccessibles

Séquence de verrouillage :
- Ouverture et débrochage du disjoncteur BT
- La clé O est libérée
- Transfert de la clé O sur la serrure de verrouillage de la cellule HT
- Ouverture de l'interrupteur HT et fermeture du sectionneur de terre par asservissement mécanique. L'opération est possible par transfert de clé, comme dans l'exemple 1
- La clé O devient prisonnière
- Le panneau de cellule peut être ouvert
- La clé S peut être prise
- Déverrouillage du volet de condamnation des bornes embrochables
- La clé S devient prisonnière.



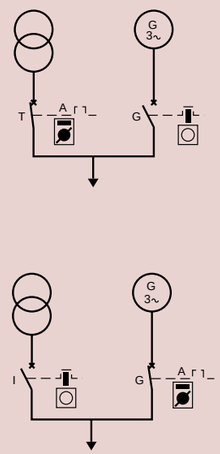
Exemple 4 : verrouillage sur inversion de source BT

Le couplage d'une alimentation de remplacement sur une installation ne doit pouvoir être réalisé qu'avec la certitude que l'alimentation principale est déconnectée.

Et réciproquement. Lorsque les appareils ne peuvent être implantés côte à côte (platine inverseur de source avec mécanisme d'inter verrouillage intégré) ou qu'ils sont de type différent (puissance secourue plus faible par exemple), il faut alors prévoir un inter verrouillage par clé.

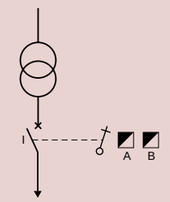
En service normal : alimentation par transformateur. Le disjoncteur I est fermé. La clé A est prisonnière.

En service de secours : le disjoncteur I est ouvert. La serrure associée est déverrouillée et la clé A est libérée.
La clé A est transférée sur la serrure du disjoncteur G, qui est fermé. La clé A est prisonnière.



Exemple 5 : verrouillage sur inversion de source et sur poste HT

Le disjoncteur débrochable est alors équipé de deux serrures.
En fonctionnement normal, le disjoncteur I est fermé, les clés A et B sont prisonnières.
L'ouverture du disjoncteur libère les clés A et B. La clé A est transférée sur la cellule HT amont (voir exemple 2).
La clé B est transférée sur la source de remplacement (voir exemple 4).
Un verrouillage entre la source de remplacement (disjoncteur G) peut aussi être prescrit avec la cellule HT (deuxième serrure).



11 LES DISJONCTEURS DE PUISSANCE EXTRACTIBLES ET DÉBROCHABLES DPX

Riches de leurs versions extractibles et débrochables, les DPX 250, DPX 630 et DPX 1600 permettent, outre la réponse aux exigences de "mise en sécurité" des ouvrages et des équipements, d'apporter une évolution significative dans les fonctionnalités mêmes de ce type d'appareils.

! La désignation des appareils

Les disjoncteurs de puissance (appareils destinés à la coupure et la protection) sont généralement désignés selon trois vocables : fixes, extractibles et débrochables.

• Les appareils fixes dont les connexions ne peuvent être établies ou coupées que lorsque leur alimentation est hors tension (raccordements par exemple sur bornes ou par cosses). En général, leur montage et leur démontage nécessitent un certain temps et un outillage minimal.
Ces appareils sont parfois désignés par la lettre F comme "Fixed parts".

• Les appareils extractibles (ou déconnectables) qui peuvent être insérés ou retirés sans mise hors tension du circuit considéré. Les manœuvres de connexion/déconnexion ne peuvent se faire que lorsque l'appareil est ouvert ; en cas contraire, la déconnexion entraîne mécaniquement la coupure de l'appareil.
Les appareils extractibles peuvent, dans des cas simples, assurer le sectionnement et la mise en sécurité, mais ils sont surtout utilisés pour leur interchangeabilité qui facilite grandement la maintenance.
Ils sont parfois désignés par la lettre D comme "Disconnectable parts".

• Les appareils débrochables qui outre les avantages des appareils extractibles (interchangeabilité et sectionnement à coupure visible) permettent par un mécanisme associé d'asservir les manœuvres de connexion/déconnexion, de rendre possibles les tests et mesures en conservant la continuité des circuits auxiliaires tout en coupant les circuits principaux, de visualiser l'état de ces circuits, et enfin de permettre par différents systèmes (cadenas, serrures…) le verrouillage de l'appareil pour les opérations de consignation.
Les appareils débrochables peuvent être désignés par la lettre W comme "Withdrawable parts".

Etat des circuits pour les différentes positions des appareils débrochables DPX

Circuits	Position raccordée	Position de test	Position de sectionnement	Position retiré
Principaux	|	\	○	○
Auxiliaires	|	|	○	○

Raccordée : | Ouvert : \ Sectionné : ○



DPX 1600
débrochable



DPX 250
version extractible,
monté sur sa base
prise arrière

La mise en œuvre des versions extractibles et débrochables est décrite au chapitre III.C.2.
Les mêmes fonctionnalités, avec des bases d'appareils spécifiques, sont possibles en montage sur châssis XL Part (voir chapitre III.D.1).
Les DPX extractibles ou débrochables répondent totalement à la notion d'indice de service en permettant des interventions sécurisées (IP 2x) et indépendantes par circuit.
Des bases prééquipées peuvent recevoir ultérieurement des appareils dans le cadre d'une extension programmée.
L'association du mécanisme "débro-lift" et de la fenêtre de façade permet le débrochage de l'appareil sans déplastronner.
Toutes les fonctions de verrouillage sont dès lors directement accessibles en face avant sans démontage.
La coupure du disjoncteur doit être préalablement effectuée même si, par la sécurité intégrée au mécanisme, la manœuvre de débrochage entraîne automatiquement son ouverture.
Tant que l'appareil n'est pas ouvert, une sécurité empêche le démontage éventuel du plastron.
Indépendamment de la manœuvre de débrochage, la manette du disjoncteur peut être immobilisée en position 0 par un cadenas.
En position débrochée, plusieurs possibilités de verrouillage sont offertes selon les cas.
Lorsque l'appareil est en position débrochée (voyant vert), correspondant au sectionnement de tous les circuits, et uniquement dans cette position de sécurité, bloc adaptable à une serrure (DPX 250, 630, 1 600) ou deux serrures (DPX 1 600) permet de déplacer un obturateur devant l'accès de la manivelle de manœuvre et de libérer une chape pouvant recevoir des cadenas. A ce moment, la clé jusque-là prisonnière est également libérée.
L'appareil est alors totalement verrouillé : les manœuvres de fermeture et de réembrochage sont rendues impossibles.
A noter également que le mécanisme "débro-lift" peut être immobilisé par des cadenas (jusqu'à 3) lorsque le plastronnage est retiré. Cette sécurité supplémentaire peut être utile en maintenance par exemple.

L'indice de service "IS"

Un concept de classification des ensembles de distribution a récemment été proposé pour clarifier les différents codes existants (code MPC de la norme NF C 61-412) et qualifier le niveau de service offert par un tableau de distribution BT pour les trois phases d'exploitation, de maintenance et d'évolution. Le taux de réponse est donné pour chacune d'elles par un chiffre de 1 à 3 selon que l'opération nécessite :
• Chiffre 1, l'arrêt complet du tableau
• Chiffre 2, l'opération ou l'arrêt du seul départ (unité fonctionnelle) concerné avec intervention éventuelle sur ses raccordements
• Chiffre 3, le test hors charge, le changement ou l'ajout d'appareil sans intervention sur les raccordements.
Les niveaux 1, 2 et 3 peuvent être réalisés par l'utilisation des appareils en version fixe, extractible ou débrochable.
La notion d'IS est fonctionnelle ; elle ne présume pas de solutions de protection contre les contacts fortuits qui peut être traitée en fonction de la qualification des intervenants.
Le systéme de distribution XL-Part (voir page 598) est particulièrement adapté à cette notion d'indice de service.
Il permet une intervention en toute sécurité sur chaque appareil. Des bases d'appareils peuvent être préinstallées, et même cablées, pour des extensions futures.

+ Les DPX en version extractible ou débrochable peuvent être équipés de commandes rotatives ou de commandes motorisées.
Dans ce cas, la fenêtre de façade n'est pas montée et le verrouillage peut être fait par la serrure adaptable de la commande ou par un bloc à serrure Ø 22 agissant directement sur le mécanisme "débro-lift".
Des versions inverseurs de source manuels ou automatiques (avec moteur) sont également disponibles sur demande avec des appareils en exécution débrochable.

La motorisation et l'inversion de source

Les commandes motorisées trouvent leurs applications tant dans les processus automatisés que dans ceux de sécurité (priorité de service, coupure pompiers...). Elles permettent la commande à distance des circuits d'alimentation et des circuits de charge dans le cadre de la gestion du bâtiment.
L'inversion de sources automatique est l'une des principales applications des commandes motorisées

1 LES COMMANDES MOTORISÉES POUR DPX

Les commandes motorisées pour DPX permettent de télécommander le fonctionnement (marche, arrêt, réarmement) des DPX à distance.
En fonction des besoins, elles sont associées à des schémas électriques de commande adaptés.
Les commandes motorisées pour DPX 250 et 630 peuvent être pilotées directement ou par l'intermédiaire d'auxiliaires de commande (bobines à émission de courant ou à minimum de tension). Elles existent en version 24 V⎓ et 230 V∿ (autres tensions sur demande).
Les commandes motorisées pour DPX 1600 doivent être pilotées par des auxiliaires.

Dans les schémas à commande directe, le fonctionnement n'est pas instantané et les changements d'état requièrent quelques secondes. Ils sont donc plutôt utilisés dans des séquences d'automatismes où ce temps est pris en compte.
Leur usage est déconseillé pour effectuer des "coupures d'urgence" et il doit être prohibé pour les "arrêts d'urgence".
Des exemples de schémas sont donnés au chapitre II.C.3 pour ces fonctions d'urgence.

Les schémas avec auxiliaires de commande peuvent être utilisés dans tous les cas ; ils permettent des manœuvres multiples, des commandes sur impulsion en intégrant des notions de sécurité positive (déclencheurs à minimum de tension).



Commande motorisée sur DPX 1600

+ Les commandes motorisées pour DPX peuvent être installées en atelier ou directement sur site sur des appareils déjà montés et câblés



Le montage des commandes nécessite de retirer la face avant du DPX; celle-ci doit ensuite être contre-percée sur sa face interne.
NB : ne pas omettre de retirer le prolongateur de manette et de placer le doigt de commande avant de positionner et de fixer la commande motorisée, le DPX devant être en position déclenché (manette sur zone grise).



Démontage de la face avant du DPX



Contre-perçage de la face avant pour passage des vis de fixation



Découpe de la face pour passage du doigt de commande



Insertion du doigt de commande



Remontage de la face avant puis du moteur sur le DPX



Vissage et fixation définitifs de la commande motorisée

! Il est impératif que le curseur en face avant corresponde au mode de fonctionnement réel : recharge manuelle ou recharge automatique en fonction du schéma retenu. Dans certains cas, une première recharge du ressort peut être nécessaire pour initialiser une séquence automatisée. Ne pas omettre de replacer le curseur en position auto après cette manœuvre.
Une position de verrouillage cadenassable permet également d'interdire tout fonctionnement de la commande.

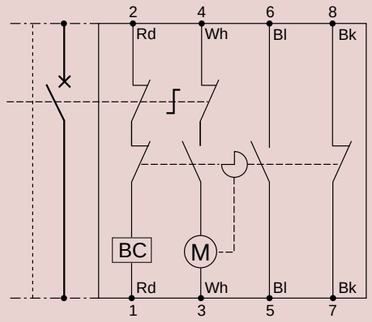


Raccordement électrique et repérage des commandes motorisées

Les commandes sont livrées avec leurs conducteurs de raccordement regroupés sous une gaine souple d'environ 0,5 m de longueur. La fonction de chacun d'eux est repérée par couleur. Il est conseillé de disposer un bornier de raccordement fixé sur rail à proximité de l'appareil. Les supports réf. 095 99 montés sur les montants réf. 095 95 peuvent être utilisés pour un bornier en position verticale à coté de l'appareil ou bien encore le support réf. 092 19 pour une fixation directe sur la structure de l'armoire.



Bornier Viking : raccordement de commande motorisée avec repérage CAB 3



Etat représenté :
disjoncteur ouvert, commande armée

Points de raccordement 1 et 2 :
Commande de la fermeture du disjoncteur
fils rouges (Rd)

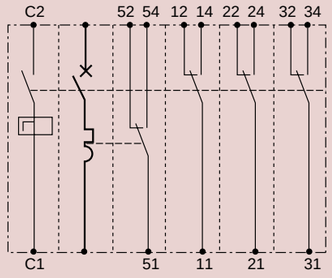
Points de raccordement 3 et 4 :
Commande de l'ouverture du disjoncteur et recharge du ressort (DPX 250 et 630)
Commande de recharge du ressort (DPX 1600)
Fils blancs (Wh)

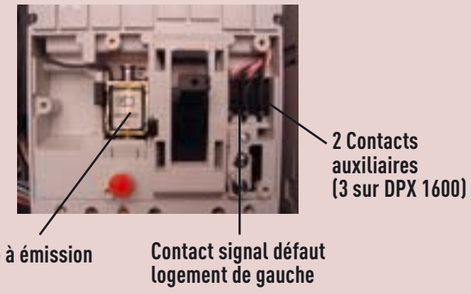
Points de raccordement 5 et 6 :
Contact de charge, ouvert quand le ressort est tendu
Fils bleus (Bl)

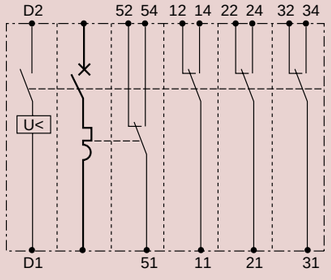
Points de raccordement 7 et 8 (DPX 1600 uniquement) :
Contact de charge, fermé quand le ressort est tendu
Fils noirs (Bk)

: Curseur auto/manuel/verrouillé + sécurité capot + liaison contacts principaux en position auto

Raccordement électrique et repérage des auxiliaires de commande montés dans le disjoncteur







C1/C2 : alimentation de la bobine à émission de courant ET

D1/D2 : raccordement du déclencheur à minimum de tension MT

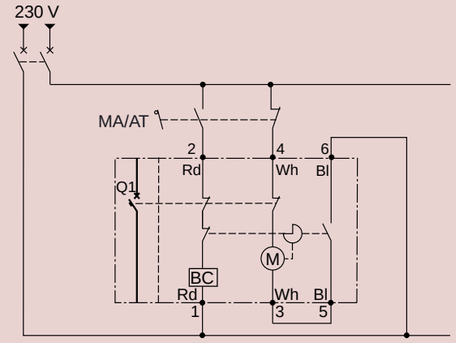
51-52/54 : raccordement du contact signal défaut SD
Attention, le fonctionnement de ce contact est asservi au déclencheur de l'appareil. Changement d'état en position disjoncté sur défaut ou sur action sur le bouton 0

11-12/14 : raccordement du 1er contact auxiliaire

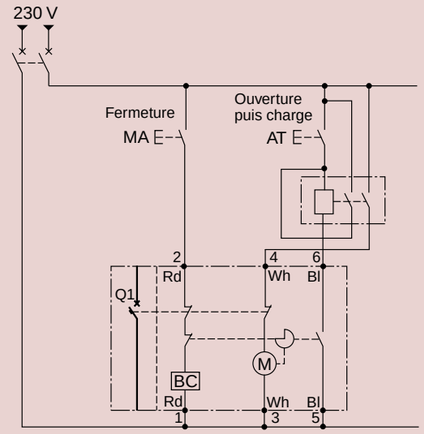
21-22/24 : raccordement du 2e contact auxiliaire

31-32/34 : raccordement du 3e contact auxiliaire (DPX 1600 uniquement)

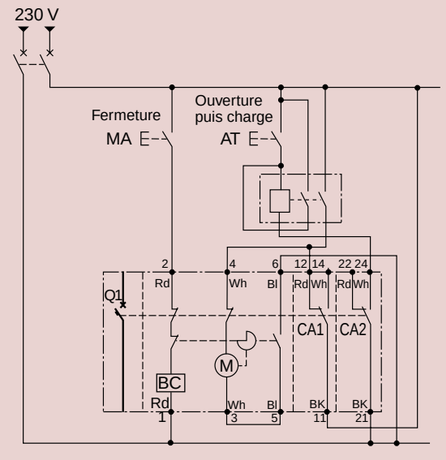
Exemples de schémas à commande directe



Commande maintenue avec recharge du ressort après ouverture



Commandes sur impulsion avec recharge automatique à l'ouverture du disjoncteur

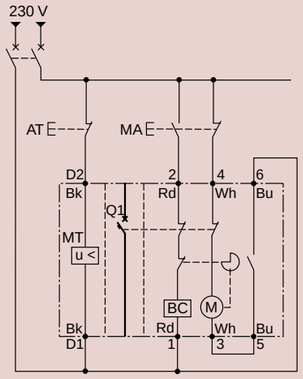


Commandes sur impulsion avec recharge automatique après déclenchement sans repasser par la position d'arrêt et sans acquittement

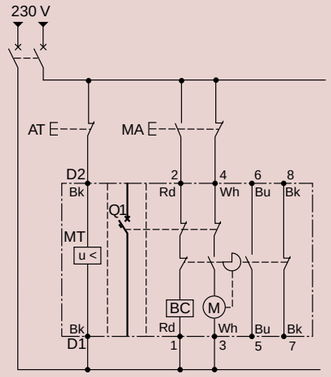
MA : bouton marche
AT : bouton arrêt

Exemples de schémas à commande avec auxiliaires

Commandes sur impulsion avec ouverture par déclencheur à minimum de tension, recharge et réarmement automatiques à la fermeture du disjoncteur

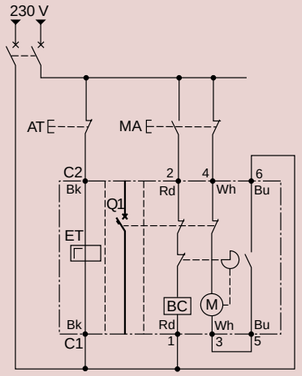


DPX 250 et DPX 630

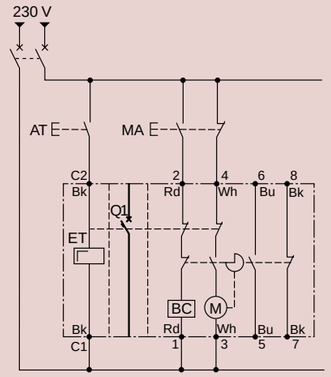


DPX 1600

Commandes sur impulsion avec ouverture par bobine à émission de courant, recharge et réarmement automatiques à la fermeture du disjoncteur

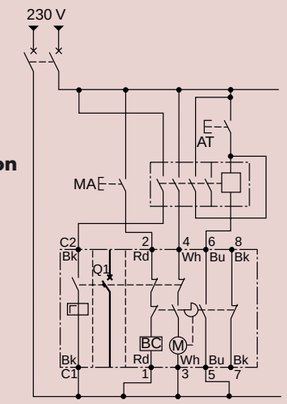


DPX 250 et DPX 630



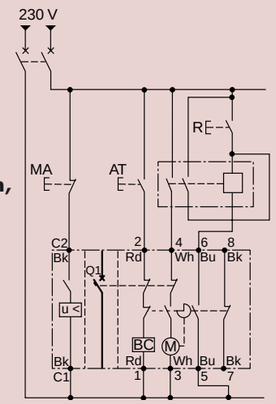
DPX 1600

Commandes sur impulsion avec ouverture par bobine à émission de courant, recharge et réarmement automatiques à l'ouverture



DPX 250, 630 et 1600

Commandes sur impulsion avec ouverture par déclencheur à minimum de tension, recharge et réarmement volontaires par commande externe séparée (reset)



DPX 250, 630 et 1600

2 LES INVERSEURS DE SOURCES DPX

L'inversion de sources répond au double besoin de continuité de service et de sécurité accrue.
Traditionnellement utilisée dans les hôpitaux, les ERP, les fabrications à processus continu, les applications aéroportuaires et militaires, l'inversion de sources connaît une demande croissante dans les applications de télécommunications et de traitement informatique mais aussi dans la gestion des sources d'énergie notamment celles dites "renouvelables".
L'inversion de sources assure les fonctions suivantes :
- basculement d'une source principale (ou normale) vers une source de remplacement (source de secours) pour l'alimentation des circuits nécessitant la continuité de service
- basculement d'une source principale vers une source de remplacement (2e source) pour la gestion des sources d'énergie (économie d'énergie par l'utilisation d'autres sources que le réseau éventuellement liée à une fonction de délestage)
- gestion du fonctionnement de la source de sécurité pour l'alimentation des circuits de sécurité.

Les inverseurs de sources Legrand sont réalisables dans les trois catégories (manuelle, télécommandée et automatique) avec les appareils DPX 250, DPX 630 et DPX 1600 en version disjoncteurs ou interrupteurs fixes, extractibles et débrochables.
A l'instar des commandes motorisées, l'inversion de sources peut se faire selon deux principes de commande.
L'un, sans bobines, qui permet un câblage simplifié mais induit des temps de manœuvre plus longs (quelques secondes). L'autre, basée sur l'utilisation de bobines à émission montées dans les DPX qui permet d'assurer des changements d'état quasi-instantanés.
Dans la pratique, la fonction de coupure d'urgence appliquée aux appareils inverseurs peut être assurée sans ajout de composants uniquement avec le second principe ou en ajoutant des bobines de commande dans le premier principe.



Inverseur 1600 A prêt à câbler

Le système d'automatisme d'inversion de sources ne doit pas être confondu avec une alimentation sans interruption (ASI). Il ne convient pas pour les alimentations des circuits de sécurité de type A ou de type B.

Le dispositif d'inversion de sources garantit la continuité d'exploitation par le basculement vers une source de remplacement en cas de défaillance de la source principale. Cette inversion de source est réalisée en toute sécurité grâce à des dispositifs d'interverrouillage mécanique et électrique. Selon le degré d'automatisation de la fonction, on peut la classer en trois catégories.
• Manuelle : la fermeture simultanée des deux appareils est interdite par un dispositif d'interverrouillage mécanique intégré à la platine support des appareils. La fermeture d'un appareil n'est possible que si l'autre est ouvert.
• Télécommandée : les appareils sont équipés de "commandes motorisées", les manœuvres de fermeture et d'ouverture sont alors réalisées à distance. Le schéma électrique et l'automatisme de commande est à réaliser au cas par cas selon les besoins.
• Automatique : un boîtier d'automatisme prend en charge la gestion de l'inversion. Le basculement vers la source de remplacement est effectué automatiquement en cas de défaillance de la source principale et inversement après retour de cette source.

3 LE BOÎTIER D'AUTOMATISME



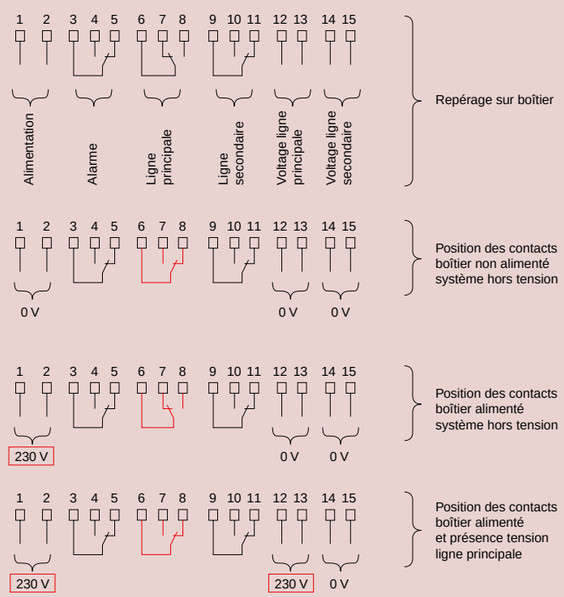
En version automatique un boîtier d'automatisme (alimentation 230 V~ ou 24 V⎓ selon modèle) permet de régler les conditions de fonctionnement de l'inversion de source.
Ces réglages sont directement accessibles sur la face avant du boîtier. Les opérations de réglage sont visualisées par des LED correspondantes. Les niveaux programmés sont visibles sur l'afficheur lumineux.
Possibilités de réglage :
- seuil de tension source normale UC1 (80 à 500 V~)
- seuil de tension source de remplacement UC2 (80 à 500 V~)
- temps de démarrage (commutation) générateur S (0,5 à 120 s)
- temps d'absence de tension source normale SC (0,1 à 10 s)
- temps de stabilisation de la tension retour source normale SC1 (3 à 120 s)
- temps avant rebasculement sur la source normale S1 (0,5 à 120 s).

Le boîtier d'automatisme possède plusieurs contacts de sortie :
- contacts d'alimentation des commandes motorisées (16 A, 230 V, AC1)
- contact d'alarme (5 A, 230 V, AC1)

En version 230 V~, le boîtier est temporairement non alimenté (sauf s'il existe une source d'alimentation permanente secourue ou sans interruption…) durant le temps de commutation (absence d'énergie). L'affichage est alors absent mais la séquence de l'automatisme est conservée.

La version 24 V alimentée par une alimentation secourue permet de conserver l'affichage, la visualisation des états (LEDS) et éventuellement l'alimentation de voyants. Elle est plus généralement conseillée.

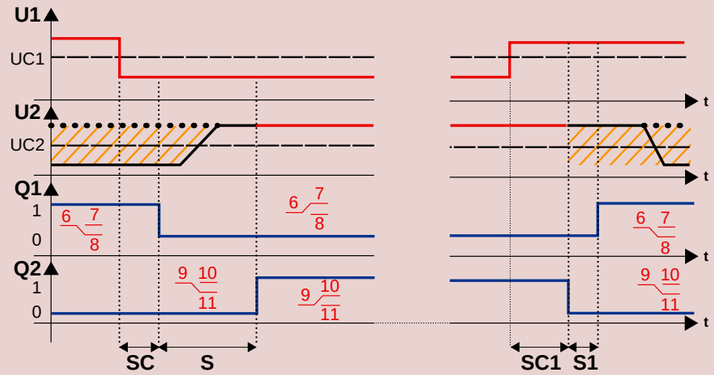
Représentation des contacts sur le boîtier d'automatisme

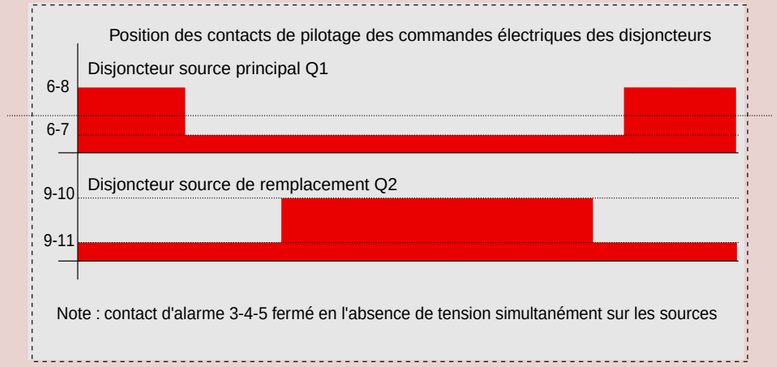




Le montage du boîtier d'automatisme s'effectue dans une découpe de 138 x138 mm. L'utilisation d'un plastron plein de hauteur 200 mm est parfaitement adaptée

Diagramme de fonctionnement du boîtier d'automatisme





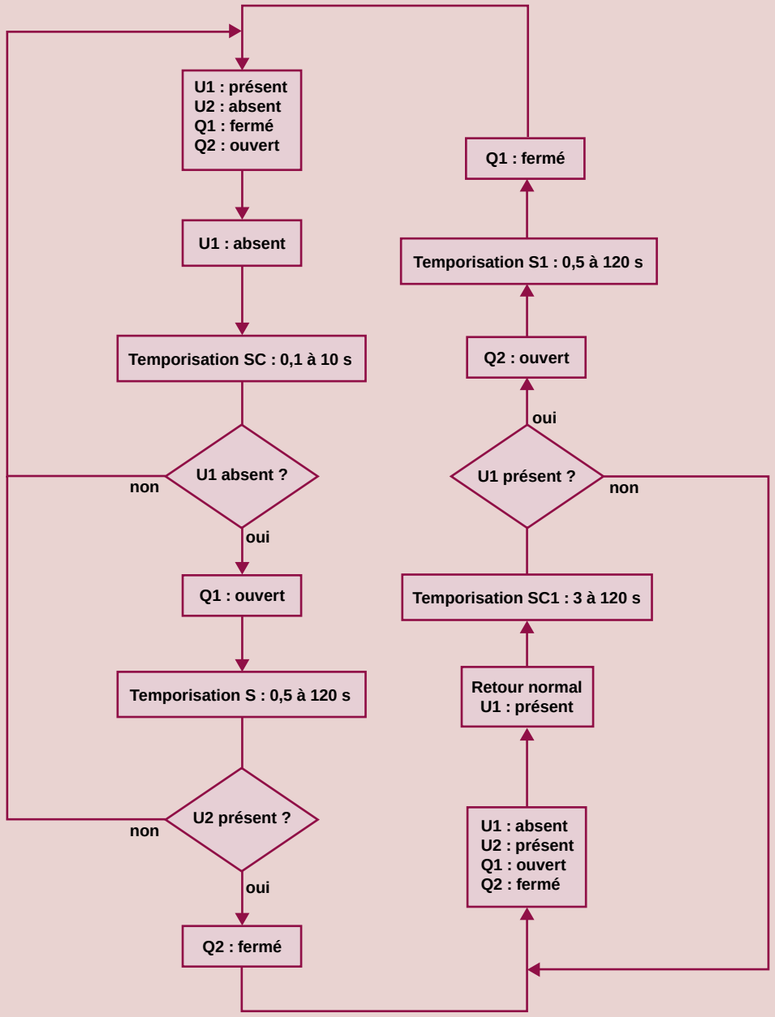
Légende

U1	Tension source normale
U2	Tension source de remplacement
Q1	Etat disjoncteur source normale
Q2	Etat disjoncteur source de remplacement
UC1	Seuil de commutation source normale
UC2	Seuil de commutation source remplacement
SC	Temps absence source normale
S	Temps de démarrage générateur
SC1	Temps stabilisation retour source normale
S1	Temps avant rebasculement sur la source normale

Etat des contacts du boîtier d'automatisme

6-8	Fermeture Q1
6-7	Ouverture Q1
9-10	Fermeture Q2
9-11	Ouverture Q2

Logigramme de fonctionnement



Les boîtiers d'automatisme sont livrés avec des temps S et S1 préréglés à 6 s, adaptés aux schémas A1 et A2 : "commande directe des moteurs (DPX 250/630) et câblage simplifié.

Pour l'alimentation correcte du boîtier d'automatisme, il est impératif d'ajouter un relais 2NO + 2NF, noté RSL dans les schémas, dit de "sélection de ligne", qui permet d'assurer l'alimentation du système d'inversion quelle que soit la source en service, normale ou de remplacement.
NB : veillez à l'adéquation de la tension d'alimentation de la bobine du relais (réseau 400 V sans neutre par exemple).

4 LES SCHÉMAS D'INVERSION DE SOURCES

• Schémas de base

Inversion de sources à commande directe et câblage simplifié (schéma A1 pour DPX 250 et 630 , A2 pour DPX 1600).
Ces schémas répondent aux mêmes usages que ceux recommandés pour les commandes motorisées (séquences automatisées intégrant les temps de manœuvres).
Les fonction d'arrêt ou de coupure d'urgence ne sont pas assurées et doivent faire l'objet d'un complément de câblage avec des bobines à émission (voir exemple sur schéma A2). L'arrêt nécessite alors le réarmement manuel des deux appareils.

Les schémas simplifiés A1 et A2 sont plus particulièrement adaptés à une inversion par interrupteurs DPX-I.

• Schémas avec utilitaires

Il est conseillé d'ajouter aux schémas de base les utilitaires suivants (schéma B) en utilisant le boîtier d'automatisme en version 24 V.
- Une alimentation secourue 24 V⎓ assurant la continuité d'alimentation du boîtier d'automatismes et des relais. Attention : Il est important de choisir une alimentation dont l'autonomie est supérieure au temps nécessaire à l'établissement de la tension "source de remplacement" (durée de démarrage groupe).

- Un relais R5 1NF dit de "sécurité après disjonction" commandé sur défaut électrique, par un contact de signalisation de défaut SD. Cette fonction a pour but d'empêcher l'inversion de source (quel qu'en soit le sens) dans le cas particulier où une disjonction se serait produite et aurait été suivie d'une interruption de source. Elle empêche la réalimentation par l'autre source d'un circuit en défaut. Cette fonction est également utilisée en cas d'ouverture manuelle et volontaire de l'un des disjoncteurs.

- Deux relais R1 et R2 2NO dits de "pilotage" qui assurent, par l'alimentation d'une bobine à émission de courant ET, l'ouverture du disjoncteur en service. Le retour à la position de précharge de la commande motorisée de ce même disjoncteur se fait automatiquement en quelques secondes après l'ouverture.

- Deux relais R3 et R4 1NF dits "d'état d'ouverture" qui désactivent la fonction SD, et donc la commande de R5, en discernant un état de coupure sur ordre (commande automatique ou volontaire) d'un état disjoncté suite à un défaut. Le contact SD est fermé uniquement en position disjoncté de l'appareil. Dans ce denier cas, l'automatisme est bloqué et aucune inversion n'est possible sans réarmement manuel (schéma A1, A2, et C) ou sans acquittement (schéma B, D, E, F, G, H)

- Deux protections 1 A par fusibles Gg ou par des disjoncteurs DX (en fonction du pouvoir de coupure nécessaire), des lignes d'alimentation de l'ensemble de l'automatisme.

- Deux protections 0,5 A (de préférence par fusibles Gg) des lignes de détection de présence tension.
La disposition de disjoncteurs différentiels DX 30 mA assurera une sécurité complémentaire contre les contacts indirects mais ne dispensera pas des précautions de câblage.

Deux modèles d'alimentation sont disponibles.
• Une alimentation 24 V⎓ 0,5 A (réf. 042 30) accompagnée d'une batterie (réf. 042 31). Cet ensemble est modulaire (6 + 6 modules) et se monte sur rail TH 35 x 15. L'autonomie est d'environ une minute et permet d'assurer la continuité d'alimentation du boîtier d'automatisme, et éventuellement de la commande groupe (ou de délestage) et d'un voyant à faible consommation associé à cette commande. (voir par paragraphe "pilotage groupe")
• Une alimentation stabilisée filtrée 24 V⎓ 3,3 A de 80 W non-modulaire (réf. 429 06) d'une autonomie d'environ 1 heure qui peut permettre de réaliser d'autres asservissements en 24 V⎓.

• Schémas avec fonctions complémentaires

Celles-ci permettent d'optimiser ou d'étendre les possibilités de commandes.

- Automatisation du réarmement sur acquittement :
schémas C,D,E, F, G, H, I
Cette option permet de s'affranchir de toute intervention manuelle de recharge après disjonction.

Le réarmement automatique sans acquittement (Voir schémas de commande à distance) est déconseillé pour l'application inverseurs.

- Commande "Marche/Arrêt" déportable avec acquittement des défauts associé à la remise en marche :
schémas E, F, G, H

L'utilisation de cette option n'est pas recommandée en réarmement manuel; elle perdrait ainsi l'intérêt de la commande à distance.

- Pilotage du groupe :
Schémas D, E, F, G, H
L'utilisation du contact d'alarme du boîtier d'automatisme n'est pas recommandée pour la fonction de pilotage du groupe. Celui-ci change d'état en l'absence simultanée des sources normale et de remplacement, sans intégrer les temps de stabilisation nécessaires.
Cette disposition complémentaire a pour but d'éviter des phénomènes de battements "normal/remplacement" qui seraient engendrés par un arrêt prématuré du groupe suite à des retours secteurs aléatoires.

- Commande de délestage
La commande initiale de délestage peut être traitée de la même manière que le pilotage du groupe. Il sera nécessaire d'élaborer un schéma de délestage adapté au besoin (priorités, niveaux, durées, cascades…) en fonction des utilisations.

- Commande sur ordre (horloge, EJP, marche manuelle forcée) :
Schémas G, H
Cette fonction permet de gérer la commande de la source de remplacement avec le délai permettant à celle-ci d'être opérationnelle (prise en compte du démarrage groupe par exemple) avant basculement sur cette source de remplacement.

- Commande de coupure par détection différentielle :
Schéma I
Cette option permet d'associer à la commande marche/arrêt déportable (qui utilise les bobines à émission ET), la commande de coupure générée par le relais différentiel réf. 260 91.

Précautions de câblage

Les connexions des lignes d'alimentation et de détection doivent être faites en amont des disjoncteurs Q1 et Q2. Ces parties de câblage doivent donc être protégées à la fois contre les courts-circuits (Icc de tête de tableau) et contre les contacts indirects (classe II).
Des précautions de câblage seront prise en conséquence : conducteurs sous conduits ou en goulotte et attachés sur tout leurs parcours. (Voir page 631)
Attention, les lignes de détection ne prennent la tension que sur deux phases ; la perte de la seule troisième phase n'est pas détectée.

Légende pour tous les schémas

	Bornes VIKING	réf. 390 61
SD	Contact de Signalisation de Défaut	réf. : 261 60 (monté dans le DPX, à préciser à la commande)
CA1 CA2	Contacts auxiliaires	réf. 261 60 (montés dans le DPX, à préciser à la commande, même référence que le SD)
ET	Bobine à émission de courant	réf. 261 67 230 V~ (montée dans le DPX, à préciser à la commande)
BC	Bobine de commande	(Intégrée à la commande motorisée)
M	Moteur	(Intégré à la commande motorisée)
CT	Contact marche sur ordre	Extérieur au schéma, pour commande sur ordre (exemple EJP)
Commande sur ordre à clé	Commande sur Ordre à Clé	Bouton tournant à clé composé de : 1 corps complet à 2 éléments 1 NO + 1 NF réf. 247 55 + 1 tête pour bouton tournant à clé réf. 245 72 (extraction de la clé en position 0) ou 1 tête pour bouton tournant à clé réf. 245 74 (extraction de la clé en position 1)
Acq	Bouton d'acquittement de défaut avant réarmement	Bouton poussoir bleu ou bouton à clé "rappel au centre" composé de : 1 corps complet à 2 éléments 2 NO + 2 NF réf. 247 56 + 1 tête pour bouton poussoir bleu réf. 245 06 ou 1 tête pour bouton tournant à clé réf. 245 72
Arrêt (Rouge)	Bouton d'arrêt	Bouton poussoir rouge composé de : 1 corps complet à 1 élément 1 NO réf. 247 51 et 1 Tête pour bouton poussoir rouge réf. 245 04
RSL	Relais de Sélection de Ligne	réf. 040 55
AUX	Contact auxiliaire inverseur	réf. 040 85 (Numérotation des bornes en utilisation "contacteur")
GE	Relais de Groupe Electrogène	réf. 366 35
R1	Relais de pilotage de Q1. 230 V~	réf. 040 49 (2 NO) ou réf. 040 55 (2 NO + 2 NF)
R2	Relais de pilotage de Q2. 230 V~	
R3	Relais d'état d'ouverture de Q1. 230 V~	réf. 040 38 (1 NO + 1 NF)
R4	Relais d'état d'ouverture de Q2 230 V~	
R5	Relais de sécurité après disjonction 24 V=	réf. 374 93 (1 contact inverseur) ou réf. 366 35 (4 contacts inverseurs)
R6	Relais d'arrêt à distance 230 V~	réf. 040 53 (4 NO)
R7	Relais de commande sur ordre 230 V~	réf. 040 38 (1 NO + 1 NF)
T1	Relais temporisé (programmable) de basculement sur ordre 230 V~	réf. 374 95 en position "fonction F" ou relais temporisé à l'ouverture
Vert 230 V~ Cde SUR ORDRE	Voyant Commande sur ordre	1 corps de voyant réf. 247 80 + 1 tête pour voyant lumineux vert réf. 247 23 + 1 lampe LED BA9S blanc 230 V~ réf. 249 73
Vert 230 V~ ALIM. AUTOMATISME	Voyant Alimentation automatisme	
Blanc 24 V= INFO GROUPE	Voyant Info groupe	1 corps de voyant réf. 247 80 + 1 tête pour voyant lumineux incolore réf. 247 27 + 1 lampe LED BA9S blanc 24 V= réf. 249 98
Rouge 24 V= DEFAUT	Voyant Défaut	1 corps de voyant réf. 247 80 + 1 tête pour voyant lumineux rouge réf. 247 24 + 1 lampe LED BA9S blanc 24 V= réf. 249 98
Rouge 24 V= REPORT ALARME	Voyant Report alarme (clignotant)	
Jaune 230 V~ ARRET	Voyant arrêt	1 corps de voyant réf. 247 80 + 1 tête pour voyant lumineux jaune réf. 247 25 + 1 lampe LED BA9S blanc 24 V= réf 249 98
Rouge 230 V~ DETECTION DIFF.	Voyant de défaut différentiel	1 corps de voyant réf. 247 80 + 1 tête pour voyant lumineux rouge réf. 247 24 + 1 lampe LED BA9S blanc 230 V~ réf. 249 73

Schéma A1 (DPX 250 et DPX 630) : Inversion de sources à réarmement manuel avec boîtier d'automatisme 230 V~

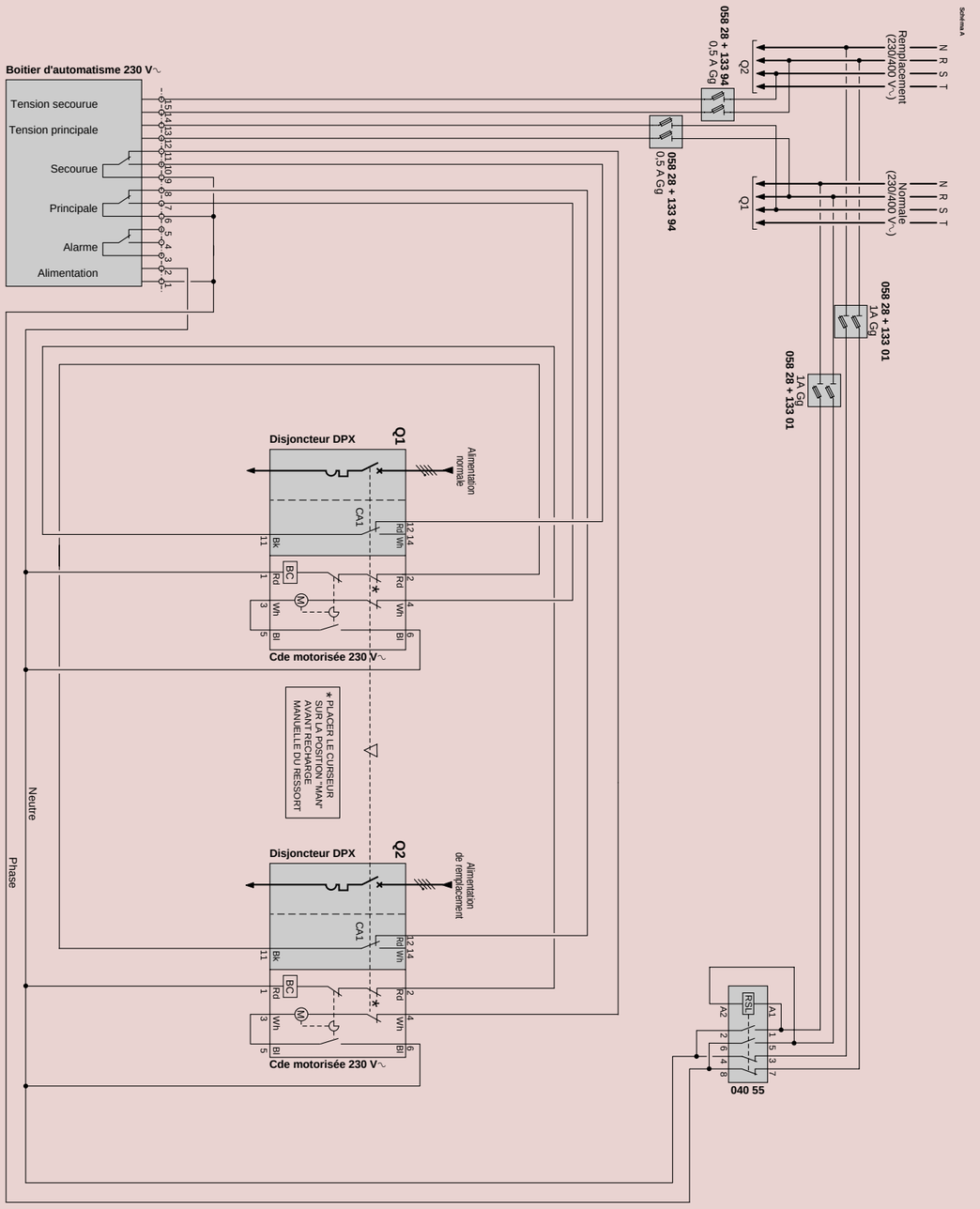


Schéma A2 (DPX 1600) : Inversion de sources à réarmement manuel avec boîtier d'automatisme 230 V~

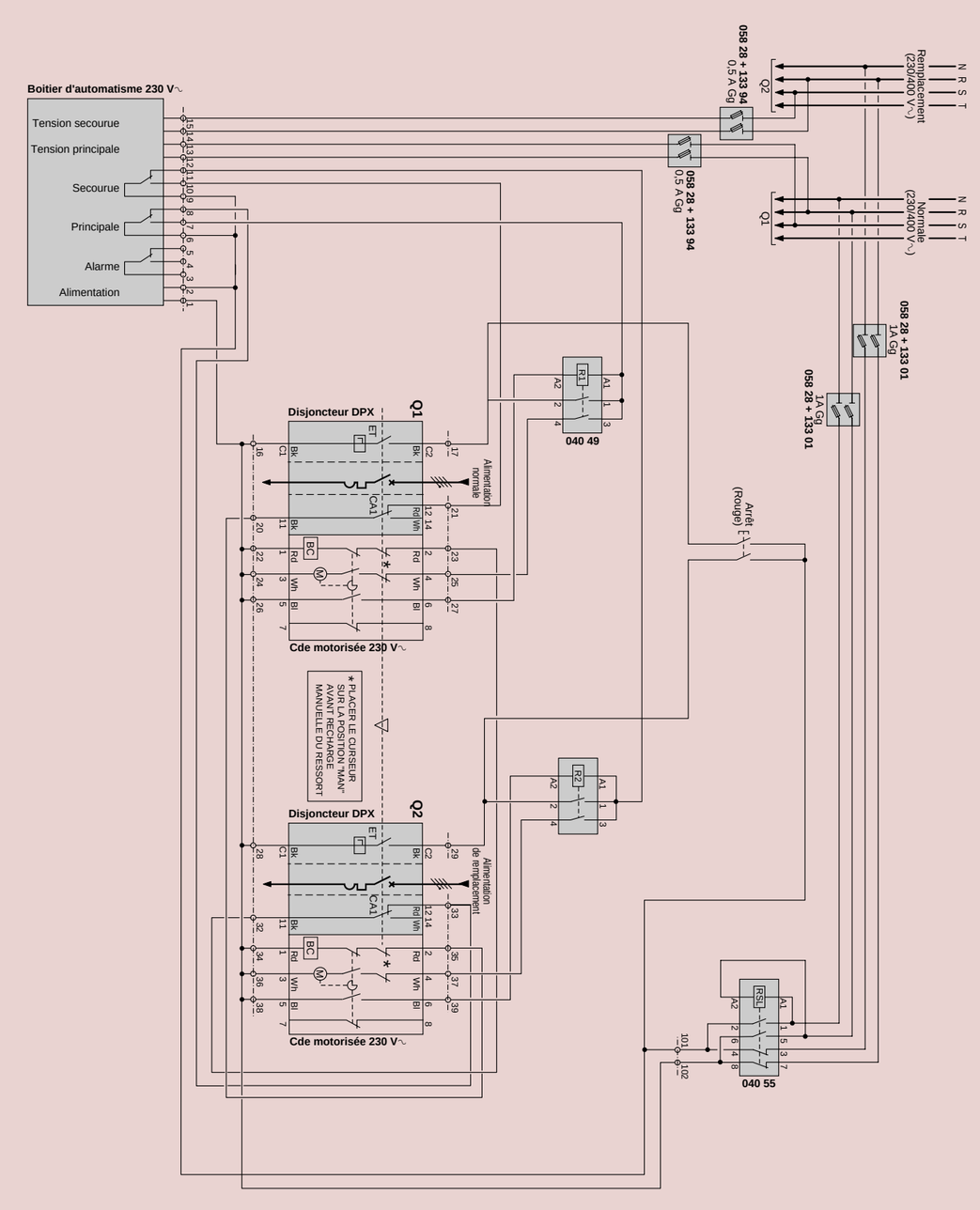


Schéma B : Inversion de sources à réarmement manuel avec sécurité après ouverture (volontaire ou sur défaut)

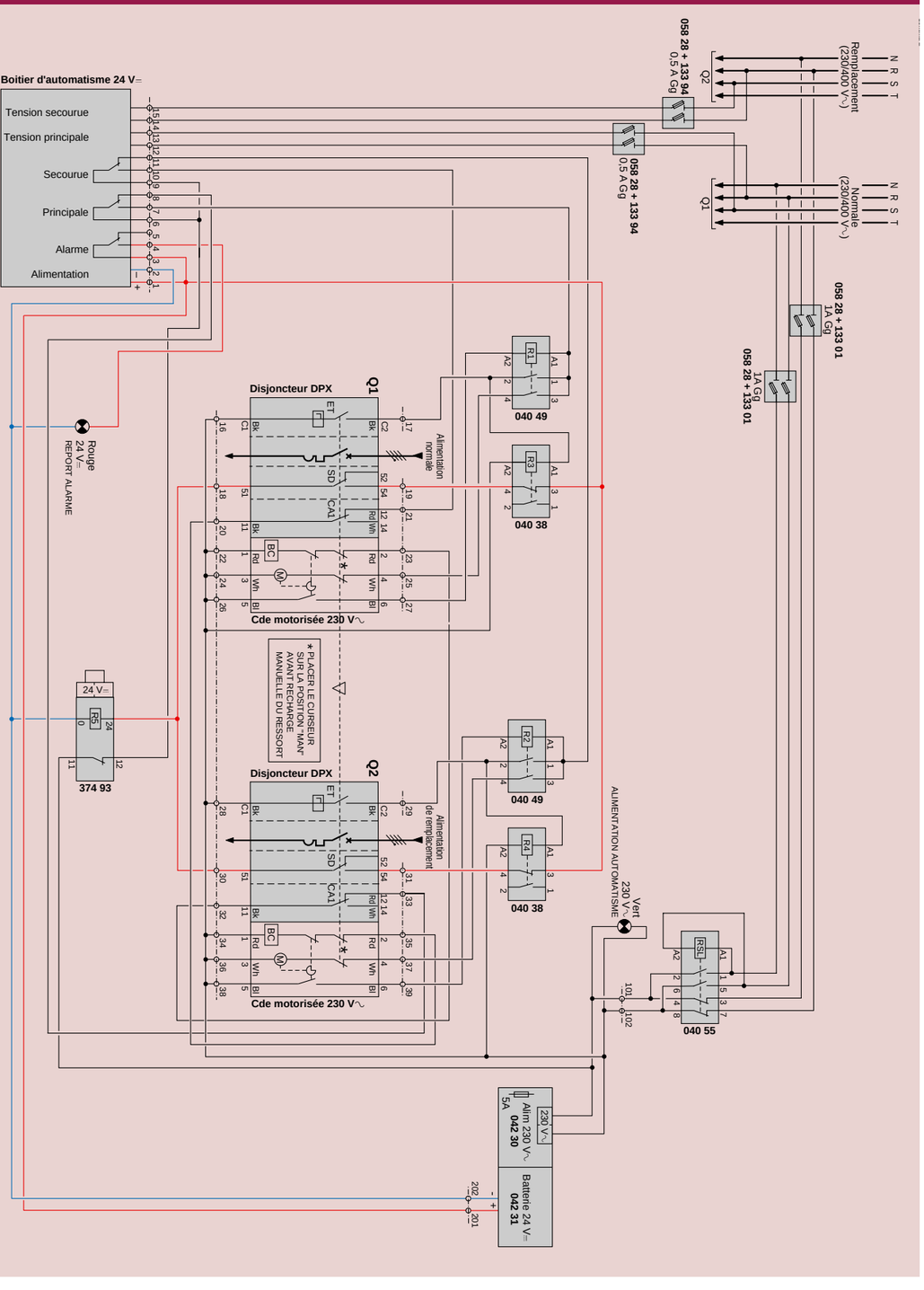


Schéma C : Inversion de sources à réarmement automatisé avec sécurité après ouverture (volontaire ou sur défaut) par acquittement

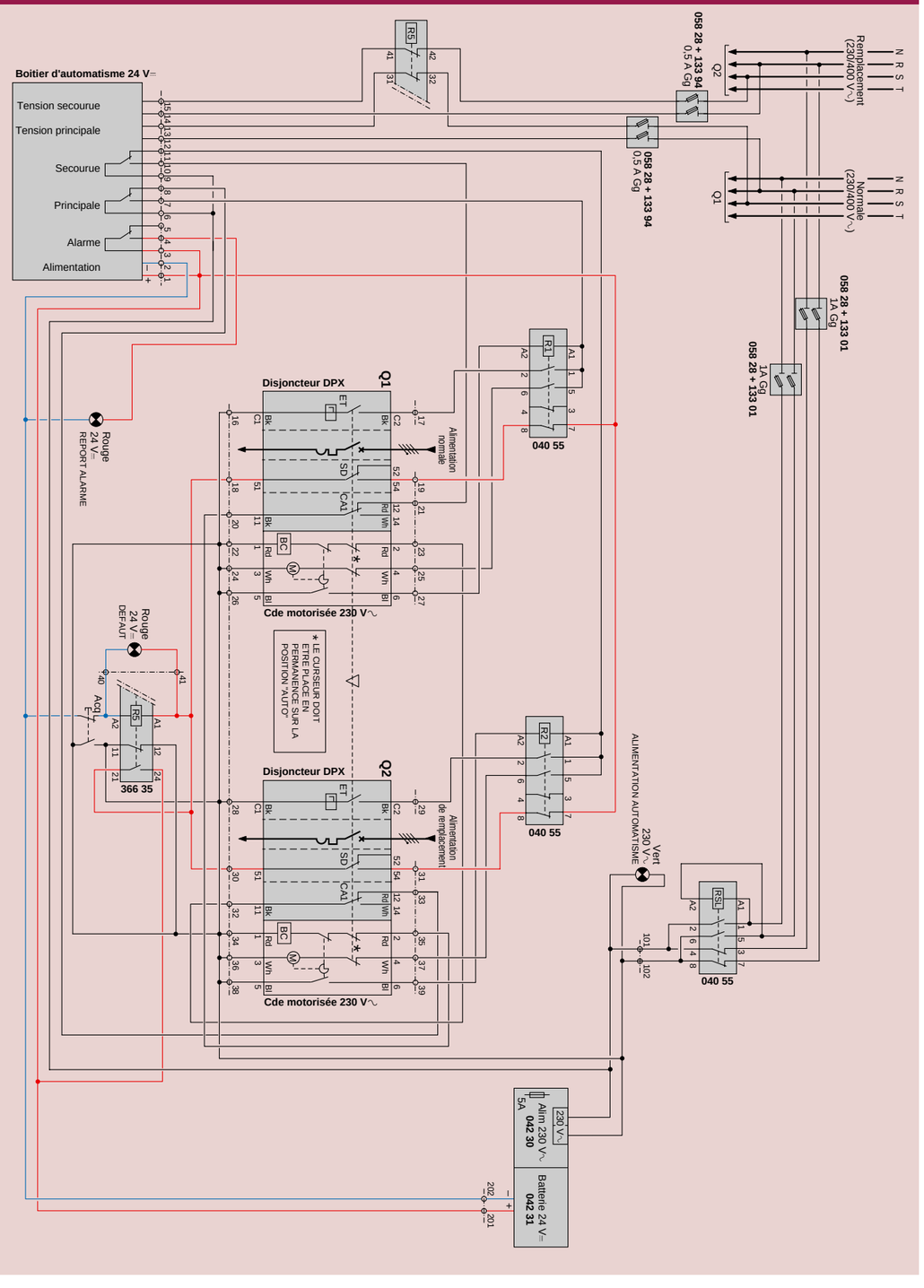


Schéma D
Inversion de sources à réarmement manuel avec commande de groupe électrogène

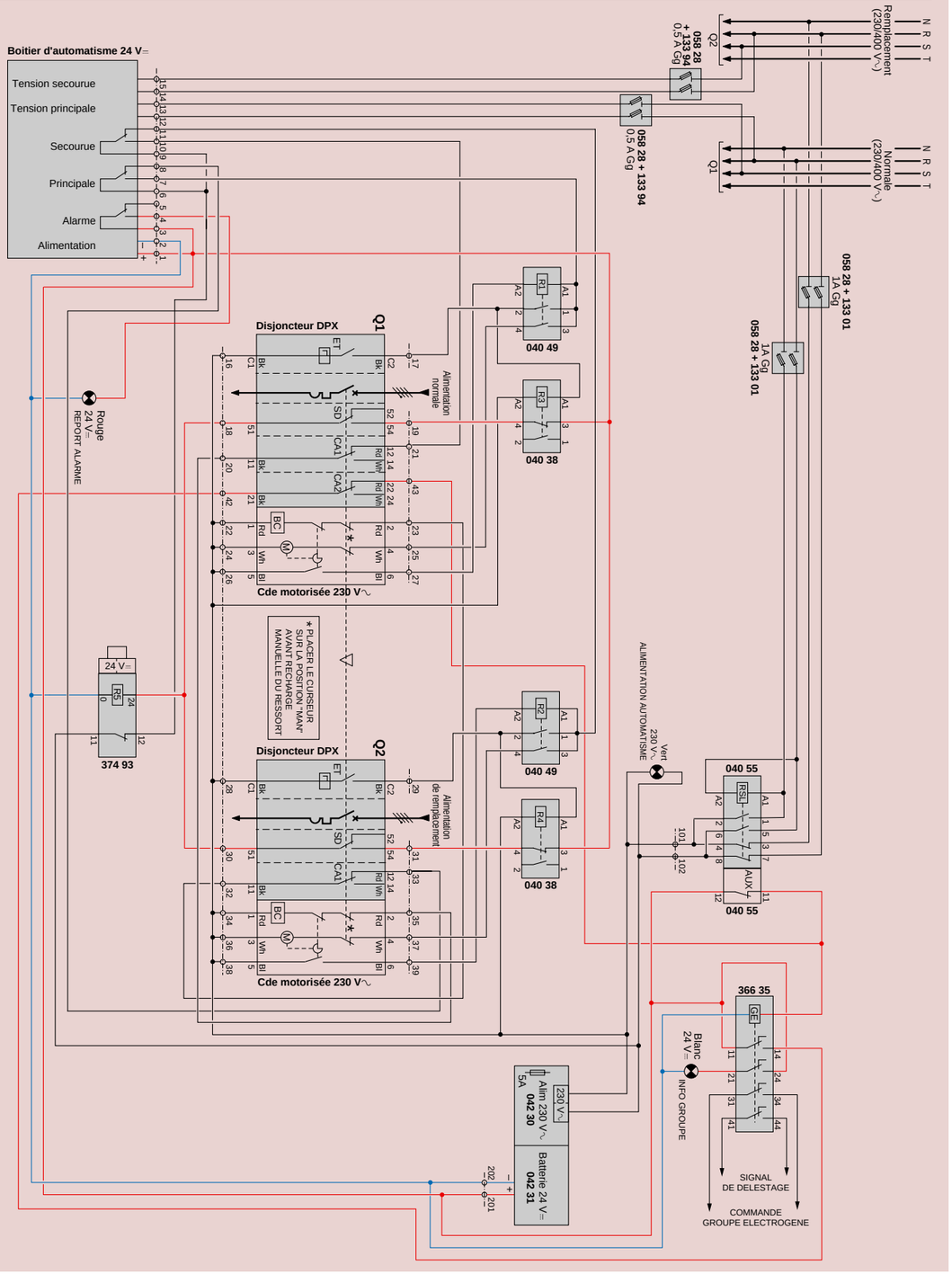


Schéma E : Inversion de sources à réarmement automatisé à commande Marche/Arrêt déportable avec sécurité après ouverture (volontaire ou sur défaut) par acquittement

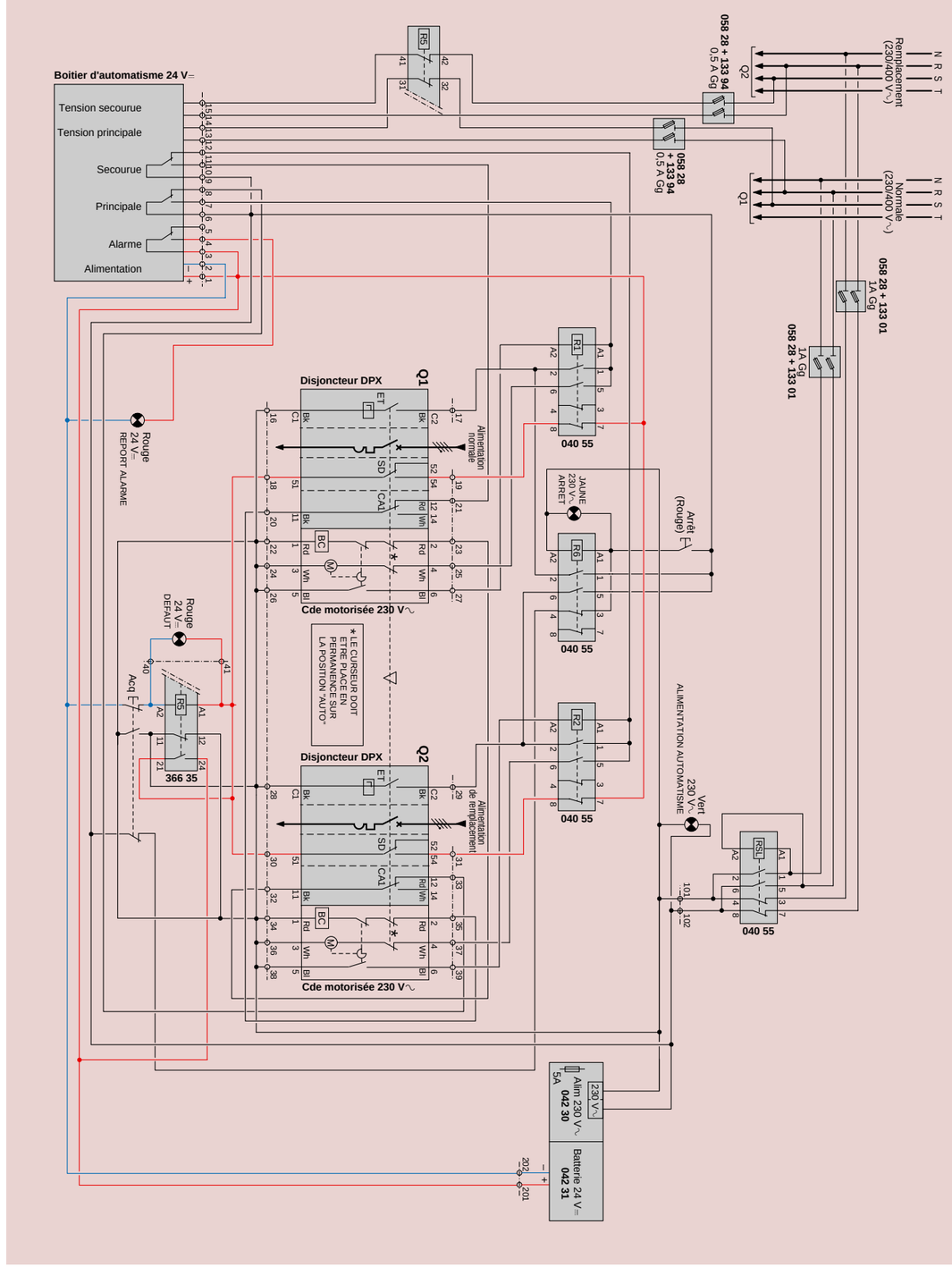


Schéma F : Inversion de sources à réarmement automatisé à commande Marche/Arrêt déportable et commande de groupe électrogène

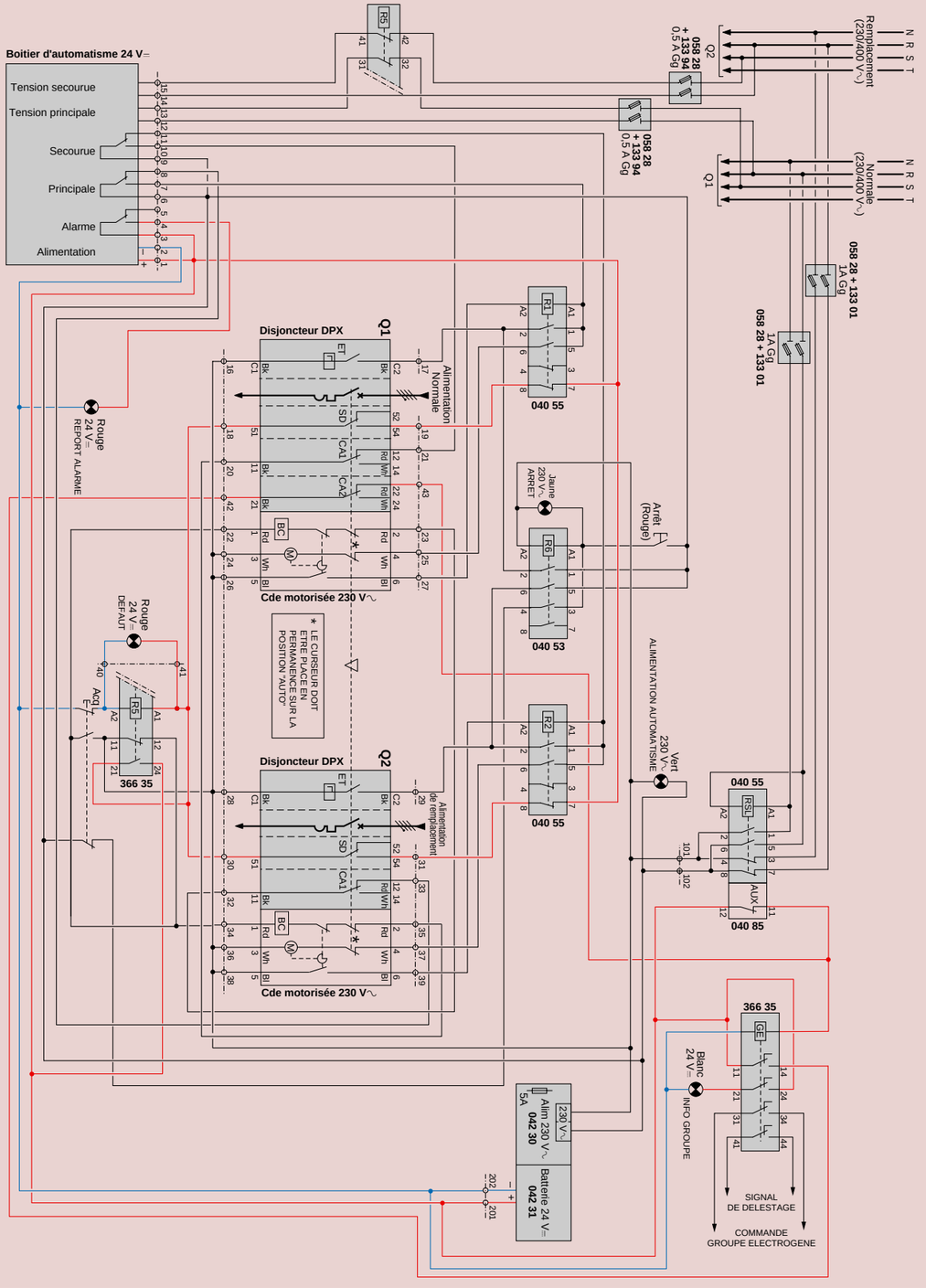


Schéma G : Inversion de sources à réarmement automatisé, Marche/Arrêt déportable et commande de groupe sur ordre par contact extérieur

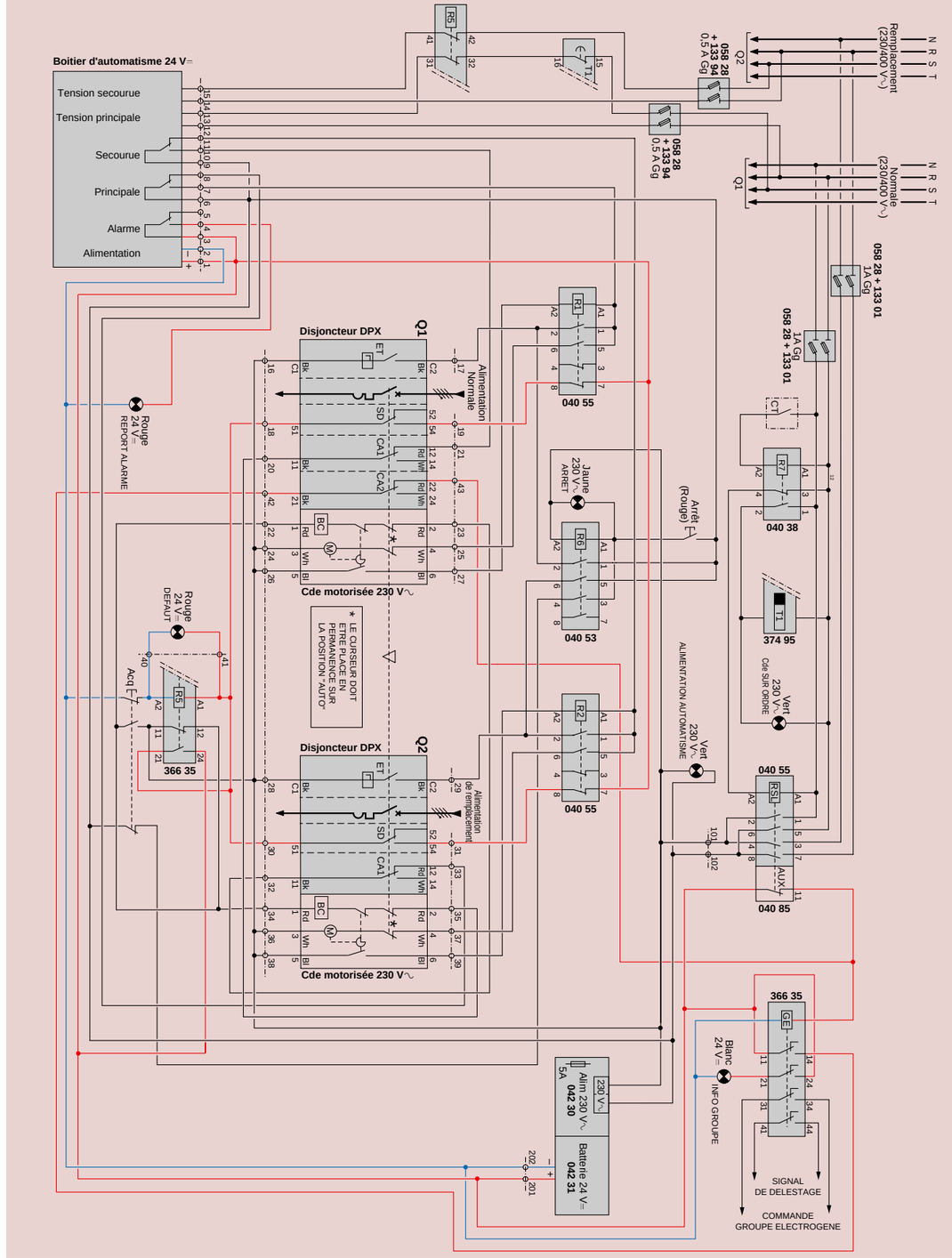


Schéma H : Inversion de sources à réarmement automatisé, Marche/Arrêt déportable avec commande de groupe électrogène ou manuel sur ordre

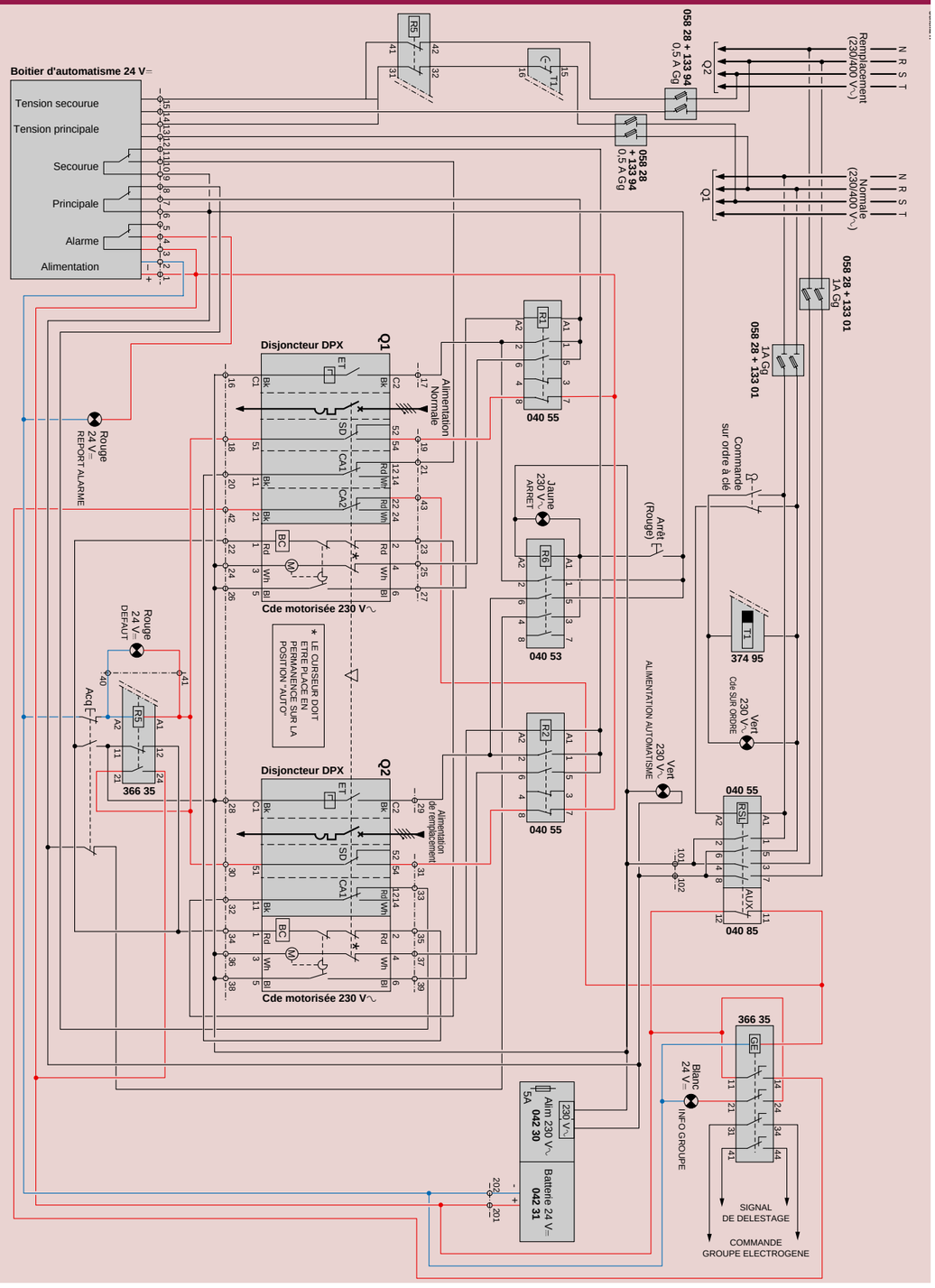
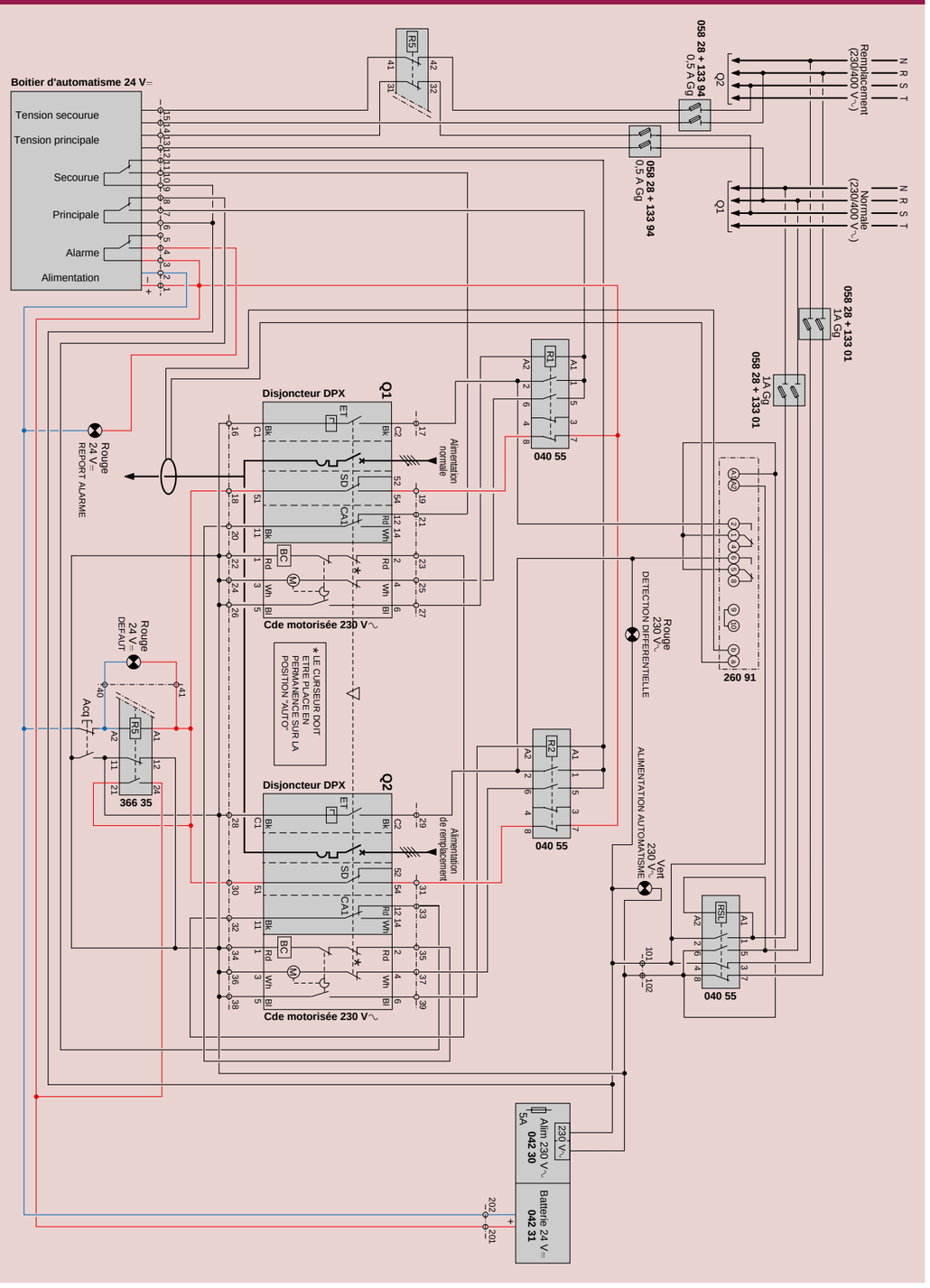


Schéma I : Inversion de sources à réarmement automatisé et commande de coupure par détection différentielle



Fonctionnement : explication des schémas

• Automatisation du réarmement sur acquittement (schémas C,D,E,F,G,H)
Après disjonction sur défaut, le relais de sécurité R5, commandé par le contact de signalisation de défaut SD est maintenu alimenté par le contact d'automaintien 21/24 et empêche par l'ouverture du contact 11/12 la réalimentation des bobines de commandes BC.
Aucun ordre de fonctionnement manuel ne peut être exécuté. De même, l'ouverture des contacts 31/32 et 41/42, en annihilant la détection de présence de tension sur les deux sources, empêche toute commande automatique.
L'acquittement via le bouton "Acq" permet la réalimentation des bobines BC et donc le retour à la position de précharge des commandes motorisées. Le relais R5 n'est plus alimenté et le disjoncteur correspondant à la source effectivement sous tension se referme.

• Commande marche/arrêt déportable avec acquittement des défauts associé à la remise en marche (Schémas E, F, G, H)
Au fonctionnement décrit précédemment s'ajoutent les automatismes suivants :
Le bouton Arrêt 1NO commande la bobine du relais R6 3NO, dit "d'arrêt à distance". Les contacts 5/6 de ce relais en assurent l'automaintien. Les contacts 1 / 2 et 3 / 4 alimentent les bobines à émission de courant ET . Le disjoncteur en service s'ouvre.
L'acquittement par le bouton "Acq" coupe, via un de ses contacts NF, la boucle d'autoalimentation du relais R6. Le disjoncteur correspondant à la source effectivement sous tension se referme.

• Pilotage du groupe (Schémas D, E, F, G, H)
Lors de la disparition de la source normale, le relais de sélection de ligne RSL change d'état. Son contact auxiliaire "Aux" 1NO alimente le relais GE dont les contacts peuvent être utilisés pour envoyer une information de démarrage au groupe ; information éventuellement temporisée au niveau de la commande groupe. Le relais GE se trouvera également alimenté par un contact auxiliaire CA2 à l'ouverture du disjoncteur Q1 ; contact qui ne cessera d'alimenter le relais GE que lorsque l'ordre de retour à l'alimentation normale (fermeture de Q1) sera effectif. L'état peut être visualisé par un voyant 24 V⎓ dont il est recommandé qu'il soit à faible consommation (LED).
L'ordre d'arrêt du groupe n'est donc effectif qu'après ordre de l'automatisme de fermeture de Q1 (intégrant la temporisation de stabilisation retour source normale SC1).

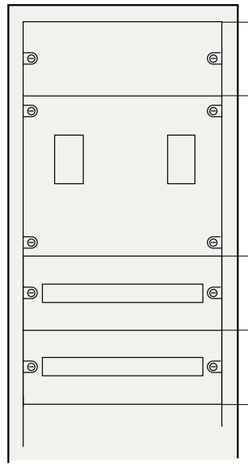
• Commande sur ordre (horloge, EJP, marche manuelle forcée)... (Schémas G, H)
Le relais de "basculement sur ordre" R7 piloté par la fermeture d'un contact de commande interrompt (via son contact NF) l'alimentation du relais RSL. Le contact auxiliaire "Aux" de ce dernier alimente en retombant le relais GE dont les contacts commande le pilotage du groupe (voir ci-dessus). Par ailleurs, le contact NO du relais R7 alimente un second relais temporisé T1 dont le contact retardé à l'ouverture (temps de démarrage maxi du groupe 1 mn) ouvrira le circuit de surveillance ligne normale du boîtier d'automatisme. L'inversion de source s'effectuera selon le processus habituel. Au retour en fonctionnement normal, le contact du relais T1 referme instantanément la surveillance de la ligne normale. Le boîtier d'automatisme procède alors au retour en source normale (ouverture de Q2 et fermeture de Q1). Simultanément le relais RSL est à nouveau alimenté et son contact Aux s'ouvre. Suite à la fermeture de Q1, le contact CA2 s'ouvre également. L'ouverture des contacts "Aux" et CA2 provoque l'arrêt de la commande du relais GE. L'ordre de pilotage groupe est interrompu.
NB : Dans cette configuration, vérifier si la fonction de délestage est compatible avec sa commande par le relais GE.

• Commande de coupure par détection différentielle (Schéma I)
En cas de défaut différentiel sur le circuit commun de puissance en aval de l'inverseur de sources, l'ordre déclenchement est simultanément donné aux deux disjoncteurs Q1 et Q2 par l'intermédiaire des bobines à émission de courant ; l'installation est alors séparée. Après suppression du défaut et selon le schéma, acquittement et réarmement (manuel ou automatique) seront effectués.
Cette option est applicable à tous les schémas.

5 INTÉGRATION DANS XL

Inverseur	DPX 250		DPX 630		DPX 1600	
Type	manuel	motorisé	manuel	motorisé	manuel	motorisé
Réf. plastron	096 20	096 21(1)	096 24	096 25	096 27(2)	096 28
Position appareil	vertical	vertical				
Réf. platine	096 04	096 04	096 08	096 08	096 12	096 12
Dispositif de fixation						
sur montants réf. 095 95	092 08	092 08	092 08	092 08		
sur traverses multifonctions	092 06	092 06	092 06	092 06	direct	direct

(1) réf. 096 20 possible pour positionner le moteur affleurant au plastron (platine reculée sur dispositif réf. 092 08)
(2) réf. 096 24 possible pour positionner le moteur affleurant au plastron (platine reculée sur dispositif réf. 092 08) mais inaccessibilité des réglages face avant du DPX.



Plastron recevant le boîtier d'automatisme

Plastron obturant les appareils constituant l'inverseur de source (hauteur 400 mm pour DPX 250, 550 mm pour DPX 630 et 700 mm pour DPX 1600)

Plastron(1) hauteur 150 mm obturant les modules de commande complémentaires (schémas A, B, C)

Plastron(1) supplémentaire hauteur 150 mm pour modules de commande associés (schémas D, E, F, G, H)

(1) hauteur minimum conseillée. La disposition de bornier ou d'auxiliaires de commande (boutons, voyants…) peut necessiter plus de place disponible. Un calcul préalable du nombre de module (18 mm x n) est recommandé.

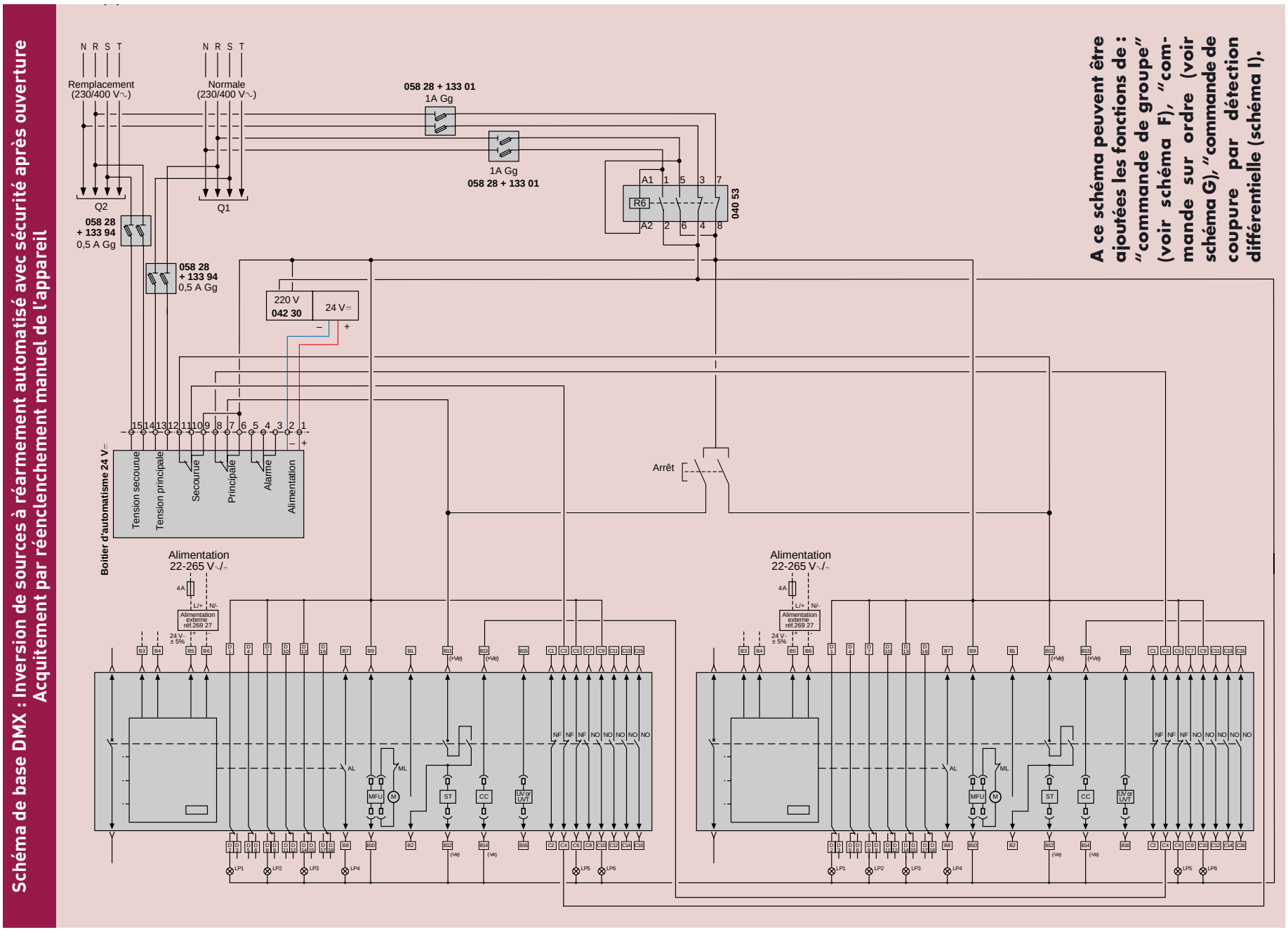


Le dispositif de fixation sur rail modulaire réf. 092 02 permet de fixer les relais ou borniers sous plastron. La rehausse incluse dans cette référence permet de fixer sur le même rail les appareils à fenêtre modulaire

L'utilisation des "supports spéciaux" permet de fixer directement les auxiliaires (boutons, voyants) sur rail.

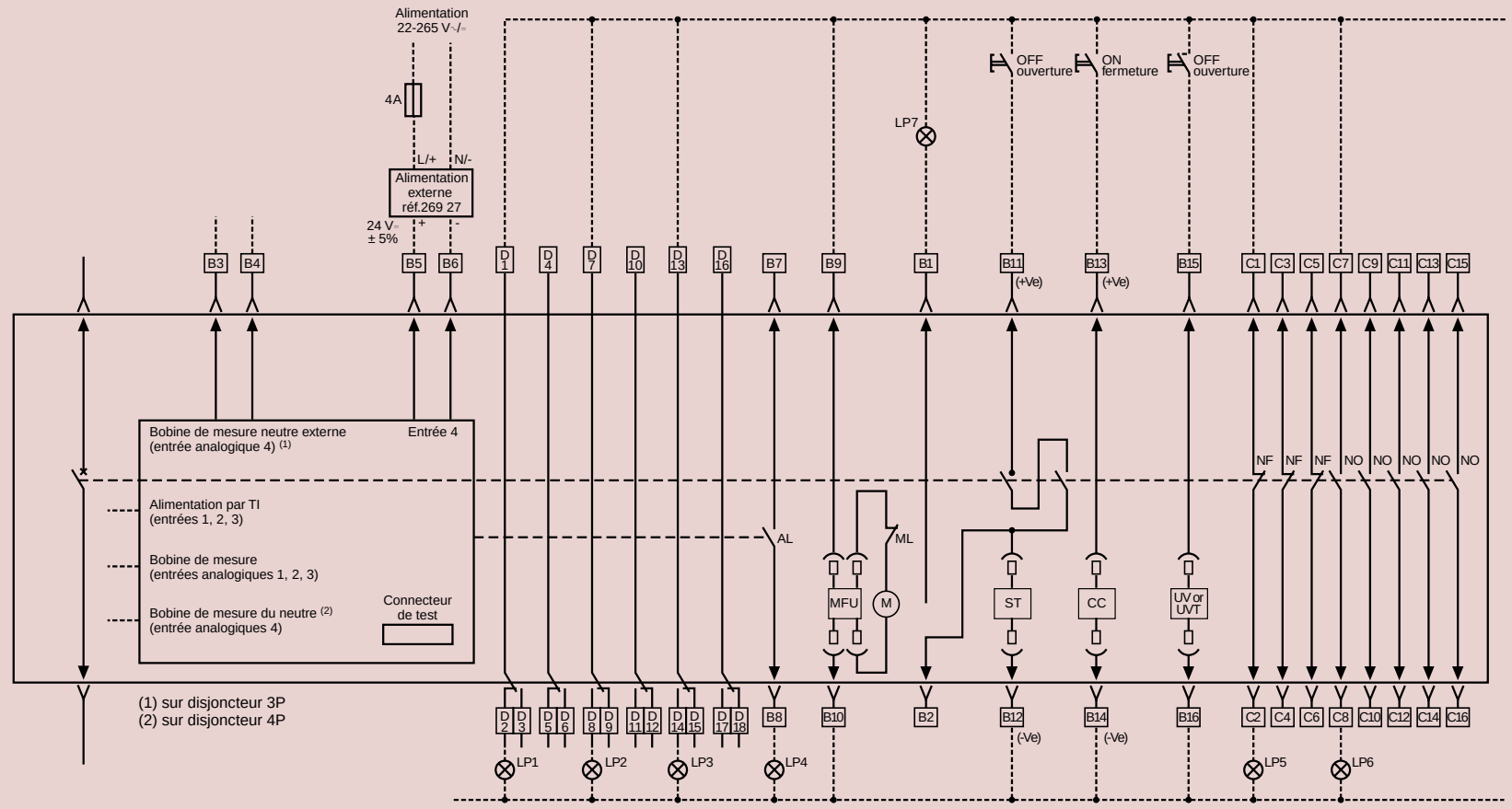


Schéma de base DMX : Inversion de sources à réarmement automatisé avec sécurité après ouverture Acquitement par réenclenchement manuel de l'appareil



A ce schéma peuvent être ajoutées les fonctions de : "commande de groupe" (voir schéma F), "commande sur ordre (voir schéma G), "commande de coupure par détection différentielle (schéma I).

DMX : schéma électrique (unité de protection électronique MP17)



Equipements optionnels

MFU : filtre d'alimentation de la commande d'alimentation motorisée
M : motorisation
ML : contact commande armée
CC : bobine de fermeture
UV : déclencheur à minimum de tension
UVT : déclencheur à minimum de tension retardé
ST : déclencheur à émission de courant
AL : contact signal défaut

Borniers

B1 à B16 : borniers sectionnables
C1 à C16 : borniers sectionnables
D1 à D6 : contacts de position (position débrochée)
D7 à D12 : contact de position (position test)
D13 à D18 : contact de position (position embroché)

Signalisation optionnelle

LP1 : appareil débroché
LP2 : appareil en position test
LP3 : appareil embroché
LP4 : appareil en défaut
LP5 : contact principaux ouverts "OFF"
LP6 : contact principaux fermés "ON"
LP7 : commande armée

La coupure et l'arrêt d'urgence, le sectionnement

**Comme leur nom l'indique, les manœuvres d'urgence sont destinées à supprimer le plus rapidement possible un danger survenu de manière imprévue.
Alors que la coupure d'urgence est destinée à couper l'énergie électrique, l'arrêt d'urgence prend en compte le danger des mouvements mécaniques.**

1 LA COUPURE D'URGENCE

La coupure d'urgence est normalement requise pour toutes les installations où des défaillances ou des risques de chocs électriques sont à craindre : laboratoires, chaufferies, cuisines, enseignes lumineuses, pompage de liquides inflammables, plates-formes d'essais.
Elle doit interrompre tous les conducteurs actifs (neutre compris mais pas le PE ou le PEN).
Elle doit pouvoir être réalisée en charge et en une seule manœuvre.
Dans les faits, le décret de protection des travailleurs du 14 novembre 1988 étend l'obligation de coupure d'urgence à tous les circuits terminaux.

! Installation du dispositif de coupure d'urgence

• Par principe, le dispositif de coupure d'urgence doit se trouver au niveau ou à proximité de (ou des) l'appareil(s) à couper, être facilement identifiable (par le personnel d'exploitation ou de secours).
Les dispositifs de commande fonctionnelle marche-arrêt (de type interrupteurs, contacteurs, disjoncteurs) peuvent servir de coupure d'urgence s'ils répondent aux conditions pré-citées.
A noter que dans ce cas la coupure de circuits monophasés (ph + N) terminaux est possible avec un appareil unipolaire. Cette disposition intéresse surtout les circuits d'éclairage.

• Le dispositif de coupure d'urgence peut être reporté au niveau du tableau divisionnaire qui alimente l'ensemble des circuits locaux, sous réserve qu'il soit facilement accessible, qu'il soit identifiable et qu'il soit installé à un endroit où le danger peut se produire ou être perçu.
Cette disposition est destinée à éviter des manœuvres intempestives des dispositifs de coupure d'urgence en limitant l'accès au personnel d'exploitation (ERP par exemple).
Attention, si la porte du tableau concerné est fermée à clé, une commande mécanique déportée ou une commande électrique extérieure est nécessaire.
Dans les installations soumises ou non au décret du 14 novembre 1988, telles que celles des habitations, des locaux artisanaux ou commerciaux, des bureaux (ou analogues de moins de 500 m^2), le dispositif général de commande et de protection à l'origine de l'installation peut assurer la coupure d'urgence s'il est facilement accessible.

• En cas de nécessité de proximité du dispositif (compte tenu des dangers) et d'inaccessibilité nécessaire en temps normal, la coupure d'urgence doit être assurée par un dispositif "à bris de glace" soit à commande directe (bouton-poussoir) soit à libération de clé.

Pour la sécurité des machines...



...la coupure d'urgence est définie par la norme EN 60204-1 commande rouge sur fond jaune

Les dispositions générales liées à la coupure d'urgence sont décrites par la norme NF C 15-100, section 463.
Le guide UTE C 15-476 précise les modalités pratiques des fonctions de coupure fonctionnelle, de coupure et d'arrêt d'urgence et de sectionnement.
Le décret du 14 novembre 1988 (relatif à la sécurité des travailleurs dans les établissements mettant en œuvre des courants électriques) étend la nécessité de coupure d'urgence à tous les circuits, mais permet la commande simultanée de plusieurs circuits ou le report de cette commande à l'origine de chaque tableau.
La circulaire DRT 89-2 du 6/02/89 précise les conditions d'accessibilité des dispositifs de coupure d'urgence aux personnels de secours et les dispositifs utilisables pour cette fonction : interrupteurs, disjoncteurs, contacteurs et prises de courant ≤ 32 A accessibles et ceux qui ne le sont pas : sectionneurs (s'ils n'ont que cette fonction), télérupteurs, coupe-circuits à fusible, dispositifs à semi-conducteur, thermostats et prises de courant >32 A, excepté si la coupures se fait hors charge.

Pour certains locaux ou matériels (chaufferies, appareils de cuisson, grandes cuisines, enseignes lumineuses...) la coupure d'urgence doit être :
- soit à sécurité positive (bobines à manque de tension)
- soit accompagnée d'une indication de l'état ouvert/fermé (voyants...) reflétant la position du dispositif de coupure.

A noter que des dispositifs séparés éclairage/autres circuits peuvent également être requis (chaufferies par exemple).
Le dispositif de manœuvre de la coupure d'urgence doit pouvoir être verrouillé en position d'arrêt. Si ce n'est pas le cas, la manœuvre de libération de la coupure d'urgence et celle de réalimentation doivent être faites par la même personne. Ils est alors conseillé que ces deux manœuvres ne puissent être faites que de deux endroits proches et visibles.



Coffret de sécurité pour arrêt de chaufferie réf. 380 29



Coupure pour enseigne lumineuse "inter pompier" réf. 380 50

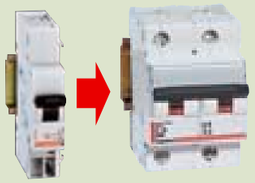




• En commande directe accessible, tous les appareils de coupure des gammes DX, DPX et Vistop peuvent être utilisés pour réaliser la coupure d'urgence.



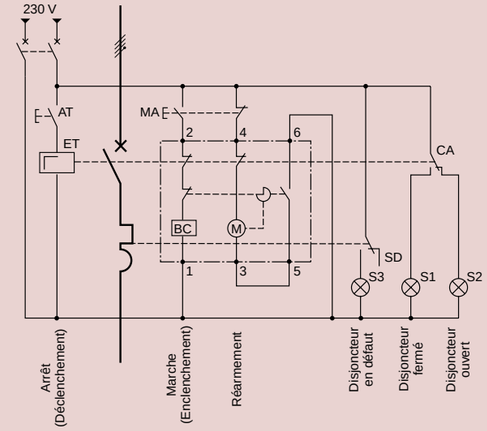
• En commande déportée(si l'appareil de coupure est inaccessible ou dans un tableau fermé à clé), les appareils Vistop et DPX peuvent être équipés de commandes frontales ou latérales extérieures (voir chapitre III.A.7).



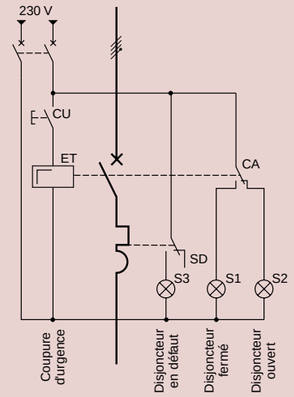
• En commande à distance, les disjoncteurs DX, DNX, DPX et les interrupteurs différentiels peuvent être équipés de déclencheurs à émission ou à manque de tension.

Les notions de sécurité positive parfois exigées dans les cahiers des charges (devant faire préférer l'usage de déclencheurs à manque de tension) et celle de verrouillage en position de coupure ne sont pas requises par le décret du 14 novembre 1988 - art. 10, si les circuits terminaux ne présentent pas de dangers particuliers : chauffage, éclairage, prises de courant.
Dans la pratique, on évitera les dispositifs déclencheurs à manque de tension trop en amont de l'installation car provoquant la coupure de circuits principaux lors d'une baisse de tension.

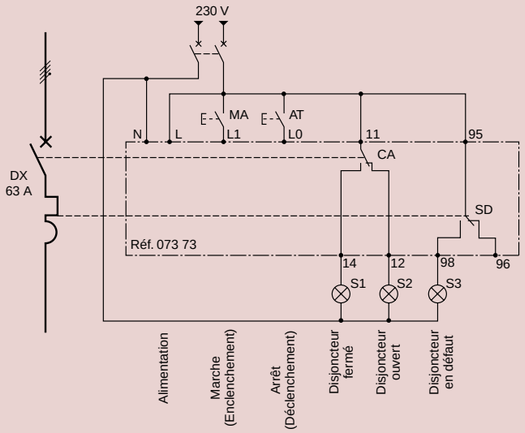
Exemples de coupures d'urgence



Commande motorisée d'un disjoncteur DPX avec coupure d'urgence par bouton d'arrêt AT et bobine à émission. Réarmement manuel.

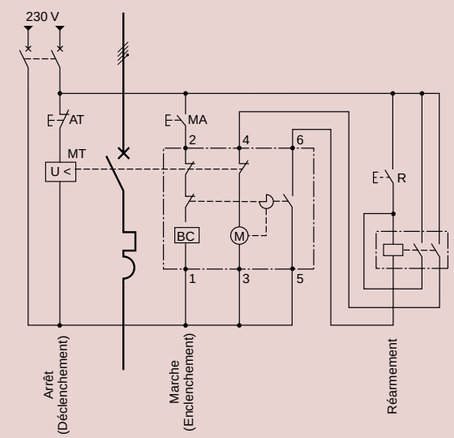


Commande directe d'un disjoncteur DPX. La coupure d'urgence est assurée par le bouton d'arrêt CU et la bobine à émission ET.



Câblage de la commande motorisée réf. 073 70/71/73 pour disjoncteurs DX. Le bouton d'arrêt AT peut assurer la coupure d'urgence.

CA : contact auxiliaire
SD : contact signal défaut
ET : bobine à émission
MT : bobine à minimum de tension
MA : bouton marche
AT : bouton arrêt
R : réarmement



Commande motorisée pour disjoncteur DPX avec réarmement par commande externe. Ouverture par déclencheur à minimum de tension.

2 L'ARRÊT D'URGENCE

Lorsque des mouvements produits par des appareils ou machines électriques peuvent être source de dangers, ceux-ci doivent être équipés de dispositif(s) d'arrêt d'urgence situé(s) au plus près des utilisateurs.
La nécessité de disposer d'arrêts d'urgence est par exemple requise pour les escaliers mécaniques, les ascenseurs et élévateurs, les ponts et transporteurs, les portes à commande électrique, les installations de lavage de voitures… Et bien sûr pour les machines : pétrins mécaniques, robots de manutention, et les machines-outils au sens large.
Chaque machine doit être munie d'un ou plusieurs dispositifs d'arrêt d'urgence, clairement identifiables, accessibles, en nombre suffisant, et évitant à des situations dangereuses de se produire ou de se poursuivre.
L'arrêt peut être immédiat, contrôlé ou différé selon les exigences de la machine, l'alimentation n'étant interrompue qu'à l'arrêt obtenu.
L'arrêt d'urgence n'est pas exigé :
- si sa présence ne réduit pas le risque
- si le temps d'arrêt n'est pas réduit par rapport à la coupure d'urgence
- pour les machines portatives et les machines guidées à la main.

Les dispositions à appliquer pour la réalisation de l'arrêt d'urgence sont précisées par le décret 93-40 du 1/01/1993 (art. R233-15 à R233-30 du Code du Travail).
Ce décret, en application de la directive européenne CEE 89/655 (relative aux exigences essentielles de sécurité et de santé dans la conception et la construction des machines), fixe les prescriptions techniques auxquelles doivent satisfaire les dites machines et les équipements de travail.

La commande d'arrêt d'urgence doit être effectuée par une action la plus directe possible et avec la notion de "sécurité positive" : action directe sur les contacts ouvrant le circuit ou arrêt rendu prioritaire en cas de défaillance du matériel ou de l'alimentation.

Pour la sécurité des machines…



…l'arrêt d'urgence est défini par la norme EN 60204-1 bouton de commande de forme "coup de poing", champignon rouge sur fond jaune

Exemples d'arrêts d'urgence

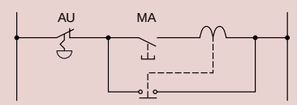
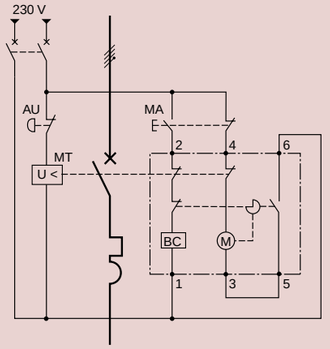
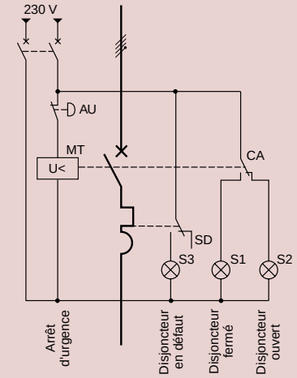


Schéma classique d'alimentation d'un relais avec priorité à l'arrêt.



Commande motorisée pour disjoncteur DPX avec réarmement automatique après fermeture du disjoncteur. Ouverture par bobine à minimum de tension.



Commande directe sur disjoncteur DPX par bouton "coup de poing" et bobine à minimum de tension.

CA : contact auxiliaire
SD : contact signal défaut
MT : bobine à minimum de tension
MA : bouton marche
AU : arrêt d'urgence

Des déclencheurs à minimum de tension retardés (800 ms) empêchent les arrêts intempestifs en cas de microcoupures (réf. 261 75/85 et modules réf. 261 90/91).

3 LE SECTIONNEMENT

Destiné à séparer électriquement une installation ou une partie d'installation, la finalité du sectionnement est d'assurer la sécurité des personnes intervenantes.
Un appareil de coupure assurant la fonction de sectionnement doit être installé :
- à l'origine de toute installation
- à l'origine de chaque circuit ou groupe de circuits.

L'appareil de sectionnement doit assurer la coupure de tous les conducteurs actifs (neutre compris). PE et PEN ne doivent pas être coupés. Il peut ne pas avoir de pouvoir de coupure en charge. La manœuvre de sectionnement ne se fait pas obligatoirement en une seule fois (barrettes de liaison, coupe-circuits), quoique les appareils multipolaires soient préférables.
Si le risque de réalimentation existe, des sectionnements en amont et en aval de l'installation peuvent être nécessaires.

Les dispositifs assurant le sectionnement peuvent être des sectionneurs, des interrupteurs-sectionneurs, des disjoncteurs, des prises de courant, des coupe-circuits, des barrettes sectionnables, des bornes sectionnables et tout dispositif qui assure une distance minimum d'ouverture des contacts de :
- 4 mm pour la tension 230/400 V
- 8 mm pour la tension 400/690 V
- 11 mm pour la tension 1 000 V.

Pour les appareils à double coupure les distances doivent être multipliées par 1,25.

1 Sectionnement à coupure pleinement apparente

Cette caractéristique est vérifiée par l'asservissement fiable entre la position des contacts et celle de la manette de commande. L'indication de celle-ci "I" ou "O" (rouge ou vert) garantit donc la position réelle des contacts. La conformité à la norme CEI 60947-2 en est la preuve.

Attention, le sectionnement n'assure pas à lui seul la mise en sécurité de l'installation. Des moyens appropriés doivent éviter toute remise sous tension intempestive (condamnation, pancartes, locaux à clé, mise à la terre) pour consigner l'installation. Les règles principales en sont rappelées au chapitre II.C.1.

Les exigences de sectionnement sont également applicables aux machines et équipements de travail qu'il faut pouvoir isoler de leur(s) source(s) d'énergie(s) pour effectuer des interventions de réglage ou de maintenance.
Le décret 93-40 du 11/01/93 en rappelle les obligations : séparation, condamnation et vérification dans le but de consigner la machine ou l'équipement.

Les coffrets de proximité Legrand...



...assurent à la fois la coupure d'urgence et le sectionnement au sens du décret 93-40

2 Sectionnement à coupure visible

La position réelle des contacts séparés est directement visible. La coupure visible peut être obtenue par une fenêtre de visualisation (Vistop, DPX-IS) ou par des dispositifs extractibles ou débrochables (DPX, DMX). La coupure visible est exigée pour les postes d'abonnés dont la puissance ne dépasse pas 1 250 kVA, alimentés par un seul transformateur à comptage BT.
Elle l'est également en amont du point de livraison pour les branchements à puissance surveillée (tarif jaune).



DPX-IS 250



DPX 630 débrochable



Vistop 800 A

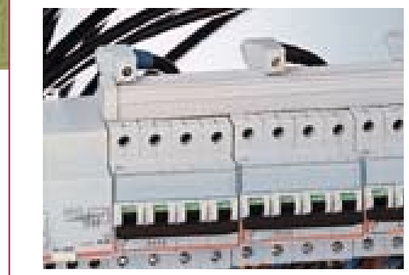
Autres définitions

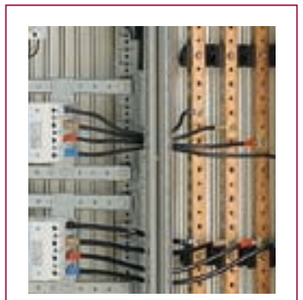
• Coupure de protection :
coupure associée à une fonction de protection (surintensités, défaut différentiel, surtension...).

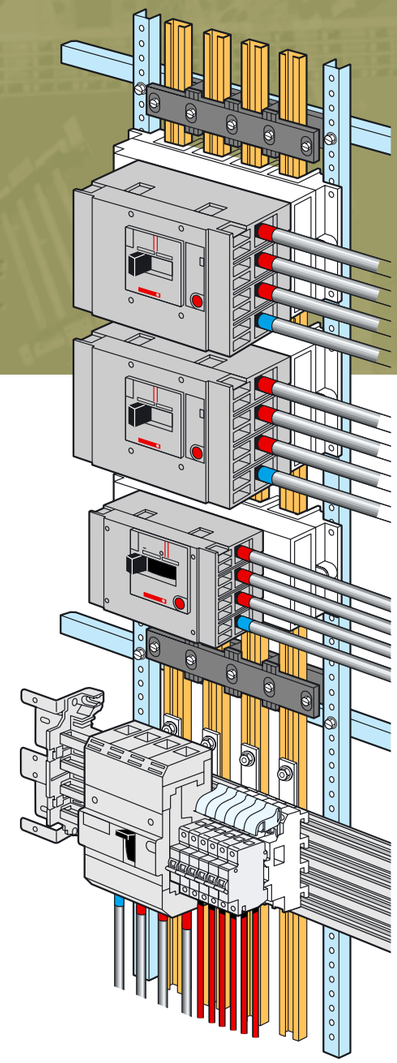
• Commande fonctionnelle :
asservissement de fonctionnement (marche, arrêt, variation) à des fins uniquement fonctionnelles : les thermostats, les gradateurs, les télérupteurs en sont des exemples. Les prises de courant > 32 A ne peuvent assurer la commande fonctionnelle d'un équipement. Elles doivent être associées à un dispositif de coupure en charge.

• Coupure pour entretien mécanique :
coupure uniquement destinée à éviter les risques mécaniques (déplacement) pendant des travaux non électriques. S'ils n'ont que cette fonction, ils ne peuvent être utilisés à des fins de coupure d'urgence.

LA RÉPARTITION





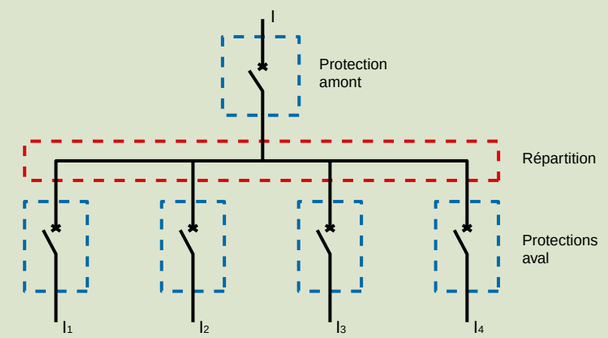


Protection et commande des circuits d'utilisation sont les fonctions de bases d'un tableau de distribution. Mais, en amont, il existe une fonction, peut-être plus discrète, mais tout aussi essentielle : la répartition.

Plus encore que pour les deux fonctions de protection et de commande, le choix et la mise en œuvre de la répartition nécessitent une démarche qui allie à la fois un choix de produit (nombre de départs, sections, type de conducteurs, mode de raccordement) et la vérification de conditions de fonctionnement (intensité admissible, courts-circuits, isolation...) dans des configurations absolument multiples.

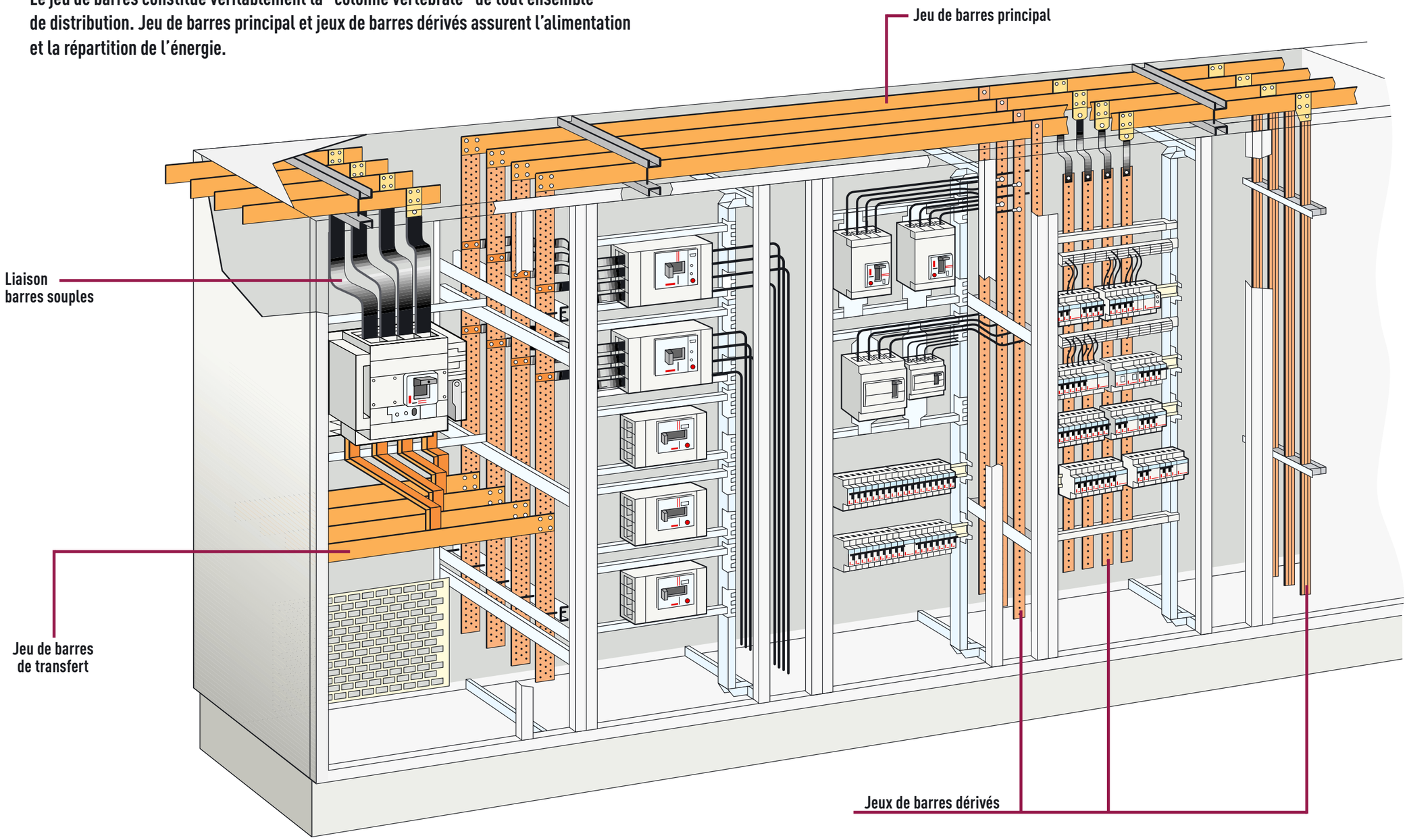
Suivant la puissance mise en œuvre, la répartition est réalisée par des jeux de barres (généralement au-dessus de 250 A) et par des répartiteurs (jusqu'à 400 A). Les premiers sont à réaliser suivant les besoins, les seconds sont plutôt à choisir selon la diversité des applications.

La répartition peut se définir comme l'alimentation, à partir d'un seul circuit, de plusieurs circuits séparés physiquement et protégés individuellement



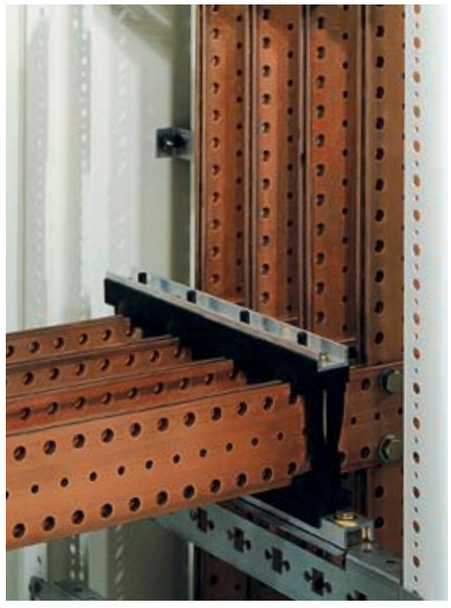
Le dimensionnement des jeux de barres

Le jeu de barres constitue véritablement la “colonne vertébrale” de tout ensemble de distribution. Jeu de barres principal et jeux de barres dérivés assurent l’alimentation et la répartition de l’énergie.



1 DÉTERMINATION DE LA SECTION UTILE

La section nécessaire des barres se détermine en fonction du courant d'utilisation, de l'indice de protection de l'enveloppe et après vérification de la contrainte thermique de court-circuit.
L'appellation des courants est donnée selon les définitions de la norme EN 60947-1 rapportées aux conditions habituelles d'utilisation pour un échauffement Δt des barres n'excédant pas 65 °C.



Courant selon la norme EN 60947-1

Ie : courant assigné d'emploi à considérer dans des enveloppes à ventilation naturelle ou dans des tableaux d'indice de protection IP ≤ 30 (ambiance interne ≤ 25 °C).
Ithe : courant thermique sous enveloppe correspondant aux conditions d'installation les plus sévères. L'enveloppe étanche ne permet pas un renouvellement naturel de l'air. L'indice de protection est > 30 (ambiance interne ≤ 50 °C).
Considérer :
- les valeurs Ie (A) pour les armoires XL 400/600
- les valeurs Ithe (A) pour les coffrets XL 135/195, XL-A 250 et les armoires XL 195 et XL-A 400/600/800.

Le courant admissible dans n barres est inférieur à n fois le courant admissible dans une barre. Prendre n = 1,6 à 1,8 pour un groupement de 2 barres, n = 2,2 à 2,4 pour 3 barres et n = 2,7 à 2,9 pour 4 barres.
Plus les barres sont larges, plus le coefficient n est affecté, plus leur refroidissement est difficile et plus les effets d'inductance mutuelle sont élevés.
La densité de courant admissible n'est donc pas constante : Elle est d'environ 3 A/mm² pour les petites barres et descend à 1 A/mm² pour les groupements de grosses barres.

1 Barres souples

Barres cuivre souples

Ie (A) IP ≤ 30	Ithe (A) IP > 30	Référence	Dimension (mm)	I²t (A²s)	Icw$_{1s}$ (A)
200	160	374 10	13 x 3	2 x 10^7	4 485
320	200	374 16	20 x 4	8,5 x 10^7	9 200
400	250	374 11 374 67	24 x 4 20 x 5	1,2 x 10^8	11 000
470	320	374 17	24 x 5	1,9 x 10^8	13 800
630	400	374 12	32 x 5	3,4 x 10^8	18 400
700	500	374 44	40 x 5	5,3 x 10^8	23 000
850	630	374 57	50 x 5	8,3 x 10^8	28 700
1 250	1 000	374 58	50 x 10	3,3 x 10^9	57 500
2 500	2 000	374 58	2 x (50 x 10)	1,3 x 10^{10}	115 000

2 Barres rigides sur supports réf. 048 78 et réf. 374/52/53/56/14

Barres cuivre plates rigides - montage à chant

Ie (A) IP ≤ 30	Ithe (A) IP > 30	Référence	Dimension (mm)	I²t (A²s)	Icw$_{1s}$ (A)
110	80	373 88	12 x 2	1,2 x 10^7	3 430
160	125	373 89	12 x 4	4,7 x 10^7	6 865
200	160	374 33	15 x 4	7,4 x 10^7	8 580
250	200	374 34	18 x 4	1 x 10^8	10 295
280	250	374 38	25 x 4	2,1 x 10^8	14 300
330	270	374 18	25 x 5	3,2 x 10^8	17 875
450	400	374 19	32 x 5	5,2 x 10^8	22 900
700	630	374 40	50 x 5	1,1 x 10^9	33 750
1 150	1 000	374 40	2 x (50 x 5)	4,5 x 10^9	67 500
800	700	374 41	63 x 5	1,8 x 10^9	42 500
1 350	1 150	374 41	2 x (63 x 5)	7,2 x 10^9	85 000
950	850	374 59	75 x 5	2,5 x 10^9	50 600
1 500	1 300	374 59	2 x (75 x 5)	1 x 10^{10}	101 000
1 000	900	374 43	80 x 5	2,9 x 10^9	54 000
1 650	1 450	374 43	2 x (80 x 5)	1,2 x 10^{10}	108 000
1 200	1 050	374 46	100 x 5	4,5 x 10^9	67 500
1 900	1 600	374 46	2 x (100 x 5)	1,8 x 10^{10}	135 000

Barres cuivre en C

Ie (A) IP ≤ 30	Ithe (A) IP > 30	Référence	Section (mm²)	I²t (A²s)	Icw$_{1s}$ (A)
500	400	374 60	155	4,9 x 10^8	22 165
800	630	374 61	265	1,3 x 10^8	37 775
1 250	1 000	374 62	440	3,5 x 10^9	59 400

3 Barres rigides sur supports réf. 374 54

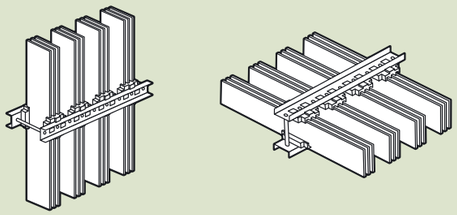
Barres cuivre plates rigides - montage à chant

Ie (A) IP ≤ 30	Ithe (A) IP > 30	Nombre	Dimension (mm)	I²t (A²s)
700	630	1	50 x 5	1,14 x 10^9
1 180	1 020	2	50 x 5	4,56 x 10^9
1 600	1 380	3	50 x 5	1,03 x 10^{10}
2 020	1 720	4	50 x 5	1,82 x 10^{10}
800	700	1	63 x 5	1,81 x 10^9
1 380	1 180	2	63 x 5	7,23 x 10^9
1 900	1 600	3	63 x 5	1,63 x 10^{10}
2 350	1 950	4	63 x 5	2,89 x 10^{10}
950	850	1	75 x 5	2,56 x 10^9
1 600	1 400	2	75 x 5	1,03 x 10^{10}
2 200	1 900	3	75 x 5	2,31 x 10^{10}
2 700	2 300	4	75 x 5	4,10 x 10^{11}
1 000	900	1	80 x 5	2,92 x 10^9
1 700	1 480	2	80 x 5	1,17 x 10^{10}
2 350	2 000	3	80 x 5	2,62 x 10^{10}
2 850	2 400	4	80 x 5	4,67 x 10^{10}
1 200	1 050	1	100 x 5	4,56 x 10^9
2 050	1 800	2	100 x 5	1,82 x 10^{10}
2 900	2 450	3	100 x 5	4,10 x 10^{10}
3 500	2 900	4	100 x 5	7,29 x 10^{10}
1 450	1 270	1	125 x 5	7,12 x 10^9
2 500	2 150	2	125 x 5	2,85 x 10^{10}
3 450	2 900	3	125 x 5	6,41 x 10^{10}
4 150	3 450	4	125 x 5	1,14 x 10^{11}
1 750	1 500	1	160 x 5(1)	1,17 x 10^{10}
3 050	2 450	2	160 x 5(1)	4,67 x 10^{10}
4 200	3 300	3	160 x 5(1)	1,05 x 10^{11}
5 000	3 800	4	160 x 5(1)	1,87 x 10^{11}

(1) tige filetée inox d'assemblage diamètre 8 à prévoir en fourniture séparée et à couper à longueur

Ie (A) IP ≤ 30	Ithe (A) IP > 30	Nombre	Dimension (mm)	I²t (A²s)
950	850	1	50 x 10	4,56 x 10^9
1 680	1 470	2	50 x 10	1,82 x 10^{10}
2 300	2 030	3	50 x 10	4,10 x 10^{10}
1 150	1 020	1	60 x 10	6,56 x 10^9
2 030	1 750	2	60 x 10	2,62 x 10^{10}
2 800	2 400	3	60 x 10	5,90 x 10^{10}
1 460	1 270	1	80 x 10	1,17 x 10^{10}
2 500	2 150	2	80 x 10	4,67 x 10^{10}
3 450	2 900	3	80 x 10	1,05 x 10^{11}
1 750	1 500	1	100 x 10	1,82 x 10^{10}
3 050	2 550	2	100 x 10	7,29 x 10^{10}
4 150	3 500	3	100 x 10	1,64 x 10^{11}
2 000	1 750	1	120 x 10	2,62 x 10^{10}
3 600	2 920	2	120 x 10	1,05 x 10^{11}
4 800	4 000	3	120 x 10	2,36 x 10^{11}

Disposition des groupes barres



Montage des barres à chant en jeu de barres vertical ou horizontal sur supports réf. 374 54 en position horizontale

La disposition des barres à chant facilite largement leur dissipation thermique et demeure préférable. Si les barres doivent être disposées à plat, donc supports en position verticale, les courants admissibles doivent être réduits.

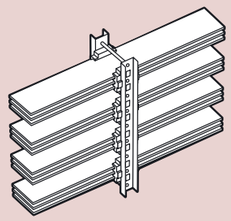
Barres cuivre plates rigides - montage à plat

Ie (A) IP ≤ 30	Ithe (A) IP > 30	Nombre par pôle	Dimension (mm)
500	420	1	50 x 5
750	630	2	50 x 5
1 000	900	3	50 x 5
1 120	1 000	4	50 x 5
600	500	1	63 x 5
750	630	2	63 x 5
1 100	1 000	3	63 x 5
1 350	1 200	4	63 x 5
700	600	1	75 x 5
1 000	850	2	75 x 5
1 250	1 100	3	75 x 5
1 600	1 400	4	75 x 5
750	630	1	80 x 5
1 050	900	2	80 x 5
1 300	1 150	3	80 x 5
1 650	1 450	4	80 x 5
850	700	1	100 x 5
1 200	1 050	2	100 x 5
1 600	1 400	3	100 x 5
1 900	1 650	4	100 x 5
1 000	800	1	125 x 5
1 450	1 250	2	125 x 5
1 800	1 600	3	125 x 5
2 150	1 950	4	125 x 5
1 150	900	1	160 x 5*
1 650	1 450	2	160 x 5*
2 000	1 800	3	160 x 5*
2 350	2 150	4	160 x 5*

* tige filetée inox d'assemblage diamètre 8 à prévoir en fourniture séparée et à couper à longueur

Ie (A) IP ≤ 30	Ithe (A) IP > 30	Nombre par pôle	Dimension (mm)
880	650	1	50 x 10
1 250	1 050	2	50 x 10
2 000	1 600	3	50 x 10
1 000	800	1	60 x 10
1 600	1 250	2	60 x 10
2 250	1 850	3	60 x 10
1 150	950	1	80 x 10
1 370	1 650	2	80 x 10
2 500	2 000	3	80 x 10
1 350	1 150	1	100 x 10
2 000	1 650	2	100 x 10
2 900	2 400	3	100 x 10
1 650	1 450	1	120 x 10
2 500	2 000	2	120 x 10
3 500	3 000	3	120 x 10

Disposition des groupes de barres



Montage des barres à plat en jeu de barres horizontal sur supports réf. 374 54 en position verticale



Les supports réf. 374 54 permettent de constituer des jeux de barres de très forte intensité : jusqu'à 4 000 A en armoire XL-A IP55

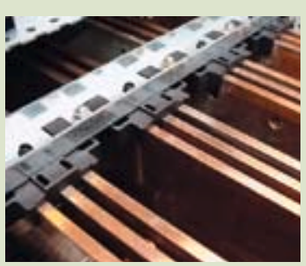


Les supports isolants acceptent, par simple rotation, des barres d'épaisseur 5 mm ou 10 mm

Supports ref. 374 54



1 à 4 barres épaisseur 5 mm par pôle



1 à 3 barres épaisseur 10 mm par pôle



Essai d'échauffement en laboratoire d'un jeu de barres 3 x 120 x 10 par pôle sur support réf. 374 54

Calcul de la contrainte thermique

La valeur I^2t de la contrainte thermique maximale considérée pour un courant de court-circuit I de moins de 5 s se calcule avec la formule :

$$I^2t = K^2S^2$$

- K ($As^{0,5}/mm^2$) : 115 pour les barres souples (température maxi : 160 °C)
135 pour les barres rigides de forte section (largeur supérieure à 50 mm ; température maxi : 200 °C)
143 pour les barres rigides de petite section (largeur inférieure à 50 mm) et les barres en C (température maxi : 220 °C)
- S (mm^2) : section de la barre

La valeur conventionnelle du courant de courte durée admissible sous l'aspect de la contrainte thermique, rapportée à une durée de 1 s, s'exprime par la formule :

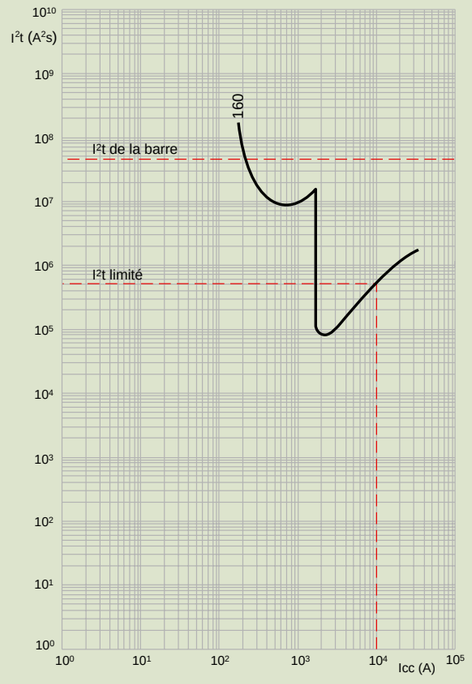
$$Icw = \sqrt{I^2t}$$

! Vérification de la contrainte thermique admissible à l'aide des courbes de limitation des appareils

Exemple : utilisation d'une barre plate rigide de 12 x 4 pour 160 A
I^2t admissible de la barre : 4,7 x 10^7 A^2s
Icc présumé efficace : 10 kA (10^4A)
Cette valeur reportée sur la courbe de limitation donnée pour l'appareil de protection (ici un DPX 250 ER 160 A) permet de lire la contrainte thermique limitée par cet appareil : 5 x 10^5 A^2s, valeur inférieure à l'I^2t admissible par la barre.

La contrainte thermique admissible par la barre doit être supérieure à celle limitée par l'appareil de protection.

Courbe de la contrainte thermique limitée par un DPX 250 ER (160 A)



2 DÉTERMINATION DES DISTANCES ENTRE SUPPORTS

La distance entre les supports est déterminée en fonction de la contrainte électrodynamique générée par le court-circuit.
Les efforts exercés entre les barres lors d'un court-circuit sont proportionnels à la valeur crête de l'intensité de court-circuit.



1 Valeur efficace du courant de court-circuit présumé (Icc)

C'est la valeur maximale présumée du courant qui circulerait lors d'un court-circuit sans la présence d'un dispositif de protection. Elle dépend du type et de la puissance de la source. Le courant réel de court-circuit sera généralement plus faible compte tenu de l'impédance de la canalisation. Les valeurs à considérer sont données au chapitre II.A.5.

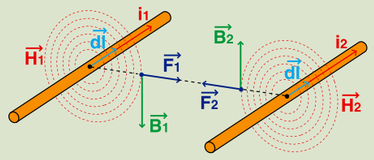
Icc présumé

C'est la valeur efficace du courant de court-circuit qui circulerait en l'absence de dispositif de protection.
Icc1 : entre phase et neutre
Icc2 : entre 2 phases
Icc3 : entre 3 phases.
Ces valeurs sont également nommées Ik_1, Ik_2 et Ik_3, à ne pas confondre avec Ipk défini ci-après.

En cas de doute ou de méconnaissance de la valeur réelle d'Icc présumé prendre une valeur au moins égale à 20·In.

Les efforts électrodynamiques qui s'exercent entre des conducteurs, plus particulièrement dans les jeux de barres, résultent de l'interaction des champs magnétiques produits par le passage du courant. Ces efforts sont proportionnels au carré de l'intensité de crête du courant (Ipk) que l'on peut noter en Â ou kÂ. Lors d'un court-circuit, ces efforts peuvent devenir considérables (plusieurs centaines de daN) et provoquer la déformation des barres ou la rupture des supports.
Le calcul des efforts, préalable aux essais, résulte de l'application de la loi de Laplace qui précise que, lorsqu'un conducteur parcouru par un courant i_1 est placé dans un champ magnétique $\vec{H}$ d'induction $\vec{B}$, chaque élément unitaire $\vec{dl}$ de ce conducteur est soumis à une force égale à $\vec{dF} = i\vec{dl} \wedge \vec{B}$
Si le champ magnétique a pour origine un autre conducteur parcouru par i_2 on a alors interaction de chacun des champs $\vec{H_1}$ et $\vec{H_2}$ et des forces $\vec{F_1}$ et $\vec{F_2}$ générées par $\vec{B_1}$ et $\vec{B_2}$

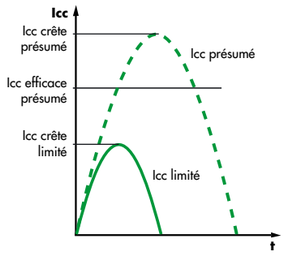
Représentation schématique en un point de l'espace (loi de Biot et Savart)



Les directions des vecteurs sont données par la loi du "bonhomme d'Ampère".
Si les courants i_1 et i_2 circulent dans le même sens, il y a attraction, s'ils circulent dans des sens opposés, il y a répulsion.

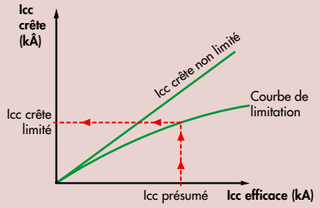
2 Valeur du courant de crête (Ipk)

Le courant de crête limité est déterminé à partir des caractéristiques de l'appareil de protection. Il représente la valeur maximale (de crête) limitée par cet appareil. En l'absence d'un appareil de protection limiteur, la valeur de crête présumée peut être calculée à partir du courant de court-circuit présumé et d'un coefficient d'asymétrie.



Appareil de protection limiteur

En fonction de l'intensité de court-circuit présumé, les courbes de limitation des appareils de protection (DX et DPX) donnent l'intensité de crête limitée.
La courbe Icc crête non limité correspond à l'absence de protection.

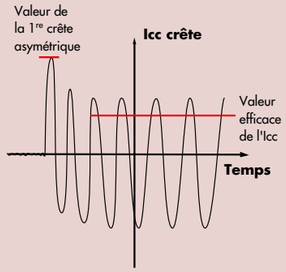


Le tableau ci-dessous donne directement la valeur limitée de crête (Ipk) pour la valeur maximale de court-cicuit présumée égale au pouvoir de coupure (Icu) de l'appareil.Pour des valeurs de courts-circuits présumées plus faibles, la lecture des courbes fournira une valeur optimisée.

Appareil	Calibre (A)	Icc crête maxi (kÂ)
DPX 125	16-25	11,9
DPX 125	40-63	15
DPX 125	100-125	17
DPX 160	25	14,3
DPX 160	40 à 160	20
DPX 250 ER	100 à 250	22
DPX 250	40 à 250	27
DPX-H 250	40 à 250	34
DPX 630	250 à 630	34
DPX-H 630	250 à 630	42
DPX 1600	630 à 1 600	85
DPX-H 1600	630 à 1 600	110

Appareil de protection non limiteur

Lorsque le jeu de barres est protégé par un appareil non limiteur, la valeur maximale du courant de crête est développée lors de la première demi période du court-circuit. On parle alors de 1re crête asymétrique.



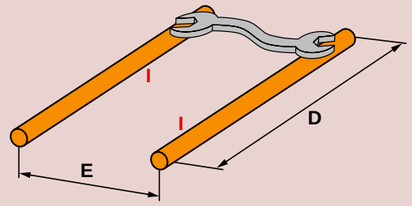
La relation entre la valeur de crête et la valeur efficace du courant de court-circuit présumé est définie par le coefficient d'asymétrie n :

Icc crête (Ipk) = n x Icc efficace présumé

Icc efficace présumé (kA)	n
≤ 5	1,5
5 < I ≤ 10	1,7
10 < I ≤ 20	2
20 < I ≤ 50	2,1
50 < I	2,2

Les efforts électrodynamiques sont proportionnels au carré de l'intensité de crête. C'est la valeur à considérer pour déterminer les distances entre les supports.

Formule générale de calcul des efforts en cas de court-circuit



D : longueur du conducteur (distance entre supports dans le cas de barres)

E : espacement entre les conducteurs

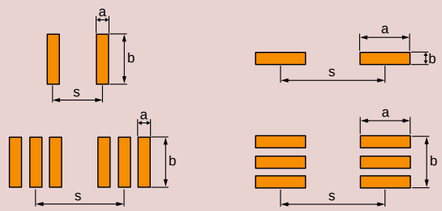
$F_{max} = 2 \times I^2 \times \frac{D}{E} \times 10^{-8}$ **avec F en daN, I en A crête, D et E dans la même unité.**

Dans la pratique, cette formule n'est applicable qu'à des conducteurs ronds et de grande longueur (D > 20 E). Lorsque D est plus court, on apporte une correction, dite "facteur d'extrémité" :

- pour $4 < \frac{D}{E} < 20$**, on prend** $F_{max} = 2 \times I^2 \times \left(\frac{D}{E} - 1\right) \times 10^{-8}$

- pour $\frac{D}{E} < 4$**, on prend** $F_{max} = 2 \times I^2 \times \left[\sqrt{\left(\frac{D}{E}\right)^2 + 1} - 1\right) \times 10^{-8}$

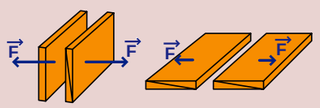
Il faut de même introduire un facteur k prenant en compte la disposition et la forme des conducteurs s'ils ne sont pas ronds.



Le facteur k est déterminé selon des abaques en fonction de $\frac{s-a}{a+b}$ **et de** $\frac{a}{b}$ **.**

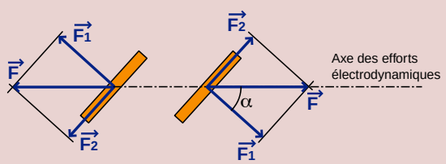
Son influence diminue rapidement avec l'éloignement s (il tend alors vers 1).

C'est pour les barres plates qu'il est le plus influent. Plus celles-ci sont proches, et plus les surfaces en regard sont grandes, plus les efforts seront importants.

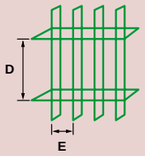


L'orientation relative des barres (barres inclinées) nécessite également de considérer l'angle α d'application des efforts.

Dans la formule de calcul des efforts, c'est donc la valeur admissible de $\vec{F}$ qui déterminera la valeur maxi de I, $\vec{F}$ étant calculé à partir des formules habituelles de mécanique.

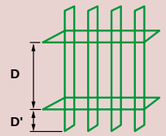


! Détermination pratique des distances entre les supports en fonction du courant de crête (Ipk)



Les tableaux suivants permettent, à partir de la valeur d'Ipk requise, de déterminer les distances maximales D (en mm) entre les supports, et de constituer ainsi les jeux de barres.
Plus la distance entre les supports sera courte, plus l'Icc admissible sera élevé.
Avec les supports unipolaires, il est également possible de faire varier l'espacement entre barres E (en mm).
Plus l'espacement entre les barres sera grand, plus l'Icc admissible sera élevé.

La distance D' au-delà du dernier support doit rester inférieure à 30 % de la distance D



Distance maximale "D" (en mm) pour supports unipolaires (E réglable)

		Supports 373 98				Supports 374 37				Supports 374 52					
Barres		373 88 (12 x 2) ou 373 89 (12 x 4)				374 33 (15 x 4) ou 374 34 (18 x 4) ou 374 38 (25 x 4)				374 34 (18 x 4)		374 18 (25 x 5)		374 19 (32 x 5)	
E (mm)		50	75	100	125	50	75	100	125	55	83	55	83	55	83
Icc crête (Ipk en kÂ)	10	400	600	800		350	600	750		500	600	650		700	
	15	300	450	600	800	250	400	500	700	300	400	500	600	500	600
	20	250	350	450	600	150	225	300	375	250	300	350	400	400	500
	25	200	250	300	400	125	150	200	250	200	250	300	350	350	400
	30					100	125	150	175	150	200	250	300	300	350
	35						100	125	150						
	40									125	150	200	250	250	300
	50									100	125	150	200	200	250
	60										100	125	150	150	200
	70											100	125	100	150
	80												100		100

Distance maximale "D" (en mm) pour supports multipolaires (E fixe)

		Supports 373 96		Supports 374 32	Supports 374 36	Supports 048 78		
Barres		373 88 (12 x 2)	373 89 (12 x 4)	374 33/34 (15 x 4) (18 x 4)	374 38 (25 x 4)	374 34 (18 x 4)	374 18 (25 x 5)	374 19 (32 x 5)
Icc crête (Ipk en kÂ)	10	200	400	550	650	1 000	1 200	1 500
	15	150	300	400	500	700	1 000	1 200
	20	125	200	300	400	550	750	950
	25	100	150	200	350	400	600	750
	30			150	200	350	500	650
	35			100	150			
	40				100	250	350	450
	50					200	300	400
	60					200	250	300
	70					150	200	250
	80					150	200	250

Les distances prennent en compte les conditions les plus sévères de court-circuit :
- valeur Icc_2 de court-circuit biphasé entraînant des efforts dissymétriques
- valeur Icc_3 de court-circuit triphasé entraînant un effort maximal sur la barre centrale
- la valeur Icc_1 (phase/neutre) est généralement plus faible.

Distance maximale "D" (en mm) pour supports multipolaires réf. 374 53 (E fixe : 75 mm)

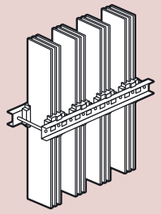
		Supports 374 53									
Barres		1 barre par pôle					2 barres par pôle				
		374 40 (50 x 5)	374 41 (63 x 5)	374 59 (75 x 5)	374 43 (80 x 5)	374 46 (100 x 5)	374 40 (50 x 5)	374 41 (63 x 5)	374 59 (75 x 5)	374 43 (80 x 5)	374 46 (100 x 5)
Icc crête (Ipk en kÂ)	10	1 000	1 200	1 200	1 200	1 200					
	15	800	900	1 000	1 000	1 200					
	20	650	700	750	750	900					
	25	500	600	600	600	700					
	30	400	500	550	550	600	700	800			
	35	350	450	450	450	550					
	40	300	350	400	400	450	550	600	650	650	700
	45	300	300	350	350	400					
	50	250	250	300	300	350	450	500	500	500	550
	60	200	250	250	250	300	350	400	400	400	450
	70	150	200	250	250	250	250	350	350	350	400
	80	100	150	200	200	200	250	300	300	300	300
	90	100	150	200	200	200	200	250	300	300	300
	100	100	150	150	150	150	200	200	250	250	250
	110	100	100	150	150	150	200	150	200	200	200
	120	100	100	100	100	100	150	150	200	200	200

Distance maximale "D" (en mm) pour supports multipolaires réf. 374 56 et 374 14 (E fixe : 75 mm)

		Supports 374 56							Supports 374 14				
Barres		1 barre en C par pôle			1 barre plate par pôle				1 barre plate par pôle				
		374 60 155 mm²	374 61 265 mm²	374 62 440 mm²	374 40 (50 x 5)	374 41 (63 x 5)	374 59 (75 x 5)	374 42 (80 x 5)	374 34 (18 x 4)	374 18 (25 x 5)	374 19 (32 x 5)	374 40 (50 x 5)	374 41 (63 x 5)
Icc crête (Ipk en kÂ)	10	1 100	1600	1 600	1 100	1 200	1 200	1 200	800	800	900		
	15	800	1 000	1 300	800	900	1 000	1 000	400	600	600	700	800
	20	600	800	1 000	650	700	750	750	300	450	500	600	700
	25	450	650	800	500	600	800	800	250	350	400	500	550
	30	400	550	700	400	500	550	550	225	300	350	400	450
	35	350	450	600	350	450	450	450	200	250	300	350	400
	40	300	400	550	300	350	400	400	175	200	250	275	300
	45	300	350	500	300	300	350	350	150	200	200	225	250
	50	250	300	450	250	250	300	300	150	150	150	200	200
	60	200	300	400	200	250	250	250	125	125	125	150	150
	70	150	250	350	150	200	200	200	100	100	100	150	150
	80		200	300	100	150	200	200				100	100
	90		200	250	100	150	200	200					
	100		150	250	100	150	150	150					
	110		150	200	100	100	150	150					
	120		150	200	100	100	100	100					

Distance maximale “D” (en mm) pour supports multipolaires réf. 374 54 avec barres cuivre épaisseur 5 mm

supports 374 54



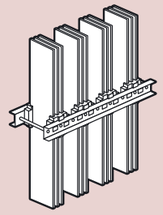
Barres		1 barre par pôle				
		50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5
Icc crête (Ipk en kÂ)	10	1550	1700	1700	1700	1700
	15	1050	1200	1350	1550	1700
	20	800	900	1000	1150	1350
	25	650	750	800	950	1100
	30	550	600	700	800	900
	35	450	550	600	650	800
	40	400	450	550	600	700
	45	350	400	450	550	600
	50	350	350	450	500	550
	60	300	300	350	400	450
	70	250	250	300	350	400
	80		250	250	300	350
	90			250	250	300
	100				250	300
	110				250	250
	120					250
	130					250
	140					
	150					
	160					
	170					
	180					

Barres		2 barres par pôle				
		50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5
Icc crête (Ipk en kÂ)	10	1700	1700	1700	1700	1700
	15	1550	1700	1700	1700	1700
	20	1200	1350	1500	1700	1700
	25	950	1100	1200	1400	1550
	30	800	900	1000	1150	1300
	35	700	800	900	1000	1150
	40	600	700	800	900	1000
	45	550	600	700	800	900
	50	500	550	650	700	800
	60	400	450	550	600	700
	70	350	400	450	500	650
	80	300	350	400	450	550
	90	300	300	350	400	500
	100	250	300	300	350	500
	110	250	250	300	350	450
	120		250	250	300	450
	130			250	300	400
	140			250	250	400
	150				250	350
	160				250	350
	170					350
	180					300

Barres		3 barres par pôle				
		50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5
Icc crête (Ipk en kÂ)	10	1700	1700	1700	1700	1700
	15	1700	1700	1700	1700	1700
	20	1550	1700	1700	1700	1700
	25	1250	1450	1600	1700	1700
	30	1050	1200	1350	1550	1700
	35	900	1050	1150	1300	1500
	40	800	900	1050	1150	1300
	45	700	800	900	1050	1200
	50	650	750	850	950	1050
	60	550	600	700	800	900
	70	450	550	600	700	750
	80	400	450	550	600	700
	90	350	400	500	550	600
	100	350	400	450	500	550
	110	300	350	400	450	500
	120	300	300	350	400	450
	130	250	300	350	350	450
	140	250	250	300	350	400
	150	250	250	300	350	350
	160		250	250	300	350
	170		250	250	300	350
	180			250	300	300
	190			250	250	300
	200				250	300
	210				250	250
	220				250	250

Barres		4 barres par pôle				
		50 x 5	63 x 5	75 x 5 80 x 5	100 x 5	125 x 5
Icc crête (Ipk en kÂ)	10	1700	1700	1700	1700	1700
	15	1700	1700	1700	1700	1700
	20	1700	1700	1700	1700	1700
	25	1550	1700	1700	1700	1700
	30	1300	1500	1700	1700	1700
	35	1150	1250	1450	1650	1700
	40	1000	1100	1300	1450	1650
	45	900	1000	1150	1300	1450
	50	800	900	1050	1150	1350
	60	650	750	850	1000	1100
	70	600	650	750	850	950
	80	500	600	650	750	850
	90	450	500	600	650	750
	100	400	450	550	600	700
	110	350	450	500	550	600
	120	350	400	450	550	550
	130	300	350	400	500	550
	140	300	350	400	450	500
	150	300	300	350	400	450
	160	250	300	350	400	350
	170	250	300	300	350	300
	180	250	250	300	350	300
	190	250	250	300	300	250
	200		250	250	300	250
	210		250	250	250	200
	220			250	250	200

Distance maximale “D” (en mm) pour supports multipolaires réf. 374 54 avec barres cuivres épaisseur 10 mm



supports 374 54

Barres		1 barre par pôle		
		80 x 10	100 x10	120 x 10
Icc crête (Ipk en kÂ)	20	1700	1700	1700
	25	1600	1700	1700
	30	1350	1550	1700
	35	1150	1300	1450
	40	1050	1150	1300
	45	900	1050	1150
	50	850	950	1050
	60	700	800	850
	70	600	700	750
	80	550	600	650
	90	500	550	600
	100	450	500	550
	110	400	450	500
	120	350	400	450
	130	350	350	400
	140	300	350	400
	150	300	350	350
	160	250	300	350
	170	250	300	300
	180	250	300	300
	190	250	250	300
	200	200	250	300
	210	200	250	250
	220		250	250
	230		200	250
	240			200
	250			200

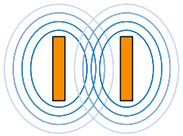
Barres		2 barres par pôle		
		80 x 10	100 x 10	120 x 10
Icc crête (Ipk en kÂ)	20	1700	1700	1700
	25	1700	1700	1700
	30	1700	1700	1700
	35	1700	1700	1700
	40	1500	1700	1700
	45	1350	1550	1700
	50	1200	1400	1550
	60	1000	1150	1300
	70	900	1000	1100
	80	750	900	1000
	90	700	800	900
	100	600	700	800
	110	550	650	750
	120	550	600	650
	130	500	550	600
	140	450	500	600
	150	450	500	550
	160	400	450	500
	170	350	450	500
	180	350	400	450
	190	350	400	450
	200	300	350	400
	210	300	350	350
	220	300	350	300
	230	300	300	300
	240	250	300	250
	250	250	300	250

Barres		3 barres par pôle		
		80 x 10	100 x 10	120 x 10
Icc crête (Ipk en kÂ)	20	1700	1700	1700
	25	1700	1700	1700
	30	1700	1700	1700
	35	1700	1700	1700
	40	1700	1700	1700
	45	1700	1700	1700
	50	1600	1700	1700
	60	1350	1550	1700
	70	1150	1300	1500
	80	1000	1150	1300
	90	900	1050	1100
	100	850	900	950
	110	750	800	800
	120	700	750	750
	130	650	700	700
	140	600	650	650
	150	550	650	600
	160	550	600	500
	170	500	500	500
	180	500	450	450
	190	450	400	400
	200	450	400	400
	210	400	350	350
	220	350	300	300
	230	300	300	300
	240	300	250	250
	250	250	250	250

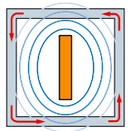
3 EFFETS MAGNÉTIQUES ASSOCIÉS AUX JEUX DE BARRES

Les effets magnétiques peuvent être dissociés entre les effets transitoires, ce sont les efforts électrodynamiques en court-circuit, et les effets permanents créés par l'induction due à la circulation de courants de forte intensité.
Les effets de l'induction ont plusieurs conséquences.

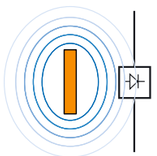
• L'augmentation de l'impédance des conducteurs due aux effets d'inductance mutuelle (voir page 630).



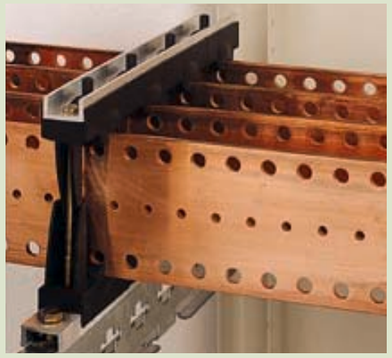
• L'échauffement lié à la saturation magnétique des matériaux des cadres formés autour des conducteurs (voir page 635).



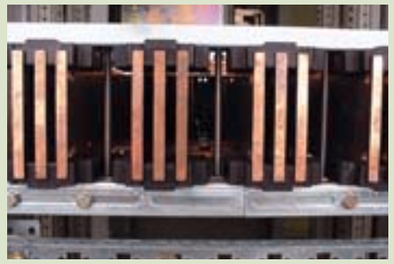
• Les perturbations éventuelles des appareils sensibles et pour lesquels il est recommandé de respecter des distances minimales de cohabitation (voir page 174).



Des supports sur traverses aluminium pour empêcher la formation de cadres magnétiques.



Les vis en acier inox amagnétique ont cette même fonction sur les supports réf. 374 54.



Les distances d'éloignement prescrites (p. 175) entre conducteurs et appareils seront augmentées en cas de cohabitation avec des jeux de barres de très forte puissance (jusqu'à 4 000 A). En l'absence d'indication des constructeurs, les distances minimales seront portées à :
- 30 cm pour les appareils très peu sensibles (fusibles, interrupteurs non différentiels, connexions, disjoncteurs de puissance...)
- 50 cm pour les appareils peu sensibles (disjoncteurs divisionnaires, y compris différentiels, relais, contacteurs, transformateurs...)
- 1 m pour les appareils sensibles (électronique et appareils de mesure numérique, systèmes à bus, commandes à distance, interrupteurs électroniques...)
- Des appareils très sensibles aux champs magnétiques (mesure analogique, compteurs, appareils à cadre, tubes cathodiques...) peuvent nécessiter des distances d'éloignement plus grandes.

Mesure des lignes de champs magnétiques autour d'un jeu de barre



La connaissance des phénomènes d'induction générés par les conducteurs de puissance permet de stipuler des conditions de montage et de cohabitation adaptées

Les valeurs de champ magnétique sont couramment exprimées par deux unités.
• Le tesla (T) représente la valeur de l'induction magnétique qui, dirigée perpendiculairement à une surface de 1 m², produit à travers cette surface un flux de 1 weber. Le tesla exprime une valeur très élevée, aussi utilise-t-on le plus souvent ses sous-unités : millitesla (mT) et microtesla (µT). Ancienne unité, le gauss (G) ne doit plus être utilisé (1 T = 10 000 G).
• L'ampère par mètre (A/m), unité non S.I. anciennement nommée "ampère-tour par mètre", désigne l'intensité du champ magnétique créé au centre d'un circuit circulaire de 1 m de diamètre parcouru par un courant constant de 1 Ampère.

Induction B (en T) et champ H (en A/m) sont liés par la formule : $B = \mu_0 \mu_r H$
avec $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$ (perméabilité magnétique de l'air ou du vide)
$\mu_r = 1$ (perméabilité relative du fer)

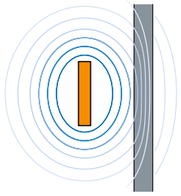
d'où : 1µT = 1,25 A/m et 1A/m = 0,8 µT

Les valeurs de distance de montage préconisées correspondent à des valeurs de champ magnétique relevées à proximité d'un jeu de barre sous 4 000 A.

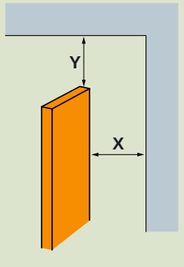
0,1 mT (125 A/m) à 1 m (appareils sensibles)
0,5 mT (625 A/m) à 50 cm (appareils peu sensibles)
1 mT (1250 A/m) à 30 cm (appareils très peu sensibles).

Dans la pratique les valeurs des champs magnétiques générés par les barres de puissance dépassent largement les valeurs normalisées d'exposition des appareils. Des tests beaucoup plus sévères, tels que ceux subis par les appareils de la gamme LEXIC, sont donc impératifs pour garantir leur fonctionnement dans ces conditions.

• La circulation de courants élevés dans les jeux de barres entraîne l'induction de champs magnétiques dans les masses métalliques environnantes (panneaux, bâtis et châssis d'armoires…).
Le phénomène est similaire à celui utilisé pour réaliser des blindages électromagnétiques (voir page 176) mais en l'occurrence, il doit être limité pour éviter des échauffements de ces masses et la circulation de courants induits.



Distances minimales entre barres et panneaux métalliques



**L'induction est plus importante en regard de la face plate des barres (distance X).
Au-delà de 2 500 A, conserver des distances minimales de X : 150 mm et Y : 100 mm.**

**Au delà des aspects de dissipation thermique qui nécessitent de prévoir des volumes de dissipation suffisants (voir chapitre II.E.3), il est indispensable de considérer ces notions d'induction magnétique dans les masses des enveloppes en dimensionnant celles-ci largement pour maintenir les distances appropriées entre barres et parois.
Au delà de 2 500 A, cela conduit généralement à disposer des armoires (à l'arrière par exemple) uniquement destinées à recevoir les jeux de barres.**



La formation de cadres magnétiques autour des jeux de barres de forte puissance doit absolument être empêchée. Les structures des enveloppes XL et XL-A intégrant des éléments amagnétiques (qui créent des entrefers), sont parfaitement adaptées aux intensités les plus élevées.

4 VÉRIFICATION DES CARACTÉRISTIQUES D'ISOLEMENT

1 La tension d'isolement Ui

Elle doit être égale ou supérieure à la valeur maximale de la tension assignée d'emploi de l'ensemble, ou à la tension de référence. Cette dernière est fonction de la tension du réseau d'alimentation et de la structure de la source (étoile, triangle, avec ou sans neutre).

Valeurs des tensions de référence à considérer en fonction de la tension nominale du réseau

Tension nominale du réseau d'alimentation	Pour l'isolement entre phases	Pour l'isolement entre phase et neutre	
	Tous réseaux	Réseaux triphasés 4 fils neutre à la terre	Réseaux triphasés 3 fils non reliés à la terre ou une phase reliée à la terre
(V)	(V)	(V)	(V)
60	63	32	63
110 - 120 - 127	125	80	125
160	160	-	160
208	200	125	200
220 - 230 - 240	250	160	250
300	320	-	320
380 - 400 - 415	400	250	400
440	500	250	500
480 - 500	500	320	500
575	630	400	680
600	630	-	630
660 - 690	630	400	630
720 - 830	800	500	800
960	1 000	630	1 000
1 000	1 000	-	1 000

Il y a lieu de vérifier que la tension de référence n'est pas supérieure à la tension d'isolement Ui des appareils, jeux de barres et répartiteurs.

L'isolation entre conducteurs actifs et terre des supports jeux de barres et des répartiteurs Legrand est au moins égale à celle entre phases. La valeur Ui d'isolement peut être utilisée pour tous les réseaux.

1 La tension de tenue aux chocs Uimp

Cette grandeur caractérise le niveau de surtension admissible sous la forme d'une onde de tension représentative d'un choc de foudre. Sa valeur (en kV) dépend de la tension du réseau mais aussi de l'emplacement dans l'installation. C'est à l'origine de l'installation (en amont du disjoncteur de branchement ou du transformateur) qu'elle est la plus élevée.

Les matériels peuvent être désignés ou marqués selon deux modes :

- deux valeurs indiquées (exemple : 230/400 V). Celles-ci se rapportent à un réseau triphasé 4 fils (montage en étoile). La valeur inférieure est la tension entre phase et neutre, la valeur supérieure est la valeur entre phases.
- une seule valeur indiquée (exemple : 400 V). Celle-ci se rapporte normalement à un réseau monophasé ou triphasé 3 fils non relié à la terre (ou ayant une phase reliée à la terre) et pour lequel on doit considérer que la tension entre phase et terre peut atteindre la valeur de la tension composée (pleine tension entre phases).

L'ensemble des prescriptions relatives à l'isolement est défini par la norme internationale CEI 60664-1 "Coordination de l'isolement dans les systèmes (réseaux) basse tension". Elles sont reprises par les normes EN 60439-1 et EN 60947-1.

Valeurs des tensions de choc à considérer en fonction de la tension par rapport à la terre et de l'emplacement d'installation

Valeur maximale de la tension assignée d'emploi par rapport à la terre Valeur efficace ou courant continu (V)	Valeurs préférentielles de tension assignée de tenue aux chocs (1,2/50 µs) à 2 000 m (en kV)							
	A considérer en régle générale				Pouvant être considérées en cas d'alimentation souterraine			
	Catégorie de surtension				Catégorie de surtension			
	IV	III	II	I	IV	III	II	I
	Niveau origine de l'installation	Niveau distribution	Niveau charge (appareils, matériels)	Niveau spécialement protégé	Niveau origine de l'installation	Niveau distribution	Niveau charge (appareils, matériels)	Niveau spécialement protégé
50	1,5	0,8	0,5	0,33	0,8	0,5	0,33	-
100	2,5	1,5	0,8	0,5	1,5	0,8	0,5	0,33
150	4	2,5	1,5	0,8	2,5	1,5	0,8	0,5
300	6	4	2,5	1,5	4	2,5	1,5	0,8
600	8	6	4	2,5	6	4	2,5	1,5
1 000	12	8	6	4	8	6	4	2,5

NB : La tension de tenue aux chocs donnée pour une altitude de 2 000 m implique que des tests à des valeurs plus élevées soient effectués au niveau de la mer : 7,4 kV pour 6 kV - 9,8 kV pour 8 kV - 14,8 kV pour 12 kV.

Caractéristiques d'isolement des supports de jeux de barres (Degré de pollution : 3)

Référence	373 98	374 37	373 96	374 32	374 36	374 52	374 14	374 53	374 56	374 54
Ui (V)	500	500	690	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000	1 000
Uimp (kV)	8	8	8	12	12	12	12	12	12	12

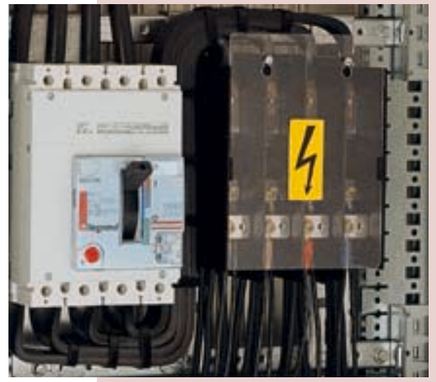
Les supports jeux de barres Legrand sont conçus et testés pour les conditions d'usage les plus sévères correspondant aux risques de surtension les plus élevés. La valeur Uimp caractérise cette exigence de sécurité.

Conception des supports isolants pour jeux de barres et répartiteur

La tension d'isolement Ui des supports et répartiteurs est déterminée à la fois par la mesure des lignes de fuite, par les qualités isolantes du matériau et par le degré de pollution.
• La ligne de fuite est la valeur de la distance mesurée à la surface des matériaux isolants dans les conditions ou positions les plus défavorables entre les parties actives (phases, phases et neutre) et entre ces parties et la masse.
• Les qualités isolantes du matériau sont entre autres caractérisées par l'indice de résistance aux courants de cheminement (IRC). Plus cette valeur sera élevée, moins l'isolation sera dégradée par des dépôts de pollution conductrice (les supports de jeux de barres Legrand, en polyamide 6.6 chargés de fibres de verre, ont un indice supérieur à 400).
• Le degré de pollution caractérise, par un nombre de 1 à 4, le risque de dépôt de poussières conductrices :
- 1 : aucune pollution
- 2 : aucune pollution et condensation temporaire
- 3 : pollution conductrice possible
- 4 : pollution persistante.
Le niveau 2 est assimilé aux applications domestiques, tertiaires, résidentielles.
Le niveau 3 est assimilé aux applications industrielles.

Les répartiteurs Legrand

Le répartiteur est un dispositif préfabriqué. Il est donc dimensionné pour son courant assigné et ne nécessite pas, contrairement aux jeux de barres, de déterminations constructives. En revanche, la diversité des répartiteurs selon leurs capacités, leur mode de raccordement et leur implantation nécessite un choix judicieux dans le respect de règles normatives précises.
C'est également au niveau de la répartition que s'effectue l'équilibrage des phases. L'offre Legrand de répartiteurs, à la fois vaste et diverse, permet de répondre à tous les besoins.

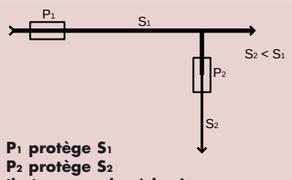


Répartiteur extraplat 250 A réf. 374 00. Très haute résistance aux courts-circuits (60 kA) pour la répartition en tête de tableau

1 LES RÈGLES NORMATIVES

Un dispositif assurant la protection contre les surcharges et contre les courts-circuits doit être placé à l'endroit où un changement de section, de nature, de mode de pose ou de constitution entraîne une réduction du courant admissible (CEI 60364-473). Appliquée à la lettre, cette règle aboutirait à un surdimensionnement des sections pour les conditions de défaut.

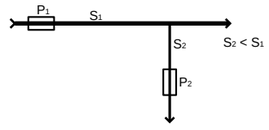
Disposition théorique



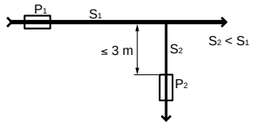
P1 protège S1
P2 protège S2
Il n'y a pas de réduction de section avant P2

La normalisation admet donc de ne pas placer de dispositif de protection à l'origine de la ligne dérivée sous deux conditions possibles.

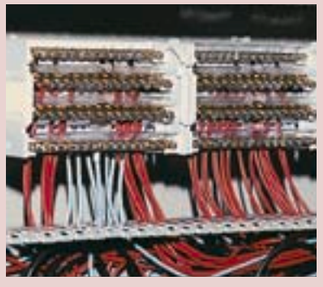
- Le dispositif P1 en amont protège effectivement la ligne dérivée S2.



- La longueur de la ligne dérivée S2 n'est pas supérieure à 3 m. Elle n'est pas installée à proximité de matériaux combustibles et toutes les précautions sont prises pour limiter les risques de court-circuit.



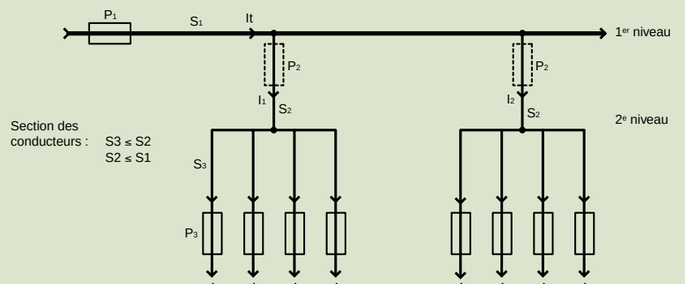
Répartiteurs modulaires réf. 048 88...



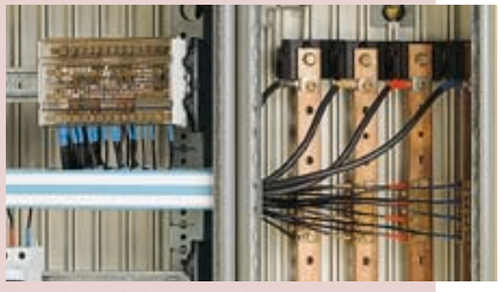
...sécurité totale grâce à l'isolation indépendante de chaque pôle.

Répartition à plusieurs niveaux

Cette disposition peut par exemple se rencontrer lorsque plusieurs répartiteurs (2e niveau) sont alimentés à partir d'un jeu de barres (1er niveau). Si la somme des courants dérivés au premier niveau (I_1, I_2...) est supérieure à I_t, il faut alors prévoir un dispositif de protection P_2 sur S_2.



Section des conducteurs : S3 ≤ S2, S2 ≤ S1



Répartition à 2 niveaux : jeu de barres sur supports réf. 374 52 (1er niveau) et répartiteur modulaire réf. 048 88 (2e niveau)

+ Un souci de sécurité maximale

Les répartiteurs Legrand sont conçus pour minimiser les risques de court-circuit entre pôles : isolation individuelle des barreaux des répartiteurs modulaires, cloisonnement des répartiteurs de puissance, nouveau concept totalement isolé des répartiteurs unipolaires réf. 048 71/73/83, autant d'innovations pour renforcer la sécurité.
En garantissant le plus haut niveau de résistance au feu (960 °C au fil incandescent suivant la norme CEI 60695-2-1), les répartiteurs Legrand répondent à l'exigence normative de non-proximité de matériaux combustibles.



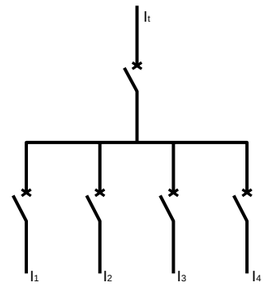
Répartiteur modulaire 160 A réf. 048 87 : isolation totale de chaque pôle

2 LES CARACTÉRISTIQUES DES RÉPARTITEURS

Avant d'effectuer un choix définitif de produit, il est nécessaire de vérifier quelques caractéristiques essentielles. Celles-ci sont données pour tous les répartiteurs Legrand.

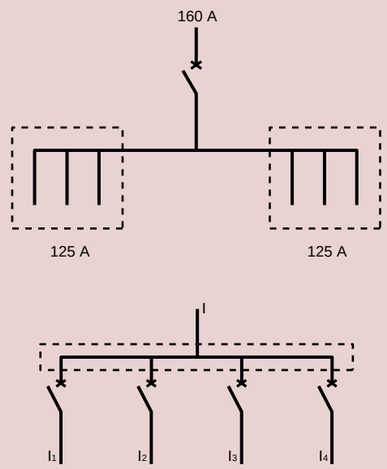
1 Intensité assignée

Souvent nommée intensité nominale (In), elle sera choisie en fonction de l'intensité de l'appareil amont ou de la section du conducteur d'alimentation.
En règle générale, on utilisera un répartiteur d'intensité égale ou immédiatement supérieure à celle de l'appareil de tête (It) sans que la somme des intensités des circuits répartis ne soit supérieure à l'intensité nominale (In) du répartiteur.



$I_n \geq I_t$ ou $I_n \geq I_1 + I_2 + I_3 + I_4$

Dans la pratique, il est possible de choisir un ou des répartiteurs d'intensité nominale inférieure, si les circuits aval ne sont pas simultanément chargés (coefficient de foisonnement) ou ne sont pas chargés à 100 % (coefficient de diversité) (voir page 243).

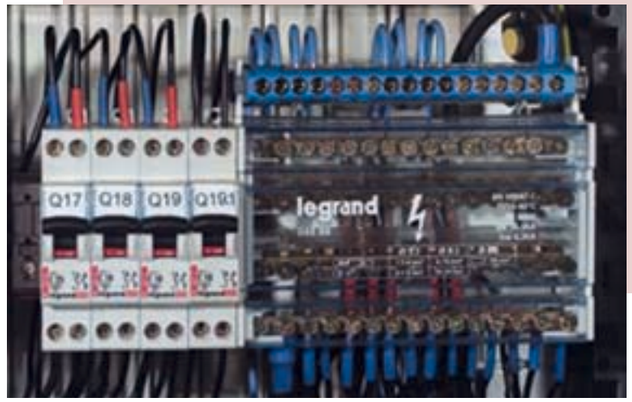




Aboutissement de la répartition, XL-Part intègre la protection amont et les protections aval

2 Valeur admissible en court-circuit

• La valeur Icw caractérise de manière conventionnelle le courant admissible pendant 1 s sous l'aspect de la contrainte thermique.
• La valeur Ipk caractérise le courant de crête maximal admissible par le répartiteur. Cette valeur doit être supérieure à celle limitée par l'appareil de protection en amont pour le court-circuit présumé.



Répartiteur modulaire 125 A réf. 048 88 équipé d'un bornier neutre supplémentaire

Les répartiteurs Legrand sont conçus pour présenter une résistance à la contrainte thermique au moins aussi élevée que celle du conducteur de la section correspondant au courant nominal de telle sorte qu'aucune autre vérification n'est généralement nécessaire.

Caractéristiques de tenue en court-circuit des répartiteurs

Type	Références	I^2t (A^2s)	Icw (kA)	Ipk (kA)
Borniers 63/100 A	048 01/03/05/06/07 048 20/22/24/25/26/28 048 50/52/54/55/56/58 048 40/42/44/45/46/48 048 30/32/34/35/36/38	$1,2 \times 10^7$	3,5	17
Répartiteurs Lexiclic	048 70/74/75	$1,1 \times 10^8$ (1)	10,5	60
Cordons 6 mm^2	048 91/92/93/94	$0,6 \times 10^6$ (1)	0,81	-
Cordons 10 mm^2	048 95/96/97/98	$1,8 \times 10^6$ (1)	1,35	-
Répartiteurs modulaires	048 81/85 (40 A)	$0,9 \times 10^7$	3	20
	048 80/84/86 (100 A)	2×10^7	4,5	20
	048 82 (125 A)	2×10^7	4,5	18
	048 88 (125 A)	$1,8 \times 10^7$	4,2	14,5
	048 79 (160 A)	$6,4 \times 10^7$	8	27
Répartiteurs modulaires unipolaires	048 71/72 (125 A)	$3,6 \times 10^7$	6	23
	048 83/87 (160 A)	1×10^8	10	27
	048 73 (250 A)	$3,2 \times 10^8$	18	60
Répartiteurs extraplats	374 47 (125 A)	$1,1 \times 10^7$	4,1	25
	374 00 (160/250 A)	$1,5 \times 10^8$	8/12 (2)	60
Répartiteurs étagés	373 95 (125 A)	$1,7 \times 10^7$	4,1	25
	374 30 (125 A)	$7,4 \times 10^7$	8,5	35
	374 31 (160 A)	1×10^8	10	35
	374 35 (250 A)	$2,1 \times 10^8$	14,3	35
	374 42 (400 A)	$3,4 \times 10^8$	17	50/75 (3)
Boîtiers de raccordement	374 80 (300 A)	$2,1 \times 10^8$	14,5	>60
	374 81 (540 A)	$4,9 \times 10^8$	22,2	>60

(1) La contrainte thermique limitée par l'appareil amont doit être inférieure à l'I^2t du répartiteur. La contrainte thermique limitée par l'appareil aval doit être inférieure à l'I^2t du cordon : adapter si nécessaire la section du cordon.
(2) Plages inférieures / plages supérieures.
(3) Espacement des barres 50 mm / 75 mm.

La vérification de l'Ipk n'est généralement pas nécessaire lorsque le répartiteur est protégé par un appareil de même intensité nominale. Elle doit être faite si l'appareil amont est d'un calibre supérieur à l'intensité du répartiteur.

Valeur de l'Icc efficace présumé admissible du répartiteur Lexiclic en fonction de l'association appareil amont /appareil aval

Appareil aval	In (A)	Section du cordon (mm²)	Appareil amont DPX 125 (kA)	DPX 160 (kA)	DPX 250 ER (kA)	DPX 250 (kA)	DPX 630 (kA)
DX 1P+N 6000 / 10 kA	≤ 10	6	30	30	30	30	25
	16-20	6	30	25	25	25	25
	25	6	25	20	20	20	20
	32	6	15	10	10	10	10
	40	10	10	10	10	10	10
DX 6000 / 10 kA	≤ 20	6	35	35	50	50	50
	25-40	6	35	50	50	50	50
	50-63	10	25	35	30	30	30
DX-h 10 000 / 25 kA	≤ 40	6	35	50	50	50	50
	50-63	10	25	35	35	35	30

NB : l'utilisation du Lexiclic permet de négliger le risque de court-circuit entre l'appareil aval et l'appareil amont (voir règles normatives). Les cordons de raccordement isolés sont donc protégés par l'appareil aval.

Contrainte thermique admissible par les conducteurs isolés au PVC

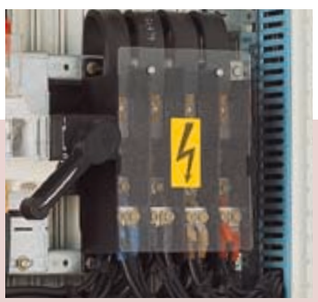
	S (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95
Cuivre	I²t (A²s)	0,3 x 10⁵	0,8 x 10⁵	0,2 x 10⁶	0,5 x 10⁶	1,3 x 10⁶	3,4 x 10⁶	8,3 x 10⁶	1,6 x 10⁷	3,3 x 10⁷	6,4 x 10⁷	1,2 x 10⁸
	Icw (kA)	0,17	0,29	0,46	0,69	1,15	1,84	2,9	4	5,7	8	10,9
Alu	I²t (A²s)					5,7 x 10⁵	1,5 x 10⁶	3,6 x 10⁶	7 x 10⁶	1,4 x 10⁷	2,8 x 10⁷	5,2 x 10⁷
	Icw (kA)					0,76	1,2	1,9	2,7	3,8	5,3	7,2

3 Valeur d'isolement

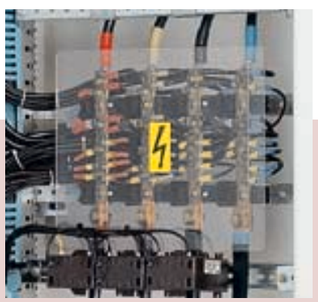
Valeurs d'isolement des répartiteurs Legrand

Type	Borniers 63/100 A	Lexiclic	Répartiteurs modulaires	Répartiteurs extra-plats		Répartiteurs étagés		
Référence	048 XX	048 70/ 74/75	048 79/80/ 81/82/83/84/ 85/86/87/88	374 47	374 00	374 30/31 374 35	374 42 espacement 50 mm	374 42 espacement 75 mm
Ui (V)	400	660	500	500	1000	1000	1000	1500
Uimp (kV)	8	8	8	8	12	12	8	12

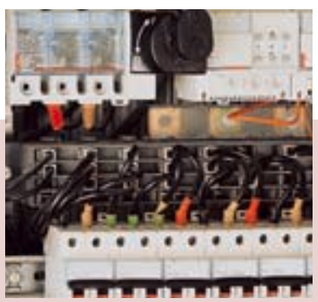
Les répartiteurs Legrand sont conçus et testés pour les conditions d'usage les plus sévères correspondant aux risques de surtension les plus élevés. La valeur Uimp caractérise cette exigence de sécurité.



Répartiteur 160/250 A réf. 374 00



Répartiteur 250/400 A réf. 374 42



Répartiteur Lexiclic réf. 048 75



Equipés d'un bornier supplémentaire pour conducteurs de protection, les répartiteurs modulaires bipolaires sont parfaitement adaptés aux circuits monophasés

4 Mode de raccordement

• Raccordement direct

Les conducteurs sont directement raccordés dans les bornes sans préparation spéciale. C'est le mode préférentiel sur le chantier pour les conducteurs rigides de type H07 V-U, H07 V-R et les câbles de type FR-N05 VV-U et FR-N05 VV-R. L'utilisation d'un embout (type Starfix™) est recommandée pour les conducteurs souples (type H07 V-K) connectés dans des bornes à pression directe (sous le corps de la vis) et pour les câbles souples extérieurs (type H07 RN-F, A05 RR–F…) qui peuvent être soumis à des tractions.

• Raccordement par cosses

Type de raccordement couramment utilisé pour les conducteurs de forte section, il est plutôt employé pour les tableaux câblés en atelier. Il se caractérise par une excellente tenue mécanique, une grande fiabilité électrique et sa facilité de connexion/déconnexion.

Les borniers 63/100 A, les répartiteurs modulaires 125/160 A et les répartiteurs Lexiclic 250 A permettent le raccordement direct.

Les répartiteurs extraplats 125/250 A et les répartiteurs étagés 125/400 A se raccordent par cosses.

Correspondance entre section (en mm²) et gabarit (Ø en mm)

Section (mm²)		1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70
Gabarit pour conducteur rigide de forme circulaire B (CEI 60947-1)	Ø en mm	1,5	1,9	2,4	2,7	3,5	4,4	5,3	6,9	8,2	10	12
Gabarit pour conducteur souple avec ou sans embout	Ø en mm	2	2,4	2,9	3,7	4,4	5,5	7	8,9	10	12	14



Répartition à la rangée Lexiclic : une totale "lisibilité" du tableau



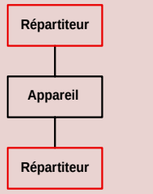
Répartiteur modulaire Lexic : une totale "universalité" d'emploi

3 LES DIFFÉRENTS RÉPARTITEURS

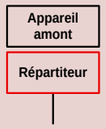
Ce sont l'implantation même et les caractéristiques précédemment décrites : intensité assignée, tenue aux courts-circuits, valeurs d'isolement, nombre et capacités des départs, mode de raccordement, qui vont permettre d'effectuer le choix du répartiteur le plus adapté.

+ L'offre Legrand de répartiteurs permet de répondre à la diversité des besoins dans un double souci de facilité d'emploi et de sécurité maximale.

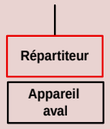
Implantations possibles des répartiteurs



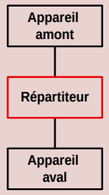
En tête ou en sortie de tableau pour le raccordement des conducteurs d'arrivée ou de départ (boîtier de raccordement)



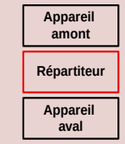
Directement en sortie d'un appareil amont (borne de sortie)



Directement en entrée d'appareils aval (peigne, lexiclic)



Indépendamment des appareils amont et aval avec nécessité de raccordement de l'entrée et des sorties



Directement en sortie de l'appareil amont et en entrée des appareils aval, sans câblage et en intégrant la fixation même des appareils. C'est le concept le plus abouti : XL-Part

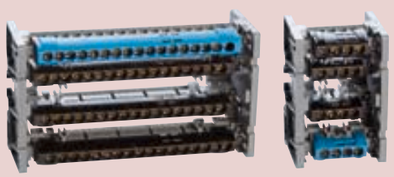
1 Borniers de répartition indépendants

A usage totalement universel, ce type de borniers permet de répartir jusqu'à 100 A sur un nombre de départs de 4 à 33 selon la référence. La section d'arrivée est de 4 à 25 mm², celle des départs de 4 à 16 mm². Ces borniers se fixent sur barreau plat 12 x 2 ou sur rail TH 35-15 et TH 35-7,5.

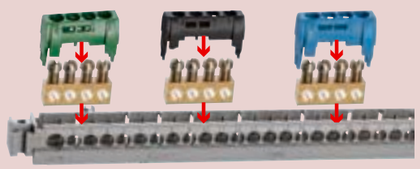
Borniers de répartition indépendants



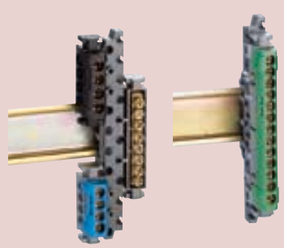
Les borniers nus sur support se fixent principalement sur barreau plat 12 x 2 pour raccordement de conducteurs de protection



L'association borniers IP 2x et support réf. 048 10 permet de constituer un répartiteur 2P, 3P ou 4P



Le support vide réf. 048 18, 28 trous, permet de composer le nombre exact d'arrivées ou de départs, avec les borniers standard, universels ou IP 2x



Fixé sur rail ⎵ ou ⎶, le support universel réf. 048 11 reçoit tous les borniers

2 Peignes Lexic

Les peignes assurent, par raccordement direct, l'alimentation des appareils modulaires Lexic jusqu'à 90 A. Les peignes sont de modèles uni, bi, tri et tétrapolaires. Ils représentent une solution à la fois souple, peu encombrante et très adaptable de la répartition à la rangée.



Alimentation du peigne par borne universelle réf. 049 06



Répartition par peigne tétrapolaire réf. 049 54 équipé de protections d'extrémité réf. 049 91

+



Un passage est ménagé dans les appareils qui n'ont pas besoin d'être raccordés au peigne



Panachage total des fonctions, grâce au concept Lexic. Puissance, commande, signalisation sont alors regroupées par zones de câblage correspondant aux zones physiques de l'installation



Possibilité de "peigner" au-dessus ou en dessous des appareils Lexic pour répondre à toutes les habitudes locales

3 Répartiteurs de rangée Lexiclic

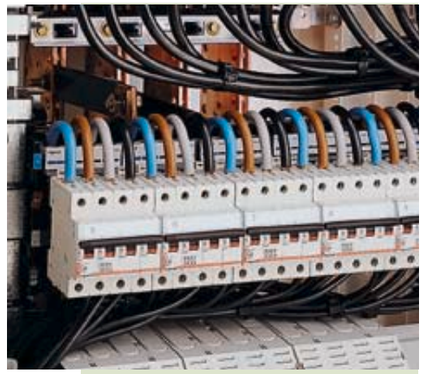
C'est un dispositif de répartition qui permet à partir d'une source amont (appareil ou jeu de barres) d'alimenter des appareils modulaires. Les connexions enfichables facilitent le changement rapide d'appareil et l'équilibrage des phases. La répartition se fait généralement à la rangée avec les cordons longueur 120 mm. L'ensemble répartiteur + rangée modulaire prend place sous un plastron de hauteur 200 mm. Un même répartiteur peut également alimenter plusieurs rangées avec les cordons de longueur 320 mm.

Rangées Lexiclic alimentées par jeu de barres arrière 250 A



4 Répartiteurs de rangée XL-Part

Supports actifs permettant l'alimentation, la répartition, et la distribution à la rangée jusqu'à 400 A (voir chapitre II.D.3).



Alimentation, répartition et distribution sur le même support

5 Bornes de sortie

Ces répartiteur unipolaires se fixent directement dans les bornes des appareils DPX 125, 160 et 250 ER, et Vistop modulaire de 63 à 160 A.
Ils permettent une répartition directe et simplifiée pour les tableaux où le nombre de circuits principaux est limité.



6 départs 35 mm² rigide (25 mm² souple) pour la borne de sortie réf. 048 67

6 Répartiteurs modulaires

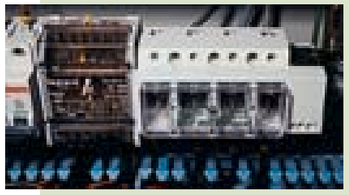
Ils allient compacité et capacité élevée de raccordement. De profil modulaire, ils se fixent par clipsage sur les rails TH 35-15 (EN 50022).
Les répartiteurs modulaires Legrand sont totalement isolés : ils s'utilisent en tête de tableau jusqu'à 250 A ou en sous groupe de départs dans des tableaux de puissance plus élevée.



Répartiteurs unipolaires à profil modulaire, isolation totale des pôles pour répartir de 125 à 250 A



Universels par excellence, les répartiteurs trouvent leur place dans toutes les applications



Idéal pour les têtes de tableaux de distribution petite et moyenne puissance, les répartiteurs modulaires peuvent recevoir 1 bornier IP 2x supplémentaire

7 Répartiteurs extraplats

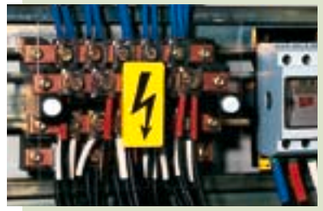
Leur encombrement réduit en hauteur et leur intensité admissible permettent de faire cohabiter dans un même tableau les exigences de puissance de la tête (jusqu'à 250 A) avec la compacité des rangées de modulaire dans des tableaux de faible profondeur.



Puissance, capacité de raccordement de fortes sections et compacité sont les atouts des répartiteurs extraplats

8 Répartiteurs étagés

Ils existent en version catalogue complets et assemblés de 125 à 400 A et permettent dans leur version composable (barres et supports à commander séparément) d'aborder la répartition sur mesure.



Répartiteur 125 A



Répartiteur 250 A (réf. 374 35)

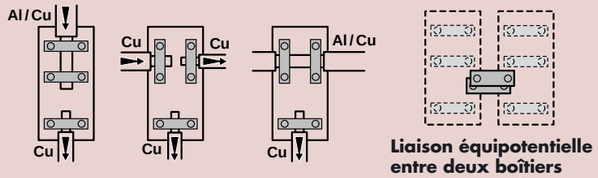
9 Boîtiers de raccordement alu/cuivre unipolaires

Destinés à assurer l'interface entre les conducteurs d'arrivée de tableau de forte section, y compris en aluminium, et les conducteurs de filerie interne.
Deux modèles 120 mm²/70 mm² (réf. 374 80) et 300 mm²/185 mm² (réf. 374 81) sont proposés.
Ils peuvent également être utilisés pour les circuits d'utilisation (départs) en aluminium ou lorsque les longueurs de ligne imposent des fortes sections.



Les boîtiers de raccordement sont conformes à la norme NF C 63061 classe B et à la spécification EDF HN 60-E-03, toutes deux extrêmement exigeantes sur la fiabilité des connexions aluminium (essai de vieillissement).

Le simple déplacement des barrettes serre-câbles permet différents configurations de raccordement.



10 Châssis colonne XL-Part

Avec ce concept novateur, Legrand a réinventé la distribution de puissance en rassemblant répartition et protection dans une même entité : le jeu de barre constituant le châssis colonne reste adaptable à la diversité des situations (courant d'emploi de 400 à 1 600 A, courant de court-circuit de 40 à 180 kA crête) en fonction des configurations de montage. La répartition est assurée par le branchement direct des appareils sur des bases actives.



Châssis colonne XL-Part 1 600 A

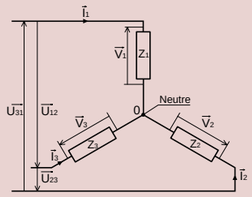
4 L'ÉQUILIBRAGE DES PHASES

Un mauvais équilibrage des courants dans les phases peut être source de surintensité et de disjonction ou de surcharge du neutre. C'est au niveau de la répartition que l'équilibrage sera fait ou refait.

Les courants et les tensions en régime triphasé montage étoile

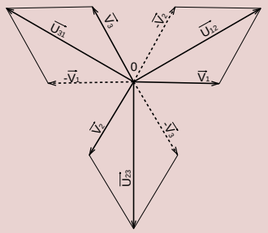
En régime équilibré

$Z_1 = Z_2 = Z_3$
$I_1 = I_2 = I_3$
$I_1 + I_2 + I_3 = 0$
$\vec{V}_1 = \vec{V}_2 = \vec{V}_3 = \vec{V}$



$\vec{V}_1, \vec{V}_2, \vec{V}_3$: Tensions simples
$\vec{U}_{12}, \vec{U}_{23}, \vec{U}_{31}$: Tensions composées

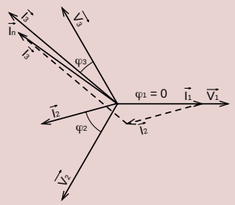
$\vec{U}_{12} = \vec{V}_1 - \vec{V}_2$
$\vec{U}_{23} = \vec{V}_2 - \vec{V}_3$
$\vec{U}_{31} = \vec{V}_3 - \vec{V}_1$
$U = V \times \sqrt{3}$
$(400 = 230 \times \sqrt{3})$
$(230 = 127 \times \sqrt{3})$



En régime déséquilibré avec neutre

$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$
$I_1 \neq I_2 \neq I_3$
$I_1 + I_2 + I_3 = In$
$\vec{V}_1 = \vec{V}_2 = \vec{V}_3 = \vec{V}$

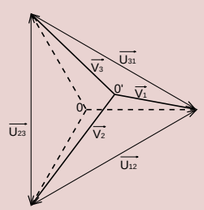
Les tensions simples restent équilibrées.
Le conducteur neutre permet de conserver l'équilibre des tensions simples V en écoulant le courant dû au déséquilibre des charges.
Il permet également d'écouler le courant résultant de la présence d'harmoniques (voir "Section du conducteur neutre" page 640).



En régime déséquilibré sans neutre

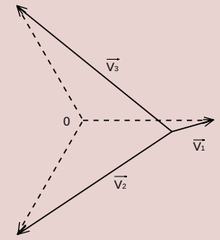
$Z_1 \neq Z_2 \neq Z_3$
$I_1 \neq I_2 \neq I_3$
$I_1 + I_2 + I_3 = 0$
mais $\vec{V}_1 \neq \vec{V}_2 \neq \vec{V}_3$

Les tensions simples V sont déséquilibrées même si les tensions composées U restent égales.



Rupture du neutre

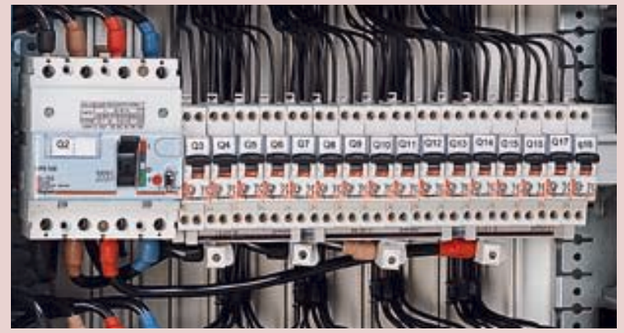
En cas de rupture du neutre (déséquilibre maximum), le point neutre se déplace en fonction de la charge de chaque phase. Plus la charge d'une phase est élevée (phase 1 dans le schéma ci-contre), plus son impédance est faible; $\vec{V}_1$ s'écroule, $\vec{V}_2$ et $\vec{V}_3$ augmentent et peuvent atteindre la valeur de la tension composée sur les phases les moins chargées, qui alimentent généralement les appareils les plus sensibles.



Le conducteur neutre doit avoir la même section que les conducteurs de phase :
- dans les circuits monophasés quelle que soit la section et dans les circuits polyphasés jusqu'à une section de conducteur de phase de 16 mm² cuivre (25 mm² alu)
- au delà, sa section peut être réduite au respect des condition de charge, de déséquilibre, de contrainte thermique en court-circuit et d'harmoniques, (voir page 252).

Une installation bien conçue ne devrait pas nécessiter de rééquilibrage après réalisation. Néanmoins, il y a toujours des impondérables :
- les charges peuvent n'être pas parfaitement identifiées (usages sur prises de courant)
- les charges peuvent être irrégulières, voire aléatoires : résidences de vacances, immeubles de bureaux…
Les charges triphasées liées à la force motrice, au chauffage, à la climatisation, aux fours et en général à tous les usages directement alimentés en triphasé ne génèrent pas de déséquilibre significatif.
En revanche, toutes les applications domestiques (éclairage, chauffage, électro ménager) mais aussi bureautiques (informatique, cafetières…) représentent des charges monophasées qu'il faut équilibrer.

Rangée de départs monophasés alimentée par un DPX 125 (100 A)

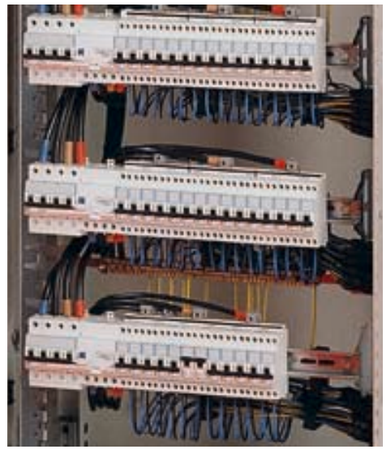


La phase 1 alimente : 2 DX 32 A, 2 DX 20 A, 1 DX 10 A
La phase 2 alimente : 1 DX 32 A, 2 DX 20 A, 3 DX 10 A
La phase 3 alimente : 1 DX 32 A, 3 DX 20 A, 1 DX 10 A



Le répartiteur Lexiclic réf. 048 74/75 permet l'équilibrage par simple connexion du cordon sur la phase correspondante

Disposition classique : l'équilibrage à la rangée. L'appareil de tête de rangée triphasé alimente trois groupes d'appareils monophasés. Les peignes permettent une répartition adaptée des courants.



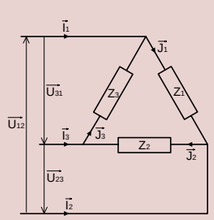
Les courants et les tensions en régime triphasé montage triangle

Montage triangle équilibré

$Z_1 = Z_2 = Z_3$

$\underrightarrow{J_1} = \underrightarrow{J_2} = \underrightarrow{J_3}$

$\underrightarrow{I_1} = \underrightarrow{I_2} = \underrightarrow{I_3} = 0$



J : intensité simple

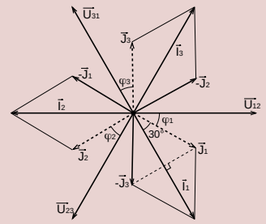
I : intensité composée

$\underrightarrow{I_1} = \underrightarrow{J_1} - \underrightarrow{J_3}$

$\underrightarrow{I_2} = \underrightarrow{J_2} - \underrightarrow{J_1}$

$\underrightarrow{I_3} = \underrightarrow{J_3} - \underrightarrow{J_2}$

$I = J \times \sqrt{3}$



Montage triangle déséquilibré

$Z_1 = Z_2 = Z_3$

$J_1 = J_2 = J_3$

$I_1 = I_2 = I_3$ mais $\underrightarrow{I_1} + \underrightarrow{I_2} + \underrightarrow{I_3} = 0$

Le déséquilibre n'a pas de conséquence sur la tension en montage triangle mais l'équilibre des courants reste nécessaire pour éviter les surintensités de ligne (une phase surchargée) et limiter les chutes de tension inhérentes.

Nombre de circuits et répartition

Dans les installations triphasées, il est conseillé de répartir les différents circuits sur chaque phase en tenant compte de leur puissance, de leur facteur d'utilisation (rapport de la puissance consommée réelle sur la puissance nominale), de leur facteur de marche (rapport entre le temps de fonctionnement et le temps d'arrêt à pondérer avec les horaires de fonctionnement) et de leur facteur de simultanéité (rapport de la charge des circuits en fonctionnement simultané sur la charge maximale de la totalité de ces circuits). Voir chapitre II.A.1. La répartition permet d'optimiser la gestion de l'énergie.

Le nombre maximal de points d'éclairage ou de socles de prises de courant alimenté par un même circuit est de 8.
Les circuits spécifiques ou de forte puissance (chauffe eau, four, machine à laver) doivent être prévus pour ce seul usage.
Le nombre maximal d'appareils de chauffage doit être adapté dans un souci de continuité de service.

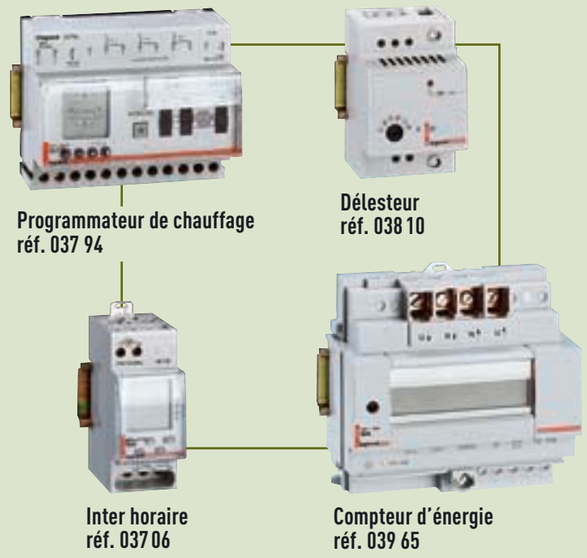
Attention à conserver les sections minimales requises lors des opérations d'équilibrage : chaque circuit doit rester protégé par le dispositif recommandé.

Section des câbles et calibre des protections selon les circuits

Circuit monophasée 230 V~	Section cuivre (mm²)	Calibre fusible (A)	Calibre disjoncteur (A)
Signalisation	0,75 / 1	2	6
Eclairage	1,5	10	16
Prise de courant 16 A maxi 8 (1) maxi 5 (1)	2,5 1,5	16	20 16
Chauffe-eau	2,5	16	20
Machine à laver/sèche-linge/four…	2,5	16	20
Appareil de cuisson monophasé triphasé	6 2,5	32 20	32 20
Chauffage électrique ≤ 2250 W < 4500 W	1,5 2,5	10	10 20

(1) Le nombre maxi correspond au nombre de socles

Les délesteurs Legrand monophasés réf. 038 10/11 et triphasé réf. 038 13 permettent de contrôler les courants consommés dans chaque phase et de se préserver des disjonctions intempestives par surcharge et déséquilibre (facteur de simultanéité).
Les inter horaires programmables et programmateurs permettent de décaler les plages de fonctionnement et de "lisser" les consommations dans le temps (facteurs de marche).
Les compteurs d'énergie et appareils de mesure permettent de connaître courant tension, puissance réelle, consommée ou totalisée afin d'optimiser le facteur d'utilisation.



Les configurations XL-Part

Alimentation, distribution de puissance, répartition, jusqu'à 1 600 A, XL-Part concentre les fonctionnalités, multiplie les innovations et s'impose comme la solution la plus homogène pour la distribution de puissance dans l'industrie et le tertiaire. Une solution simple et efficace qui optimise la qualité et la rapidité d'installation

CHÂSSIS COLONNE XL-PART 1600

Les colonnes en C d'XL-Part assurent la répartition directe du courant vers les bases supports de DPX : une solution qui divise par deux les points de connexion et qui optimise l'encombrement dans l'armoire.

ALIMENTATION

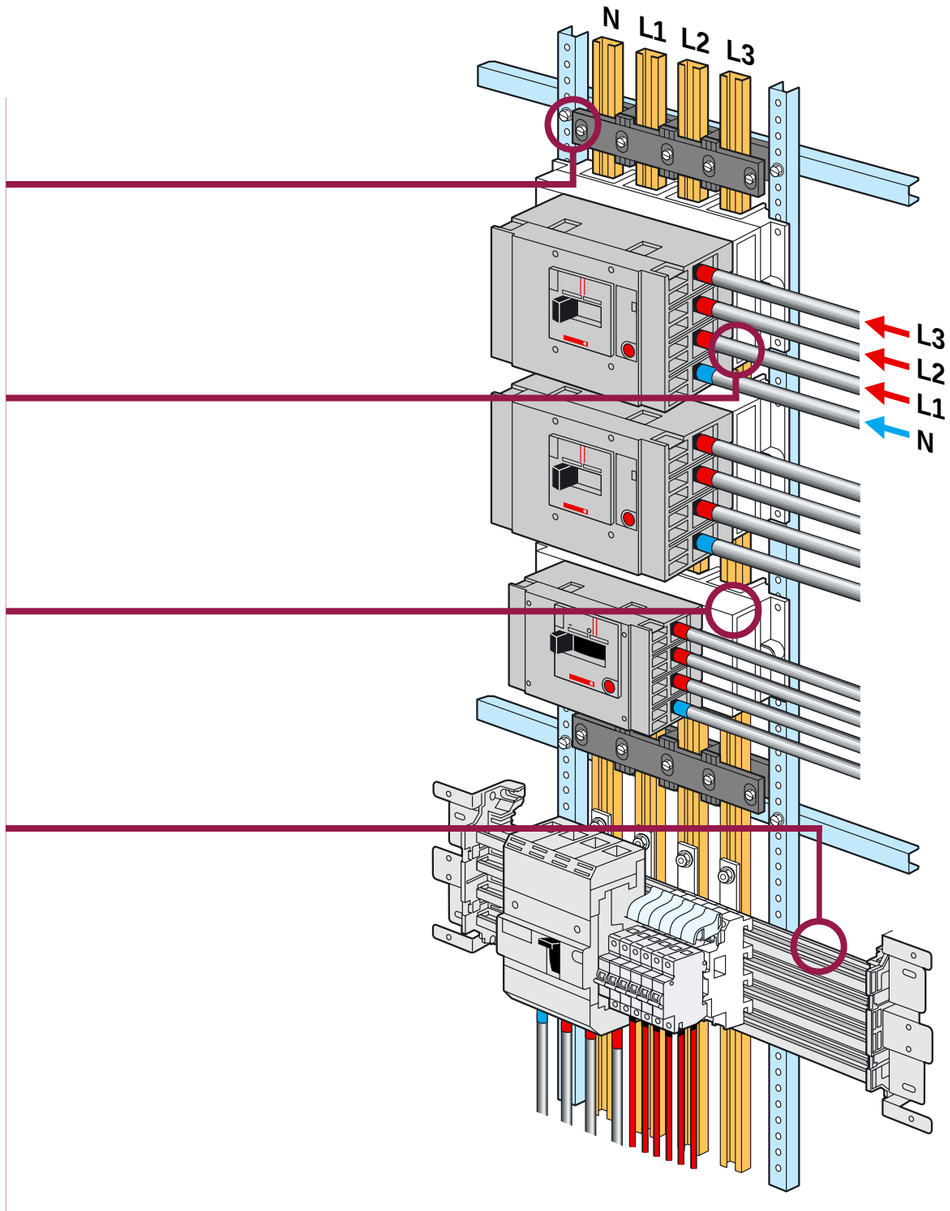
Directe ou indirecte, par le haut ou par le bas… avec le châssis colonne XL-Part, l'alimentation s'adapte à toutes les configurations de raccordement des conducteurs.

BASES SUPPORTS POUR DPX

Les nouvelles bases XL-Part assurent la distribution du courant et la fixation des disjoncteurs de puissance. Avec les versions extractibles et débrochables, le raccordement des sorties (ou entrées) se fait par la base elle-même.

RÉPARTITEURS DE RANGÉE XL-PART 400

Totalement complémentaires aux colonnes en C, les répartiteurs de rangée XL-Part assurent l'alimentation, la répartition et la distribution de puissance jusqu'à 400 A, avec des bases conçues pour recevoir et associer des appareillages DPX, DX et Lexic.



1 DÉFINITION DES VOLUMES, PRINCIPES D'ALIMENTATION

A l'instar des systèmes conventionnels de montage des appareils sur platine et dispositif de fixation, la somme des hauteurs des plastrons d'appareils et des plastrons pleins détermine le volume nécessaire (voir principe de plastronnage au chapitre III.C.1).

1 Châssis colonne XL-Part 1600

Le châssis colonne XL-Part se monte dans les armoires XL/XL-A 400-600 par l'intermédiaire de traverses réf. 095 66 (profondeur 400) ou réf. 095 67 (profondeur 600). Constitué de barres en C (cinq sections et intensités au choix) maintenues et isolées par 3 supports tétrapolaires, et de 2 montants, le châssis colonne reçoit directement des bases qui supportent et assurent la liaison électrique des appareils de puissance DPX 250 et DPX 630. Les appareils montés en position horizontale peuvent être en version fixe, extractible ou débrochable.





Plastronnage

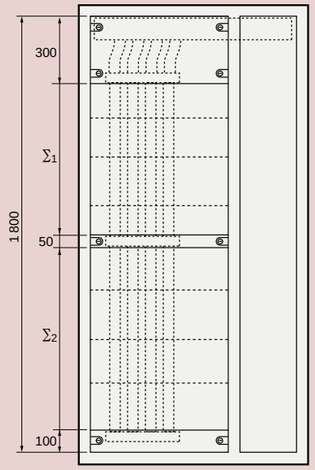
Hauteur (mm)	Version fixe ou extractible avec ou sans différentiel aval				Version débrochable avec ou sans diff. avec ou sans commande à distance	
	Sans commande à distance		Avec commande à distance			
	DPX 250	DPX 630	DPX 250	DPX 630	DPX 250	DPX 630
150	098 84		098 85			
200		098 87		098 88		
250					098 86	
300						098 90

Chaque appareil reçoit un plastron de hauteur 150 à 300 mm selon version et puissance.
Des plastrons pleins de 100 mm sont nécessaires en haut et en bas de l'armoire ainsi qu'un plastron plein de 50 mm en face du support intermédiaire du jeu de barres.
Un plastron plein de hauteur 300 mm est nécessaire pour protéger le volume déterminé par un jeu de barres principal horizontal et par les liaisons en barres souples.

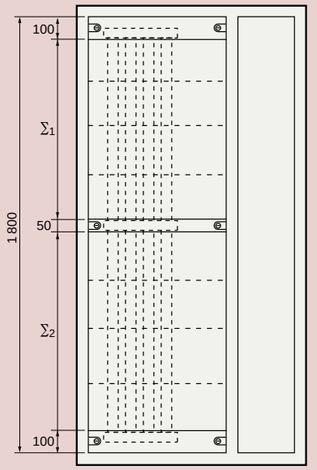
Le concept XL-Part respecte la démarche habituelle de définition des volumes.

Cas de montage

Montage 1

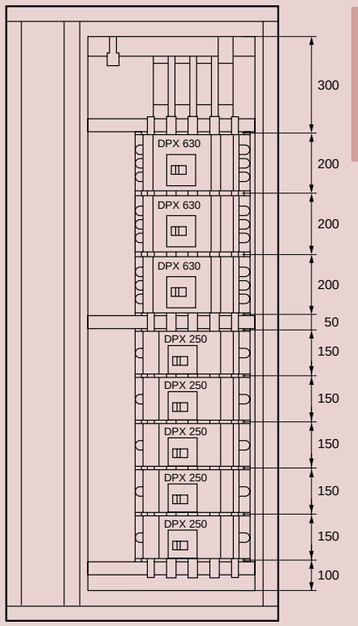


Montage 2

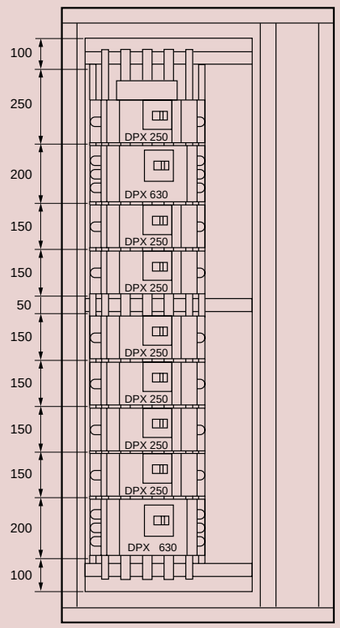


Chaque appareil reçoit un plastron de hauteur 150 à 300 mm selon version et puissance.
Des plastrons pleins de 100 mm sont nécessaires en haut et en bas de l'armoire ainsi qu'un plastron plein de 50 mm en face du support intermédiaire du jeu de barres.
Un plastron plein de hauteur 300 mm est nécessaire pour protéger le volume déterminé par un jeu de barres principal horizontal et par les liaisons en barres souples.

Exemples de configuration



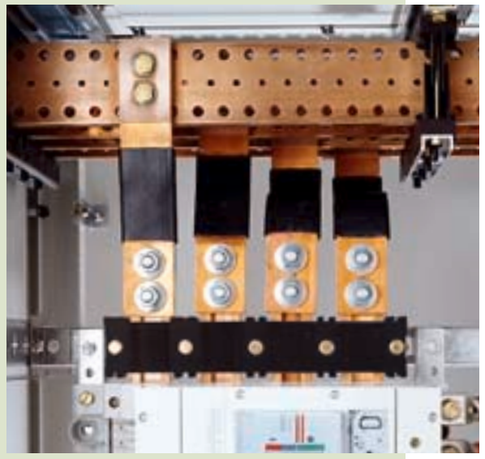
Châssis colonne alimenté par liaison directe sur jeu de barres principal



Châssis colonne alimentation indirecte par DPX

Le libre choix de la position de la colonne, à droite ou à gauche, permet de ménager plus d'espace pour le raccordement des conducteurs en respectant les rayons de courbure.

Alimentation directe du châssis colonne XL-Part par un kit de liaison barres souples réf. 098 91/92/93 à partir d'un jeu de barres principal horizontal



! Alimentation

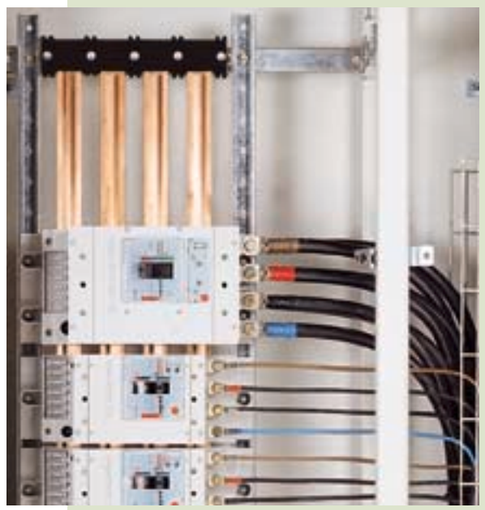
L'alimentation est assurée :
- soit directement par liaison barres souples préfabriquées réf. 098 91/92/93 (dérivation à partir d'un jeu de barres principal horizontal en haut d'armoire), jusqu'à 1 600 A
- soit indirectement par l'intermédiaire de l'appareil de tête de colonne jusqu'à 630 A.

! Bases supports d'appareils

Le châssis colonne reçoit 4 types de bases supports tétrapolaires pour DPX :
- bases pour DPX seul, version fixe
- bases pour DPX avec différentiel, version fixe
- bases pour DPX seul, version extractible
- bases pour DPX + différentiel, version extractible.

Les bases pour DPX version extractible sont transformables en version débrochable par adjonction d'un mécanisme "Debro-lift".

Alimentation indirecte du châssis colonne XL-Part par un DPX 630 en tête de colonne

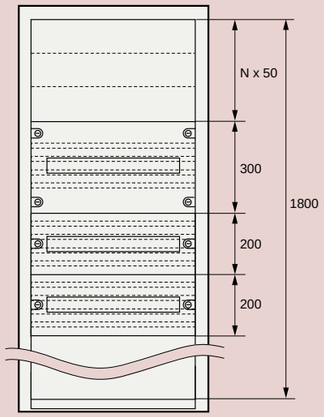


2 Répartiteurs de rangée XL-Part 400

Plastronnage

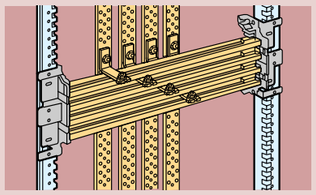
Le répartiteur de rangée XL-Part se monte dans les armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800 sur un châssis constitué de montants réf. 095 95 et sous des plastrons standard à fenêtre modulaire de deux hauteurs (200 ou 300 mm) selon les appareils installés.

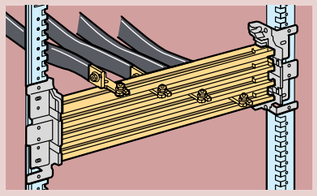
Hauteur (mm)	200	300
Lexic (DX, modulaire) DPX 125 avec ou sans diff. latéral	092 71	
DPX 125 et DPX 250 ER avec ou sans diff. latéral		092 72



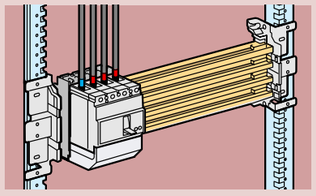
Alimentation

L'alimentation de chaque répartiteur peut être faite :
- soit directement (jusqu'à 400 A), par des équerres de liaison (réf. 098 80) avec le jeu de barres arrière vertical sur supports réf. 098 78, ou par des connecteurs (réf. 098 81) pour un raccordement par câbles ou barres sur plages ou cosses boulonnées.





- soit indirectement (jusqu'à 250 A) par l'intermédiaire de l'appareil de tête de rangée : DX 125, DPX 125 ou DPX 250 ER.



! Bases supports d'appareils

Le répartiteur de rangée reçoit quatre types de bases de supports d'appareils :
- bases DPX tétrapolaires jusqu'à 250 A (connexion de l'appareil par barres vissées pour DPX 125, DPX 250 ER et différentiels associés)
- bases "plug-in" pour Lexic, uni, tri et tétrapolaires jusqu'à 63 A, 1 module par pôle
- bases "à fil" pour Lexic, uni, uni + neutre, tri, tétrapolaires jusqu'à 125 A, 1 module par pôle jusqu'à 63 A, 1,5 module par pôle jusqu'à 125 A
- bases Lexic universelles sans liaison électrique pour tous les appareils qui ne sont pas directement alimentés par le dispositif (bloc différentiel DX, télérupteur, contacteur, appareils de mesure…).



Alimentation directe des répartiteurs de rangée XL-Part par jeu de barres arrière 630 A sur supports réf. 098 78



Alimentation indirecte du répartiteur de rangée XL-Part par un appareil DPX 250 ER dit de tête de rangée



24 modules, soit 6 appareils
4 pôles jusqu'à 63 A chacun
(alimentation directe)



1 DPX 125 et 4 appareils
modulaires 4 pôles
(alimentation indirecte)



4 DPX 125 4 pôles ou 2 DPX 125
avec différentiel latéral



3 DPX 250 ER ou 2 DPX 250 ER
avec différentiel

Capacité par répartiteur de rangée

La capacité des répartiteurs de rangée XL-Part permet une densité d'appareils supérieure à un câblage traditionnel. Dans tous les cas, vérifier que la puissance distribuée reste compatible avec le volume de l'enveloppe (voir chapitre II.E.3).



2 CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DU CHÂSSIS COLONNE XL-PART 1600

Comme pour les dispositifs conventionnels de répartition et de distribution, il est nécessaire de connaître les caractéristiques électriques de l'installation (Icc présumé, tension de réseau, niveau de surtension) pour déterminer la section des barres et la position des supports.

1 Courants d'emploi

Barres en C

IP ≤ 30	IP > 30	Réf.	Section (mm²)	I²t (A²s)	Icw_{1s} (A)
500	400	374 60	155	0,5 10^9	22 000
800	630	374 61	265	1,4 10^9	38 000
1 250	1 000	374 62	440	3,9 10^9	63 000
1 450	1 250	098 82	640	8,3 10^9	91 000
1 900	1 600	098 83	710	1,0 10^{10}	100 000

La valeur de K est prise égale à 143 (température maxi : 220 °C), compte tenu de la température admissible des supports isolants en polyester thermodurcissable (250 °C).

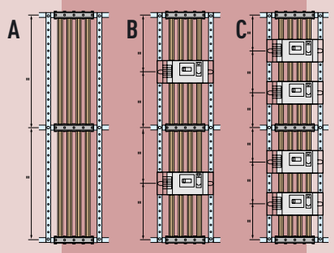
Kit de liaison barres souples

IP ≤ 30	IP > 30	Réf.	Dimensions (mm)	I²t (A²s)	Icw_{1s} (A)
630	400	098 91	32 x 5	3,4 10^8	18 400
850	630	098 92	50 x 5	8,3 10^8	28 700
1 250	1 000	098 93	50 x 10	3,3 10^9	57 500
1 600	1 250	2 x 098 92	2 x 50 x 5	2,5 10^9	50 000
2 000	1 600	2 x 098 93	2 x 50 x 10	1,0 10^{10}	100 000

2 Valeurs admissibles des courants de court-circuit

Icc crête (Ipk en kÂ)

Configuration du châssis colonne	Barres en C 374 60 155 mm²	374 61 265 mm²	374 62 440 mm²	098 82 640 mm²	098 83 710 mm²
A	40	50	60	70	75
B	70	90	120	140	150
C	90	120	150	170	180



Les valeurs d'Icc crête admissibles sont respectivement données pour châssis colonne réf. 098 76 avec 3 supports équidistants :
A - Sans base d'appareil (longueur libre maxi. des barres : 600 mm)
B - Avec 2 bases d'appareil (longueur libre maxi. des barres : 300 mm)
C - Avec 4 bases d'appareil (longueur libre maxi. des barres : 150 mm)

3 Valeurs d'Icc limité par DPX en alimentation du châssis colonne XL-Part 1600

Icc limité en kÂ crête

	Icc présumé en kA	Icc limité en kÂ crête
DPX 250	36	27
DPX-H 250	70	34
DPX 630	36	34
DPX-H 630	70	42
DPX 1 600(1)	50	85
DPX-H 1 600(1)	70	110

(1) Alimentation directe, par appareil déporté.

En cas d'alimentation du châssis colonne XL-Part par un appareil DPX (DPX 250 / 630 fixé sur base ou DPX 1 600 déporté), vérifier que la valeur Icc crête limitée par l'appareil est compatible avec les valeurs admissibles Ipk des configurations du châssis colonne réf. 098 76.

3 Distances entre supports jeu de barres arrière réf. 098 78

Distances en mm

Ipk (kÂ)	Barres 374 19 32 x 5	Barres 374 40 50 x 5
10	1 700	1 700
15	1 250	1 700
20	900	1 500
25	750	1 200
30	600	1 000
40	450	750
50	400	600
60	300	500
70	300	450

Les distances données sont les valeurs maximales d'écartement des supports réf. 098 78 lorsque aucun répartiteur de rangée réf. 098 75 n'est connecté au jeu de barres. Elles peuvent être modulées en fonction du positionnement de ceux-ci.

La position des supports réf. 098 78 est dépendante de la position des répartiteurs de rangées XL-Part réf. 098 75 (indexation).
L'entraxe entre les rangées peut être de 200 mm (appareils modulaires et DPX 125) ou de 300 mm (DPX 125, 160 et 250 ER). Suivant les combinaisons, les espacements entre les supports seront donc multiples de 200 ou de 300.



3 CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DU RÉPARTITEUR DE RANGÉE XL-PART 400

1 Courants d'emploi

Répartiteur de rangée réf. 098 75

	IP ≤ 30	IP > 30	Section	I^2t (A^2s)	Icw_{1s} (A)
Alimentation par le milieu	480 A	400 A	145 mm²	5 x 10⁸	25 000
Alimentation par une extrémité	300 A	250 A			

Jeu de barres arrière avec supports réf. 098 78

IP ≤ 30	IP > 30	Barres	Dimensions (mm)	I^2t (A^2s)	Icw_{1s} (A)
500 A	400 A	374 19	32 x 5	5,2 10⁸	22 900
800 A	630 A	374 40	50 x 5	1,1 10⁹	33 750



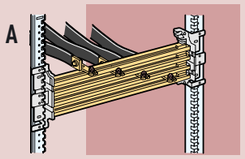
2 Valeurs admissibles des courants de court-circuit

Icc crête (Ipk en kÂ)

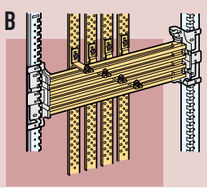
098 75	Ipk (kÂ)
A	25
B	52,5

Les valeurs d'Icc crête admissibles sont respectivement données pour le répartiteur de rangée réf. 098 75 :
A - alimenté par câbles ou barres souples avec connecteurs réf. 098 81
B - alimenté par jeu de barres arrière avec équerres réf. 098 80

A

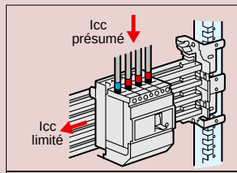


B



4 Valeurs d'Icc limité par DPX en alimentation du répartiteur de rangée XL-Part 400

Icc limité en kÂ crête



	Icc présumé en kA	Icc limité en kÂ crête
DPX 125	25/36	17
DPX 160	25/50	20
DPX 250 ER	36/50	22

Dans tous les cas la valeur de tenue Ipk du répartiteur de rangée XL-Part est supérieure à la valeur limitée du courant pour le pouvoir de coupure maximal des DPX 125, 160 et 250 ER. Aucune vérification n'est nécessaire.

5 Caractéristiques d'isolement

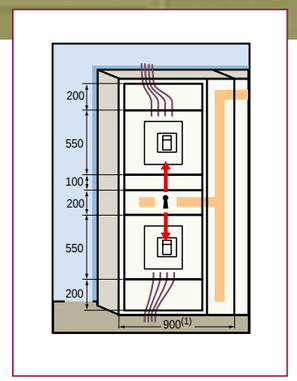
Uimp (kV)

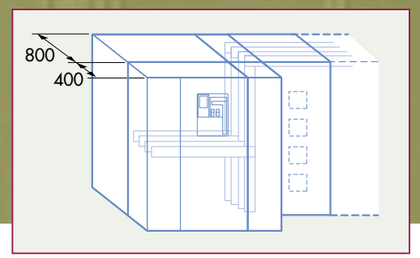
	Châssis colonne 098 76	Support jeu de barres 098 78	Répartiteur de rangée 098 75
Ui (V)	1 000	1 000	690
Uimp (kV)	12	12	8

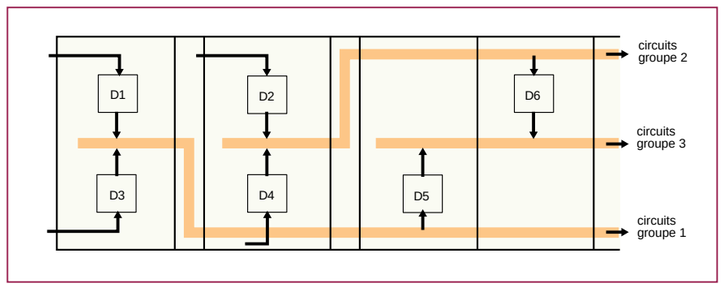
LA DÉTERMINATION DES ENVELOPPES

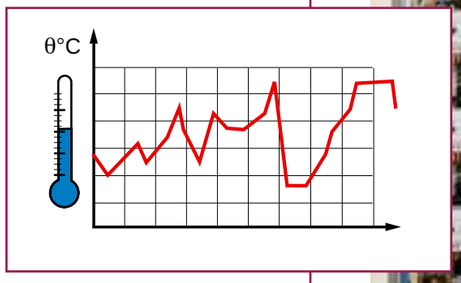
Le choix des enveloppes nécessaires à la constitution d'un ensemble de distribution passe par trois étapes incontournables :
- la détermination du volume nécessaire à l'installation de chaque appareil,
- les conditions d'arrivée et de départ des conducteurs et celles de raccordement des appareils,
- l'estimation du bilan thermique et la vérification de l'adéquation entre la taille de l'enveloppe et la puissance à dissiper.
Une troisième étape à ne pas négliger car elle touche directement à la sécurité et à la fiabilité de la réalisation.

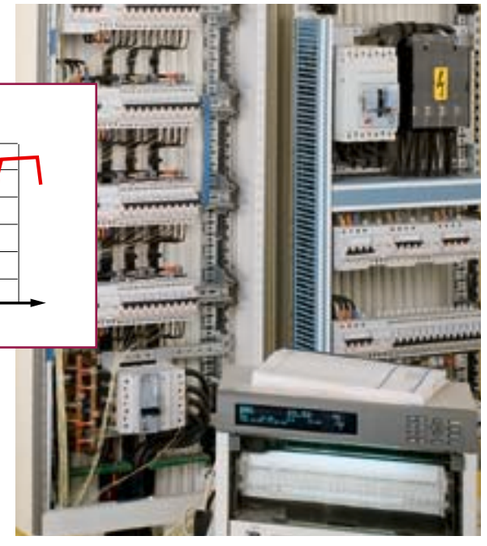
Pour faciliter cette démarche, les pages qui suivent proposent de très nombreuses solutions de configurations qui permettent pour chaque appareil de type DX, DPX, DMX, Vistop, d'effectuer un choix en terme de volume utilisé (hauteur de plastron), de facilité de raccordement (respect du rayon de courbures des conducteurs), de sécurité (distance d'isolement et volume nécessaire à la détente des gaz en cas de court-circuit).
Le chapitre II.E.1 est dédié aux ensembles jusqu'à 1600 A ou les possibilités de montage (vertical, horizontal), de raccordement (avant, arrière), de type et de versions d'appareils sont multiples.
Le chapitre II.E.2 est spécifiquement consacré à l'intégration des appareils DMX qui permettent de constituer des ensembles jusqu'à 4 000 A. Dans ce domaine de puissances, la diversité des appareils est plus réduite, en revanche la configuration des jeux de barres est essentielle à une conception rationnelle. Le chapitre II.E.3, fidèle à l'esprit de ce guide, propose deux démarches d'estimation du bilan thermique. Leur choix dépendra du degré de précision souhaité.
• L'estimation simplifiée et globale consiste, dans une approche originale, à vérifier l'adéquation de principe entre la dimension de l'enveloppe et l'intensité de tête. Elle est suffisante dans la plupart des cas.
• La méthode de calcul, rigoureuse mais aussi plus lourde, permet d'obtenir avec une grande précision la puissance dissipable de n'importe quelle enveloppe, quelles que soient ses conditions d'installation. Intégrée à cette "approche calcul", la détermination de la puissance dissipée par les appareils et le câblage permet de considérer leurs effets thermiques respectifs auxquels sont appliqués différents facteurs de correction (simultanéité, utilisation, extension...).
Et pour que cette notion de bilan thermique soit complète et surtout utile, les précautions à prendre en cas de fonctionnement aux conditions limites sont rappelées :
- température ambiante anormalement élevée
- facteur de charge inhabituel.











L'intégration croissante de fonctions électriques nouvelles, la compacité des appareils et l'augmentation constante des puissances installées confirment la nécessité d'effectuer un véritable "bilan thermique" des tableaux et ensembles, et ce, dès leur conception.

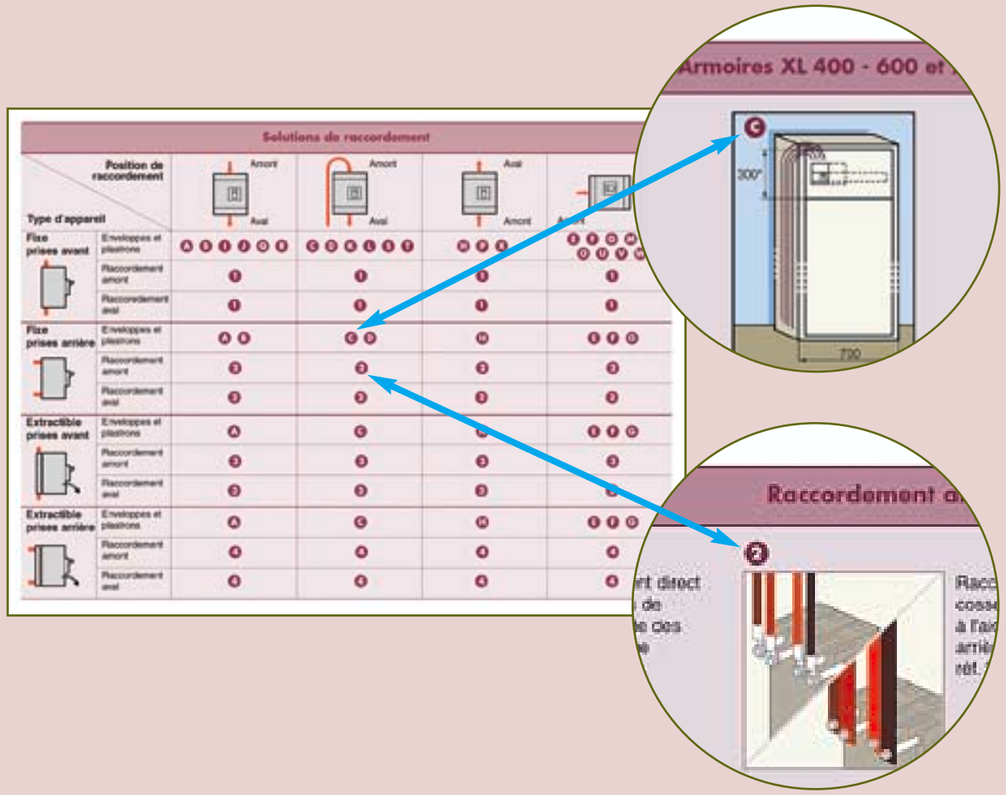
La configuration des ensembles jusqu'à 1600 A

Dans les ensembles de distribution de petite et moyenne puissance, les combinaisons, versions et adaptations sont à ce point diversifiées qu'il est totalement impossible de les décrire toutes. Néanmoins, les configurations proposées dans les pages suivantes en constituent les règles de base.

Un tableau présente toutes les solutions de raccordement proposées par type d'appareil : prises avant ou arrière, appareils débrochables, versions extractibles.

Pour chacune d'elles, il renvoie :
- par une lettre, à un tableau de dimensionnement des enveloppes avec pour chacune d'elles des schémas cotés et l'indication des plastrons à utiliser
- par un chiffre aux illustrations des différentes solutions de raccordement possibles et aux références des accessoires nécessaires.

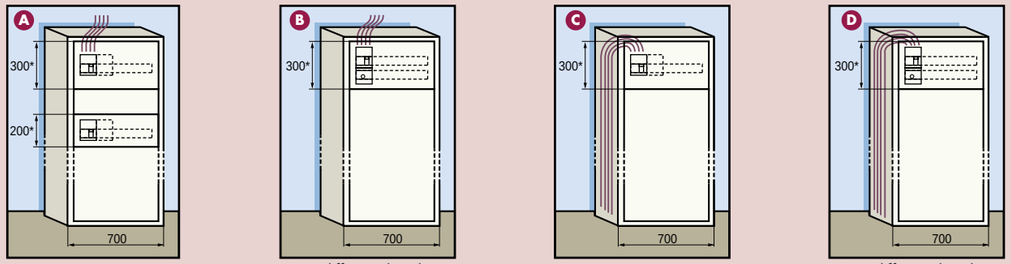
Exemple de lecture



1 DPX 125

Type d'appareil		Solutions de raccordement — Position de raccordement : Amont / Aval	Amont / Aval	Aval / Amont	Amont / Aval
Fixe prises avant	Enveloppes et plastrons	A B I J Q R	C D K L S T	H P X	E F G M N O U V W
	Raccordement amont	1	1	1	1
	Raccordement aval	1	1	1	1
Fixe prises arrière	Enveloppes et plastrons	A B	C D	H	E F G
	Raccordement amont	2	2	2	2
	Raccordement aval	2	2	2	2
Extractible prises avant	Enveloppes et plastrons	A	C	H	E F G
	Raccordement amont	3	3	3	3
	Raccordement aval	3	3	3	3
Extractible prises arrière	Enveloppes et plastrons	A	C	H	E F G
	Raccordement amont	4	4	4	4
	Raccordement aval	4	4	4	4

Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800



*Avec ou sans différentiel latéral

*Avec différentiel aval

*Avec ou sans différentiel latéral

*Avec différentiel aval

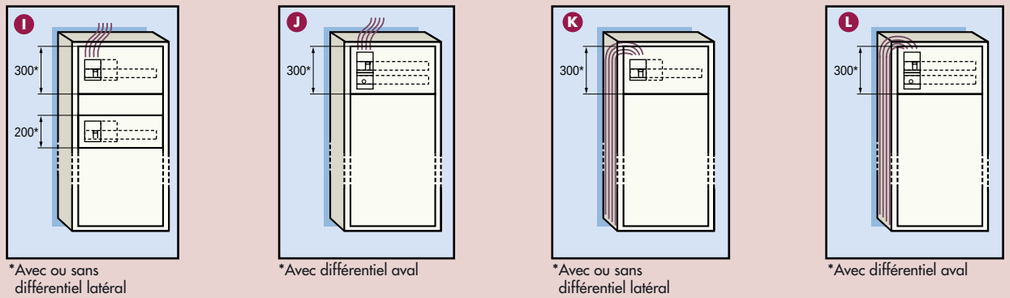
*Avec ou sans différentiel aval

*Avec ou sans différentiel aval

*Avec ou sans différentiel aval

Sans différentiel

Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets XL 135, coffrets et armoires XL 195



*Avec ou sans différentiel latéral

*Avec différentiel aval

*Avec ou sans différentiel latéral

*Avec différentiel aval

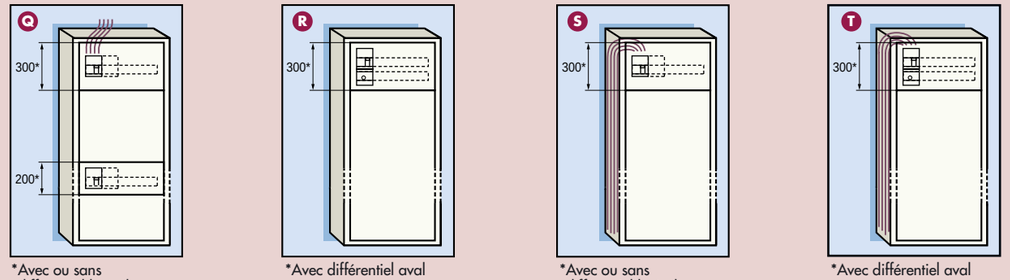
*Avec ou sans différentiel aval

*Avec ou sans différentiel aval

*Avec ou sans différentiel aval

Sans différentiel

Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets XL-A 250



*Avec ou sans différentiel latéral

*Avec différentiel aval

*Avec ou sans différentiel latéral

*Avec différentiel aval

*Avec ou sans différentiel aval

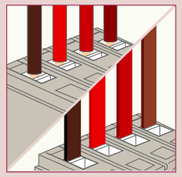
*Avec ou sans différentiel aval

*Avec ou sans différentiel aval

Sans différentiel

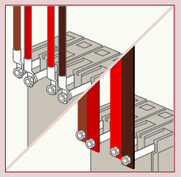
Raccordement amont/aval

1



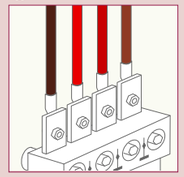
Raccordement direct de câbles ou de barres à l'aide des bornes à cage incluses dans l'appareil

2



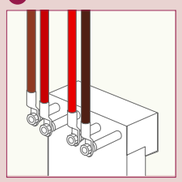
Raccordement de cosses ou de barres à l'aide des prises arrière à vis
réf. 263 00/01

3



Raccordement à l'aide de barres sur les plages de raccordement intégrées à la base fixe
réf. 263 02/04

4



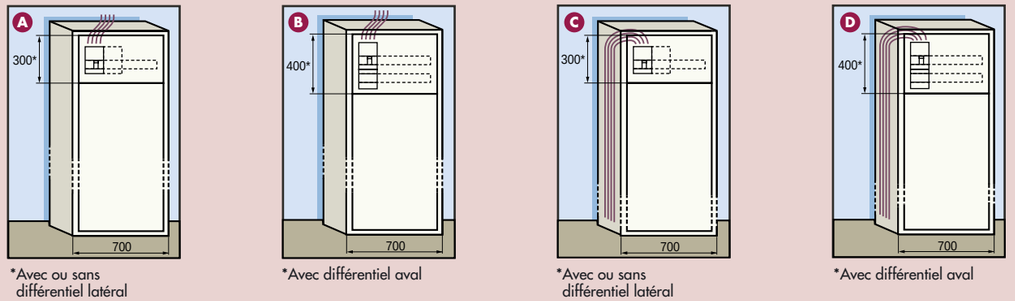
Raccordement à l'aide de cosses ou de barres sur les prises arrière à vis intégrées à la base fixe
réf. 263 03/05

2 DPX 160

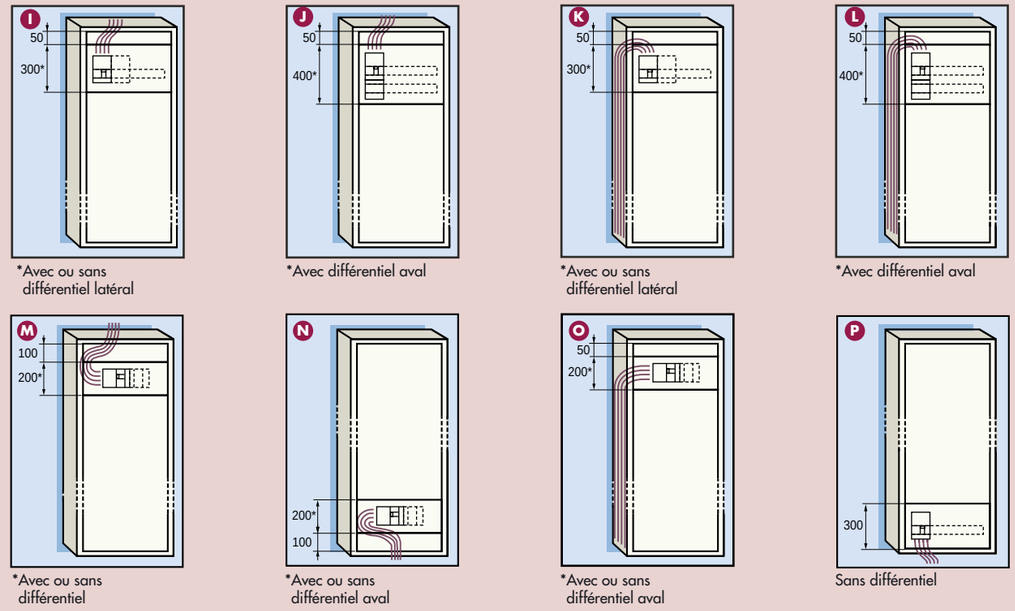
Solutions de raccordement

Type d'appareil \ Position de raccordement		Amont / Aval	Amont / Aval	Aval / Amont	Amont / Aval
Fixe prises avant 	Enveloppes et plastrons	A B I J Q R	C D K L S T	H P X	E F G M N O U V W
	Raccordement amont	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
	Raccordement aval	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4
Fixe prises arrière 	Enveloppes et plastrons	A B	C D	H	E F G
	Raccordement amont	5	5	5	5
	Raccordement aval	5	5	5	5
Extractible prises avant 	Enveloppes et plastrons	A	C	H	E F G
	Raccordement amont	6	6	6	6
	Raccordement aval	6	6	6	6
Extractible prises arrière 	Enveloppes et plastrons	A	C	H	E F G
	Raccordement amont	7	7	7	7
	Raccordement aval	7	7	7	7

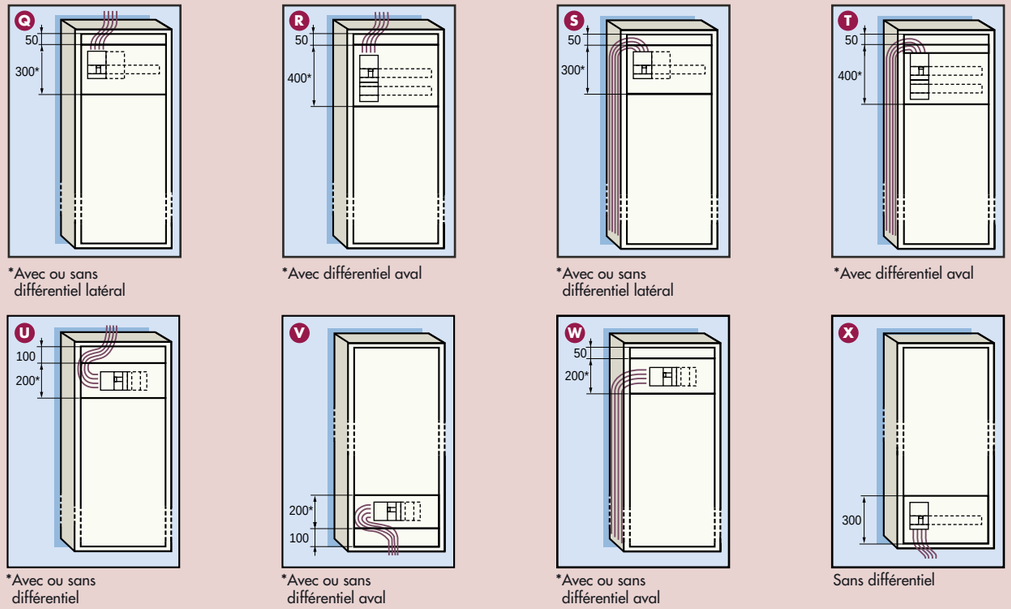
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800



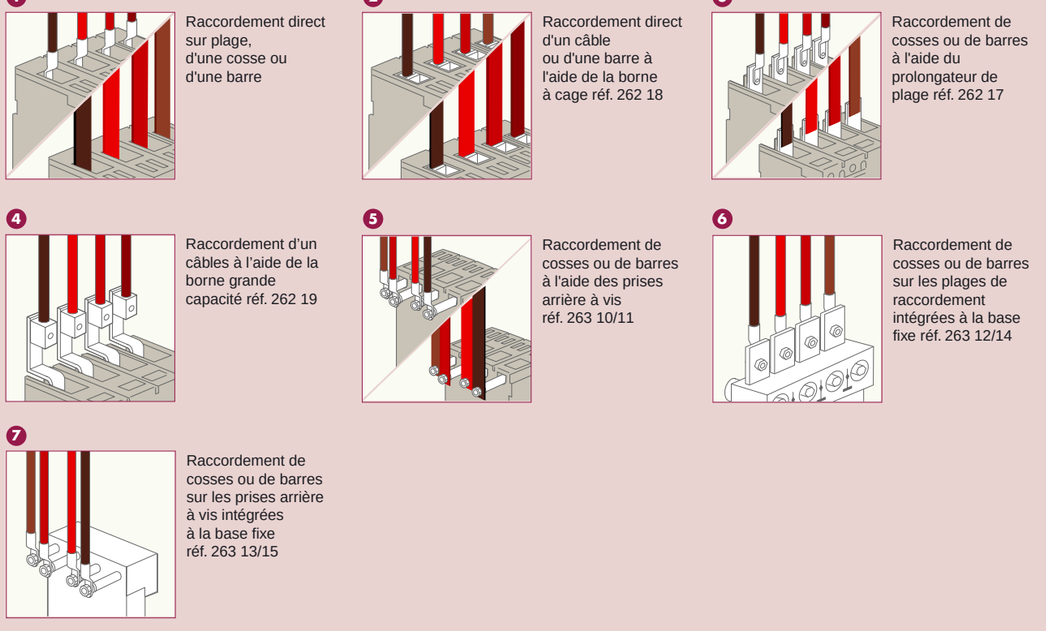
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets et armoires XL 195



Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets XL-A 250



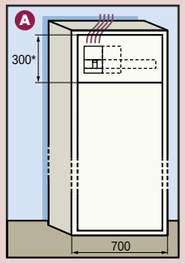
Raccordement amont/aval



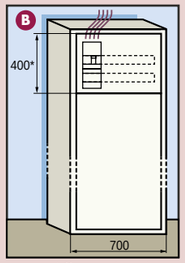
3 DPX 250 ER

Type d'appareil \ Position de raccordement		Amont / Aval	Amont / Aval	Aval / Amont	Amont / Aval
Fixe prises avant	Enveloppes et plastrons	A B I J Q R	C D K L S T	H P X	E F G M N O U V W
	Raccordement amont	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 3 4	1 2 4
	Raccordement aval	1 2 3 4 9 10	1 2 3 4 9 10	1 2 3 4 10	1 2 4 8
Fixe prises arrière	Enveloppes et plastrons	A B	C D	H	E F G
	Raccordement amont	5	5	5	5
	Raccordement aval	5	5	5	5
Extractible prises avant	Enveloppes et plastrons	A	C	H	E F G
	Raccordement amont	6	6	6	6
	Raccordement aval	6	6	6	6
Extractible prises arrière	Enveloppes et plastrons	A	C	H	E F G
	Raccordement amont	7	7	7	7
	Raccordement aval	7	7	7	7

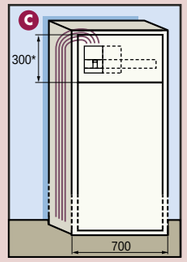
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800



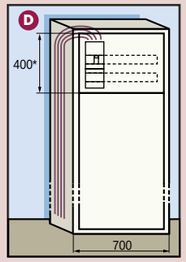
*Avec ou sans différentiel latéral



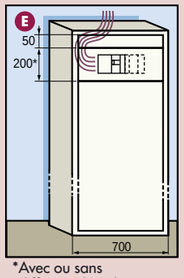
*Avec différentiel aval



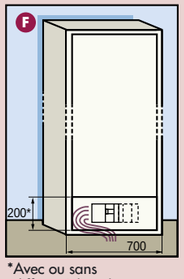
*Avec ou sans différentiel latéral



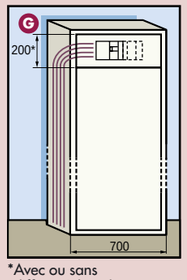
*Avec différentiel aval



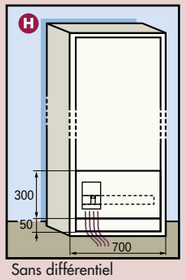
*Avec ou sans différentiel aval



*Avec ou sans différentiel aval

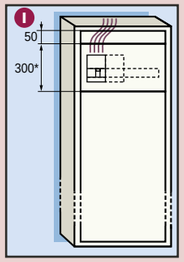


*Avec ou sans différentiel aval

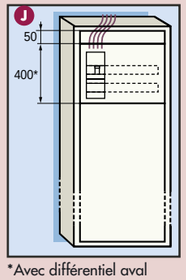


Sans différentiel

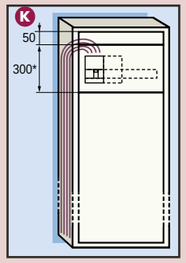
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets et armoires XL 195



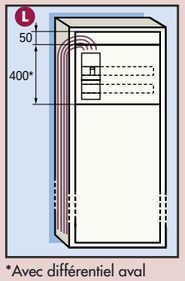
*Avec ou sans différentiel latéral



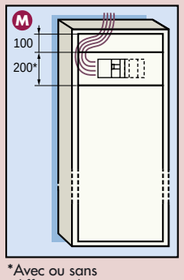
*Avec différentiel aval



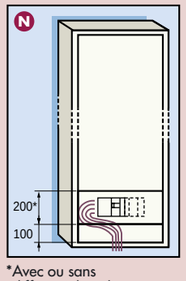
*Avec ou sans différentiel latéral



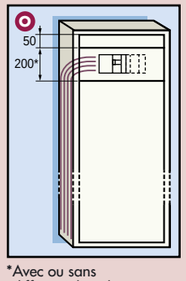
*Avec différentiel aval



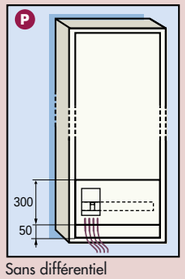
*Avec ou sans différentiel



*Avec ou sans différentiel aval

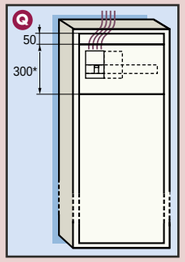


*Avec ou sans différentiel aval

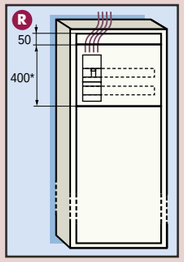


Sans différentiel

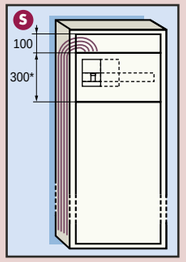
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets XL-A 250



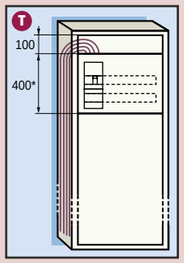
*Avec ou sans différentiel latéral



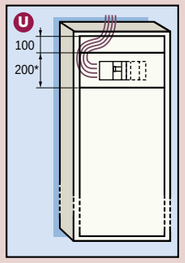
*Avec différentiel aval



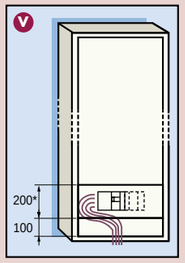
*Avec ou sans différentiel latéral



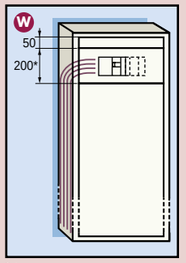
*Avec différentiel aval



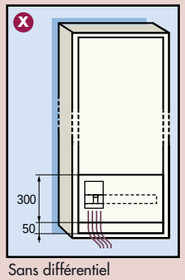
*Avec ou sans différentiel



*Avec ou sans différentiel aval



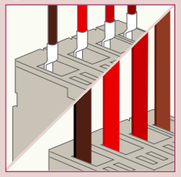
*Avec ou sans différentiel aval



Sans différentiel

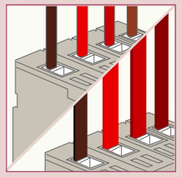
Raccordement amont/aval

1



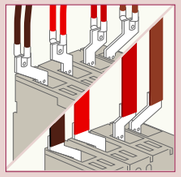
Raccordement direct sur plage, d'une cosse ou d'une barre

2



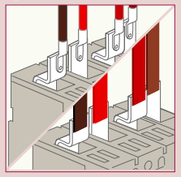
Raccordement direct d'un câble ou d'une barre à l'aide de la borne à cage réf. 262 35

3



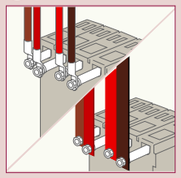
Raccordement de deux cosses ou de barres à l'aide des épanouisseurs réf. 262 90/91
Position verticale : 2 appareils maxi par rangée
Position horizontale : gaîne à câble conseillée en XL 195

4



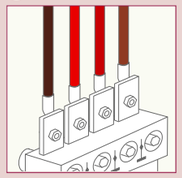
Raccordement de cosses ou de barres à l'aide des adaptateurs pour cosses réf. 262 31

5



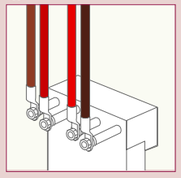
Raccordement de cosses ou de barres à l'aide des prises arrière à vis réf. 263 31/32

6



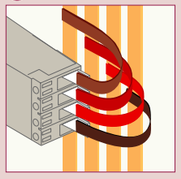
Raccordement de cosses ou de barres sur les plages de raccordement intégrées à la base fixe réf. 263 33/35

7



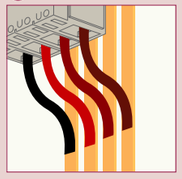
Raccordement de cosses ou de barres sur les prises arrière à vis intégrées à la base fixe réf. 263 34/36

8



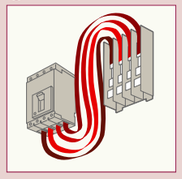
Alimentation d'un jeu de barres de fond à l'aide de barres souples.
Raccordement direct ou avec les réf. 262 33/34, 262 31, 262 32 ou la base fixe réf. 263 33/35

9



Alimentation d'un jeu de barres de fond à l'aide de barres souples en raccordement direct

10



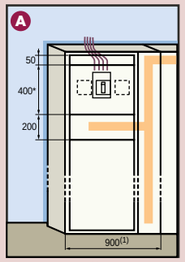
Alimentation d'un répartiteur de fond à l'aide de barres souples en raccordement direct

4 DPX 250

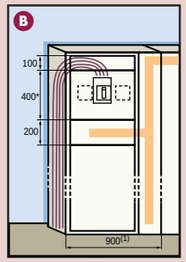
Solutions de raccordement

Type d'appareil		Position de raccordement: Amont / Aval	Amont / Aval	Aval / Amont	Amont / Aval
Fixe prises avant	Enveloppes et plastrons	A E M N O U W X	B F P Q Y Z	A E M N O U W X **Inversés**	C D R S T
	Raccordement amont	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
	Raccordement aval	1 2 3 4 5 10 11 12 14	1 2 3 4 5 10 11 12 14	1 2 3 4 5 10 11 12 14	1 2 3 4 5 9 13
Fixe prises arrière	Enveloppes et plastrons	A E	B F	A E **Inversés**	C D
	Raccordement amont	6	6	6	6
	Raccordement aval	6	6	6	6
Débrochable prises avant	Enveloppes et plastrons	J	L	J **Inversé**	K
	Raccordement amont	7	7	7	7
	Raccordement aval	7 10	7	7	7 9
Débrochable prises arrière	Enveloppes et plastrons	J	L	J **Inversé**	K
	Raccordement amont	8	8	8	8
	Raccordement aval	8	8	8	8
Extractible prises avant	Enveloppes et plastrons	J	L	J **Inversé**	K
	Raccordement amont	7	7	7	7
	Raccordement aval	7 10	7	7	7 9
Extractible prises arrière	Enveloppes et plastrons	J	L	J **Inversé**	K
	Raccordement amont	8	8	8	8
	Raccordement aval	8	8	8	8
Inverseur de source fixe prises avant	Enveloppes et plastrons	G H I V		G H I V **Inversés**	
	Raccordement amont	1 2 4 5		1 2 4 5	
	Raccordement aval	1 2 4 5 10 15		1 2 4 5 10 15	
Inverseur de source débrochable prises arrière	Enveloppes et plastrons	G H I		G H I **Inversés**	
	Raccordement amont	6		6	
	Raccordement aval	6		6	

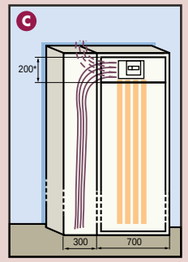
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800



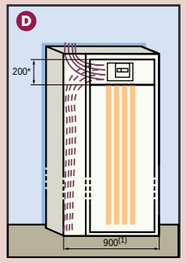
*550 avec différentiel



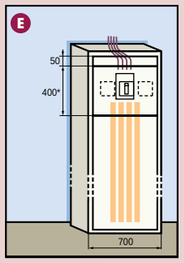
*550 avec différentiel



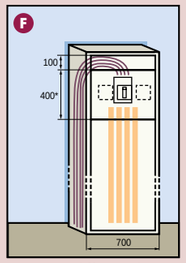
*Avec ou sans différentiel



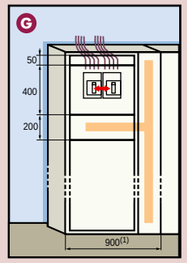
*Avec ou sans différentiel

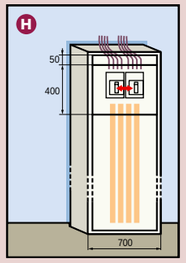


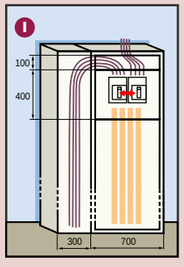
*550 avec différentiel

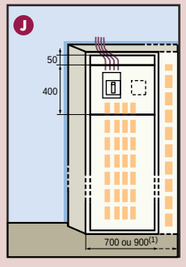


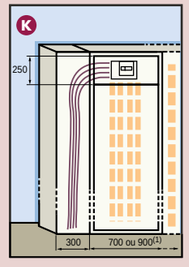
*550 avec différentiel

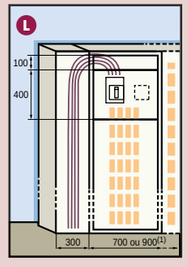






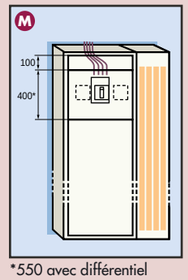




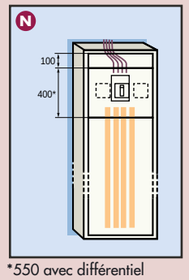


(1) 1 000 pour les armoires XL-A 400 / 600

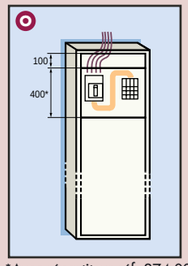
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets et armoires XL 195



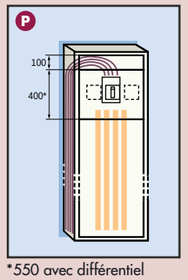
*550 avec différentiel



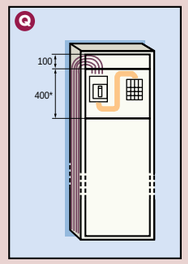
*550 avec différentiel



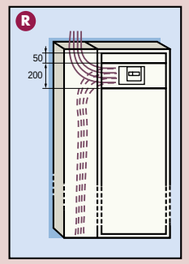
*Avec répartiteur réf. 374 00
*550 avec différentiel

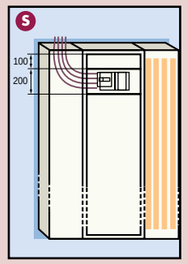


*550 avec différentiel

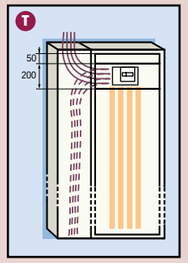


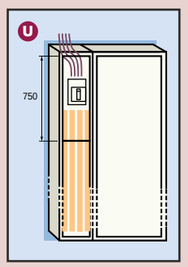
*Avec répartiteur réf. 374 00
*550 avec différentiel

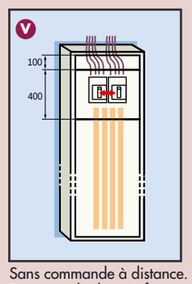




*Avec différentiel

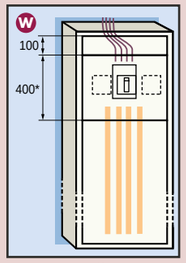




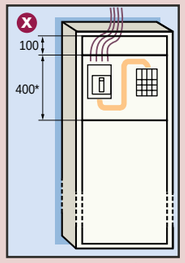


Sans commande à distance.
Traverses du dispositif réf. 092 07 fixées sur la face arrière des montants XL

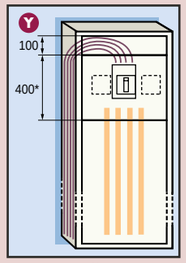
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets XL-A 250



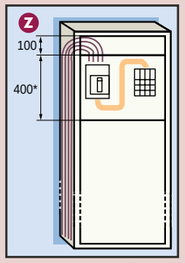
*550 avec différentiel



*Avec répartiteur réf. 374 00
*550 avec différentiel



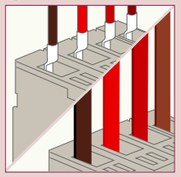
*550 avec différentiel



*Avec répartiteur réf. 374 00
*550 avec différentiel

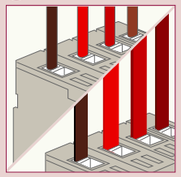
Raccordement amont/aval

1



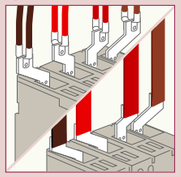
Raccordement direct sur plage, d'une cosse ou d'une barre

2



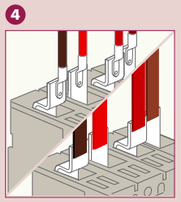
Raccordement direct d'un câble ou d'une barre à l'aide de la borne à cage réf. 262 35

3



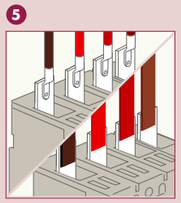
Raccordement de deux cosses ou de barres à l'aide des épanouisseurs réf. 262 33/34
Position verticale : 1 seul appareil par rangée
Position horizontale : gaîne à câble conseillée en XL 195

4



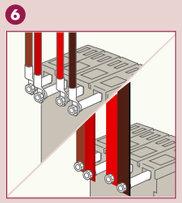
Raccordement de cosses ou de barres à l'aide des adaptateurs pour cosses réf. 262 31

5



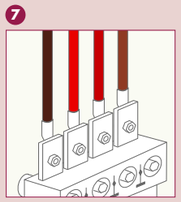
Raccordement de cosses ou de barres à l'aide des prolongateurs de plage réf. 262 32

6



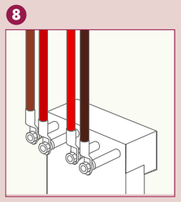
Raccordement de cosses ou de barres à l'aide des prises arrière à vis réf. 263 31/32

7



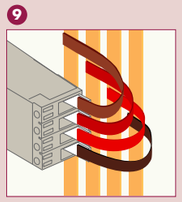
Raccordement de cosses ou de barres sur les plages de raccordement intégrées à la base fixe réf. 263 33/35

8



Raccordement de cosses ou de barres sur les prises arrière à vis intégrées à la base fixe réf. 263 34/36

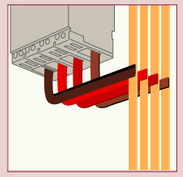
9



Alimentation d'un jeu de barres de fond à l'aide de barres souples. Raccordement direct ou avec les réf. 262 33/34, 262 31, 262 32 ou la base fixe réf. 263 33/35

Raccordement amont/aval

10



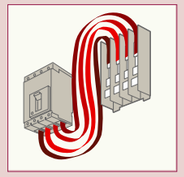
Alimentation d'un jeu de barres dans gaine à l'aide de barres souples en raccordement direct ou avec base fixe réf. 263 33/35

11



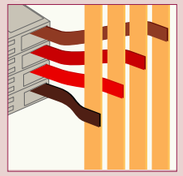
Alimentation d'un jeu de barres de fond à l'aide de barres souples en raccordement direct

12



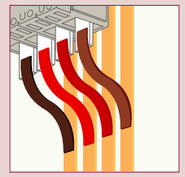
Alimentation d'un répartiteur à l'aide de barres souples en raccordement direct

13



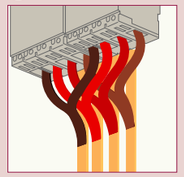
Alimentation d'un jeu de barres dans gaine à l'aide de barres souples en raccordement direct

14



Alimentation d'un jeu de barres dans gaine à l'aide de barres souples en raccordement direct avec l'appareil de tête dans la gaine

15



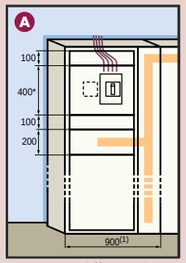
Alimentation d'un jeu de barres en fond d'armoire à l'aide de barres souples en raccordement direct

5 DPX 630

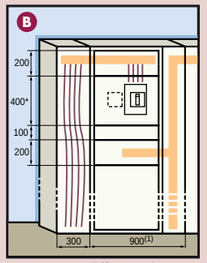
Solutions de raccordement

Type d'appareil \ Position de raccordement		Amont / Aval	Amont / Aval	Aval / Amont	Amont / Aval
Fixe prises avant	Enveloppes et plastrons	A E M O S L T U	B F P	D E M O S T U Inversés	C G H N Q R
	Raccordement amont	1 2 3 4 5 6 9	1 2 3 4 5 6 10	1 2 3 4 5 6 9	1 2 3 4 5 6 23
	Raccordement aval	1 2 3 4 5 6 14 15 18	1 2 3 4 5 6 14 15 18	1 2 3 4 5 6 14 15 18	1 2 3 4 5 6 20 22 23
Fixe prises arrière	Enveloppes et plastrons	A E	B F	D E Inversés	C G H
	Raccordement amont	7 8 11 12	7 8 11 12	7 8 11 12	7 8 11 12
	Raccordement aval	7 8 16 17 19	7 8 16 17 19	7 8 16 17 19	7 8 21
Débrochable prises avant	Enveloppes et plastrons	A E L	B F	D E L Inversés	C G H
	Raccordement amont	24 9	24 10	24 9	24
	Raccordement aval	24 14 15 18	24 14 15 18	24 14 15 18	24 20 22
Débrochable prises arrière	Enveloppes et plastrons	A E	B F	D E Inversés	C G H
	Raccordement amont	24 11 12	25 13	25 11 12	25
	Raccordement aval	25 16 17 19	25 16 17 19	25 16 17 19	25 21
Extractible prises avant	Enveloppes et plastrons	A E L	B F	D E L Inversés	C G H
	Raccordement amont	24 9	24 10	24 9	24
	Raccordement aval	24 14 15 18	24 14 15 18	24 14 15 18	24 20
Extractible prises arrière	Enveloppes et plastrons	A E	B F	D E Inversés	C G H
	Raccordement amont	25 11 12	25 13	25 11 12	25
	Raccordement aval	25 16 17 19	25 16 17 19	25 16 17 19	25 21
Inverseur de source fixe prises avant	Enveloppes et plastrons	I J		K I J Inversés	
	Raccordement amont	Combinaisons selon les cas entre : 1 2 3 4 5 6 ou 7 8 11 12		1 2 3 4 5 6 7 8 11 12	
	Raccordement aval	Combinaisons selon les cas entre : 1 2 3 4 5 6 ou 7 8 16 17 19		1 2 3 4 5 6 7 8 16 17 19	
Inverseur de source débrochable prises arrière	Enveloppes et plastrons	J	L	K	
	Raccordement amont	7 8 11 12	7 8 13	7 8	
	Raccordement aval	7 6 16 17 19	7 6 16 17 19	7 6 16 17	

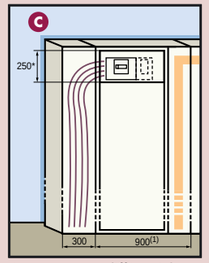
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800



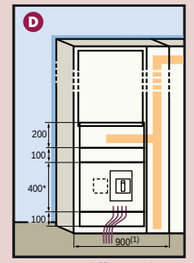
*550 avec différentiel



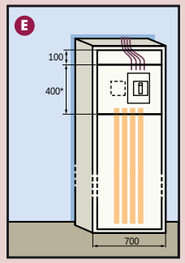
*550 avec différentiel



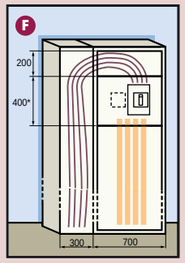
*Avec ou sans différentiel
Si montage sur traverse réf. 095 67 prévoir un plastron hauteur 50 au-dessus de l'appareil



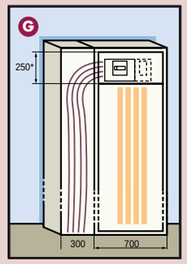
*550 avec différentiel



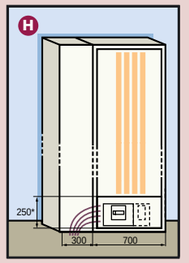
*550 avec différentiel



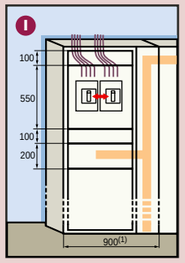
*550 avec différentiel

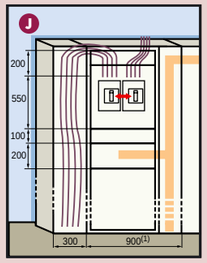


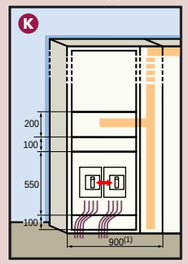
*Avec ou sans différentiel
Si montage sur traverse réf. 095 67 prévoir un plastron hauteur 50 au-dessus de l'appareil

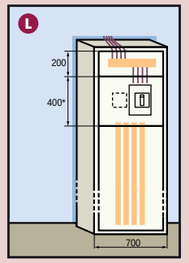


*Avec ou sans différentiel





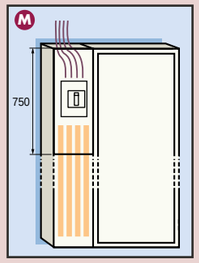


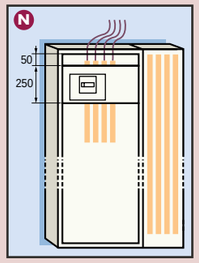


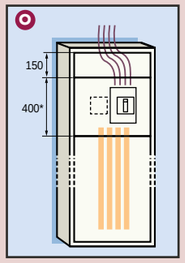
*550 avec différentiel

(1) 1 000 pour les armoires XL-A 400 / 600

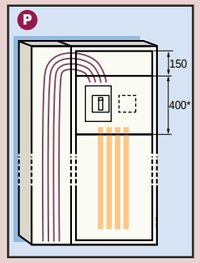
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets et armoires XL 195



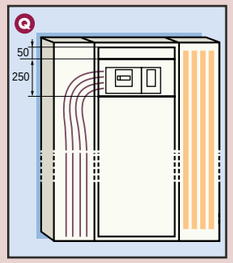




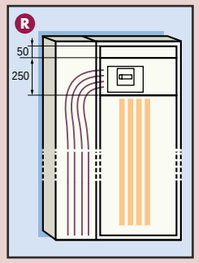
*550 avec différentiel



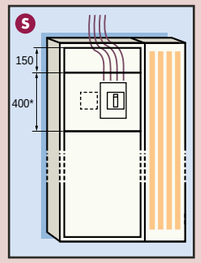
*550 avec différentiel



Avec ou sans différentiel

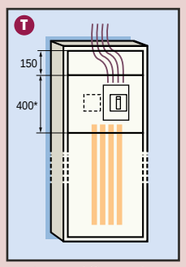


Sans différentiel

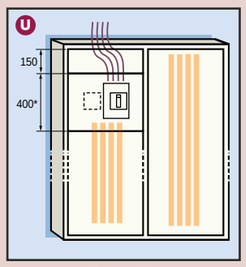


*550 avec différentiel

Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets XL-A 250



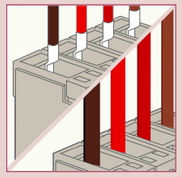
*550 avec différentiel



*550 avec différentiel

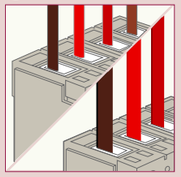
Raccordement amont /aval

1



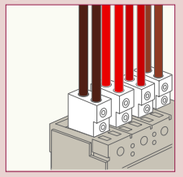
Raccordement direct sur plage d'une cosse ou d'une barre

2



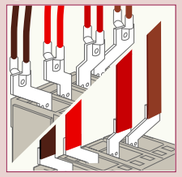
Raccordement direct d'un câble ou d'une barre à l'aide de la borne de raccordement réf. 262 50

3



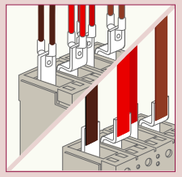
Raccordement direct de deux câbles à l'aide de la borne grande capacité réf. 262 51

4



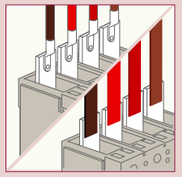
Raccordement d'une ou deux cosses ou de barres à l'aide de l'épanouisseur réf. 262 48/49.
Position verticale : 1 seul appareil par rangée.
Position horizontale : prévoir un plastron de 50 mm au-dessus et au-dessous du plastron de l'appareil et une gaine à câble coté épanouisseur

5



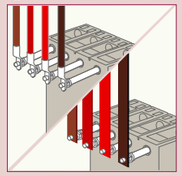
Raccordement d'une ou deux cosses ou de barres à l'aide de l'adaptateur pour cosses réf. 262 46

6



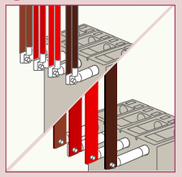
Raccordement d'une ou deux cosses ou de barres à l'aide de prolongateur de plage réf. 262 47

7



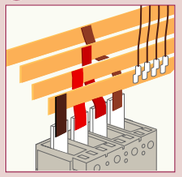
Raccordement de cosses ou de barres à l'aide des prises arrière à vis réf. 263 50/51

8



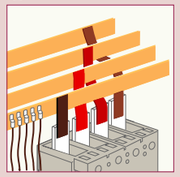
Raccordement d'une ou deux cosses ou de barres à l'aide des prises arrière méplats réf. 269 52/53

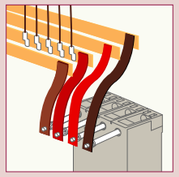
9

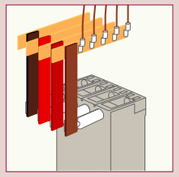


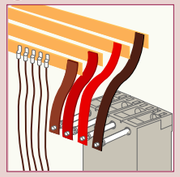
Confection d'un jeu de barres supérieur recevant les câbles d'alimentation. Liaison par barres souples et utilisation des prolongateurs de plage réf. 262 47, des épanouisseurs réf. 262 48/49 ou de la base fixe réf. 263 54/60

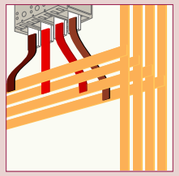
Raccordement amont/aval

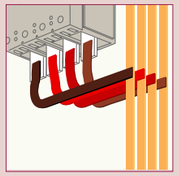
10

Confection d'un jeu de barres supérieur recevant les câbles d'alimentation.
Liaison par barres souples et utilisation des prolongateurs de plage réf. 262 47, des épanouisseurs réf. 262 48/49 ou de la base fixe réf. 265 54/60

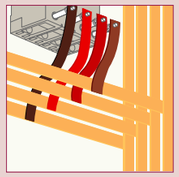
11

Confection d'un jeu de barres supérieur recevant les câbles d'alimentation. Liaison par barres souples et utilisation des prises arrière à vis réf. 263 50/51, des prises arrière méplats réf. 263 52/53 ou de la base fixe réf. 263 56/62

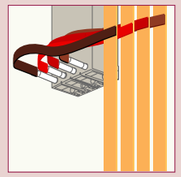
12

Confection d'un jeu de barres supérieur en profondeur recevant les câbles d'alimentation. Liaison par barres souples et utilisation des prises arrière méplats réf. 269 52/53 ou de la base fixe réf. 263 56/62

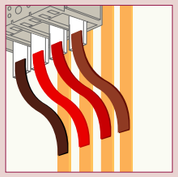
13

Confection d'un jeu de barres supérieur transversal recevant les câbles d'alimentation. Liaison par barres souples et utilisation des prises arrière à vis réf. 263 50/51, des prises arrière méplats réf. 263 52/53 ou de la base fixe réf. 263 56/62

14

Alimentation d'un jeu de barres vertical à l'aide d'un jeu de barres transfert. Liaison par barres souples et utilisation des prolongateurs de plage réf. 262 47, des épanouisseurs réf. 262 48/49 ou de la base fixe réf. 263 54/60

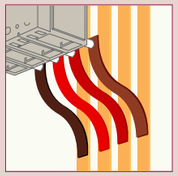
15

Alimentation d'un jeu de barres vertical à l'aide de barres souples et utilisation du prolongateur de plage réf. 262 47, des épanouisseurs réf. 262 48/49 ou de la base fixe réf. 263 54/60

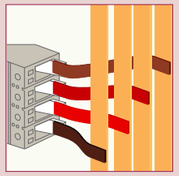
16

Alimentation d'un jeu de barres vertical à l'aide d'un jeu de barres transfert. Liaison par barres souples et utilisation des prises arrière à vis réf. 263 50/51 ou de la base fixe réf. 269 56/62

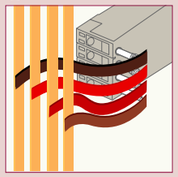
17

Alimentation d'un jeu de barres vertical à l'aide de barres souples et utilisation des prises arrière méplats réf. 263 52/53 ou de la base fixe réf. 263 56/62

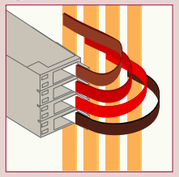
18

Alimentation d'un jeu de barres de fond à l'aide de barres souples et utilisation des prolongateurs de plages réf. 262 47, des épanouisseurs réf. 262 48/49 ou de la base fixe réf. 263 54/60

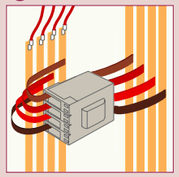
Raccordement amont/aval

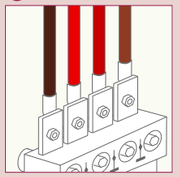
19

Alimentation d'un jeu de barres vertical à l'aide de barres souples et utilisation des prises arrière à vis réf. 263 52/53 ou de la base fixe réf. 263 56/62

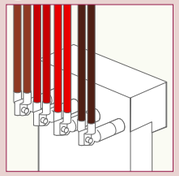
20

Alimentation d'un jeu de barres vertical à l'aide de barres souples et utilisation de prolongateur de plage réf. 262 47 ou des épanouisseurs réf. 262 48/49 ou de la base fixe réf. 263 54/60

21

Alimentation d'un jeu de barres vertical à l'aide de barres souples et utilisation des prises arrière à vis réf. 263 50/51, des prises arrière méplats réf. 263 52/53 ou de la base fixe réf. 263 56/62

22

Alimentation d'un jeu de barres de fond à l'aide de barres souples et utilisation des prolongateurs de plage réf. 262 47, des épanouisseurs réf. 262 48/49 ou de la base fixe réf. 263 54/60

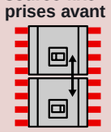
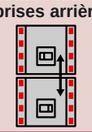
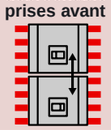
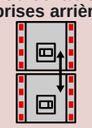
23

Alimentation d'un jeu de barres de fond et liaison en barres souples. Sortie DPX en barres souples pour alimenter un jeu de barres vertical dans gaine

24

Alimentation à l'aide d'une cosse retournée derrière la plage de raccordement intégrée à la base fixe réf. 263 54/60 ou à l'aide de barres

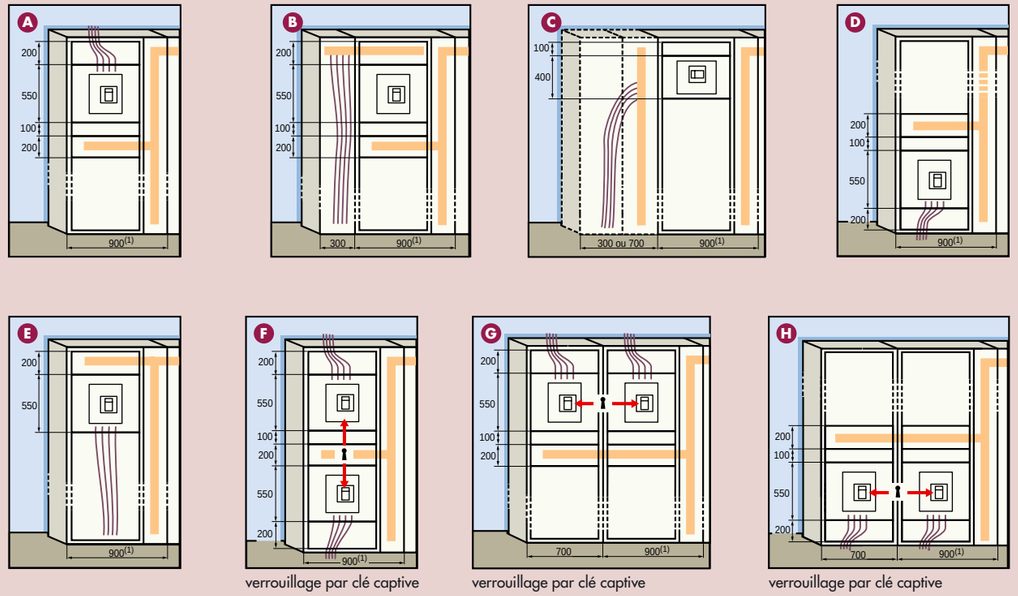
25

Alimentation à l'aide d'une ou deux cosses ou de barres sur les prises arrière méplats fournies avec la base fixe réf. 263 56/62

6 DPX 1600

Solutions de raccordement

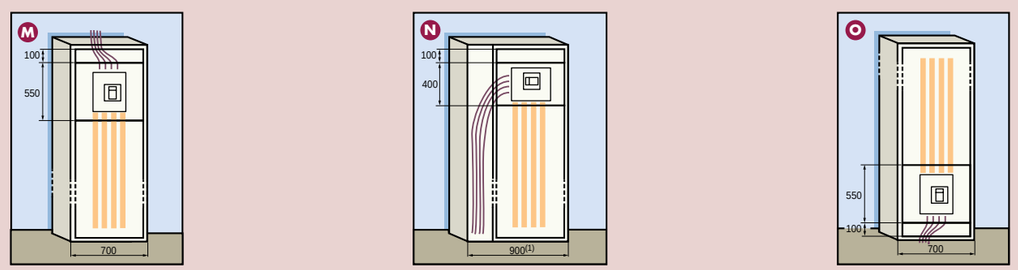
Type d'appareil / Position de raccordement		Amont / Aval	Amont / Aval	Aval / Amont	Amont / Aval
Fixe prises avant 	Enveloppes et plastrons	A F G M	B	D E F H O	C N
	Raccordement amont	1 2 3	4	1 2 3	5 6 21
	Raccordement aval	7 17 19	7 17 19	7 17 19	11 18
Fixe prises arrière 	Enveloppes et plastrons	A	B	D E	C
	Raccordement amont	8 9 10	13	8 9 10	14 16 20
	Raccordement aval	12	12	12	15 20
Débrochable prises avant 	Enveloppes et plastrons	A F G M	B	D E F H O	
	Raccordement amont	2 3	4	2 3	
	Raccordement aval	7 19	7 19	7 19	
Débrochable prises arrière 	Enveloppes et plastrons	A	B	D E	
	Raccordement amont	8 9 10	13	8 9 10	
	Raccordement aval	12	12	12	
Inverseur de source fixe prises avant 	Enveloppes et plastrons				I J
	Raccordement amont				6 5 21
	Raccordement aval				11
Inverseur de source fixe prises arrière 	Enveloppes et plastrons				K L
	Raccordement amont				16 22
	Raccordement aval				14 15 20
Inverseur de source débrochable prises avant 	Enveloppes et plastrons				I J
	Raccordement amont				5 6 21
	Raccordement aval				11
Inverseur de source débrochable prises arrière 	Enveloppes et plastrons				K L
	Raccordement amont				16 20 22
	Raccordement aval				14 15 20

Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 600 et XL-A 600-800



(1) 1 000 pour les armoires XL-A 400 / 600
(2) 900 pour les inverseurs débrochables

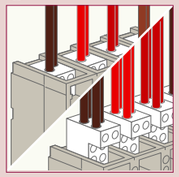
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800



(1) 1 000 pour les armoires XL-A 400 / 600

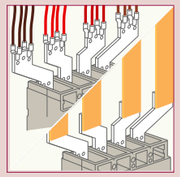
Raccordement amont/aval

1



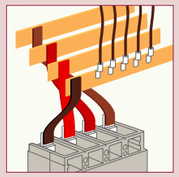
Raccordement direct par câbles avec borne de raccordement réf. 262 69/70

2



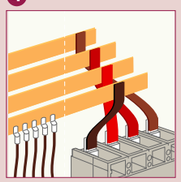
Raccordement pour 4 cosses ou barres avec épanouisseurs réf. 262 73/74.

3



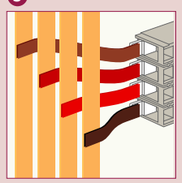
Confection d'un jeu de barres supérieur pour plus de quatre cosses par pôle (300 mm²). Raccordement par une ou deux barres souples par pôle réf. 374 57/58 et prolongateur de plage réf. 262 67/68

4



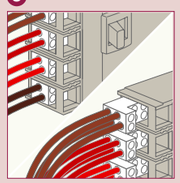
Confection d'un jeu de barres supérieur recevant plus de quatre cosses par pôle (300 mm²). se prolongeant dans une gaine largeur 300 mm. Raccordement par une ou deux barres souples réf. 374 57/58 et prolongateur de plage réf. 262 67/68

5



Confection d'un jeu de barres vertical dans une gaine largeur 300 mm. Raccordement par une ou deux barres souples par pôle réf. 374 57/58 et prolongateur de plage réf. 262 67/68

6



Raccordement direct des câbles avec borne de raccordement réf. 262 69/70. Prévoir une gaine largeur 300 mm pour arrivée des câbles

7

Alimentation d'un jeu de barres vertical installé dans le compartiment intégré à l'armoire à l'aide d'un jeu de barres transfert. Liaison par une ou deux barres souples par pôle réf. 374 57/58 et prolongateur de plage réf. 262 67/68

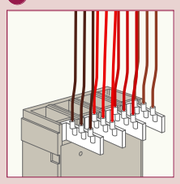
8

Confection d'un jeu de barres supérieur recevant plus de quatre cosses par pôle. Liaison par une ou deux barres souples par pôle réf. 374 57/58 et prises arrière courtes réf. 263 80/82

9

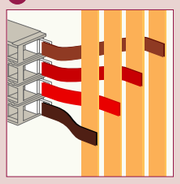
Confection d'un jeu de barres supérieur recevant plus de quatre cosses par pôle. Liaison par une ou deux barres rigides par pôle réf. 374 43/46 et prises arrière longues réf. 263 81/83

10



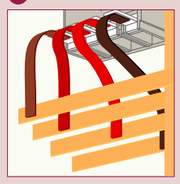
Raccordement direct de 3 cosses par pôle sur prises arrière longues réf. 263 81/83

11



Alimentation d'un jeu de barres vertical installé dans le compartiment intégré à l'armoire à l'aide d'une ou deux barres souples par pôle réf. 374 57/58 et prolongateur de plage réf. 262 67/68

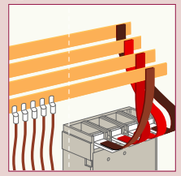
12



Alimentation d'un jeu de barres vertical dans compartiment intégré à l'armoire par un jeu de barres transfert. Liaison à l'aide d'une ou deux barres souples réf. 374 57/58 et de prises arrière courtes réf. 263 80/82

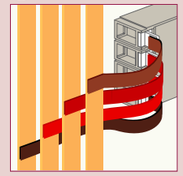
Raccordement amont/aval

13



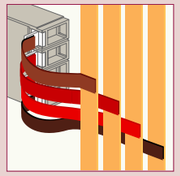
Confection d'un jeu de barres supérieur recevant plus de quatre cosses par pôles se prolongeant dans une gaine largeur 300 mm. Liaison par une ou deux barres souples par pôle réf. 374 57/58 et prises arrière courtes réf. 263 80/82

14



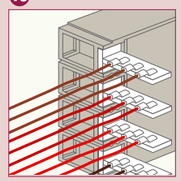
Confection d'un jeu de barres vertical dans une gaine largeur 300 mm. Liaison par une ou deux barres souples par pôle réf. 374 57/58 et prises arrière courtes réf. 263 80/82

15



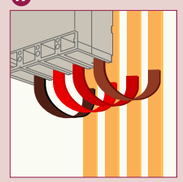
Raccordement sur jeu de barres vertical installé dans le compartiment intégré à l'armoire. Liaison par une ou deux barres souples par pôle réf. 374 57/58 et prises arrière courtes réf. 263 80/82

16



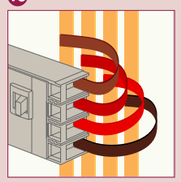
Raccordement de trois cosses par pôle sur prises arrière longues réf. 263 81/83. Arrivée des câbles par le haut ou par le bas dans une gaine largeur 300 mm

17



Alimentation d'un jeu de barres en fond d'armoire réf. 374 41 sur support incliné réf. 374 14 (630 A). Liaison à l'aide d'une barre souple par pôle réf. 374 57

18



Alimentation d'un jeu de barres en fond d'armoire réf. 374 41 sur support incliné réf. 374 14 (630 A). Liaison à l'aide d'une barre souple par pôle réf. 374 57

19

Confection d'un jeu de barres transfert. Liaison réalisée avec deux barres de 80 x 5 (ou 100 x 5) par pôle et épanouisseurs réf. 262 73/74

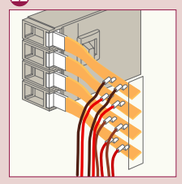
20

Raccordement de prises arrières sur un jeu de barres horizontal réf. 374 53 monté vers l'arrière dans une armoire XL-A 800

21

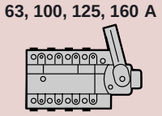
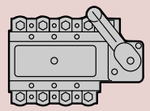
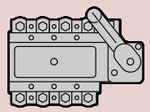
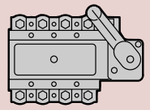
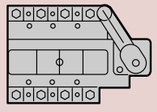
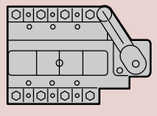
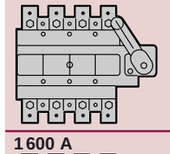
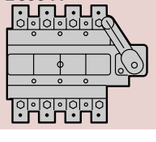
Raccordement sur queues de barres largeur 50 fabriquées à façon (vrillées pour faciliter le raccordement) et support à façon

22



Raccordement sur queues de barres largeur 50 (à façon) en prolongement des prises arrières, support à façon

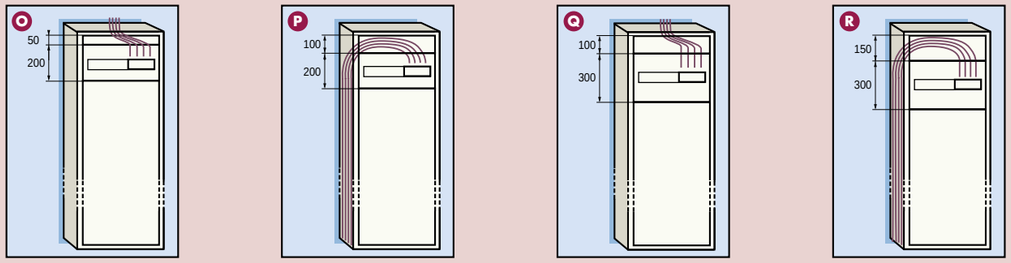
7 VISTOP ET INTERRUPTEURS-SECTIONNEURS

Type d'appareil \ Position de raccordement		Amont / Aval	Amont / Aval
63, 100, 125, 160 A  Modulaire	Enveloppes et plastrons	A B C O S V Z	D P W
	Raccordement amont	1 2 3	1 2 3
	Raccordement aval	1	1
160 A 	Enveloppes et plastrons	E Q X	F R Y
	Raccordement amont	4	4
	Raccordement aval	4	4
250 A 	Enveloppes et plastrons	G T Z_1	H U Z_2
	Raccordement amont	4 5	4 5
	Raccordement aval	4 5	4 5
400 A 	Enveloppes et plastrons	I T	J U
	Raccordement amont	4 5	4 5
	Raccordement aval	4 5	4 5
630 A 	Enveloppes et plastrons	I	J
	Raccordement amont	4	4
	Raccordement aval	4	4
800 A 	Enveloppes et plastrons	I	K L
	Raccordement amont	6	6
	Raccordement aval	6	6
1 250 A 	Enveloppes et plastrons	M	N
	Raccordement amont	7 8	7 8
	Raccordement aval	7 8	7 8
1 600 A 	Enveloppes et plastrons	M	N
	Raccordement amont	7 8	7 8
	Raccordement aval	7 8	7 8

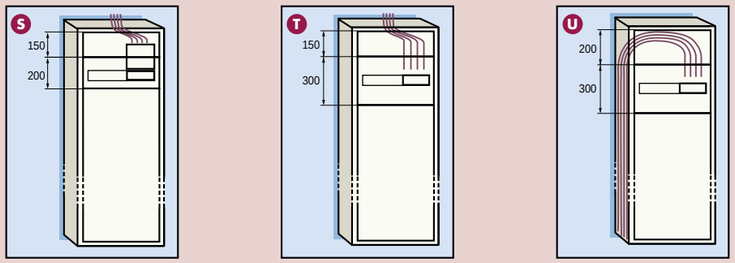
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800



Dimensions des enveloppes et des plastrons - Armoires XL 135 / 195



Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets et armoires XL 135 / 195

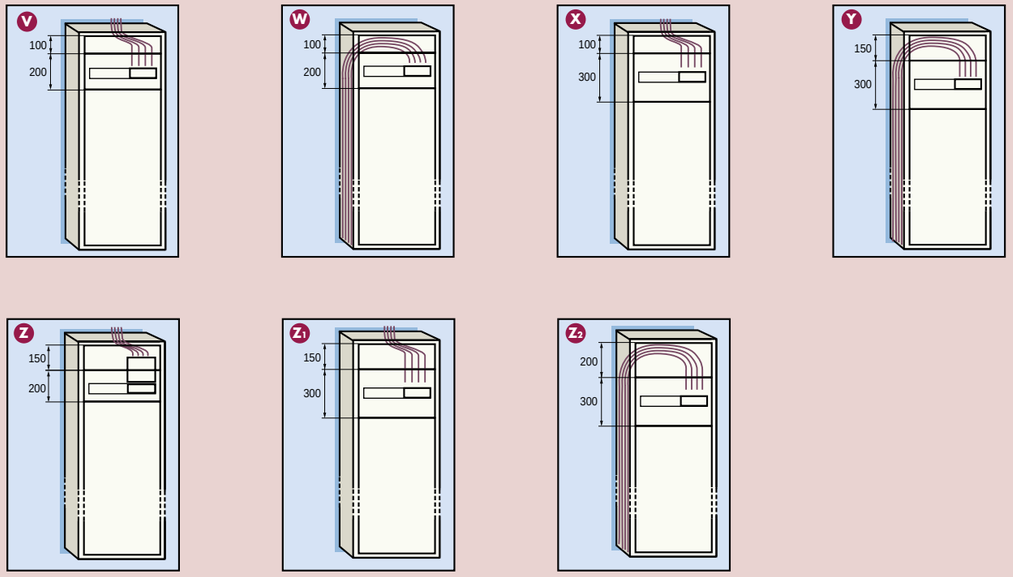


Avec bloc de raccordement réf. 227 78 / 79

Sans porte

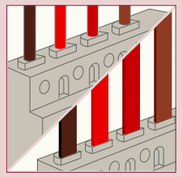
Sans porte

Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets XL-A 250

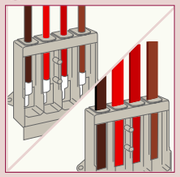


Avec bloc de raccordement réf. 227 78 / 79

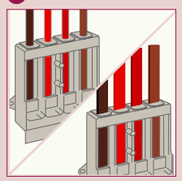
Raccordement amont/aval



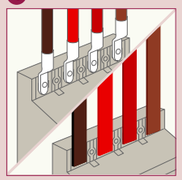
1 Raccordement direct de câbles ou de barres dans les bornes à cage intégrées à l'appareil



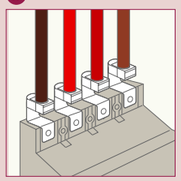
2 Raccordement de barres ou de cosses à l'aide du boîtier de raccordement réf. 227 78/79



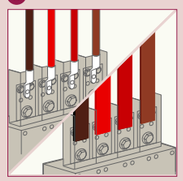
3 Raccordement direct de câbles ou de barres à l'aide du boîtier de raccordement réf. 227 80/81



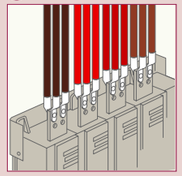
4 Raccordement direct de barres ou de cosses sur les plages intégrées à l'appareil



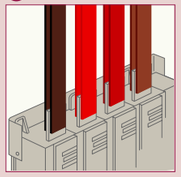
5 Raccordement direct de câbles à l'aide de la borne réf. 095 44



6 Raccordement direct de barres souples ou de cosses sur les plages intégrées à l'appareil



7 Raccordement de cosses sur les plages intégrées à l'appareil



8 Raccordement de barres sur les plages intégrées à l'appareil

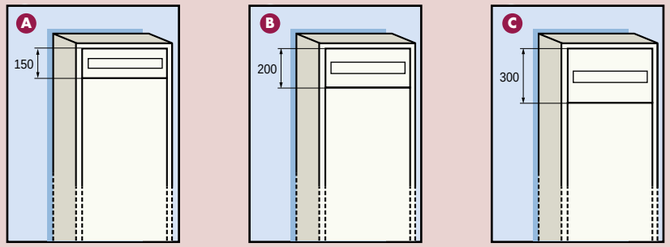
8 RANGÉES DE DÉPARTS DIVISIONNAIRES SOUS PLASTRONS MODULAIRES, DX ET DPX

Solutions de raccordement

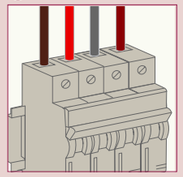
Raccordement amont		Direct				Lexiclic	En goulotte (1)
Raccordement aval		Direct		Avec bornier		Direct	En goulotte
Montage		Sur rail	XL-Part	Sur rail	XL-Part	Sur rail	Sur rail
Commande, signalisation	Enveloppes et plastrons	A B	B (2)	A B	B (2)	B	A B
DX ≤ 40 A	Raccordement amont	1 2 3 4 5	2	1 2 3 4 5	2	6	1
	Raccordement aval	1 7 8	2	1 7 8	2	1 7 8	1
DX ≤ 63 A	Enveloppes et plastrons	B	B (2)	A	B (2)	B	B
	Raccordement amont	1 2 3 4 5	9 10	1 2 3 4 5	9 10	9	1
	Raccordement aval	1 7 8	1 7 8	1 7 8	1 7 8	1 7 8	1
DX > 63 A	Enveloppes et plastrons	B	B	B	B		
	Raccordement amont	1 2 3 5	9 10	1 2 3 5	9 10		
	Raccordement aval	1 7 8	1 7 8	1 7 8	1 7 8		
DPX 125	Enveloppes et plastrons	C	C	B C	C		
	Raccordement amont	1	9 10	1	9 10		
	Raccordement aval	1 7 8	1	1	1		
DPX 250 ER	Enveloppes et plastrons	C	C	C	C		
	Raccordement amont	1	9 10	1	9 10		
	Raccordement aval	1	1	1	1		

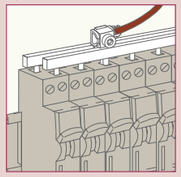
(1) Goulotte 37,5 x 87,5 (jusqu'à 62,5 x 87,5 dans le cas B)
(2) C obligatoire pour montage d'un répartiteur de rangée XL-Part réf. 098 75 monté devant un châssis colonne.

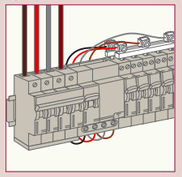
Dimensions des enveloppes et des plastrons - Coffrets et armoires XL / XL-A

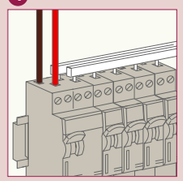


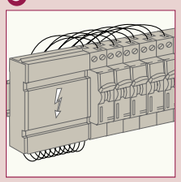
Raccordement amont/aval

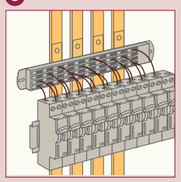
1

Raccordement direct du câble dans la borne de l'appareil

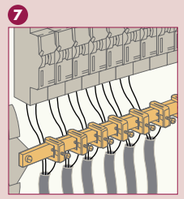
2

Alimentation de plusieurs DX à l'aide de peignes uni, bi, tri et tétrapolaires et de bornes d'arrivée universelles réf. 049 05/06

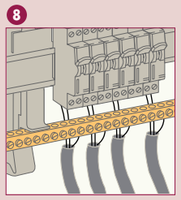
3

Alimentation des bornes d'arrivée universelles par liaison de conducteurs raccordés sur la sortie inférieure d'un bloc différentiel

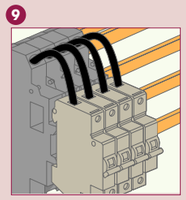
4

Alimentation des peignes par les bornes de sortie supérieures de l'inter différentiel à raccordement direct

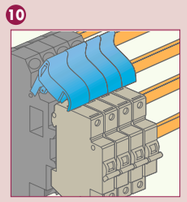
5

Utilisation d'un répartiteur Lexic pour l'alimentation filaire des DX

6

Utilisation du répartiteur à la rangée Lexiclic et de ses cordons connecteurs pour raccordement filaire des DX.
Alimentation possible de plusieurs rangées par jeu de barres arrière sur supports réf. 048 78

7

Raccordement à la rangée des conducteurs de protection à l'aide de la barre de cuivre avec connecteurs réf. 093 95 fixée sur les supports réf. 092 14 ou les pattes réf. 095 99 (armoires) ou directement sur les montants (coffrets)

8

Raccordement à la rangée des conducteurs de protection à l'aide de la barre à trous réf. 093 96 fixée sur les bracelets réf. 092 66

9

Raccordement des appareils sur répartiteur de rangée XL-Part avec bases supports à fils

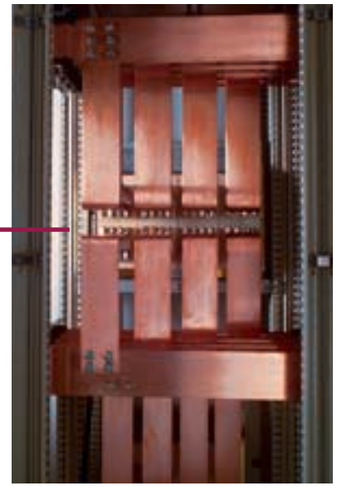
10

Raccordement des appareils sur répartiteur de rangée XL-Part avec bases supports "Plug-in"

La configuration des ensembles jusqu'à 4000 A

La simplicité du principe d'implantation des DMX et des jeux de barres en enveloppe XL/XL-A permet de transposer facilement le schéma électrique de la tête d'installation en schéma d'implantation. Les exemples de configuration de base, donnés ci-après sont une aide pour la conception des ensembles.

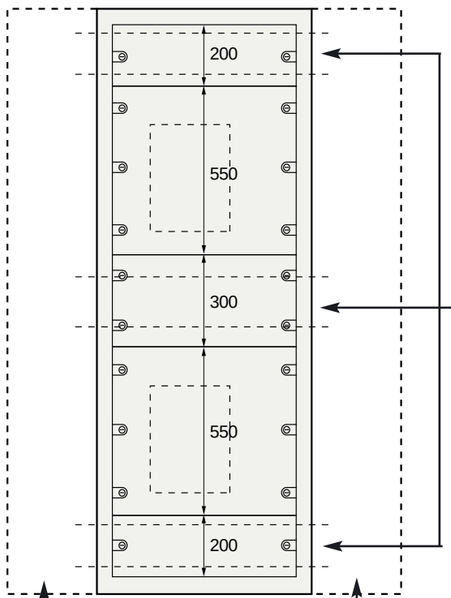


DMX 4000 débrochable en armoire XL-A



Jeux de barres, DMX, XL-A, un principe clair et cohérent d'utilisation de l'espace disponible

1 PRINCIPE DE PLASTRONNAGE



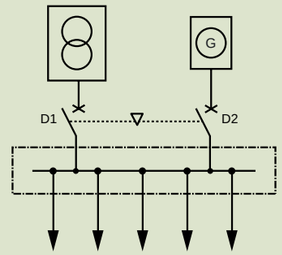
Espaces pour l'installation d'un jeu de barres "raccordement", "transfert", ou "principal"

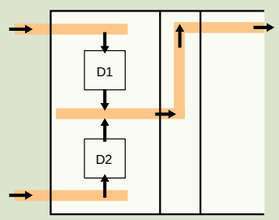
Gaine pour arrivée éventuelle des câbles

Gaine obligatoire pour les DMX 4000 et DMX-L 2500/4000 tétrapolaires débrochables ou pour un jeu de barres vertical

2 CONFIGURATIONS DE BASE

Alimentation de remplacement (sans délestage)

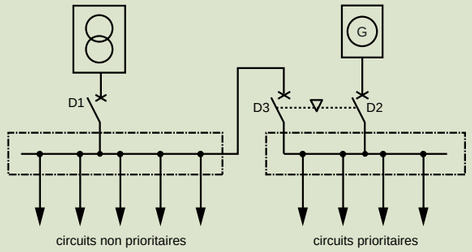


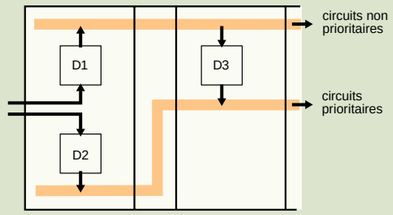


Les deux appareils DMX, D1 et D2, sont raccordés à un jeu de barres commun central. N'étant pas chargés simultanément, ils peuvent être disposés dans la même armoire.



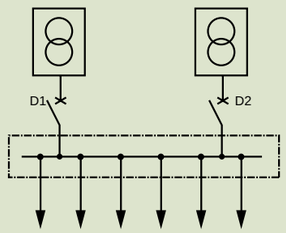
Alimentation de remplacement (avec délestage)

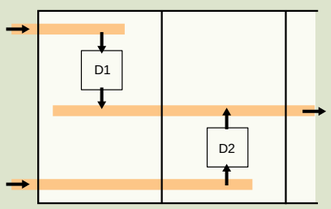


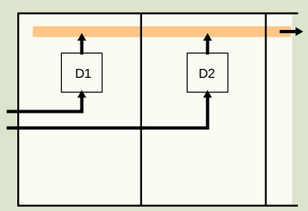


Les deux appareils DMX, D1 et D2, ne sont pas chargés simultanément ils peuvent donc être installés dans la même armoire. D3 peut être chargé en même temps que D1, il doit être installé dans une autre armoire.

Alimentation double (puissance totale)



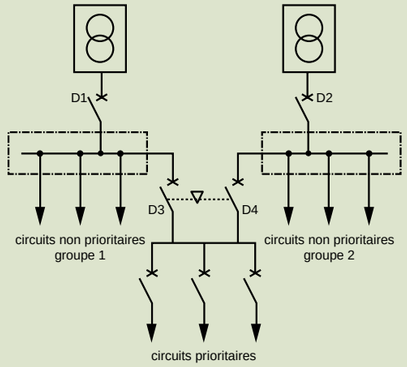


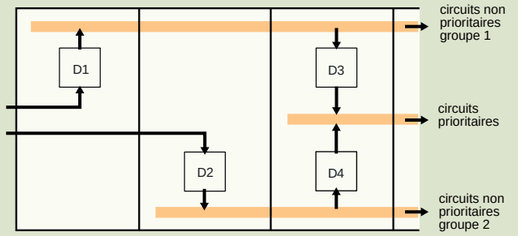


Les deux appareils DMX, D1 et D2, débitent sur un jeu de barres communs. Ils ne doivent pas être installés dans la même armoire excepté si la somme de leur intensité n'excède pas la valeur admissible pour la dimension préconisée (voir les volumes de dissipation au chapitre II.E.3).

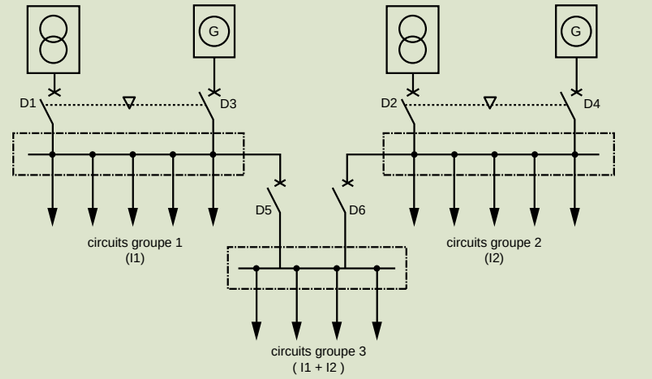
Les appareils DMX dans leur version fixe se montent aussi en armoire XL profondeur 600, jusqu'à 2000 A.

Alimentation double (puissance réduite)

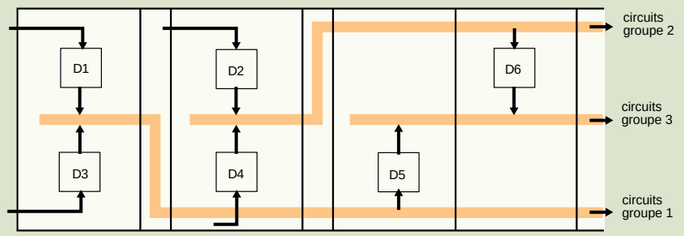




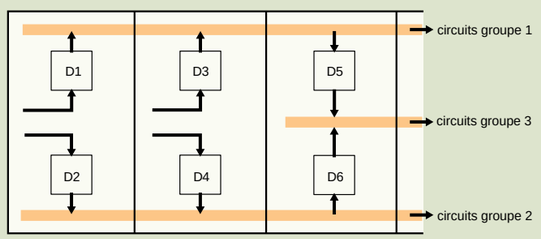
Alimentation double avec remplacement et couplage sur circuits communs



Dimensionnement pour D1 ou D2 jusqu'à 4000 A



Si la somme des intensités réelles de charge des appareils D1 et D2 n'excède pas la valeur admissible pour la dimension préconisée (voir pages 484 à 486), la dimension de l'ensemble peut être optimisée.

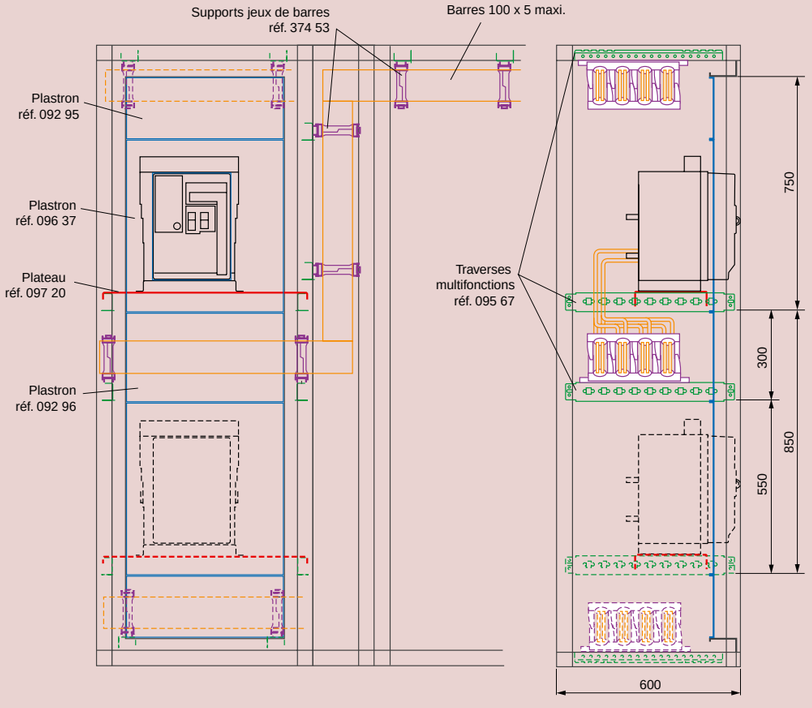


En profondeur 600, les armoires XL peuvent accueillir les appareils DMX en version fixe pour constituer des ensembles jusqu'à 2000 A

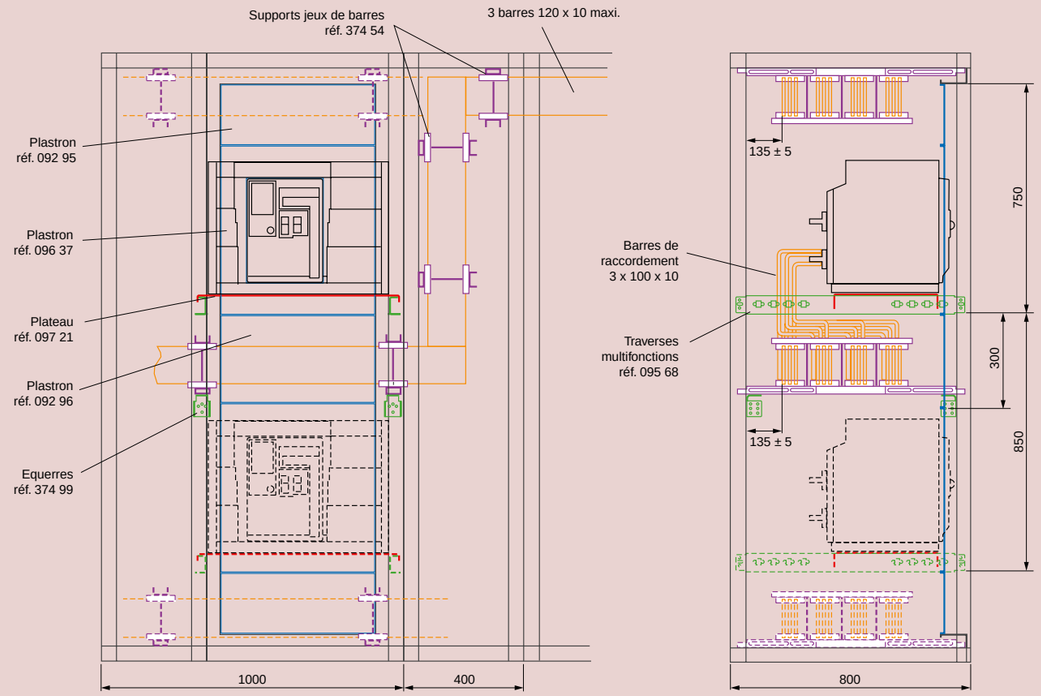


3 PLANS D'IMPLANTATION TYPES

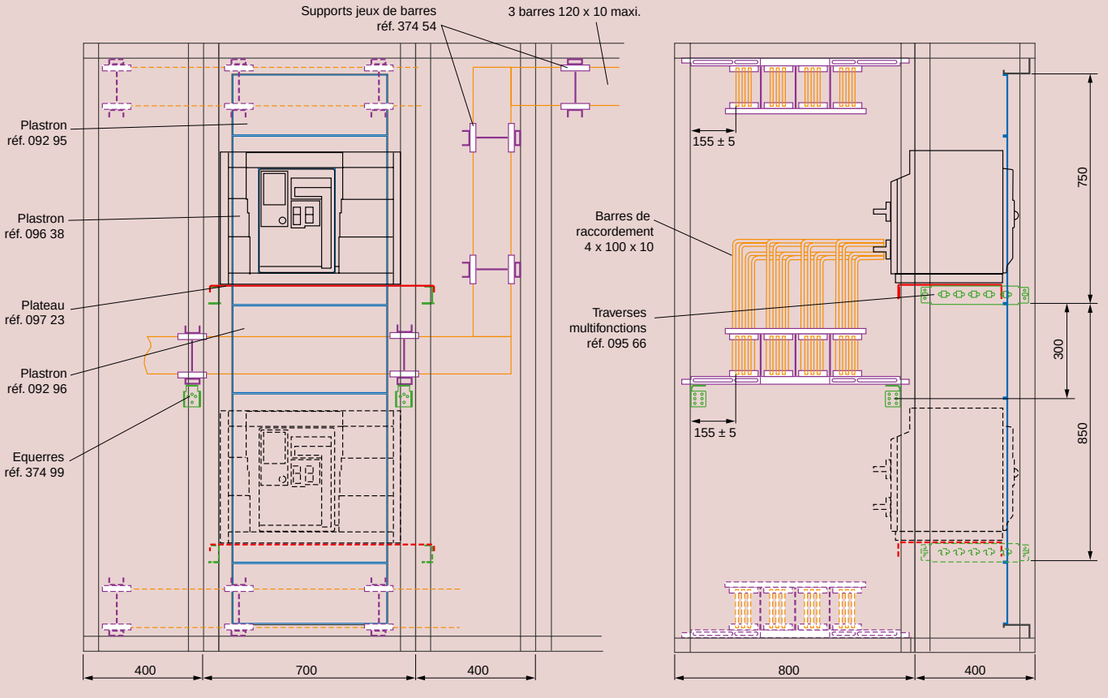
En armoire XL/XL-A 600 jusqu'à 1600 A



En armoire XL-A 800 jusqu'à 3200 A



En armoires XL-A 800 + XL-A 400 jusqu'à 4000 A



L'estimation du bilan thermique

La puissance dissipable par une enveloppe est fonction de ses dimensions (surface des parois en contact avec l'air ambiant), de la répartition du matériel (nombre de rangées utilisées), de la position des conducteurs (entrées/sorties) et de l'indice de protection (degré de ventilation)

1 Puissance dissipée

La puissance dissipée par les appareils et leur câblage est directement proportionnelle à l'intensité de tête. Les très nombreux essais effectués nous ont permis d'établir une règle simple : on peut considérer que la puissance à dissiper est égale à 1,25 W/A pour les coffrets jusqu'à 400 A et à 1 W/A pour les armoires au-delà de cette intensité.

Le choix des tailles des enveloppes XL 100, XL 135, XL 195, XL/XL-A 400, XL/XL-A 600 et XL-A 250 permet d'adapter parfaitement la référence du produit à la puissance à dissiper.

2 Position des entrées / sorties

La position des entrées / sorties a une influence directe sur la capacité de dissipation de l'enveloppe, particulièrement pour celles de volume limité, comme les coffrets.

- Les adductions par le bas sont les plus défavorables, car l'échauffement des câbles augmente la puissance à dissiper par l'ensemble. Cette disposition conduit à augmenter la taille de l'enveloppe.
- Les adductions par le haut sont plus favorables, car l'échauffement des câbles est directement évacué, sans chauffer l'ensemble.
- La simultanéité d'adduction par le bas et par le haut est la solution la plus favorable : elle réduit généralement la quantité de conducteurs dans l'enveloppe et favorise le refroidissement par tirage naturel. Cette dernière disposition permet de réduire la taille de l'enveloppe des coffrets XL 135 ou XL 195.

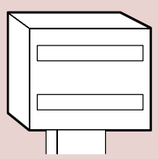
3 Indice de protection

On distingue communément deux niveaux de protection pour les enveloppes de distribution :

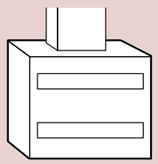
- IP ≤ 30 désigne les enveloppes dont l'accès aux parties dangereuses est protégé, mais dont les entrées de câbles (découpes) ne sont pas rendues étanches après le passage des conducteurs. Cela permet une circulation naturelle de l'air. C'est le cas des armoires XL (sauf en cas d'utilisation du kit d'étanchéité 095 49).
- IP > 30 désigne les enveloppes étanches aux poussières et éventuellement à l'eau. Cette étanchéité contrarie la ventilation naturelle et limite le refroidissement. Les coffrets XL/XL-A et les armoires XL-A appartiennent à cette catégorie.

Conditions de refroidissement

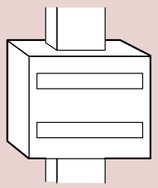
les plus défavorables



satisfaisantes

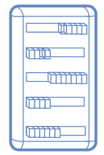
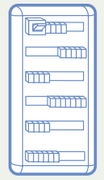


les plus favorables



1 ESTIMATION SIMPLIFIÉE

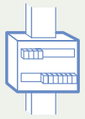
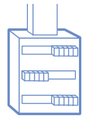
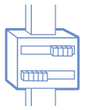
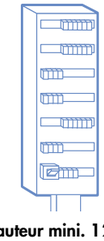
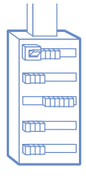
Des solutions en coffrets encastrés XL 100
Dimensions(1) et nombre de rangées minimum à utiliser

Puissance installée	Encastré dans un bon isolant (laine de verre polystyrène)	Encastré dans un mauvais isolant (béton, brique)
63 A	 hauteur mini. 794, répartir sur 3 rangées mini.	 hauteur mini. 644, répartir sur 2 rangées mini.
80 A	 hauteur mini. 944, répartir sur 4 rangées mini.	 hauteur mini. 644, répartir sur 3 rangées mini.
100 A	 hauteur mini. 1094, répartir sur 5 rangées mini.	 hauteur mini. 794, répartir sur 4 rangées mini.
125 A		 hauteur mini. 944, répartir sur 5 rangées mini.

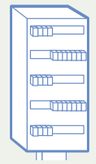
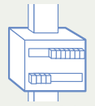
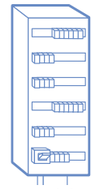
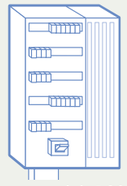
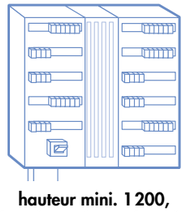
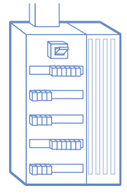
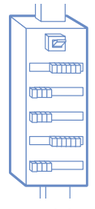
(1) Hauteur de la boîte d'encastrement.

La puissance installée désigne la valeur du courant de réglage de l'appareil de tête. En cas d'arrivées multiples, il faut considérer la somme des courants des appareils pouvant fonctionner simultanément.

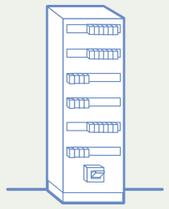
Des solutions en coffrets XL 135
Dimensions et nombre de rangées minimum à utiliser

Puissance installée	Entrée / sortie basses	Entrée / sortie hautes	Entrée / sortie hautes et basses
63/80 A	 hauteur mini. 600, répartir sur 2 rangées mini.	 hauteur mini. 450, répartir sur 2 rangées mini.	 hauteur mini. 450, répartir sur 2 rangées mini.
100 A	 hauteur mini. 900, répartir sur 3 rangées mini.	 hauteur mini. 600, répartir sur 3 rangées mini.	 hauteur mini. 450, répartir sur 2 rangées mini.
125 A	 hauteur mini. 1050, répartir sur 4 rangées mini.	 hauteur mini. 750, répartir sur 3 rangées mini.	 hauteur mini. 600, répartir sur 3 rangées mini.
160 A	 hauteur mini. 1200, répartir sur 5 rangées mini.	 hauteur mini. 900, répartir sur 3 rangées mini.	 hauteur mini. 750, répartir sur 3 rangées mini.

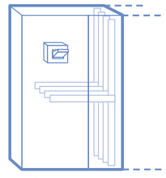
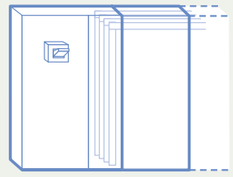
Des solutions en coffrets XL 195
Dimensions et nombre de rangées minimum à utiliser

Puissance installée	Entrée / sortie basses	Entrée / sortie hautes	Entrée / sortie hautes et basses
125 A	 hauteur mini. 900, répartir sur 3 rangées mini.	 hauteur mini. 600, répartir sur 3 rangées mini.	 hauteur mini. 450, répartir sur 2 rangées mini.
160 A	 hauteur mini. 1050, répartir sur 4 rangées mini.	 hauteur mini. 750, répartir sur 3 rangées mini.	 hauteur mini. 600, répartir sur 3 rangées mini.
250 A	 hauteur mini. 1200, répartir sur 4 rangées mini.	 hauteur mini. 1200, répartir sur 4 rangées mini.	 hauteur mini. 900, répartir sur 3 rangées mini.
400 A	 hauteur mini. 1200, répartir sur 6 rangées mini.	 hauteur mini. 1200, répartir sur 4 rangées mini.	 hauteur mini. 1050, répartir sur 4 rangées mini.

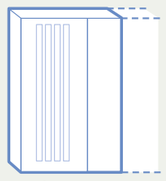
L'utilisation d'une gaine permet d'optimiser le volume utile au refroidissement de l'armoire, tout en facilitant l'installation.

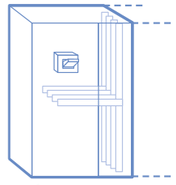
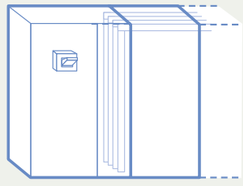
Des solutions en armoires XL 195 Dimensions et nombre de rangées minimum à utiliser		
Puissance installée	**Entrée / sortie basses**	**Entrée / sortie hautes**
250 A	 hauteur mini. 1900, répartir sur 4 rangées mini.	 hauteur mini. 1600, répartir sur 7 rangées mini.
400 A	 hauteur mini. 1600, largeur mini. 1350, répartir sur 7 rangées mini.	 hauteur mini. 1900, largeur mini. 800, répartir sur 4 rangées mini.
630 A	 hauteur mini. 1900, largeur mini. 1350, répartir sur 9 rangées mini.	 hauteur mini. 1600, largeur mini. 1350, répartir sur 8 rangées mini.

L'utilisation d'une gaine permet d'optimiser le volume utile au refroidissement de l'armoire, tout en facilitant l'installation.

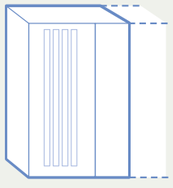
Des solutions en armoires XL/XL-A 400 avec appareil de tête DPX	
Puissance installée	**Dimensions minimum recommandées**
jusqu'à 630 A	 XL largeur 700 XL-A largeur 700
de 630 à 800 A	 XL largeur 900 XL-A largeur 1000
jusqu'à 1250 A	 XL largeur 900 + 700 XL-A largeur 1000 + 700

Avec châssis colonne XL-Part

jusqu'à 800 A	 XL largeur 900 XL-A largeur 1000

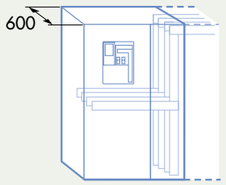
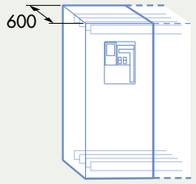
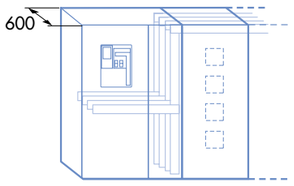
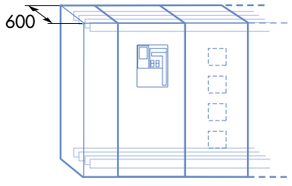
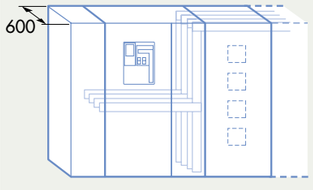
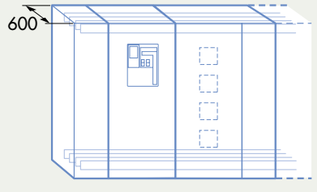
Des solutions en armoires XL/XL-A 600 avec appareil de tête DPX	
Puissance installée	**Dimensions minimum recommandées**
jusqu'à 800 A	 XL largeur 700 XL-A largeur 700
de 800 à 1250 A	 XL largeur 900 XL-A largeur 1000
jusqu'à 1600 A	 XL largeur 900 + 700 XL-A largeur 1000 + 700

Avec châssis colonne XL-Part

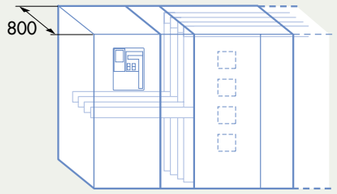
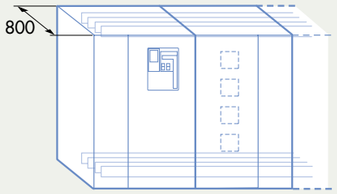
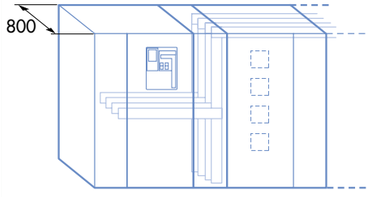
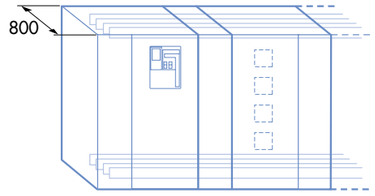
jusqu'à 1600 A	 XL largeur 900 XL-A largeur 1000

En permettant une densité d'appareils plus élevée les dispositifs de distribution XL-Part permettent à même puissance de réduire l'encombrement de l'enveloppe.

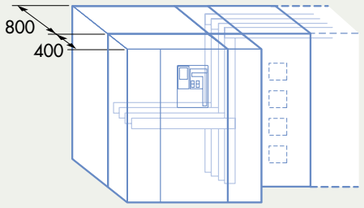
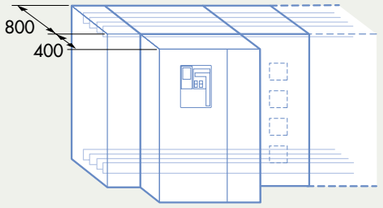
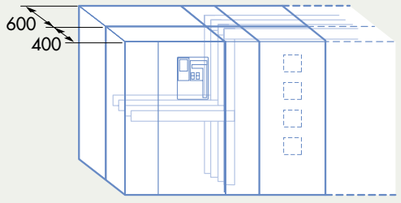
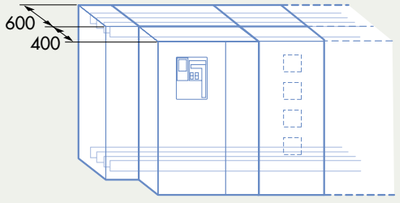
Des solutions en armoires XL/XL-A 600 avec appareil de tête DMX version fixe

Puissance installée	Dimensions minimum recommandées
jusqu'à 1000 A	 XL largeur 900 XL-A largeur 1000  XL largeur 700 XL-A largeur 700
jusqu'à 1600 A	 XL largeur 900 + 700 XL-A largeur 1000 + 700  XL largeur 300 + 700 + 700 XL-A largeur 400 + 700 + 700
jusqu'à 2 000 A	 XL largeur 300 + 900 + 700 XL-A largeur 400 + 1000 + 700  XL largeur 300 + 700 + 900 XL-A largeur 400 + 700 + 1000

Des solutions en armoires XL-A 800 avec appareil de tête DMX version fixe ou débrochable

Puissance installée	Dimensions minimum recommandées
jusqu'à 2500 A	 XL-A largeur 700 + 400 + 1000  XL-A largeur 1000 + 1000
jusqu'à 3200 A	 XL-A largeur 1000 + 400 + 1000  XL-A largeur 1000 + 400 + 1000

Des solutions en armoires XL-A assemblées en profondeur avec appareil de tête DMX version fixe ou débrochable

Puissance installée	Dimensions minimum recommandées
jusqu'à 4000 A	 Avant : XL-A 400 largeur 1000 + 400 Arrière : XL-A 800 largeur 1000 + 400 + 700  Avant : XL-A 400 largeur 1000 Arrière : XL-A 800 largeur 400 + 1000 + 700  Avant : XL-A 400 largeur 1000 + 400 + 700 Arrière : XL-A 600 largeur 1000 + 400 + 700  Avant : XL-A 400 largeur 1000 + 700 Arrière : XL-A 600 largeur 400 + 1000 + 700

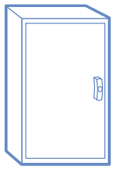
Quelques règles de base pour le choix des enveloppes pour les DMX

• L'intensité (puissance installée) doit prendre en compte la somme des courants des appareils fonctionnant simultanément dans une même armoire. Par exemple, une alimentation double 2 x 2000 A doit amener un dimensionnement pour 4000 A. En revanche une alimentation de remplacement de 2000 A ne fonctionnant pas en même temps que l'alimentation principale de 2000 A ne requière qu'un dimensionnement pour 2000 A.
En règle générale on disposera un appareil DMX par armoire et par source en fonctionnement. En inversion de sources on pourra disposer deux appareils dans une même armoire.

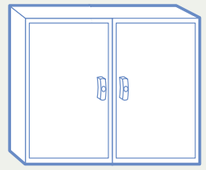
• L'adjonction d'une gaine à câbles ou l'installation dans une armoire de largeur 1000 mm favorise le refroidissement des appareils.

• Les appareils de type DMX-L 2500/4000 et DMX 4000 avec mécanisme d'interverrrouillage (platines réf. 097 22/23) nécessitent impérativement une extension à droite (gaine ou autre armoire).

Des solutions en coffrets XL-A 250 Dimensions minimum recommandées

Puissance installée	Largeur 600
jusqu'à 100 A	 hauteur 400
jusqu'à 125 A	 hauteur 600
jusqu'à 160 A	 hauteur 800
jusqu'à 250 A	 hauteur 1000
jusqu'à 315 A	 hauteur 1400

Des solutions en coffrets XL-A 250 Dimensions minimum recommandées

Puissance installée	Largeur 1200
jusqu'à 400 A	 hauteur 1000

2 CALCUL DE LA PUISSANCE DISSIPABLE PAR LES ENVELOPPES EN FONCTION DES ÉCHAUFFEMENTS ADMIS

Les tableaux des pages précédentes permettent de faire une vérification rapide et généralement suffisante du choix de l'enveloppe par rapport à la puissance installée (intensité de tête) sans nécessiter de calculs complexes. Il est néanmoins possible d'effectuer une détermination précise de la puissance dissipable selon la méthode ci-après.
La puissance de dissipation naturelle P (en W) d'une enveloppe se définit par la formule suivante :

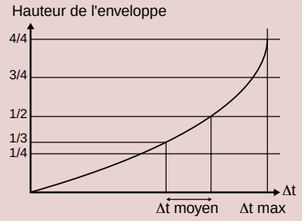
$$P = \Delta t_{moy} \times K \times S_e$$

Δt_{moy} : échauffement moyen de l'air dans l'armoire (en °C)
K : coefficient de transmission thermique à travers les parois (en W/°C m²)
S_e : surface de dissipation équivalente (en m²)

1 Notion d'échauffement moyen (Δt_{MOY})

La source de chaleur que constituent les appareils et équipements dans une enveloppe engendre une élévation de température non homogène de l'air intérieur. L'échauffement moyen est considéré comme la moyenne arithmétique des différents échauffements relevés aux différentes hauteurs à l'intérieur de l'enveloppe. L'expérience montre que cette valeur se situe toujours entre le tiers et la moitié de la hauteur de l'enveloppe.

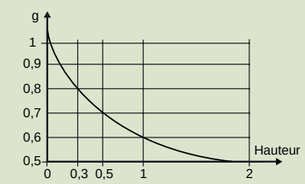
Courbe de gradient thermique



Si l'échauffement moyen sert au calcul de la puissance dissipable la connaissance de l'échauffement maxi en haut de l'enveloppe est importante pour l'implantation du matériel.
La relation entre l'échauffement maxi de l'air (sommet de l'enveloppe) et l'échauffement moyen est régit par le coefficient de gradient thermique g :

$$\Delta t_{moy} = g \times \Delta t_{max}$$

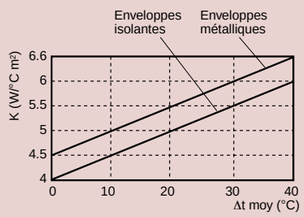
La température se répartit en strates isothermes dont le gradient thermique $\frac{1}{g}$ croît avec la hauteur de l'enveloppe.



2 Coefficient de transmission du flux thermique à travers les parois (K en W/°C m²)

Ce coefficient caractérise les échanges à travers une paroi de référence horizontale. Il intègre les composantes convection et rayonnement (sensiblement égales dans ce domaine de température) et la part conduction. Cette dernière est faible, quelques %, pour les parois minces dites "isothermes" des enveloppes électriques d'où des capacités de dissipation très proches entre enveloppes métalliques et enveloppes isolantes.

Valeurs du coefficient de transmission global K en fonction de l'échauffement moyen



3 Surface de dissipation équivalente (S_E)

Chaque surface d'échange (face extérieure) est affectée d'un coefficient dépendant de sa position relative dans l'espace (verticale ou horizontale) et de son contact avec les murs ou le sol (isolée : en contact / libre : sans contact).
La surface équivalente est déterminée par la somme des différentes surfaces.
Surface de dissipation équivalente :
$S_e = S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 + S10$.

Coefficients à appliquer aux surfaces réelles pour le calcul de la surface de dissipation équivalente Se

Surface	Coffrets XL	Armoires XL	Armoires XL-A
S1 : Surface horizontale supérieure libre	1	1	1
S2 : Surface horizontale supérieure isolée	0,7	0,7	0,5
S3 : Surface verticale arrière libre	0,7	0,9	0,8
S4 : Surface verticale arrière isolée	0,35	0,4	0,3
S5 : Surface latérale libre	0,7	0,9	0,8
S6 : Surface latérale isolée	0,35	0,4	0,3
S7 : Surface inférieure horizontale libre	0,2	0,6	0,6
S8 : Surface inférieure horizontale isolée	0,1	0,3	0,2
S9 : Surface avant avec plastrons	0,8	0,9	0,8
S10 : Surface avant avec plastrons et porte	0,6	0,6	0,6

4 Coefficients de correction à appliquer pour certaines configurations

• Installation de coffrets avec goulotte(s) de câblage
La puissance dissipable P (W) déterminée est augmentée par le coefficient multiplicateur M.

Coefficients de correction pour installation avec goulottes de câblage

Goulotte(s) sur le dessus du coffret

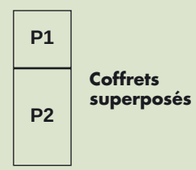
	Nombre	1	2	3
Hauteur	Largeur	M	M	M
50/65	160	1.4	1.6	1.8
65	250	1.5	1.7	-

Goulotte(s) sur le dessus et le dessous du coffret

	Nombre	1	2
Hauteur	Largeur	M	M
50/65	160	2	2.2
65	250	2.4	2.4

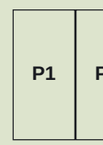
• Installation avec association de deux coffrets
La puissance dissipable par les deux coffrets est égale à la somme des puissances de chacun des coffrets affectés d'un coefficient réducteur lié à la paroi commune.

Coefficients de correction pour association de deux coffrets



Coffrets superposés

$P = P1 + 0.8 \times P2$



Coffrets juxtaposés

$P = 0.9 \times (P1 + P2)$

Les conditions thermiques de fonctionnement

La température ambiante du lieu ou du local, mais aussi et surtout celle du microenvironnement constitué par les enveloppes déterminent les conditions de fonctionnement des appareils. Celles-ci influent directement sur la fiabilité, la durabilité et la sécurité des installations.

1 CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT STANDARD

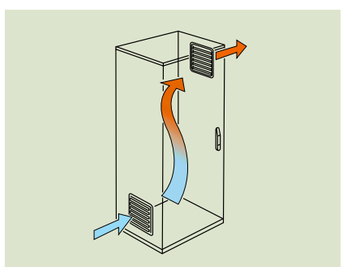
Les dimensions minimales des enveloppes recommandées dans le chapitre précédent s'appliquent pour des situations habituelles d'installation, à savoir : température ambiante n'excédant pas 25 °C et charge réelle de l'ordre de 80 % de l'intensité nominale de l'appareil de tête.
Dans ces conditions, la température moyenne de l'air à l'intérieur des enveloppes peut atteindre 50 °C.
On suppose que les différents circuits d'utilisation ne sont pas chargés au maximum de leur intensité (notion de facteur d'utilisation) ou qu'ils ne sont pas tous en fonctionnement en même temps (notion de facteur de simultanéité).
La norme EN 60439 définit des règles conventionnelles d'essai (voir page 496) qui intégre ces deux notions sous la forme d'un facteur unique dénomné "facteur de diversité" ou encore "de foisonnement".

L'évolution de ces conditions standard peut être due à deux facteurs :
- une température ambiante d'utilisation élevée (> 25 °C)
- un facteur de charge des appareils important (> 80 %).

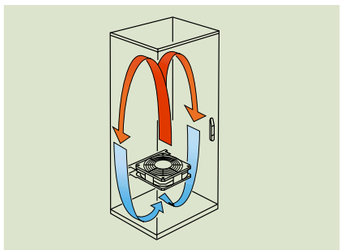
Des précautions simples doivent alors être prises pour éviter les risques de dysfonctionnement (échauffement des appareils, disjonctions, vieillissement prématuré).

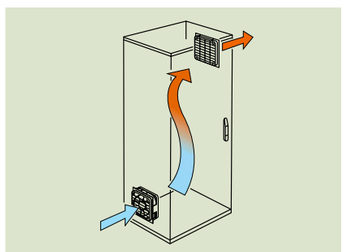
2 SOLUTIONS EN CAS DE TEMPÉRATURE AMBIANTE ÉLEVÉE

- Augmenter la taille de l'enveloppe pour favoriser la dissipation (une installation dans un lieu exigu, sous plafond, dans un angle fermé, peut être source d'élévation locale de la température ambiante).
- Mettre en place des ouïes d'aération hautes et basses pour favoriser un renouvellement d'air par tirage naturel.
- Homogénéiser la température à l'intérieur de l'enveloppe et éviter les points chauds par un brassage interne permanent.

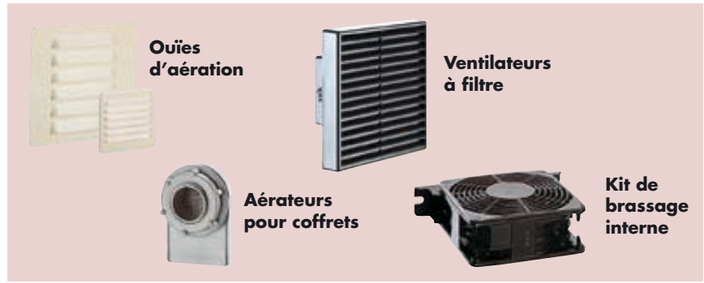


- Le recours à des ventilateurs peut s'avérer nécessaire dans les conditions les plus sévères.





+ De nombreux produits, chauffages, ventilateurs, échangeurs, climatiseurs, sont proposés au catalogue Legrand pour répondre à tous les cas d'installation :
- température froide à très chaude
- ambiance propre ou polluée.
Il existe une solution de gestion thermique Legrand.



3 SOLUTIONS EN CAS DE FACTEUR DE CHARGE ÉLEVÉ

1 Appareils de puissance DPX (appareils de tête et départs directs)

Les appareils de protection, et en particulier les disjoncteurs, protègent en outre des conséquences thermiques d'une élévation du courant absorbé. Ces appareils sont donc eux-mêmes sensibles à la valeur du courant et à la température ambiante dans laquelle ils fonctionnent. La norme stipule que les conditions de fonctionnement nominales doivent être assurées à 40 °C. C'est le cas des appareils à déclencheur magnétothermique. Les déclencheurs électroniques sont généralement moins sensibles. Lorsque la température ambiante dans l'enveloppe dépasse cette valeur, il en résulte donc une nécessaire diminution du courant admissible. Deux approches sont alors possibles :
- soit l'application "forfaitaire" d'un coefficient réducteur du courant en fonction de la température ambiante à l'extérieur de l'enveloppe
- soit la consultation précise des caractéristiques des appareils et des tableaux dits "de déclassement" qui donnent le courant admissible en fonction de la configuration (débrochable, différentiel) et de la température réelle de fonctionnement dans l'enveloppe.

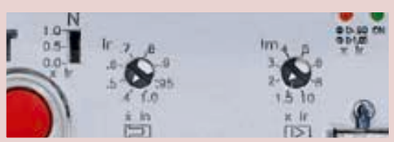
Dans les deux cas, la valeur réduite du courant peut être exprimée par sa valeur réelle (en A) ou par un pourcentage (x %) ou mieux encore par le rapport de ce courant réel d'emploi sur le courant nominal : Ir/In.

Facteur de correction du courant d'emploi en fonction de la température ambiante pour les configurations recommandées

L'application d'un facteur de correction "forfaitaire" permet une bonne approximation lorsque les valeurs réelles des températures et de répartition dans l'enveloppe ne sont pas connues.

Température ambiante (°C)	10	20	25	30	35	40	45	50
Facteur de correction	1,1	1	0,95	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5

Dans tous les cas, régler l'appareil en fonction du courant réel d'emploi : rapport Ir/In (valeurs suivant les déclencheurs : 0,4 - 0,5 - 0,6 - 0,64 - 0,7 - 0,8 - 0,9 - 0,95 - 1).



Courants d'emploi des DPX suivant réglage thermique (Ir) en fonction de la température dans l'enveloppe

Disjoncteur magnéto-thermique	Intensité nominale	40 °C		50 °C		60 °C		70 °C	
		I_r min.	I_r max.	I_r min.	I_r max.	I_r min.	I_r max.	I_r min.	I_r max.
DPX 125	25 A	17	25	16	24	16	23	15	22
	40 A	28	40	27	38	26	37	25	36
	63 A	44	63	42	60	40	58	38	55
	100 A	70	100	67	96	64	92	61	88
	125 A	87	125	84	120	80	115	76	110
DPX 160	25 A	16	25	14	23	13	20	12	18
	40 A	25	40	23	36	20	32	18	28
	63 A	40	63	36	57	32	50	28	43
	100 A	63	100	58	91	52	82	48	73
	160 A	100	160	93	145	83	130	73	115
DPX 250 ER	100 A	64	100	58	91	52	82	47	73
	160 A	102	160	93	145	83	130	74	115
	250 A	160	250	147	230	134	210	122	190
DPX 250	100 A	63	100	58	91	52	82	48	73
	160 A	100	160	93	145	83	130	73	115
	250 A	160	250	147	230	130	210	115	190
DPX 630	400 A	160	400	160	400	150	380		
	500 A	400	500	380	480	360	450	340	420
	630 A	250	630	240	599	227	567		
DPX 1600	800 A	630	800	600	760	570	720	540	680
	1000 A	800	1000	760	950	720	900	680	850
	1250 A	1000	1250	950	1190	900	1125	850	1080

Disjoncteur électronique	Intensité nominale	40°	50°	60°
DPX 250	250 A	250	250	238
DPX 630	400 A	400	400	380
	630 A	630	600	567
DPX 1600	800 A	800	760	760
	1250 A	1250	1188	1125
	1600 A	1600	1520	1440

La valeur mini du courant d'emploi correspond au réglage mini du déclencheur Ir/In (0,7 pour DPX 125 - 0,64 pour DPX 160 - 0,8 pour DPX 400 - 0,4 pour DPX 630 - 0,4 pour DPX 1600).
Versions extractibles et débrochables : appliquer un coefficient réducteur de 0,85 à la valeur maxi trouvée du courant d'emploi.
Version avec bloc différentiel : appliquer un coefficient réducteur de 0,9 à la valeur maxi trouvée au courant d'emploi.
Appliquer un coefficient de 0,7 en cas de simultanéité des deux versions.

2 Appareils modulaires DX (circuits terminaux)

En règle générale, il n'est pas nécessaire d'appliquer de coefficient réducteur aux appareils modulaires divisionnaires dans la mesure où ceux-ci sont rarement utilisés sous leur courant maximal. Le rapport du courant d'emploi au courant nominal varie de 0,5 à 0,9 en fonction du coefficient de diversité.

Lorsqu'un appareil DX est utilisé à pleine charge et/ou dans une ambiance interne d'enveloppe élevée (appareil de tête de tableau ou de rangée), ménager un espace de ventilation autour de cet appareil en laissant par exemple un espace modulaire vide ou en interposant un module passe-fil réf. 044 40 (0,5 module) ou réf. 044 41 (1 module).

Courant d'emploi (A) en fonction de la température dans l'enveloppe pour les disjoncteurs DX, DX-h courbes B et C et DX-D courbe D

In (A)	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
1	1,1	1,07	1,03	1	0,97	0,93	0,90
2	2,2	2,1	2,06	2	1,94	1,86	1,80
3	3,3	3,2	3,1	3	2,9	2,8	2,6
6	6,6	6,4	6,18	6	6,8	5,5	5,4
10	11	10,7	10,3	10	9,7	9,3	9
16	18	17,3	16,6	16	15,4	14,7	14,1
20	22,4	21,6	20,8	20	19,2	18,4	17,6
25	28,3	27,2	26	25	24	22,7	21,7
32	36,2	34,9	33,3	32	30,7	29,1	27,8
40	46	44	42	40	38	36	34
50	57,5	55	52,5	50	47,5	45	42,5
63	73,1	69,9	66,1	63	59,8	56,1	52,9
80	96	89	86,4	80	73,6	67,2	60,8
100	119	114	108	100	92	84	76
125	148	142	135	125	115	105	95

Les disjoncteurs DNX et DX ph+N peuvent être employés sous leur courant nominal jusqu'à 60 °C.

Les règles de correction du courant maximal réel d'emploi des appareils sont données uniquement sous l'aspect des conditions thermiques de fonctionnement. D'autres facteurs de correction (liés au rendement, au cos φ, au courant d'appel) peuvent être nécessaires pour certains récepteurs (lampes à décharge, moteurs...).

4 DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DISSIPÉE PAR LES APPAREILS ET LE CÂBLAGE INSTALLÉS DANS LES ENVELOPPES

De même que pour la puissance dissipable, il est possible d'effectuer une approche plus précise de la puissance réelle dissipée selon la méthode proposée ci-après.
La puissance effectivement dissipée (en W) peut être définie par la formule suivante :

$$P = (P_A + P_C) \times U \times M \times S \times C \times E$$

1 Total des puissances dissipées par chacun des appareils sous son courant nominal (P_A)

On pourra se reporter aux tableaux et aux documents des constructeurs des appareils donnant les valeurs types à prendre en compte.
N.B : Dans les enveloppes de distribution la puissance générée est surtout liée aux disjoncteurs souvent nombreux et au câblage, surtout s'il est de forte section.
Dans les armoires de commande et d'automatismes les éléments qui génèrent le plus de chaleur sont les variateurs de vitesse, les alimentations et les contacteurs. La puissance dissipée par le câblage est généralement faible.

2 Puissance dissipée par le câblage (P_C)

• Conducteurs et câbles
La détermination peut être effectuée en utilisant la norme CEI 60890 (Amend. 1 : 1995) ou plus simplement en considérant l'intensité nominale parcourant chaque conducteur, sa longueur et sa section, et en appliquant pour chacun d'eux la formule :

$$P = RI^2_{moy}$$

Résistance typique en fonction des sections de conducteurs

Ames cuivre souples classe 5

S (mm²)	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35
RΩ/km	36,1	24	18	12,3	7,4	4,58	3,05	1,77	1,12	0,72	0,51

Ames cuivre rigides câblées classe 2

S (mm²)	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
RΩ/km	0,36	0,25	0,18	0,14	0,11	0,09	0,07	0,055	0,043	0,033	0,026

Ames aluminium rigides câblées classe 2

S (mm²)	35	50	70	95	120	150	185	240	300	400	500	630
RΩ/km	0,8	0,59	0,44	0,3	0,23	0,19	0,15	0,115	0,092	0,072	0,056	0,043

NB : Dans un but de simplification, les valeurs de résistance linéique des conducteurs ont été volontairement réduites aux types de conducteurs les plus couramment utilisés. La valeur de résistance a été considérée pour une température de l'âme de 40 °C. De légères variantes sur le type de conducteur ou sur la température sont d'influence admissible dans le calcul de puissance. C'est en effet le facteur intensité qui est prédominant mais c'est aussi le plus délicat à connaître avec précision.
On se reportera aux tableaux donnant la puissance dissipée des différents conducteurs sous leur courant d'emploi nominal.

3 Facteur d'utilisation (U)

Rapport de la puissance consommée réelle sur la puissance nominale en tête d'installation.
Prendre une valeur de 0,8 (ce qui correspond à 0,9 In) pour les tableaux d'intensité de tête ≤ 400 A et 0,65 (ce qui correspond à 0,8 In) pour les tableaux d'intensité supérieure. Ces coefficients sont appliqués sur des valeurs de puissance.

4 Facteur de marche (M)

Rapport entre le temps de fonctionnement de l'équipement et le temps d'arrêt. Il varie de 0,3 à 1 dans l'industrie.
Prendre 1 si le temps de marche est supérieur à 30 mn et pour toutes les applications de distribution (chauffage et éclairage).

5 Facteur de simultanéité (S)

Rapport de la charge des circuits de départ (divisionnaires), en fonctionnement simultané, sur la charge maximale de la totalité des circuits de départ.
Il désigne ce qui est communément nommé "foisonnement".
Prendre :
S = 1 pour 1 circuit (soit 100 % en intensité)
S = 0,8 pour 2 à 3 circuits (soit 90 % en intensité)
S = 0,7 pour 4 à 5 circuits (soit 83 % en intensité)
S = 0,55 pour 6 à 9 circuits (soit 75 % en intensité)
S = 0,4 pour 10 circuits et plus (soit 63 % en intensité).
Ce coefficient prend en compte d'une part le nombre de circuits en fonctionnement et d'autre part leur charge réelle. Il est à déterminer et à moduler si nécessaire pour chaque groupe principal de circuits (groupe des circuits lumière, groupe des circuits prises, départs moteurs, climatisation…).
NB : Ce facteur de simultanéité ne doit pas être confondu avec le facteur assigné de diversité défini par la norme EN 60439-1 qui est relatif au rapport de la somme des intensités réelles des circuits principaux rapportée à l'intensité maximale théorique. Il est défini pour la réalisation des essais et s'applique sur les valeurs de courant.

6 Facteur de commutation (C)

Coefficient prenant en compte le nombre de cycles ou de commutations (courants d'appel - automatismes rapides).
Prendre :
C = 1,2 en cas de cycles rapides
C = 1 dans les autres cas (distribution).

7 Facteur d'extension prévisionnel (E)

A considérer selon les cas. Une valeur de 1,2 peut être prise en l'absence de précisions.

Valeurs limites d'échauffement (extrait tableau 3 EN 60439-1)

Parties de l'ensemble	Echauffement (K ou °C) admissibles
Constituants, appareils, s/ensembles, alimentations…	Conformes à leurs prescriptions propres (normes produits) en tenant compte de la température ambiante dans l'ensemble (1)
Bornes pour conducteurs extérieurs	70 (2)
Jeux de barres, contacts sur jeux de barres, répartition	Suivant matériaux en contact ou à proximité (les courants nominaux des jeux de barres Legrand sont donnés pour les différents cas d'utilisation (3)
Organes de commande	En métal : 15 (4) En matériau isolant : 25
Enveloppes et panneaux extérieurs accessibles	En métal : 30 (4) En matériau isolant : 40

(1) En règle générale, une température maximale de 40 °C est souhaitable. Soit un échauffement moyen de 25 à 30 °C à considérer pour la détermination de la puissance dissipable. Au-delà, il peut être nécessaire de déclasser les intensités admises par les appareils, de refroidir l'ensemble avec un système adapté ou plus facilement de choisir une enveloppe plus grande.
(2) Les bornes de raccordement et blocs de jonction Legrand ont un échauffement qui n'excède pas 65 °C.
(3) Les courants des systèmes de jeux de barres et de répartition Legrand sont donnés pour un échauffement maximal de 65 °C.
(4) Ces valeurs peuvent être augmentées (+ 10 °C) si les parties ne sont pas touchées fréquemment en service normal.

L'échauffement désigne l'élévation de température au delà de l'ambiance. La température limite est donc égale à la somme des valeurs ambiante plus échauffement.

Puissances dissipées par les conducteurs sous leurs courants d'emploi habituels

Conducteurs cuivre

S (mm²)	0,5	0,75	1	1,5	2,5	2,5	4	6	10	16	25	25
I (A)	2	4	6	10	16	20	25	32	40	63	80	100
P (W/m)	0,15	0,4	0,6	1,2	1,9	3	2,9	3,1	2,8	4,4	4,6	7,2

S (mm²)	35	35	50	70	95	95	120	150	185	240	2x185	2x240
I (A)	100	125	125	160	160	200	250	250	315	400	630	800
P (W/m)	5,1	8	5,6	6,4	4,6	7,2	8,7	6,9	8,9	11,2	17,8	22,4

Conducteurs aluminium

S (mm²)	35	35	50	70	70	95	120	150	185	240	240	300
I (A)	63	80	80	100	125	160	160	200	250	250	315	400
P (W/m)	3,2	5,1	3,6	5,9	6,8	7,7	5,9	7,6	9,3	7,2	11,4	14,7

Pour le calcul des lignes ou câbles monophasés, on multipliera la valeur de puissance par 2, pour les lignes triphasées par 3.

Jeux de barres et de liaisons

Référence	373 88	373 89	374 33	374 34	374 38	374 18	374 19	374 40	374 41
Dimension	12 x 2	12 x 4	15 x 4	18 x 4	25 x 4	25 x 5	32 x 5	50 x 5	63 x 5
I (IP > 30)	80	125	160	200	250	270	400	600	700
P (W/m)	8,1	7,4	9,6	12,5	14,4	13,1	22,8	33	35,7
I (IP ≤ 30)	110	185	205	245	280	330	450	700	800
P (W/m)	11,3	12,8	15,8	18,8	17,7	19,6	28,9	45	46,7

Référence	374 59	374 43	374 46	374 40	374 41	374 59	374 43	374 46
Dimension	75 x 5	80 x 5	100 x 5	2x50x5	2x63x5	2x75x5	2x80x5	2x100x5
I (IP > 30)	850	900	1050	1000	1150	1300	1450	1600
P (W/m)	45,3	47	53,5	47,4	50,6	57,7	65,7	66,3
I (IP ≤ 30)	950	1000	1200	1150	1350	1500	1650	1900
P (W/m)	54,8	59	70	62,7	69,8	74,4	85	93,4

Barres souples

Référence	374 10	374 16	374 11	374 17	374 12	374 44	374 57	374 58
Dimension	13 x 3	20 x 4	24 x 4	24 x 5	32 x 5	40 x 5	50 x 5	50 x 10
Ithe (IP > 30)	160	250	250	320	400	500	630	800
P (W/m)	14,4	14,2	14,2	18,4	23	28,5	36,8	40,2
Ie (IP ≤ 30)	200	350	400	470	630	700	850	1200
P (W/m)	22,5	35	36	40	43	56	67	77

Définitions des courants selon la norme EN 60947-1 rapportées aux conditions habituelles d'utilisation pour des échauffements des barres ne dépassant pas 65 °C
Ie : courant assigné d'emploi à considérer dans des armoires à ventilation naturelle ou des tableaux ouverts d'indice de protection IP ≤ 30 (armoires XL 400/600).
Ithe : courant thermique conventionnel sous enveloppe correspondant aux conditions d'installation les plus défavorables. L'enveloppe ne permet pas un renouvellement naturel de l'air.
L'indice de protection IP est supérieur à 30 (coffrets XL 100, XL 135, XL 195 - armoires XL-A 400/600).
Les puissances en W/m sont données pour un pôle. Elles sont à multiplier par 3 en triphasé.

A titre indicatif, il est possible pour les jeux de barres triphasés, d'appliquer la formule empirique suivante :
Puissance dissipée = 0,15 W/A pour une longueur de 1 m.

5 CONDITIONS DE DÉTERMINATION DES CONFIGURATIONS HABITUELLES ET REPRÉSENTATIVES (ENSEMBLES DE SÉRIE DANS LE CADRE DE LA NORME EN 60439-1)

1 Appareillage et mode de distribution

Les circuits d'arrivée en énergie sont généralement constitués par une seule ligne d'alimentation correspondant au disjoncteur de tête (unité d'arrivée au sens de la norme EN 60439-1).
Les circuits de départs sont constitués à la fois de circuits triphasés (3 ou 4 pôles), dits de départs directs, et de départs monophasés (ph + N), eux-mêmes répartis et équilibrés à partir de dispositifs de protection triphasés.
Cette dernière solution, qui multiplie le nombre de circuits, donc de disjoncteurs de protection 2 pôles, est la plus pénalisante sur le plan thermique (schéma 1).

2 Part relative des départs directs et des circuits terminaux

Dans la majorité des installations, le nombre de départs directs augmente avec l'intensité de tête de l'ensemble.
Dans ces conditions, ces départs (de quelques dizaines à plusieurs centaines d'ampères) vont alimenter des sous-ensembles de distribution (tableaux divisionnaires…) ou des équipements spécifiques gros consommateurs (fours, climatisation, machines…).

Conditions retenues pour les essais de type

- **Les ensembles jusqu'à 160 A sont uniquement équipés de circuits terminaux monophasés, condition la plus défavorable.**
- **Les ensembles jusqu'à 250 A sont équipés de départs directs et terminaux à parts égales.**
- **Les ensembles jusqu'à 630 A sont équipés à 70 % de départs directs.**
- **Au-delà de cette intensité, on ne considère que les départs directs : les départs des circuits terminaux se trouvent dans des enveloppes situées en aval.**

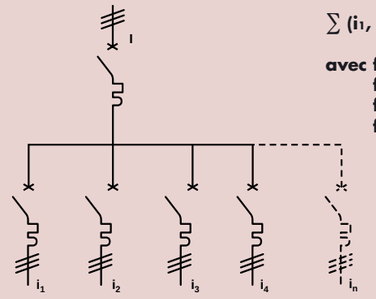
3 Le facteur de diversité

La norme EN 60439-1, §4 définit le facteur de diversité comme le rapport entre la somme maximale des courants présumés dans tous les circuits principaux et la somme de tous les courants assignés de ces circuits (schéma 2).
La norme EN 60439-3, qui s'applique plus particulièrement aux tableaux de répartition d'intensité d'alimentation inférieure ou égale à 250 A, précise que le nombre de circuits principaux est le nombre de circuits de départs raccordés à chaque phase d'alimentation (schéma 3).

- Conformément au schéma 1, page précédente, représentatif des configurations types, le 1er niveau de répartition a été effectué en utilisant le facteur de diversité défini selon la norme EN 60439-1, tout en alimentant les circuits de tête de rangée sous leur intensité assignée.
- Le 2e niveau de répartition (départs monophasés à partir de la tête de rangée triphasée) a été effectué en utilisant le facteur de diversité de la norme EN 60439-3.

Une sécurité garantie par des conditions d'essais maximales, prenant en compte le coefficient de diversité, la température ambiante et le coefficient de charge.

Schéma 2 : facteur de diversité selon EN 60439-1



$\sum (i_1, i_2, i_3, i_4, \ldots i_n) \times f = I$

avec f = 0,9 pour n = 2 et 3 circuits
f = 0,8 pour n = 4 et 5 circuits
f = 0,7 pour n = 6 à 9 circuits
f = 0,6 pour n = 10 circuits et plus

n = nombre de circuits par phase

Schéma 1 : niveaux de répartition dans un même ensemble

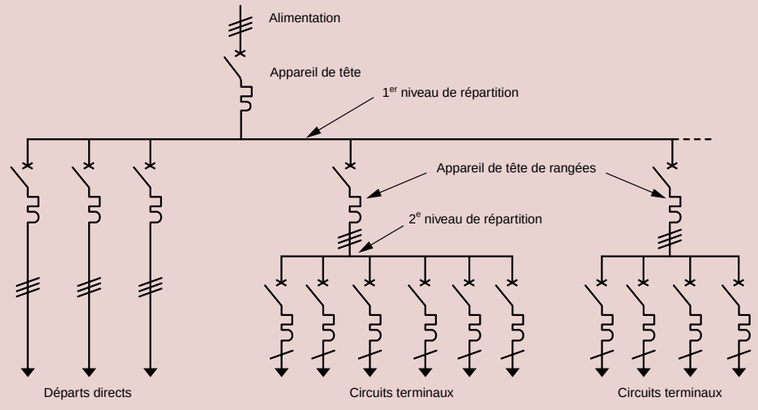
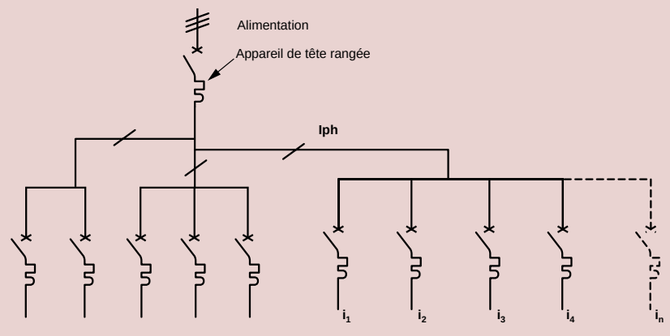


Schéma 3 : facteur de diversité selon EN 60439-3 (tableau ≤ 250 A)



$\sum (i_1, i_2, i_3, i_4, \ldots i_n) \times f = Iph$

avec f = 0,8 pour n = 2 et 3 circuits
f = 0,7 pour n = 4 et 5 circuits
f = 0,6 pour n = 6 à 9 circuits
f = 0,5 pour n = 10 circuits et plus

n = nombre de circuits par phase

III

LA RÉALISATION

- III.A – LA MISE EN ŒUVRE DES ENVELOPPES 500
  - III.A.1 – Les coffrets XL 100 502
  - III.A.2 – Les coffrets XL 135 504
  - III.A.3 – Les coffrets et armoires XL 195 508
  - III.A.4 – Les armoires XL 400-600 514
  - III.A.5 – Les armoires XL-A 400-600-800 522
  - III.A.6 – Les coffrets XL-A 250 528
  - III.A.7 – Les perçages et découpes pour commandes et signalisation 538
- III.B – LE MONTAGE DES JEUX DE BARRES 548
  - III.B.1 – Les jeux de barres jusqu'à 1600 A 550
  - III.B.2 – Les jeux de barres jusqu'à 4000 A 560
  - III.B.3 – Le travail et le raccordement des barres 566
  - III.B.4 – Les accessoires complémentaires 570
- III.C – L'INSTALLATION DES APPAREILS 572
  - III.C.1 – La mise en œuvre des dispositifs de fixation 574
  - III.C.2 – Le montage des appareils 588
- III.D – LE MONTAGE DES DISPOSITIFS XL-PART 596
  - III.D.1 – Le châssis colonne XL-Part 1600 598
  - III.D.2 – Le répartiteur de rangée XL-Part 400 608
- III.E – LE CÂBLAGE ET LE RACCORDEMENT 614
  - III.E.1 – Les conducteurs 616
  - III.E.2 – Les précautions de câblage 628
  - III.E.3 – L'alimentation des appareils 638
  - III.E.4 – Les ensembles de classe I et de classe II 644
  - III.E.5 – La connexion des conducteurs 652
  - III.E.6 – Les solutions de raccordement 662
- III.F – LA MANUTENTION ET L'INSTALLATION SUR SITE 672
  - III.F.1 - La manutention et l'installation sur site 674
- III.G – LA CERTIFICATION DES ENSEMBLES 684
  - III.G.1 – Le contexte normatif 686
  - III.G.2 – Les essais effectués par Legrand 690
  - III.G.3 – Les essais effectués après mise en œuvre 698
  - III.G.4 – L'inspection et le contrôle final 700
  - Couples de serrage, rapports d'essais et modèles de déclarations 708

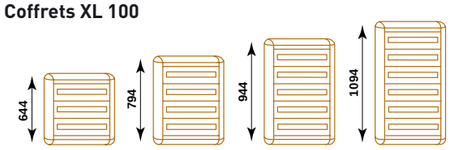
LA MISE EN ŒUVRE DES ENVELOPPES

Les coffrets et armoires XL privilégient le mode intuitif :
- des dispositifs de fixation sans vis
- des systèmes d'association simples et efficaces
- des accessoires pour tout faire.

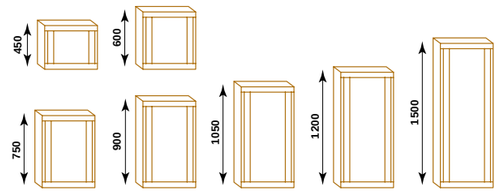
Avec les coffrets et armoires de distribution XL, Legrand a radicalement simplifié le montage des tableaux. Quelle que soit l'enveloppe, il est possible de respecter les habitudes de travail de chacun et les nécessités de chaque chantier : à plat, en face avant, en volume (accès toutes faces). XL bénéficie de nombreux détails pratiques pour une installation rapide et sûre :
- des coffrets avec un "fond actif" équipés de montants à double perforation, des flancs démontables pour une accessibilité totale au câblage, des possibilités d'association horizontale ou verticale
- des armoires adaptées à tous les environnements d'IP 30 à IP 55, modulables (association, gaine à câbles, socles, ...) de profondeur adaptée à toutes les puissances (de 195 à 800 mm ou plus par association)
- des équipements communs à toute la gamme : dispositifs de fixation des appareils, plastrons isolants ou métalliques à fermeture par 1/4 de tour, multiples accessoires de câblage.

> XL : DES COFFRETS ET ARMOIRES POUR TOUT FAIRE

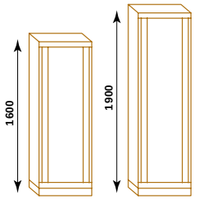
Coffrets XL 100



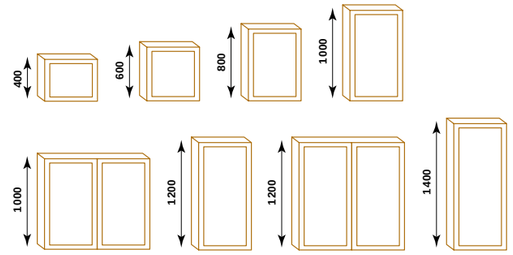
Coffrets XL 135-195



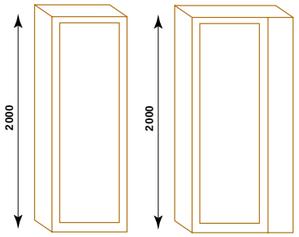
Armoires XL 195



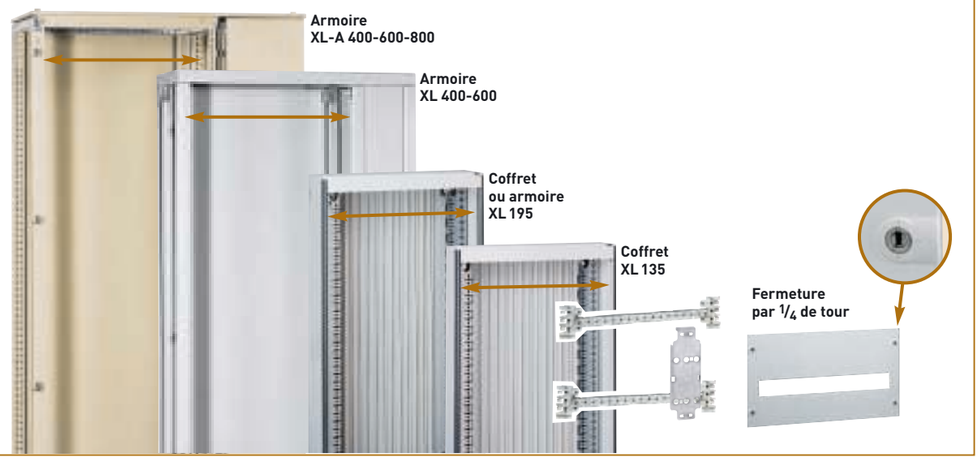
Coffrets XL-A 250



Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800

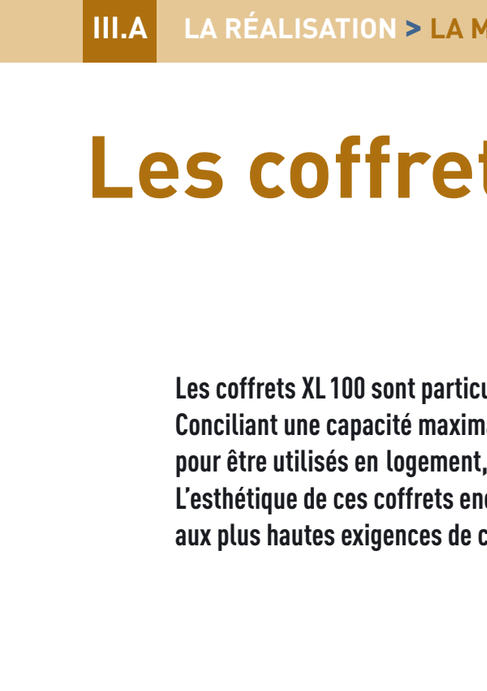


> XL : UNE LARGEUR DE PLASTRONNAGE UNIQUE, DES ÉQUIPEMENTS COMMUNS



Les coffrets XL 100

Les coffrets XL 100 sont particulièrement adaptés aux tableaux “tout modulaire”. Conciliant une capacité maximale pour un encombrement réduit, ils sont idéals pour être utilisés en logement, magasin, bureau.
L’esthétique de ces coffrets encastrés leur permet de répondre aux plus hautes exigences de ces locaux.



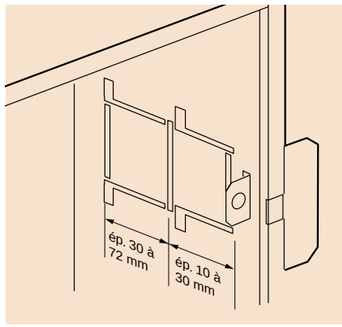
Coffret XL 100 réf. 093 36

Livrés prêts à l’emploi, les coffrets XL 100 sont composés d’un boîtier d’encastrement en tôle d’acier galvanisé, d’un châssis équipé de rails TH 35-15, de borniers pour conducteurs de protection, d’un cadre de finition et de plastrons isolants.
Le boîtier métallique se pose par scellement ou par vissage en cloison creuse. La profondeur d’encastrement est de 100 mm.

1 Encastrement du boîtier

• Scellement dans un mur maçonné
- Relever les pattes de scellement.
- Créer dans le mur une réservation en veillant à ce que le boîtier et les pattes s’encastrent bien.
- Scier les passages des câbles et gaines.
- Passer ces derniers tout en introduisant le boîtier dans le mur.
- Sceller au plâtre, au mortier adhésif ou au ciment suivant le cas.

• Montage en cloison creuse
- Utiliser l’accessoire de fixation réf. 098 79.
- Visser les équerres en façade sur le boîtier (4 ou 6 suivant hauteur).
- Découper le passage de la patte de serrage à la profondeur choisie (découpe avant pour cloison jusqu’à 30 mm, découpe arrière au-delà).



- Scier les passages des câbles et gaines.
- Passer ces derniers tout en introduisant le coffret dans le mur.
- Placer les pattes et les serrer.



Pose des goujons

2 Mise en place du châssis

- Poser le châssis sur les quatre goujons du fond.
- Serrer légèrement les écrous de fixation du châssis (clé de 10).

3 Pose du cadre d’habillage

- Fixer le cadre sur les montants (tournevis ou clé emmanchée de 8).
- S’assurer de l’horizontalité du cadre avec le niveau à bulle situé en bas à droite.
- Régler si nécessaire le positionnement du châssis à l’aide des molettes en plaçant des appareils sur les rails ou en mesurant par rapport aux plastrons puis serrer les écrous de fixation (clé de 10).



Réglage du châssis

- Clipser les cache-borniers haut et bas.

4 Finition

• Sans porte
- Clipser les deux baguettes de finition verticales en frappant avec la paume de la main ou un maillet élastomère.

• Avec porte
- Emboîter les traverses et les angles du cadre porte.
- Visser le cadre porte sur le cadre avant d’habillage (tournevis PZ2).
- Monter la porte dans le sens d’ouverture souhaité (les baguettes de finition ne sont pas utilisées).

Les coffrets XL 135

Equipables suivant les besoins ou prééquipés de rails et de plastrons modulaires, les coffrets XL 135 répondent aux impératifs d'une mise en œuvre rapide, d'un encombrement minimum (profondeur 135 mm), d'une large gamme dimensionnelle (hauteurs 450, 600, 750, 900, 1050 et 1200 mm) pour des puissances jusqu'à 160 A. Très faciles à associer, latéralement ou verticalement, ils proposent une complète liberté d'organisation.

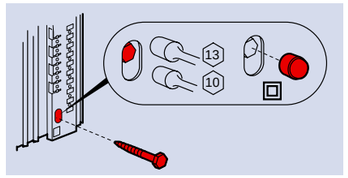
Les coffrets XL 135 équipables sont livrés démontés pour faciliter leur composition. Ils sont constitués d'un "fond actif" isolant (fixation facile des multiples accessoires communs aux gammes des goulottes DLP), de deux pontets hauts et bas qui reçoivent les plaques d'entrée de câbles (prépositionnées), de deux flancs latéraux isolants (découpables en cas de juxtaposition) et de leurs baguettes de finition.
Les versions "prêts à l'emploi" sont livrées équipées de rail TH 35-15 pour fixation de l'appareillage modulaire et des plastrons isolants correspondants.
Pour les versions équipables, ces accessoires doivent être commandés séparément.
Pour les deux versions, les portes et cadres-portes font l'objet d'une référence séparée. Des versions standard en tôle peinte, ou prestige (translucide fumé), sont proposées.

1 Assemblage du coffret

Il peut s'effectuer à plat sur l'établi ou directement au mur. Dans ce deu-xième cas, le repérage de la position des fixations peut être effectué grâce au gabarit imprimé sur le carton d'emballage.

• Fixation de l'embase

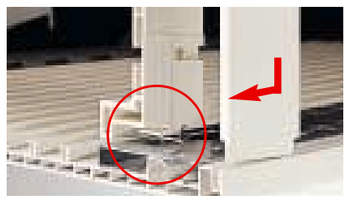
Constituée du "fond actif" et des montants perforés, l'embase est totalement symétrique. La fixation au mur, si elle est faite à ce stade, doit être réalisée avec des vis à tête H de 10 ou de 13 afin de pouvoir monter les cabochons isolants et de respecter ainsi les règles de sécurité de la classe II (voir page 650).



L'utilisation d'une rondelle métallique sous la tête de vis peut compromettre la double isolation en cas de réalisation en classe II (voir page 650).

• Fixation des pontets

- Effectuer la fixation des pontets inférieur et supérieur en positionnant l'ergot du pontet dans la lumière du montant, les têtes des vis de fixation, si elles sont prépositionnées, passent alors dans le trou de grand diamètre de l'œillet.
- Exercer un mouvement de poussée du pontet vers l'extrémité de l'embase de manière à engager l'ergot dans le montant.
- Serrer les vis de fixation (tournevis ou clé emmanchée de 8).

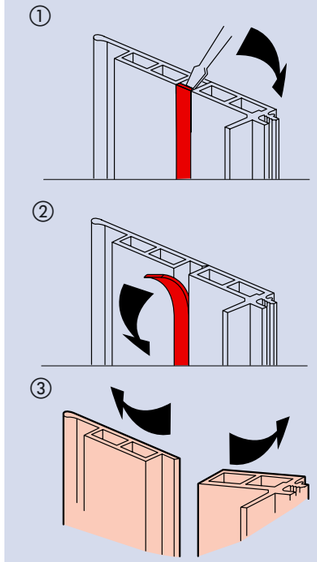




Grâce à leur conception originale en U les pontets peuvent être redémontés après câblage. Le branchement des conducteurs de forte section est également largement facilité en ne montant les pontets qu'après le raccordement sur les appareils.

• Montage des flancs

- Monter les flancs latéraux isolants en les glissant simplement entre le pontet supérieur et le pontet inférieur.
- Veiller à ce que la partie arrière du flanc s'engage bien dans la rainure de l'embase.
Si plusieurs coffrets sont juxtaposés horizontalement, le montage des flancs sera fait après juxtaposition.
En revanche le montage préalable des flancs est possible en cas de juxtaposition verticale.
Les flancs entre deux coffrets juxtaposés doivent être découpés pour permettre le passage des conducteurs.
L'opération s'effectue très simplement en retirant la languette et en séparant la partie avant que l'on monte et la partie arrière que l'on n'utilise pas.
- Visser les deux vis de maintien (tournevis PZ2) en veillant à l'alignement de la vis et de l'écrou. Une légère traction du flanc vers l'extérieur peut être nécessaire.



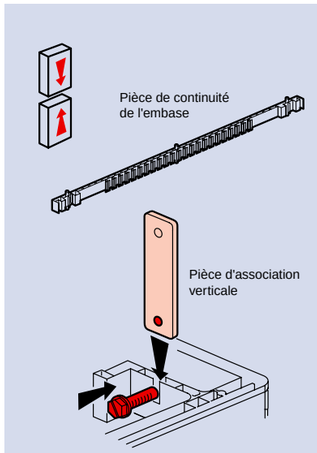
Pour aligner vis et écrou...

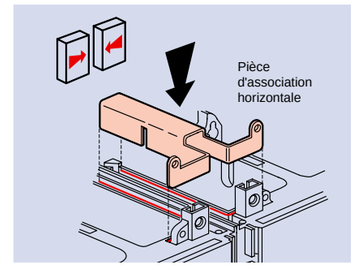


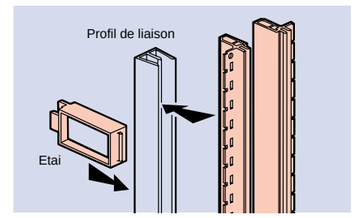
... une légère traction peut être nécessaire

2 Association de coffrets

Pour effectuer la juxtaposition de plusieurs coffrets et pouvoir monter l'ensemble ainsi construit, utiliser le kit d'association réf. 093 93. Celui-ci comprend des éléments permettant l'association verticale des coffrets XL 135 et des éléments permettant l'association horizontale.
- Un profil de liaison à clipser permet de maintenir rigidement les flancs juxtaposés des deux coffrets.
- Un étai (à recouper selon la profondeur du coffret) assure la liaison mécanique avec l'embase.







**Le kit réf. 093 93 n'assure pas la continuité électrique des châssis des enveloppes associées.
Prévoir une liaison supplémentaire.**

Il est possible de réaliser des ensembles sur mesure en associant simultanément des coffrets horizontalement et verticalement. Des rails d'association réf. 374 02 permettent de rigidifier l'association d'ensembles de plus de deux coffrets pour permettre leur transport.

3 Montage des équipements

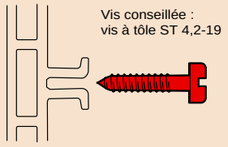
• Châssis

Les montants verticaux du châssis sont partie intégrante de l'embase du coffret XL 135. Ils reçoivent par simple clipsage les dispositifs de fixation réf. 092 00 et réf. 092 02 pour appareils modulaires montés sur rails TH 35-15 et les dispositifs réf. 092 07 pour appareils de puissance jusqu'à 160 A (voir tableau pages 38-39).
Les coffrets complets "prêts à l'emploi" sont équipés de supports et rails pour appareils modulaires et des plastrons correspondants : hauteur 200 mm pour l'appareil de tête et hauteur 150 mm pour les autres plastrons.

• Fond actif

L'embase isolante des coffrets XL avec ses dispositifs de fixation universels (goulottes DLP) reçoit de multiples accessoires par clipsage ou par vissage.

Fixation sur fond actif



Visser, clipser sur le fond actif



Supports de barre collectrice



Embases de colliers Colson réf. 308 94



Supports de rail

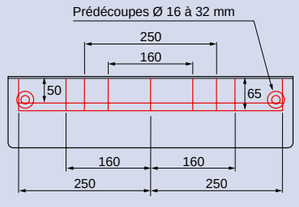
4 Mise en place des plaques d'entrée de câbles

• Découpe et perçage

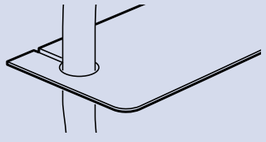
Les plaques d'entrée de câbles sont prémarquées pour un raccordement direct par goulotte DLP : une ou deux goulottes 50 x 160, ou une ou deux goulottes 65 x 250.
Elles peuvent être découpées à la scie manuelle ou électrique à den-ture fine, percées avec un foret ou une scie cloche.

• Montage et vissage

Le montage des plaques d'entrée de câbles s'effectue par clipsage de la partie arrière (pions de maintien) et par vissage de la partie avant (tournevis PZ2 ou lame plate de 5,5). Emboîter correctement la plaque en tapotant sur sa périphérie avec la paume de la main.



En perçant et en découpant jusqu'au bord de la plaque, il est possible de monter celle-ci par torsion sur un câble déjà branché.





Le vissage des plaques d'entrée de câbles par l'intérieur du coffret et en face avant permet d'assurer une sécurité maximale (vis dissimulées derrière les plastrons) et de pouvoir monter la plaque y compris dans des conditions d'accès réduites, coffret sous plafond par exemple.

5 Finition

• Baguettes de finition

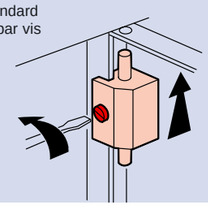
Les baguettes se montent par clipsage sur le profil avant des flancs latéraux. Elles assurent une finition soignée et sont arrondies pour plus de sécurité.



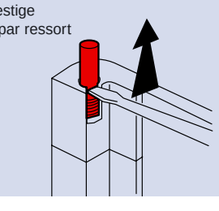
• Montage de la porte

- Assembler les éléments constitutifs du cadre.
- Disposer le joint autoadhésif en partie supérieure.
- Clipser le cadre porte en lieu et place des baguettes de finition.
- Valider la fixation par les 4 vis d'angles autotaraudeuses (tournevis PZ2).
- Monter la porte en engageant la charnière inférieure et en faisant coulisser la charnière supérieure.

Porte standard
blocage par vis

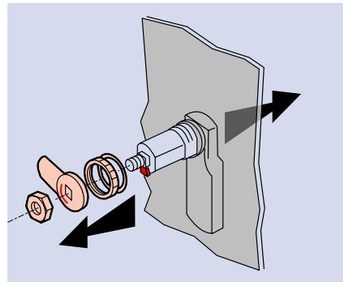


Porte prestige
blocage par ressort



• Retournement de la poignée de fermeture

- Dévisser l'écrou de came (clé de 13), puis l'écrou de rosace (clé de 27, 12 pans).

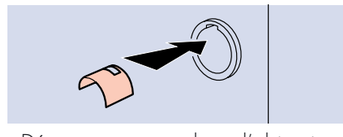


- Tourner d'un demi-tour le corps de verrou (rotor) et remonter en sens inverse.
- Serrer modérément.

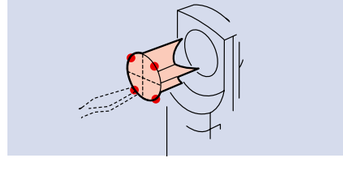
• Montage d'une fermeture à condamnation

Les verrous des coffrets XL peuvent recevoir les barillets à clé.

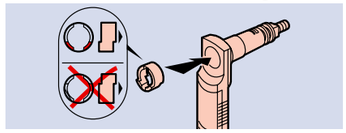
- Démonter la partie mobile du verrou (rotor) maintenue par l'écrou de came (clé de 13). La partie fixe (stator) est laissée sur la porte.
- Introduire la lunule de verrouillage dans le stator. Pousser celle-ci bien à fond en veillant au sens de montage.



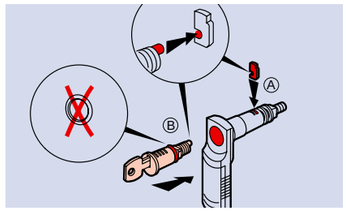
- Dégager avec une lame l'obturateur du rotor.



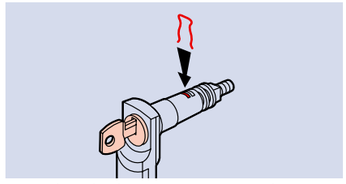
- Insérer la bague de barillet (attention au sens de montage).



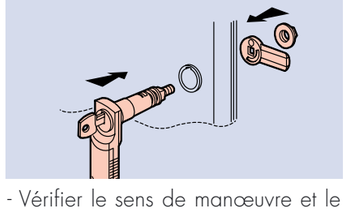
- Retirer le joint torique du barillet.
- Glisser le pêne mobile dans son logement puis introduire le barillet en le tournant légèrement pour insérer le pion de manœuvre dans le pêne.



- Introduire l'épingle de verrouillage.



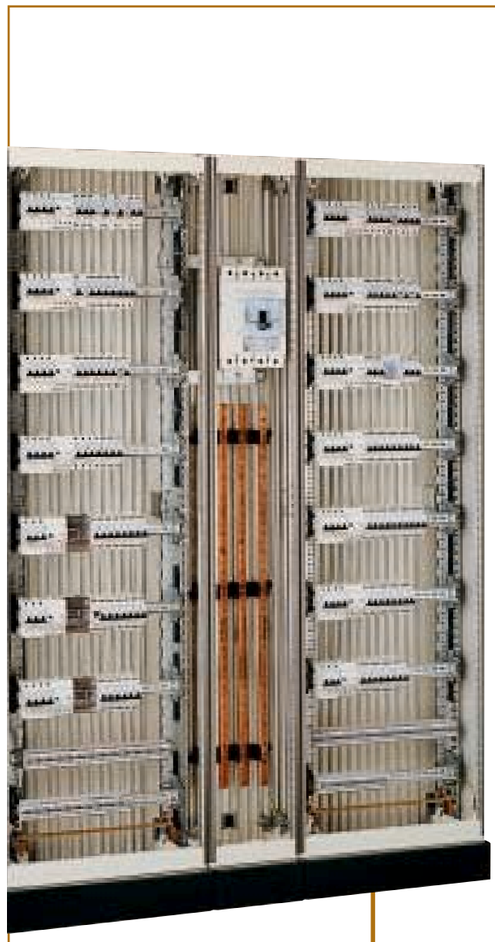
- Vérifier le fonctionnement du pêne en tournant la clé.
- Placer le pêne en position rentré (déverrouillé) et engager le rotor du verrou.
- Positionner la came sur son carré de manœuvre et revisser l'écrou à embase (serrer modérément).



- Vérifier le sens de manœuvre et le verrouillage.

Les coffrets et armoires XL 195

**Facilité de mise en œuvre, accessibilité totale, fond actif, associabilité...
Tout en conservant un encombrement extérieur minimal (profondeur 195 mm)
XL 195 offre un volume de câblage plus important et permet
la réalisation d'ensembles jusqu'à 400 A**



Armoires XL 195

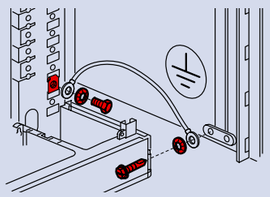
A la très large gamme dimensionnelle, coffrets de hauteur 450 à 1 500 mm et armoires de hauteur 1 600 à 1 900 mm s'ajoutent des équipements vraiment innovants et pratiques : gaine à câbles, kit d'association transportable Effix, socles, possibilité de réaliser des ensembles de classe I (avec plastrons métal ou isolants) ou de classe II (avec kit de flancs latéraux et plastrons isolants). Les options de finition : portes standard et extraplate, cornet de finition avec goulottes, toit, kit d'étanchéité..., permettent aux coffrets et armoires XL 195 de s'adapter à toutes les installations.

1 Assemblage du coffret

• Montage de l'embase et fixation des pontets
(voir XL 135 page 504).

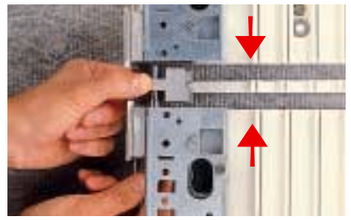
• Montage des flancs latéraux
Les flancs latéraux métalliques sont constitués de deux parties.
- La partie arrière qui doit être ôtée en cas de juxtaposition horizontale.
- La partie avant montée dans tous les cas, qui reçoit la fixation des plastrons.
L'assemblage des parties avant et arrière s'effectue par emboîtement.

Ne pas omettre de raccorder la barrette de liaison entre les parties avant et arrière des flancs et le conducteur d'équipotentialité (fourni) avec le châssis.



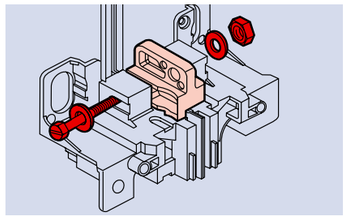
• Kit classe II
réf. 093 52/53/54/55/56/57
Il permet, en remplaçant les flancs métalliques d'origine par des flancs isolants et sous réserve d'utiliser dans ce cas des plastrons isolants, de réaliser des coffrets à isolation totale ou de classe II.
Le principe de mise en œuvre est identique à celui des flancs du coffret XL 135. Le maintien final s'effectue par les vis (haut et bas) en face avant (tournevis PZ2). Bien veiller à l'alignement vis/écrou en serrant.

Association verticale :



Mise en place de l'entretoise et de la continuité d'embase

Association horizontale :

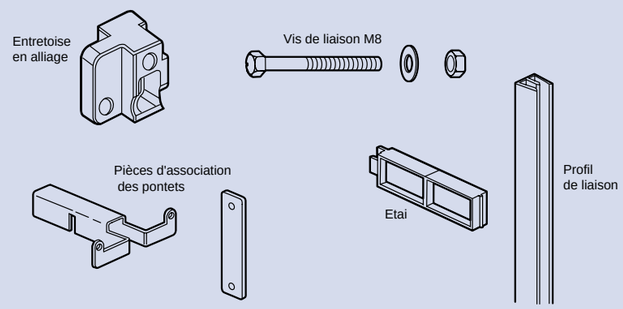


Mise en place de l'entretoise et serrage par vis

2 Association de coffrets

Utiliser les kits Effix réf. 093 92 (association verticale) et réf. 093 91 (association horizontale).
Ils peuvent être mis en place en deux temps et comprennent :
- des entretoises en alliage qui permettent de solidariser par vis M8 les embases des enveloppes. On peut alors disposer d'embases assemblées, transportables et totalement accessibles pour le câblage
- des pièces d'association qui assurent la liaison des pontets et des flancs latéraux. Selon les exigences du câblage, ces pièces ne pourront être montées qu'au moment du montage des pontets haut et bas.

Kit Effix



**Le kit Effix assure la continuité électrique entre châssis de deux enveloppes associées.
Avec Effix, la liberté totale d'intervention reste préservée.
Toutes les parties extérieures peuvent être démontées sans que l'association des embases ne le soit.**

3 Gaine à câbles

Extension naturelle du coffret, la gaine à câbles permet de distribuer verticalement de nombreuses fonctions, entre autres :
- répartition sur jeux de barres : les supports réf. 374 52 se montent directement dans la gaine
- mesure
- bornier de raccordement et de conducteurs de protection
- arrivée d'énergie et appareil de tête
- circulation et regroupement des conducteurs et câbles

Elle est livrée prête à l'emploi avec son kit d'association. La façade est à commander séparément.

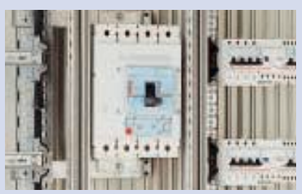
La gaine à câble permet de nombreuses fonctions



Répartition



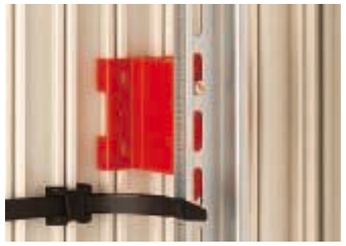
Mesure



Appareil de tête

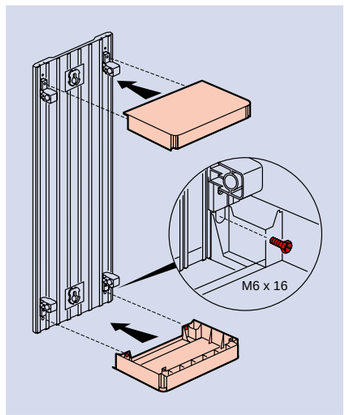
• Assemblage de la gaine à câbles

A l'instar de celle du coffret, l'embase de la gaine à câbles reçoit le "fond actif" avec ses multiples possibilités de fixation. Elle peut être fixée au mur avant ou après câblage selon les habitudes.



Fixation d'un rail TH 35-15 à l'aide des supports "pattes rouges" réf. 306 87 fixés sur le fond actif (4 supports livrés avec la gaine)

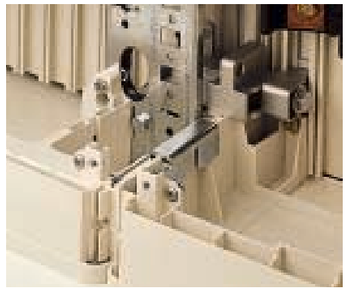
L'assemblage s'effectue très simplement en fixant chaque pontet haut et bas sur l'embase par deux vis (clé de 10).



NB : si nécessaire les entrées de câbles doivent être directement découpées dans les pontets.

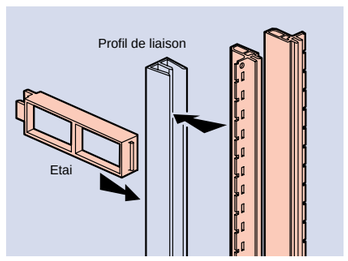
• Association avec le coffret

Le kit Effix réf. 093 91 (livré avec la gaine) permet, comme pour deux coffrets, une mise en place en deux temps :
- assemblage des embases permettant le transport et l'installation éventuelle au mur
- assemblage des pontets et pose des flancs latéraux, de leur profil de liaison et des étais



Association des embases et des pontets

Le montage des flancs métalliques s'effectue comme pour les coffrets. La partie commune à la gaine et au coffret est retirée. La pose du profil de liaison entre les parties avant des flancs et le maintien de l'étai garantissent étanchéité et rigidité.



Les gaines peuvent également être réalisées en classe II. Dans ce cas prévoir un kit pour le coffret et un kit pour la gaine.

• Façade

La face avant peut être équipée de façades/plastrons isolants ou de façades métal.
Le démontage des façades nécessite un outil, un niveau d'inaccessibilité supérieur peut être obtenu par la pose d'une porte.

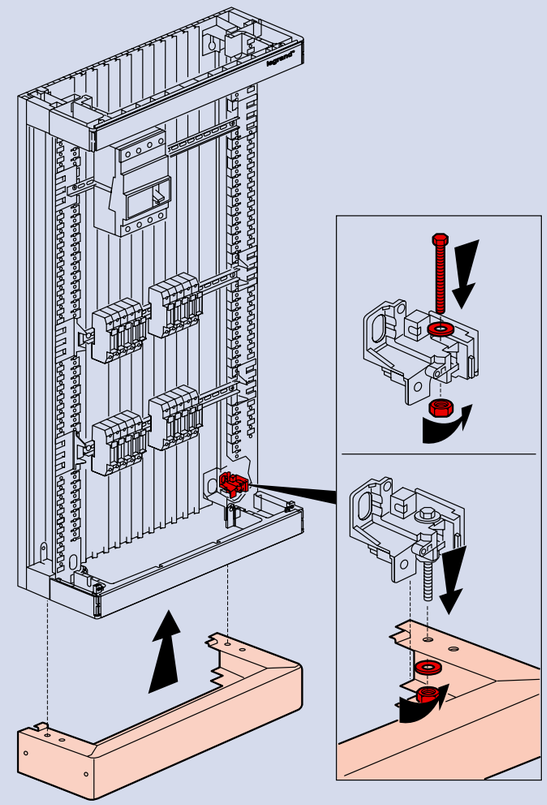


Ne pas omettre les liaisons équipotentielles (fil souple 2,5 mm² isolé vert/jaune) reliant le châssis aux flancs juxtaposés entre coffret et gaine et au flanc extérieur de la gaine.

4 Socle

Les armoires XL 195 sont livrées avec un socle monobloc hauteur 100 mm qui facilite l'arrivée et le raccordement des conducteurs.
En outre, il protège le bas de l'armoire des agressions (chocs, lavage...). Les socles peuvent également être commandés séparément (réf. 093 80) pour être superposés ou même disposés sous un coffret XL 195. Un socle (réf. 093 81) est également disponible pour la gaine à câbles.

Montage du socle



5 Montage des équipements

• Châssis

Les montants verticaux fixés sur l'embase des coffrets et armoires XL 195 n'ont normalement pas besoin d'être démontés pour la mise en œuvre. Cela reste néanmoins possible. Dans ce cas on peut constituer un châssis amovible à l'aide des traverses taraudées du kit réf. 092 07. Combinées avec la platine multiusage réf. 094 99, ces mêmes traverses peuvent également être utilisées pour des réalisations sur mesure ou des fixations d'appareils non standard.

Les montants reçoivent par simple clipsage les dispositifs de fixation réf. 092 00 et 092 02 pour appareils modulaires montés sur rail TH 35-15 et réf. 092 07 pour appareils de puissance jusqu'à 400 A (voir tableau pages 38-39).

Les dispositifs réf. 092 68 (160 A) et 092 69 (250-630 A) permettent d'installer des appareils DPX de tête avec ou sans différentiel, dans la gaine à câbles.



Appareillage modulaire sur rail réf. 092 00, distribution et protection des conducteurs par goulotte Lina 25



Dispositif de fixation de DPX en gaine à câbles réf. 092 68



Vistop monté sur support réf. 092 00 et son bloc de raccordement réf. 227 81 monté sur le dispositif réf. 092 04 ou 092 07



DPX 250 avec différentiel monté sur platine réf. 092 11 et dispositif réf. 092 07

• Fond actif

Toutes les fonctionnalités décrites pour le coffret XL 135 se retrouvent dans les coffrets et armoires XL 195. Exemple : les supports réf. 374 52 équipés de barres cuivre 32 x 5 réf. 374 19 permettent de constituer des jeux de barres de distribution juste en aval de l'appareil de tête en gaine.



• Entrées de câbles

Les plaques d'entrée de câbles (inférieure et supérieure) des enveloppes XL 195 présentent une très grande surface utilisable (750 cm2) permettant tous les types d'adductions des conducteurs.

Elles sont prémarquées pour une liaison directe avec les goulottes DLP et se mettent en place facilement par vissage en face avant (voir XL 135 page 506).

6 Finition

• Plastrons et façades

Les coffrets et armoires XL 195 présentent les mêmes options de finition que les coffrets XL 135 auxquelles il faut ajouter la possibilité de choix entre plastrons métalliques ou isolants. Ce même choix existe pour les façades de gaine à câbles.

• Porte

Les différentes versions de portes (voir montage coffret XL 135) sont communes aux enveloppes XL 135 et XL 195 :

- porte standard (distance porte/plastron de 57 mm) permettant le passage des poignées de manœuvre des appareils de puis-sance et des unités de commande et signalisation
- porte extraplate pleine (distance porte/plastron de 30 mm) ou vitrée (distance porte/plastron de 25 mm) pour applications tout modulaire.

• Cornet de finition

Tout en favorisant l'épanouissement des câbles, le cornet de finition réf. 093 97 assure une liaison parfaite entre le coffret et les goulottes DLP.

• Toit et kit d'étanchéité

Le toit adaptable réf. 093 85 (XL 135) ou réf. 093 86 (XL 195) permet de protéger les enveloppes des chutes de pluie. Le kit d'étanchéité complémentaire réf. 093 90 permet de garantir l'IP 43.

Portes et accessoires de finition





Cornet de finition



Toit

Les armoires XL 400-600

En alliant simplicité et universalité, robustesse et finition, l'armoire XL 400-600 a véritablement créé l'innovation attendue dans la distribution de puissance.



Armoire XL 400

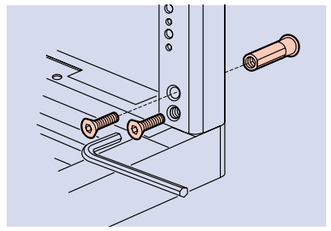
- Simplicité d'une gamme déclinée en deux profondeurs 400 et 600 et en deux largeurs 700 et 900, pour couvrir toutes les applications de tableaux jusqu'à 1 600 A.
- Universalité des composants et accessoires : plastrons, supports d'appareils, platines, rails identiques et totalement compatibles avec toute la gamme de coffrets et d'armoires XL.
- Robustesse d'une structure précontrainte, modulable à souhait par association et d'une étonnante rigidité qui permet la manutention d'ensembles de plusieurs unités.
- Esthétique qui permet d'installer l'armoire XL sans la cacher, en toute sécurité, dans tous les locaux tertiaires.

1 Assemblage

La structure des armoires XL est constituée d'une base inférieure et d'une base supérieure monoblocs réunies par 4 montants amovibles qui se fixent sur des "noix d'angle" en alliage léger.



La fixation des montants se fait par une première vis directement vissée dans la noix, et par une deuxième vis vissée dans un tube taraudé amovible (clé mâle de 5).



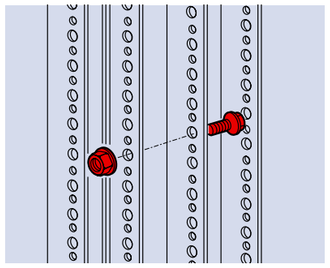
+ Après montage de l'armoire, chaque montant reste indépendant et totalement amovible pour une facilité d'accès accrue.

2 Association

L'association des armoires XL s'effectue très simplement en dévissant la deuxième vis vissée dans le tube taraudé et en remplaçant celle-ci par une vis d'assemblage longue (clé mâle de 5).



Ne pas omettre de solidariser les montants à mi-hauteur avec le boulon M8 (clé de 13).



Si l'ensemble construit par association de plusieurs armoires XL doit être élingué et levé, il faudra équiper les jonctions entre les armoires d'équerres de levage réf. 095 90 et respecter les règles prescrites (voir page 674).

3 Gaine à câbles

La version largeur 900 de l'armoire XL est dotée en série d'une gaine intégrée de largeur 200 mm. Elle peut être équipée de jeux de barres, de borniers ou canaliser et supporter les câbles.



Gaine à câbles en bout d'un ensemble

La gaine réf. 095 11/14 se monte en extrémité d'ensemble et permet un accès facilité (largeur 300 mm) pour l'arrivée et le départ des conducteurs.

• Montage de la gaine

La gaine, composée de deux flasques, haut et bas, et de deux montants se fixe à l'armoire en retirant les obturateurs plastique sur les angles et en vissant les vis fournies (clé mâle de 4).



Gaine largeur 200 intégrée à l'armoire largeur 900

! Attention, la gaine à câbles ne doit pas être installée au milieu d'un ensemble d'armoires associées si celui-ci doit être levé. Seule la position en extrémité d'ensemble est admise dans ce cas.

4 Socle

Les armoires XL peuvent être équipées de socles de hauteur 200 mm. Ceux-ci sont livrés assemblés. Ils sont dotés de trappes amovibles hauteur 100 mm.



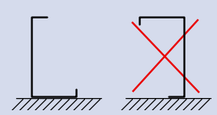
Modularité des accès par les trappes amovibles



Fixation de l'armoire sur le socle

+ Pour faciliter la mise en œuvre, les socles peuvent être fixés (scellés) au sol avant d'être solidarisés avec les armoires. Réservation et passage des câbles peuvent être réalisés au préalable.

! Les socles possèdent un sens préférentiel de montage pour permettre le roulage éventuel des ensembles.



5 Châssis et équipement

Deux types de châssis peuvent être constitués dans les armoires XL.

• Châssis plan

Il est constitué de deux montants réf. 095 95 qui se fixent en partie haute et basse de l'armoire.



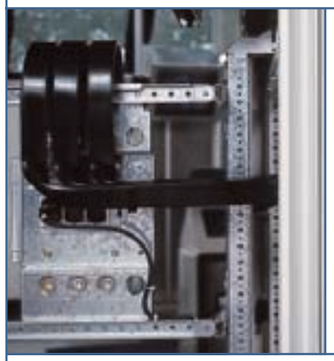
Montage d'un montant réf. 095 95

Ils possèdent des perforations identiques à celles des montants des enveloppes XL135 et XL195 et peuvent recevoir les dispositifs de fixation des appareils jusqu'au DPX 630 et jusqu'au Vistop 800.

• Châssis en volume

Il est constitué par des traverses réf. 095 67 fixées sur les montants de l'armoire. Elles reçoivent les dispositifs de fixation des appareils de fortes puissances (DPX 1600 et inter 1250/1600), et les supports de jeux de barres.

Pour plus de détails sur l'implantation des appareils et dispositifs de fixation, se reporter au chapitre III.C.1.



Dispositif de fixation réf. 092 08 sur montants réf. 095 95 supportant un DPX 630 débrochable (châssis plan)



Traverses réf. 095 67 supportant un dispositif de fixation pour DPX 1600 et un support de jeu de barres (châssis en volume)

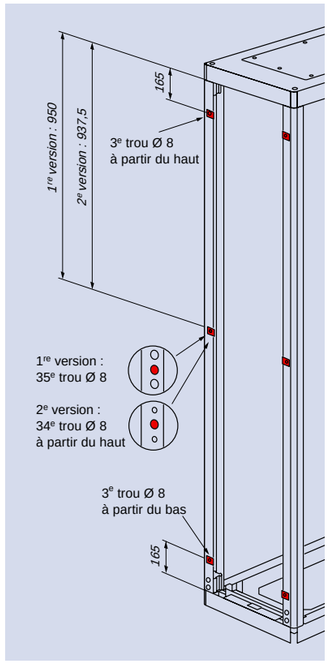
Les montants et châssis des armoires XL acceptent toute la boulonnerie standard :
- vis et écrous M6 et M8
- clips-écrous M6 et M8
- vis autotaraudeuses ST 4,8.

6 Panneaux

• Montage des panneaux latéraux

(à commander séparément)

- Placer les six clips-écrous sur les montants de l'armoire.



- Monter les pattes d'accrochage par vissage sur les noix d'angles.



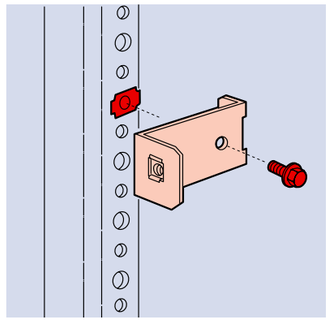
- Vérifier le montage des vis de fixation de panneau et la présence de la rondelle d'imperdabilité côté intérieur.
- Suspendre les panneaux sur les pattes d'accrochage et visser progressivement les vis de fixation en commençant par celles du haut (tournevis PZ3).

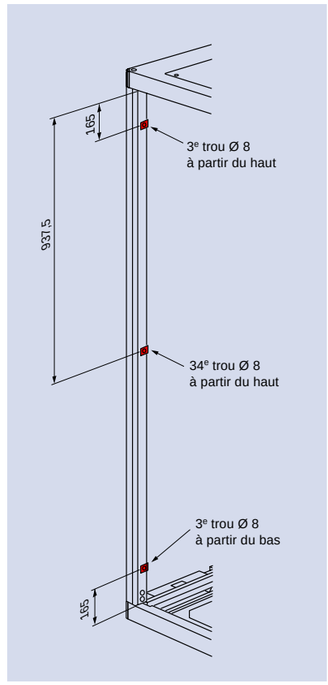


• Montage/démontage du panneau arrière

Livré monté sur l'armoire XL, son montage et son démontage ne posent aucune difficulté.

- Les pattes de fixation sont fixées sur le côté intérieur des montants par un clips-écrou et une vis (clé de 10).





- Vérifier le bon montage des vis de fixation et la présence de la rondelle d'imperdabilité côté intérieur.
- Poser le panneau arrière en appui sur la traverse basse de l'armoire.
- Visser progressivement les vis de fixation en commençant par celles du bas (tournevis PZ3).



7 Cadre de plastronnage

Le cadre de plastronnage de l'armoire XL permet une finition irréprochable. Il reçoit l'ensemble des plastrons qui viennent s'indexer et se fixer par les verrous 1/4 de tour.

• Assemblage du cadre

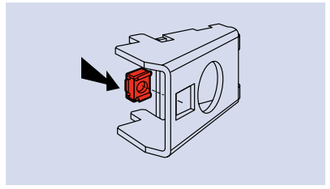
Le cadre est livré non monté.
- Plier à 90° les pattes des éléments verticaux, insérer les écrous-cages (en s'aidant d'une pince multiprise).
- Emboîter les éléments verticaux et horizontaux et visser les quatre vis noires (clé mâle de 4).

Il est recommandé de se placer sur un sol bien plan et de ne bloquer les vis qu'après assemblage complet.



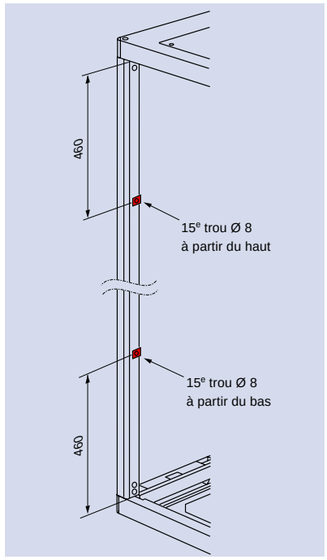
• Montage des supports

- Insérer les écrous-cages dans les supports.



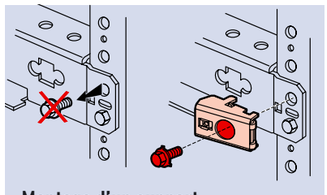
La forme originale du cadre positionne les plastrons en retrait de 100 mm par rapport à la face avant de l'enveloppe. Ceci assure une réelle sécurité contre les détériorations et les manœuvres intempestives des dispositifs de commande.

- Disposer les clips-écrous sur les montants suivant le repérage ci-dessous.



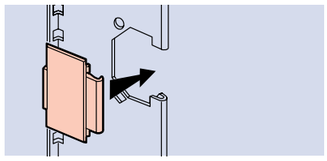
- Fixer les supports par la vis M6 (clé à tube de 10).





Montage d'un support en cas de présence d'une traverse réf. 095 67

- Clipper les obturateurs plastique si l'armoire n'est pas équipée d'une porte. Dans le cas contraire, monter d'abord les charnières.



• Montage du cadre sur l'armoire

- Emboîter le cadre assemblé dans la structure de l'armoire.
- Vérifier sur toute la périphérie.
- Visser les vis nickelées (tournevis plat ou PZ3).

8 Plaques d'entrée de câbles

• Plaque supérieure

Les armoires et gaines XL sont livrées avec des plaques d'entrée de câbles amovibles de grande dimension. Elles peuvent être découpées ou percées pour la pose de presse-étoupes.

• Plaques inférieures

(à commander séparément)
Réglables, elles sont constituées de deux parties amovibles et coulissantes permettant d'ajuster le passage des câbles. Leur fixation rapide est assurée par des cames, d'accès et de manœuvre faciles (clé à pipe de 13).

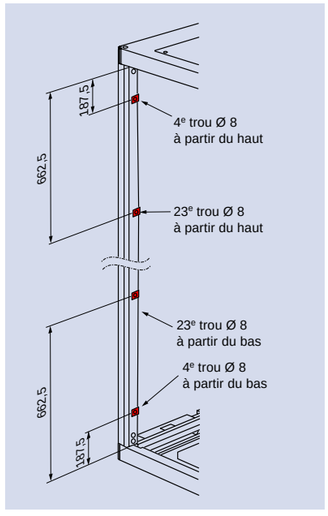


9 Porte

(à commander séparément)
Les armoires XL peuvent être équipées au choix d'une porte pleine en tôle, ou d'une porte vitrée équipée d'un verre de sécurité.

• Pose de la porte

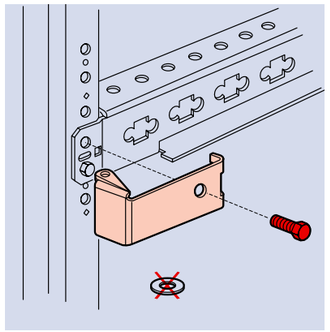
La pose d'une porte nécessite le montage préalable des charnières et des gâches sur la structure de l'armoire.
- Positionner les clips-écrous de fixation selon le schéma ci-dessous.



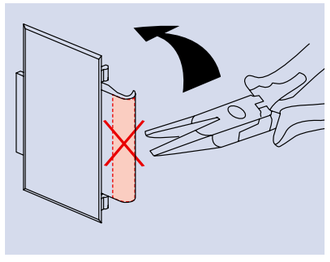
- Visser les gâches et les charnières en tenant compte du sens d'ouverture souhaité.



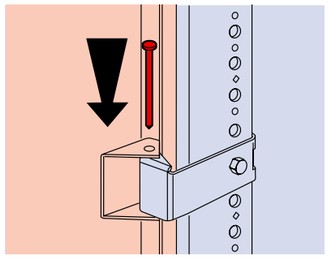
- Positionner la rondelle plate large sous la gâche ou la charnière excepté si celles-ci sont en appui sur l'aile de fixation d'une traverse réf. 095 67.



- Monter ou remonter le cadre de plastronnage après avoir cassé la partie sécable des obturateurs.



- Regonder la porte en la positionnant en appui sur les charnières, en position ouverte en butée. Insérer les axes dans les trous qui coïncident.

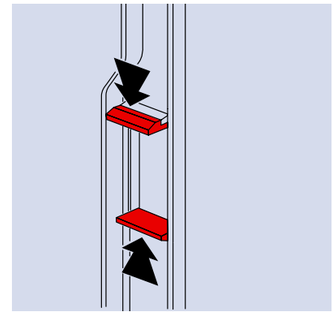


• Retournement de la poignée

La partie mobile de la poignée de manœuvre doit être vers le bas.



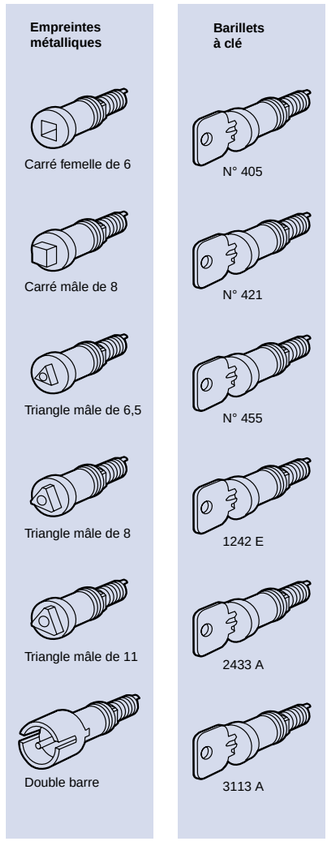
- Déclipser l'enjoliveur en pressant simultanément les deux languettes côté intérieur de la porte.



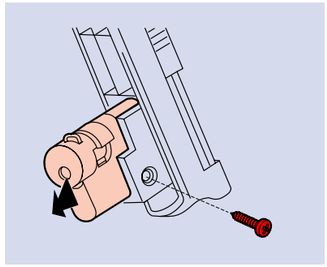
- Tourner la poignée dans la bonne position.
- Reclipser l'enjoliveur en pressant les deux languettes pour faciliter leur introduction.

• Changement de l'empreinte ou du barillet

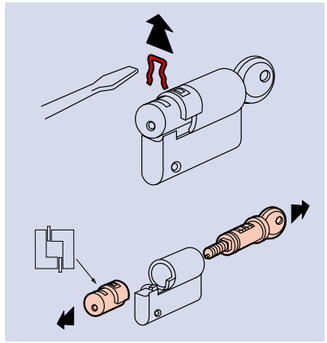
La fermeture universelle de l'armoire XL est livrée avec un barillet à clé n° 2433 A mais peut recevoir très facilement d'autres combinaisons ou de nombreuses empreintes normalisées.



- Retirer la vis de fixation (tournevis PZ2).



- Dégager l'épingle de retenue et sortir le barillet.



- Procéder en sens inverse pour le remontage en n'omettant pas de retirer le joint torique du nouveau barillet s'il en est équipé.

La poignée universelle XL peut également recevoir les barillets standard du commerce au profil européen 1/2 cylindre longueur 40 mm à panneton indexable à 45°.

• Montage du portillon de gaine à câbles

L'armoire XL de largeur 900 équipée d'une gaine à câbles intégrée est livrée avec un portillon pour cette gaine.

- Vérifier le positionnement des guides d'axe (rondelles épaulées).
- Fixer le portillon en glissant et en serrant les charnières (tournevis plat ∅ 4).



- Fermer le portillon et serrer les vis nickelées (tournevis PZ3) en face avant.

10 Liaisons équipotentielles

• Structure et châssis

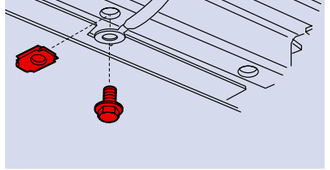
L'équipotentialité de la structure, du châssis et de la plaque supérieure d'entrée de câble de l'armoire XL est directement assurée par le montage. Des zones de contact ménagées sur les éléments peints et l'utilisation d'acier galvanisé pour le châssis assurent une parfaite continuité.
Le kit de jumelage réf. 095 48 assure la continuité entre deux armoires.

• Panneaux, portes et éléments amovibles

Tous ces éléments doivent être reliés électriquement à la structure de l'armoire.

- Les panneaux et la porte sont dotés de goujons M8 cuivrés et soudés.
- Les plaques d'entrée de câbles supérieures sont équipées d'un goujon M8 (1re version) ou de vis autotaraudeuses assurant directement la liaison au montage (2e version).
- Les plaques d'entrée de câbles inférieures sont reliées par boulons avec rondelles-contact.

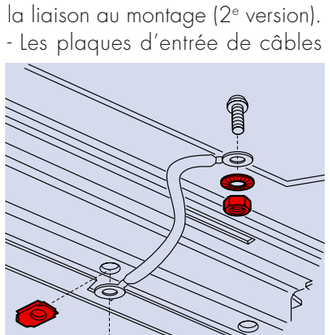
La section des liaisons équipotentielles doit être choisie en fonction des matériels éventuellement installés sur les panneaux et sur la porte (voir chapitre II.D.5). Sans appareillage, prévoir une section minimale de 4 mm2.

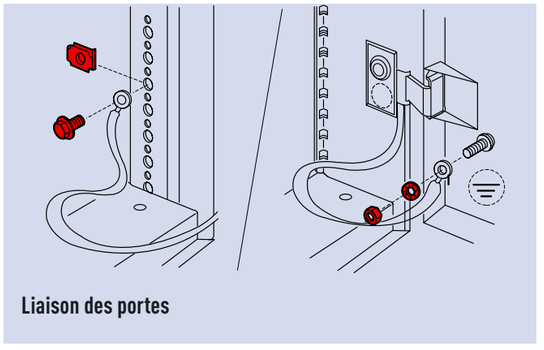


• Visserie de fixation

Les vis avec rondelle contact réf. 367 76 et écrous à picots réf. 364 42 assurent le contact électrique direct par perçage de la peinture.

Les rondelles plates n'assurent pas le contact sur les surfaces peintes. L'utilisation de rondelles "éventail" ou "Grower" peut se faire si celles-ci sont neuves et si la continuité électrique est vérifiée. Le grattage de la peinture n'est pas recommandé : mauvaise planéité, risque de corrosion.





Les armoires XL-A 400-600-800

Parfaitement adaptée aux environnements industriels, agressifs et aux fortes puissances, l'armoire XL-A fait la synthèse entre l'innovation du système XL et les performances de l'armoire Altis : robustesse, charge admissible, indice de protection.



Armoires XL-A 400

L'armoire XL-A est livrable en trois profondeurs, 400, 600 et 800 mm, et deux largeurs, 700 et 1 000 mm. Dans ce dernier cas, elle intègre une gaine à câbles de largeur 300 mm.

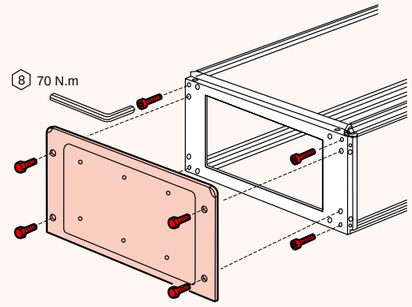
1 Assemblage

Les armoires XL-A sont livrées montées avec un panneau arrière vissé. Les éléments cadre de plastronnage, cadre d'habillage, panneaux latéraux, socles sont à commander séparément.
Toutes les opérations sont très largement facilitées par le système unique de porte-équipements universels (4 par montant).



Porte-équipement universel

La structure de l'armoire XL-A est assemblée en usine. En cas de nécessité (accès difficile, problème de transport), elle reste néanmoins démontable et il est possible de séparer les montants des embases haute et basse. Les vis de fixation dans l'axe des montants (clé mâle de 8) sont accessibles après retrait de la plaque supérieure.
Ne pas démonter les vis à empreinte Torx.



2 Association

Trois systèmes d'association permettent de s'adapter à toutes les exigences.
Tous les kits d'assemblage permettent d'associer les armoires XL-A côte à côte ou dos à dos. La pose préalable d'un joint intercalaire garantit la conservation de l'IP 55.

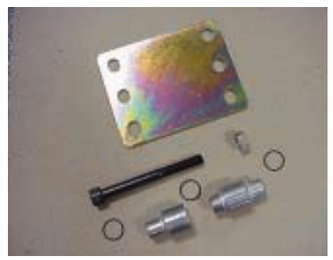
• Kit d'assemblage extérieur réf. 345 46



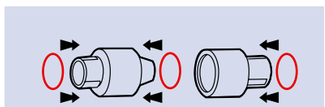
Ce kit permet une association rapide, sans vis, par l'intermédiaire de pièces en alliage léger.
- Approcher les armoires à associer. Celles-ci doivent être sur un sol plan et horizontal.
- Emboîter la pièce d'assemblage sur les porte-équipements (avec l'aide d'un maillet si nécessaire).
- Insérer les axes.



• Kit d'assemblage autoalignant réf. 345 48



Ce kit permet une association rapide, simple et très efficace par l'intermédiaire de vis associant les angles des armoires.
- Placer les trois joints toriques sur les douilles entretoises.



Le kit réf. 345 46 laisse libres toutes les fixations intérieures. La charge autorisée pour la manutention (levage, élingage) est de 500 kg/m³.

- Retirer l'obturateur des noix d'angle de l'armoire.
- Passer la vis M8-75 dans ce trou.

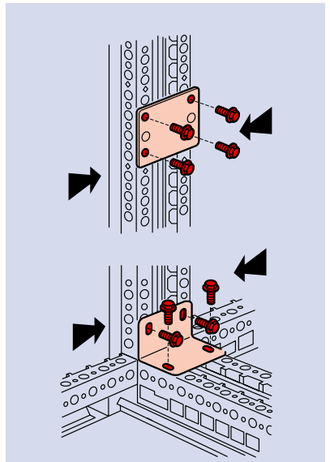


- Glisser les deux douilles entretoises sur la vis.
- Placer l'écrou dans le logement hexagonal côté intérieur.
- Assembler les armoires et serrer la vis (clé mâle de 6), l'écrou est prisonnier.
- Disposer les plaques de liaison en acier à mi-hauteur sur les montants (clips-écrous et vis M8).

• Kit d'assemblage réf. 345 47



Composé de 4 équerres et de 2 plaques de liaison, ce kit permet une association extrêmement rigide. Son utilisation est conseillée pour la composition des ensembles transportés par blocs de grande dimension (quatre armoires et plus).
- Glisser les clips-écrous dans les montants.
- Approcher les armoires à assembler, les ergots de centrage des équerres aident à cette manœuvre.
- Vérifier l'alignement des armoires.
- Serrer les vis (clé de 13).



3 Gaine à câbles

La version largeur 1 000 mm de l'armoire XL-A est équipée en série d'une gaine intégrée de largeur 300 mm. Celle-ci peut recevoir faisceaux de câbles, borniers, et tous les types de supports de jeux de barres.



Des gaines associables de largeur 300 ou 400 mm peuvent également être assemblées aux armoires XL-A. L'association des gaines s'effectue avec les mêmes kits réf. 345 46/47/48 que les armoires.

4 Socle

Les armoires XL-A peuvent être équipées de socles de hauteur 200 mm. Les caractéristiques et conditions de montage sont identiques à celles des armoires XL 400-600.

5 Châssis et équipements

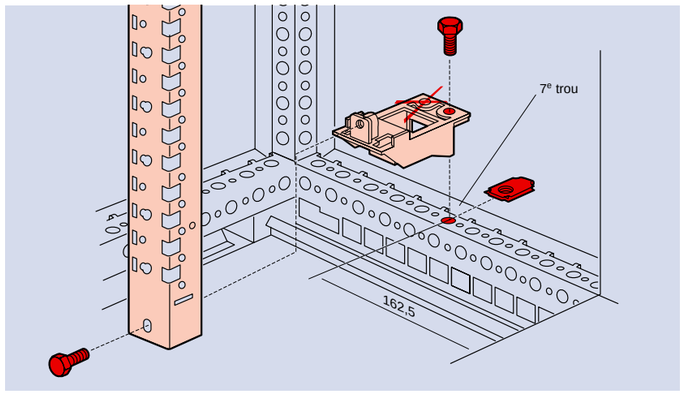
Les armoires XL-A reçoivent des châssis identiques aux armoires XL 400-600.

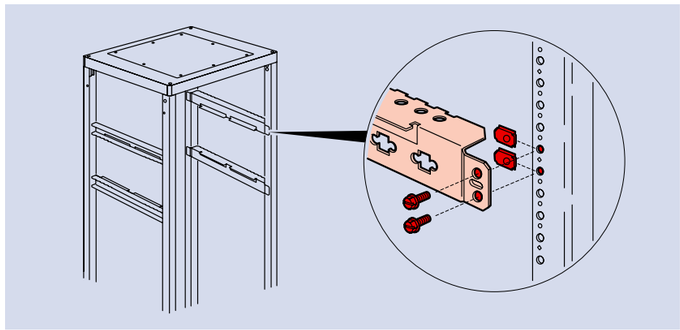
• Châssis plan

Il est constitué de deux montants réf. 095 95 qui se fixent en parties haute et basse de l'armoire. Voir repérage des fixations sur le schéma (7e trou à partir de l'avant de l'armoire).
Ce châssis permet de recevoir les dispositifs de fixation des appareils jusqu'au DPX 630 et au Vistop 800.

• Châssis en volume

Il est constitué de traverses réf. 095 67 qui permettent de supporter les appareils de puissance.





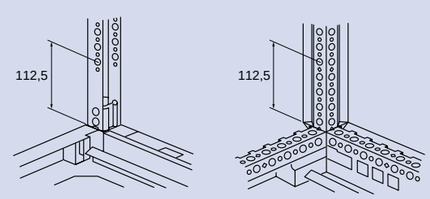
+ Le kit réf. 345 48 facilite l'alignement au montage des armoires sur un sol non plan. Le calage reste néanmoins conseillé pour compenser les défauts de planéité du sol. La charge autorisée pour la manutention est de 1000 kg/m³ avec les plaques de liaison et les cornières de levage réf. 347 91.

+ Le kit réf. 345 47 assure la continuité des structures d'armoire. La charge autorisée pour la manutention est de 1000 kg/m³ de volume d'enveloppe.

+ Toutes les gaines XL-A sont livrées avec une porte équipée d'une fermeture à clé.

+ L'armoire XL-A est équipée de perforations alternées au pas de 25 mm :
- trou rond Ø 8,5 mm et encoche recevant des clips-écrous réf. 347 48 pour vis M6 et réf. 347 49 pour vis M8
- trou rond Ø 4,2 mm recevant des vis autotaraudeuses réf. 347 46 de type CBL Z 5,5-16.
Dans tous les cas, ces fixations assurent la continuité des masses.

! Armoires XL et XL-A ont des cotes de structures communes et les équipements se fixent aux mêmes emplacements.
Les cotes de positionnement données dans les notices sont donc identiques.
En revanche, le nombre de trous Ø 8,5 mm définissant une position sur les montants est différent entre XL et XL-A.
Le nombre de trous définissant une position sur XL doit donc être augmenté de 4 pour la même position sur XL-A.



XL **XL-A**

6 Eléments d'habillage

• Panneaux latéraux

Les panneaux, à commander séparément, se fixent très facilement par accrochage sur les angles supérieurs de l'armoire et par vissage direct des 8 vis dans les porte-équipements universels (tournevis PZ3 ou tournevis plat de 10).



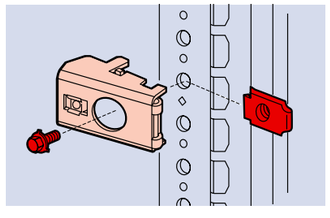
Pattes d'accrochage

• Panneau arrière

Le panneau arrière livré avec l'armoire se monte de la même manière que les panneaux latéraux.

• Cadre de plastronnage

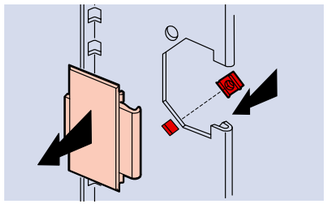
Le cadre de plastronnage est commun aux armoires XL et XL-A. Voir assemblage du cadre au chapitre XL 400-600. Les supports se positionnent au 19e trou (15 + 4). La cote 460 mm reste identique.



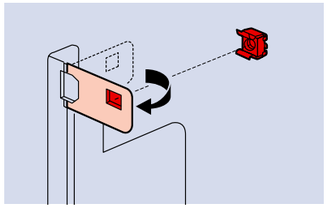
• Cadre d'habillage

Le cadre d'habillage réf. 095 98 permet la finition de l'armoire XL-A sans porte. Il se fixe sur le cadre de plastronnage réf. 095 87.

- Retirer les huit obturateurs plastique sur le cadre de plastronnage.
- Insérer les écrous-cages dans la lumière carrée.



- Replier les pattes aux extrémités des éléments verticaux du cadre d'habillage et insérer les écrous-cages.



- Assembler les éléments verticaux et horizontaux (4 vis, clé mâle de 4).
- Retirer les vis nickelées de fixation du cadre de plastronnage.
- Positionner le cadre d'habillage et visser les vis d'assemblage (vis noires, clé mâle de 4).
- Repositionner l'ensemble sur l'armoire et revisser les vis nickelées (tournevis PZ3).



Finition d'une armoire XL-A avec cadre d'habillage

7 Plaques d'entrée de câbles

• Plaques supérieures

Les armoires et gaines XL-A sont livrées avec des plaques d'entrée de câbles amovibles de grandes dimensions, fixées sur le toit de l'armoire, lui-même amovible. Toits et plaques peuvent être retirés ensemble ou séparément pour faciliter les usinages nécessaires.



• Plaques inférieures

Les armoires et gaines XL-A sont livrées avec des plaques inférieures d'entrée de câbles ajustables et équipées d'un joint d'étanchéité en mousse. Leur fixation est assurée par des cames de manœuvre aisée (1/4 de tour avec une clé à pipe de 13).



8 Porte

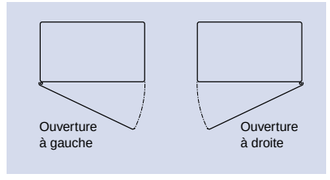
Les armoires XL-A peuvent être équipées d'une porte en tôle peinte pleine réf. 095 71, ou vitrée réf. 095 73.

• Pose de la porte

- Disposer les huit charnières/gâches sur les porte-équipements en insérant les axes.



- Positionner la porte avec le sens d'ouverture souhaité et insérer les axes des charnières.



- Si nécessaire, ajuster la position de la poignée de manœuvre : partie mobile vers le bas (voir page 519).

• Changement d'empreinte ou de barillet

(voir page 520).

+ Les deux fonctions, gâche et charnière, sont intégrées dans la même pièce.
Aucun démontage n'est nécessaire en cas de retournement de la porte.

9 Liaisons équipotentielles

• Structure et châssis

Comme pour l'armoire XL, l'équipotentialité de la structure de l'armoire XL-A est directement assurée par construction. L'équipotentialité du châssis l'est par le montage. Des zones de contact sont ménagées, les clips-écrous à picots assurent la continuité par perçage de la peinture. Les kits d'assemblages réf. 345 46/47/48 assurent la continuité électrique des structures.

• Panneaux, portes et éléments amovibles

Tous ces éléments doivent être reliés électriquement à la structure de l'armoire.

- Les panneaux et la porte sont dotés de goujons M8 cuivrés et soudés à même d'écouler des courants de défaut importants.
- Les plaques d'entrée de câbles supérieures sont équipées d'un goujon M8 (1re version) ou de vis autotaraudeuses assurant directement la liaison au montage (2e version).



- Les plaques d'entrée de câbles inférieures sont reliées par boulons avec rondelles-contact.

La section des liaisons équipotentielles doit être choisie en fonction des matériels éventuellement installés sur les panneaux et sur la porte (voir chapitre II.D.5). Sans appareillage, prévoir une section minimale de 4 mm^2.

Les coffrets XL-A 250

Tous les avantages du système XL dans des enveloppes robustes et étanches.

En répondant parfaitement aux attentes de robustesse (IK 10), d'étanchéité (IP 55) et de résistance aux agressions (1000 heures d'essai au brouillard salin), les coffrets XL-A apportent la haute protection nécessaire aux équipements de distribution en environnement difficile.
Les atouts de simplicité, flexibilité et adaptabilité des équipements communs XL se retrouvent dans la mise en œuvre des coffrets XL-A 250.
La gamme de huit dimensions est rationnelle : une profondeur unique 250 mm, deux largeurs 600 et 1200 mm pour une ou deux colonnes de plastrons, des hauteurs de 400 à 1200 mm.
Les coffrets XL-A 250 sont livrés avec un châssis amovible et avec les éléments du cadre de plastronnage.
Les dispositifs de fixation, les platines et plastrons d'appareils sont à commander séparément en fonction de la configuration retenue.





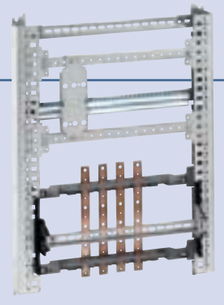
Coffret XL-A 250

1 Châssis et équipements

Le châssis reçoit les dispositifs de fixation réf. 092 00/02 pour appareils modulaires et les dispositifs réf. 092 07 pour appareils de puissance jusqu'à 400 A (réf. 092 05 pour vistop 400).

L'équipement et le câblage peuvent se faire dans le coffret ou en dehors de celui-ci.
Les montants du châssis sont solidarisés par les dispositifs de fixation (réf. 092 00/02/07) pour les coffrets largeur 600 et par des traverses en U pour les coffrets largeur 1200.

Le châssis amovible



Le châssis amovible reçoit les équipements XL



Châssis sur deux colonnes composé de quatre montants solidarisés par deux traverses

Le châssis des coffrets XL-A 250 reçoit les multiples accessoires des gammes XL et LEXIC



Bracelet de guidage vertical réf. 092 67 clipsé sur le montant



Support de répartiteur Lexiclic réf. 048 74 (livré avec pattes de fixation à clipser)

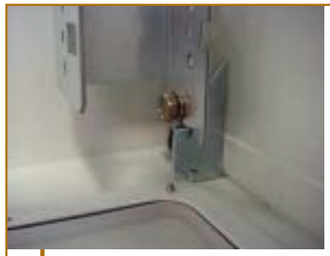


Platine perforée hauteur 200 mm réf. 092 97 pour fixation universelle d'appareillage

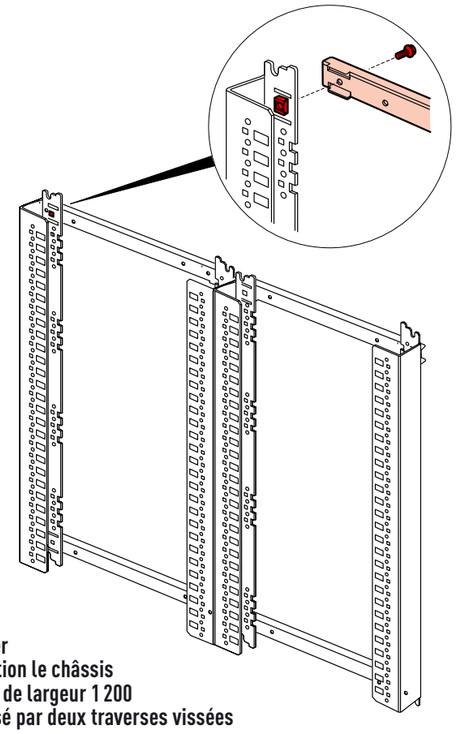


Utilisation des pattes support de goulotte réf. 095 99 et d'un support isolant réf. 092 14 pour fixation isolée d'un rail

Le montage du châssis dans l'enveloppe peut se faire coffret en position verticale ou en position horizontale. Dans les deux cas les "coins actifs" intérieurs permettent de positionner le châssis.



Fixation du châssis sur les "coins actifs" des coffrets XL-A 250



Pour faciliter sa manutention le châssis des coffrets de largeur 1 200 est solidarisé par deux traverses vissées

2 Adduction des conducteurs

• Les coffrets XL-A sont livrés avec des plaques d'entrée de câbles en tôle d'acier peinte d'épaisseur 2 mm. Ces plaques de grande dimension seront percées et équipées de presse-étoupes selon les besoins.
La totale réversibilité des coffrets XL-A permet de disposer la plaque d'entrée de câbles avec son joint sur le dessus ou sur le dessous du coffret bien qu'en condition d'exposition sévère (pluie, projections), il soit préférable de faire entrer les conducteurs par le dessous du coffret.

• Tous les coffrets XL-A peuvent recevoir une (ou deux en largeur 1200) plaque d'entrée de câbles Cabstop™ réf. 364 97.
La plaque Cabstop se fixe directement en lieu et place de la plaque standard.

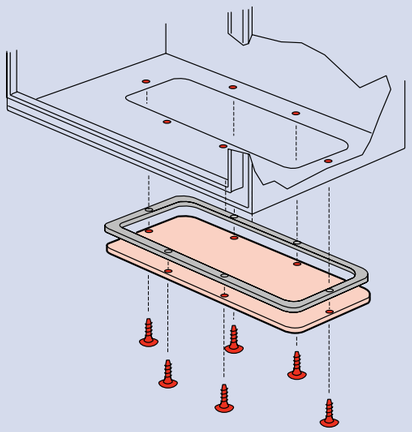


Avec 28 entrées Ø 5 à 14, 2 entrées Ø 14 à 24 et une réserve (R1 + R2) de 250 cm2, la plaque réf. 364 97 est particulièrement adaptée aux configurations des circuits de distribution.

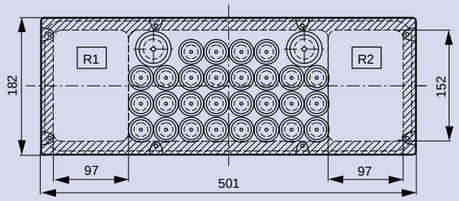


Le câble perfore directement l'entrée de câble Cabstop™

Montage de la plaque



Le montage de la plaque s'effectue par vis autotaraudeuses (tournevis PZ2). La continuité électrique est directement assurée





Etanchéité et tenue mécanique des câbles sont automatiquement assurées

3 Fixation murale des coffrets XL-A

Les différentes possibilités de fixation permettent le montage des coffrets XL-A 250 dans toutes les situations : vissage direct, pattes verticales, horizontales, à haute résistance à la corrosion, avec enjoliveur de finition.

• Fixation directe par vissage

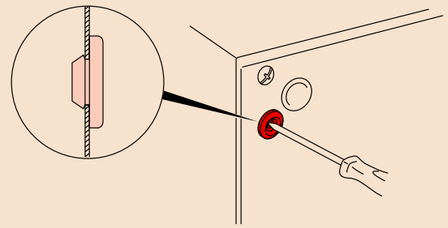
- Relever la patte taraudée en la dépliant pour libérer le trou de fixation.



- Effectuer le vissage par l'intérieur du coffret au travers du trou aménagé dans le fond.



Quel que soit le mode de fixation retenu, direct ou par pattes, l'étanchéité autour de la vis est assurée par un obturateur extrasouple qu'il est conseillé de percer au préalable



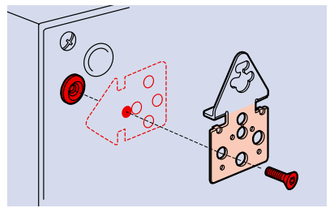
Les bossages permettent une portée stable sur le mur.



Le fond des coffrets XL-A 250, vissé et collé en retrait de la face arrière, garantit étanchéité et résistance à la corrosion.
La liaison équipotentielle des coins actifs du fond et de la ceinture est assurée par construction.

• Fixation par pattes

Deux modèles de pattes réf. 364 01 et 364 04 se vissent directement sur le fond des coffrets XL-A en position horizontale ou verticale selon les besoins.
- La patte réf. 364 04 est destinée à une utilisation courante (atmosphère peu agressive).
- La patte réf. 364 01, réalisée en alliage léger avec peinture polyester, est destinée aux atmosphères agressives.



Montage de la patte réf. 364 04



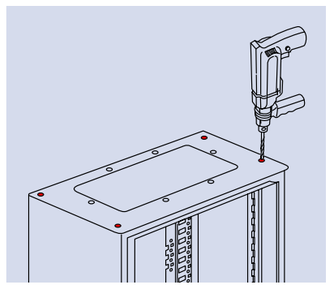
Patte réf 364 01 avec enjoliveur de finition

4 Montage sur socle

En complément de la fixation murale, les coffrets XL-A 250 peuvent recevoir un socle pour faciliter l'amenée des câbles.
Une seule référence (097 10), de hauteur 200 mm, permet de s'adapter à toutes les dimensions.

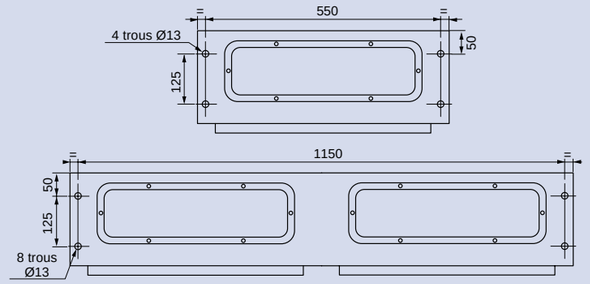


Pour les coffrets largeur 1200, utiliser deux socles réf. 097 10 en retirant les trappes des faces communes.
La fixation du socle sur le coffret nécessite le perçage préalable de celui-ci.



Le repérage peut se faire par pose "à blanc" du socle ou suivant le plan de perçage.
La fixation définitive s'effectue par boulonnage (vis et écrou M8 fournis).

Plan de perçage



5 Montage du cadre de plastronnage

- Visser à fond les quatre douilles entretoises (clé de 13) sur les goujons situés en haut et en bas du coffret.

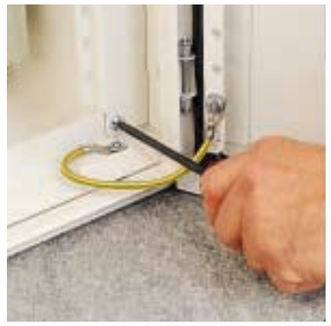


- Positionner les traverses inférieures du cadre de plastronnage et les visser (tournevis PH2/PZ2).

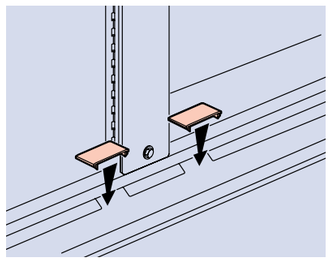


- Connecter en même temps la liaison équipotentielle de la porte (conducteur de masse réf. 363 95).

- Positionner et visser les éléments verticaux.



- Clipser les obturateurs hors passage des crémones.



6 Porte et fermeture

Les portes des coffrets XL-A offrent toutes les possibilités de montage des équipements sur porte : unités de commande et signalisation Signis™, goulottes et accessoires Lina 25.







Le kit de traçage TRA-FIX™ réf. 367 99 permet de repérer rapidement et sûrement les portes à percer ou à découper

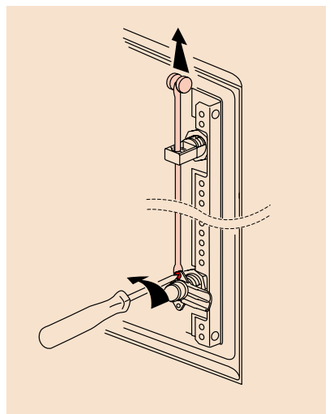
• Réversibilité des portes

Le sens d'ouverture des portes peut être facilement inversé (position de livraison : ouverture à gauche).

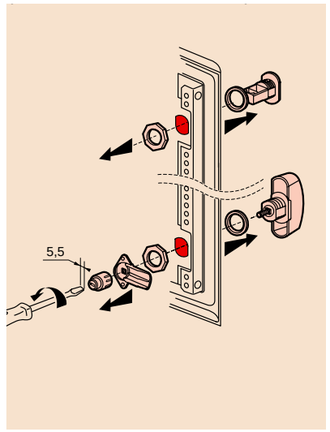
- Dégonder les axes avec un tournevis et déposer la porte.
- Démonter les charnières (tournevis PZ2) et les remonter de l'autre côté (ne pas omettre le joint sous la charnière).

Pour les portes avec deux points de condamnation (came + crémone), la position normale est poignée en haut et crémone en bas. Il est préférable de revenir à cette configuration après retournement de la porte.

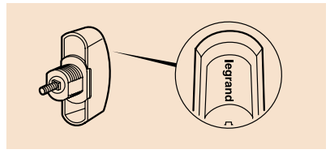
- Dévisser la vis de fixation de la crémone (PZ2) sur la came et retirer la crémone.



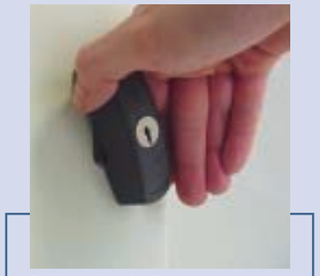
- Dévisser l'écrou de rosace du pontet de crémone.
- Dévisser l'écrou de fixation de la came et retirer la came.
- Dévisser l'écrou de rosace du verrou.



- Remonter en sens inverse en respectant le sens de la poignée "position fermée".

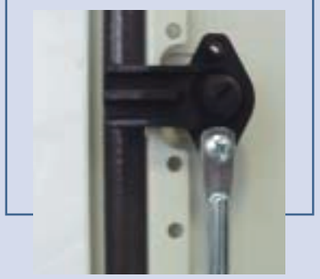


Fermeture



Préhension facile et agréable de la poignée

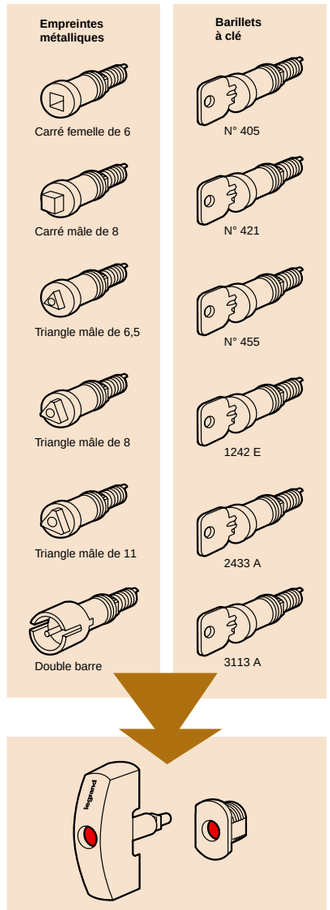
Verrouillage par clé intégré



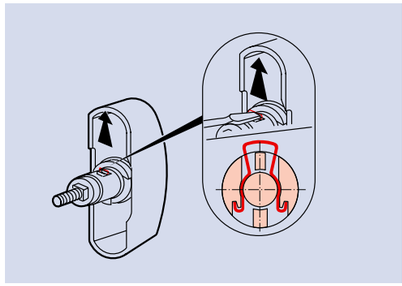
Douceur et progressivité de la fermeture 2 points

• Remplacement ou changement de barillet

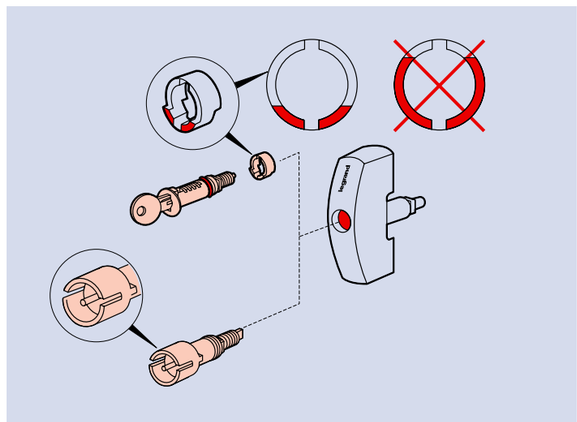
La poignée de fermeture des coffrets XL-A 250 est livrée avec un barillet à clé n° 2433A mais peut recevoir d'autres combinaisons ou de nombreuses empreintes normalisées.



Après démontage de la fermeture (voir page précédente), soulever l'épingle (celle-ci reste en place) et dégager le barillet.



Replacer le nouveau dispositif de verrouillage en respectant bien le sens de la bague.

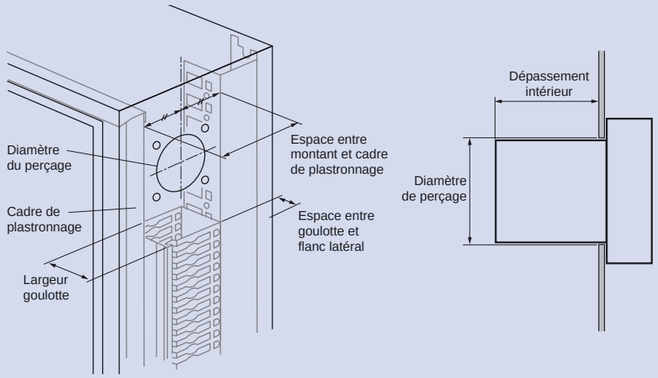


Réinsérer l'épingle et vérifier le fonctionnement.

7 Possibilités de montage de prises sur la face latérale des coffrets XL-A 250

Les tableaux ci-après ne concernent que des prises encastrées. Toutes les prises en saillie peuvent se monter sous réserve que l'entraxe horizontal des fixations n'excède pas 200 mm et l'encombrement total 220 mm.

Côtes de perçages



Désignation des prises	Références	Dépassement intérieur	Goulotte verticale acceptée	Conditions de montage de la prise
Socle de tableau incliné Plastique IP 44 TBT 16 A	524 01/02/03/04/05	41 mm	Non	Perçage Ø 55
Socle de tableau incliné Plastique IP 44 TBT 32 A	525 01/02/03/04	41 mm	Non	Perçage Ø 55
"Prisinter" socle de tableau incliné Métal IP 44 BT 16 A	520 12/13 520 14	46 mm 46 mm	Non Lg 60	Perçage Ø 92(1) Ø 102 non compatible
"Prisinter" socle de tableau incliné Plastique IP 44 BT 16 A	519 10 520 02/03, 522 02/03 520 04, 522 04	46 mm 46 mm 46 mm	Non Non Lg 60	Perçage Ø 92(1) Perçage Ø 92(1) Ø 102 non compatible
Socle de tableau incliné Métal IP 44 BT 16 A	520 32, 522 32 520 33/34, 522 33/34	41 mm 44 mm	Non Non	Perçage Ø 55 Perçage Ø 63,5
Socle de tableau incliné Plastique IP 44 BT 16 A	519 20, 520 22, 522 22 520 23, 522 23 520 24, 522 24 523 10/20/30/40	41 mm 44 mm 44 mm 44 mm	Non Non Non Non	Perçage Ø 55 Perçage Ø 63,5 Perçage Ø 70,6 Perçage Ø 63,5
"Prisinter" socle de tableau incliné Métal IP 44 BT 32 A	527 13, 529 13 529 14	54 mm 55 mm	Lg 60 Lg 60	Ø 115 non compatible Ø 119 non compatible
"Prisinter" socle de tableau incliné Plastique IP 44 BT 32 A	527 02/03, 529 03 529 04	54 mm 55 mm	Lg 60 Lg 60	Ø 115 non compatible Ø 119 non compatible
Socle de tableau incliné Métal IP 44 BT 32 A	527 32/33, 529 32/33 527 34, 529 34	50 mm 52 mm	Non Non	Perçage Ø 72,2 Perçage Ø 72,2
Socle de tableau incliné Plastique IP 44 BT 32 A	519 22 527 22/23, 529 22/23 527 24, 529 24 523 50/60/70/80	50 mm 50 mm 52 mm 50 mm	Non Non Non Non	Perçage Ø 72,2 Perçage Ø 72,2 Perçage Ø 72,2 Perçage Ø 72,2
"Prisinter" socle de tableau Métal IP 44 BT 63 A	536 12 538 13/14	90 mm 110 mm	Lg 60 Lg 60	Non Non
"Prisinter" socle de tableau Plastique IP 44 BT 63 A	537 12 537 11/13/14	90 mm 110 mm	Lg 60 Lg 60	Non Non



Désignation des prises	Références	Dépassement intérieur	Goulotte verticale acceptée	Conditions de montage de la prise
Socle de tableau incliné Métal IP 44 BT 63 A	536 32, 538 33/34	98 mm	Lg 60	Non
Socle de tableau incliné Plastique IP 44 BT 63 A	535 22, 536 22/23/24 538 23/24	98 mm 98 mm	Lg 60 Lg 60	Non Non
Socle de tableau incliné Plastique IP 67 BT 16 A	519 25 520 26 522 27 522 28	40 mm 40 mm 41 mm 42 mm	Non Non Non Non	Perçage Ø 72,2 Perçage Ø 55 Perçage Ø 63,5 Perçage Ø 70,6
Socle de tableau incliné Plastique IP 67 BT 32 A	519 26, 527 26 529 27 529 28	46,5 mm 48,5 mm 49,5 mm	Non Non Non	Perçage Ø 76,2 Perçage Ø 76,2 Perçage Ø 76,2
Socle de tableau incliné Plastique IP 67 BT 63 A	536 26/27/28 538 26/27/28	98 mm 98 mm	Lg 60 Lg 60	Non Non
Socle de connecteur (tableau) IP 67 BT 63 A	537 76/77/78	38 mm	Lg 40	Perçage Ø 80
Socle de tableau incliné Plastique IP 67 BT 125 A	591 12/13	84 mm	Lg 60	Non
Socle de connecteur (tableau) Plastique IP 67 BT 125 A	591 42/43	21 mm	Lg 40	Perçage Ø 100(1)
Socle à entraxe unifié IP 44 16 A	519 19, 520 18, 522 18 520 19/20 522 19/20, 523 19	37 mm 43 mm 43 mm	Non Non Non	Perçage Ø 76,2 Perçage Ø 76,2 Perçage Ø 76,2
Socle à entraxe unifié IP 44 32 A	519 21, 527 18/19/20 529 18/19/20, 523 59	54 mm 54 mm	Non Non	Perçage Ø 76,2 Perçage Ø 76,2
Socle à entraxe unifié IP 67 16 A	519 24, 520 21 522 30/31	42 mm 43 mm	Non Non	Perçage Ø 76,2 Perçage Ø 76,2
Socle à entraxe unifié IP 67 32 A	519 27, 527 25, 529 30/31	54 mm	Non	Perçage Ø 76,2
Socle de tableau P 17 Plastique TBT 16 A	552 11/12/13/14	23,1 mm	Lg 40	Perçage Ø 42
Socle de tableau P 17 Plastique TBT 32 A	552 61/62/63/64	23,1 mm	Lg 40	Perçage Ø 42
Socle de tableau incliné P17 Plastique IP 44 BT 16 A	573 64 573 65/68 573 67 573 69	41 mm 44 mm 41 mm 44 mm	Non Non Non Non	Perçage Ø 55 Perçage Ø 63,5 Perçage Ø 63,5 Perçage Ø 70,6
Socle de tableau incliné P17 Plastique IP 44 BT 32 A	580 64/65/68 580 69	50 mm 52 mm	Non Non	Perçage Ø 76,2 Perçage Ø 76,2
Socle de tableau P 17 Plastique IP 67 BT 16 A	559 03 559 07 559 08	40 mm 41 mm 42 mm	Non Non Non	Perçage Ø 55 Perçage Ø 63,5 Perçage Ø 70,6
Socle de tableau P 17 Plastique IP 67 BT 32 A	559 23/27 559 28	48,5 mm 49,5 mm	Non Non	Perçage Ø 76,2 Perçage Ø 76,2
Socle de tableau incliné P 17 Plastique IP 67 BT 63 A	587 24/25	98 mm	Lg 60	Non
Socle de tableau Métal IP 44 10/16 A	539 01	20 mm	Lg 60	Perçage Ø 76,2
Socle de tableau Plastique IP 44 10/16 A	539 03	20 mm	Lg 60	Perçage Ø 76,2



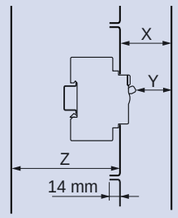
Les perçages et découpes pour commandes et signalisation

La conception originale des enveloppes XL (cadre porte sur les coffrets, cadre de plastronnage sur les armoires) permet de disposer d'un espace conséquent entre la face avant et la porte. Un avantage bien réel pour disposer des appareils sur la porte, pour installer des commandes frontales ou pour éviter la saillie des poignées des appareils de puissance.

1 COMMANDES LATÉRALES DÉPORTÉES POUR VISTOP

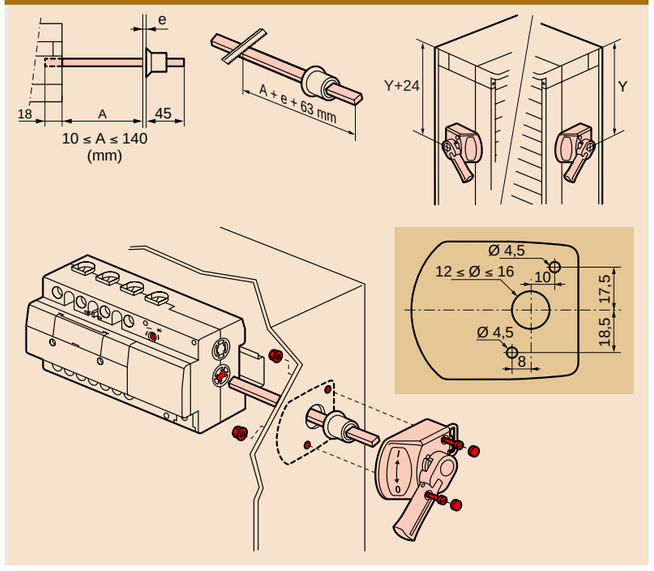
Tous les interrupteurs-sectionneurs Vistop à commande latérale sont livrés avec les accessoires nécessaires pour le report de la commande à l'extérieur de l'enveloppe : axe de manœuvre, joints, visserie, gabarits de perçage. L'axe de manœuvre peut être recoupé selon les besoins. La position du trou de passage à percer est donnée pour chaque type d'enveloppe.

Cotes des espaces disponibles (en mm) avec portes standard

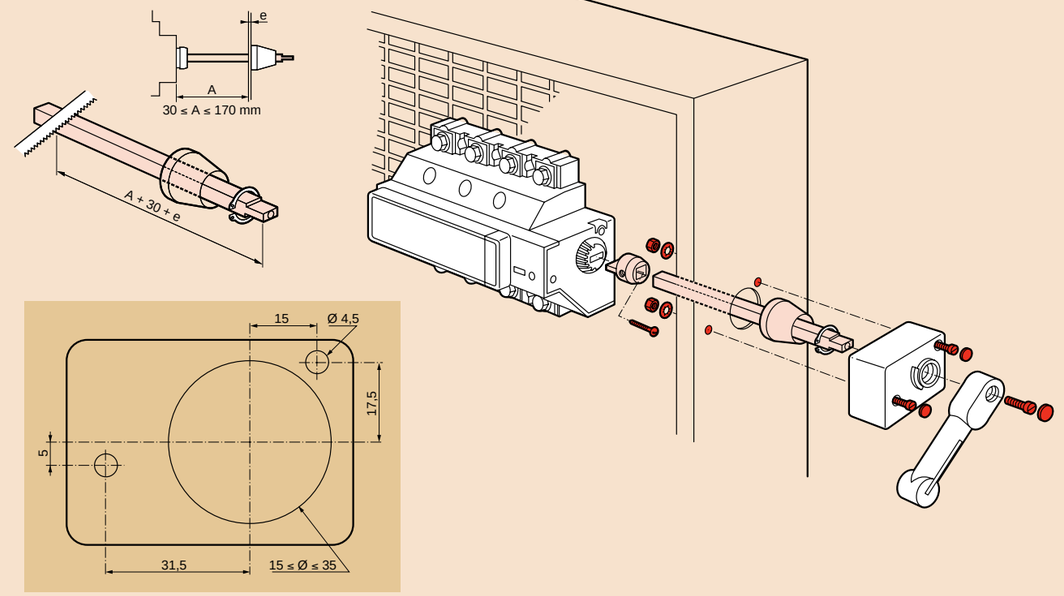


	X	Y	Z
XL 100	27	9	100
XL 135 porte standard	57	38	115
porte extraplate	30	11	115
XL 195 porte standard	57	38	173
porte extraplate	30	11	173
XL-A 250	60	39	186
XL 400	115	91	261
XL 600	115	91	461
XL-A 400	94	71	257
XL-A 600	94	71	457
XL-A 800	94	71	657

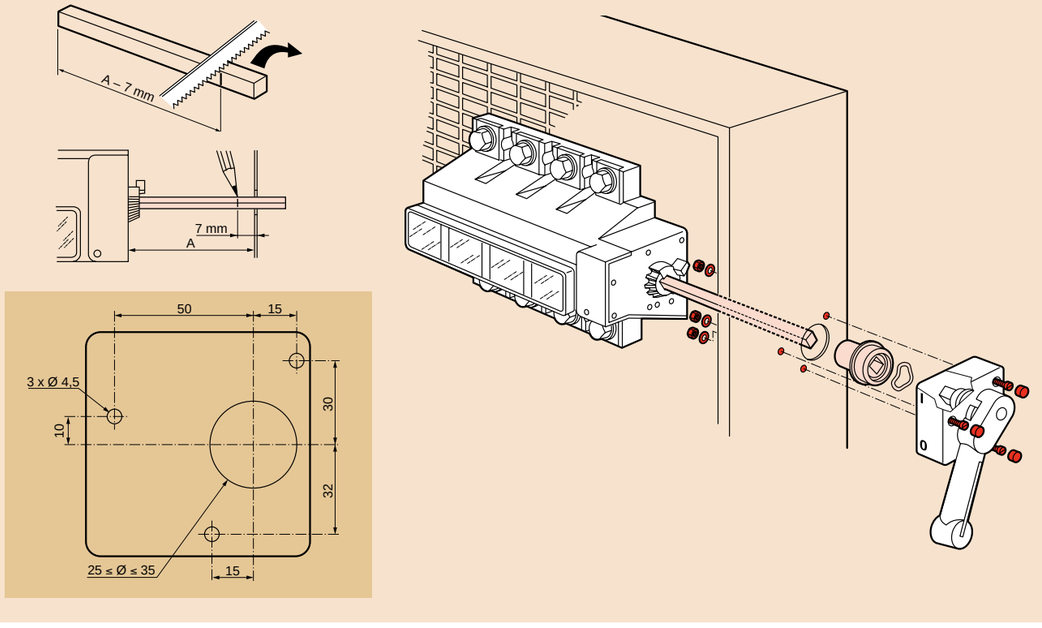
Vistop 63-100-125-160 A à fixation sur rail



Vistop 160-250 A à fixation à vis

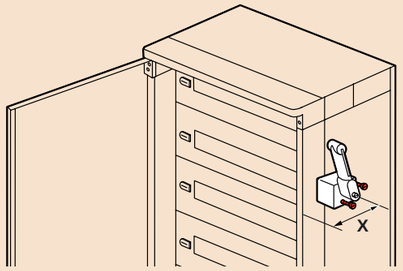


Vistop 400-630-800 A à fixation à vis



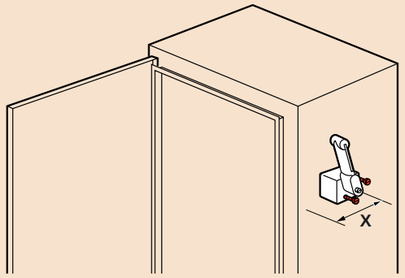
Positionnement des perçages pour commandes latérales déportées

XL 135-195 avec porte



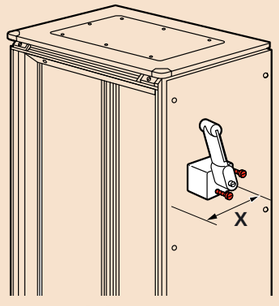
Bord du cadre

XL-A 250



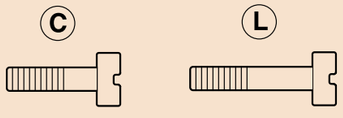
Bord du coffret, gouttière non comprise

XL 400-600 et XL-A 400-600-800



Bord du panneau

Les commandes extérieures se fixent sur les parois des enveloppes par deux vis et écrous. Des vis courtes (C) longueur 25 mm et des vis longues (L) longueur 35 mm sont livrées pour s'adapter à tous les cas.



Enveloppe XL	Vistop 63-100 A modulaire		Vistop 160 A fixation à vis		Vistop 250 A fixation à vis		Vistop 400-800 A fixation à vis	
	X (mm)	Vis	X (mm)	Vis	X (mm)	Vis	X (mm)	Vis
XL 135 + porte	69	L	90	L	(1)		(1)	
XL 195 + porte	69	L	90	L	92	L	(1)	
XL-A 250	69	C	88	C	90	C	95	C
XL-A 400-600	105	C	121	C	123	C	126	C
XL-A 400-600-800	98	C	114	C	116	C	119	C

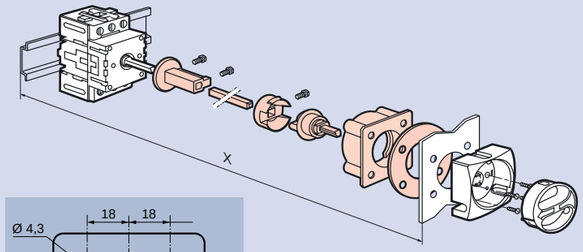
(1) Montage non prévu.

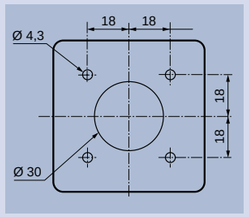
2 INTERRUPTEUR GÉNÉRAL 20 A AVEC COMMANDE FRONTALE



Réf. 22490 + 22733

Interrupteur général 20 A

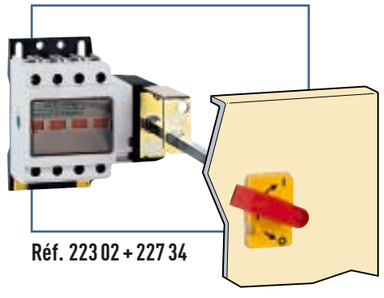




	Profondeur utile (x)	
	Mini	Maxi
Sans l'axe du kit	85 mm	100 mm
Avec l'axe du kit	125 mm	255 mm

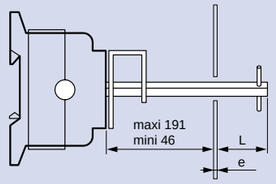
3 VISTOP 32 A

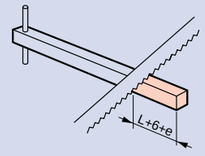
Les interrupteurs de sécurité Vistop 32 A peuvent être équipés d'une commande rouge sur fond jaune.

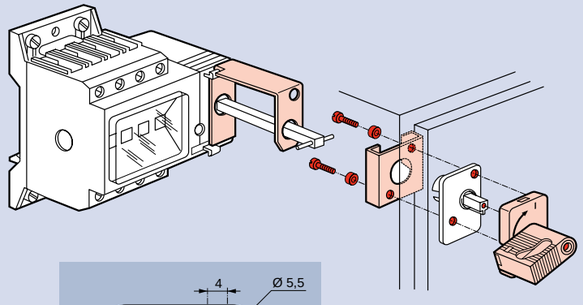


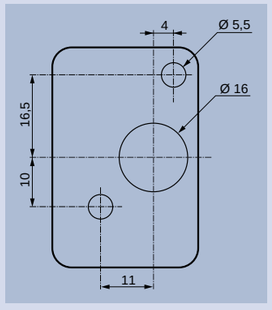
Réf. 22302 + 22734

Vistop 32 A





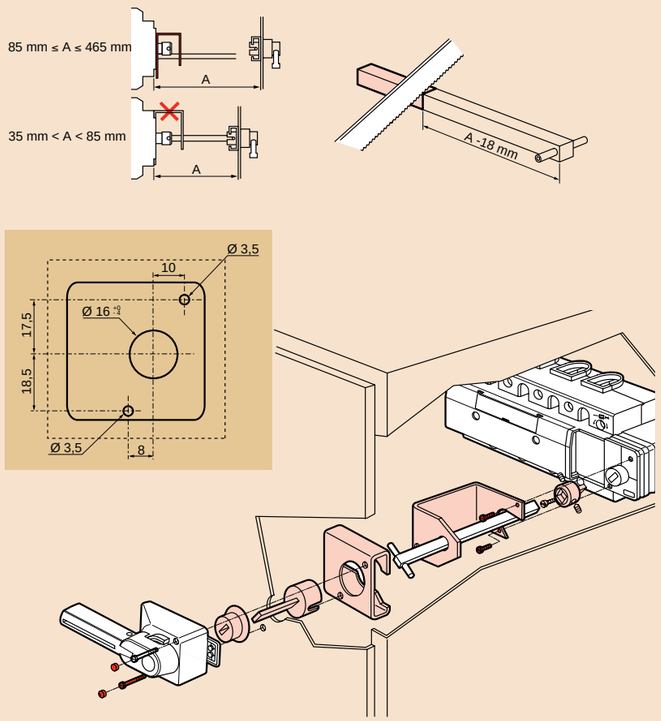




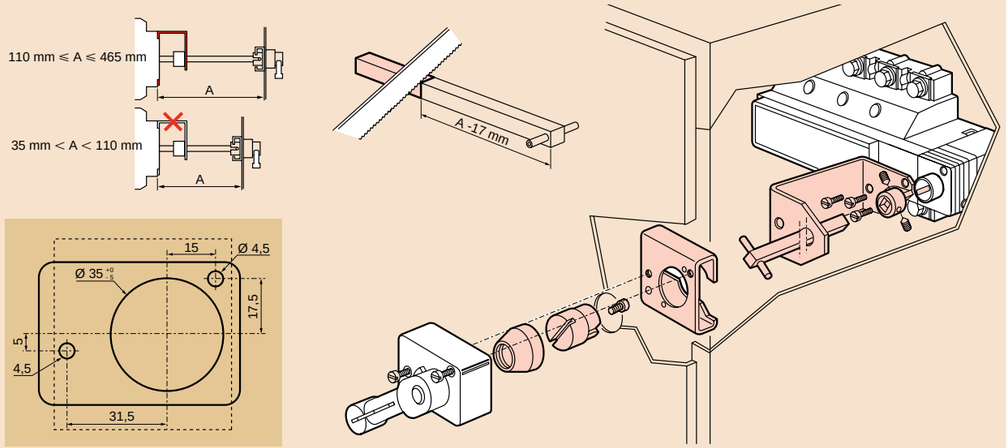
4 COMMANDES FRONTALES DÉPORTÉES POUR VISTOP

Tous les Vistop de 63 à 800 A et les interrupteurs 1 250/1 600 A peuvent être équipés d'une commande frontale reportée sur la porte.
Celles-ci sont à commander séparément suivant modèle (réf. 272 32/36/37/38). Elles comprennent : axe de manœuvre, support d'axe, accessoire de verrouillage empêchant l'ouverture de la porte contacts fermés, visserie, joints pour IP 55 et gabarit de perçage.

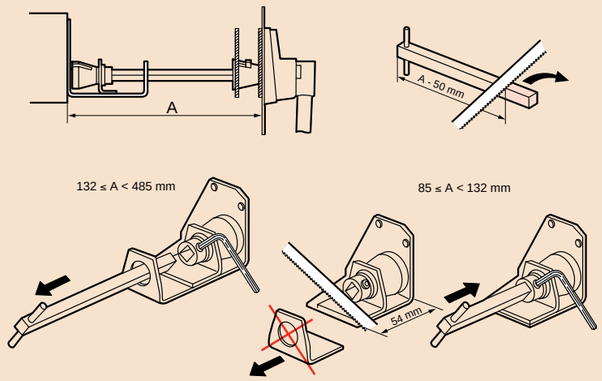
Vistop 63-100-125-160 A à fixation sur rail



Vistop 160-250 A

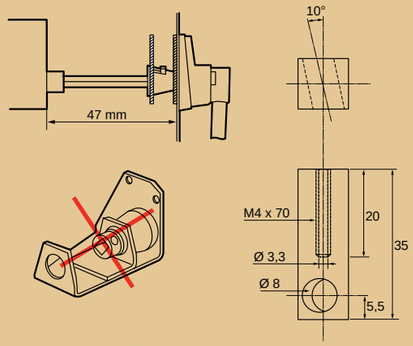


Vistop 400-630-800 A

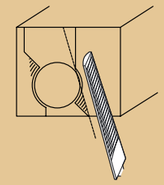


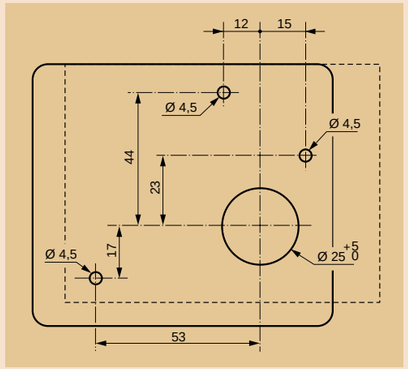
XL 195

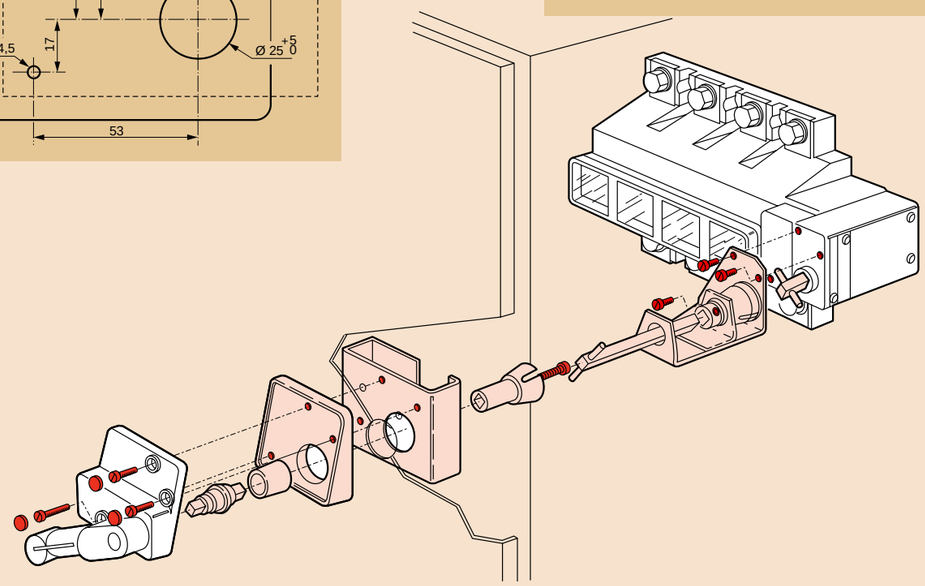
- **Usiner le carré de manœuvre et le fixer directement sur le Vistop par une vis M4 après démontage de la commande**



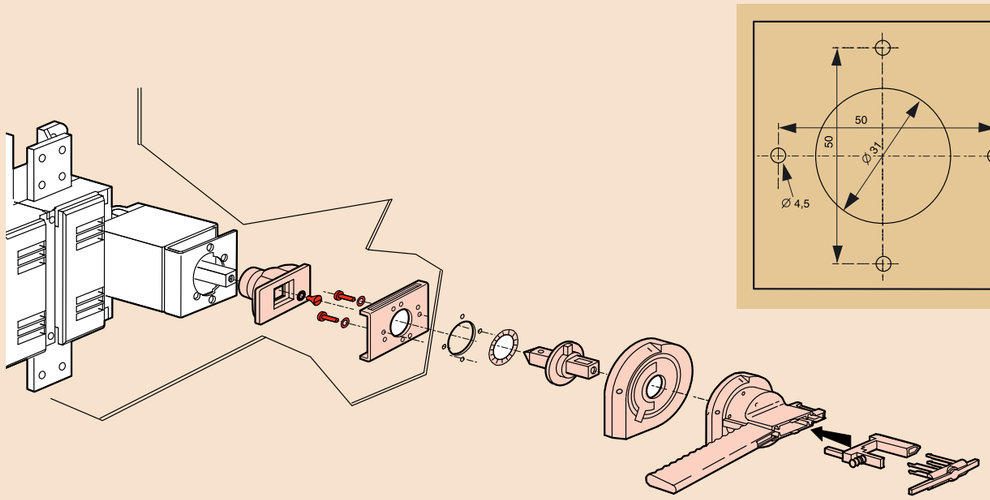
- **Reprise à effectuer sur la pièce de verrouillage côté porte**







Interrupteurs-sectionneurs 1 250-1 600 A



Possibilités de montage des interrupteurs-sectionneurs et des Vistop dans des enveloppes équipées de porte métal standard (57 mm entre plastron et porte)

Appareils / Enveloppes	Commande frontale directe sous porte							Commande frontale déportée sur porte						
	Inter	Vistop						Inter	Vistop					
	20 A	32 A	160 A modul.	160 A à vis	250 A à vis	400-800 A	1250-1600 A	20 A	32 A	160 A modul.	160 A à vis	250 A à vis	400-800 A	1250-1600 A
	Références des appareils							Références des commandes frontales						
	224 90	225 02	225 38	225 32	225 42	225 52	225 83	227 33	227 34	227 32	227 36	227 36	227 37	227 38
Coffret XL 100	oui (5)	oui	oui (1)	oui	non	non	non	non	oui	oui	oui	non	non	non
Coffret XL 135	oui (5)	oui	oui (1)	oui (2)	non	non	non	non	oui	oui	oui	non	non	non
Coffret XL 195	oui (5)	oui	oui (1)	oui (2)	oui (2)	non (6)	non	non	oui	oui	oui	oui	oui (3)	non
Coffret XL 195 au sol	oui (5)	oui	oui (1)	oui (2)	oui (2)	non (6)	non	non	oui	oui	oui	oui	oui (3)	non
Gaine XL 195	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
Coffret XL-A 250	oui (5)	oui	oui (1)	oui (2)	oui (2)	non (6)	non	non	oui	oui	oui	oui	oui (3)	non
Armoire XL 400-600	oui (5)	oui	oui	oui	oui	oui (1)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui (4)	oui
Gaine XL 400-600	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
Armoire XL-A 400-600-800	oui (5)	oui	oui	oui	oui	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui (4)	oui
Gaine XL-A 400-600-800	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non

(1) Cadenassage porte fermée 1 cadenas.
(2) Sans cadenassage possible porte fermée.
(3) Avec adaptation (usinage) du carré de commande (Lg 35), cf. schéma.
(4) Raccourcir le support du carré de manœuvre (Lg 54), cf. schéma.
(5) Découpe du plastron nécessaire.
(6) Commande latérale possible.
Les possibilités de montage de ce tableau ne sont pas applicables aux portes extra-plates (distance porte/plastron : 30 mm).

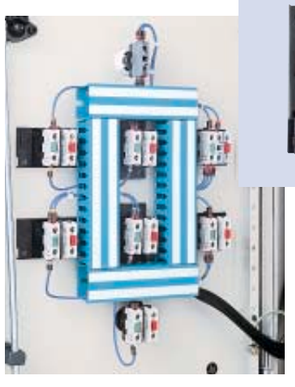
Possibilités de montage des DPX version fixe dans des enveloppes équipées de porte métal standard (57 mm entre plastron et porte)

Appareils / Enveloppes	Commande frontale directe derrière porte						Commande déportée extérieure sur porte					
	DPX						DPX					
	125	160	250 ER	250	630	1 600	125	160	250 ER	250	630	1 600
	Références des commandes directes						Références des commandes brisées					
	262 01	262 11	262 11	262 22	262 41	262 61	262 02	262 12	262 12	262 23	262 42	262 62
Coffret XL 100	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
Coffret XL 135	oui (1)	oui (1)	oui (1)	non	non	non	oui	oui	oui	non	non	non
Coffret XL 195	oui (1)	oui (1)	oui (1)	non	non	non	oui	oui	oui (3)	non	non	non
Armoire XL 195 au sol	oui (1)	oui (1)	oui (1)	non	non	non	oui	oui	oui	non	non	non
Gaine XL 195	non	non	oui (1)	non	non	non	non	non	oui	non	non	non
Coffret XL-A 250	oui (1)	oui (1)	oui (1)	non	non	non	oui	oui	oui	non	non	non
Armoire XL 400-600	oui	oui	oui	oui (2)	oui (2)	oui	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Gaine XL 400-600	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non
Armoire XL-A 400-600-800	oui	oui	oui	non	non	non	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Gaine XL-A 400-600-800	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non	non

(1) Pas de cadenassage porte fermée.
(2) Attention, cadenas diamètre maxi corde 5 mm.
(3) 160 A maxi.

5 UNITÉS DE COMMANDE ET DE SIGNALISATION SIGNIS ET GOULOTTES DE CÂBLAGE MONTÉES SUR PORTE

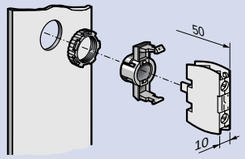
Afin de faciliter le montage des accessoires sur porte, les enveloppes XL réservent un volume important entre la face intérieure de la porte et les plastrons ou les faces d'appareils.
Avec les portes standard métal, la cote est de 57 mm sur les coffrets, et atteint 110 mm pour les armoires XL.
Selon les enveloppes, des goulottes de hauteur 25, 40 ou 60 mm sont acceptées (voir tableau page suivante).



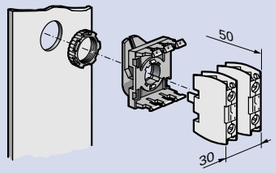
Les supports de goulottes réf. 366 42 se fixent sous les unités Signis. La complémentarité entre signalisation et câblage est totale

Encombrements

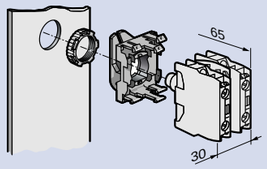
Les éléments constitutifs des unités Signis présentent des encombrements variables selon les fonctions. Les cotes 50, 65 et 76 mm ont été retenues.



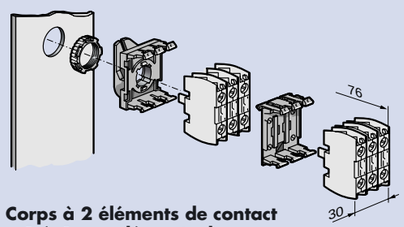
Corps à 1 élément de contact
Profondeur : 50 mm



Corps à 2 éléments de contact ou transformateur
Profondeur : 50 mm



Corps à 2 éléments de contact NO/NF + NO/NF
Profondeur : 65 mm



Corps à 2 éléments de contact + 1 à 4 compléments de corps (1 à 3 sur l'étrier supplémentaire)
Profondeur : 76 mm

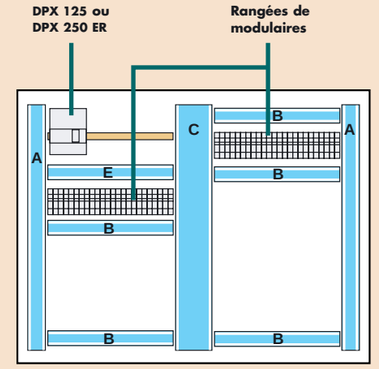
Possibilités de montage d'appareils dans des enveloppes équipées de portes métal

Appareils / Enveloppes	Signis			Goulottes		
	Encombrement			Hauteur		
	50	65	76	25	40	60
Coffret XL 100 porte ép. 25	non	non	non	oui	non	non
Coffret XL 135	oui (3)	non	non	oui	oui (3)	non
Coffret XL 195	oui (3)	non	non	oui	oui (3)	non
Armoire XL 195	oui (3)	non	non	oui	oui (3)	non
Gaine XL 195	oui	oui	oui	oui (1)	oui (1)	non
Coffret XL-A 250	oui	non	non	oui	oui (3)	non
Armoire XL 400-600	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Gaine XL 400-600	oui	oui	oui	oui (2)	oui (2)	oui (2)
Armoire XL-A 400-600-800	oui	oui	non	oui	oui	oui
Gaine XL-A 400-600-800	oui	oui	oui	oui (2)	oui (2)	oui (2)

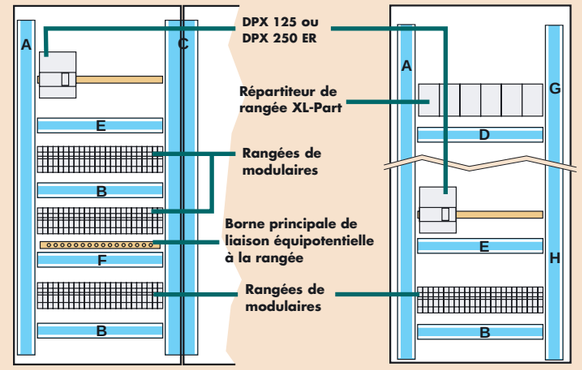
(1) Avec porte rapportée sur gaine.
(2) Sur porte de gaine d'origine.
(3) Non en vis-à-vis d'une rangée de modules.
Attention à toute disposition en face d'appareils de puissance.
Les possibilités de ce tableau ne sont pas applicables aux portes extra-plates (distance/plastron : 30 mm).

6 GOULOTTES LINA 25™

Possibilités de montage des goulottes dans les coffrets et armoires XL et XL-A



XL-A 250 (largeur 1 200)



XL 135-195
XL 100 (position A seulement)

XL 400-600
XL-A 400-600-800

A : goulotte verticale sur montant à droite ou à gauche
B : goulotte horizontale sous rangée de modulaires avec plastrons de 150 ou 200
C : goulotte verticale centrale (XL-A 250 largeur 1200) ou entre coffrets XL 135-195 juxtaposés
D : goulotte horizontale sous répartiteur de rangée XL Part réf. 098 75
E : goulotte sous appareil de puissance DPX 125-160-250 ER (monté sur platine réf. 262 08/09)
F : goulotte sous borne principale de liaison équipotentielle à la rangée (support unipolaire réf. 374 37 + barre)
G : goulotte verticale XL 400-600 sur support répartiteur de rangée XL-Part réf. 098 75
H : goulotte verticale sur support de fixation pour rail modulaire indépendant réf. 092 19

Cote maximum des goulottes (L x H) en mm										
Goulotte	A	B		C		D	E	F	G	H
Hauteur plastron / Enveloppe		150 ou 200				300	300	200		
XL 100	37,5 x 62,5 40 x 60									
XL 135	37,5 x 87,5 40 x 80	37,5 x 87,5 40 x 80	62,5 x 87,5 60 x 80	75 x 62,5 100 x 60 (4)	2 (37,5 x 87,5) 2 (40 x 60)		62,5 x 87,5 60 x 80	37,5 x 87,5 25 x 80		
Coffret XL 195	37,5 x 87,5 40 x 80	37,5 x 87,5 40 x 80	62,5 x 87,5 60 x 80	75 x 62,5 100 x 60 (4)	2 (37,5 x 87,5) 2 (40 x 60)		62,5 x 87,5 60 x 80	37,5 x 87,5 25 x 80		
Armoire XL 195	37,5 x 87,5 40 x 80	37,5 x 87,5 40 x 80	62,5 x 87,5 60 x 80	75 x 62,5 100 x 60 (4)	2 (37,5 x 87,5) 2 (40 x 60)		62,5 x 87,5 60 x 80	37,5 x 87,5 25 x 80		
XL-A 250	37,5 x 87,5 60 x 80	37,5 x 87,5 40 x 80	62,5 x 87,5 60 x 80	125 x 87,5 120 x 60 (4)	2 (62,5 x 87,5) 2 (60 x 80)		62,5 x 87,5 60 x 80			
XL 400-600 XL-A 400-600-800 montant réf. 095 95	37,5 x 87,5 40 x 80 (1)	37,5 x 87,5 40 x 80	62,5 x 87,5 60 x 80				62,5 x 87,5 60 x 80			
XL 400-600 XL-A 400-600-800 montant réf. 098 75 (2)						37,5 x 62,5 40 x 60			62,5 x 62,5 60 x 60	
XL 400-600 XL-A 400-600-800 montant réf. 092 19 (3)										75 x 62,5 60 x 60

(1) Attention : avec des supports réf. 092 08 il faut repercer le fond de la goulotte largeur 40.
(2) Support réf. 098 75 sur montant réf. 095 95.
(3) Dispositif réf. 092 19 sur structure armoire ou sur traverse réf. 095 67/68.
(4) Nécessité de repercer les fonds de goulotte pour fixation.

LE MONTAGE DES JEUX DE BARRES



Le jeu de barres constitue véritablement la “colonne vertébrale” de tout ensemble de distribution. Jeu de barres principal et jeux de barres dérivés assurent l’alimentation et la répartition de l’énergie.

Les supports isolants de l’offre Legrand, adaptés aux enveloppes XL et XL-A, permettent de constituer tous les jeux de barres rigides.
Parfaitement complémentaires, les barres souples permettent de raccorder les appareils de puissance aux jeux de barres avec une finition irréprochable.
Pour les très fortes puissances, jusqu’à 4000 A, la simplicité du principe d’implantation des DMX et des jeux de barres permet de transposer facilement le schéma électrique.
Avant le montage, le dimensionnement du jeu de barres nécessite quelques étapes préalables :
- le choix de la configuration dans l’enveloppe (principal, dérivé, fond d’armoire, latéral...
- la détermination de la section utile
- la détermination des distances entre supports
- la vérification des caractéristiques d’isolement.

Tous les jeux de barres Legrand ont fait l’objet de tests complets et notamment de court-circuit jusqu’aux valeurs les plus élevés (250 kÂ pour le support réf. 374 54).

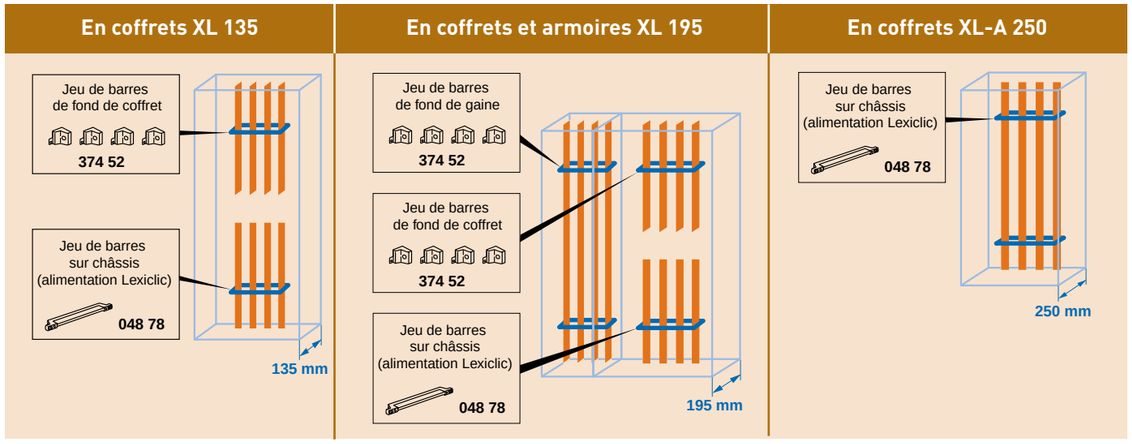
> CHOIX DES BARRES EN FONCTION DU SUPPORT

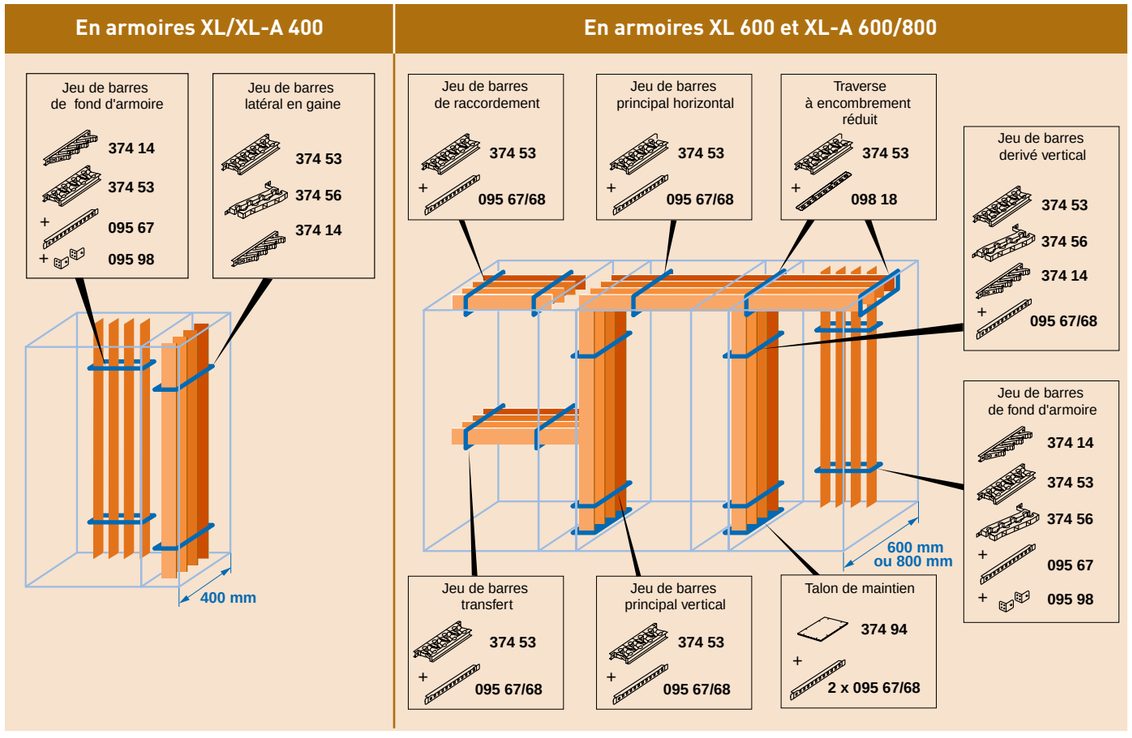
Supports pour jeu de barres	A plat, réf. 048 78	Inclinées, réf. 374 52	Inclinées, réf. 374 14	Décalées, réf. 374 56	Alignées, réf. 374 53	Alignées, réf. 374 54	
Position des barres	– – – –	⁄⁄⁄⁄	⁄⁄⁄⁄	ı ı ı	1 ou 2 barres par pôle	1 à 4 barres (ep. 5 mm) par pôle	1 à 3 barres (ep. 10 mm) par pôle
Référence et dimensions des barres (mm)	**374 34** 18 x 4	**374 34** 18 x 4	**374 34** 18 x 4				
	374 38 25 x 4	**374 38** 25 x 4					
	374 18 25 x 5	**374 18** 25 x 5	**374 18** 25 x 5				
			374 19 32 x 5				
				374 40 50 x 5	**374 40** 50 x 5	**374 40** 50 x 5	50 x 10
			374 41 63 x 5	**374 41** 63 x 5	**374 41** 63 x 5	**374 41** 63 x 5	60 x 10
				374 59 75 x 5	**374 59** 75 x 5	**374 59** 75 x 5	
				374 43 80 x 5	**374 43** 80 x 5	**374 43** 80 x 5	80 x 10
				374 46 100 x 5	**374 46** 100 x 5	**374 46** 100 x 5	100 x 10
				374 46 100 x 5		125 x 5	120 x 10
				374 60 155 mm²			
				374 61 155 mm²			
				374 62 155 mm²			

Si, pour des raisons mécaniques de montage, la valeur recommandée de distance entre les supports ne peut être respectée, toujours prendre une valeur inférieure pour garantir la tenue en court-circuit.

Les jeux de barres jusqu'à 1600 A

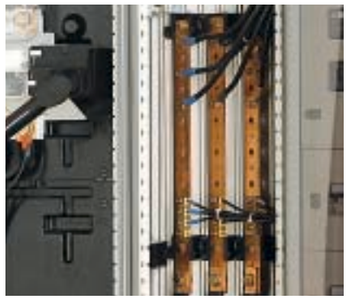
Conçus dans une logique de gamme, faciles à monter, , adaptables à toutes les enveloppes, l'offre de supports de jeux de barres permet toutes les réalisations standard et toutes les autres...



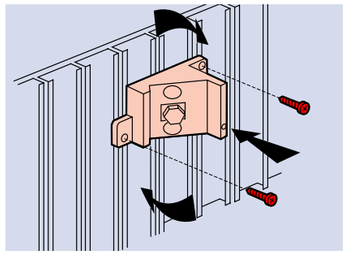


1 Jeu de barres de fond de coffret (XL 135/195)

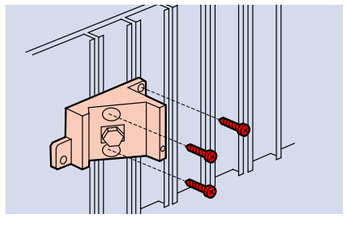
Les supports réf. 374 52 se fixent directement sur le fond des coffrets XL 135 et des coffrets, armoires et gaines XL 195.



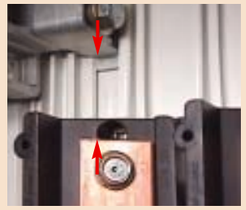
- La pose unitaire de chaque support s'effectue par un mouvement de rotation.
- La possibilité de réglage en translation permet d'ajuster la distance entre supports par rapport aux trous des barres.
- La fixation définitive doit être effectuée préférentiellement par les deux vis autotaraudeuses sur les "oreilles" du support.



Si aucune rainure de fond n'est disponible la fixation peut s'effectuer par les trous sous la barre.



Vérifier que les distances d'isolement entre barres et masses (20 mm) soient bien maintenues notamment aux extrémités des barres.



2 Jeu de barres sur châssis (XL 135/195-XL-A 250)

Les supports réf. 048 78 permettent de constituer un jeu de barres vertical solidaire des montants des enveloppes XL 135/195 et XL-A 250.



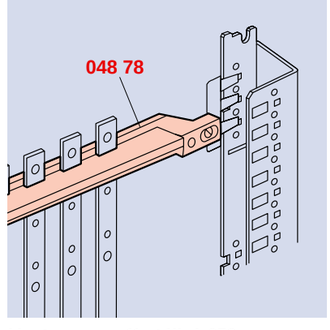
Jeu de barres de distribution verticale en fond de coffret XL



Jeu de barres de distribution verticale en fond de coffret XL-A 250 (utilisation maxi 400 V/400 A)

Particulièrement adaptés à l'alimentation des répartiteurs Lexiclic, ils peuvent aussi, à partir de l'appareil de tête, répartir et distribuer l'énergie sur les rangées d'appareils (entraxe 200 mm minimum). Le montage s'effectue par simple clipsage des pattes sur les montants puis vissage du support.

Montage en coffret ou armoire XL 135/195

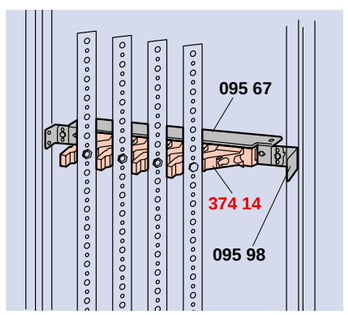


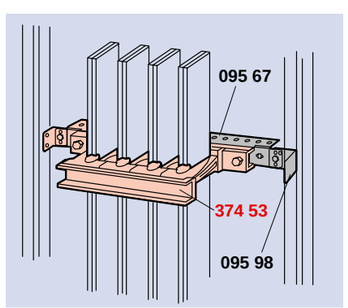
Montage en coffret XL-A 250 sur l'aile arrière du montant

3 Jeu de barres de fond d'armoire (XL 400-600 XL-A 400-600-800)

Généralement préconisée pour distribuer et répartir l'énergie dans une seule armoire, la pose d'un jeu de barres en fond est une solution qui optimise le volume de l'enveloppe (pas de gaine à barres latérales) au détriment de l'accessibilité. On la réservera plutôt lorsque le panneau arrière est accessible.
Le montage dans cette configuration nécessite de fixer au préalable les supports réf. 374 14 et 374 53 sur une traverse multifonctions réf. 095 67. Cette traverse est alors fixée aux montants de l'armoire par deux équerres réf. 095 98.







Montage de la traverse réf. 095 67 et de l'équerre réf. 095 98



Raccordement en barres souples entre appareil de tête et jeu de barres de fond d'armoire



4 Jeu de barres latéral en gaine (XL 400-600/ XL-A 400-600-800)

La gaine intégrée des armoires XL largeur 900 et XL-A largeur 1000 peut recevoir les supports de jeu de barres réf. 374 14, 374 53 et 374 56*.
*Barres plates hauteur maxi 63 mm en XL largeur 900.

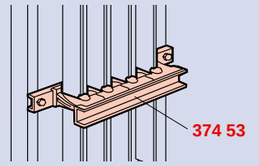


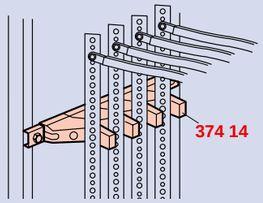
Support réf. 374 53 vissé directement sur les montants de l'armoire XL 400



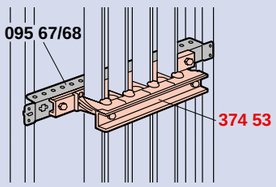
Fixation des traverses supports en aluminium

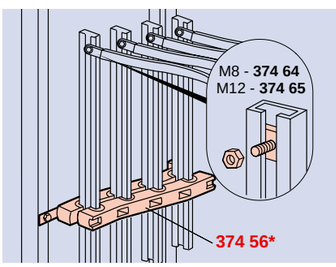
• Directement sur les montants de l'armoire en profondeur 400





• Par l'intermédiaire d'une traverse réf. 095 67/68 en profondeurs 600 /800

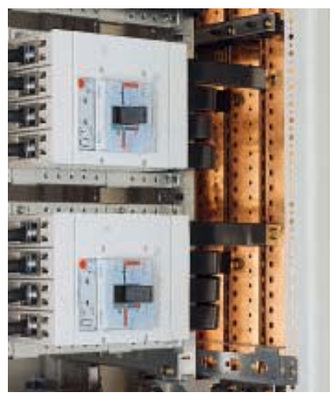


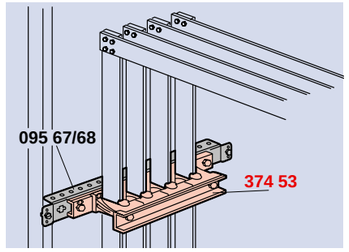


Le raccordement sur les barres en C s'effectue avec des écrous marteaux réf. 374 64/65

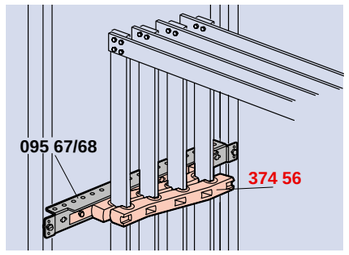
5 Jeu de barres principal vertical (XL 600/ XL-A 600-800)

Ce jeu de barres alimente le jeu de barres principal horizontal (avec lequel il constitue "l'arête" centrale de l'ensemble), directement à partir de l'appareil de tête ou à partir d'un jeu de barres transfert.
Les supports réf. 374 53 sont communément utilisés pour constituer ce jeu de barres. Les supports réf. 374 56 peuvent également être utilisés pour décaler les barres afin de faciliter d'éventuels raccordements.
Dans tous les cas les supports sont fixés au préalable sur des traverses multifonctions réf. 095 67/68.

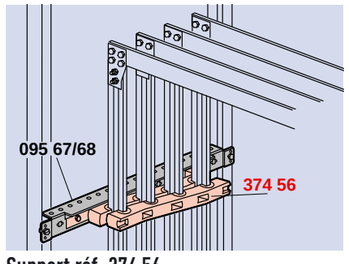




Support réf. 374 53



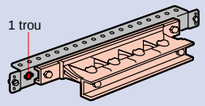
Support réf. 374 56
avec barres plates



Support réf. 374 56
avec barres en C

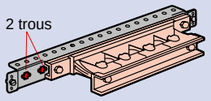
Montage des supports sur les traverses

- **Jeu de barres centré dans la profondeur de l'armoire**



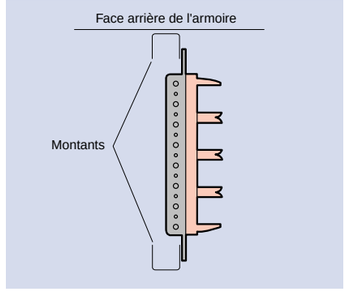
La disposition centrée facilite le raccordement des appareils de puissance avec prises avant ou lorsqu'il n'existe pas d'accès arrière aux armoires.

- **Jeu de barres décentré vers le fond de l'armoire**

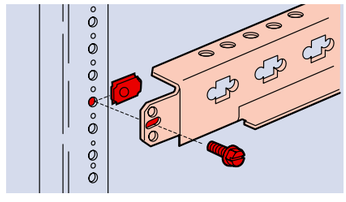


La disposition décentrée vers le fond facilite le raccordement des appareils avec des prises arrière. Elle libère du volume et permet ainsi l'installation d'une barre collectrice des conducteurs PE ou d'un dispositif de fixation pour rail modulaire indépendant réf. 092 19 recevant des appareils de mesure devant les barres.

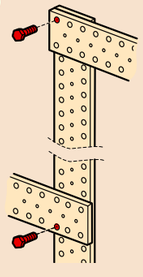
Les traverses équipées des supports doivent être montées sur la face extérieure droite des montants.



Les disposer sans les serrer pour permettre l'ajustement en profondeur. Les traverses doivent être fixées par une seule vis dans le trou oblong.



Voir, en annexes, les valeurs des couples de serrage recommandées.

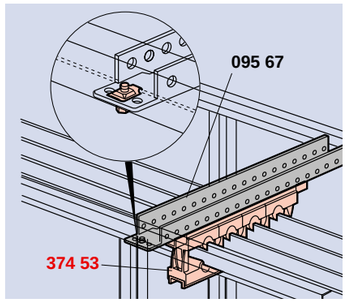


Commencer la constitution des jeux de barres par le jeu de barres principal vertical afin de prendre en référence les trous repérés dans le schéma ci-dessous. Ces trous doivent coïncider. Une tige ou une vis pourront les maintenir pendant le montage. En cas de perçage (barres pleines ou de largeur 63 et 80) appliquer la même règle.

Après positionnement des barres, serrer dans l'ordre :
- **les liaisons et les connexions entre barres**
- **les mâchoires des supports**
- **les vis de fixation des traverses sur les montants de l'armoire.**

6 Jeu de barres principal horizontal (XL 600/ XL-A 600-800)

Ce jeu de barres permet d'effectuer la distribution de l'énergie dans plusieurs armoires juxtaposées. Alimenté directement par l'appareil de tête, ou par le jeu de barres principal vertical, il est habituellement disposé en partie supérieure des armoires, mais il peut également l'être en partie inférieure.
Il est nécessaire de prévoir un volume correspondant à un plastron de 200 mm pour son cheminement.



Réalisé avec des supports réf. 374 53, fixés sur la traverse multifonctions réf. 095 67/68, ce jeu de barres principal horizontal peut être centré ou décentré vers le fond de l'armoire (comme pour le jeu de barres principal vertical).

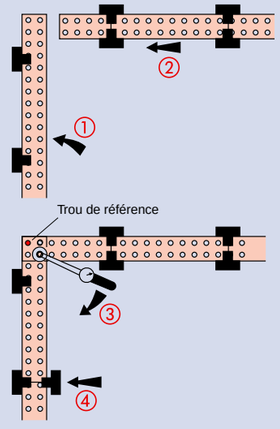
Effectuer le montage du jeu de barres principal horizontal et du jeu de barres principal vertical en même temps, en respectant les règles de positionnement : trou de référence, position des traverses.

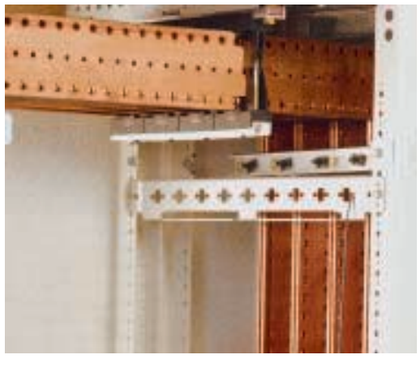


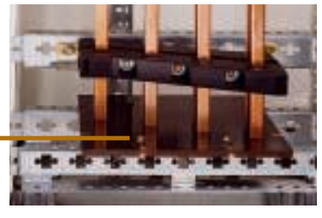
Le retrait des montants amovibles facilite le montage

Montage du jeu de barres principal horizontal alimenté par un jeu de barres principal vertical

- Disposer les supports des barres horizontales équipés des mâchoires mobiles et des vis d'assemblage M6 (longueur 115 pour les barres, hauteur 50 et 63, longueur 160 pour les barres hauteur 75, 80 et 100).
- Disposer les supports des barres verticales en ayant au préalable retiré les mâchoires mobiles.
- Placer dans l'ordre la 1re barre verticale vers le fond de l'armoire A, puis glisser la barre horizontale correspondante jusqu'à faire coïncider le trou de référence.
- Disposer les vis et écrous d'assemblage, vérifier la position et serrer au couple.
- Procéder de la même manière pour les barres suivantes.
- Terminer en disposant les mâchoires mobiles des supports verticaux.



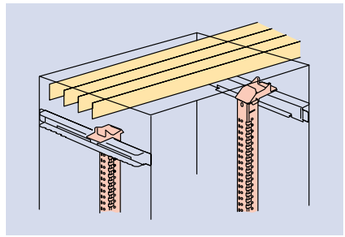




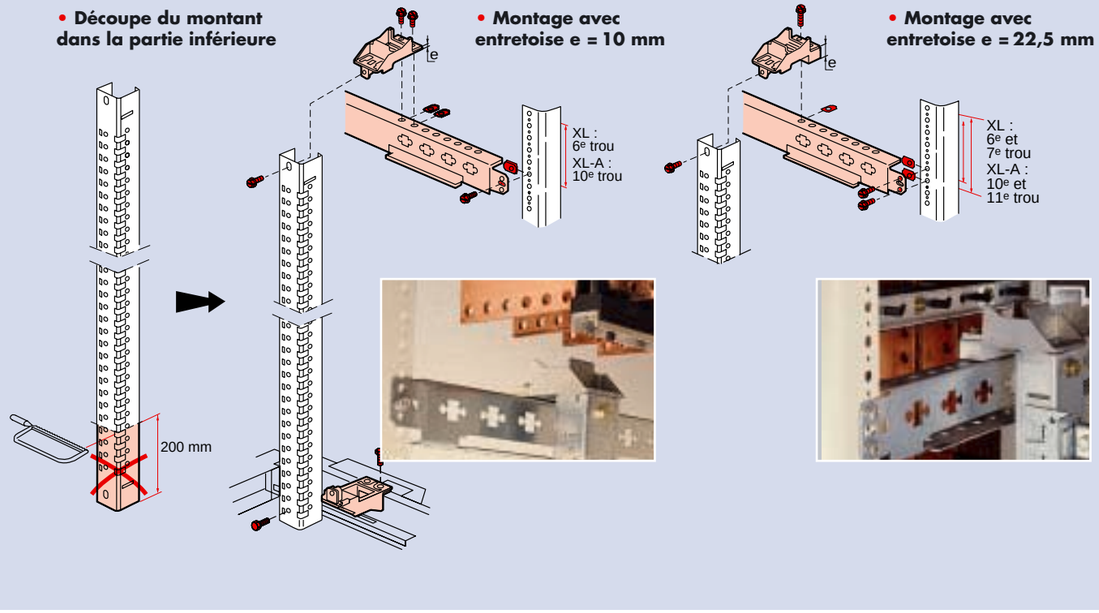
Le talon de maintien réf. 374 94 facilite le montage des barres verticales

• Constitution d'un châssis avec des montants réf. 095 95 sous le jeu de barres principal horizontal

Il est nécessaire de recouper les montants de 200 mm dans leur partie inférieure, avant de les fixer sur des traverses réf. 095 67/68.



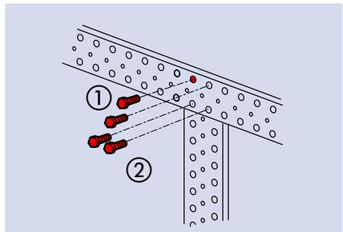
Montage d'un châssis plan sous un jeu de barres principal horizontal



La configuration avec recoupe de 200 mm des montants réf. 095 95 permet le montage de barres de hauteur maximale 125 mm, la zone de passage étant fermée par un plastron hauteur 200 mm (réf. 092 45/95).
Pour toute autre hauteur de zone de passage de barres, il est impératif de recouper les montants réf. 095 95 d'une longueur multiple de 50 mm (exemple : 250, 300, 400 mm). Ceci permettra un montage facile des différents dispositifs et une fermeture de la zone de passage avec des plastrons de hauteur standard.

7 Jeu de barres dérivé vertical (XL 600/ XL-A 600-800)

• Supports réf. 374 53 et 374 56 avec barres plates de hauteur 50, 63, 75, 80, 100.

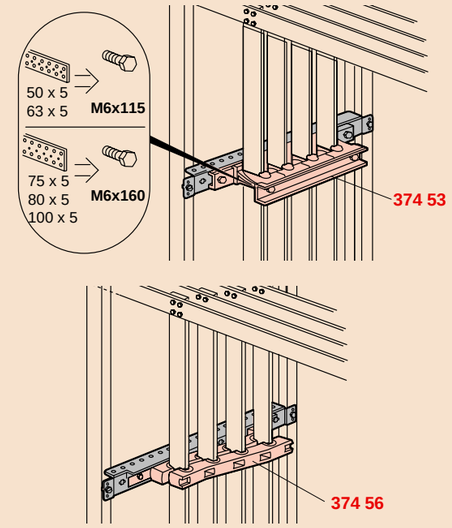


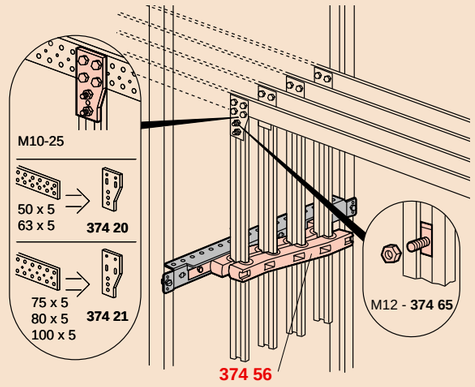
Les barres dérivées sont alors directement boulonnées aux barres horizontales.
Les règles de montage (trou de références, position des traverses, sens de montage) sont identiques à celles du jeu de barres principal vertical.

• Supports réf. 374 56 équipés de barres en C reliées aux barres horizontales par des éclisses de liaison réf. 374 20 et 374 21.

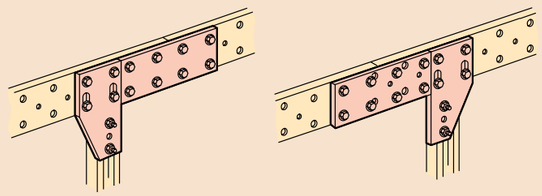


Montage des jeux de barres dérivés



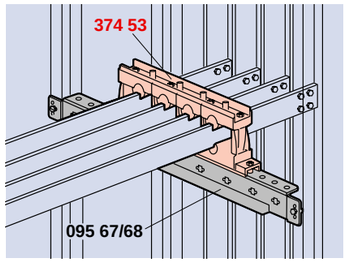


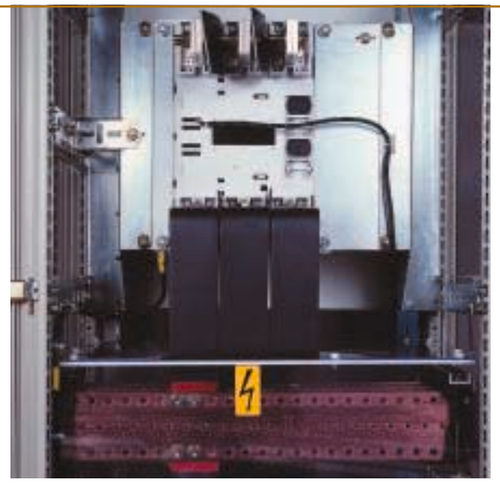
Si les éclisses se trouvent à proximité de l'extrémité des barres horizontales, placer le grand côté de l'éclisse côté jonction des barres.



8 Jeu de barres transfert (XL 600/ XL-A 600-800)

Ce jeu de barres assure la liaison entre l'appareil de tête et le jeu de barres principal vertical. Il permet le raccordement aval des appareils de forte puissance.
Le montage du jeu de barres transfert s'effectue avec les supports réf. 374 53, fixés sur le côté des traverses multifonctions réf. 095 67/68.



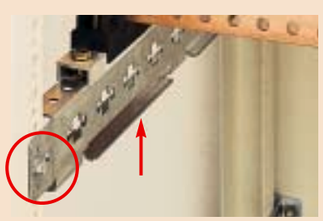


Raccordement d'un DPX 1600 débrochable sur un jeu de barres transfert



Jeu de barres transfert 1600 A

Attention :
traverse aile vers le bas et fixation sur les montants de l'armoire avec une seule vis dans le trou oblong du milieu.



Montage correct



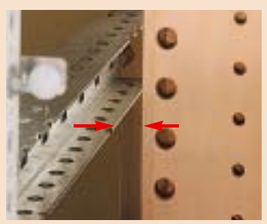
Montage incorrect

9 Jeu de barres de raccordement (XL 600/ XL-A 600-800)

Il n'existe pas de règle spécifique de construction de ces configurations qui sont généralement adaptées à chaque cas. La nécessité d'un jeu de barres de raccordement peut être liée au nombre et/ou sections des conducteurs, à des spécificités de raccordement sur site, à des alimentations multiples…
Les supports réf. 374 53 montés sur les traverses réf. 095 67/68 permettent de constituer des configurations très diverses facilement adaptables où les barres peuvent se monter dans le sens de la profondeur comme dans le sens de la largeur.

NF C 15-100 chapitre 558

Après montage des supports et jeux de barres, vérifier le maintien des distances d'isolement :
- entre parties sous tension de polarités différentes, 10 mm
- entre parties sous tension et masses, 20 mm.





Jeu de barres de raccordement dans le sens de la profondeur



Jeu de barres de raccordement dans le sens de la largeur

Les jeux de barres jusqu'à 4000 A

Les supports de barres réf. 375 54 résistent aux efforts électrodynamiques les plus élevés (250 KÂ), ils reçoivent indifféremment des barres d'épaisseur 5 ou 10 mm, ils se montent dans toutes les configurations (horizontal, vertical, transfert...). Complémentaires aux armoires XL-A et aux disjoncteurs DMX, ils permettent la constitution homogène et rationnelle des ensembles jusqu'à 4000 A.

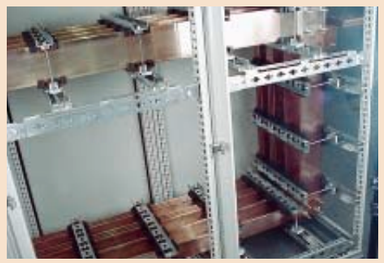
Les supports réf. 374 54 peuvent être montés en armoire XL/XL-A 600 et XL-A 800 jusqu'à 4 000 A (3 barres de 120 x 10 par pôle). Leur utilisation est conseillée pour les ensembles de tête d'installation. Les supports réf. 374 54 se montent selon les cas :
- directement sur la structure des armoires
- sur les traverses multifonctions réf. 095 66/67/68
- par l'intermédiaire des équerres réf. 374 99.



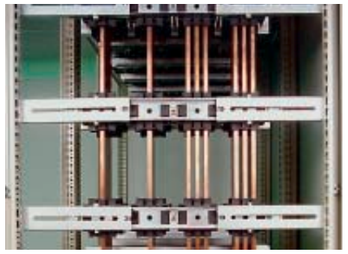
Les supports réf. 374 54 permettent de constituer des jeux de barres de très forte intensité : jusqu'à 4000 A en armoire XL-A IP55

Jeux de barres horizontaux transfert ou à mi-hauteur

Lorsque les distances requises entre supports sont inférieures à la distance entre les montants de l'armoire (Icc élevé), il est nécessaire de disposer des supports intermédiaires.
Ils peuvent selon les cas :
- simplement maintenir les barres entre elles sans être fixés à la structure
- être fixés sur les équerres réf. 374 99, mais avec une latitude de réglage limitée (gain limité à 100 mm)
- être fixé sur des traverses multifonctions qui recrée les appuis nécessaires.



Fixation sur traverses multifonctions réf. 095 67 et équerres réf. 374 99



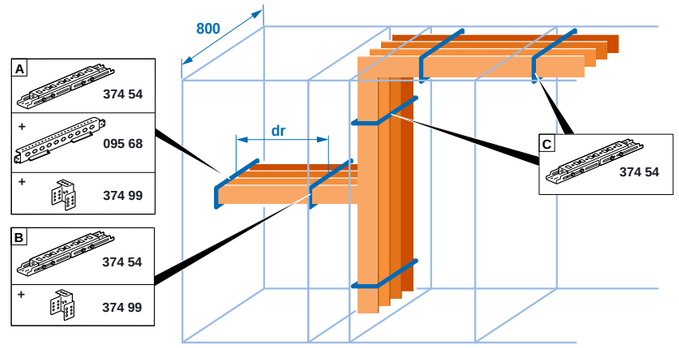
Fixation directe du support ref. 374 54 sur la structure



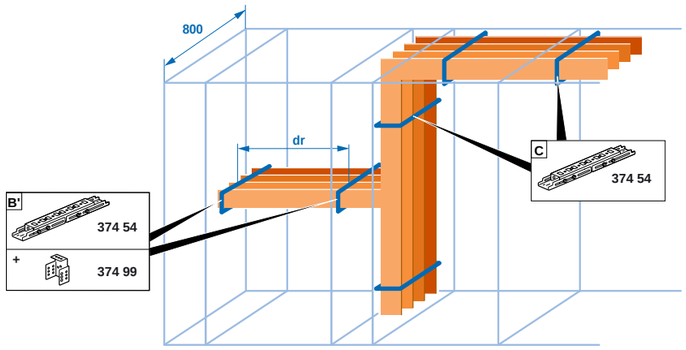
Fixation sur équerres réf. 374 99

1 Disposition des supports réf. 374 54 dans les armoires XL-A 800

Le support réf. 374 54 se monte directement sur la structure des armoires de profondeur 800 grâce à son réglage télescopique (cas C).
Le montage à mi-hauteur (transfert ou jeu de barres horizontal au milieu) nécessite des équerres de fixation réf. 374 99 (cas B).
La pose de supports en extrémité (cas A) nécessite une traverse réf. 095 68 et un jeu d'équerres réf. 374 99 pour décaler le support

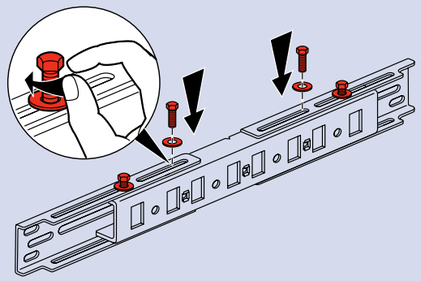


La distance "dr" disponible convient pour le raccordement d'appareils DMX 2500. Pour des appareils DMX 4000 et DMX-L 2500/4000, il est impératif de disposer les supports en dehors du volume de l'armoire (dans des gaines ou des armoires juxtaposées : cas de montage B').



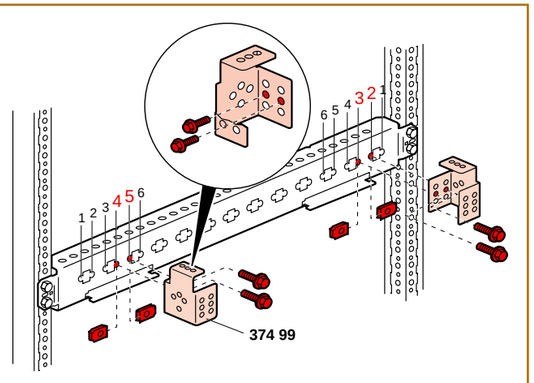
et permettre la fermeture de l'ensemble par un panneau latéral.
Les supports sont reportés dans des volumes adjacents pour augmenter la distance "dr" nécessaire au raccordement des appareils DMX 4000 et DMX-L 2500/4000. Une disposition qui est en parfaite cohérence avec la nécessité d'augmenter les volumes nécessaires à la dissipation thermique des appareils de plus forte intensité.

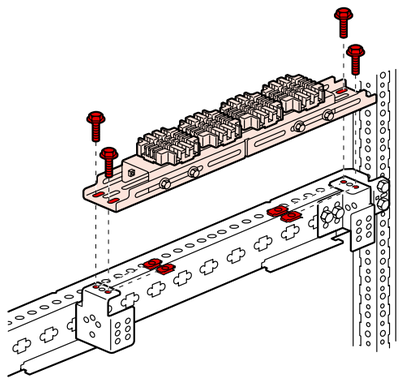
Réglage des supports pour montage en armoire XL-A 800

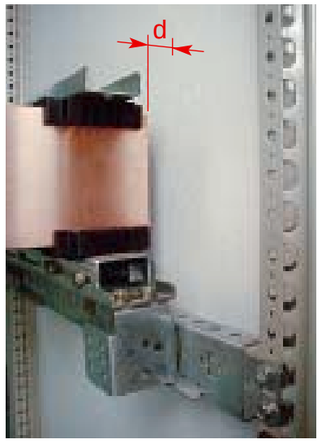


• Cas A

La fixation des supports réf. 374 54 sur traverses multifonctions permet une fixation en bout d'ensemble et la pose d'un panneau de fermeture.



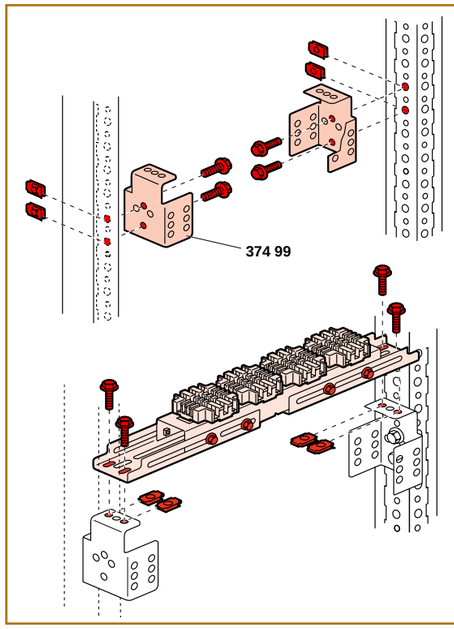




Support réf. 374 54 sur traverses réf. 095 68 et equerres réf. 374 99 en extrémité de jeu de barres. Attention à maintenir une distance "d" suffisante (20 mm) avec le panneau : reculer les barres dans les isolateurs ou placer un écran

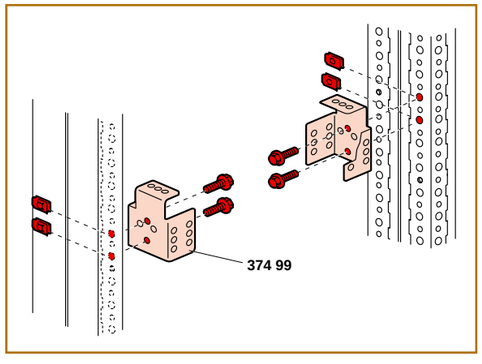
• Cas B

les équerres réf. 374 99 sont fixée directement sur la structure de l'armoire.



• Cas B'

la fixation des équerres est reportée dans les volumes adjacents.



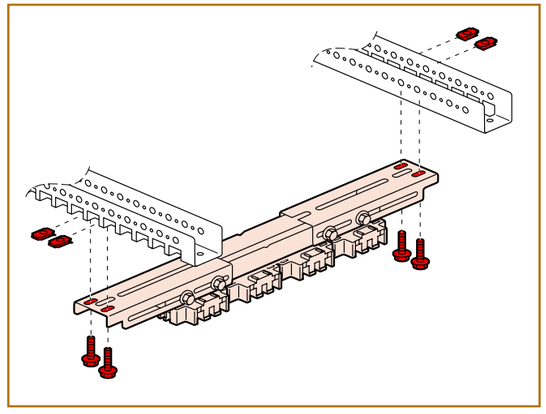




Fixation sur équerres réf. 374 99 (cas B)

• Cas C

le support de jeu de barres réf. 374 54 est directement fixé (par 4 vis) sur la structure de l'armoire XL-A 800.





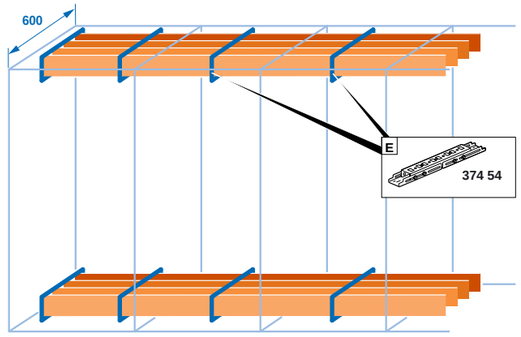
Fixation directe sur structure de l'armoire (cas C)

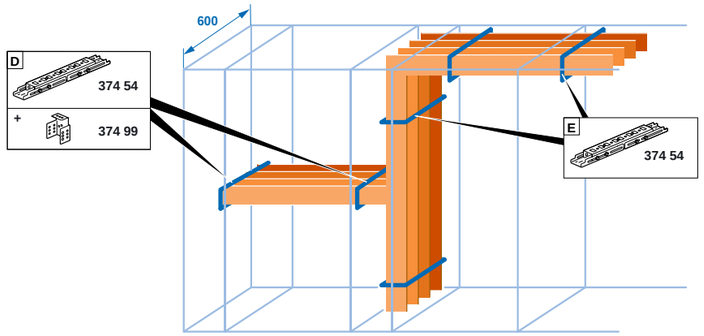


Variante de la fixation directe sur structure au niveau des angles d'assemblage des armoires

2 Disposition des supports réf. 374 54 dans les armoires XL/XL-A 600

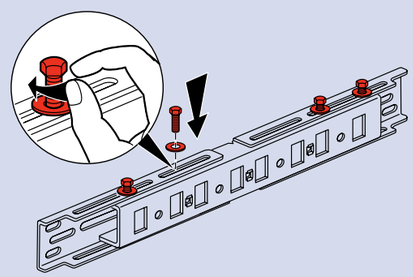
Les armoires profondeur 600 peuvent recevoir des appareils DMX version fixe jusqu'à 2 000 A. Des jeux de barres horizontaux peuvent être montés (en haut et/ou en bas) directement sur la structure de l'armoire (cas E).
On prendra soin de décentrer le jeux de barres vers l'arrière de l'armoire et de veiller au respect des distances d'isolement.



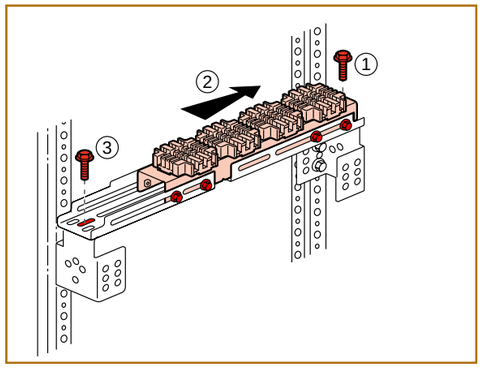


La disposition d'un jeu de barres réf. 374 54 à mi-hauteur de l'armoire (transfert ou jeu de barres horizontal) nécessite de placer les supports dans des gaines verticales (incorporée ou rapportée en bout d'ensemble) afin de ne pas interférer avec le montage du cadre de plastronnage (cas D).

Réglage des supports pour montage en armoires XL/XL-A 600



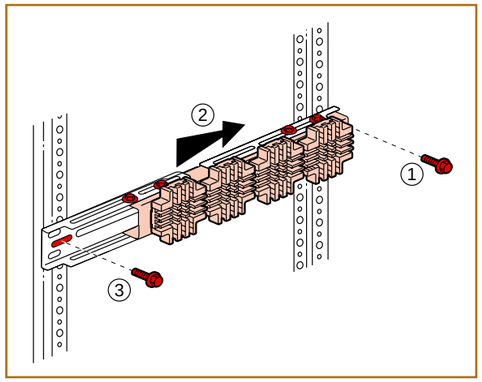
• Cas D
la vis ① est serrée en premier. Le support est poussé au fond de l'armoire ②, puis la vis ③ est serrée.





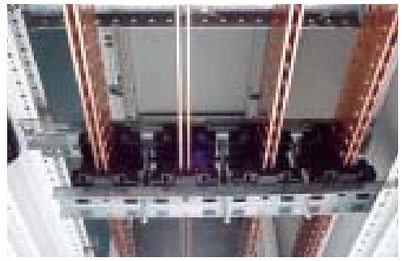
Montage d'un support en armoire XL 600 sur équerres réf. 374 99 permettant la fermeture de l'armoire par un panneau extérieur

• Cas E
Le support est fixé directement sur le bati de l'armoire. la vis ① est serrée en premier. Le support est poussé au fond de l'armoire ②, puis la vis ③ est serrée.





Fixation d'un jeu de barres horizontal en armoire XL 600



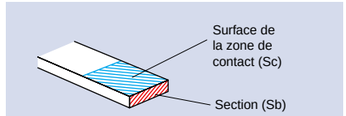
Fixation d'un jeu de barres vertical en armoire XL 600

Le travail et le raccordement des barres

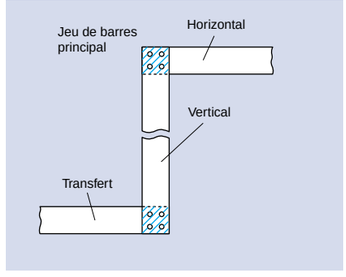
La réalisation des jeux de barres nécessite le plus souvent des usinages, pliages et conformations qui requièrent un véritable savoir-faire pour ne pas affaiblir les barres ou introduire des contraintes parasites. Il en est de même des jonctions entre barres dont la qualité dépend à la fois des dimensions, de l'état des surfaces en contact et de la pression de ce contact (nombre de vis et efficacité du serrage).

1 Dimension des surfaces en contact

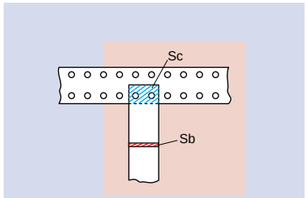
La surface en contact (Sc) doit être au moins égale à 5 fois la section de la barre (Sb). Sc > 5 x Sb



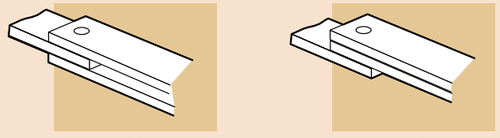
Pour les liaisons de continuité du jeu de barres principal, il est conseillé d'établir des contacts sur toute la largeur de la barre afin d'assurer un transfert thermique optimal.



Pour les jeux de barres dérivés, la zone de contact peut être réduite, au respect de la condition Sc > 5 x Sb.
Pour les plages de raccordement d'appareils, le contact doit être établi sur toute la surface de la plage pour une utilisation à intensité nominale.

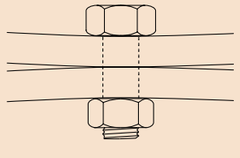


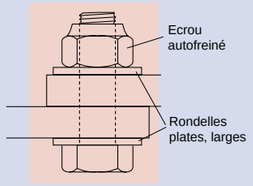
Raccordement sur prolongateur de plage, adaptateur ou épanouisseur

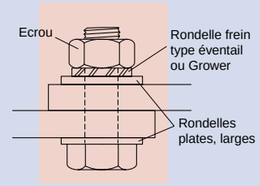


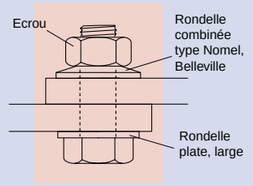
2 Pression de contact

La pression de contact entre barres est assurée par des vis dont la dimension, la qualité, le nombre et le couple de serrage sont choisis en fonction de l'intensité et des dimensions des barres.
Un couple de serrage trop important ou un nombre de vis insuffisant peut entraîner des déformations qui réduisent la surface de contact. Il est donc conseillé de répartir la pression en multipliant les points de serrage et en utilisant des rondelles larges ou des contre-plaques.





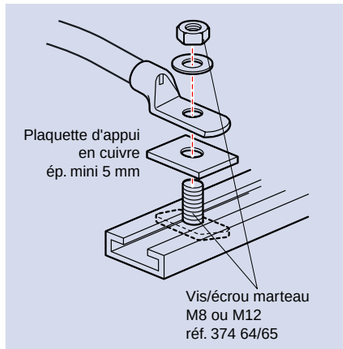




Vis et caractéristiques minimales récommandées

	I (A) Une barre	I (A) Deux barres et plus	Largeur barre (mm)	Nombre de vis mini	Ø Vis (mm)	Qualité mini	Couple (Nm)
Barres ép. 5 mm	≤ 250≤ 250	-	≤ 25	1	M8	8-8	15/20
	≤ 400	-	≤ 32	1 2	M10 M6	6-8 8-8	30/35 10/15
	≤ 630	-	≤ 50	1 2 2	M12 M10 M8	6-8 6-8 8-8	50/60 30/35 15/20
	800	1250	≤ 80	4 4	M8 M10	8-8 6-8	15/20 30/35
	1000	1600	≤ 100	4 2	M10 M12	8-8 6-8	40/50 50/60
	1600	2000	≤ 125	3	M12	6-8	50/60
ép. 10 mm	-	2500	≤ 80	3	M12	8-8	70/85
	-	3200	≤ 100	4	M12	8-8	70/85
	-	4000	≤ 1200	6	M12	8-8	70/85

Des couples de serrage excessifs entraînent le dépassement de la limite élastique des boulons et le fluage du cuivre.



Raccordement de conducteurs équipés de cosses sur les barres en C (jeux de barres et dispositifs XL-Part)



Raccordement sur barres 120 X 10 (4000 A)



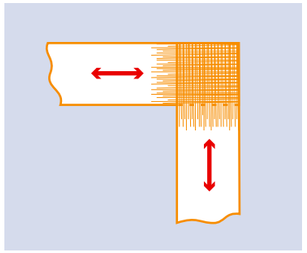
Raccordement double : barres 100 x 10 (3200 A) et barres 80 x 10 (2500 A) sur barres communes 120 x 10



L'application d'une marque (peinture, vernis craquelant) permet de visualiser un éventuel desserrage mais aussi de s'assurer que l'opération de serrage a bien été effectuée (témoin de contrôle)

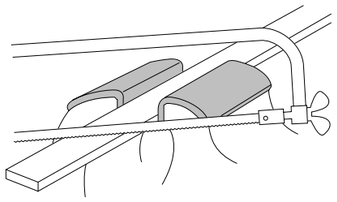
3 Etat des surfaces en contact

Sauf oxydation prononcée (noircissement important ou présence de carbonate de cuivre "vert de gris"), les barres ne nécessitent pas de préparation spéciale. Le nettoyage à l'eau acidulée est à proscrire, car outre les risques, il nécessite neutralisation et rinçage. Un ponçage de surface (grain 240/400) peut être fait en respectant le sens de manière à ce que les "rayures"des barres en contact soient perpendiculaires.

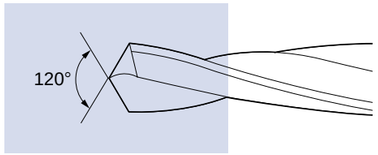


4 L'usinage des barres de cuivre

Le cuivre est un métal mou, "gras" ou "collant" en terme de métier. On le travaille généralement à sec, mais la lubrification est nécessaire pour les opérations de coupe ou de perçage rapides (jusqu'à 50 m/mn).



Coupe à la scie (denture moyenne 8D) dans un étau garni de mordaches



Il est possible d'effectuer les perçages avec des forets pour acier, mais il est préférable d'utiliser des forets spéciaux (à cannelures allongées qui facilitent le dégagement du copeau)

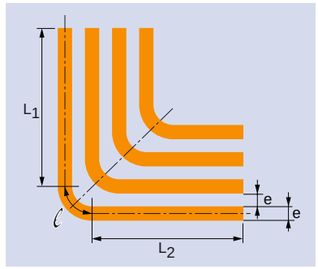


La poinçonneuse hydraulique permet des perçages de précision, sans copeaux et ... sans effort

5 Le pliage des barres

Il est fortement recommandé de tracer une épure des barres à l'échelle 1 particulièrement au niveau des pliages et des empilements de barres.
Les barres sont espacées de leur épaisseur "e".

La longueur totale développée avant pliage est égale à la somme des parties droites (L1 + L2) ne subissant pas de déformation + la longueur ℓ des éléments courbes situés sur la ligne neutre (en théorie au milieu de l'épaisseur du métal).

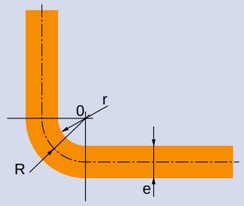


Calcul de la longueur ℓ

Pliage à 90°

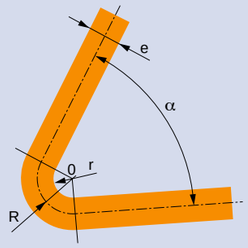
$\ell = \frac{2\,\Pi\,R}{4} = \frac{\Pi}{4}\,(2r + e)$

formule pratique : ℓ = R x 1,57

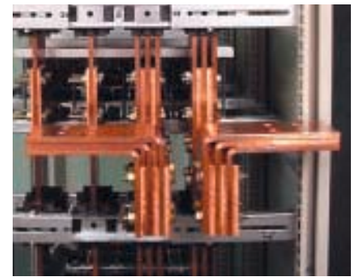


Pliage à un angle quelconque α

$\ell = \frac{\Pi\,(180 - \alpha)}{360} = (2r + e)$

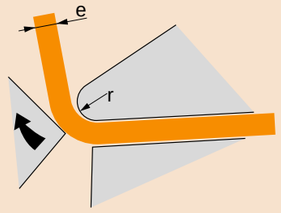


r : rayon de pliage (ou rayon de l'outil)
R : rayon à la ligne neutre R = r + $\frac{e}{2}$
ℓ : longueur à la ligne neutre

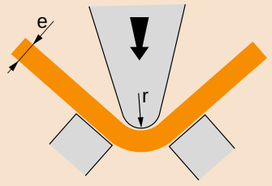


Exemple de pliage de trois barres superposées pour constitution de prises de puissance

Le calcul doit être fait en fonction de l'outil utilisé et de son véritable rayon de pliage r.



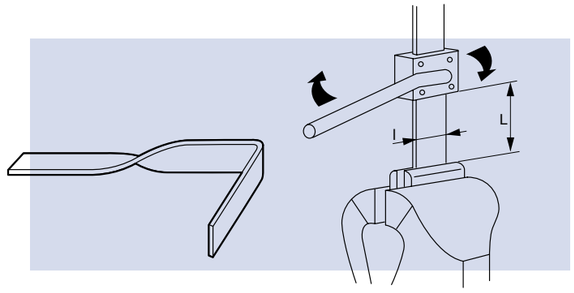
Pliage sur plieuse : r = 1 à 2e



Pliage sur Vé : r mini = e



Pliage d'une barre cuivre épaisseur 10 mm sur outillage hydraulique portatif



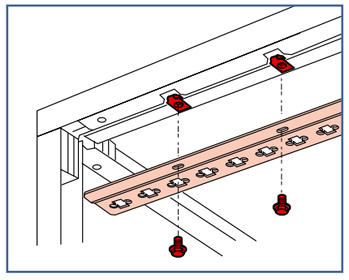
Réalisation d'une torsion. La longueur L de la torsion est au moins égale à 2 fois la largeur l de la barre

Les accessoires complémentaires

En facilitant la fixation des supports de jeux de barres ou la disposition de rails indépendants, ces accessoires sont un complément souvent bien pratique dans la construction des jeux de barres.

1 TRAVERSE A ENCOMBREMENT RÉDUIT

Dans certaines configurations de jeu de barres principal horizontal ou de jeu de barres de raccordement, il peut être nécessaire de placer un support intermédiaire dans une gaine ou en extrémité de jeu de barres pour assurer la tenue mécanique vis-à-vis des courts-circuits.
L'encombrement réduit de la traverse réf. 098 18 permet alors ces montages.



La traverse réf. 098 18 se fixe dans la partie supérieure de l'armoire par 2 vis M6 et 2 clips-écrous



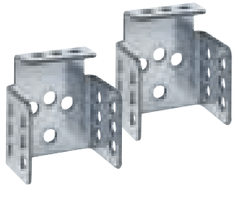
Montage en extrémité de jeu de barres horizontal



Montage en support intermédiaire dans une gaine

2 EQUERRES DE FIXATION RÉF. 374 99

Les équerres réf. 374 99 permettent plus particulièrement la fixation des supports réf. 374 54 dans diverses configurations (voir chapitre III.B.2) mais peuvent également être utilisées comme supports universels pour d'autres applications ou d'autres jeux de barres.

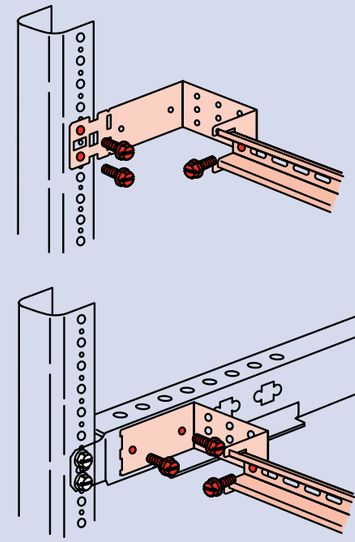




3 DISPOSITIF DE FIXATION POUR RAIL MODULAIRE INDÉPENDANT

Le dispositif réf. 092 19, constitué de deux équerres et d'un rail TH 35-15, se fixe directement sur la structure des armoires XL/XL-A ou sur une traverse multifonctions.
La fixation indépendante du dispositif réf. 092 19 permet l'installation d'appareils modulaires LEXIC, notamment d'appareils de mesure, en tête d'armoire, devant un jeu de barres ou des arrivées de câbles. Ses perforations permettent de recevoir une goulotte ou de fixer un écran.
La zone d'armoire utilisée peut être recouverte par un plastron de hauteur 150 mm (réf. 092 20/70), 200 mm (réf. 092 21/71) ou 300 mm (réf. 092 23/73).

Montage du dispositif réf. 092 19

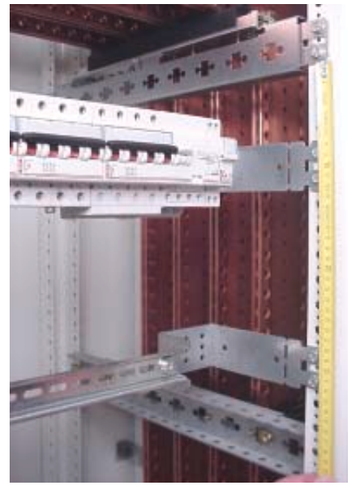


Les équerres du dispositif réf. 092 19 se fixent directement sur les montants d'armoire par 2 vis M6 et 2 clips-écrous

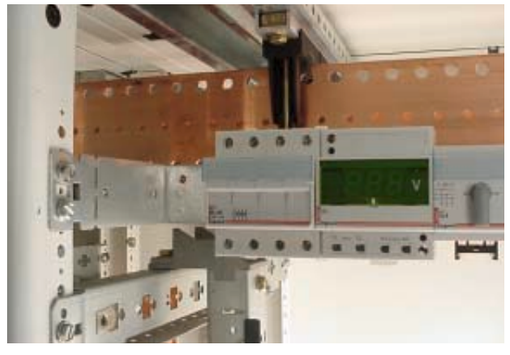
La fixation sur traverse multifonctions se fait par 2 vis M6 et 2 clips-écrous après sectionnement de l'équerre (zone sécable)



Raccordement de l'appareil de tête sur prises arrière pour utiliser le dispositif réf. 092 19 devant les câbles d'arrivée



Reporter les encombrements des plastrons pour déterminer les points de fixation. Dans cet exemple de montage sous un jeu de barres transfert : deux plastrons modulaires hauteur 200 mm



Appareils de mesure sur dispositif réf. 092 19 installé devant un jeu de barres principal horizontal en position décentrée (voir chapitre III.B.1)

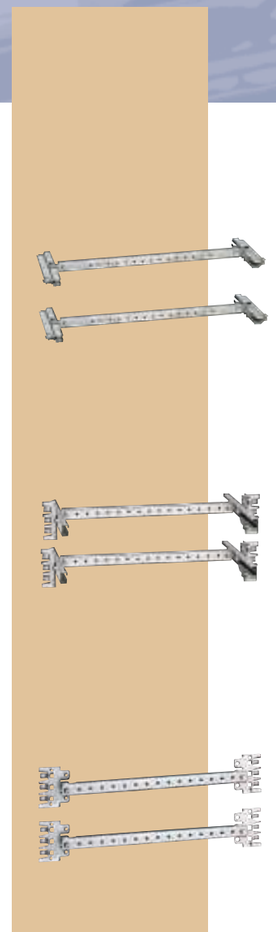
L'INSTALLATION DES APPAREILS

**Grâce au concept unique des enveloppes XL ,
tous les appareils installés dans les coffrets et les armoires XL
utilisent les mêmes accessoires : platines,
dispositifs de fixation et plastrons.**

Une simplicité qui facilite le montage, limite le risque d'erreur et simplifie les stocks.
Les tableaux de choix des pages 744 à 747 permettent de déterminer les accessoires nécessaires pour chaque appareil (plastron, platine, dispositif de fixation), et les possibilités de montage dans chaque type d'enveloppe.



Platines d'appareils dédiées



Dispositifs de fixation communs à toutes les enveloppes pour appareils modulaires ou de puissance



Appareils DX, DPX, Vistop jusqu'à 1600 A



Plastrons isolants ou métal largeur unique

La mise en œuvre des dispositifs de fixation

La simplicité de détermination des volumes d'installation et la facilité de montage des supports dans les enveloppes XL s'appuient sur trois principes de bases :
- les volumes sont définis par la hauteur des plastrons, ils correspondent à l'encombrement des dispositifs de fixation
- la hauteur additionnée des plastrons (appareils et volumes de câblage) définit la capacité nécessaire des enveloppes
- les supports peuvent constituer des châssis plan (montants réf. 095 95) ou des châssis en volume (traverse réf. 095 66/67/68)
- des dispositifs de fixation (réf. 095 00/02/05/06/07) sont adaptés à chacun des supports, montants ou traverses mais ils reçoivent les mêmes platines d'appareils et le même principe de repérage.

1 PRINCIPE DE DÉFINITION DES VOLUMES

Chaque appareil reçoit en façade un plastron adapté ou spécifique.
La hauteur de ce plastron définit le volume nécessaire à l'installation, au raccordement, au respect des distances d'isolement et aux conditions optimales de dissipation thermique.
Il existe 2 types de plastrons :
- des plastrons d'appareils de hauteur standard, 150, 200, 300, 400, 550 et 700 mm
- des plastrons pleins de hauteur 50, 100, 150, 200, 300, 400, 550, 650 mm, qui permettent de ménager des zones nécessaires à la circulation des conducteurs, à l'arrivée des câbles de branchement, à l'installation des jeux de barres, à l'implantation d'équipements spécifiques ou tout simplement en réserve d'extension d'installation.

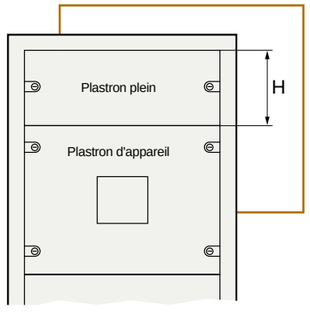
Les chapitres II.E.1 et II.E.2 définit les hauteurs de plastrons nécessaires pour les plastrons d'appareils et pour les plastrons pleins dans de nombreuses configurations d'installation : appareil de protection, jeu de barres, branchement, type d'enveloppe.

1 Réservation de volume pour les conducteurs de branchement de l'appareil de tête Vistop ou DPX

Hauteur H du plastron plein à prévoir (valeurs données à titre indicatif, des valeurs plus grandes peuvent être nécessaires dans des cas particuliers)

Type d'enveloppe		Armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800		Coffrets et armoires XL 135-195 et XL-A 250	
Sens de l'appareil		Vertical	Horizontal	Vertical	Horizontal
In (A)	800/1600	200	50	–	–
	400/630	100	0	150*	50
	250	50	0	100*	100
	160/250 ER	50	0	100	100
	125	0	0	0	50

* ne se monte pas dans XL 135

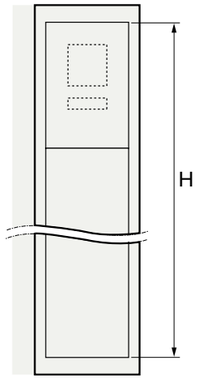


2 Plastronnage des appareils DPX dans les gaines à câbles des coffrets et armoires XL 195

Choix des façades/plastrons

Hauteur plastronnable H (mm)	950		1100		1400		1700	
Façade/plastron	Isolant(1)	Métal	Isolant(1)	Métal(3)	Isolant(2)	Métal(3)	Isolant(2)	Métal(3)
DPX 160/250 ER	096 76	096 36(3) + 096 42	096 77	096 36 + 096 43	096 78	096 36 + 096 45	096 79	096 36 + 096 47
DPX 250	096 76	096 46(1)	096 77	096 34 + 096 42	096 78	096 34 + 094 44	096 79	096 34 + 096 46
DPX 400	096 76	096 46(1)	096 77	096 35 + 096 42	096 78	096 35 + 096 44	096 79	096 35 + 096 45

(1) Façade/plastron à découper "à façon".
(2) Référence composée d'une façade prédécoupée hauteur 750 et d'une façade complémentaire de hauteur 600 ou 950.
(3) Façade à composer avec deux références complémentaires de hauteur 650, 800, 950 ou 1100.



2 CAPACITÉ DES ENVELOPPES

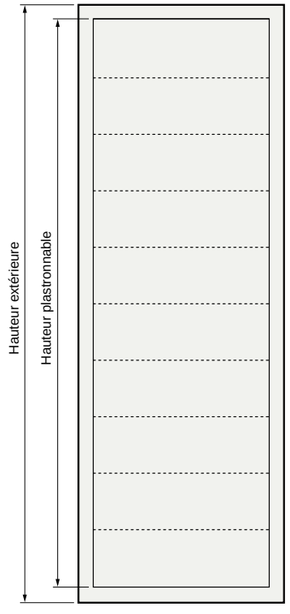
La hauteur plastronnable de chaque enveloppe définit sa capacité d'équipement. La somme des hauteurs des plastrons d'appareils et des plastrons pleins doit être égale à la hauteur plastronnable.

Les gaines des coffrets et armoires reçoivent des façades/plastrons adaptées à toutes les hauteurs plastronnables de 350 à 1700.

Les hauteurs et les sommes de hauteurs de plastrons sont systématiquement un multiple de 50.

Capacité des enveloppes

	Hauteur extérieure (mm)	Hauteur plastronnable (mm)
Armoires XL-A 400-600-800	2 000	1 800
Armoires XL 400-600	2 000	1 800
Coffrets XL 135-XL 195	450	350
	600	500
	750	650
	900	800
	1 050	950
	1 200	1 100
	1 500	1 400
Armoires XL 195	1 600	1 400
	1 900	1 700
Coffrets XL-A 250	400 x 600	300
	600 x 600	500
	800 x 600	700
	1 000 x 600	900
	1 200 x 600	1 100
	1 400 x 600	1 300
	1 000 x 1 200	2 x 900
	1 200 x 1 200	2 x 1 100

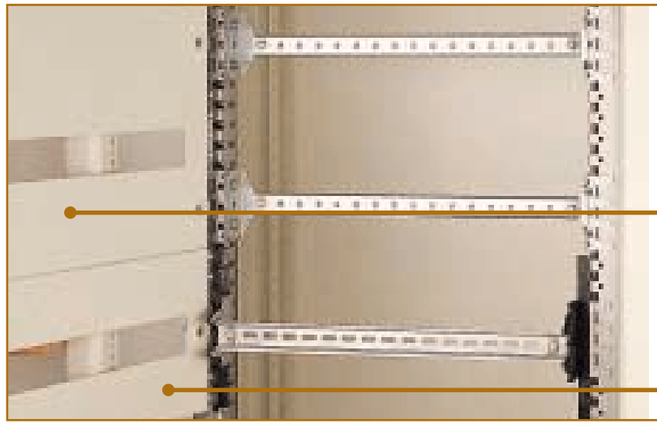


3 PRINCIPE DE CORRESPONDANCE PLASTRONS/DISPOSITIFS DE FIXATION

Après détermination des appareils à installer et vérification de la capacité de plastronnage, l'installation des supports d'appareils peut être faite avec la plus grande facilité. Les cotes des dispositifs de fixation correspondent aux cotes des plastrons, ce qui permet de simuler leur encombrement.

Certains dispositifs de fixation (rail TH 35-15 par exemple) comportent une réglette gabarit en carton ou en plastique qui simule l'encombrement réel.

+ Le système XL de correspondance plastron/dispositif de fixation permet de s'affranchir de la vérification par "pose à blanc" des plastrons.

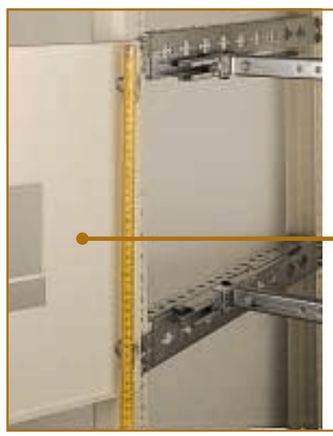


Correspondance entre l'encombrement extérieur des pattes d'ancrage du dispositif de fixation réf. 092 05 et la hauteur 300 mm du plastron réf. 092 74

Correspondance entre l'encombrement de la réglette du dispositif de fixation réf. 092 00 et la hauteur 200 mm du plastron réf. 092 71



Correspondance entre l'encombrement extérieur des pattes d'ancrage du dispositif de fixation réf. 092 07 et la hauteur 300 m du plastron réf. 092 73



Correspondance entre la position des traverses multifonctions réf. 095 67/68 supportant le dispositif de fixation réf. 092 08 et la hauteur 400 mm du plastron réf. 092 79

4 CHÂSSIS PLAN/CHÂSSIS EN VOLUME

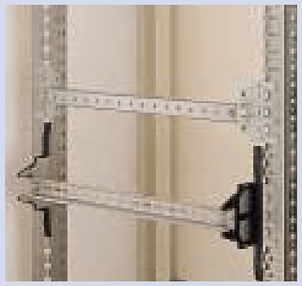
- Les coffrets et les armoires XL 100, XL 135, XL 195, XL-A 250 possèdent un châssis plan sur lequel les dispositifs de fixation s'indexent directement.
- Les armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800 peuvent être équipées de deux types de châssis :
  - le châssis plan constitué de deux montants réf. 095 95 sur lequel s'indexent les dispositifs de fixation
  - le châssis en volume constitué de traverses multifonctions réf. 095 67/68 principalement destiné aux appareils de forte puissance et aux jeux de barres.

Dans ce type de châssis, le principe de correspondance plastron/dispositif de fixation est conservé mais quelques précautions doivent être prises pour la position et le sens des traverses réf. 095 67/68 (voir page 580).

Châssis plans



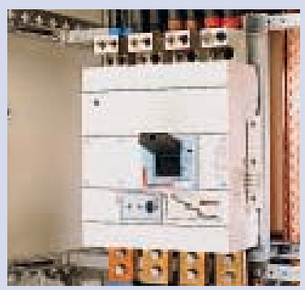
Châssis plan constitué par les montants intégrés du châssis d'un coffret XL 195



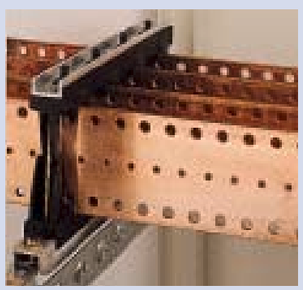
Châssis plan constitué par deux montants réf. 095 95 dans les armoires XL/XL-A

+ Châssis plan : principe de fixation et dispositifs identiques entre coffrets et armoires.

Châssis en volume



DPX 1600 débrochable monté sur traverses multifonctions réf. 095 67/68



Support jeu de barres réf. 374 53 monté sur traverses multifonctions réf. 095 67/68

5 MONTAGE ET PRINCIPE DE REPÉRAGE POUR UN CHÂSSIS PLAN

Le montage des dispositifs de fixation réf. 092 00/02/05/07/08 s'effectue très simplement par emboîtement des pattes d'ancrage dans les montants. Le système est identique pour les coffrets et les armoires.
Selon convenance, plusieurs moyens sont utilisables pour effectuer le repérage de la position des dispositifs de fixation.

1 Mesure

Utiliser un mètre à ruban dont le crochet est positionné dans la fente d'extrémité du montant. Celle-ci marque le point 0, bord extérieur du premier plastron. Il ne reste plus alors qu'à reporter au crayon sur le montant les cotes de hauteur des différents plastrons. Les dispositifs de fixation seront montés entre ces repères.

En cas de recoupe des montants réf. 095 95 pour passage d'un jeu de barres, la règle de positionnement de la fente du montant reste valable mais sa position est décalée de la hauteur du plastron plein devant le jeu de barres.

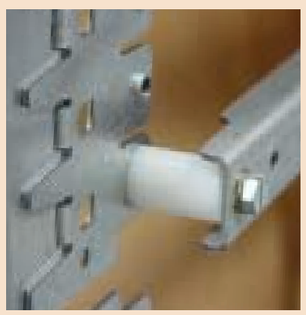
Montage des dispositifs de fixation sur les montants réf. 095 95



Montage d'un dispositif réf. 092 00



Montage d'un dispositif réf. 092 07 (1re version)



Montage d'un dispositif réf. 09 207 (2e version)

Exemples de mesure pour définir la cote de réservation d'un plastron plein au-dessus du premier appareil



En coffret ou armoire XL 135-195

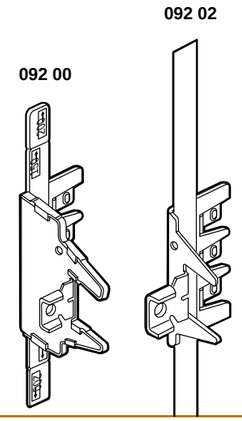


En armoire XL-A 400-600-800



En coffret XL-A 250 le repérage du point 0 se fait sur l'extrémité des montants

2 Utilisation des réglettes



Utilisations des réglettes : Ces réglettes sont intégrées aux supports réf. 092 00 (réglages à hauteur 150 et 200 mm) et aux supports réf. 092 02 (réglages à hauteur 200 et 300 mm).

Montage de dispositifs réf. 092 00 avec repérage de l'encombrement par la réglette intégrée

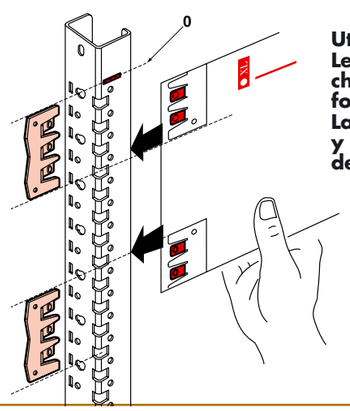


En coffret



En armoire

3 Utilisation des gabarits



Utilisation des gabarits : Les notices fournies avec chaque platine d'appareil font fonction de gabarit. La position des pattes y est repérée sur le bord de la feuille.

6 MONTAGE ET PRINCIPE DE REPÉRAGE POUR UN CHÂSSIS EN VOLUME

Les châssis constitués au moyen des traverses réf. 095 67/68 peuvent recevoir le dispositif de fixation réf. 092 06 qui permet un réglage continu de la profondeur des appareils ou bien reçoivent directement les platines supports des appareils de forte puissance.

L'emplacement doit être défini verticalement pour permettre de déterminer l'encombrement et la position du plastron de l'appareil concerné mais également ceux des plastrons pleins en amont ou en aval.
La mesure se fait par rapport à la structure de l'armoire. Cela nécessite d'ajouter 50 mm pour tenir compte de l'encombrement du cadre de plastronnage. Par exemple, il faudra placer le bord haut de la 1re traverse à 250 mm (200 + 50) pour disposer un plastron plein de hauteur 200 mm.



Montage par emboîtement
de la glissière du dispositif réf. 092 06

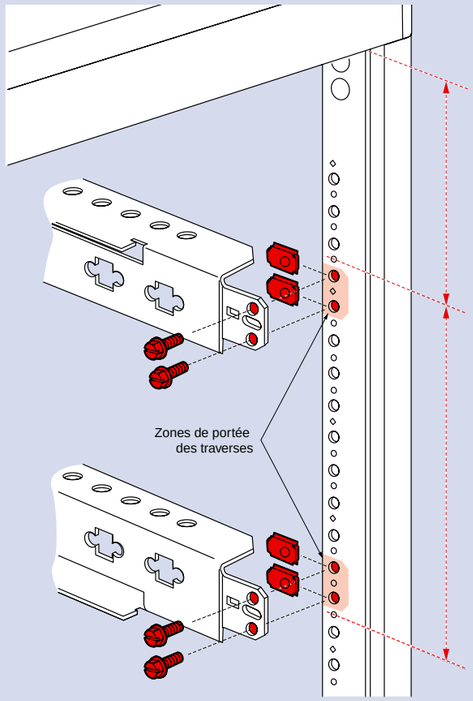


Dispositif réf. 092 06 complet monté sur traverses réf. 092 67/68 et équipé d'une platine support d'appareil

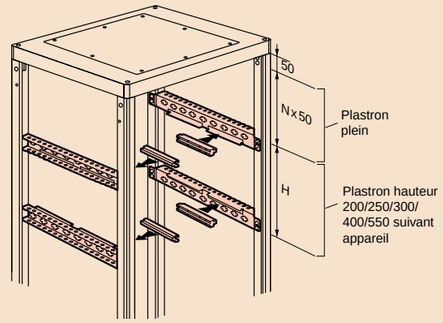


Platine réf. 096 25 pour interrupteur 1 250/1 600 et DPX 1 600 directement monté sur traverses réf. 095 67/68

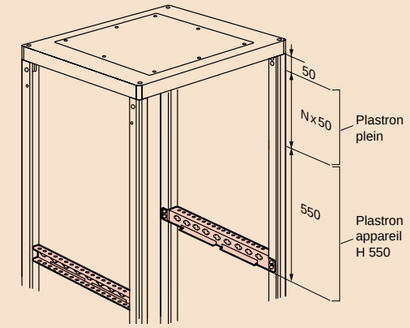
**Attention : la mesure de la position de la traverse s'effectue sur l'axe des petits trous des montants.
La position de l'aile latérale de la traverse est variable selon les cas de montage (voir page suivante).**



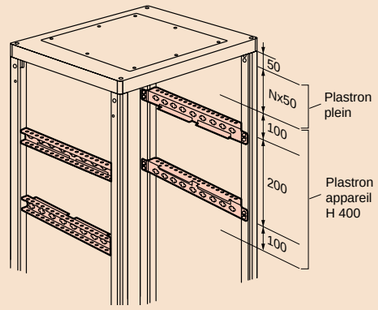
Positionnement des traverses réf. 095 67/68



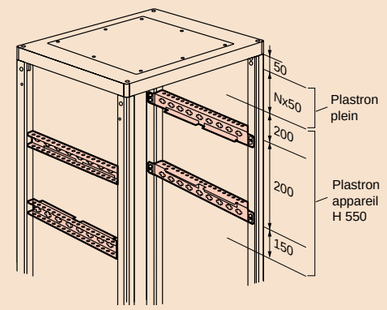
Pour dispositif de fixation réf. 092 06



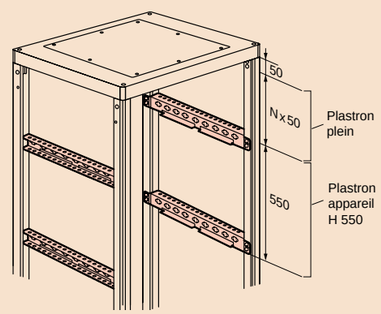
Pour plateaux supports de DMX réf. 097 20/21/22/23



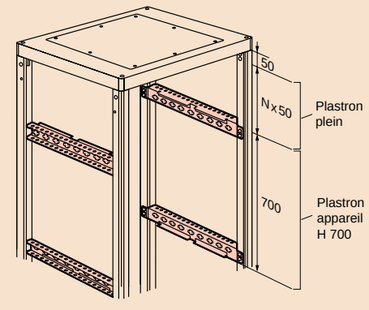
Pour platine réf. 096 15 avec interrupteur-sectionneur 1 250-1 600



Pour platine réf. 096 15 avec DPX 1 600

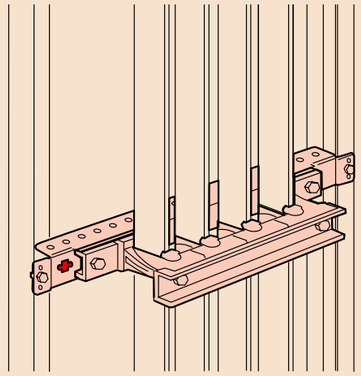


Pour support d'appareil débrochable réf. 094 90

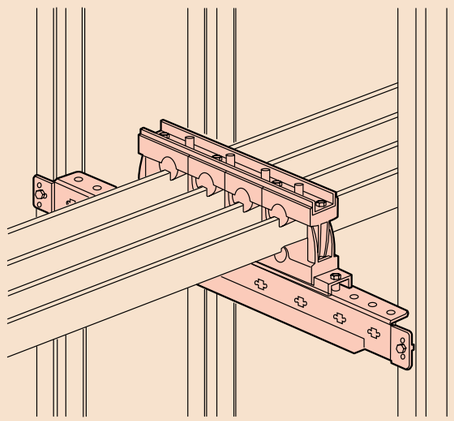


Pour support d'inverseur de source réf. 096 12

Fixation des traverses multifonctions 095 67/68 avec les supports jeux de barres



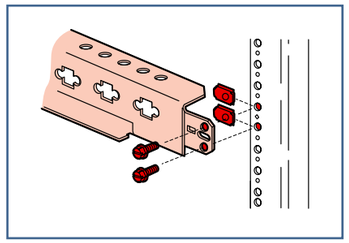
Montage de la traverse réf. 095 67/68 avec le support jeu de barres réf. 374 53 en face avant de la traverse (position de l'aile indifférente). Ce montage est identique pour les supports jeu de barres réf. 374 56 et 374 14.



Montage de la traverse réf. 095 67/68 avec le support jeu de barres réf. 374 53 sur le côté de la traverse (aile vers le bas).

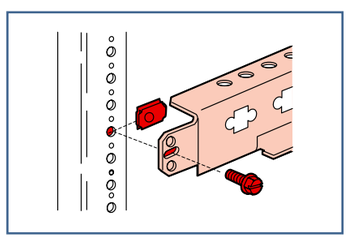
! Fixation des traverses multifonctions réf. 095 67/68

- Pour tous les montages destinés à recevoir des dispositifs de fixation d'appareil, le montage sur la structure des armoires XL et XL-A se fait par deux vis dans les deux trous ronds de la traverse.



Cette règle est également applicable en cas de constitution de châssis partiels ou de recoupe des montants réf. 095 95 (exception pour la première version d'entretoise en cas de recoupe des montants pour passage du jeu de barres, voir pages suivantes).

- Pour tous les montages de la traverse destinés à recevoir des supports de jeu de barres, le montage sur la structure XL ou XL-A se fait impérativement par une vis dans le trou oblong pour avoir un réglage en profondeur permettant de croiser les barres.



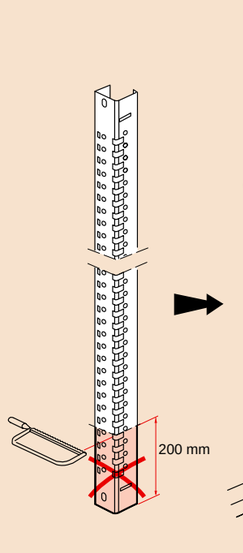
7 CHÂSSIS PARTIELS ET COMBINÉS

Il est possible de constituer dans la même armoire :
- des châssis plans avec des montants réf. 095 95 recoupés pour le passage de jeu de barres par exemple
- des châssis partiels avec des montants réf. 095 95 sur une partie réduite de la hauteur
- des châssis combinant le châssis plan avec montants réf. 095 95 et le châssis en volume avec traverses réf. 095 67/68.

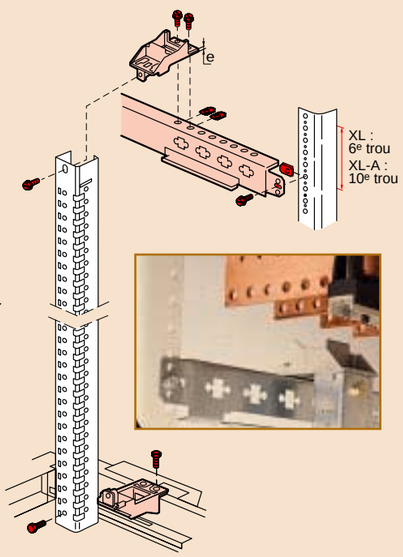
La configuration avec recoupe de 200 mm des montants réf. 095 95 permet le montage de barres de hauteur maximale 125 mm, la zone de passage étant fermée par un plastron hauteur 200 mm (réf. 092 45/95).
Pour toute autre hauteur de zone de passage de barres, il est impératif de recouper les montants réf. 095 95 d'une longueur multiple de 50 mm (exemple : 250, 300, 400 mm). Ceci permettra un montage facile des différents dispositifs et une fermeture de la zone de passage avec des plastrons de hauteur standard.

Châssis recoupé pour passage des jeux de barres

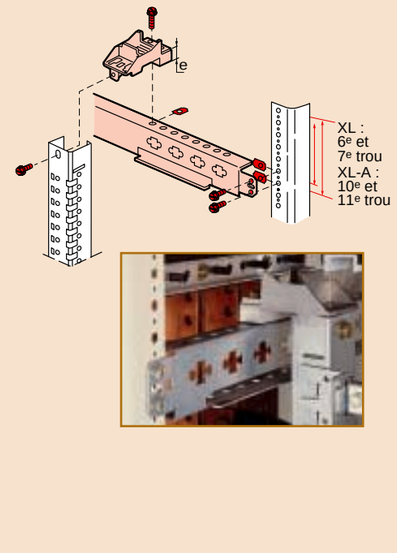
Découpe du montant dans la partie inférieure



Montage avec entretoise e = 10 mm (1re version)

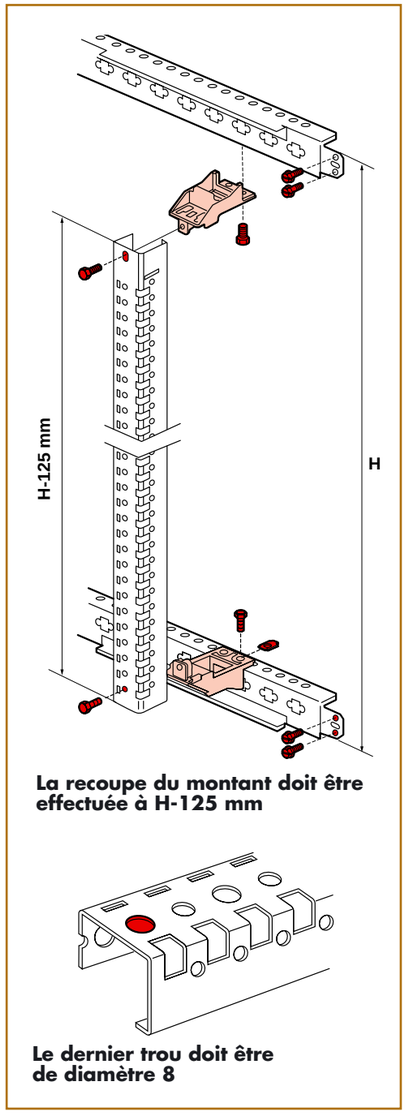


Montage avec entretoise e = 22,5 mm (2e version)



1 Châssis partiel avec montants réf. 095 95 coupés à longueur

Le plastronnage nécessaire (plastrons d'appareils et plastrons pleins) devra avoir une hauteur totale : H.

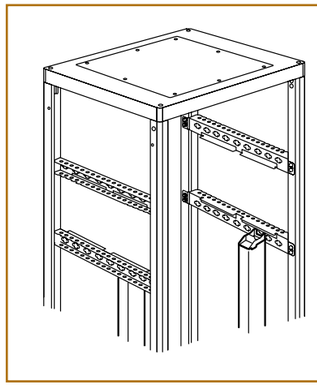


La recoupe du montant doit être effectuée à H-125 mm

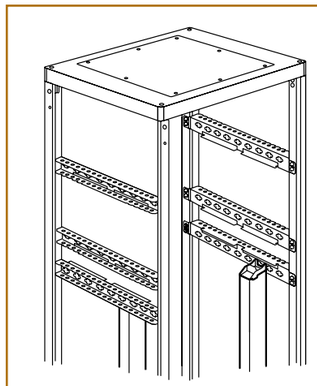
Le dernier trou doit être de diamètre 8

2 Combinaison de châssis plans et de châssis en volume

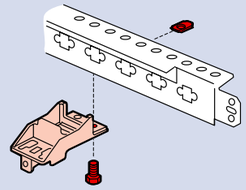
- La constitution d'un châssis plan partiel est possible directement sous un dispositif réf. 092 06.



- Dans les autres cas, placer un autre jeu de traverses réf. 095 67/68 pour constituer un châssis supplémentaire.



L'entretoise en alliage doit être montée sur le côté sans aile de la traverse.



8 AUTRES DISPOSITIFS DE FIXATION

Le dispositif réf. 092 19 permet d'installer localement un rail modulaire sans nécessiter la création d'un châssis plan avec les montants réf. 095 95 ou d'un châssis en volume avec les traverses multifonctions. Le montage est possible dans toutes les perforations des montants, conjointement aux autres accessoires.

Montage du dispositif réf. 092 19



Les règles de positionnement vis-à-vis des plastrons restent applicables



Montage avec gâche de porte



Montage avec support de cadre de plastronnage

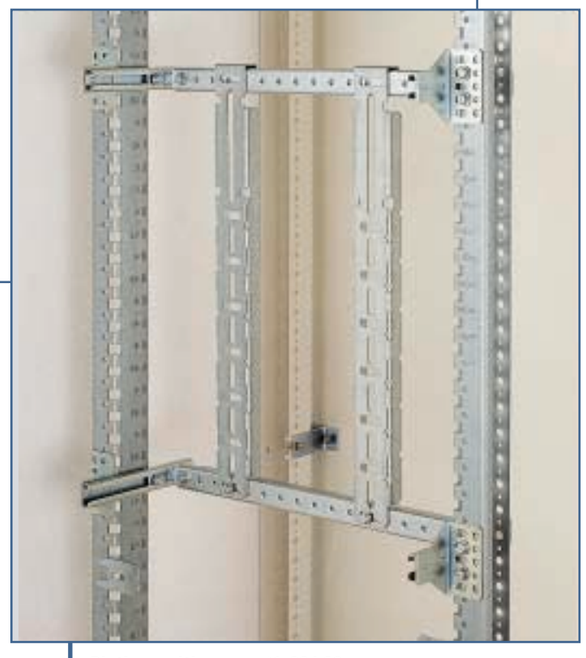


Montage sur traverse multifonctions après sectionnement de l'équerre

Le concept XL permet de recevoir, avec le dispositif de fixation universel réf. 092 99, d'autres platines pour satisfaire toutes les configurations possibles.



Platine perforée réf. 092 98 hauteur 300 mm (existe en hauteur 200 mm réf. 092 97) sur dispositif de fixation universel réf. 092 99 réglable en profondeur



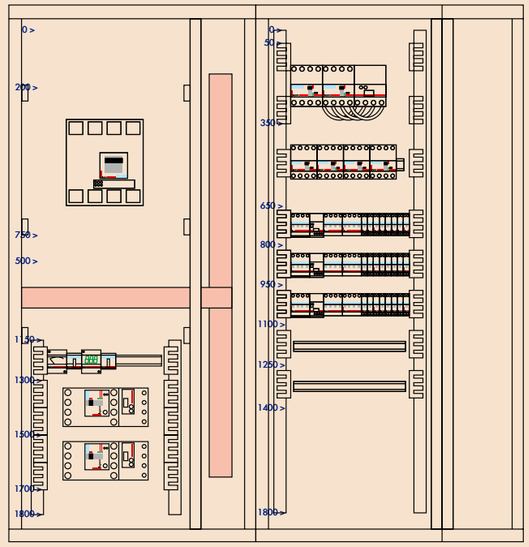
Platine multi-usage réf. 094 99 sur dispositif de fixation universel réf. 092 99

9 XL-PRO² : LOGICIEL D'ÉTUDE DE TABLEAUX DE DISTRIBUTION

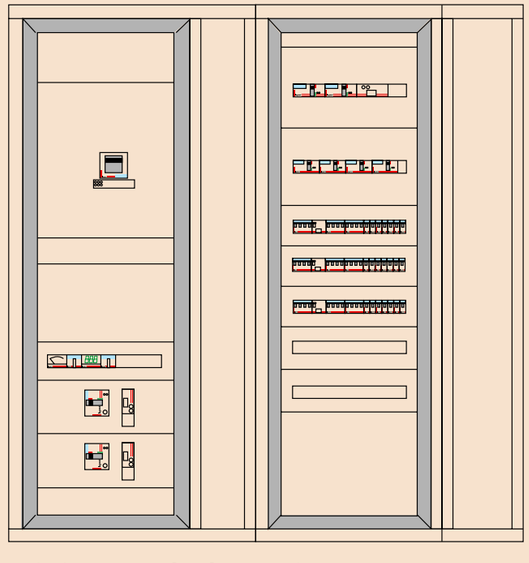
XL-PRO² permet d'obtenir un dossier d'études de tableaux de distribution, avec nomenclature chiffrée en prix de vente et schéma d'implantation détaillé (y compris l'édition des étiquettes pour les porte-repères des appareils). Consultez votre agence Legrand.



Exemple d'implantation XL-PRO²



Description en mode implantation
Position et hauteur repérées des dispositifs de fixation



Description en mode plastronné
Position et dimension des plastrons

Le montage des appareils

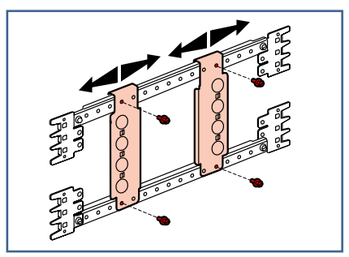
**Tous les appareils de puissance DPX, DMX, Vistop se montent sur des platines ou accessoires supports qui leur sont dédiés.
La fixation des appareils est intuitive (pas de trous multiples), les formes sont étudiées pour conserver les distances d'isolement(platines étagées) et toutes les platines bénéficient d'un prépositionnement par accrochage ou par guidage qui permet de supporter temporairement l'appareil en soulageant l'opérateur**

1 LE MONTAGE DES DPX

Le montage des appareils de puissance se fait à l'établi, facilement, sans avoir à tenir l'appareil "à bout de bras".



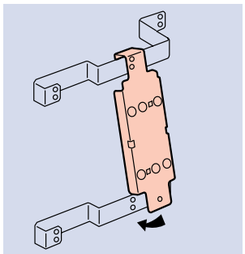
- Accrocher la platine équipée de l'appareil, sur le rail supérieur du dispositif de fixation.
- Positionner, si nécessaire, la platine par glissement latéral.



- Valider la fixation par vissage.

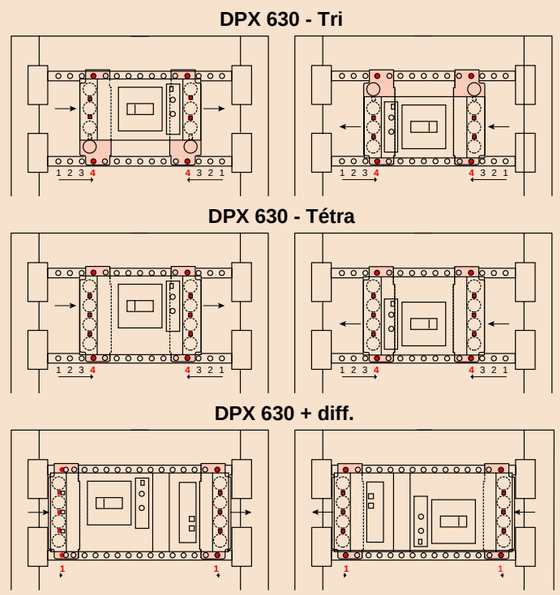
La position exacte des appareils suivant leur version est précisée sur la notice accompagnant chaque platine support.

+ Le dispositif unique d'accrochage des platines permet de monter facilement tous les appareils avec un effort minimal. Le risque de chute et de casse est considérablement réduit.



Dispositif de montage des DPX en gaine à câbles XL 195

Extrait de la notice de la platine réf. 092 12 pour DPX 630 et DPX 630 avec différentiel



2 LES DPX EXTRACTIBLES ET DÉBROCHABLES

La conception originale de ces versions DPX facilite le travail du metteur en œuvre au montage, simplifie et sécurise les manœuvres en exploitation, accroît la sécurité d'intervention en maintenance et permet l'évolution facile de l'installation.

1 Montage de la base

Après avoir été équipés de connecteurs mâles (à visser sur les plages de raccordement), les appareils extractibles ou débrochables se montent très aisément sur une base support isolante elle-même dotée d'alvéoles de contact en regard des connecteurs de l'appareil.
Dans le cas de la version extractible, l'insertion sur la base isolante se fait manuellement ; la solidarisation définitive est assurée par deux vis.
Des bases pour DPX 250 et DPX 630 avec différentiel associé sont également disponibles.

2 Raccordement de la base

Outre leur rôle de support mécanique, les bases assurent la liaison électrique entre les raccordements extérieurs et les appareils. Ainsi, en cas de changement d'un appareil, il n'est pas nécessaire de démonter les câbles raccordés.Cette caractéristique peut aussi être utilisée pour prévoir une extension future de l'installation en câblant (raccordement amont) des bases "en attente". Le circuit à alimenter ne pourra être relié qu'ultérieurement et la base alors équipée de l'appareil DPX adapté.

Les bases-supports existent en deux dispositions géométriques de raccordement :
- en version à raccordement par l'avant (sur plage) pour les armoires de faible profondeur
- en version à raccordement par l'arrière (sur tiges filetées ou méplates pour DPX 250 et 630, sur plages pour DPX 1600) pour les volumes de câblage plus conséquents.

Les bases-supports reçoivent également jusqu'à 3 connecteurs à 6 ou 8 contacts qui assurent la continuité des circuits auxiliaires (contacts, bobines à émission…) commandés par le DPX monté et raccordé sur la base.
Les bases supports peuvent être installées indifféremment en position verticale ou horizontale pour optimiser les encombrements ou adapter les raccordements à la configuration du tableau.
La manœuvre de débrochage n'est pas tributaire de la position de l'appareil.





Base prises arrière pour DPX 250 ER



Base prises avant pour DPX 250

3 Mécanisme "débro-lift"

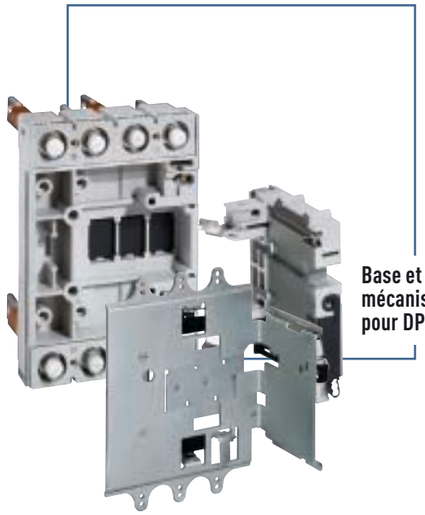
Très simple à installer (deux vis), le mécanisme "débro-lift" se fixe sur les bases-supports communes aux appareils. La manœuvre de connexion/déconnexion se fait alors mécaniquement par une commande à manivelle.

Le mécanisme détermine trois positions repérées par des voyants de couleur :
- circuits principaux et circuits auxiliaires connectés, voyant rouge
- circuits principaux ouverts et circuits auxiliaires connectés, voyant jaune
- circuits principaux et circuits auxiliaires sectionnés, voyant vert.

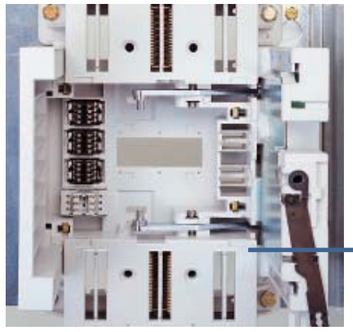
L'extraction totale de l'appareil pour sa dépose est verrouillée par une sécurité mécanique à soulever manuellement.
La manœuvre du mécanisme "débro-lift" peut être effectuée sans démonter le plastron. Une fenêtre de façade permet le coulissement de l'appareil dans le plastron. La visualisation de l'état des circuits reste accessible ainsi que les réglages des appareils (DPX 250 et 1 600).

La fonction de test de déclenchement du disjoncteur est reportée sur un bouton test rouge dans la fenêtre de façade.

Une fenêtre spécifique au bloc différentiel permet l'accès au test et aux réglages de celui-ci.



Base et mécanisme "débro-lift" pour DPX 630



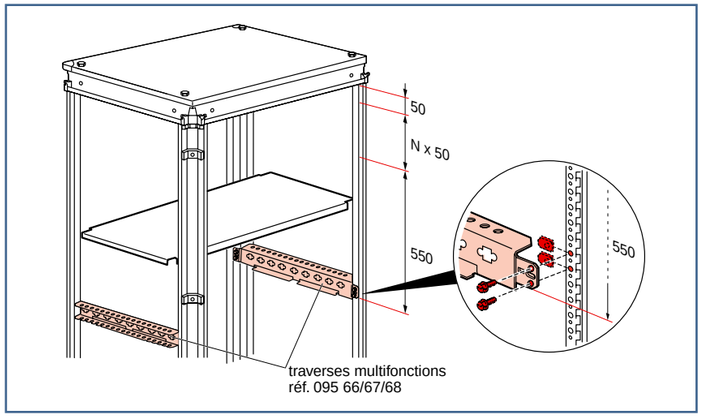
Base pour DPX 1 600 avec mécanisme "débro-lift" intégré



Voyant signalant les différentes positions du mécanisme

3 LE MONTAGE DES APPAREILS DMX

Les appareils DMX, interrupteurs et disjoncteurs, se montent sur des dispositifs de fixations constitués d'un plateau support dont les différents modèles sont adaptés à la version d'appareil fixe ou débrochable, sans ou avec interverrouillage.
Les plateaux supports DMX doivent être fixés sur deux traverses multifonctions réf. 095 66/67/68 selon la profondeur de l'armoire 400, 600 ou 800 mm.
Le positionnement de tous les plateaux est constant par rapport à la face avant de l'armoire (première fixation sur le 4e trou de la traverse).



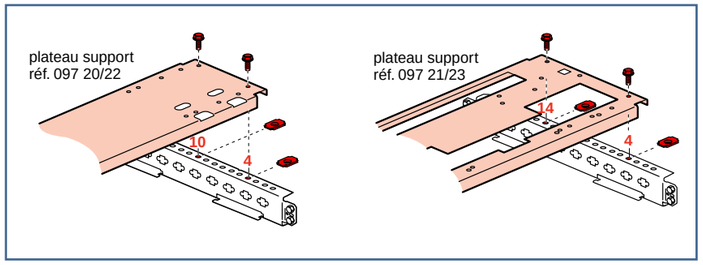


Tableau de choix des plateaux supports de DMX

Version		fixe			débrochable		
Interverrouillage		sans	2 appareils	3 appareils (1)	sans	2 appareils	3 appareils (1)
DMX 2500	3P	097 20	097 20	097 20	097 21	097 21	097 21
	4P	097 20	097 20	097 20	097 21	097 21	097 21
DMX-L 2500	3P	097 20	097 20 ou 097 22	097 20 ou 097 22	097 21	097 21 ou 097 23	Sur demande
	4P	097 20	097 22	097 22	097 21	097 23	Sur demande
DMX-I 2500	3P	097 20	097 20	097 20	097 21	097 21	097 21
	4P	097 20	097 20	097 20	097 21	097 21	097 21
DMX 4000	3P	097 20	097 20 ou 097 22	097 20 ou 097 23	097 21	097 21 ou 097 23	Sur demande
	4P	097 20	097 22	097 22	097 21	097 23	Sur demande
DMX-L 4000	3P	097 20	097 20 ou 097 22	097 20 ou 097 22	097 21	097 21 ou 097 23	Sur demande
	4P	097 20	097 22	097 22	097 21	097 23	Sur demande
DMX-I 4000	3P	097 20	097 20 ou 097 22	097 20 ou 097 22	097 21	097 21 ou 097 23	Sur demande
	4P	097 20	097 22	097 22	097 21	097 23	Sur demande

(1) Nous consulter

Les plateaux réf. 097 20 et 097 21 sont posés sur deux traverses montées dans le volume de l'armoire (largeur 700).
Les plateaux réf. 097 22 et 097 23 se posent dans les mêmes conditions mais la traverse support de droite doit être montée sur la structure d'une armoire d'extension ou d'une gaine placée à droite.



Pose d'un plateau réf. 097 23 en armoire XL-A 800. La traverse droite est fixée sur la structure de l'extension à droite



Montage du boîtier pour DMX 4000 débrochable. La patte butée, fixée sur le plateau, limite les risques de chute de l'appareil

Le montage des plateaux supports réf. 097 21/23 en armoire XL/XL-A 400 nécessite une découpe (repérée) de la partie arrière pour le passage des montants d'armoire. Une traverse spéciale (livrée avec le plateau) doit alors être fixée dans l'armoire arrière associée pour renforcer le plateau.



Découpe du plateau en XL-A 400

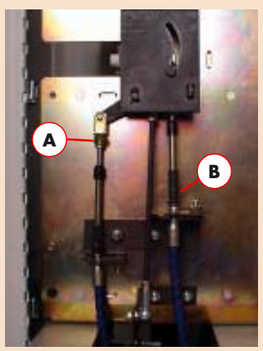


L'utilisation d'un appareil de levage (palan, chariot, chèvre...) est fortement recommandée pour le montage des appareils.

Montage d'un système d'interverrouillage mécanique à câbles

Dans tout système d'inversion de sources, un verrouillage mécanique doit sécuriser le verrouillage électrique.
Réglage des câbles(1) :
- régler le câble Ⓐ (vers l'avant de l'appareil) au niveau de l'appareil n°1 en position OFF, l'appareil n°2 étant en position ON,
- tirer le câble et régler sa tension de manière à ce que la tringle sous l'appareil soit en traction (voir photo ci-contre). À ce moment, l'enclenchement de l'appareil n°1 (dont le ressort est chargé) doit être impossible,
- répéter l'opération pour le 2e appareil en inversant leurs états respectifs (appareil n°2 sur OFF puis appareil n°1 sur ON),
- régler le câble Ⓑ pour qu'il accompagne les mouvements sans tension et sans jeu excessifs,
- serrer les écrous et contre-écrous en appliquant un produit de freinage (type frein-filet).

(1) Cette opération doit se faire hors tension et par commande manuelle des appareils



4 COMPOSITION DES DISPOSITIFS ET ACCESSOIRES DE FIXATION

Montants et traverses pour armoires XL

Réf.	Désignation	Dessin
095 95	Patte	x 4
	Montant	x 2

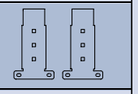
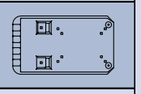
Réf.	Désignation	Dessin
095 66	Traverse multifonctions	x 2
095 67	Traverse multifonctions	x 2
095 68	Traverse multifonctions	x 2

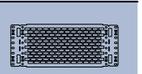
Dispositifs de fixation XL

Réf.	Désignation	Dessin
092 00	Patte pré-réglée pour modules	x 2
	Cache avec réglette 150/200	x 2
	Rail 24 modules	
092 02	Patte pré-réglée pour DPX 63/100/125 diff. lat. et DPX 160 diff. lat. sur rail	x 2
	Rail 24 modules	
	Réhausse de rail pour modules	
092 05	Patte pour vistop 400-800 A	x 4
	Patte équerre	x 4
	Traverse taraudée Lg : 420	x 2
092 06	Glissière pour tous appareils de puissance	x 4
	Patte glissière pour appareils de puissance	x 4
	Traverse taraudée Lg : 530	x 2

Réf.	Désignation	Dessin
092 07	Patte pour appareils de puissance 63-630 A fixes	x 4
	Entretoise	x 4
	Traverse taraudée Lg : 420	x 2
092 08	Patte pour appareils de puissance 63-630 A extractibles / débrochables / inverseurs	x 4
	Glissière	x 4
	Patte équerre	x 4
	Traverse taraudée Lg : 420	x 2
092 19	Patte équerre pour rail sur structure d'armoire — Patte	x 2
	Rail	

Platines XL pour appareils

Réf.	Désignation	Dessin
092 09	DPX 63/100/125 avec ou sans différentiel horizontal	
092 10	DPX 160 avec ou sans différentiel horizontal	
092 11	DPX 250 avec ou sans différentiel horizontal	
092 12	DPX 630 avec ou sans différentiel horizontal	
092 18	EDF	
092 50	Vistop 160 vertical	
092 51	Vistop 250 vertical	
092 52	Vistop 400/630/800 ADT/ADI vertical	
092 53	DPX 63/100/125 différentiel latéral vertical	
092 54	DPX 160 différentiel latéral vertical	
092 55	DPX 63/100/125 + différentiel aval vertical	
092 56	DPX 160 + différentiel aval vertical	
092 57	DPX 250 + différentiel aval vertical	
092 58	DPX 630 + différentiel aval vertical	
092 59	Vistop 400 CDT GV vertical	

Réf.	Désignation	Dessin
092 60	DPX 250 vertical	
092 61	DPX 630 vertical	
092 62	DPX 1600 sans prises arrières verticales	
092 63	DPX 1600 avec prises arrières verticales	
092 97	Platine perforée H = 200 mm	
092 98	Platine perforée H = 300 mm	
094 29	DPX 125 pour juxtaposition DPX 250 ER	
094 30	DPX 63/100/125 extractible vertical prises avants	
094 31	DPX 63/100/125 extractible horizontal prises avants	
094 32	DPX 160 extractible vertical prises avants/arrières	
094 33	DPX 160 extractible horizontal prises avants/arrières	
094 34	DPX 250 extractible vertical prises avants	
094 35	DPX 250 extractible horizontal prises avants	
094 36	DPX 630 extractible vertical prises avants	
	DPX 630 débrochable vertical prises avants	

Platines XL pour appareils

Réf.	Désignation	Dessin
094 37	DPX 630 extractible horizontal prises avants	
094 90	DPX 1600 débrochable vertical Flasque latéral	 x 2
	Patte d'accrochage 4P	 x 2
	Patte d'accrochage 3P	
094 93	DPX 250 avec ou sans différentiel avec P.A. horizontal	
094 99	Platine multi-usage	
096 00	DPX 63/100/125 extractible vertical prises arrières	
096 01	DPX 63/100/125 extractible horizontal prises arrières	
096 02	DPX 250 extractible vertical prises arrières	
096 03	DPX 250 extractible horizontal prises arrières	
096 04	DPX 250 inverseur de sources manuel / automatique vertical	
096 06	DPX 630 extractible vertical prises arrières	
	DPX 630 débrochable vertical prises arrières	
096 07	DPX 630 extractible horizontal prises arrières	
096 08	DPX 630 inverseur de sources manuel / automatique vertical	

Réf.	Désignation	Dessin
096 10	DPX 1600 sans prises arrières horizontal	
096 11	DPX 1600 avec prises arrières horizontal	
096 12	DPX 1600 inverseur de source manuel / automatique horizontal	
096 15	Vistop 1250/1600 vertical	
096 16	DPX IS 250 vertical	
097 27	DPX 1600 inverseur de source débrochable Traverse haute	
	Traverse basse	
097 50	DPX 250 ER avec ou sans différentiel vertical	
097 51	DPX 250 ER avec différentiel aval vertical	
097 52	DPX 250 ER avec ou sans différentiel horizontal	
097 57	DPX 250 ER extractible vertical prises avants	
097 58	DPX 250 ER extractible vertical prises arrières	
097 59	DPX 250 ER extractible horizontal prises avants	
097 60	DPX 250 ER extractible horizontal prises arrières	

LE MONTAGE DES DISPOSITIFS XL-PART

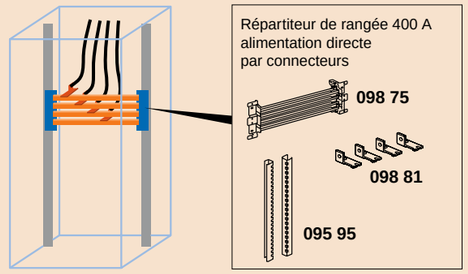


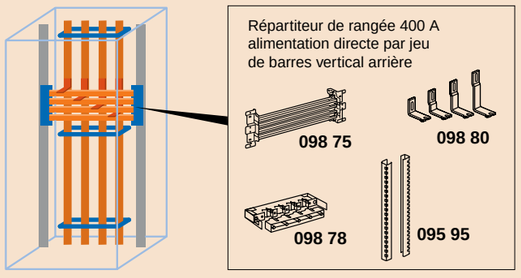
Les opérations de montage proprement dites des dispositifs de distribution XL-Part peuvent être engagées après les choix et vérifications habituels.

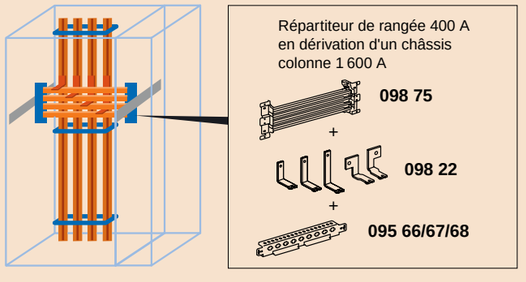
- Déterminer la configuration de distribution XL-Part en fonction de la puissance et du principe de répartition retenu (voir chapitre II.D.3).
- Déterminer l'enveloppe nécessaire, volume et plastrons, en fonction du nombre et du type d'appareils (voir chapitre II.D.3).
- Vérifier que les caractéristiques électriques requises (valeurs de courts-circuits, isolement) soient compatibles avec les performances d'XL-Part (voir chapitre II.D.3).
- Vérifier que les volumes des enveloppes retenues soient adaptés en terme de puissance dissipable (voir chapitre II.E.3).

SUPPORTS POUR JEU DE BARRES	Réf. 098 78	Réf. 098 76
Référence et dimensions des barres	**374 19** 32 x 5	
	374 40 50 x 5	
		374 60 155 mm²
		374 61 265 mm²
		374 62 440 mm²
		098 82 640 mm²
		098 83 710 mm²
Montage des bases des appareils	≤ 400 A sur répartiteur de rangée réf. 098 75	≤ 1600 A direct sur barres en C

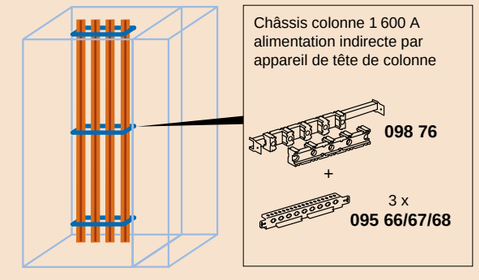
> EN COFFRETS XL / XL-A 400-600-800 JUSQU'À 400 A

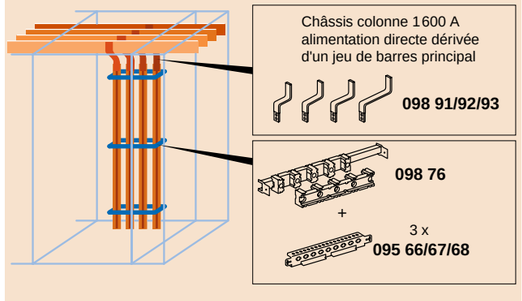






> EN COFFRETS XL / XL-A 600-800 JUSQU'À 1600 A





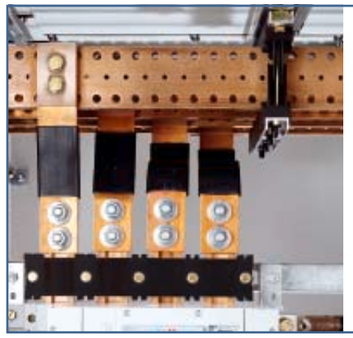
Le châssis colonne XL-Part 1600

La disposition du châssis colonne XL-Part dans l'armoire est décentrée : à gauche (sortie des câbles à droite) ou à droite (sortie des câbles à gauche). Un choix préliminaire est donc à faire, généralement en fonction du cheminement des câbles, avant d'engager un montage sans difficulté particulière

1 LA MISE EN ŒUVRE DU CHÂSSIS COLONNE XL-PART

1 Alimentation directe

Le châssis colonne peut être alimenté directement à partir d'un appareil de forte puissance (jusqu'à 1600 A) ou dérivé d'un jeu de barres principal. Des kits de liaison en barres souples réf. 098 91/92/63 permettent d'assurer la liaison avec les barres en C. Ils sont livrés avec des écrous marteaux M12. Les courants admissibles de ces liaisons sont donnés au chapitre II.D.3.



Liaison 1 250 A par kit réf. 098 93 entre le jeu de barres principal 2 x 80 x 5 et les barres en C du châssis colonne

2 Alimentation indirecte

Le châssis colonne peut être utilisé pour réaliser un système de distribution de puissance complet en une seule armoire. Dans ce cas, l'appareil principal dit "de tête de colonne" est directement fixé et raccordé à la colonne qu'il alimente et protège.



Exemple de colonne à alimentation indirecte par DPX 630

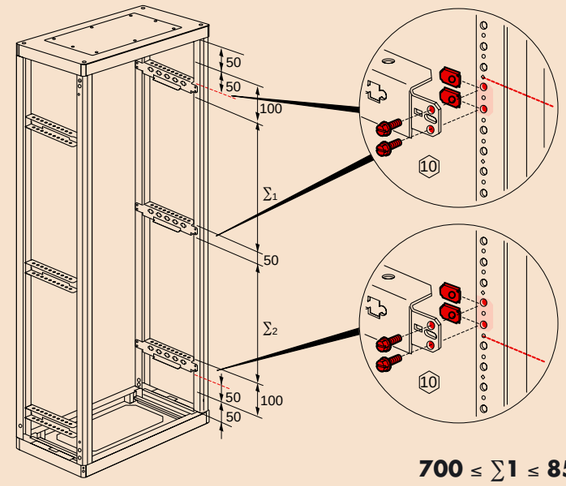
L'appareil de tête peut être placé en haut ou en bas de la colonne suivant les prescriptions de l'ensemble à réaliser. Si l'arrivée des câbles se fait par le bas, il est plutôt conseillé de placer l'appareil de tête en bas (câbles plus courts, température plus basse dans l'armoire) et de placer les disjoncteurs de départs par ordre d'intensité décroissant du bas vers le haut. Le jeu de barres est ainsi lui-même moins chargé.

3 Montage d'un châssis colonne

Le châssis colonne se monte sur la structure des armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800 par l'intermédiaire de 3 jeux de traverses multi-fonctions réf. 095 66 en profondeur 400, 095 67 en profondeur 600 et 095 68 en profondeur 800.
Les traverses hautes et basses ont une position invariable :
- 100 mm en haut et en bas pour un châssis complet
- 300 mm en haut et 100 mm en bas pour un châssis raccourci en cas d'utilisation des kits de liaison barres souples.

La traverse du milieu est positionnée en fonction de l'encombrement des bases d'appareils dans les limites définies.

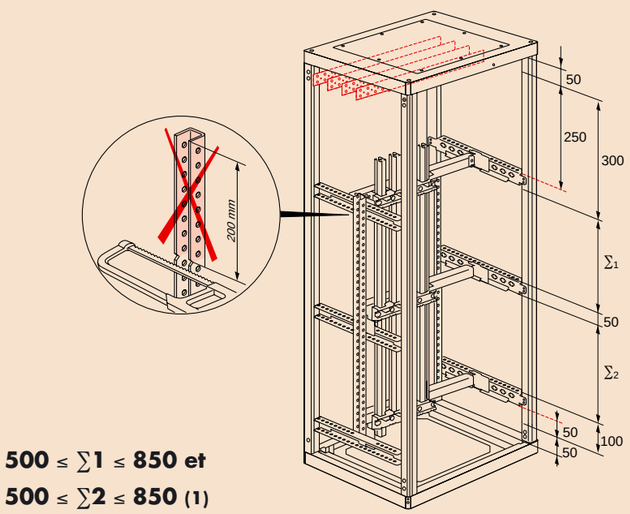
Châssis colonne complet



700 ≤ ∑1 ≤ 850 et
700 ≤ ∑2 ≤ 850 (1)

Le châssis colonne XL-Part permet de répondre aux niveaux d'indice de service les plus élevés (voir page 357).
- IS 113 avec base pour DPX version fixe (en privilégiant la notion d'extension.
- IS 233 avec base pour DPX version extractible.
- IS 333 avec base pour DPX version débrochable.
N.B. : Les barres de cuivre peuvent être équipées des protections isolantes réf. 098 20 pour assurer la sécurité d'intervention IPxxB à proximité des appareils.

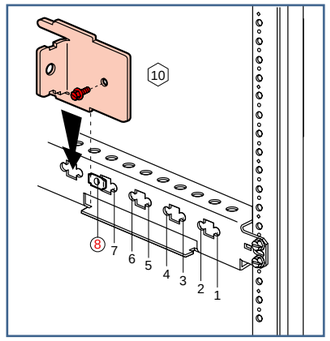
Châssis colonne recoupé



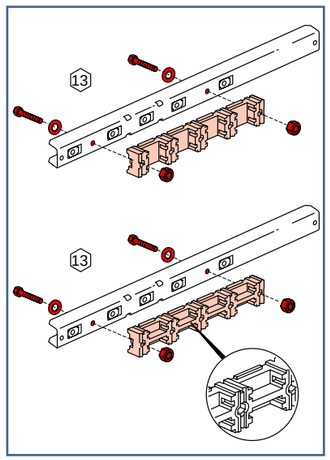
500 ≤ ∑1 ≤ 850 et
500 ≤ ∑2 ≤ 850 (1)

(1) $\sum_1$, $\sum_2$: les sommes des encombrements des bases (150, 200, 250 ou 300 mm) valeurs identiques à la hauteur des plastrons correspondants (voir chapitre II.D.3).

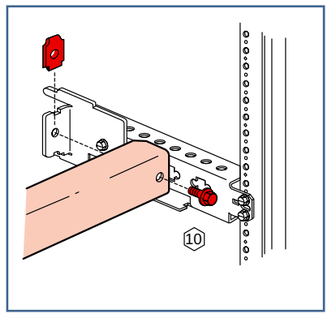
- Fixer les équerres sur les traverses multifonctions.



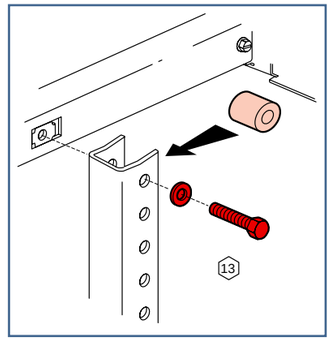
- Equiper les traverses du châssis colonne de la partie fixe des supports. Le support inférieur intègre une butée permettant le maintien vertical des barres.



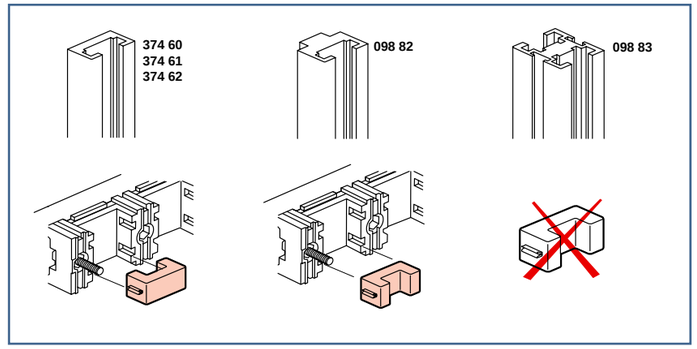
- Fixer les équerres sur les traverses équipées sur les équerres après clipsage de l'écrou.



- Fixer les montants perforés du châssis sur les traverses.



- Equiper les supports avec les entretoises de calage en fonction des barres en C choisies.

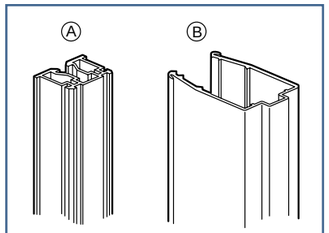


La longueur d'origine des barres est prévue pour un montage sur toute la hauteur sans recoupe.
En cas de montage avec les kits de liaison barres souples, recouper les barres à longueur 1 550 mm.



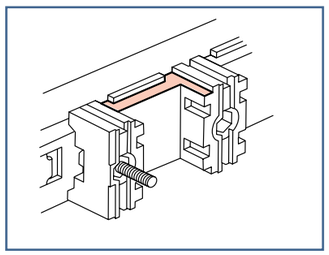
Fixation définitive des barres cuivre par pose de la partie mobile des supports de barres

4 Protection des barres



Des profilés isolants réf. 098 20 permettent de protéger totalement les barres verticales en C. Huit morceaux de profil (A) se placent sur l'arrière des barres et deux morceaux de profil (B), à recouper à longueur, se placent à l'avant des barres.

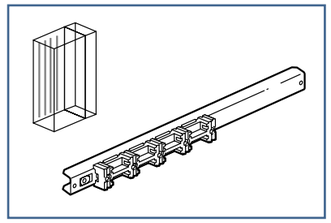
Les profils arrière (A) doivent être placés au moment du montage des supports de barres du châssis colonne et avant d'emboîter les barres. Les profils prennent appui dans un embrèvement du support. La cote de longueur est éventuellement ajustée par sciage.



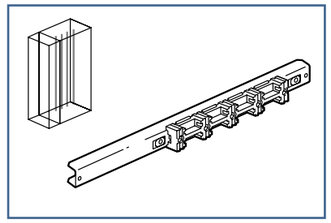
La partie avant (B) sera posée après montage des bases d'appareils pour protéger les portions de barres restant accessibles.

5 Réversibilité du châssis colonne XL-Part

Le châssis colonne XL-Part réserve la possibilité de disposer les bornes de sortie des appareils vers la droite ou vers la gauche.
Les armoires XL largeur 900 sont livrées avec la gaine à câbles intégrée à droite. Le châssis XL-Part est alors décalé vers la gauche.



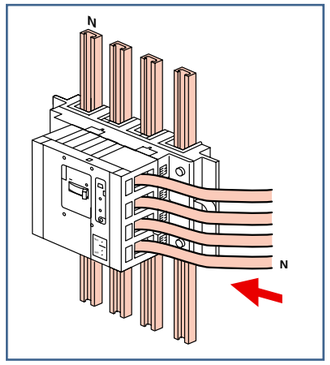
En cas de disposition gaine à gauche, par réversibilité de l'armoire, le montage des supports de barres est inversé.



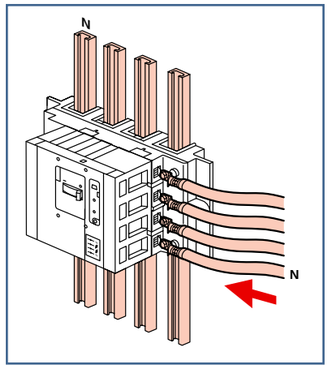
Voir chapitre III.E.3, les règles liées à l'arrivée des conducteurs et à la position horizontale des appareils.

2 MONTAGE DES BASES SUPPORTS D'APPAREIL

Les bases supports tripolaires et tétrapolaires pour DPX permettent la fixation et l'alimentation des DPX 630 et 250.
En version fixe, les conducteurs d'arrivée se raccordent directement sur le DPX (avec les accessoires éventuels de raccordement, voir chapitre III.E.6).



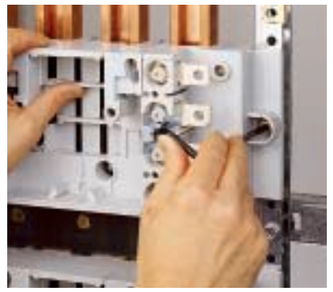
En version extractible, ou débrochable (avec mécanisme "Debro-lift"), les conducteurs d'arrivée sont raccordés sur les plages de la base (possibilité de deux cosses par plages, voir capacité chapitre III.E.6).



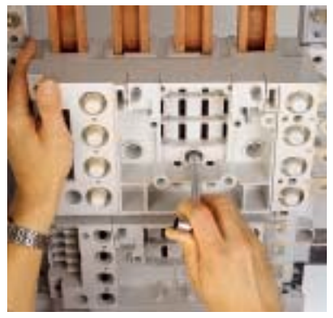
- Avant montage des bases, s'assurer de la position des cames de connexion sur les barres (fente de la vis verticale).



- Fixer les bases sur les montants verticaux perforés (clip-écrou dans le montant et clé mâle de 6).

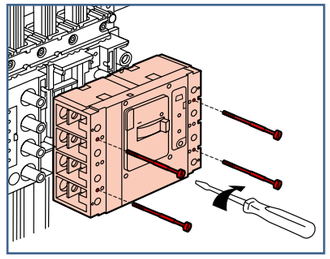


- Tourner les cames de connexion à l'aide d'un tournevis (fente horizontale en position connectée).
- Serrer impérativement les contre-écrous au couple préconisé (10 Nm) avec la clé à tube livrée.

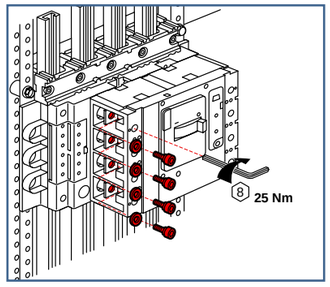


1 Base pour DPX version fixe

- Disposer les entretoises isolantes sous l'appareil.
- Fixer l'appareil sur la base fixe par les vis d'origine livrées avec le DPX 630, ou par les vis spécifiques livrées avec la base réf. 098 69/70 pour le DPX 250.



- Visser directement les bornes du DPX sur les colonnettes par les vis livrées avec le DPX 250, ou par les vis épaulées spécifiques livrées avec base fixe réf. 098 73/74 pour le DPX 630.

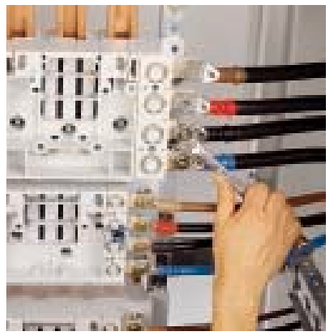




Base support version fixe pour DPX 630

2 Base pour DPX version extractible

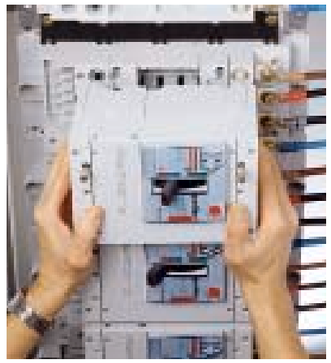
- Raccorder les câbles d'arrivée sur les plages de la base.

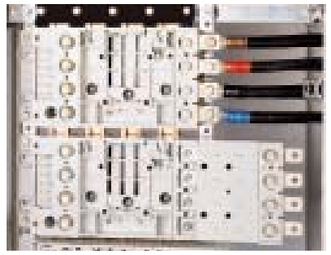


- Equiper l'appareil DPX des alvéoles de contact et de la plaque arrière de guidage réf. 265 30/51.



- Connecter l'appareil sur la base version extractible et fixer l'appareil par ses vis.





Bases pour DPX 630 version extractible :
- pour DPX seul réf. 098 73
- pour DPX avec différentiel réf. 098 74

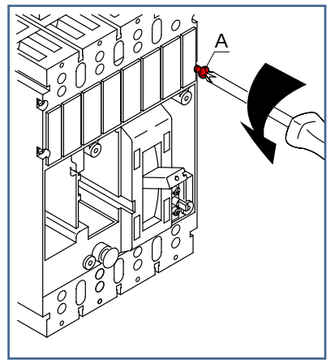
La disposition des bases varie selon le type, la puissance et le sens de montage.
Les règles de positionnement des bases sont décrites au paragraphe suivant : "Utilisation en circuits de départ".

3 Base pour DPX version débrochable

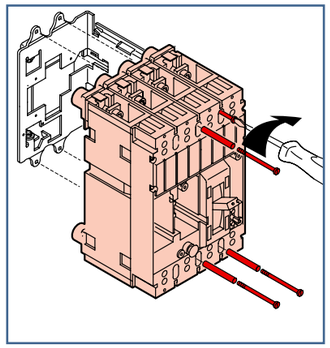
Les bases extractibles peuvent être transformées en version débrochable par adjonction d'un mécanisme "Debro-lift" (réf. 265 67/68 pour base DPX 630 seul ou avec différentiel, réf. 265 46/47 pour base DPX 250 seul ou avec différentiel).



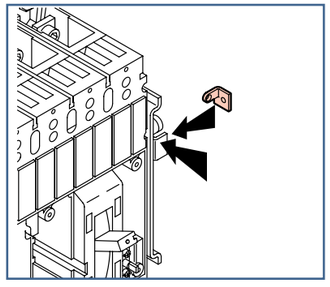
- Retirer la vis A après avoir déposé le couvercle du DPX.



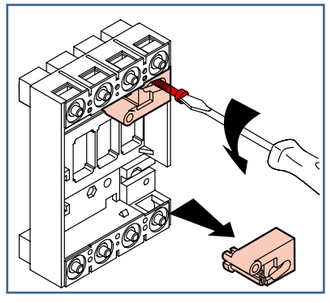
- Fixer le disjoncteur (ou disjoncteur + différentiel) sur la platine à l'aide des vis livrées avec le DPX.



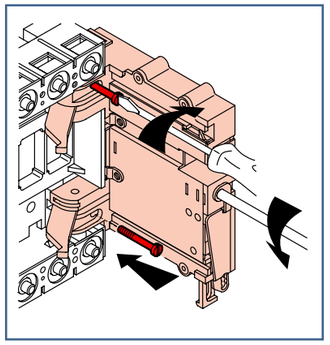
- Monter la plaquette sur la face latérale de la platine.



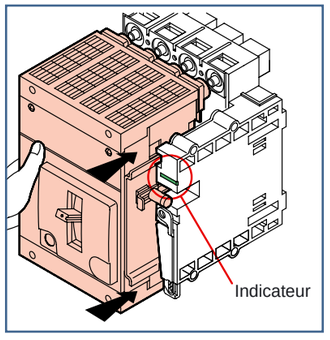
- Revisser la vis A et remonter le couvercle
- Monter les caches-bornes.
- Retirer les deux obturateurs de la base (tournevis Ø 8).



- Insérer et visser le mécanisme "Debro-lift" en s'assurant que la manivelle soit en fin de course en la tournant dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.

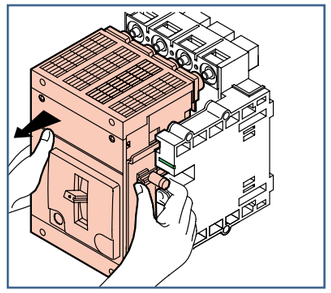


- Insérer le DPX dans la glissière de la base jusqu'à l'enclenchement.



- Tourner la manivelle dans le sens des aiguilles d'une montre. Le DPX est en position "inséré" dès que l'indicateur devient rouge.

- Pour débrocher le DPX, tourner la manivelle dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. L'indicateur devient jaune, puis vert, le DPX est alors en position "extrait" et peut être cadenassé.
- Extraction du disjoncteur de la base.





Bases pour DPX 630 version débrochable :
- pour DPX avec différentiel réf. 098 32 + réf. 265 68
- pour DPX seul réf. 098 31 + réf. 265 67

4 Utilisation en circuits de départ

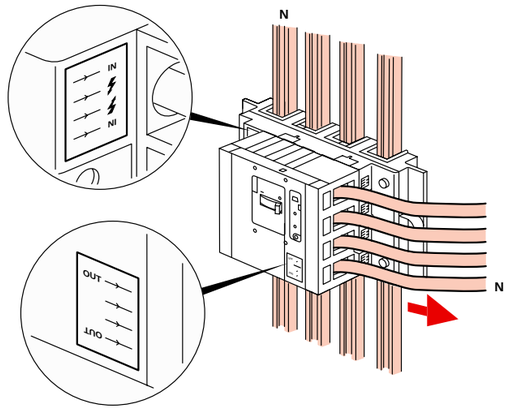
Qu'il soit en configuration d'alimentation directe ou indirecte, le châssis colonne peut être équipé d'un certain nombre de bases supports d'appareils (jusqu'à 10, pour DPX 250) permettant la réalisation d'une distribution particulièrement compacte.
Le sens du courant dans les DPX est inversé par rapport à l'appareil de tête en alimentation indirecte.
Hormis les raccordements électriques, les modalités de montage des bases et des appareils restent strictement identiques à la description des pages précédentes.

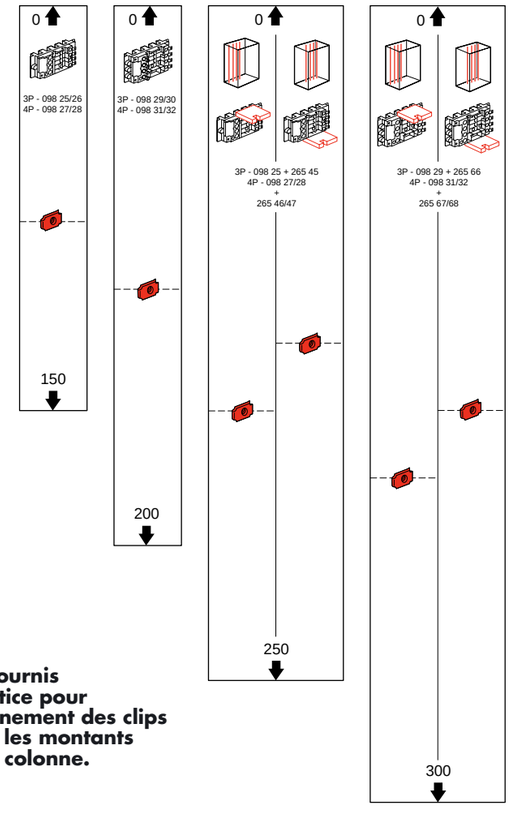
5 Repérage et fixation des bases sur le châssis colonne

Toutes les bases pour DPX version fixe et extractible (hauteur 150 et 200 mm) sont symétriques et sont fixées par une vis à mi-hauteur.
En cas d'adjonction du mécanisme "Debro-lift" (version débrochable), la fixation de la base est décalée et l'encombrement du plastron est porté à 250 mm (DPX 250) et 300 mm (DPX 630).

+ Le positionnement des bases XL-Part conserve le principe unique XL de correspondance entre la hauteur des dispositifs de fixation des appareils et celle des plastrons correspondants.

Il est recommandé de disposer les étiquettes signalétiques indicant le sens d'alimentation et la position des entrées/sorties.

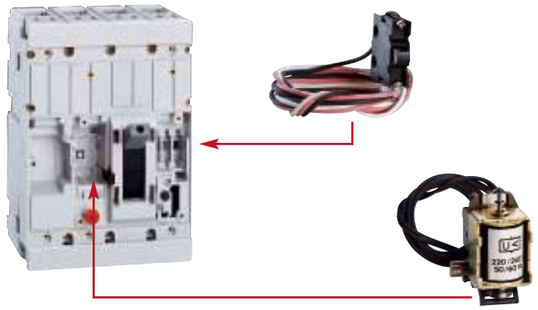




Gabarits fournis avec la notice pour le positionnement des clips écrous sur les montants du châssis colonne.

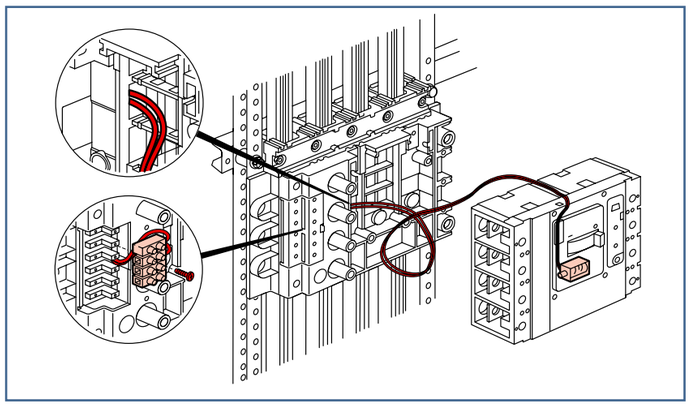
6 Raccordement des auxiliaires

Le montage des DPX dans le dispositif de distribution XL-Part permet de conserver toutes les possibilités d'auxiliarisation propres à la gamme (contacts, signal-défaut, bobines à émission, déclencheurs). Ces accessoires se montent sous la face avant du DPX.



• Base pour DPX version fixe

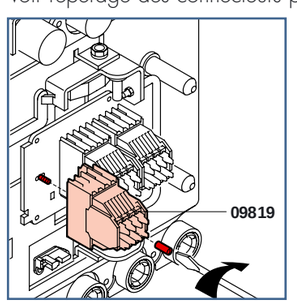
Les conducteurs des auxiliaires sont sortis sur le côté du DPX et passés dans la base pour être raccordés au bornier intégré à celle-ci.



• Base pour DPX version extractible

Des connecteurs spécifiques réf. 098 19 sont montés entre base et appareil et permettent d'assurer la déconnexion des circuits auxiliaires avec une position intermédiaire de contrôle : circuits de puissance ouverts, circuits de commande fermés.

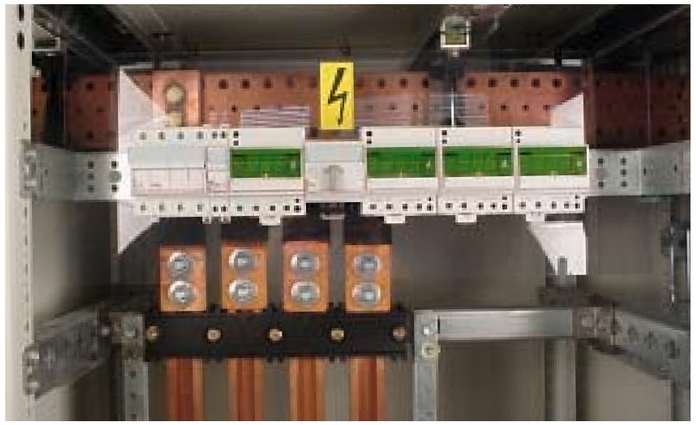
Voir repèrage des connecteurs pour auxiliaires page 307.



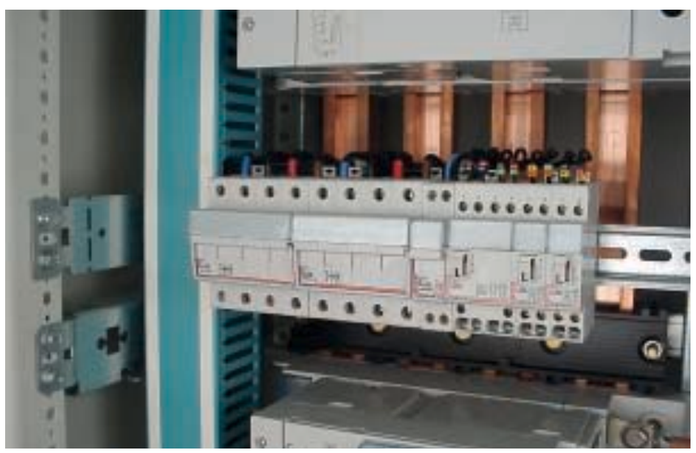
Possibilité de monter trois connecteurs réf. 098 19 à six contacts chacun

! Fixation pour rail modulaire indépendant

Dans les tableaux de distribution de forte puissance tels que le système de distribution XL-Part permet de les concevoir, il reste souvent nécessaire d'installer quelques appareils modulaires pour assurer protection et commande des circuits de signalisation (voyants), de mesure (voltmètre, ampèremètre) et auxiliarisation diverse (contacts de report, bobine à émission, arrêt d'urgence…). Le dispositif réf. 092 19 permet le montage de ces appareils en avant du châssis colonne par fixation directe sur les montants de l'armoire.



Installation des appareils de mesure devant le jeu de barres d'alimentation du châssis colonne XL-Part (alimentation directe). La pose d'un écran est possible par fixation sur les pattes équerres



Pose d'un rail pour appareils modulaires devant le châssis colonne XL-Part. On peut utiliser un plastron de hauteur 150 mm (réf. 092 20/70) ou 200 mm (réf. 092 21/71). Les règles de détermination des volumes restent inchangées

Le répartiteur de rangée XL-Part 400

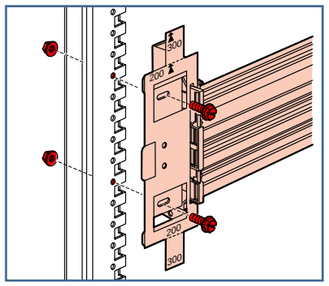
Les opérations de montage proprement dites des dispositifs de distribution XL-Part peuvent être engagées après les choix et vérifications habituels

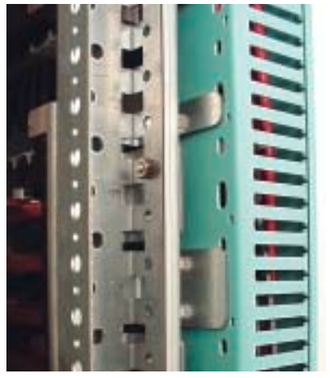
1 LA MISE EN ŒUVRE DU RÉPARTITEUR DE RANGÉE XL-PART

Le répartiteur de rangée réf. 098 75 se fixe directement sur les montants verticaux réf. 095 95.
Il se positionne grâce à une réglette gabarit (à emboîter au préalable) qui situe l'encombrement et la position du plastron correspondant, de hauteur 200 ou 300 mm selon les appareils qui seront installés.



Les supports en équerre se fixent en face avant des montants par deux boulons M6 (clé H de 10).

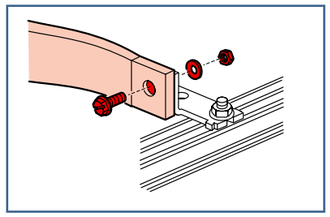




La forme des supports permet de recevoir des goulottes de distribution verticale de largeur maximale 75 mm fixées par rivets isolants clipsables réf. 366 46

1 Alimentation directe par connecteurs

L'alimentation de la rangée est réalisée par un jeu de 4 connecteurs réf. 098 81 raccordés par les vis de connexions livrées montées dans les barres cuivre du répartiteur.
Les connecteurs réf. 098 81 sont dimensionnés pour une intensité de 400 A. Ils peuvent recevoir des barres souples ou rigides ou des câbles équipés de cosses. Capacité de raccordement par connecteur : 2 plages de largeur 32 mm et vis M10.



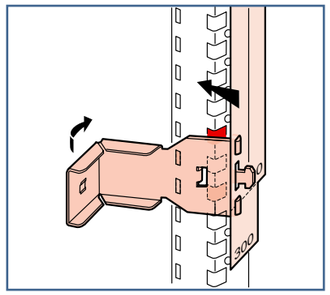
La facilité d'alimentation et le principe standard de montage/positionnement permettent d'utiliser sans restriction les répartiteurs de rangée XL-Part pour la réalisation de tout ou partie des ensembles de distribution.

2 Alimentation directe par jeu de barres vertical arrière

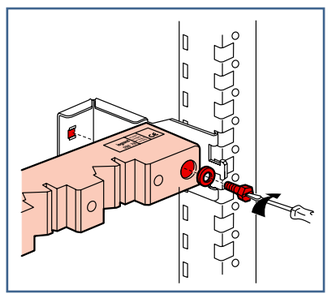
Le jeu de barres arrière constitué par les supports réf. 098 78 permet d'assurer l'alimentation de plusieurs répartiteurs de rangée. Les supports acceptent des barres 32 x 5 (réf. 374 19) pour 400 A ou 50 x 5 (réf. 374 40) pour 630 A.
Les supports isolants réf. 098 78 sont fixés par l'intermédiaire de pattes équerres. Ils se positionnent de la manière habituelle par une réglette gabarit déterminant leur position exacte par rapport à l'encombrement du plastron correspondant (200 ou 300 mm).



Le montage des pattes équerres s'effectue sur le côté du montant réf. 095 95 par emboîtement à force (maillet) jusqu'au verrouillage de l'ergot dans la lumière du montant.



Le montage des supports isolants s'effectue directement sur les pattes équerres par vissage (vis M6 tête H fendue) en face avant.

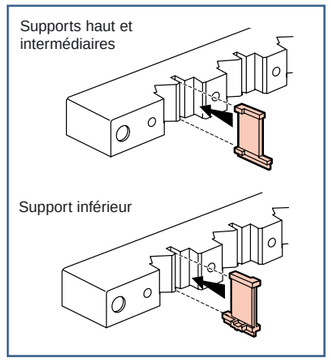


L'ergot dépassant de la patte équerre permet d'indexer les supports équerres du répartiteur de rangée réf. 098 75.

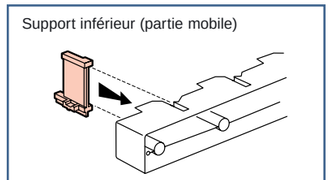


IL n'y a qu'une position et une seule permettant le positionnement relatif du support de barres réf. 098 78 et du répartiteur de rangée réf. 098 75. Cette position est donnée par l'indexation des deux pièces supports. Elle permet le montage des équerres de liaison directe réf. 098 80 qui assurent la liaison entre chaque répartiteur et le jeu de barres vertical arrière.
Avant de positionner les barres plates réf. 374 19 (32 x 5) ou 374 40 (50 x 5) dans la partie fixe du support réf. 098 78, il est nécessaire de placer les entretoises d'adaptation.

Pour les barres 32 x 5 elles s'insèrent dans la partie fixe des supports.



Pour les barres 50 x 5 elles s'insèrent dans la partie mobile du support inférieur seulement.



L'entretoise d'adaptation assure le maintien vertical des barres dans le support inférieur

Le jeu de quatre équerres réf. 098 80 assure la liaison directe de chaque répartiteur de rangée avec le jeu de barres vertical arrière monté sur les supports réf. 098 78.

Dans la pratique, la distance entre les supports sera déterminée par le montage. Il conviendra alors de vérifier que les distances de montage n'excèdent pas les valeurs prescrites au chapitre II.D.3 pour le courant de crête de court-circuit (Ipk).

3 Alimentation indirecte

Les répartiteurs de rangée XL-Part réf. 098 75 peuvent être utilisés comme des distributeurs autonomes intégrant la protection de tête.
Dans ce cas, un appareil de tête de rangée DX 125, DPX 125 ou DPX 250 ER, alimente directement le répartiteur sur lequel il est lui-même fixé et raccordé.



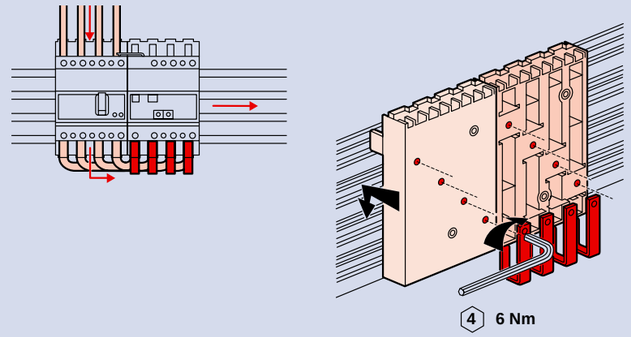
DPX 250 ER monté sur base réf. 098 61 en alimentation du répartiteur de rangée

Le montage des bases d'appareils est effectué en disposant les barres d'alimentation en partie basse de la base (voir modalités de montage pages suivantes). L'appareil est connecté et fixé, après connexion de la base au répartiteur de rangée (clé 6 pans mâle de 4).

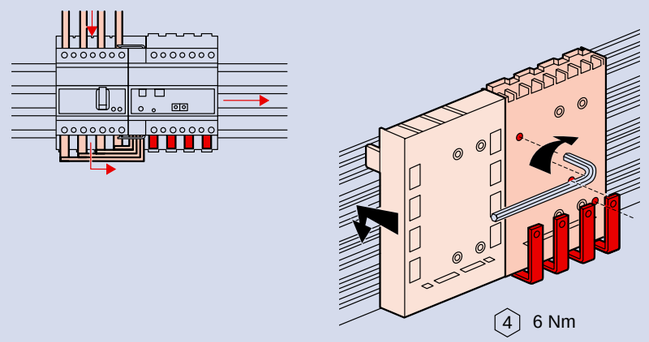


Un bloc différentiel latéral peut-être installé en complément de l'appareil de tête de rangée. Il se monte sur une base pour DPX (réf. 098 57/61/65), le DPX prenant place sur une base spéciale, sans connexion (réf. 098 58/62/66).

DPX 125 avec différentiel



DPX 250 ER avec différentiel



2 UTILISATION : CIRCUITS DE DÉPART

Le répartiteur de rangée XL-Part peut être équipé de différents modèles de bases supports qui permettent de fixer et d'alimenter :
- des appareils modulaires : jusqu'à 63 A (alimentation à fil ou plug-in)
- des appareils modulaires jusqu'à 125 A (alimentation à fil)
- des appareils de puissance DPX 125 ou 250 ER (ces appareils pouvant être équipés d'un bloc différentiel latéral).

1 Bases "à fil" pour Lexic, 1 module par pôle, jusqu'à 63 A

Elles reçoivent les appareils :
- disjoncteurs magnétothermiques DX jusqu'à 63 A
- disjoncteurs différentiels monoblocs DX jusqu'à 63 A
- interrupteurs différentiels DX jusqu'à 80 A, à sortie par le bas
- disjoncteurs moteurs jusqu'à 25 A
- coupe-circuits domestiques jusqu'à 32 A
- coupe-circuits sectionneurs cartouche 10 x 38.

Les bases supports en version unipolaire différenciées : neutre et phases L1, L2, L3 (réf. 098 42/43/44/45). Elles se juxtaposent pour alimenter tout appareil de 2 à 4 pôles.
Ces bases existent également en version assemblée : tripolaire (réf. 098 46) et tétrapolaire (réf. 098 47).

Le montage des bases se fait facilement par clipsage sur le répartiteur de rangée.



Mouvement du haut vers le bas. Le raccordement sur le répartiteur de rangée est automatique

Les fils souples (section 16 mm²) équipés d'embouts de raccordement sont connectés à l'appareil qui est ensuite clipsé sur la base.



2 Base "à fil" pour Lexic, 1,5 module par pôle, jusqu'à 125 A

Ces bases reprennent exactement les mêmes principes de montage et de raccordement mais sont adaptées aux appareils modulaires jusqu'à 125 A : disjoncteurs DX 80, 100, 125 A.
Elles sont équipées de fils de raccordement en tresse extra-souple isolée de 25 mm².

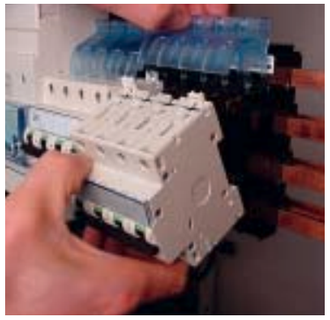


Les bases supports 125 A juxtaposables existent en version unipolaire, pour neutre et phases (réf. 098 48/49/50/51), en version tripolaire (réf. 098 52) et tétrapolaire (réf. 098 53).

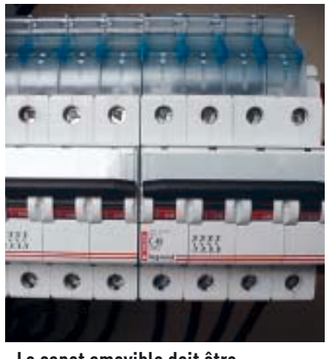
Une alimentation indirecte d'un répartiteur de rangée réf. 098 75 par un appareil modulaire 125 A peut être réalisée en utilisant la base tétrapolaire à alimentation inférieure réf. 098 54.

3 Base "plug-in" pour Lexic, 1 module par pôle, jusqu'à 63 A

Les bases "plug-in" permettent de connecter directement les disjoncteurs magnéto-thermiques DX, les disjoncteurs différentiels monoblocs, les interrupteurs différentiels à sortie par le bas, jusqu'à 63 A.



Mise en œuvre aisée par connexion automatique à l'enclipsage du module



Le capot amovible doit être considéré comme une protection complémentaire contre les contacts fortuits

A l'image des bases "à fil", les bases "plug-in" existent en version unipolaire, tripolaire et tétrapolaire.

4 Base Lexic universelle

La base vide réf. 098 40, sans liaison électrique, permet le montage de n'importe quel appareil modulaire (sans liaison avec le répartiteur de rangée) et plus particulièrement les blocs différentiels adaptables.

5 Base tétrapolaire pour DPX version fixe

Les bases réf. 098 57/65 reçoivent respectivement les appareils DPX 125 et 250 ER.
Elles permettent donc d'alimenter des circuits d'utilisation de moyenne puissance à partir d'un répartiteur de rangée XL-Part.
Le montage des bases s'effectue par accrochage sur le répartiteur de rangée : la connexion est validée par serrage à la clé mâle de 4.

**Sûr et rapide, le "plug-in" pour LEXIC est un dispositif automatique de connexion permettant le raccordement direct au circuit d'alimentation.
La quasi-totalité des appareils modulaires LEXIC (jusqu'à 63 A) est prééquipée de ce dispositif et peut être utilisée sur les bases "plug-in" pour LEXIC.**



Accrochage d'une base tétrapolaire 160 A sur un répartiteur de rangée



**Connexion par vissage. Noter la position "haute" des barres cuivre d'alimentation.
En configuration alimentation indirecte, ces barres sont en bas**

L'appareil est ensuite monté par un mouvement de bas en haut. Les connexions sont raccordées sur les plages par les vis livrées avec le DPX.



LE CÂBLAGE ET LE RACCORDEMENT













Si l'on définit de manière schématique un tableau de distribution comme l'association d'appareils reliés par des conducteurs et protégés par une enveloppe, on voit que ces trois composantes ne font pas forcément l'objet de la même attention dans leur choix et dans l'approche technique qui l'entoure.

Souvent considérés comme des produits au mètre, les conducteurs se révèlent en fait d'une haute technicité dont dépend en partie la fiabilité des installations.
Leur détermination ainsi que leurs conditions de mise en œuvre sont donc prépondérantes. Après avoir précisé les principaux types de conducteurs et câbles,leur dénomination et leurs usages habituels, il est important de rappeler quelques précautions essentielles :

- la prise en compte des conditions internes aux tableaux pour le choix détections
- les règles de groupement des conducteurs en parallèle
- la protection en amont des dispositifs de protection
- le maintien contre les efforts électrodynamiques des courts-circuits
- la proximité de structures magnétiques

Le câblage est constitué par le cheminement et les connexions. Ces dernières sont traitées à la fois sous l'aspect fonctionnel et réglementaire d'alimentation électrique des appareils, (arrivée des conducteurs, position des appareils, place du neutre, conducteurs PEN...) et sous l'aspect pratique du raccordement dont la dernière partie (chapitre III.E.6) rappelle toutes les solutions, ou presque, offertes par les gammes DMX, DPX, Vistop et DX et leurs accessoires.

Les conducteurs

La diversité des installations, la gamme des puissances, voire les habitudes locales ou réglementaires font qu'il n'existe pas de modèle type de câblage des tableaux.
Les types de conducteurs sont multiples. Leur choix dépend de leurs usages, lesquels sont bien définis dans les installations, ce qui n'est pas toujours le cas dans les ensembles de distribution.

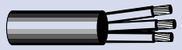
1 CHOIX ET UTILISATION DES CÂBLES ET CONDUCTEURS

Le choix et la mise en œuvre doivent être effectués en prenant en compte les contraintes applicables aux câbles et conducteurs, à leurs connexions, à leurs supports et enveloppes, et plus généralement, à leur protection vis-à-vis des contraintes externes.
La norme CEI 60364 définit des configurations d'installations des câbles et conducteurs dites : "mode de pose" (voir description au chapitre II.A.1) qui déterminent des conditions de protection contre les influences externes : température, présence d'eau, présence de pollution, risques de chocs, vibrations, feu, conditions d'isolement réduites…
La température maximale admissible de l'isolant de l'âme est prise en compte dans le dimensionnement des conducteurs (voir section II.A). L'appellation générique PR est donnée aux conducteurs dont l'isolant supporte 90 °C (polyéthylène réticulé, élastomère)
L'appellation générique PVC est donnée aux conducteurs dont l'isolant supporte 70 °C (PVC, caoutchouc).

Pour les applications industrielles de distribution, l'utilisation de câbles isolés aux élastomères (PR) est particulièrement recommandée :
- leur tension d'isolement est plus élevée (jusqu'à 1 000 V)
- leur température admissible de fonctionnement (90 °C) ainsi que la température maxi en court-circuit (250 °C) sont adaptées aux exigences des tableaux de puissance
- ils présentent d'excellentes propriétés mécaniques
- leur résistance aux agents atmosphériques et chimiques est élevée.

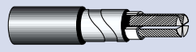
Certains conducteurs et câbles sont considérés procurer un degré d'isolation de classe II (ce degré peut être atteint par la disposition de conducteurs isolés dans une gaine ou un conduit isolant). Leur emploi est obligatoire dans les locaux où le risque de contact avec le potentiel de la terre est important (enceintes conductrices ou avec des éléments conducteurs nombreux) ou encore lorsque les conditions d'isolement sont mauvaises (locaux humides).
Leur usage peut également être nécessaire en amont des dispositifs assurant effectivement la protection contre les contacts indirects (voir page 631).

Conducteurs et câbles d'énergie les plus usuels

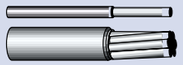
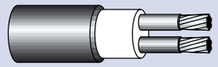
Dénomination	 U-1000 R2V et U-1000 AR2V	 U-1000 RVFV et U-1000 ARVFV	 U-1000 RGPFV	 H07 RN-F
Utilisation	Installation fixe	Liaison enterrée ou protection mécanique renforcée	Pose immergée, agressions chimiques haute protection mécanique	Installation mobile ou fixe protégée
Nombre de conducteurs	1 à 4 (5 jusqu'à 50 mm²)	1 à 4 (5 jusqu'à 50 mm²)	2 à 4 (5 jusqu'à 25 mm²)	1 à 4
Section des conducteurs	1,5 à 300 mm²	1,5 à 300 mm²	1,5 à 240 mm² (150 mm² pour 3 condt)	1,5 à 300 mm²
Ame	Cuivre ou aluminium	Cuivre ou aluminium	Cuivre	Cuivre souple
Isolant	Polyéthylène réticulé	Polyéthylène réticulé	Polyéthylène réticulé	Elastomère réticulé
Gaine	PVC noir	PVC noir	PVC noir	Elastomère réticulé
Revêtement métallique	—	2 feuillards acier	Gaîne plomb + 2 feuillards acier	—
Tension nominale	600/1000 V	600/1000 V	600/1000 V	450/750 V

- Dans les conditions d'isolement réduites, de même que dans le cas de risque fréquent de contact avec la terre, les câbles avec enveloppe métallique du type U-1 000 RVFV peuvent être utilisés en raccordant les deux extrémités des feuillards au conducteur de protection.
- Dans les conditions d'isolement très faibles ou dans le cas de contact permanent des personnes avec la terre (enceinte conductrice) ou en amont des dispositifs de protection contre les contacts indirects, toutes conditions qui requièrent des canalisations de classe II, les câbles U-1 000 RVFV peuvent être utilisés sous réserve de ne pas raccorder, et d'isoler de tout contact, les feuillards métalliques.

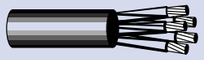
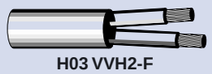
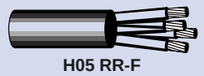
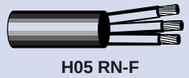
Câbles de branchement basse tension

Dénomination	 Torsade de réseau avec porteur NF C 33 209	 H1 XDV-AR	 H1 XDV-AS Ame sectorale, conducteur PE non isolé
Utilisation	Branchement aérien	Branchement souterrain NF C 32 210	
Nombre de conducteurs	—	—	
Section des conducteurs	25 à 150 mm²	16 à 240 mm²	
Ame	Aluminium	Aluminium	
Isolant	Polyéthylène réticulé	Polyéthylène réticulé	
Gaine	—	PVC	
Revêtement métallique	—	Feuillards acier	
Tension nominale	600/1000 V	600/1000 V	

Conducteurs et câbles pour applications domestiques, résidentielles, tertiaires ou similaires

Dénomination	 H07 V-U et H07 V-R	 H05 V-K et H07 V-K	 FR-N05 VV-U et FR-N05 VV-R
Utilisation	Installation fixe (sous conduit, goulotte, câblage de tableau terminal)	Filerie interne ou câblage installation fixe sous goulotte ou conduit	Installation fixe sur parois, tablettes vides de construction (encastré sous conduit)
Nombre de conducteurs	1	1	2 à 5
Section des conducteurs	Jusqu'à 400 mm²	Jusqu'à 240 mm²	1,5 à 6 mm²
Ame	Cuivre rigide massif (V-U) ou câblé (V-R)	Cuivre souple	Cuivre rigide massif (V-U) ou câblé (V-R)
Isolant	PVC (nombreuses couleurs)	PVC	PVC
Gaine	—	—	PVC
Tension nominale	450/750 V	H05 : 300/500 V - H07 : 450/750 V	300/500 V

Conducteurs et câbles pour applications domestiques, résidentielles, tertiaires ou similaires (suite)

Dénomination	 H05 VV-F	 H03 VVH2-F et H05 VVH2-F	 H05 RR-F et A05 RR-F	 H05 RN-F et A05 RN-F
Utilisation	Alimentation d'appareils domestiques mobiles ou amovibles	Alimentation de petits appareils	Alimentation d'appareils mobiles (chauffants en particulier)	Alimentation de petites machines, moteurs, baladeuses
Nombre de conducteurs	2 à 5	2	2 à 5	2 ou 3
Section des conducteurs	0,75 à 4 mm²	0,75 mm²	0,5 à 6 mm²	0,75 et 1 mm²
Ame	Cuivre souple	Cuivre souple	Cuivre souple (nu ou étamé)	Cuivre souple (nu ou étamé)
Isolant	PVC	PVC	Elastomère	Elastomère
Gaine	PVC	PVC	Elastomère	Elastomère
Remarque	—	—	Bonne résistance mécanique	Bonne résistance mécanique
Tension nominale	300/500 V	H03 : 300 V - H05 : 500 V	300/500 V	300/500 V

Caractérisés par une mise en œuvre aisée, ces câbles ont une résistance mécanique faible ou moyenne. Leur tension d'isolement est de 500 ou 750 V, leur température maximale est 70 °C en régime établi (160 °C en court-circuit). Ils sont classés C2 pour leur comportement au feu.

Il existe de nombreux autres types de câbles, normalisés ou non, pour des applications spécifiques : incendie, contrôle, commande, ascenseurs, manutention, balisage, chimie... On se reportera aux catalogues des fabricants pour leurs caractéristiques et leur choix.

Dénomination symbolique des câbles : désignation harmonisée

Type de la série		Tension U_0/U		Enveloppe isolante		Revêtement métallique		Gaine		Forme du câble		Nature de l'âme		Souplesse et forme de l'âme	
Série harmonisée	H	< 100 V	00	PVC	V	Ruban en acier ceinturant les conducteurs	D	PVC	V	Câble rond	pas de terre	Cuivre	–	Rigide, massive, ronde, classe 1	U
		100/100 V	01											Rigide, câblée, ronde, classe 2	R
Série nationale reconnue	A	300/300 V	03	Caoutchouc vulcanisé	R			Caoutchouc vulcanisé	R	Câble méplat divisible	H			Rigide, câblée, sectorale	S
		300/500 V	05											Rigide, massive, sectorale	W
														Fil rosette	Y
Série nationale autre que reconnue	N	450/750 V	07	Polyéthylène réticulé	X			Polyéthylène réticulé	N	Câble méplat non divisible	H2	Aluminium	-A	Souple, classe 5 pour installation fixe	K
		0,6/1 kV	1											Souple, classe 5	F
														Extrasouple, classe 6	H

La désignation peut être complétée par le nombre de conducteurs (n) et leur section (s), câble sans vert/jaune : **n X S,** câble avec vert/jaune : **n G S**

Exemple : H07 V-K
H : série harmonisée
07 : isolation 450/750 V
V : isolant PVC
K : âme cuivre souple classe 5

Dénomination symbolique des câbles : désignation UTE

Type de la série		Tension U_0		Souplesse de l'âme		Nature de l'âme		Enveloppe isolante		Bourrage		Gaîne de protection		Revêtement métallique		Forme du câble	
Câble faisant l'objet d'une norme UTE	U	250 V	250	Rigide	pas de terre	Cuivre	pas de terre	Caoutchouc vulcanisé	C	Gaîne de bourrage	G	Gaine épaisse	2	Gaine de plomb	P	Câble rond	pas de terre
								Polyéthylène réticulé	R	Aucun bourrage ou bourrage ne formant pas gaine	O	Gaine très épaisse	3				
		500 V	500	Souple	A	Aluminium	A	PVC	V			Caoutchouc vulcanisé	C	Feuillards acier	F	Câble méplat	M
		1000 V	1000					Isolant minéral	X	Gaine d'assemblage et de protection formant bourrage	I	Polychloroprène ou équivalent	N				
												PVC	V	Zinc ou autre métal	Z		

Exemple : U-1 000 RO2V
U : objet d'une norme UTE
1 000 : tension d'isolement 1 000 V
R : enveloppe isolante en polyéthylène réticulé
O : aucun bourrage
2 : gaine épaisse
V : gaine de protection PVC

Températures maximales admissibles (°C)

Isolant	PVC	Caoutchouc	Polyéthylène réticulé EPR (XLPE)	Caoutchouc siliconé (SIR)
En conditions constantes normales	70	60	90	180
En conditions de court-circuit	160	200	250	350

Comportement au feu des câbles et conducteurs

La norme NF C 32 070 définit une classification qui s'appuie sur les essais des normes CEI 60331 et 60332.
Pour la "réaction au feu" on distingue les catégories :
- C3 : sans caractéristique particulière
- C2 : non propagateurs de la flamme ou "flame-retardant". La plupart des câbles d'installation appartiennent à cette catégorie.
- C1 : non propagateurs de l'incendie ou "fire-retardant". L'emploi de cette classe limite le risque de propagation dans les nappes et chemins de câbles. Les câbles des séries FR-N1 X1... et les conducteurs des séries FR-NO5 G2 (U, R ou K) et FR-N07 X3 (U, R, ou K) appartiennent à cette catégorie (voir page 205).

Pour la "résistance au feu" on distingue les catégories :
- CR2 : sans caractéristique particulière
- CR1 : résistants au feu ou "fire-résistant". Les conducteurs à isolant minéral des séries U500 X ou XV ou 1 000 X ou XV, les conducteurs dits "résistants au feu" type "Lyonotox", "Pyrolyon", certains câbles d'énergie (centrales) ou de signalisation appartiennent à cette catégorie. La classe CR1 est par exemple requise dans les installations de sécurité incendie des établissements recevant du public (ERP).

Conditions d'utilisation des câbles et conducteurs

Influence externe	Conditions	Valeurs caractéristiques	U-1000R2V, U-A1000R2V	U-1000RVFV, U-A1000ARVFV	U-1000 RGPFV	H07 RN-F	torsades NF C 33209	H1 XDV-AR, hi XDV-AS	H07 V-U, H07V-R (1)	H07 V-K (12)	FR-N05VV-U, FR-N05VV-R	H05 VV-F	H03 VVH2-F, H05VVH2-F	H05 RR-F, A05 RR-F	H05 RN-F, A05 RN-F
Température	chaude	- 5 °C + 70 °C (2)	•	•	•	•								•	•
	normale	- 5 °C + 55 °C	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	froide	- 25 °C + 55 °C	(3)	(3)	(3)	•	•	(3)	(3)	(3)			(3)	•	•
	très froide	- 60 °C + 55 °C					•								
Présence d'eau	sans		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	projections	IP x 4	•	•	•	•	•	•			•	•	•	•	•
	vagues et jets	IP x 5,6	•	•	•	•	•	•			•	•	•		
	immersion temporaire	IP x 7	•	•	•	•		•							
	immersion permanente	IP x 8			•										
Risques de chocs	faibles	IK 03	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	moyens	IK 07	•	•	•	•		•				•	•	•	•
	importants	IK 08	•	•	•	•		•							
	très importants	IK 10		•	•	•									
Vibrations	faibles	< 0,15 50 Hz	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	fortes (2)	< 0,35 150 Hz				•							•	•	•
Flore et moisissures	absence														
	présence														
Faune	absence		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	présence	insectes, rongeurs, oiseaux		•	•										
Conditions d'isolation des personnes	normales	locaux secs	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	faibles	humides (7)	•	•(6)	•(6)	•	•			•	•	•(5)	•(5)	•	•
	très faibles	immergés (7)	•			•	•				•(5)			•(5)	•(5)
Risque de contact avec la terre	momentané	locaux isolants	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	fréquent	locaux non isolants (8)	•	•(6)	•(6)	•	•	•			•	•	•	•	•
	permanent	locaux conducteurs	•			•					•(5)			•(5)	•(5)
Risques liés aux matières traitées ou entreposées	négligeables		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	incendie (9)		•	•	•	•		•			•	•	•	•	•
	explosion (10)		•	•	•	•		•							
Inflammabilité des matériaux de construction	négligeable		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	combustibles	constructions en bois	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•		•
Risques liés à la structure des ouvrages	négligeable		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	propagation feu	(9) IGH, ERP	•	•	•	•		•	•	•	•	•	•	•	•
	mouvements	installations mobiles	(11)			•				•(12)	•(11)	•	•	•	•
	instable/flexible	chapiteaux, tentes				•				•(12)				•	•

• Utilisation possible.

(1) : Les conditions d'utilisation peuvent être différentes sous gaine ou conduit.
(2) : Une réduction du courant (derating) peut être nécessaire.
(3) : Ces câbles peuvent être utilisés s'ils ne sont soumis à aucun effort mécanique.
(4) : L'utilisation de câbles ou de conducteurs souples posés dans des gaines souples est nécessaire.
(5) : Tension d'isolement réduite à U0 = 250 V par rapport à la terre.
(6) : Feuillard métallique relié à la terre.
(7) : S'applique aux conditions de situation des personnes et non aux conditions d'utilisation des conducteurs (voir présence d'eau).
(8) : Ou isolants et comportant de nombreux éléments conducteurs accessibles.
(9) : Se reporter aux règlements spécifiques des locaux ou emplacements à risque d'incendie (ERP, IGH, établissements recevant des travailleurs…).
(10) : Voir les dispositions particulières propres à ces types de locaux qui imposent des dispositions de pose, protections complémentaires, réductions et limitations de courant…
(11) : Des possibilités de mouvements sont prévues par des raccords souples.
(12) : Conducteurs sous conduits souples.

Désignations usuelles :
ERP : Etablissement Recevant du Public
IGH : Immeuble de Grande Hauteur
ERT : Etablissement Recevant des Travailleurs

2 SECTIONS DES CONDUCTEURS DE CÂBLAGE INTERNE DANS LES ENSEMBLES ET LES TABLEAUX

Le tableau proposé ci-contre a été élaboré sur la base des habitudes de nombreux professionnels et d'essais d'ensembles câblés.
Les conducteurs ont été discernés, comme pour le dimensionnement des canalisations, en deux types :
- PVC pour les conducteurs isolés au PVC ou au caoutchouc (généralement utilisé pour les conducteurs de filerie jusqu'à 35 mm²)
- PR pour les conducteurs isolés au polyéthylène ou aux élastomères (la pratique réserve plutôt ceux-ci aux sections supérieures à 35 mm²).

Les conditions d'installations et de température ambiante ont été empiriquement dénommées :
- IP < 30 pour les conducteurs installés avec de bonnes conditions de refroidissement (armoire ouverte ou naturellement ventilée, densité de câblage faible à moyenne, température interne de l'enveloppe proche de l'ambiance jusqu'à 35 °C)
- IP > 30 pour les conducteurs installés dans des conditions de refroidissement médiocres (armoire étanche, densité de câblage élevée, câbles multiconducteurs, température interne de l'enveloppe pouvant atteindre 50 °C).

Les colonnes U s'appliquent lorsque les conducteurs ou câbles sont séparés ou non jointifs ou jointifs d'un même circuit (pose sur supports, bracelets, maintien simple).
Les colonnes G sont à appliquer lorsque les conducteurs de circuits différents sont posés jointifs et groupés (pose en goulottes ou en torons par exemple).
Les courants admissibles par les barres souples sont indiqués page 476 et pour les barres rigides au chapitre II.D.1.
Les sections habituelles des conducteurs de protection (PE) dans les ensembles sont indiquées page 646.

La section des conducteurs à utiliser pour le câblage à l'intérieur des ensembles ne fait pas l'objet d'un document normalisé unique.
• La NF C 15-100 conseille de déterminer les sections selon les modes de pose 31 et 32 (voir chapitre II.A.1).
Dans les faits, la méthode est difficilement applicable car elle nécessite pour l'application des facteurs de correction, des éléments qui ne seront connus qu'après réalisation : parties en parcours vertical, en parcours horizontal, groupements, nombre de couches, conducteurs séparés ou câbles, sans oublier la connaissance toujours difficile de la température ambiante dans l'enveloppe.
• La norme EN 60439-1 ne préconise pas de sections mais stipule un "domaine de courant" pour les essais d'échauffements. Les conducteurs pris en compte sont à isolation PVC et la température ambiante n'est pas précisée.
Des conditions qui ne couvrent donc pas toutes les applications.

Valeurs indicatives des sections minimales en mm²

In (A) ou calibre de l'appareil de protection	IP ≤ 30				IP > 30				Valeurs selon EN 60439-1
Nature isolant	PVC		PR		PVC		PR		
Pose	U	G	U	G	U	G	U	G	
6	1	1,5	0,75	1	1,5	1,5	1	1	1
10	1,5	2,5	1	1,5	2,5	2,5	1,5	1,5	1,5
16	2,5	2,5	1,5	2,5	2,5	4	1,5	2,5	2,5
20	2,5	4	2,5	2,5	4	6	2,5	4	2,5
25	4	6	2,5	4	6	10	4	6	4
32	6	10	4	6	10	16	6	10	6
40	10	16	6	10	16	25	10	10	10
50	10	16	10	10	16	35	10	16	10
63	16	25	10	16	25	50	16	25	16
80	25	35	16	25	35	70	25	35	25
100	25	50	25	35	50	95	35	50	35
125	35	70	25	50	70	120	50	70	50
160	70	120	50	70	95		70	95	70
200	95		70		120		95	120	95
250	120		95		150		120		120
315	185		120		240		185		185
400	240		185		300		240		240

NB : les valeurs de la colonne IP > 30 correspondent à l'application d'un coefficient de correction de 0,71 (PVC) et de 0,82 (PR) sur la valeur du courant.
Les valeurs des colonnes G correspondent à l'application d'un coefficient de correction pour groupement de plusieurs circuits de 0,7.



Conducteurs non jointifs maintenus par des bracelets : lire les sections dans les colonnes U



Plusieurs circuits dans une même goulotte et totalité du câblage en goulottes verticales et horizontales : lire les sections dans les colonnes G



Les raccordements et les circulations horizontales se font "à l'air libre". Les conducteurs sont uniquement collectés en goulottes verticales : lire les sections dans les colonnes U



Si le taux de remplissage de la goulotte verticale est important : lire les sections dans les colonnes G



Groupement de plusieurs circuits en torons communs : lire les sections dans les colonnes G

3 LES BARRES SOUPLES

Les barres souples permettent d'effectuer des raccordements sur les appareils ou de constituer des liaisons qui sont pratiquement adaptables à tous les cas de figure. Gage de sécurité et de finition, elles apportent une touche esthétique indéniable.
Sur la base des dimensions les plus courantes et des capacités électriques des valeurs nominales habituelles, l'offre de barres souples Legrand convient à la plupart des besoins de raccordement ou de liaison.

1 Courants admissibles

Comme pour tout conducteur, le courant admissible dans les barres souples peut différer selon les conditions d'utilisation :
- température ambiante (réelle dans l'enveloppe)
- durée d'utilisation (charge permanente ou cyclique),

ou les conditions d'installation :
- barres seules ou groupées (juxtaposées en contact ou entretoisées
- ventilation naturelle (IP ≤ 30), forcée (ventilateur) ou sans (IP > 30)
- cheminement vertical ou horizontal.

La variabilité importante de l'ensemble de ces conditions conduit elle-même à des courants admissibles très différents (dans un rapport de 1 à 2, voire plus).
Une utilisation inadaptée peut engendrer des échauffements incompatibles avec les isolants, perturber ou même détériorer les appareils raccordés ou environnants.

Courants admissibles par les barres souples Legrand

Références	374 10	374 16	374 11	374 67	374 17	374 12	374 44	374 57	374 58
Section	13 x 3	20 x 4	24 x 4	20 x 5	24 x 5	32 x 5	40 x 5	50 x 5	50 x 10
Ie (A) IP ≤ 30	200	320	400	400	470	630	700	850	1 250
Ithe (A) IP > 30	160	200	250	250	520	400	500	630	800

A même section les barres souples ont des intensités admissibles supérieures aux câbles ou aux barres rigides grâce à leur structure lamellaire (limitation des courants de Foucault), à leur forme (meilleure dissipation thermique) et à leur température admissible (isolant en PVC haute température 105 °C).

Les courants Ie (A) et Ithe (A) des barres souples Legrand sont donnés pour les conditions suivantes :
- Ie (IP ≤ 30) : courant maximal admissible permanent en enveloppe ouverte ou ventilée, la position et la distance relative des barres permettent un bon refroidissement. La température dans l'enveloppe doit être proche de la température ambiante
- Ithe (IP > 30) : courant maximal admissible permanent en enveloppe étanche. Les barres peuvent être installées à proximité les unes des autres sans toutefois être en contact. La température dans l'enveloppe peut atteindre 50 °C.



Raccordement d'un DPX 1600 par barres souples 50 x 10

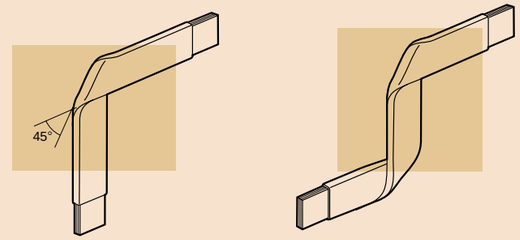
2 Mise en œuvre

Le formage des barres souples se fait manuellement et sans outillage spécifique, bien qu'il demande quelques tours de main pour obtenir une finition irréprochable.

Mise en œuvre des barres souples

- Commencer par le formage de la barre.
- Lorsque plusieurs liaisons (suivant le nombre de pôles) sont à réaliser, commencer par la barre la plus longue. Les suivantes qui seront faites selon le premier modèle ne risqueront pas d'être trop courtes.
- Si possible, compenser un pli dans un sens par un pli dans le sens opposé pour limiter le déplacement relatif des lames.
- N'effectuer les dénudages et perçages d'extrémité qu'après formage.
- Le perçage par poinçonnage est préférable (peu de déformation, absence de copeaux).
- Utiliser des contre-plaques de guidage pour percer au foret.

Quelques exemples :



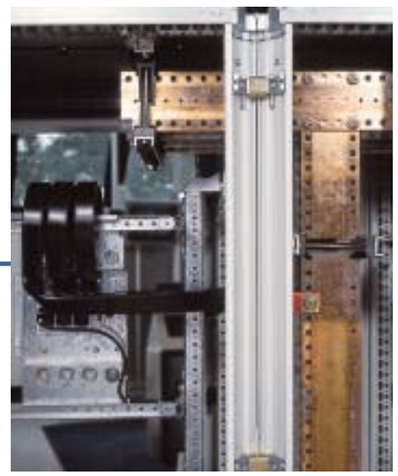
Pliage à 90° (plans parallèles)

Baïonnette (plans parallèles)



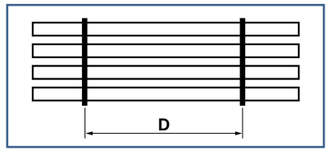
Liaison par barres souples 20 x 4 réf. 374 16 entre un Vistop 160 et un répartiteur réf. 374 00

Raccordement d'un DPX 630 triphasé débrochable par barres souples

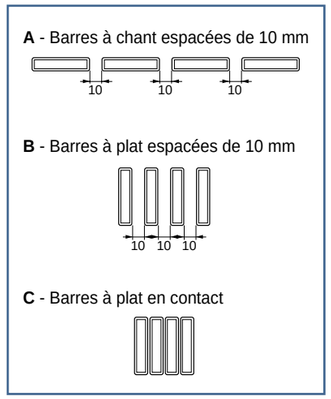


3 Conditions de pose et de circulation

Le mode de pose des barres souples peut largement influer sur la capacité de refroidissement de celles-ci et sur la tenue aux efforts électrodynamiques en cas de court-circuit.
Compte tenu de la diversité des configurations, il est très difficile de donner des règles universelles de maintien des barres vis-à-vis des courts-circuits.



Trois modèles standard ont été retenus de la plus favorable à la plus défavorable.



Valeurs indicatives des distances D minimales entre maintien des barres

Barres	13 x 3			20 x 4 20 x 5 24 x 4			24 x 5			32 x 5 40 x 5			50 x 5			50 x 10		
Ipk(kA)	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
10	350	150	100		250	150		500	400		500	400			500			
15	250	100	70	500	150	100		400	250		300	250		500	350			
20	200	80	50	350	100	100	500	300	200		250	200		300	250			500
25	150	60		300	100	80	400	200	150		200	150		250	200		500	400
30	100			250			350	150	100	500	150	150		200	150		400	350
40				200			250	100		400	100	100		150	100		300	250
50				150			200			300			500	100			250	200
60							150			250			450				200	150
70							100			200			400			500	150	100
80										150			350			450	100	
90										100			300			400		
100													250			350		

Les valeurs ci-dessus sont données uniquement à titre de guide compte tenu de la variabilité des configurations.

Les distances indiquées ne préjugent pas de la tenue mécanique des supports employés qui peuvent être soumis à des efforts très importants, c'est pourquoi on utilisera en général :
- des dispositifs sur mesure (entretoises usinées + vis) dans le mode A
- des entretoises d'écartement en mode B (attention, certains n'ont qu'un rôle d'écarteur pour la dissipation thermique, des colliers complémentaires sont alors nécessaires)
- des colliers pour le mode C qu'il convient de limiter aux courts-circuits présumés n'excédant pas 15 kA.



Raccordement par barres 24 x 5 sur DPX 250



Liaison par barres souples sur base d'appareil extractible

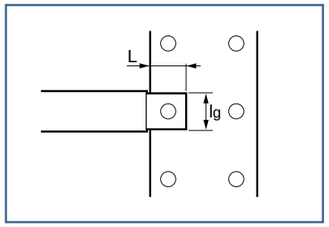


Bridage de barres souples

Lors d'un court-circuit de valeur élevée (>25 kA), les barres souples pourront se déformer. A ce niveau, le risque de contact avec une masse est limité par la présence de l'isolant. Pour des courts-circuits très importants (50 kA) le risque principal devient un arrachement des connexions : la connexion par vis traversantes est alors recommandée.

4 Raccordement

Il est nécessaire de dimensionner les plages de raccordement des barres souples en fonction de leur section. La longueur L de recouvrement doit au minimum être égale à la largeur de la barre lg ou à 5 fois son épaisseur (la plus grande des deux valeurs devant être retenue).
Pour les barres d'épaisseur 10 mm, un recouvrement minimum de 75 mm et le serrage par 2 vis sont recommandés.





Raccordement d'un DPX 250 ER par barres souples 13 x 3

Le serrage de la barre souple doit se faire de manière à maintenir les lames serrées. L'usage de rondelles larges intégrées aux vis réf. 374 64 (M8) et réf. 374 65 (M12) ou d'une contre-plaque est recommandé.

Diamètres de vis recommandés

Largeur barre	Ø vis
13 mm	M6
20 mm	M6/M8
25 mm	M8
32 mm	M10
50 mm(1)	M12

(1) En épaisseur 10 mm, prévoir 2 vis M12.



Raccordement d'une barre 50 x 10 par 2 vis M12 réf. 374 65 avec rondelles larges intégrées



Serrage d'une barre 50 x 10 avec contre-plaque



Serrage direct de barres souples de 5 mm d'épaisseur entre deux barres rigides à même espacement

Les précautions de câblage

La réalisation du câblage nécessite certaines précautions, elle peut être facilitée par des conseils simples et des solutions produits pratiques et adaptées.

1 GROUPEMENT DE CONDUCTEURS EN PARALLÈLE

A partir d'une certaine intensité (quelques centaines d'ampères en général), l'utilisation de plusieurs conducteurs en parallèle permet de limiter leur section et de faciliter ainsi leur manipulation.
Cette technique, très souvent utilisée pour les conducteurs situés entre le transformateur et le tableau principal (TGBT), l'est aussi pour des départs de forte puissance.
Le tableau de la page 662 rappelle les combinaisons les plus fréquentes (2 à 6 conducteurs de 120 à 300 mm²).
La disposition des conducteurs en triangle (ou en trèfle) permet le meilleur équilibre, mais on le limite généralement à 2 voire 3 conducteurs par phase. Au-delà, la superposition des couches limite le refroidissement et la pose en nappe est préférée.



Départs en parallèle



Disposition soignée des câbles respectant à la fois les règles de groupement et les précautions vis à vis de l'incendie (voir page 204)

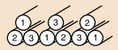
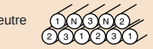
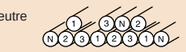
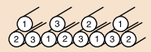
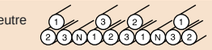
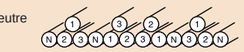
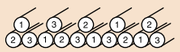
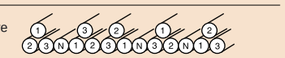
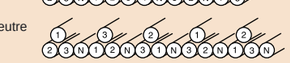
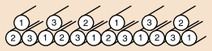
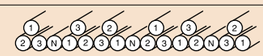
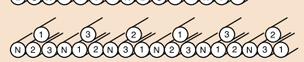
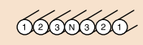
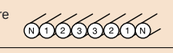
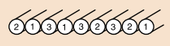
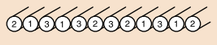
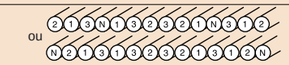
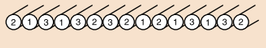
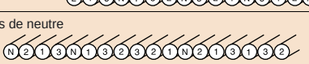
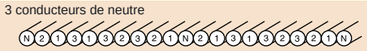
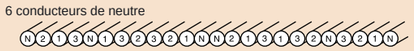


Raccordement de 4 conducteurs 240 mm² par pôle avec bornes grande capacité réf. 262 70 sur un DPX 1 600

Règle de base

Si plusieurs conducteurs sont disposés en parallèle, ils doivent être disposés en autant de groupes qu'il existe de conducteurs en parallèle. Chaque groupe comprenant un conducteur de chaque phase. Les groupes de conducteurs devront eux-mêmes être posés à proximité les uns des autres. Noter que cette règle de proximité s'applique également aux monoconducteurs (phases, neutre et conducteur de protection).

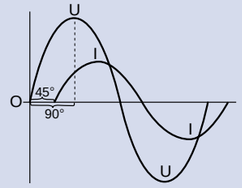
Disposition des conducteurs en parallèle et cœfficient de correction

Type de pose	Nombre de conducteurs par phase	f_s	Sans neutre	Avec neutre
En trèfle	2	1		1 conducteur de neutre  2 conducteurs de neutre 
	3	1		2 conducteurs de neutre  3 conducteurs de neutre 
	4	1		2 conducteurs de neutre  4 conducteurs de neutre 
	5	1		3 conducteurs de neutre  5 conducteurs de neutre 
	6	0,8		3 conducteurs de neutre  6 conducteurs de neutre 
En nappe	2	1		1 conducteur de neutre  2 conducteurs de neutre 
	3	0,8		2 conducteurs de neutre  3 conducteurs de neutre 
	4	1		2 conducteurs de neutre ou  4 conducteurs de neutre ou 
	5	0,8		3 conducteurs de neutre  5 conducteurs de neutre 
	6	0,7		3 conducteurs de neutre  6 conducteurs de neutre 

La distribution triphasée par des conducteurs en parallèle doit répondre à des règles strictes de disposition géométrique. Cela suppose également que tous les conducteurs soient de même nature, même section, même longueur, qu'ils ne comportent aucune dérivation sur leur parcours et ne puissent être alimentés individuellement. En cas de non-respect de l'une de ces conditions, la protection globale du faisceau de conducteurs en parallèle par un seul appareil ne serait pas possible, un dispositif par conducteur serait nécessaire. La norme NFC 15-100 recommande de limiter autant que possible le nombre de conducteurs en parallèles.

Impédance des conducteurs

Les conducteurs électriques présentent en courant alternatif une impédance (exprimée en ohms) qui est la fonction complexe de trois éléments : la résistance R (dite aussi résistance ohmique), la réactance $L\omega$ due à la self induction du conducteur, et la capacitance $\frac{1}{C\omega}$ (ou réactance capacitive) due au cheminement jointif des conducteurs qui crée un condensateur.
On considère qu'au-delà de 240 mm², la contribution de la réactance $L\omega$ devient prépondérante dans l'impédance. Le conducteur se comporte donc comme un récepteur, déphasant courant et tension. L'illustration ci-contre est donnée pour un déphasage de 45° (cos φ = 0,5). Résistance et réactance égales. A noter que, pour ces courants, la part de la capacitance peut être négligée.

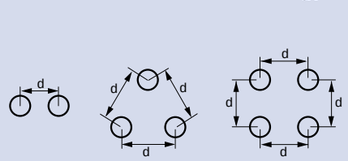


Coefficient de self induction ou inductance propre (L)

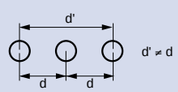
Il détermine la force électromotrice "e" qui circule dans un conducteur suite à la variation du flux magnétique (Φ) qui entoure ce conducteur. L'inductance du conducteur dépend des caractéristiques magnétiques du matériau, du milieu et de sa géométrie (longueur, nombre de spires) : $e = -L \frac{d\Phi}{dt}$

Inductance mutuelle

Pour une liaison symétrique le coefficient de self induction est sensiblement identique pour chaque conducteur, il vaut : $L = (0{,}05 + 0{,}46 \log\frac{d}{r})$ en mH/km.
d est la distance moyenne de l'axe entre les conducteurs,
r est le rayon de l'âme du conducteur.

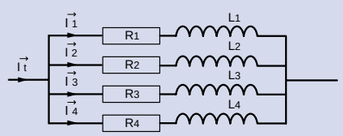


Dans une disposition non symétrique, les distances d étant différentes, les inductances mutuelles entre conducteurs seront également différentes.
Il s'en suivra une répartition non symétrique du courant.



Application aux conducteurs en parallèle

L'équirépartition des courants dans plusieurs conducteurs identiques en parallèle est uniquement liée à l'égalité des impédances de chacun des conducteurs. La part de l'inductance devenant prépondérante avec l'accroissement de la section, la disposition géométrique des conducteurs sera prépondérante (valeurs des distances d identiques entre chacun).



Disposition en triphasé

Dans un câble ou un faisceau de conducteurs en triphasé (avec ou sans neutre), la somme vectorielle des courants est nulle et l'induction magnétique résultante créée par les conducteurs reste très faible si ceux-ci sont regroupés et régulièrement disposés. Si tel n'est pas le cas, le coefficient de self-induction des conducteurs sera modifié par l'interaction du champ magnétique créé, inductances propres et mutuelles et répartition des courants seront déséquilibrées.

2 CONDUCTEURS EN AMONT DES DISPOSITIFS DE PROTECTION

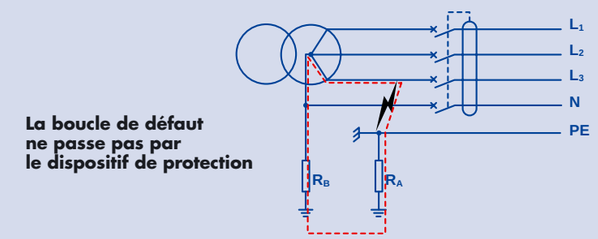
En amont des dispositifs de protection contre les surintensités (régimes de neutre TN et IT) ou des dispositifs différentiels (régime TT), la protection contre les conséquences d'un défaut éventuel (entre phases et masse métallique) n'est pas assurée.
Le risque de contact indirect doit absolument être évité par un autre moyen : en pratique la seule mesure de compensation pouvant être mise en œuvre est la double isolation (classe II). Celle-ci peut être directement procurée par les appareils ou par isolation supplémentaire à l'installation (voir chapitre I.C.1 et I.C.6).

Câbles considérés classe II

U_0 : 500 V	U-1000 R12N U-1000 R2V U-1000 RVFV(1) H07 RN-F A07 RN-F FR-N1 X1 X2 FR-N1 X1 G1 H07 VVH2-F
U_0 : 250 V	H05 RN-F H05 RR-F H05 VV-F H05 VVH2-F FR-N05 VV5-F A05 VVH2-F(1)

(1) Selon condition d'utilisation.

Protection en régimes TN et IT ou TT



La mise en œuvre de la classe II en amont des protections s'appuie sur quatre règles essentielles :
- l'utilisation de conducteurs ou câbles qui par leur constitution présentent une double isolation
- la disposition d'une isolation supplémentaire autour des conducteurs ne possédant pas cette double isolation (installation en goulotte isolante, sous conduit isolant ou en enveloppe isolante)
- l'utilisation d'éléments isolants permettant de maintenir les éléments conducteurs nus (jeux de barres) à une distance d'isolement double de la valeur conventionnelle (voir page 701)
- le bridage des conducteurs de manière à ce qu'aucun contact ne puisse s'établir avec une masse environnante en cas de détachement, de déconnexion accidentelle. Les efforts mécaniques éventuels (vibrations, mouvements, efforts électrodynamiques) doivent être envisagés.



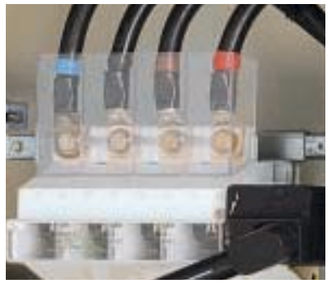


Monoconducteur et câble multiconducteur U-1000 R2V



Double isolation apportée par l'enveloppe : branchement tarif jaune 400 A en armoire XL 195. Nécessité de la classe II jusqu'aux bornes du DPX avec bloc différentiel

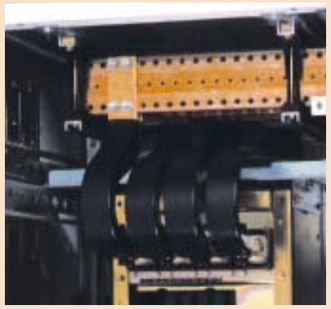




Bridage des conducteurs au niveau des connexions par emploi de cache-bornes (DPX et Vistop)

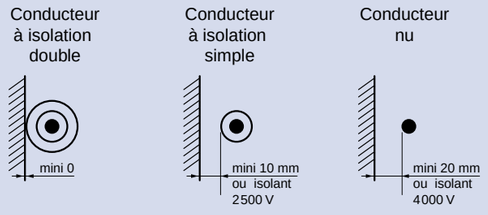
Les barres souples présentent une tension d'isolement de 1000 V. L'assimilation de celles-ci à des conducteurs de classe II peut être faite en limitant la tension d'utilisation à U_0 : 500 V (l'isolation est alors considérée comme une isolation renforcée, voir chapitre I.C.6) ou, de préférence, en maintenant mécaniquement l'isolant des barres (bridage, supports, rigidité propre) à une distance suffisante des parties métalliques (10 mm).

Tous les supports de jeux de barres Legrand sont directement utilisables en amont des dispositifs de protection. Le doublement par conception des distances d'isolement assure la double isolation par rapport aux masses métalliques.



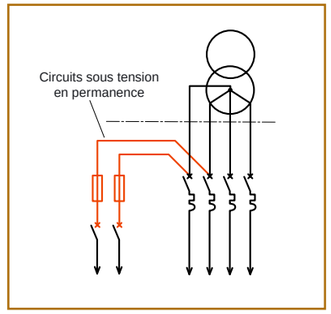
Situation des éléments conducteurs par rapport aux masses métalliques en classe II (amont des dispositifs de protection) pour une tension d'isolement de 500 V

Ces dispositions supposent que les distances minimales soient maintenues en permanence, y compris en situation de défaut (efforts électrodynamiques) par des bridages appropriés.



Les distances d'isolement peuvent être remplacées par des éléments isolants (écrans, supports, séparateurs) de moindre épaisseur, possédant la résistance mécanique suffisante et une tenue diélectrique mini de 2 500 V ou de 4 000 V (voir schémas).

Certains circuits de mesure, de signalisation ou de détection doivent être raccordés en amont du dispositif principal de protection de l'ensemble.

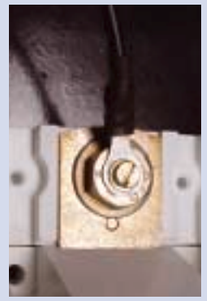


Outre leur protection contre les contacts indirects (voir précédemment), ces circuits doivent faire l'objet de précautions particulières :
- contre les risques de court-circuit
- contre les risques liés au fait qu'ils soient toujours sous tension après coupure du dispositif principal.

La prescription de double isolation doit être appliquée pour limiter le risque de contact avec les masses, et des dispositions doivent être prises pour rendre improbable tout risque de court-circuit.
Les conducteurs des circuits non protégés doivent être raccordés le plus sûrement possible.

Ce qu'il faut éviter

- **Raccordement sur la tête de vis : le perçage taraudage peut fragiliser la vis de plus gros diamètre.**
- **Raccordement des fils entre cosses et plage d'appareil : le fil risque d'être coupé et la portée des surfaces est compromise**
- **Raccordement directement dans la borne de l'appareil avec le câble d'alimentation de grosse section : la tenue est aléatoire.**



La résistance mécanique des conducteurs doit être prise en considération pour la réalisation des circuits non protégés :
- les conducteurs à isolation simple (H07 V-U/R ou H07 V-K) doivent être protégés par une gaine supplémentaire (type gaine de passage réf. 366 38 par exemple) ou posés en goulotte s'il existe des risques de contact avec des éléments blessants
- les conducteurs ayant une grande résistance mécanique (isolés au PTFE) peuvent être utilisés directement
- les câbles mono ou multiconducteurs (voir tableaux) peuvent être utilisés sans gaine complémentaire sauf risque d'agression (arête vive).

La section des conducteurs des circuits non protégés, normalement choisie pour la puissance des circuits à alimenter, ne doit pas être trop réduite dans la pratique, afin d'assurer une résistance mécanique suffisante : une valeur minimum de 4 mm^2 est généralement retenue.
Le dispositif de protection des circuits permanents doit bien sûr être choisi en fonction de l'intensité du circuit à protéger mais aussi de l'intensité présumée de court-circuit en tête de l'ensemble. Des valeurs très élevées conduisent souvent à l'utilisation de coupe-circuits à cartouches fusibles.



Exemple de raccordement sur plaquette cuivre rapportée sur la connexion. Les vis sont équipées de rondelles contre le desserrage

Les circuits non protégés et sous tension permanente n'ont pas de repérage spécifique (EN 60439-1, NF C 15-100). Il est conseillé de les identifier clairement par une indication du type : "Attention, circuits permanents non coupés par le dispositif principal", éventuellement complétée par l'identification des circuits concernés (par exemple : "présence tension", "éclairage armoire", "détection groupe"...).

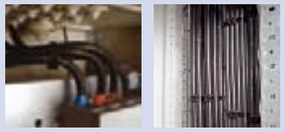
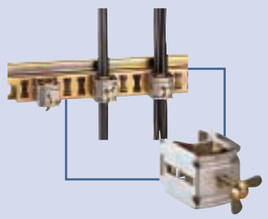


La norme EN 60204-1 (sécurité des machines) préconise que ces circuits soient séparés physiquement des autres circuits et/ou repérés par la couleur orange de l'isolant des conducteurs. Les bornes Viking réf. 393 38/39 sont spécialement adaptées à ces circuits.

3 PROTECTION CONTRE LES EFFETS DES COURTS-CIRCUITS

Deux effets destructeurs peuvent affecter les conducteurs en cas de court-circuit :
- la contrainte thermique dont la protection est normalement assurée par le pouvoir de limitation des dispositifs de protection (fusibles, disjoncteurs)
- les contraintes électrodynamiques dont les efforts entre conducteurs peuvent avoir des effets destructeurs.

Lors d'un court-circuit entre deux conducteurs actifs (le plus vraisemblable), les conducteurs parcourus par le courant intense du court-circuit vont tendre à se repousser avec un effort proportionnel au carré de l'intensité. S'ils sont mal maintenus, ils vont se mettre à battre (comme un fouet) avec le risque de s'arracher de leur connexion et de toucher un autre conducteur ou une masse provoquant un nouveau court-circuit avec un effet d'arc très destructeur.
Les câbles multiconducteurs sont conçus pour résister aux efforts pouvant s'exercer entre conducteurs. C'est l'utilisation de câbles mono conducteurs qui nécessite plus particulièrement des précautions.
Les indications données ci-après, destinées à attirer l'attention sur l'importance du maintien des conducteurs, ne peuvent garantir à elles seules la tenue aux conditions de court-circuit que seuls des essais peuvent simuler.

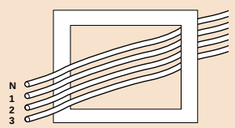
Précautions de câblage	
Valeur de court-circuit présumé	**Maintien des conducteurs**
$I_{cc} \leq 10$ kA	**Pas de précaution particulière (la norme EN 60439-1 n'exige pas d'essai).**
10 kA < $I_{cc} \leq$ 25 kA	**Les conducteurs doivent être attachés par des colliers. Ils peuvent être regroupés en toron d'un même circuit.** 
25 kA < $I_{cc} \leq$ 35 kA	**Les conducteurs d'un même circuit doivent être maintenus séparés et attachés unitairement. S'ils sont regroupés en toron, le nombre de colliers doit être augmenté (un par longueur de 50 mm).** 
35 < $I_{cc} \leq$ 50 kA	**Les conducteurs d'un même circuit doivent être attachés unitairement sur un support rigide (traverse, profil) non blessant. Ils sont physiquement séparés. Chaque attache est constituée par deux colliers croisés.** 
I_{cc} > 50 kA	**A ces valeurs de court-circuit, les efforts deviennent tels que les moyens de maintien doivent spécifiquement être étudiés : traverses usinées et tiges filetées par exemple. Les profilés et brides inox Legrand peuvent être utilisés dans ces cas extrêmes.** 

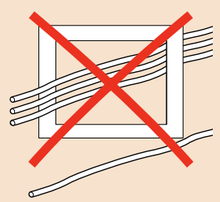
Les jeux de barres font systématiquement l'objet d'une détermination précise de leurs conditions d'installation (distances entre supports) vis-à-vis des courts-circuits (voir chapitre II.D.1).
Les conducteurs internes des tableaux ne font pas généralement cet objet et ils peuvent être de ce fait sources de dommages. Une véritable prise en compte de ce risque doit être faite.

4 PRÉCAUTIONS VIS-À-VIS DES EFFETS MAGNÉTIQUES

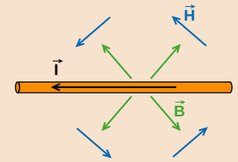
Le passage de courants élevés dans des conducteurs induit dans les masses métalliques environnantes des effets magnétiques qui peuvent se traduire par un échauffement inacceptable des matériaux.
Quelques précautions de câblage sont alors impératives. Des pertes dites "par hystérésis" liées à la saturation des matériaux magnétiques naissent dans les cadres créés par les éléments constructifs (structures d'armoire, châssis, cadres supports) situés autour des conducteurs.
Pour réduire l'induction créée, il est nécessaire de réduire le courant !… ou de disposer les conducteurs de manière à ce que le champ soit le plus faible possible.

Afin de minimiser l'induction créée dans les boucles magnétiques, il est toujours recommandé de disposer tous les conducteurs actifs d'un même circuit (phases et neutre) dans les mêmes cadres métalliques (en acier).
La somme vectorielle des courants étant nulle, celle des champs créés l'est aussi.



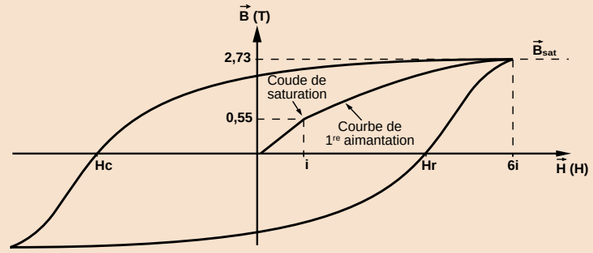


La circulation d'un courant $\vec{I}$ dans un conducteur crée un champ proportionnel $\vec{H}$ dont l'effet est de créer une induction $\vec{B}$ dans le milieu environnant. La valeur de $\vec{B}$ dépend de la valeur du champ (donc de celle du courant) mais aussi des caractéristiques magnétiques du milieu ou du matériau ; c'est la perméabilité magnétique μ exprimée en henry par mètre (H/m). Plus la perméabilité du matériau croît, plus les lignes de champ sont concentrées et plus l'induction est élevée.
Au-delà d'une certaine valeur, il y a saturation et échauffement.
Les matériaux ferreux (acier), étant magnétiques par nature, sont particulièrement aptes à conduire les champs mais aussi à saturer si ces champs sont trop élevés.



Cycle d'hystérésis à l'acier

Les pertes (échauffement) sont proportionnelles à la surface du cycle.



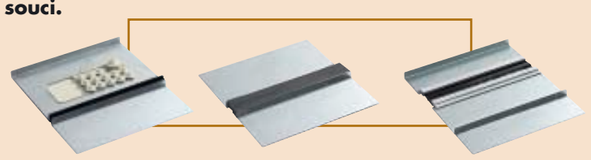
Hr : champ rémanent restant après retour de B à 0 (annulation du courant).
Hc : champ coercitif nécessaire pour annuler le champ rémanent Hr.
En courant alternatif, Hr et Hc s'annulent mutuellement à la fréquence du réseau 50 Hz.

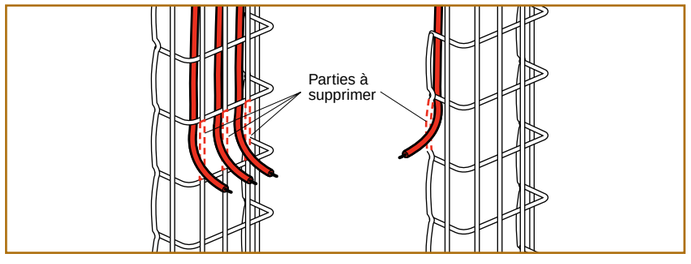
Quand tous les conducteurs d'un même circuit ne peuvent passer ensemble sans interposition d'éléments ferromagnétiques (ce peut être le cas des supports d'appareils, des plaques d'entrée de câbles, des cloisons de passage), il est nécessaire de disposer ceux-ci dans des supports en matériau amagnétique (aluminium, cuivre, inox ou matière plastique).
Cette disposition est conseillée à partir de 400 A par conducteur et impérative au-delà de 630 A.
Dans la mesure du possible, les conducteurs seront disposés en trèfle pour réduire les champs induits (voir schéma de groupements de conducteurs en parallèle).
Le passage et la fixation de conducteurs séparés sur des échelles à câbles nécessitent aussi quelques précautions. Pour éviter des échauffements importants des éléments de l'échelle à câbles, il est conseillé de supprimer les parties qui créent des cadres autour d'un conducteur.
La rupture du cadre magnétique par suppression des éléments est également possible.
Dans tous les cas, vérifier que la tenue mécanique reste acceptable.



L'interposition de traverses en aluminium sur les supports de jeux de barres Legrand évite la création de cadres magnétiques.

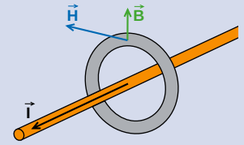
Les plaques passe-câbles pour armoires XL-A (Altis) permettent d'assurer l'étanchéité (joints mousse, balais, plaques Cabstop™) en évitant le problème des cadres magnétiques. Les profilés et brides inox réf. 347 38 permettent également la fixation de câbles de puissance dans ce même souci.





Les cadres magnétiques autour des conducteurs unitaires sont assimilables à des tores dont la réluctance vaut :

$$\Re = \frac{L}{\mu_0 \mu_r S}$$ **en 1/henry (H^{-1})**



L : longueur du circuit (périmètre du tore) en m
S : section du tore en m^2
μ_0 : perméabilité magnétique de l'air ou du vide ($4\pi 10^{-7}$)
μ_r : perméabilité magnétique du matériau (500 à 1 000 pour l'acier)

Le flux induit dans le tore vaut : $\Phi = \frac{N \cdot I}{\Re}$ **en weber (Wb)**

N : nombre de spires = 1 (passage du conducteur)
I : intensité en ampères (A)

L'induction calculée pour la section du tore vaut : $B_H = \frac{\Phi_H}{\Re}$

Si le calcul démontre une valeur d'induction supérieure à 0,5 T (pour de l'acier courant), il y aura saturation du matériau et échauffement.

L'interposition d'éléments de liaison en alliage léger amagnétique...







...évitent la formation de cadres magnétiques au niveau des structures et des châssis des armoires XL et XL-A. Ces armoires peuvent donc être utilisées pour des puissances très élevées sans aucun effet d'induction non maîtrisé

Les règles d'installation de la NF C 15-100 déconseillent l'interposition d'éléments ferromagnétiques dans les circuits car ils modifient leur impédance réelle (partie inductance) et peuvent fausser le calcul de la boucle de défaut.

L'alimentation des appareils

Pratiques de raccordement, disposition des appareils, position du pôle neutre, PEN : autant de sujets où les controverses entre habitudes et réglementation ont la vie dure. En fait tout ou presque est permis si les choses sont correctement identifiées

1 Arrivée des conducteurs

Pour des raisons pratiques de cheminement des conducteurs, il est de plus en plus fréquent que le raccordement des câbles d'arrivée se fasse, selon les besoins, sur les bornes amont ou sur les bornes aval des appareils.
Cette pratique nécessite deux précautions :
- l'appareil à raccorder doit être prévu en conséquence,
- les bornes d'alimentation doivent être identifiées, particulièrement s'il s'agit des bornes aval.

Des règlements qui diffèrent

La fiche de sécurité INRS ED46 précise que le raccordement s'effectue par les bornes amont ou par les bornes de gauche si l'appareil est installé horizontalement.
La norme EN 60447 relative aux principes de manœuvre dans l'interface homme-machine (IHM) préconise que la mise en marche se fasse vers le haut (organe de manœuvre vertical ou vers la droite (organe de manœuvre horizontal), les bornes amont de l'appareil se trouvent alors à droite.

Les appareils DPX peuvent être alimentés indifféremment par les bornes amont ou les bornes aval y compris lorsqu'ils sont équipés de blocs différentiels.
Ils peuvent fonctionner en position verticale ou horizontale.

Arrivée des conducteurs



Alimentation par le bas d'un DPX 630 (2 x 185 mm²) sur bornes réf. 262 51)



Alimentation par les bornes amont à droite



Alimentation par les bornes amont à gauche

Suivant les marchés ou les habitudes nationales, il peut exister un sens préférentiel d'alimentation des appareils. Si celui-ci est différent de celui adopté pour la réalisation, il est conseillé d'apposer des indications complémentaires permettant d'identifier l'alimentation.

Exemples d'indication : ATTENTION : alimentation par bornes aval

ou des repères du type :

bornes de sortie ↑ ↑ ↑ ↑

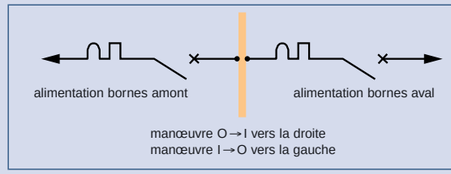
bornes d'entrée ↓ ↓ ↓ ↓

2 Position des appareils

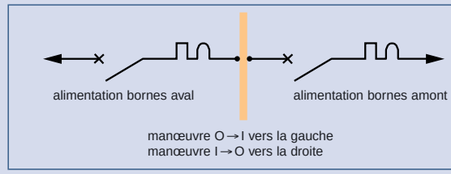
Lorsque les appareils sont installés en position horizontale, il est recommandé que le sens de manœuvre des organes de commande soit identique pour la totalité de l'installation et à fortiori pour un même ensemble.

Tous les appareils DPX installés en position horizontale peuvent être indifféremment positionnés : O→I vers la droite ou vers la gauche. La symétrie est assurée par simple retournement du plastron.

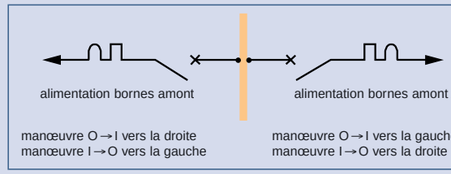
Les différentes configurations d'alimentation avec appareils installés en position horizontale



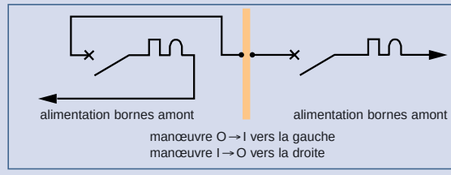
Configuration recommandée si alimentation bornes aval repérée.



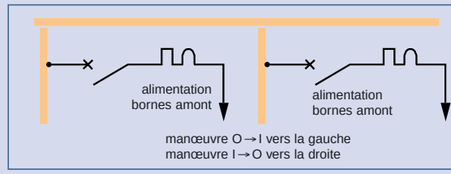
Configuration admise si alimentation bornes aval repérée.



Alimentation des appareils par les bornes amont, mais manœuvres inversées. Configuration déconseillée.



Configuration conseillée si exigence sur le sens de l'alimentation.



Configuration conseillée pour faciliter la circulation des barres et des câbles (gaine à barres à gauche, gaine à câble à droite).

3 Repérage du pôle neutre

Il n'existe pas de position normalisée du pôle neutre qui peut différer selon les habitudes locales.
A droite ou à gauche : appareil vertical.
En haut ou en bas : appareil horizontal.

Le conducteur neutre doit être repéré par la coloration bleu clair. Lorsque les conducteurs de cette couleur ne sont pas disponibles (câbles industriels), il est recommandé de placer des manchons de couleur aux extrémités proches des bornes.



Les appareils DPX sont livrés avec neutre repéré sur le pôle de gauche

4 Section du conducteur neutre

Règle de base

Par principe le conducteur neutre est considéré comme un conducteur actif. Il doit donc être dimensionné comme un conducteur de phase, il doit être protégé contre les surintensités et il doit pouvoir être sectionné.

A chacune de ces contraintes, il existe des dérogations dont il faut connaître les limites.

• Dimensionnement

Dans les circuits triphasés de section supérieure à 16 mm² (ou 25 mm² alu), la section du conducteur neutre peut être réduite jusqu'à S/2. Attention, si les charges alimentées ne sont pas pratiquement équilibrées (le courant dans le neutre est supérieur à 30 % du courant dans les phases) ou que ces charges génèrent des harmoniques, la réduction de la section du neutre n'est pas recommandée.

Avant mise en service, vérifier la position de réglage du courant admissible dans le neutre.



• Protection contre les surintensités

Lorsque la section du conducteur neutre (schéma TT ou TN) est identique à celle des conducteurs de phase, le pôle de neutre peut ne pas posséder de détection de surintensité (pôle non protégé), voir page 304.

• Sectionnement

Tous les conducteurs actifs y compris le neutre doivent pouvoir être sectionnés à l'origine de l'installation et à l'origine de chacun des circuits principaux, excepté si le neutre a fonction de conducteur PEN.

Un conducteur neutre ne peut pas être commun à plusieurs circuits.

Principales sources d'harmoniques

- Tous les appareils possédant une alimentation HF à découpage : télévision, ordinateur, fax, lampe à ballast électronique...
- Les gradateurs monophasés à variation de l'angle de phase.
- Les redresseurs de puissance à thyristor : moteurs à vitesse variable, fours, onduleurs...
- Les appareils d'éclairage : lampes à ballast électromagnétique, lampes à vapeur HP, tubes fluorescents.
- Les équipements à arc électrique : soudure, fours.

5 Le conducteur PEN

L'utilisation commune d'un même conducteur pour la fonction de neutre (N) et de conducteur de protection (PE) peut permettre, notamment par l'usage d'appareils tripolaires, une optimisation économique de l'installation.

L'utilisation d'un conducteur PEN est soumise à des exigences normatives précises :
- la fonction de protection est prépondérante, le conducteur PEN doit être repéré par la double coloration vert/jaune (ou à défaut, par des bagues d'extrémité). Le marquage "PEN" est recommandé
- le conducteur PEN ne doit être ni sectionné, ni coupé (aucun appareil ne doit y être inséré
- la section minimale du conducteur PEN est de 10 mm² cuivre ou 16 mm² aluminium.

La mise en œuvre du conducteur PEN nécessite des précautions particulières :
- tout risque de rupture du conducteur PEN doit être évité ; à ce titre, il est recommandé de ne pas réduire sa section par rapport aux conducteurs de phase
- l'utilisation d'un conducteur PEN n'est pas autorisée dans une canalisation mobile (câble souple). Utiliser alors des câbles à 5 conducteurs, PE et N séparés.
- le conducteur PEN doit être isolé pour la tension nominale par rapport à la terre. A l'intérieur des ensembles cette isolation n'est pas obligatoire, la barre collectrice PEN peut être montée directement sur la structure, mais les masses métalliques (structures, chemins de câbles...) ne doivent pas être utilisées comme conducteur PEN



Barre PEN montée directement sur la structure de l'armoire

- la barre PEN doit être installée à proximité des barres de phases sans interposition d'éléments ferromagnétiques (structures, traverses...)
- des dispositifs indépendants de raccordement doivent être prévus pour le conducteur neutre et le conducteur de protection.

La démontabilité et l'indépendance des départs N et PE peuvent être nécessaires pour les mesures d'isolement.

Les supports de jeux de barres tétrapolaires réf. 374 14, 374 53 et 374 56 peuvent être utilisés pour réaliser la répartition en schéma TN-C à l'intérieur d'un ensemble.



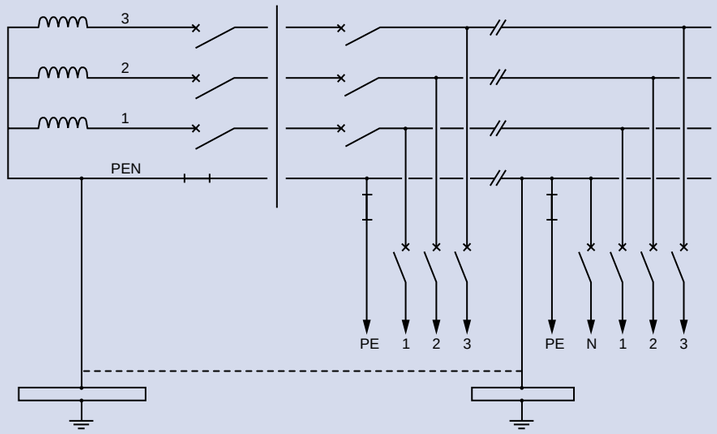
Support de jeu de barres réf. 374 53 en montage tripolaire

Ils peuvent être utilisés en montage tripolaire (la barre PEN est séparée) ou en montage tétrapolaire. Dans ce dernier cas, la barre PEN est isolée et installée comme il se doit à proximité des barres de phases. Il est alors possible de réduire sa section à S/2 en utilisant par exemple une barre au lieu de deux, aux conditions de section minimale nécessaire pour la fonction de neutre et pour la fonction de conducteur de protection (voir page 646).

Il est recommandé de disposer la barre sans potentiel (PE, N ou PEN) vers la face accessible des ensembles :
- diminution du risque de choc électrique
- identification du régime de neutre
- diminution du champ magnétique rayonné vers les appareils de mesure.

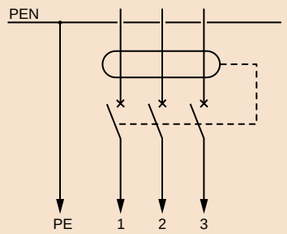


Schéma électrique de principe du régime TNC

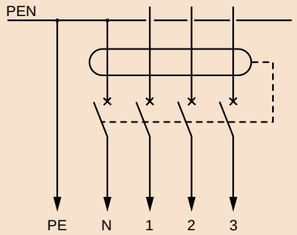


Points de raccordement pouvant être déconnectés pour les mesures d'isolement

Protection des départs par dispositif différentiel



Départ en schéma TN-S neutre non distribué (un schéma TN dans lequel le neutre n'est pas distribué est considéré comme un schéma TN-S)



Départ en schéma TN-S neutre distribué

Si les deux schémas coexistent dans une même installation, le schéma TN-C doit être utilisé en amont du schéma TN-S.
Les dispositifs différentiels ne doivent pas être utilisés en schéma TN-C.

Si les dispositifs différentiels sont utilisés pour protéger des départs divisionnaires, le conducteur PEN ne doit pas être utilisé en aval de ces dispositifs et le conducteur PE de ces circuits doit être relié en amont de ces mêmes dispositifs.
Il n'est pas permis de relier le conducteur neutre et le conducteur de protection en aval de leur point de séparation. A l'endroit de cette séparation, chacun des conducteurs doit être relié indépendamment (cosse, borne…).
En règle générale, les circuits terminaux sont réalisés en schéma TN-S (neutre et conducteur PE séparés).

S'ils sont réalisés en schéma TN-C (aux conditions de section des câbles requises) et qu'il existe des bornes de connexion séparées pour le neutre et le conducteur de protection, celles-ci doivent être reliées ensemble au conducteur PEN.

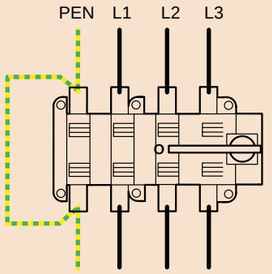
Mesures d'isolement

La règle de non-sectionnement du conducteur PEN peut être gênante lors des mesures d'isolement notamment du transformateur HTA/BT. En effet la coupure du conducteur de terre ne permet pas d'isoler totalement les enroulements qui sont toujours reliés au conducteur PEN lui-même relié à la terre par les conducteurs de protection ou les liaisons équipotentielles de l'installation.
Le sectionnement momentané du conducteur PEN devient alors nécessaire. Deux dispositions sont possibles quoique la seconde soit préférable.

1- Disposer à proximité immédiate du sectionneur de tête une barrette de coupure ou une borne déconnectable sur le conducteur PEN. Celle-ci devra être uniquement démontable à l'outil et un avertissement devra préciser :
"Attention, régime TN-C. Coupure du PEN interdite sauf mesures hors tension".

2 - Installer un appareil sectionneur à 4 pôles (ou mieux 3P + N décalé). Le pôle du conducteur PEN sera court-circuité par un conducteur vert/jaune de même section. Ce conducteur est déconnecté pour effectuer les mesures après ouverture du sectionnement. Cette 2e solution a pour avantage de lier physiquement la continuité du PEN avec la remise sous tension.





Conducteur PEN

Certains types de câbles (par exemple H1 XDV-AS, voir E1-5) possèdent un conducteur de protection qui n'est pas isolé. Si ce conducteur, non isolé, doit être utilisé comme PEN, outre les règles applicables au conducteur PEN :

- **le câble concerné doit être en aval d'un transformateur dont le neutre est relié à la terre**
- **aucun dispositif différentiel ne doit être placé en amont**
- **l'installation en aval ne peut être réalisée en schéma IT.**

Les ensembles de classe I et de classe II

Il est obligatoire de prendre les dispositions de protection contre les contacts indirects sur toute l'installation.
Dans les ensembles, en particulier, deux modes sont retenus :
- la classe I, avec les notions de continuité et de raccordement au conducteur de protection
- la classe II, qui s'appuie sur des précautions visant à conserver l'isolation des parties actives et des masses.

Mais dans les deux cas, l'interconnexion et le raccordement des conducteurs de protection doit être réalisée conformément aux règles

Règles de conception des ensembles de classe I

La création d'une boucle de défaut éventuel nécessite :
- **le raccordement des masses au conducteur de protection**
- **l'équipotentialité des masses simultanéement accessibles**
- **la continuité électrique des masses entre elles**
- **la fiabilité des dispositifs de connexion**
- **une conductivité suffisante pour la circulation des courants de défaut.**

1 LA RÉALISATION DES ENSEMBLES DE CLASSE I

Toutes les enveloppes XL peuvent être traitées selon ce mode de protection. Les éléments métalliques de l'enveloppe seront reliés au châssis par contact direct ou par les conducteurs de liaison équipotentielle prévus à cet effet.
Les kits d'association Effix réf. 093 91/92 assurent la liaison équipotentielle des châssis des coffrets XL 195. Le kit d'association réf. 093 93 des coffrets XL 135 n'assure pas cette fonction.

1 Raccordement de la porte

La porte des coffrets XL n'a normalement pas besoin d'être reliée au conducteur de protection (tension d'isolement supérieure à 400 V entre celle-ci et le châssis), sauf si des unités de commande et de signalisation (UCS) de tension supérieure à 50 V y sont installées, ou si elle est traversée par la commande métallique d'un appareil ne présentant pas un niveau suffisant d'isolement.

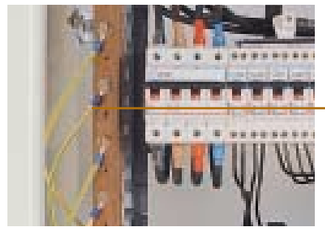
Dans ce cas, un conducteur de liaison souple réf. 094 49 de section 2,5 mm^2 devra relier la porte au châssis ou à la borne principale pour conducteur de protection.
Dans tous les cas, le raccordement effectif de chaque appareil par un conducteur de protection dédié de section appropriée, s'il est muni d'une borne pour conducteur PE, demeure recommandé, même si les fixations assurent le contact.



Liaison équipotentielle de la porte d'un coffret XL avec conducteur souple réf. 094 49

2 Dispositifs de raccordement

Le conducteur principal de protection est raccordé et interconnecté avec tous les autres conducteurs de protection sur la borne principale, elle-même directement reliée au châssis de l'ensemble.
Pour le choix de la borne principale (ou collecteur) des conducteurs de protection, voir page 647.



Conducteurs de protection reliés au châssis



Liaison directe au châssis



Raccordement des conducteurs de protection

2 LE TRAITEMENT DES CONDUCTEURS DE PROTECTION

1 Détermination de la section des conducteurs de protection

Deux méthodes permettent de déterminer la section des conducteurs de protection (conducteurs PE).

- La première, par le choix des sections des conducteurs dimensionnés de manière à limiter tout risque quelles que soient les conditions de court-circuit. C'est la méthode la plus simple et la plus sûre, même si elle tend à surdimensionner les sections des conducteurs de protection.
- La seconde, par un calcul justifiant que la résistance des conducteurs et de leurs bornes est à même de supporter la contrainte maximale de court-circuit. Cette méthode nécessite de connaître avec précision la valeur présumée de court-circuit et les caractéristiques des dispositifs de protection. Elle peut permettre d'optimiser les sections utilisées.

NF C 15-100 art. 543-7

Pour les installation à courant de fuite important (> 10 mA), la section du conducteur de protection ne doit pas être réduite en-deçà de 10 mm² (16 mm² alu).

Règle de base de détermination de la section

Section des conducteurs de phase S (mm^2)	Section minimale du conducteur de protection correspondant S_{PE} (mm^2)
S ≤ 16	S
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2

En régime TN-C la section minimale du conducteur PEN est 10 mm² cuivre ou 16 mm² alu.

Si les conducteurs ne font pas partie d'une canalisation (câble), ils devront avoir une section minimale de 2,5 mm^2 s'ils sont protégés mécaniquement (dans une gaine par exemple), et de 4 mm^2 s'ils ne sont pas protégés.
Ces sections sont données pour des conducteurs en cuivre.
A titre pratique, on pourra appliquer la règle d'équivalence suivante pour l'utilisation d'autres métaux :

aluminium : 1,5 x S_{PE}
laiton : 2 x S_{PE}
acier : 2,8 x S_{PE}
plomb : 5,2 x S_{PE}

Sections usuelles des conducteurs de protection dans les ensembles en fonction de l'intensité

I (A)	S_{PE} (mm^2)
10	1,5
16	2,5
20	4
25	4
32	6
40	10
63	16
80	16
100	16
125	25
160	35
200	50
250	70
315	95
400	120
500	150
630	185
800	240
1000	185(1) ou 2 x 150(2)
1250	240(1) ou 2 x 185(2)
1600	240(1) ou 2 x 240(2)
> 1600	S_{Ph}/4

(1) Valeurs S_{Ph}/4 suivant EN 60439-1, § 7-3-1-7
(2) Valeurs S_{Ph}/2 suivant CEI 364, § 543-1-2

Ces valeurs pourront différer dans l'installation en fonction des conditions (voir chapitre II.1.A).

Continuité et pérennité des conducteurs de protection : les règles de base

- **Les conducteurs de protection doivent être protégés contre les détériorations mécaniques, chimiques et contre les efforts électrodynamiques.**
- **Hormis les connexions uniquement démontables à l'outil, aucun appareil ne doit être inséré dans les conducteurs de protection, y compris les enroulements éventuels des dispositifs de contrôle de continuité.**
- **Excepté si elles sont utilisées en tant que conducteurs de protection, les masses ne doivent pas être connectées en série.**
- **La déconnexion d'un circuit ne doit pas entraîner la déconnexion des autres circuits, ce qui implique que les conducteurs de protection soient unitaires et indépendants.**
- **Ces connexions doivent rester accessibles pour vérifications et mesures.**
- **Lorsque la protection contre les contacts indirects est assurée par des dispositifs contre les surintensités (régimes IT, TN), les conducteurs de protection doivent être incorporés à la même canalisation ou à proximité immédiate des conducteurs actifs.**

2 Bornes principales des conducteurs de protection

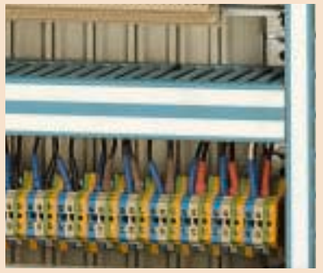
Suivant la puissance de l'installation, cette borne pourra se présenter sous la forme d'un bornier, d'un barreau à bornes, d'un rail avec blocs de jonction ou d'une barre de cuivre.
Elle prend souvent le nom de collecteur des conducteurs de protection.
Sont reliés à ce conducteur :
- le conducteur principal de protection
- éventuellement le conducteur de protection du transformateur
- les conducteurs de protection des circuits d'utilisation
- les liaisons équipotentielles.

Comme pour les conducteurs de protection, les caractéristiques de cette borne doivent être soigneusement déterminées.

Liaison équipotentielle générale



Réalisations de bornes principales...



... à l'aide de bornes Viking réf. 373 70/71/72/74/76/78



... à l'aide d'une barre cuivre en fond de gaine



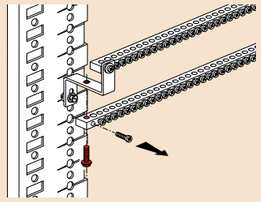
... à l'aide d'une barre cuivre en bas d'armoire



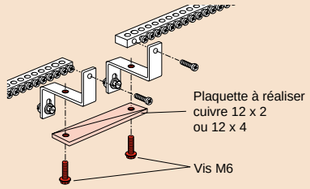
... à l'aide d'une barre à trous réf. 093 96

L'offre produits Legrand permet de constituer la borne principale (collecteur) des conducteurs de protection adaptée à chaque puissance en s'affranchissant de tout calcul.

Dans le cas de raccordement de très nombreux circuits de protection, il peut être nécessaire d'associer deux (voire plus) barres collectrices élémentaires. Il est alors recommandé de ne pas raccorder ces barres entre elles par un conducteur vert/jaune mais par un élément conducteur qui ne puisse pas être démonté par inadvertance.



Exemple de montage de deux barres à trous réf. 093 96 juxtaposées



Exemple de liaison de deux barres à trous réf. 093 96 bout à bout

Des solutions pour toutes les puissances, pour tous les tableaux

Type de l'enveloppe	Intensité maximum de l'ensemble (A)	Borne ou collecteur de(s) conducteur(s) de protection	Référence	Contrainte thermique I^2t (1) (A^2s)	Section du conducteur principal de protection en cuivre S_{PE} (2) (mm^2)
XL 600 / XL-A 600/800 – XL/XL-A 400 – XL 195 / XL-A 250 – XL 135	80	Borniers de répartition	048 01/03/20/22/30/32	0,9 x 10^7	16
		Rails de fixation (TH 35-7,5) + Blocs de jonction	374 04 393 70/71/72/76	0,9 x 10^7	16
	100	Borniers de répartition de barreau plat réf. 092 17 (3)	048 05/06/07 048 24/25/26/28 048 34/35/36/38	1,2 x 10^7	16
	125	Barre à trous	093 96	2,04 x 10^7	25
	160	Rails de fixation (TH 35-15) + Blocs de jonction	374 02 092 00/02/13 393 70/71/72/74/76/78	3,2 x 10^7	35
		Barre cuivre 12 x 4 à étriers à trous + connecteur	093 95 373 89 373 65	4,7 x 10^7	35
	200	Barre cuivre 12 x 4 + étriers (3)	093 95 373 60/61/62	5,8 x 10^7	50
	250	Barre cuivre 15 x 4	374 33	9,1 x 10^7	70
	315	Barre cuivre 18 x 4	374 34	1,3 x 10^8	95
	400	Barre cuivre 24 x 4	374 38	2,5 x 10^8	120
	500	Barre cuivre 25 x 5	374 18	3,9 x 10^8	150
	630	Barre cuivre 32 x 5	374 19	6,5 x 10^8	185
	800	Barre cuivre 50 x 5	374 40	2,5 x 10^9	240
	1000	Barre cuivre 63 x 5 (4)	374 41	2,5 x 10^9	2 x 150 ou 300
	1250	Barre cuivre 80 x 5 (4)	374 43	4,1 x 10^9	2 x 185
	1600	Barre cuivre 100 x 5 (4)	374 46	6,9 x 10^9	2 x 240

(1) Les bornes ou collecteurs de conducteurs de protection sont dimensionnés pour une résistance à la contrainte thermique de court-circuit identique à celle du conducteur principal de protection.
(2) En régime TT, la section du conducteur principal de protection peut être limitée à 25 mm^2 si les prises de terre du neutre et des masses sont distinctes.
(3) Utilisation possible en ensemble de classe II. Voir chapitre II.D.3.
(4) Conformément à la norme EN 60439-1, la section de la barre peut être limitée à 50 x 5 (S/4).

3 Utilisation des masses en tant que conducteur de protection

• Châssis

Les masses constituant le châssis des coffrets et armoires XL peuvent être utilisées en tant que conducteur de protection dans la mesure où la fixation des différents éléments assure automatiquement une interconnexion équipotentielle conforme aux prescriptions du § 7.4.3.1 de la norme EN 60439-1 et du § 542.2 de la CEI 60364-5-54.
Néanmoins, il est recommandé de limiter la fonction de conducteur de protection uniquement aux montants du châssis (incorporés dans les coffrets XL, réf. 095 95 pour les armoires XL/XL-A), afin de limiter le risque d'interruption du circuit de protection par un démontage mécanique.
Dans le cas d'utilisation des montants en tant que conducteurs de protection, la section du conducteur de protection équivalent est de :
- 50 mm^2 pour les coffrets
- 70 mm^2 pour les armoires,
afin de ne pas dépasser la capacité thermique équivalente de ces éléments.

• Rails de fixation

Les rails de fixation des appareils de type TH 35-7,5, TH 35-15 et G 32 peuvent également être utilisés en tant que collecteur des circuits de protection, sous réserve que les connexions soient effectuées avec les blocs de jonction Legrand spécifiques à cet usage : réf. 393 70/71/72/73/74/76/78 (voir page 164).

Contrainte thermique admissible des montants d'équipements :
- coffrets XL : 1,1 x 10^8 A^2s
- armoires XL : 1,4 x 10^8 A^2s

Continuité des masses...



... par les montants intégrés du coffret XL



... par les montants réf. 095 95 en armoire XL/XL-A



... par liaison directe de la platine de fixation et les traverses multifonctions réf. 095 67

La section électrique équivalente des masses constituées par les coffrets et armoires XL permet d'utiliser celles-ci pour la liaison équipotentielle et le raccordement à la terre des parafoudres. (voir page 134)
Afin d'éviter toute ambiguité, ne pas utiliser conjointement les masses à des fins de protection (conducteur PE) et à des fins fonctionnnelles (parafoudres).
L'utilisation des masses en tant que PEN est interdite.

3 LA RÉALISATION DES ENSEMBLES DE CLASSE II

Ces ensembles également nommés "à isolation totale" par la norme EN 60439-1 trouvent notamment leur application lorsque le dispositif de protection placé à l'origine de l'installation réalisée en schéma TT ne possède pas de fonction différentielle.
Outre son intérêt économique, cette solution permet de respecter les conditions de coordination des dispositifs de protection différentielle telles que définies dans la norme CEI 60364-5-53

Les coffrets XL 135 peuvent être directement traités selon ce mode de protection. L'utilisation des kits réf. 093 52/53/54/55/56/57 permet de traiter également en classe II les coffrets XL 195.

1 Précautions de mise en œuvre

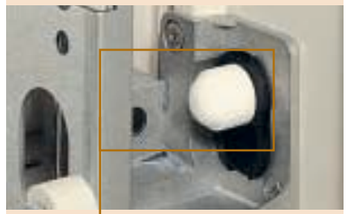
Un certain nombre de précautions sont nécessaires pour obtenir le niveau de sécurité optimal :
- les masses métalliques (châssis, rails, plastrons) ne doivent en aucun cas être reliées au conducteur de protection
- le ou les conducteurs de protection doivent être traités comme des conducteurs actifs et donc isolés et raccordés par des bornes sans liaison électrique avec le rail support
- les bornes pour conducteurs de protection des appareils qui en sont pourvus ne doivent pas être raccordées.

Il est recommandé de soigner particulièrement le câblage, notamment d'attacher tous les conducteurs jusqu'au voisinage des connexions, ou mieux, de les faire cheminer dans des goulottes isolantes qui procureront une sécurité optimale en cas d'intervention.
Il convient également de vérifier que l'ensemble n'est pas traversé par des pièces métalliques susceptibles de transmettre un potentiel de l'intérieur vers l'extérieur. Les commandes déportées d'appareils devront présenter une isolation double (ou renforcée) par rapport aux parties sous tension. Les tringleries de transmission devront être isolées des conducteurs risquant de venir à leur contact.
De plus, les vis de fixation murales ne devront pas être en contact avec le châssis interne (entretoise isolante) et devront être protégées d'un éventuel contact (cache emboîtable sur la tête). Veiller à ne pas utiliser de rondelles risquant de compromettre cette isolation. Les entretoises en polyamide livrées montées sur l'embase des coffrets XL sont à même de supporter la contrainte de serrage.

Coffret XL de classe II



Ne pas mettre de rondelle sous les têtes des vis de fixation



Isoler les têtes des vis de fixation avec les cabochons fournis

Règles de conception des ensembles de classe II

- L'isolation principale des appareils est doublée d'une isolation supplémentaire apportée par l'enveloppe, c'est la double isolation.
- La séparation physique des deux isolations doit pouvoir être testée indépendamment.
- Les parties métalliques ne sont pas reliées aux conducteurs de protection.
- Les conducteurs de protection sont considérés comme des parties actives.
- Le contact des conducteurs avec les parties métalliques environnantes doit être empêché en cas de détachement accidentel.

2 Borne principale des conducteurs de protection

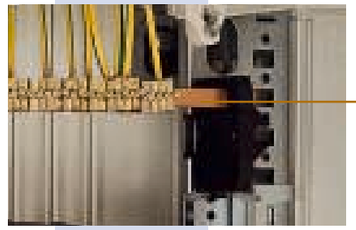
Cette fonction peut être assurée par les dispositifs suivants :
- les bornes Viking réf. 373 81/82
- les borniers IP 2x réf. 048 30/32/34/35/36/38 sur barreau plat réf. 092 17 ou barreau au mètre réf. 048 19
- les barres cuivre réf. 093 95 et 373 89 sur support réf. 092 14 et sur les bracelets de guidage réf. 092 66
- les barres à trou réf. 093 96 sur bracelets réf. 092 66
- le répartiteur réf. 048 83
- les borniers standard réf. 048 01/03/05/06/07 sur pattes rouges réf. 306 87.

Pour les ensembles de classe II de plus forte intensité, on pourra utiliser, jusqu'à 400 A, les supports réf. 374 37 avec les barres réf. 374 18/19/34/40/41.
On veillera à ce qu'aucun isolant de conducteur actif (phase ou neutre) ne puisse entrer en contact avec la borne principale des conducteurs de protection. Un bridage des conducteurs ou la pose d'un écran peuvent être nécessaires. Pour les sections des conducteurs, voir tableau page 646.

3 Identification des ensembles de classe II

Le symbole ⊗ doit être apposé de manière apparente à l'extérieur et à l'intérieur de l'enveloppe.
Le symbole ▣ doit apparaître sur une partie principale extérieure de l'enveloppe.





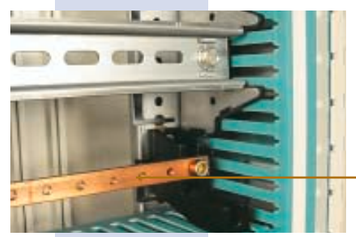
Barre réf. 373 49 équipée d'étriers réf. 093 95 montée sur supports isolants réf. 092 14



Borniers IP 2x réf. 048 34/35



Bracelets réf. 092 66 équipés d'une barre réf. 093 96



Barre collectrice "à la rangée" sur supports isolants réf. 374 37
La possibilité de monter une goulotte horizontale largeur 37,5 mm est conservée sous plastron modulaire hauteur 200 mm



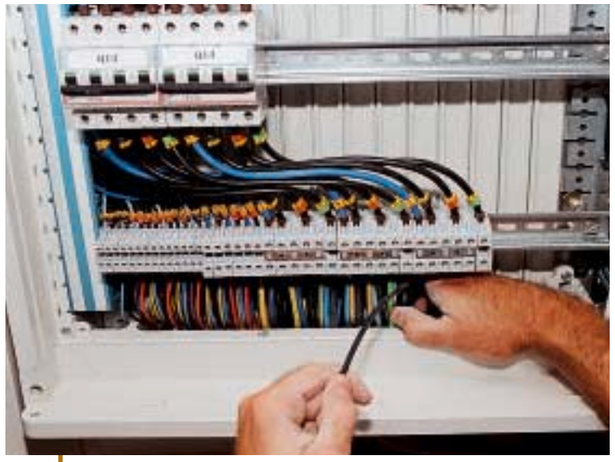
Barre collectrice pour le tableau complet sur supports isolants réf. 374 14
Prévoir un plastron plein hauteur 100 mm

La connexion des conducteurs

1 LES CONDUCTEURS À ÂME RIGIDE EN CUIVRE

Ce type de conducteur, de loin le plus répandu dans les installations fixes, ne nécessite pas de précaution particulière dès lors que la borne qui le reçoit est dimensionnée pour la section et le courant nécessaires.

Les âmes des conducteurs sont définies par la norme CEI 60228 (NF C 32-013) qui retient quatre classes : 1, 2, 5 et 6.
La classe 1 désigne les conducteurs à âme rigide massive et la classe 2 ceux à âme rigide câblée.
Les classes 5 et 6 désignent respectivement les âmes souples multibrins et multibrins fins.
Les âmes rigides câblées rétreintes ou sectorales sont également de classe 2.
Nota : ces désignations de classe n'ont aucun lien avec la protection contre les contacts indirects (classe II) assurée par certains câbles (voir chapitre III.E.2).



Raccordement des circuits divisionnaires sur borniers Viking dans un coffret XL 135

Les bornes de connexion sont définies et testées par des normes internationales :
- CEI 60998-1 et 60998-2-X pour les dispositifs de connexion pour usage domestique et analogue.
- CEI 60999 pour les prescriptions de sécurité de ces mêmes dispositifs.
- CEI 60947 et 60947-7-1 pour les blocs de jonction pour conducteur cuivre. (de nombreuses normes locales, en particulier nord-américaines, CSA, UL, existent aussi sur ces produits).
- CEI 1545 pour les connexions des câbles aluminium.

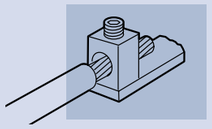
La qualité et la pérennité des connexions sont garanties par l'utilisation d'un outil adapté et le respect des couples de serrage préconisés (voir tableau couple de serrage page 708).

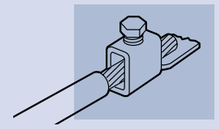


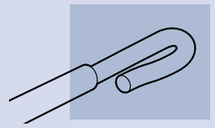


Borniers Viking montés sur rail universel réf. 092 13 et supports de fixation réf. 095 99 en armoire XL 400

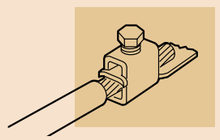
La connexion des petits conducteurs dans les bornes à pression directe nécessite quelques précautions.
- Ne pas entamer l'âme au dénudage au risque de rupture ultérieure du conducteur
- Ne pas trop serrer pour limiter le cisaillement
- On peut replier l'extrémité du conducteur pour assurer un meilleur contact.







Les appareils modulaires LEXIC et les blocs de jonction Viking sont équipés de bornes à pression indirecte : le conducteur est serré par une plaquette qui assure la répartition de l'effort et permet un serrage à 0.



2 REPIQUAGE DES CONDUCTEURS

La connexion simultanée de deux conducteurs rigides de même section est généralement possible ; celle de deux conducteurs différents, type d'âme ou section, est fortement déconseillée. Capacités, types de conducteurs, combinaisons sont indiqués sur les produits eux-mêmes ou dans les notices les accompagnant.

Le repiquage nécessité par la multiplicité des circuits peut être assuré par des dispositifs appropriés et sûrs

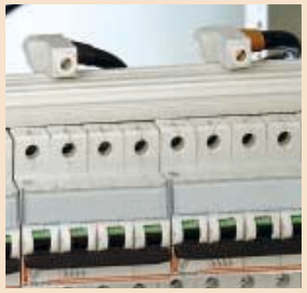


Bornier complémentaire pour conducteur neutre sur répartiteur réf. 048 86

Le repiquage ou connexion dans une même borne est interdit sur les circuits de protection. Il n'est pas admis non plus sur les bornes des appareils d'utilisation (exceptés les prises de courant, les luminaires, les blocs d'éclairage... à condition que les bornes soient prévues à cet effet).



Dérivation sur blocs Viking par peigne de liaison équipotentielle sécable réf. 394 21



Peigne Lexic de répartition triphasée

Capacité de raccordement des blocs de jonction Viking 3 jonction simple

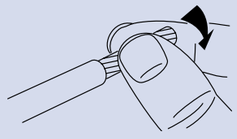
Références	Intensité nominale	Capacité (mm²)		Pas (mm)	I_e (A)
		Câble rigide	Câble souple		
390 60	2,5	0,25 à 4	0,25 à 2,5	5	27
390 61	4	0,25 à 6	0,25 à 4	6	36
390 62	6	0,5 à 10	0,25 à 6	8	48
390 64	10	1,5 à 16	2,5 à 10	10	65
390 66	16	1,5 à 25	4 à 16	12	85
390 68	35	2,5 à 50	4 à 35	15	138
390 70	70	25 à 95	16 à 70	22	213

I_e : courant d'emploi suivant CEI 60364-533 colonne 4 tableau 52F.

3 LES CONDUCTEURS À ÂME SOUPLE EN CUIVRE

Du fait de la fragilité relative des brins composant l'âme, la connexion des conducteurs souples nécessite quelques précautions ou du moins l'évitement de quelques erreurs.

Un serrage trop important risque de cisailler des brins.
Une section inadaptée entraîne la dispersion des brins et un mauvais contact.
Pour éviter le desserrage et le risque de dispersion des brins, pratiquer le retournage de l'âme en respectant le sens initial souvent à gauche.





Les blocs de jonction Viking : une solution fiable pour le raccordement des conducteurs souples

Les risques de cisaillement et de dispersion des brins, surtout inhérents aux bornes à serrage direct, peuvent être évités par l'utilisation d'embouts Starfix™.

Les produits de la gamme Starfix™, pinces standard, à cliquet, S multi-fonctions et embouts de 0,5 à 25 mm² permettent la connexion totalement fiabilisée des conducteurs souples.



Un outil aussi universel que facile à utiliser : la pince Starfix permet la séparation et le sertissage de l'embout



La pince Starfix S assure coupe, dénudage et sertissage en un seul outil

Ne pas étamer les conducteurs souples avant raccordement, l'étain ainsi déposé peut être soumis à terme à un phénomène de déstructuration nommé "fritting corrosion".
Le risque de claquage diélectrique fait déconseiller l'emploi de graisse de contact conductrice en atmosphère humide ou conductrice.
Préférer la pose d'embouts de câblage, de manchons ou de cosses en cas de conditions d'emploi difficiles.

4 LES CONDUCTEURS À ÂME ALUMINIUM

Excellent conducteur, l'aluminium présente un rapport poids /conductance favorable pour les sections moyennes ou fortes. Très largement utilisé dans les réseaux d'énergie, son utilisation tend à s'étendre dans la distribution de puissance.
Les difficultés spécifiques à la connexion de ce métal doivent être bien appréhendées pour éviter des problèmes ultérieurs qui ne manqueraient pas d'apparaître :
- l'aluminium se recouvre très rapidement à l'air libre d'une fine couche isolante et très dure, l'alumine. La connexion devra donc être faite aussitôt après dénudage et si nécessaire après surfaçage à l'abrasif
- l'aluminium se dilate beaucoup plus que les autres métaux courants (fer, cuivre, laiton…), il s'en suit des desserrages inévitables des connexions. Les bornes de connexion pour l'aluminium devront donc être faites de ce même métal (ou d'un alliage) ou bien posséder des dispositifs élastiques (rondelles, lamelles) compensant ces différences de dilatation.
- l'aluminium présente un potentiel électrochimique très négatif (- 1,67 V), il aura donc tendance à se corroder au contact de nombreux métaux. Ce comportement dit "d'anode sacrificielle" est accentué en milieu humide ou conducteur. Le contact direct de l'aluminium avec l'inox, l'argent, le cuivre doit être absolument évité. En revanche, des métaux comme le zinc, l'acier, l'étain présentent une compatibilité acceptable.

Dans tous les cas, un resserrage au couple après quelques jours est recommandé.

Echelle des potentiels électrochimiques

Association de deux métaux ou couple galvanique

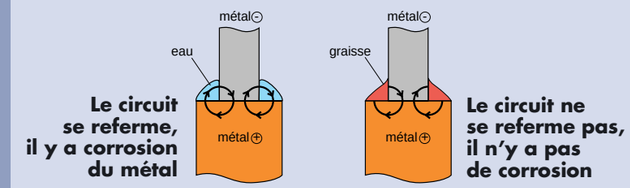
Pour un métal donné de l'échelle des potentiels électrochimiques :
- les métaux au-dessus de lui provoquent son oxydation
- les métaux en dessous de lui provoquent sa réduction.
Exemple : l'argent provoque l'oxydation de l'étain, le chrome provoque la réduction de l'étain.
Le métal le plus électronégatif (anode) est attaqué au profit du métal plus électropositif (cathode).
Température et pH de milieu peuvent modifier ces phénomènes.

Potentiel normal	métaux	
+ 1,52 V	Or	Au
+ 1,18 V	Platine	Pt
+ 0,91 V	Palladium	Pd
+ 0,799 V	Argent	Ag
+ 0,798 V	Mercure	Hg
+ 0,52 V	Cuivre	Cu
+ 0,47 V	Antimoine	Sb
+ 0,35 V	Bismuth	Bi
	Arsenic	As
+ 0,326 V	Chromates (bichromatage)	Cr
0	Hydrogène	H
- 0,10 V	Dacromet™	
- 0,12 V	Plomb	Pb
- 0,13 V	Etain	Sn
- 0,20 V	Molybdène	Mo
- 0,257 V	Nickel	Ni
- 0,29 V	Cobalt	Co
- 0,41 V	Cadmium	Cd
- 0,44 V	Fer	Fe
- 0,74 V	Chrome	Cr
- 0,76 V	Zinc	Zn
- 1,18 V	Manganèse	Mn
- 1,63 V	Titane	Ti
- 1,67 V	Aluminium	Al
- 1,70 V	Magnésium	Mg
	Silicium	Si
	Baryum	Ba
- 2,71 V	Sodium	Na
- 2,84 V	Calcium	Ca
- 2,92 V	Potassium	K
- 3,04 V	Lithium	Li

Réduction de plus en plus facile

Oxydation de plus en plus facile

Lorsque les métaux en présence sont correctement choisis et que l'atmosphère est sèche, le risque de corrosion électrolytique reste faible.
En milieu humide, ce risque s'accroît (l'eau joue le rôle d'électrolyte dans la pile formée). L'emploi d'une graisse neutre (généralement à base de silicone) limite le phénomène.



Le circuit se referme, il y a corrosion du métal

Le circuit ne se referme pas, il n'y a pas de corrosion



Les boîtiers de raccordement cuivre/alu ref. 374 80/81 permettent de raccorder les deux types de conducteurs et d'assurer l'interface aluminium/cuivre en tête de tableau



Raccordement de deux conducteurs aluminium 185 mm² par pôle sur les bornes réf. 262 51 d'un DPX 630



Raccordement direct d'un DPX 630 par borne à cage réf. 262 50

Tous les appareils DPX et Vistop reçoivent les cosses bi-métal cuivre/aluminium qui permettent d'assurer un raccordement de grande fiabilité.
Les capacités recommandées (section et diamètre de perçage) sont précisées au chapitre III.E.5.
Le raccordement direct des conducteurs aluminium sur DPX est recommandé avec les bornes réf. 262 19 (DPX 160), 048 67 (DPX 125/160), 262 51 (DPX 630), 262 69/70 (DPX 1 600).
Il peut également être réalisé avec les bornes à cage réf. 262 18/88/35/50.
Les Vistop 63/160 modulaires peuvent utiliser les bornes réf. 048 67, et les Vistop 250/400 les bornes réf. 095 44.
Les boîtiers de raccordement réf. 374 80/81 permettent raccordement et dérivation des circuits de puissance en câble aluminium.

Sections équivalentes des conducteurs aluminium/cuivre

Section cuivre (mm²)	Section alu (mm²)	
	A même échauffement	A même chute de tension
6	10	10
10	16	16
16	25	25
25	35	35
35	50	50
50	70	95
70	95	120
95	150	150
120	185	185
150	240	240
185	300	400

5 LES CONNEXIONS PAR SERTISSAGE

Cosses, embouts, manchons jouissent d'une réputation de robustesse mécanique et de fiabilité électrique justifiée. Aussi leur usage, malgré la contrainte du sertissage, reste-t-il très largement répandu dans les domaines du branchement et des réseaux industriels.

Les types et les capacités des cosses utilisables sur les appareils DPX et Vistop sont précisés au chapitre III.E.6.

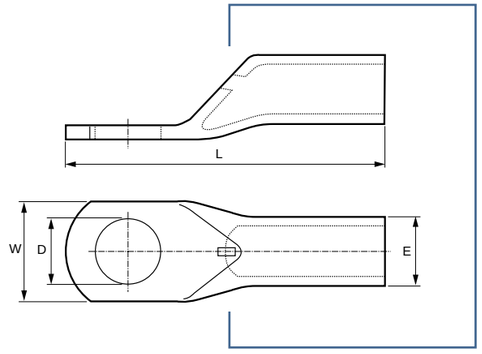
Outre leur référence spécifique constructeur, les cosses tubulaires en cuivre pour conducteur cuivre sont désignées par deux chiffres :
- la capacité de connexion (en mm²) d'un conducteur à âme rigide câblée (classe 2)
- le diamètre du trou de la plage de raccordement.

Les modèles de cosses les plus courants sont conformes à la norme NF C 20-130 qui fixe dimensions et tolérances de construction.
Ces cosses peuvent être serties par poinçonnage ou par rétreint hexagonal.

1 Dimensions générales (en mm) des cosses standard cuivre

S (mm²)	D	W	L	E
16	6	12	35	8
	8	16	40	8
	10	16	45	8
25	6	13	35	9,5
	8	16	40	9,5
	10	16	45	9,5
35	6	16	51	11
	8	16	51	11
	10	16	51	11
50	8	20	57	12,5
	10	20	57	12,5
	12	20	57	12,5
70	8	22	65	15
	10	22	65	15
	12	22	65	15
	14	22	65	15
95	8	24	70	17
	10	24	70	17
	12	24	70	17
	14	24	70	17
120	10	28	84	19
	12	28	84	19
	14	28	84	19
	16	28	84	19
150	12	31	89	21
	14	31	89	21
	16	31	89	21
185	12	33	91	23
	14	33	91	23
	16	33	91	23
240	14	38	105	26
	16	38	105	26
300	14	41	114	28
	16	41	114	28
	20	41	114	28

Valeurs indicatives, se reporter aux données des constructeurs pour les dimensions exactes.





Raccordement d'un Vistop 400 par cosses cuivre standard 240-14 boulonnées sur plages

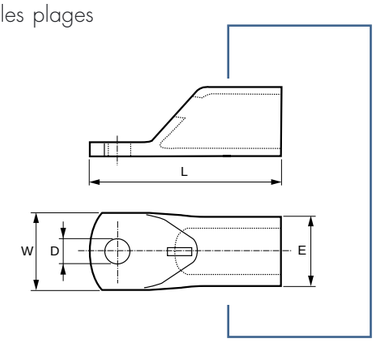
Il existe également des cosses spécifiques aux conducteurs souples (âme de classes 5 ou 6) et conformes aux normes ferroviaires.
Leurs dimensions un peu plus grandes évitent le décalage d'une section entre souple et rigide.

2 Dimensions générales (en mm) des cosses compactes cuivre

Ces cosses permettent des raccordements de fortes sections sur les plages des appareils DPX.

S (mm²)	D	W	L	E
120	10	24,5	63	19
150	10	24,5	65	21
185	10	24,5	73	23
240	10	31	74	26
300	10	31	83	28

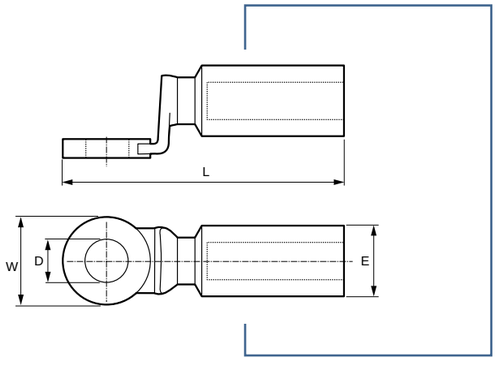
Source SIMEL.



3 Dimensions générales (en mm) des cosses standard aluminium pour réseau industriel

Ces cosses bi-métal sont constituées d'une plage en cuivre et d'un fût en aluminium à sertir par rétreint hexagonal.

S (mm²)	D	W	L	E
35	8	16	57	16
50	8	16	57	20
70	10	20	60	20
95	10	20	60	20
120	10	20	60	25
150	12	30	90	25
185	12	30	90	32
240	12	30	90	32
300	14	35	90	40

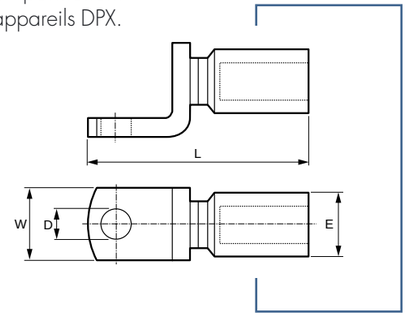


4 Dimensions générales (en mm) des cosses compactes aluminium

A l'instar des cosses compactes cuivre, ces cosses permettent le raccordement de fortes sections aluminium sur les plages des appareils DPX.

S (mm²)	D	W	L	E
150	10	25	76	27
185	10	25	76	32
240	10	30	76	32
300	10	30	85	35

Source SIMEL.

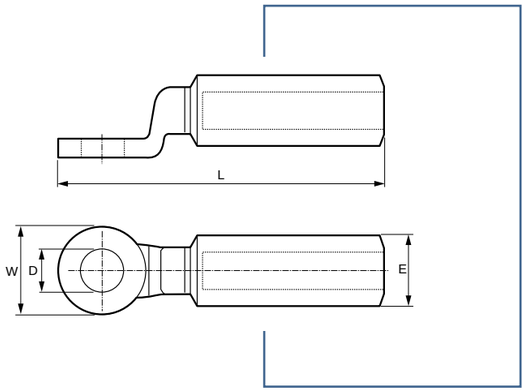




5 Dimensions générales (en mm) des cosses aluminium pour branchement selon HN 68-5-90

Les dimensions importantes de ces cosses requièrent l'utilisation des épanouisseurs ou des prises arrière pour le raccordement des DPX.

S (mm²)	D	W	L	E
35	12	26	90	16
50	12	26	90	20
70	12	26	90	20
95	12	26	90	20
120	12	31	110	25
150	12	31	110	25
185	12	31	110	32
240	12	31	115	32
300	16	38	160	40



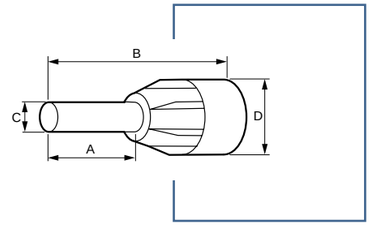
6 Embouts à sertir à collerette isolante

Caractéristiques et désignation des embouts à collerette isolante sont régis par la norme NF 63-023.
Les couleurs sont définies selon les sections :

S (mm²)	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25
Couleur	blanc	bleu	rouge	noir	gris	orange	vert	brun	blanc	noir

7 Dimensions des embouts StarfixTM

S (mm²)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	D (mm)
0,5	7,6	14,1	1,5	3,4
0,75	7,6	14,1	1,5	3,4
1	7,6	14,1	1,7	3,6
1,5	7,9	14,4	2	4,1
2,5	7,9	15,4	2,6	4,8
4	11,9	21,2	3,2	7,2
6	11,9	22,9	3,8	8,6
10	12	21,9	4,9	8,6
16	12	22,5	6,3	9,8
16	18	28,5	6,3	9,8
25	18	31,3	7,9	12,2
35	18	32	8,9	13,5
50	20	36	11,1	16,1



Les solutions de raccordement

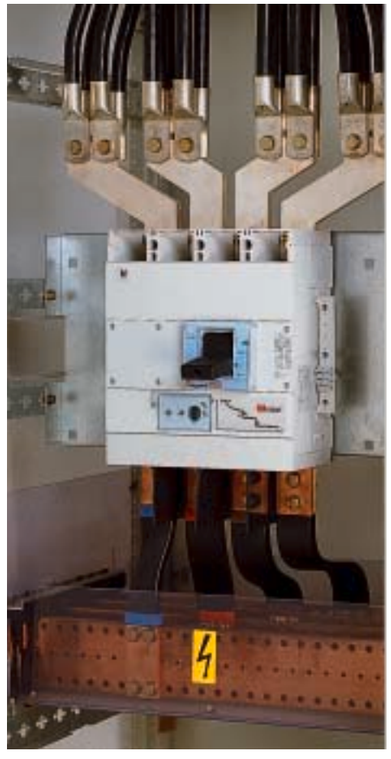
1 SECTIONS HABITUELLES DES CONDUCTEURS EXTERNES POUR LES COURANTS ASSIGNÉS

Les sections et nombre de conducteurs dans le tableau ci-contre sont donnés à titre indicatif afin de faciliter le choix préliminaire de la solution de raccordement la mieux adaptée par un rappel des conditions de raccordement les plus courantes.
Ce tableau ne permet pas le dimensionnement des conducteurs qui doit être fait selon les modalités normalisées (voir section II.A).
Les valeurs ne s'appliquent pas aux conducteurs internes de l'ensemble (voir page 622) qui sont souvent différents par leur nature (barres souples) ou leur section (plus petite).

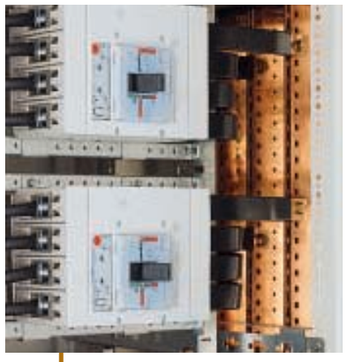
- Sections minimales : elles correspondent globalement à des conducteurs de courte longueur ou à des conducteurs bien ventilés (pose à l'air libre) ou à des conducteurs à isolant PR.
- Sections maximales : elles sont plutôt rencontrées dans les branchements ou dans les installations de distribution étendues ou dans le cas de conducteurs mal ventilés (pose encastrée ou sous conduit) ou de conducteurs à isolant PVC.

Valeurs minimales et maximales indicatives des sections des conducteurs externes raccordés dans les ensembles

	Conducteurs cuivre		Conducteurs aluminium	
	Section (mm²)		Section (mm²)	
I (A)	mini	maxi	mini	maxi
10	1	1,5	1,5	2,5
16	1,5	2,5	2,5	4
20	2,5	4	4	6
25	2,5	6	4	10
32	4	10	6	16
40	6	16	10	25
63	10	25	16	35
80	16	35	25	50
100	25	50	35	70
125	35	70	50	95
160	50	95	70	120
200	70	120	95	150
250	95	185	150	240
315	120	240	185	300
400	185 2x120	300 2x150	240 2x150	2x185 3x120
500	240 2x150	2x185 3x120	2x150 3x120	2x240 3x150 4x120
630	300 2x150	2x240 3x120	2x185 3x120	2x300 3x185 4x150
800	2x185 3x120	2x300 3x185 4x150	2x240 3x150	3x240 4x185 5x150
1000	2x240 3x185 4x150	3x240 4x185 5x150	3x185 4x150	3x300 4x240 5x185 6x150
1250	3x185 4x150 5x120	4x240 5x185 6x150	3x240 4x185 5x150	4x300 5x240 6x185
1600	4x185 5x150 6x120	4x300 5x240 6x185	4x240 5x185 6x150	5x300 6x240







De multiples solutions de raccordement pour tous les appareils

2 LE RACCORDEMENT DES DMX

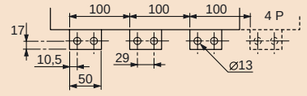
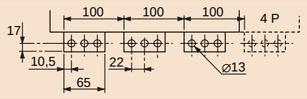
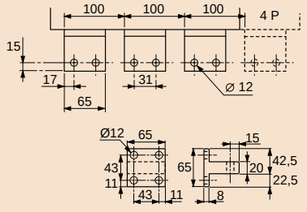
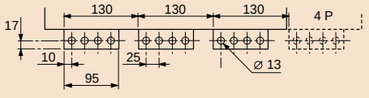
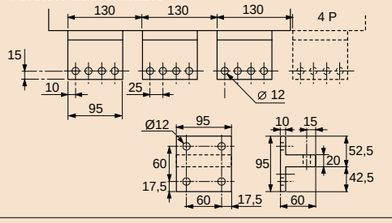
Le dimensionnement et la réalisation des raccordements sont impératifs à la fiabilité des installations et à fortiori des appareils de forte et très forte puissance.
Les dispositifs et interrupteurs DMX disposent de plages de raccordement largement dimensionnées. Sur les versions débrochables, les plages de raccordement reçoivent des prises arrière orientables.



Couple de serrage des prises arrière : 45 à 50 Nm.

Les prises arrière peuvent être orientées verticalement ou horizontalement sur les versions débrochables

Dimensions des plages et barres de raccordement minimales conseillées par pôle

	Prises arrière	Ie (A)	Barres souples (mm)	Barres rigides (mm)
DMX 2500 fixe		800	1 x 50 x 10 **ou** 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1000	1 x 50 x 10 **ou** 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1250	2 x 50 x 5	1 x 50 x 10 + 1 x 50 x 5
		1600	1 x 50 x 10 **+** 1 x 50 x 5	2 x 50 x 10
		2000	2 x 50 x 10	2 x 60 x 10
		2500	3 x 50 x 10	3 x 60 x 10
DMX 2500 débrochable		800	1 x 50 x 10 **ou** 2 x 50 x 5	2 x 50 x 5
		1000	2 x 50 x 5	2 x 63 x 5
		1250	1 x 50 x 10 **+** 1 x 50 x 5	2 x 63 x 5
		1600	2 x 50 x 10	1 x 60 x 10 **+** 1 x 63 x 5 **ou** 2 x 60 x 10
		2000	—	3 x 60 x 10 **ou** 2 x 80 x 10
		2500	—	4 x 60 x 10 **ou** 3 x 80 x 10
DMX-L 2500 DMX/DMX-L 4000 fixe et débrochable	Version fixe  Version débrochable 	800	—	1 x 75 x 5 **ou** 1 x 80 x 5
		1000	—	1 x 100 x 5
		1250	—	2 x 75 x 5 **ou** 2 x 80 x 5
		1600	—	2 x 100 x 5
		2000	—	3 x 100 x 5 **ou** 2 x 80 x 10
		2500	—	2 x 100 x 10
		3200	—	3 x 100 x 10
		4000	—	4 x 100 x 10



Des prises arrière largement dimensionnées sur DMX 4000 débrochable

Raccordements : quelques précautions !

Les raccordements assurent la liaison électrique des appareils mais aussi pour une part non négligeable leur dissipation thermique.
Il ne faut jamais sous-dimensionner les raccordements. Les plages ou les prises doivent être utilisées sur une surface maximale.
La dissipation thermique est favorisée par la disposition verticale des barres.
En cas de raccordement d'un nombre impair de barres, placer le nombre de barres le plus élevé sur la partie supérieure de la prise.
Eviter les barres jointives : sources de mauvaise dissipation thermique et de vibrations. Entretoiser les barres pour maintenir un espacement au moins équivalent à leur épaisseur.



Raccordement
d'un DMX 4000 calibre 3200 A
par 3 barres 100 x 10
(2 sur le dessus de la plage)
Armoire profondeur 800



Interconnexion de barres
de raccordement 100 x 10
sur un jeu de barres
principal 120 x 10.
Utilisation de 6 boulons M12
(qualité 8-8 mini)



Raccordement de 4 barres
de 100 x 10 sur chaque prise
arrière d'un DMX 4000
débrochable



Raccordement de 2 barres
de 80 x 10 sur chaque prise arrière
d'un DMX 2500 débrochable

3 LE RACCORDEMENT DES DPX

Capacités maximales par pôle

	Raccordement / Mode	Barres Largeur (mm)	Conducteurs Section (mm²) rigide	Conducteurs Section (mm²) souple	Cosses cuivre standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses cuivre compacte S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium compacte S - Ø (mm² - mm)
DPX 125	Borne à cage (inclus avec DPX)	12	70	70				
	048 67 Borne de répartition		6 x 35	6 x 25				
	Prises arrière à vis	15			95-8			120-8
	Version extractible Prises avant	20			50-6			
	Version extractible Prises arrière	Livrée avec prises arrière à vis						
DPX 160	Direct sur plage	18			50-6			50-8
	262 18 Borne à cage	13	95	70				
	262 17 Prolongateur de plage	20			70-10			185-10
	262 19 Borne grande capacité		120	95				
	048 67 Borne de répartition		6 x 35	6 x 25				
	263 10/11 Prises arrière à vis	25			120-8	185-10		120-10
	Version extractible ou débrochable Prises avant	20			70-8			50-8
	Version extractible ou débrochable Prises arrière	Livrée avec prises arrière à vis						

Capacités maximales par pôle

	Raccordement / Mode	Barres Largeur (mm)	Conducteurs Section (mm²) rigide	Conducteurs Section (mm²) souple	Cosses cuivre standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses cuivre compacte S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium compacte S - Ø (mm² - mm)
DPX 250 ER	Direct sur plage	20			70-8			120-10
	262 88 Borne à cage	18	185	150				
	262 90/91 Epanouisseurs	32			185-12	300-10	240-12	300-10
	262 31 Adaptateurs	25			120-10	185-10	150-12	185-10
	265 10/11 Prises arrière à vis				185-12		240-12	
	Version extractible Prises avant				95-8	185-10	95-12	185-10
	Version extractible Prises arrière	Livrée avec prises arrière à vis						

Capacités maximales par pôle

	Raccordement / Mode	Barres Largeur (mm)	Conducteurs Section (mm²) rigide	Conducteurs Section (mm²) souple	Cosses cuivre standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses cuivre compacte S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium compacte S - Ø (mm² - mm)
DPX 250	Direct sur plage	25			95-8	185-10		185-10
	262 35 Borne à cage	18	185	150				
	262 33/34 Epanouisseurs	32			185-12	300-10	240-12	300-10
	262 31 Adaptateurs	lg 25			120-10	185-10	150-12	185-10
	262 32 Prolongateur de plage	25			150-12	300-10	240-12	300-10
	263 31/32 Prises arrière à vis	25			185-12		240-12	
	265 57/28 Prises arrière méplats	25			95-10	185-10	150-12	185-10
	Version extractible Prises avant	20			95-10	185-10	95-12	185-10
	Base XL-Part version extractible	20			2 x 95-8	2 x 185-10		2 x 185-10
	Version extractible et débrochable Prises arrière	Livrée avec prises arrière à vis						

Capacités maximales par pôle

	Raccordement / Mode	Barres Largeur (mm)	Conducteurs Section (mm²) rigide	Conducteurs Section (mm²) souple	Cosses cuivre standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses cuivre compacte S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium compacte S - Ø (mm² - mm)
DPX 630	Direct sur plage	32			150-12	300-10	240-12	300-10
	262 50 Borne à cage	25	300	240				
	262 51 Borne pour 2 conducteurs		2 x 240	2 x 185				
	262 48/49 Epanouisseurs	50			2 x 185-12	2 x 300-10	2 x 240-16	2 x 300-10
	262 46 Adaptateurs ≤ 400 A	32			2 x 150-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
	262 47 Prolongateur de plage	32			2 x 150-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
	263 50/51 Prises arrière à vis	32			2 x 300-16		2 x 300-16	
	263 52/53 Prises arrière méplats	40			2 x 185-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
	Version extractible ou débrochable Prises avant	25			150-12	300-10	240-12	300-10
	Base XL-Part version extractible	25			1 x 150-12	2 x 300-10	2 x 240-12	2 x 300-10
	Version extractible ou débrochable Prises arrière	Livrée avec prises arrière méplats ou à vis						

Capacités maximales par pôle

	Raccordement / Mode	Barres Largeur (mm)	Conducteurs Section (mm²) rigide	Conducteurs Section (mm²) souple	Cosses cuivre standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses cuivre compacte S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium compacte S - Ø (mm² - mm)
DPX 1 600	Direct sur plage	50			300-14		300-16	
	262 69 Borne pour 2 conducteurs		2 x 240	2 x 185				
	262 70 Borne pour 4 conducteurs		4 x 240	4 x 185				
	262 73/74 Epanouisseurs	80			4 x 300-14		4 x 300-16	4 x 300-14
	262 67 (≤ 1250 A) 262 68 Prolongateur de plage	50			2 x 300-14		2 x 300-16	2 x 300-14
	263 80/82 Prises arrière courtes	50			2 x 300-14		2 x 300-16	2 x 300-14
	263 81/83 Prises arrière longues	50			3 x 300-14		3 x 300-16	3 x 300-14
	Version débrochable Prises avant	50			4 x 120-12 2 x 300-14	4 x 185-10	2 x 300-14	4 x 150-10
	Version débrochable Prises arrières	50			2 x 185-12		2 x 240-12	

4 LE RACCORDEMENT DES VISTOP

Capacités maximales par pôle

		Raccordement / Mode	Barres Largeur (mm)	Conducteurs Section (mm²) rigide	Conducteurs Section (mm²) souple	Cosses cuivre standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses cuivre compacte S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium compacte S - Ø (mm² - mm)
VISTOP 63 - 100 - 125 - 160 A à fixation sur rail		Direct dans borne à cage	12	70	50				
		048 67 Borne de répartition		6 x 35	6 x 25				
		227 78/79 Boîtier de raccordement à plage	30			150-10	195-10	150-12	195-10
		227 80/81 Boîtier de raccordement à cage	18	185	150				
VISTOP	160	Direct sur plage	20			95-10	195-10	95-12	195-10
	250	Direct sur plage	25			150-12	300-10	150-12	300-10
		095 44 Borne Cuivre / Alu		300	240				
	400	Direct sur plage	32			300-14		300-16	
		095 44 Borne Cuivre / Alu		300	240				

Capacités maximales par pôle

		Raccordement / Mode	Barres Largeur (mm)	Conducteurs Section (mm²) rigide	Conducteurs Section (mm²) souple	Cosses cuivre standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses cuivre compacte S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium standard S - Ø (mm² - mm)	Cosses aluminium compacte S - Ø (mm² - mm)
VISTOP	630	Direct sur plage	32			300 - 14		300 - 16	
	800	Direct sur plage	50			2 x 300 - 14		300 - 16	
INTERRUPTEUR SECTIONNEUR	1250 A	Direct sur plage	63			4 x 95 - 10	4 x 185 - 10	4 x 95 - 10	4 x 185 - 10
	1600 A	Direct sur plage	80			4 x 300 - 14		4 x 300 - 16	

5 LE RACCORDEMENT DES APPAREILS MODULAIRES

Capacités maximales par pôle

		LEXIC Commande et signalisation	LEXIC DX ≤ 40 A	LEXIC DX ≤ 63 A	LEXIC DX ≤ 125 A	LEXIC DX ≤ 63 A avec peigne	
Mode		Direct à cage	Direct à cage	Direct à cage	Direct à cage	Borne d'arrivée 049 05	Borne d'arrivée 049 06
Conducteurs Section (mm²)	rigide	6	16	35	50	25	35
	souple	6	10	25	35	16	35

LA MANUTENTION ET L'INSTALLATION SUR SITE

Le transport puis l'installation sur le site définitif sont toujours des étapes à risques pour les ensembles de distribution. Leur masse et leurs dimensions nécessitent de prendre de réelles précautions lors des manutentions.





La sécurité des opérations de manutention nécessite le respect des règles et instructions, c'est le travail d'un spécialiste : "l'élingueur".
Les matériels utilisés, élingues et accessoires de levage doivent être conformes aux dispositions légales qui leur sont applicables.

• Charge statique
C'est la valeur uniformément répartie sur les dispositifs de fixation en fonction du volume de l'enveloppe :

Armoire XL-A, 1 000 kg/m^3
Armoire XL, 500 kg/m^3
Coffret XL-A, 500 kg/m^3
Coffret XL, 300 kg/m^3

• Charge dynamique
Le coefficient de charge dynamique prend en compte les efforts appliqués aux enveloppes lors des opérations de manutention ou d'installation.
Toutes enveloppes :
1,5 fois la charge statique.

Les élingues et accessoires ainsi que les modalités et précautions de levage sont décrites dans les notices des armoires XL et XL-A.

**Les armoires XL et XL-A ont fait l'objet d'essais officiels.
Rapport CETE APAVE Normandie : n° 8H4567-192
Rapport RE/482/044/99/04.**

La manutention et l'installation sur site des ensembles

Les recommandations et les mesures de sécurité pour l'élingage des ensembles sont données à titre informatif dans la mesure où celles-ci relèvent de la compétence de l'élingueur, du pontier ou du grutier.

1 L'ÉLINGAGE DES ENSEMBLES

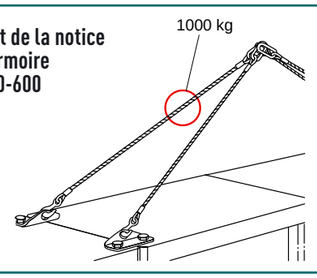
1 Choix des élingues

Il appartient à l'élingueur de choisir l'élingue adaptée en fonction de la charge à manutentionner et des appareils de levage.

- Evaluer largement la masse à manutentionner. En l'absence de données précises, les valeurs des charges admissibles peuvent servir de base.
- Déterminer la capacité des élingues nécessaires. La charge maximale d'utilisation (CMU, obligatoirement inscrite sur l'élingue) doit être adaptée au levage à effectuer.

La valeur minimale de la CMU des élingues est indiquée sur les schémas de levage des notices des armoires (valeur pour une élingue simple ou pour un brin d'une élingue multiple).

Extrait de la notice de l'armoire XL 400-600

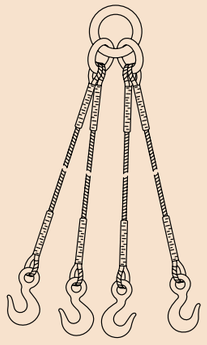


Les élingues sans fin ou estropes ne sont pas recommandées pour un accrochage sur des anneaux.

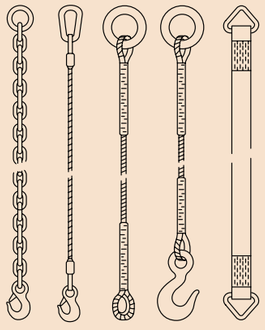
Incidence de l'angle entre les brins sur la charge levable



Différents type d'élingues



Elingue multiple

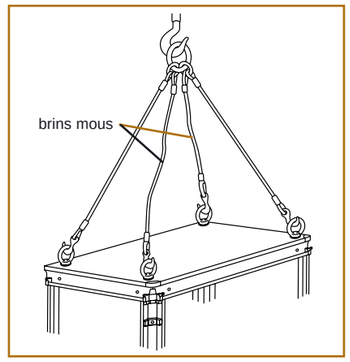


Elingues simples

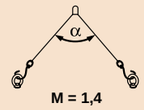
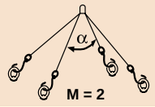
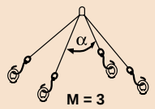
Il est recommandé de limiter à 90° l'angle entre brins et de ne jamais dépasser 120° pour la double raison que les points d'accrochage subissent alors des efforts latéraux très importants et que la charge levable est considérablement réduite.

- Vérifier la charge levable en tenant compte du facteur de mode d'élingage M, fonction de l'angle et du nombre de brins.

Fréquemment la charge à lever n'est pas équilibrée. Les brins ne sont pas uniformément chargés et leurs longueurs ne sont pas parfaitement identiques. Cela conduit à réduire la charge levable. La norme NF E 52150 précise la réduction à appliquer par un facteur M de mode d'élingage pour les cas les plus courants.



Charges pratiques maxi en kg des élingages avec les dispositifs de levage des armoires XL et XL-A

Facteur M de mode d'élingage (NF E 52150)	Dispositif de levage	α = 0°	α = 60°	α = 90°	α = 120°
 M = 1,4	Anneau M14	700	610	490	Interdit
	Cornière 1000 kg	Interdit	1400	1220	Interdit
	Cornière 1200 kg	Interdit	1680	1460	Interdit
Sans dispositif de répartition  M = 2	Anneau M14	1000	870	700	500
	Cornière 1000 kg	Interdit	2000	1740	1000
	Cornière 1200 kg	Interdit	2400	2090	1200
Avec dispositif de répartition sur les 4 brins  M = 3	Anneau M14	1500	1300	1060	750
	Cornière 1000 kg	Interdit	3000	2600	1500
	Cornière 1200 kg	Interdit	3600	3100	1800

Charge unitaire des dispositifs de levage des armoires XL/XL-A

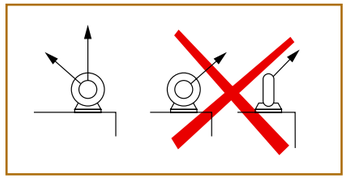
- **Anneau M14 (réf. 095 90) : 500 kg**
- **Cornière (réf. 095 91) : 1 000 kg**
- **Cornière (réf. 347 91) : 1 200 kg**

2 Disposition des anneaux, des élingues et des crochets

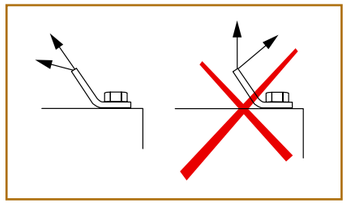
- Visser les dispositifs en respectant les couples de serrage maxi préconisés (anneaux : 40 Nm, vis de cornière : 50 Nm).



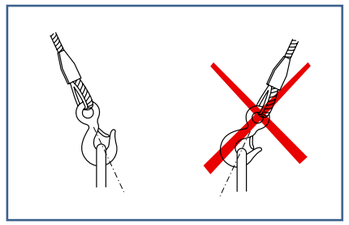
- Orienter les anneaux dans l'axe des élingues. Si nécessaire, l'ajustement se fait par desserrage. Les efforts latéraux sur des anneaux mal orientés peuvent entraîner leur rupture.



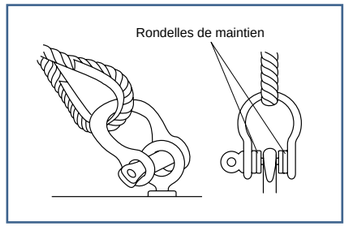
- Disposer les élingues dans le plan des cornières de levage. Les cornières doivent être sollicitées vers l'intérieur de l'enveloppe.



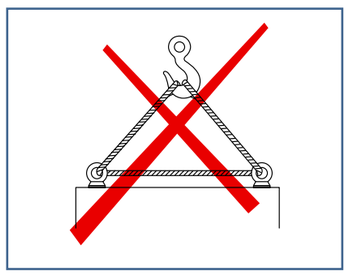
- Positionner les crochets avec le bec dirigé vers le haut.



- Utiliser des dispositifs garantissant contre le décrochage accidentel : crochets à linguet ou manilles (la disposition de rondelles permet de maintenir les manilles centrées).



- Proscrire formellement le passage d'une élingue sans fin à travers deux anneaux. Les efforts induits sur les anneaux et l'élingue peuvent dépasser leur capacité.

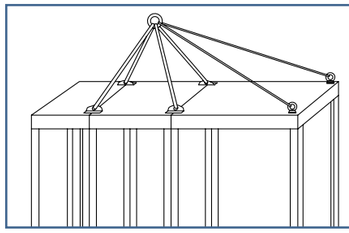


3 Levage des charges longues

Les ensembles de grande longueur (plus de trois armoires XL ou XL-A associées) peuvent nécessiter des précautions particulières au levage pour équilibrer la charge et limiter les oscillations.

• Utilisation d'une élingue d'équilibrage

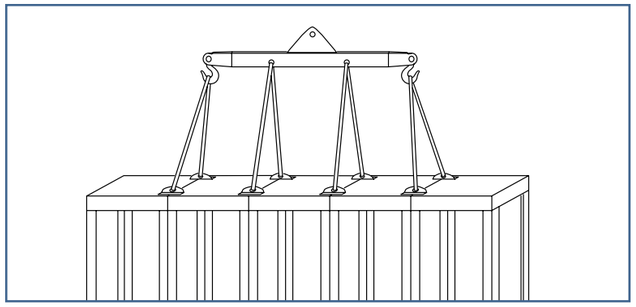
Attention, ce type de pratique nécessite de bien connaître la répartition de la charge. En cas de doute, utiliser un palonnier.



Ensemble d'armoires
3 modules dissymétriques
Elingage principal :
4 brins sur cornières
Elingage d'équilibrage :
2 brins sur anneaux M14

• Utilisation d'un palonnier

Elinguer en trapèze pour limiter l'oscillation.
Ne pas utiliser d'élingues plates.



• Réduction de la charge

Lorsque la charge unitaire de matériels est réduite (200 kg maxi. par armoire), il est possible de manutentionner des ensembles de très grande longueur (jusqu'à huit armoires XL-A) sous réserve que la charge totale n'excède pas la capacité de l'élingue.

Différents dispositifs permettent d'associer les armoires XL et XL-A avec la plus grande rigidité. Voir leur montage aux chapitres III.A.4 et III.A.5.

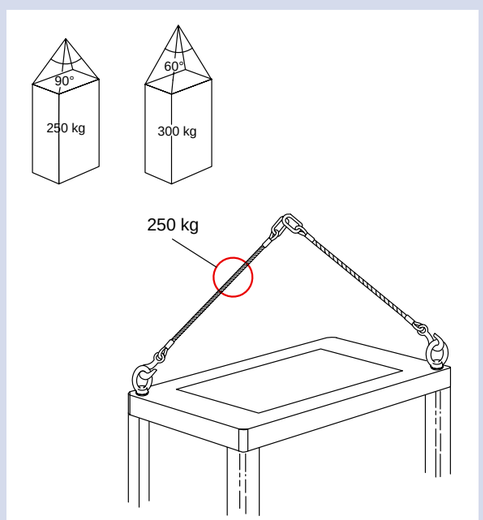
Les composants et accessoires de levage entrent dans le cadre de la directive européenne CEE/89/392 dite "Directive Machines". Cette directive a été transposée en droit français par la loi du 31 décembre 1991 (*J.O.* du 7/01/99) et par les décrets d'application n° 765, 766 et 767 du 29 Juillet 1992 (*J.O.* du 7/08/92) qui précisent que les élingues et accessoires d'élingage sont soumis à la procédure d'autocertification.

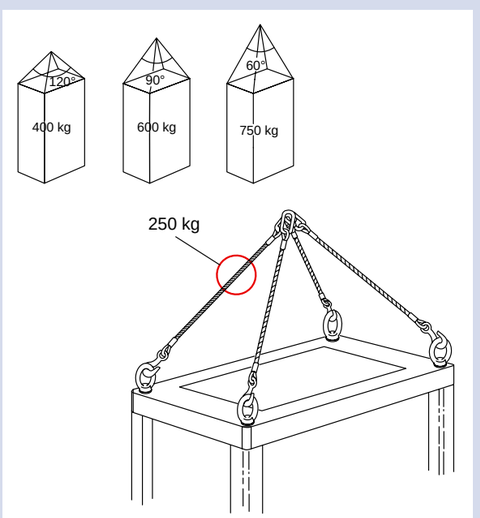
- **Décret 92/765 art. R233/83, § 4 : domaine d'application**
- **Décret 92/766 art. R233/53 : autocertification du produit**
  art. R233/73 : certificat de conformité CE
  art. R233/74 : obligation du marquage CE
  art. R233/75 : constitution de la documentation technique
- **Décret 92/767 art. R233/84, annexe 1, § 8.2 : fixe les valeurs et conditions d'essais (coefficient d'épreuve statique : 1,5 - Coefficient de calcul : 4).**

Les conditions d'applications de ces différents articles sont précisées par l'arrêté du 18 décembre 1992.
La réglementation relative à l'utilisation des équipements de travail (issue de la directive CEE/89/655) est également applicable. Elle concerne entre autres l'obligation incombant aux employeurs d'utiliser des matériels conformes, de les maintenir en état, de former les salariés...
Les armoires XL et XL-A ont fait l'objet d'essais officiels.

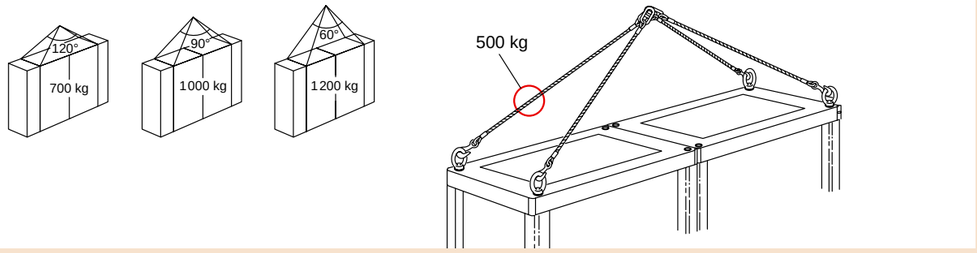
Les différents composants (anneaux, cornières) et parties des enveloppes XL et XL-A sont conformes aux dispositions réglementaires.
A ce titre, ils font l'objet d'essais réguliers.
Leur marquage comprend selon la loi :
- la marque du fabricant
- l'identification du matériau
- la valeur de la charge maximale d'utilisation, CMU
- le marquage CE
- les instructions pour le montage et l'utilisation, les limites d'emploi sont précisées dans la notice accompagnant chaque produit.

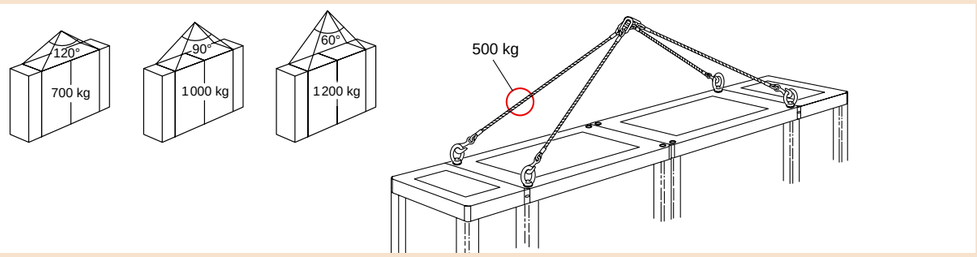
Configurations habituelles de levage des armoires XL

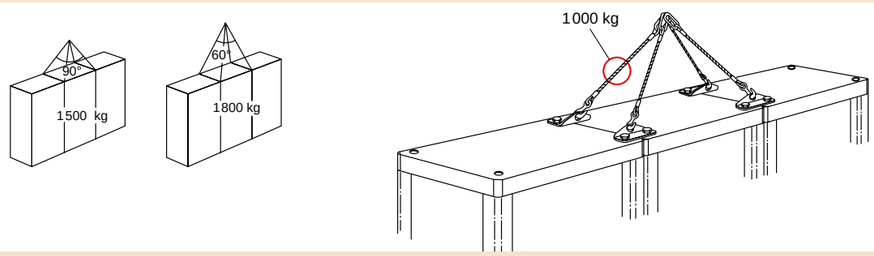


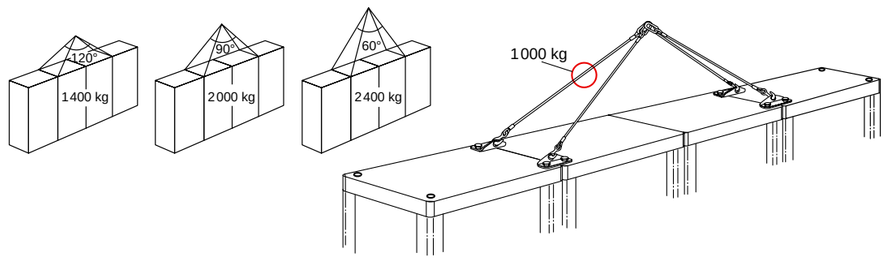


Configurations habituelles de levage de groupes d'armoires XL

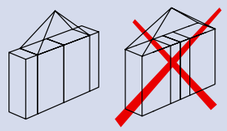


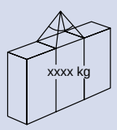






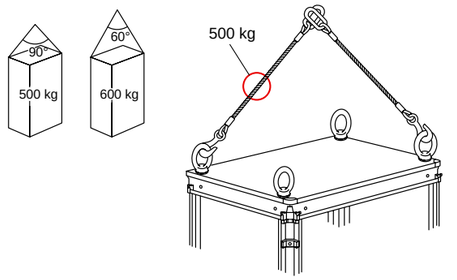
Les gaines à câbles réf. 095 11 et 095 14 doivent être fixées exclusivement en bout des ensembles si ceux-ci doivent être levés.

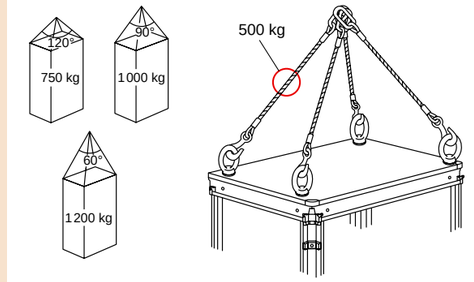


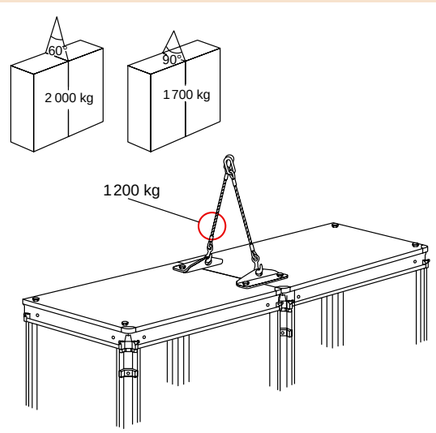


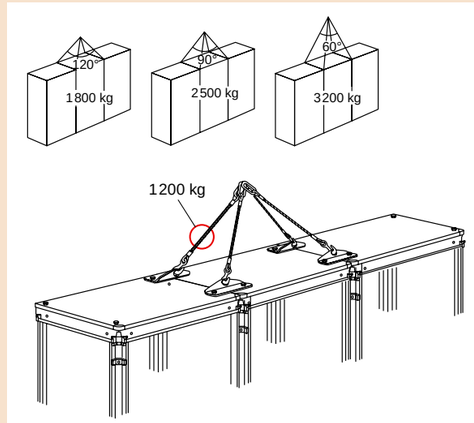
Les valeurs indiquées sont totales et incluent la masse des armoires.

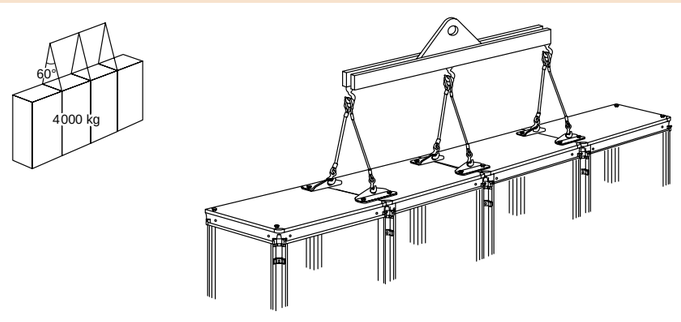
Configurations habituelles de levage de groupes d'armoires XL-A

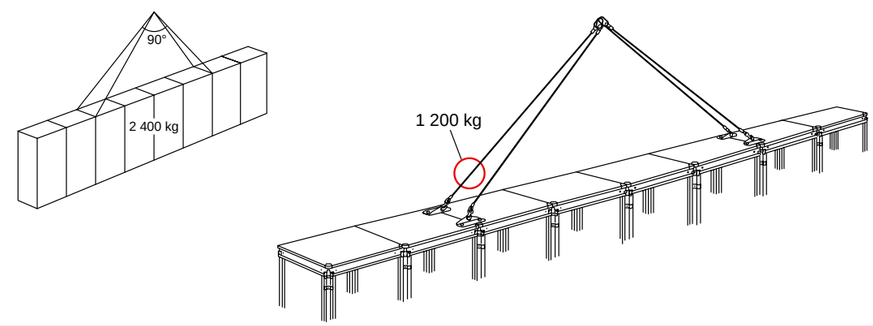












2 MANUTENTION AVEC DIABLE ET CHARIOT ÉLÉVATEUR

Les armoires de distribution XL et XL-A sont livrées sur palette bois constituée de deux chevrons et d'un panneau aggloméré protégeant toute la surface inférieure. Elles peuvent donc être manipulées avec un transpalette, un diable ou un chariot élévateur sans risque de détérioration.
La juxtaposition et le montage des kits d'association peuvent être faits sans démontage des palettes permettant ainsi la manutention ultérieure.



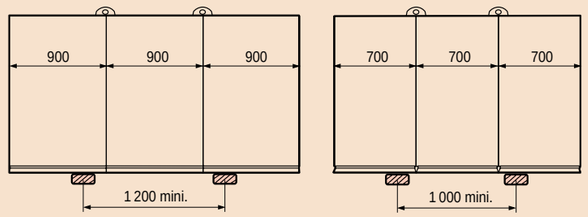




Le dévissage des écrous borgnes permet de retirer l'armoire de la palette

La manutention des armoires XL et XL-A reste possible lorsque les palettes sont retirées. Le soubassement des armoires est suffisamment robuste pour permettre l'appui des fourches d'un chariot élévateur, y compris lorsque l'armoire est équipée d'appareillage.
Dans la mesure du possible, l'appui des fourches se fera vers l'extérieur de l'armoire.

Manutention d'un ensemble d'armoires associées

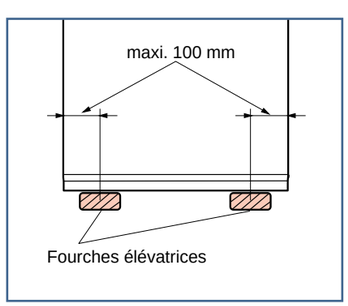


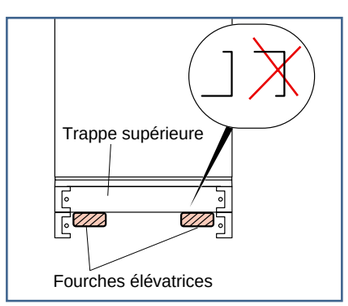
! Manutention d'armoires avec socle

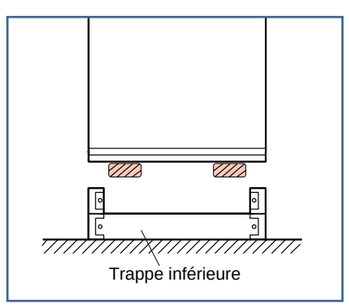
Les trappes amovibles des socles XL/XL-A permettent toutes les conditions de manutention.

• Socle monté
Les fourches élévatrices peuvent prendre appui sur la trappe supérieure (attention au sens).

• Socle préinstallé et fixé au sol
Les trappes inférieures assurent le positionnement du socle tout en permettant la pose de l'armoire.
Les conducteurs peuvent être posés au préalable.



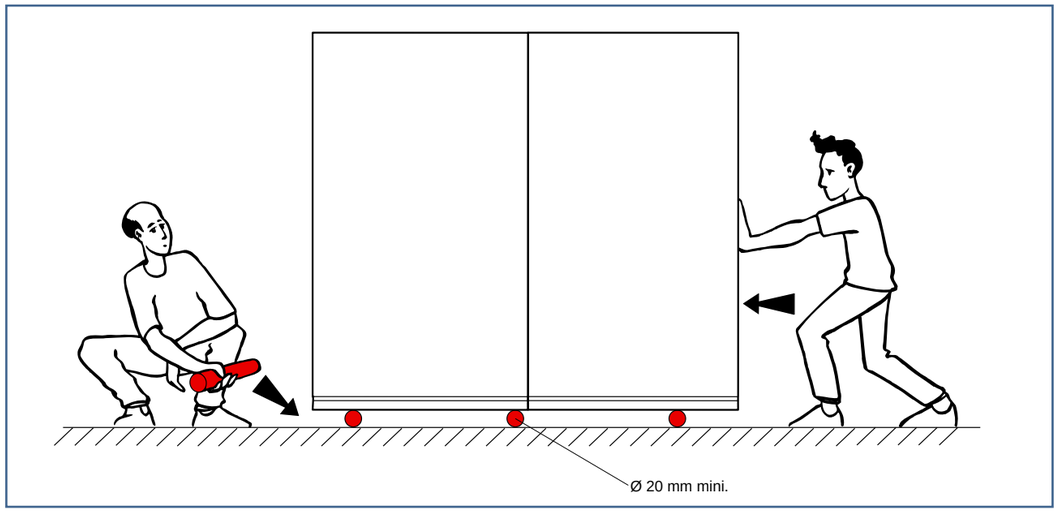




3 ROULAGE DES ARMOIRES

Toutes les armoires XL et X-LA peuvent être déplacées au sol par roulage, qu'elles soient ou non équipées d'un socle de câblage.

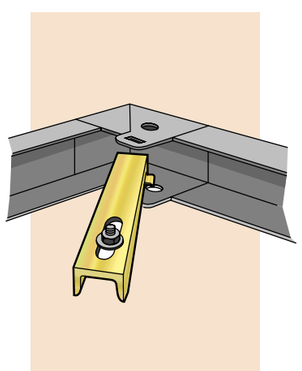
Les bords extérieurs du soubassement sont renforcés pour constituer un chemin de roulement continu.



4 INSTALLATION SUR SITE

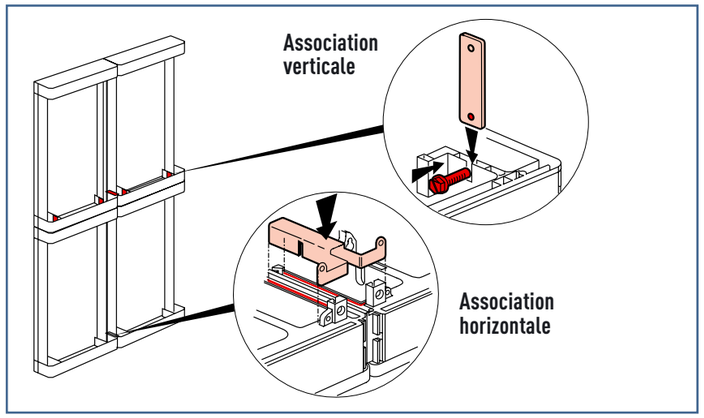
L'ensemble devra être posé sur un sol plan et de niveau : caler si nécessaire avec des plaquettes de tôle galvanisée ou inoxydable.
Un faux aplomb peut être préjudiciable au fonctionnement des portes et au fonctionnement des éléments amovibles (tiroirs, plastrons…).
Ménager si possible un espace de circulation suffisant autour de l'ensemble. Il est toujours préférable de préserver un accès arrière (un passage de 1 mètre minimum est souhaitable).

Lorsque les ensembles sont installés dans des locaux spécifiques, leur masse permet une stabilité suffisante sans fixation au sol. Néanmoins, en cas d'installation dans des ateliers ou des aires de circulation, il est plus prudent d'effectuer cette fixation.
Les socles et les armoires XL et XL-A elles-mêmes peuvent être directement fixés au sol par goujons M12 ou par des brides réf. 345 49 à fixation déportée.

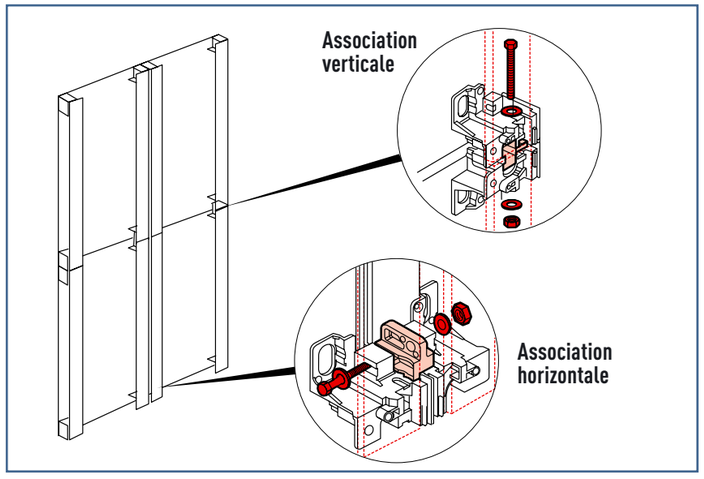


5 MANUTENTION DES COFFRETS ET ARMOIRES XL 135 ET XL 195

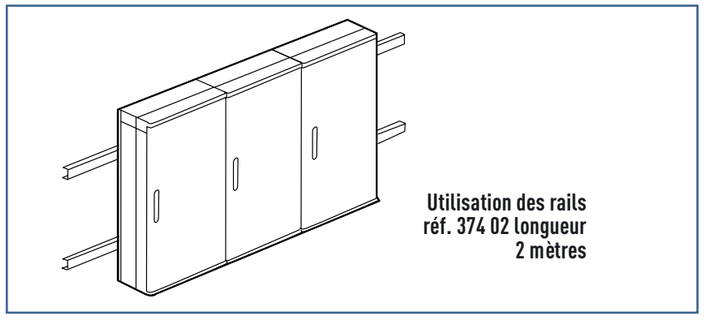
Les coffrets XL 135 peuvent être manutentionnés et transportés facilement grâce au kit d'association transportable réf. 093 93.



Les kits d'association "Effix" réf. 093 91 (horizontal) et 093 92 (vertical) permettent de transporter les coffrets et armoires XL 195 juxtaposés.



Pour des associations de plus de deux coffrets, il est recommandé d'utiliser un profil support complémentaire (rail réf. 374 02 par exemple) pour soutenir l'ensemble ainsi formé.



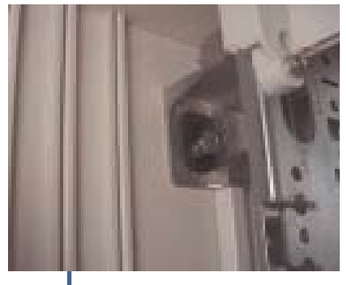


Les armoires XL 195 possèdent des dimensions (hauteurs 1 600 et 1 900) permettant le passage sous les portes ou dans les ascenseurs

6 ACCROCHAGE DES COFFRETS AU MUR



Porter le coffret par les pontets haut et bas



Accrochage au mur grâce aux entretoises de fixation avec lumière en "trou de serrure" (voir chapitre II.D.3 pour les précautions d'isolation en classe II)

LA CERTIFICATION DES ENSEMBLES

La certification des ensembles est une démarche simple dès lors qu'elle peut s'appuyer sur une offre de produits testés et agréés et que de ce fait seuls restent à la charge de l'ensemblier les essais de contrôle et l'inspection finale.

La conformité des ensembles de distribution à la norme EN 60439 repose sur le principe de la déclaration du constructeur ou de l'assembleur final. Cette démarche volontaire ne doit pas faire oublier qu'elle s'appuie sur trois obligations.

- La construction d'ensembles utilisant des produits eux-mêmes testés et conformes dans des configurations représentatives ; ce sont les essais de type réalisés par Legrand.
- Le respect de règles de choix et de mise en œuvre de ces produits selon les modalités définies par les normes et règlements, par les règles de l'art et autres précautions précisés dans ce guide.
- La réalisation d'essais individuels (isolement, continuité des masses) et d'une inspection finale, objet d'un rapport individuel simplifié.(voir modèle en annexe).

Le respect complet de cette démarche peut alors être attesté par une déclaration de conformité (voir modèle également en annexe) et l'ensemble être marqué en conséquence.

La conformité à la norme EN 60439 permet également l'apposition du marquage CE si requis. Les modalités propres à celui-ci sont rappelées au chapitre III.G.4 ainsi que les aspects de compatibilité électromagnétique qu'il recouvre.



CERTIFICATION AFAQ

N° QUAL/1995/4261b

Le Système Qualité adopté par :
The Quality System developed by

LEGRAND SA

pour les activités suivantes :
for the following activities :

CONCEPTION, PRODUCTION ET CESSION AU RESEAU DE DISTRIBUTION D'APPAREILLAGE ELECTRIQUE (ENVELOPPES POUR LES SECTEURS TERTIAIRES ET INDUSTRIELS, DE SERIE ET DERIVEES DE SERIE).

DESIGN, PRODUCTION AND TRANSFER TO THE DISTRIBUTION NETWORK OF ELECTRICAL FITTINGS (ENCLOSURES FOR SERVICES AND INDUSTRIAL SECTORS, STANDARD AND CUSTOM-BUILT).

exercées sur le(s) site(s) suivant(s) :
carried out in the following location(s) :

Rue Paul Rouet F-76770 MALAUNAY

a été évalué et jugé conforme aux exigences de la norme :
has been assessed and found in conform to the requirements of the standard :

ISO 9001 (1994)

Le certificat correspondant a été délivré dans les conditions d'application fixées par AFAQ le :
The corresponding certificate has been delivered under AFAQ application rules on :

2000-05-25

2003-05-22

J. FISCHMEISTER — O. PEYRAT — G. DURAND

La démarche de certification signe l'engagement de Legrand à fournir les meilleurs produits que seuls les moyens d'essais d'un grand constructeur permettent de garantir. Dans cet esprit, Legrand reste d'ailleurs à même d'étudier toute configuration ou application particulière.

Le contexte normatif

**La certification des ensembles de distribution est définie par la norme européenne EN 60439-1.
Elle formule les définitions, les conditions d'emploi, les dispositions constructives, les caractéristiques techniques et les essais pour les ensembles d'appareillages à basse tension**

Issue de la CEI 439-1, cette norme permet de disposer de règles communes et reconnues dans tous les pays d'Europe.
Elle s'appelle suivant les cas :
- BS EN 60439-1 (Royaume-Uni)
- UNI EN 60439-1 (Italie)
- NNI EN 60439-1 (Pays-bas)
- DIN EN 60439-1 (Allemagne)
- NF EN 60439-1 (France), etc.

! Comment attester la conformité à la norme ?

La conformité à la norme est attestée, suivant les pays ou les marchés, par une déclaration du tableautier, du bureau d'études, de l'installateur ou de l'utilisateur (voir modèles de déclaration en annexe).
Pour éviter des vérifications et des essais trop longs, et surtout trop coûteux, la norme permet de les réduire au minimum, en s'appuyant sur des "essais de type" réalisés et garantis par le constructeur.
C'est ce qu'a fait Legrand pour sa gamme Lexic sous l'égide d'un organisme indépendant de réputation mondiale : le KEMA.

La norme EN 60439-1 apporte la base nécessaire à une entente technique entre les différents acteurs concernés : bureaux d'études, tableautiers, installateurs, utilisateurs.

Legrand s'engage : des essais sur des configurations types, réalisés par KEMA.

1 ESSAIS DE TYPE

1 Ensembles de série (ES)

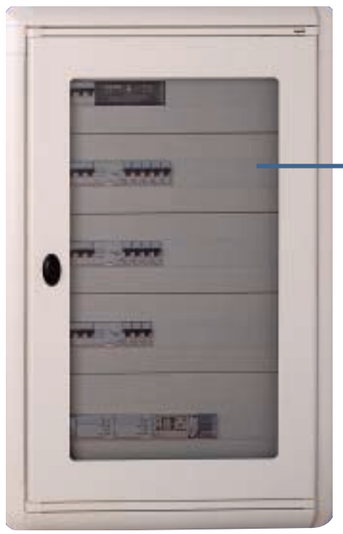
Au nombre de sept, les essais de type sont effectués de manière officielle sur des ensembles représentatifs des configurations habituelles de câblage et de disposition des appareils. Ces ensembles sont appelés "Ensembles de Série". Par définition, les ensembles de série ne contiennent que des dispositions ayant été soumises à des essais de type.

2 Ensembles dérivés de série (EDS)

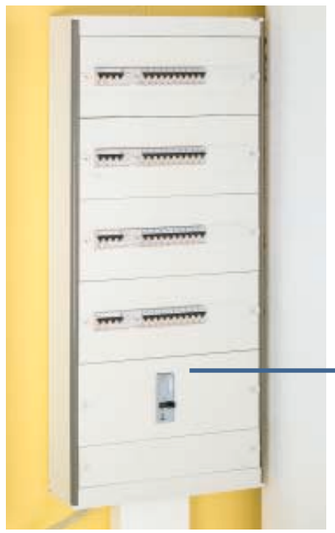
Les ensembles qui contiennent à la fois des dispositions ayant été soumises à des essais de type (câblage, appareillage, mode de répartition) et des dispositions originales qui n'ont pas été testées sont des "Ensembles Dérivés de Série". Dans ces ensembles, seules ces dispositions originales doivent être vérifiées et attestées par essai, par calcul, par analogie ou extrapolation.
Les essais réalisés par Legrand sur de nombreuses configurations limitent ces investigations. La partie de ce guide consacrée aux éléments techniques de détermination vous permettra de vous assurer que les choix effectués pour le dimensionnement des enveloppes (bilan thermique), le calcul des jeux de barres (courts-circuits), et le traitement de la protection, sont bien conformes aux recommandations.

Legrand s'engage : des essais réalisés sur de nombreuses configurations.

**Les essais de type EN 60439-1
Ils portent sur les vérifications suivantes :**
- **limites d'échauffement**
- **propriétés diélectriques**
- **tenue aux courts-circuits**
- **efficacité du circuit de protection**
- **distances d'isolement et lignes de fuite**
- **fonctionnement mécanique**
- **degré de protection.**



Coffret XL 100 à encastrer : une solution optimale pour un encombrement réduit



Coffret XL 135 160 A en tête



Coffret XL 195 avec gaine latérale équipée d'un jeu de barres 250 A en tête



Armoire XL 400 largeur 900 avec gaine intégrée 630 A en tête

2 ESSAIS DE CONSTRUCTION

Définis par la norme EN 60439-3, six essais destinés à vérifier la qualité de construction complètent les sept essais de type de la norme EN 60439-1. Ils s'appliquent aux tableaux de répartition jusqu'à 250 A en tête destinés à être installés dans des lieux accessibles à des personnes non qualifiées (applications résidentielles, tertiaires, recevant du public…). Dans ces installations, la sécurité est primordiale.
De par leur construction, les gammes de coffrets XL 100, XL 135, XL 195 permettent de réaliser des ensembles conformes à la norme EN 60439-3.

Les essais de construction EN 60439-3 portent sur les vérifications suivantes :
- **résistance aux impacts mécaniques**
- **résistance à la rouille**
- **résistance à l'humidité**
- **résistance des isolants à la chaleur**
- **résistance au feu**
- **tenue mécanique des assemblages et fixations.**

Legrand s'engage : des gammes de coffrets complètement conformes.

Coffret XL 135, 160 A en tête équipé d'une porte.



Des essais de type et de construction effectués sur l'ensemble de la gamme XL



3 ESSAIS INDIVIDUELS

La norme EN 60439-1 exige des vérifications finales sur tous les ensembles câblés. Ces vérifications attestent que les caractéristiques essentielles à la sécurité (isolement, circuits de protection…) sont bien respectées. La conformité des ensembles Legrand permet de simplifier cette démarche. La partie du guide consacrée à la réception et au contrôle final vous permettra d'effectuer facilement la totalité de ces opérations et d'en reporter les résultats sur le rapport individuel d'examen dont un modèle est proposé en annexes.

Legrand s'engage : des configurations et des solutions produits testées et garanties.

Les essais individuels EN 60439-1 comportent :
- **une inspection d'ensemble, avec une vérification des marquages et des repérages**
- **une vérification de l'isolement**
- **une vérification des mesures de protection contre les contacts indirects.**



Exemple de réalisation : 2 coffrets XL 135 juxtaposés



Une offre agréée de produits Legrand
+
La prestation d'un professionnel qualifié
=
Des ensembles de distribution certifiés

Les essais effectués par Legrand

A travers les essais effectués en ses laboratoires ou au sein d'organismes officiels, Legrand garantit la conformité à la norme EN 60 439-1/3 des ensembles types

1 ESSAIS DE TYPE

1 Limites d'échauffement

• Essai d'échauffement des ensembles

Cet essai vérifie le bon fonctionnement des ensembles dans les conditions maximales d'emploi (intensité, nombres d'appareils, volume d'enveloppe). Effectué sur de nombreuses configurations, il a permis de définir les éléments de bilan thermique (chapitre II.E.3) pour un échauffement moyen de l'air dans les ensembles inférieur à 30 °C et un échauffement des bornes inférieur à 70 °C.

Mesures des limites d'échauffement
Coffret XL 135
Alimentation par le bas 160 A



• Essai d'échauffement des jeux de barres



Les différents courants donnés pour tous les systèmes de barres et de répartition ont été vérifiés dans les conditions les plus sévères, en fonction du degré de ventilation de l'enveloppe (IP ≤ 30 et IP > 30), afin que l'échauffement des barres n'excède pas 65 °C.

2 Propriétés diélectriques

Les essais diélectriques testent les performances d'isolement pour la tension maximale d'utilisation. Ils sont effectués à la fréquence industrielle de 50 Hz et sous forme d'ondes de tension simulant un choc de foudre.
Les enveloppes XL sont conçues pour une tension maximale d'utilisation de 1 000 V lorsque le matériel incorporé dispose d'une tension d'isolement suffisante.
Pour les coffrets réalisés en classe II, cette tension maximale d'utilisation est de 690 V.



Essais diélectriques à fréquence industrielle



Simulation de choc de foudre

3 Tenue aux courts-circuits

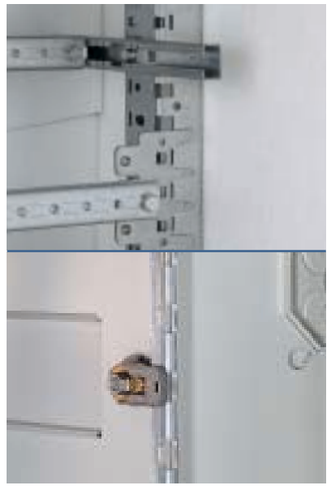
Le court-circuit, dont les effets peuvent être dévastateurs, se caractérise par le passage bref mais très intense d'un courant entre deux, voire trois, phases, ou entre phases et neutre.



Les effets effectués garantissent, vis-à-vis des contraintes thermiques et électrodynamiques, la tenue des jeux de barres et de leurs supports, des appareils de coupure (Vistop) et de protection (DPX/DX), et des enveloppes XL.

4 Efficacité du circuit de protection

La continuité du circuit de protection est un élément déterminant de la sécurité. Elle est vérifiée :
- d'une part selon la norme EN 60439-1 sous un courant de test de 25 A entre la borne de raccordement des conducteurs de protection et toutes les masses
- d'autre part, selon un test additionnel Legrand, sous un courant de défaut important pouvant survenir à la suite du détachement accidentel d'un conducteur.



Continuité directe des masses au montage

Les circuits de protection (conducteurs, bornes ou barres collectrices), sont dimensionnés et testés pour résister à la contrainte thermique de court-circuit maximal pouvant se produire en fonction de l'intensité de tête de l'ensemble.



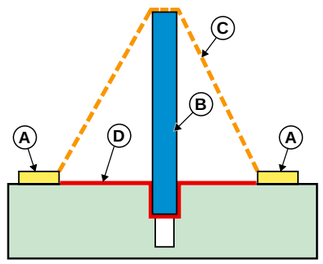
Vérification de la continuité des masses et des circuits de protection

Les enveloppes XL : une réponse innovante et sécurisante.
Liaison électrique automatique par le châssis et les équipements en acier galvanisé, par les fixations quart de tour des plastrons, par les vis et rondelles contacts.
La liaison équipotentielle est assurée de facto par le montage de l'ensemble.

5 Distances d'isolement et lignes de fuite

Les modalités de mesure des lignes de fuite et distances d'isolement sont rappelées avec précision par l'annexe F de la norme EN 60439-1 issue de la norme CEI 60664-1. Les distances sont mesurées entre les parties actives de polarité différente, mais également entre les parties actives et les masses.
Le montage des appareils et équipements Lexic garantit le respect des valeurs de distances pour les tensions d'isolement de ces appareils, lorsqu'ils sont installés selon les conditions prescrites.

Principe général de mesure des distances d'isolement et des lignes de fuite



A. Eléments conducteurs
B. Ecran
C. Distance dans l'air ou d'isolement
D. Ligne de fuite

L'expérience montre que le risque le plus important réside dans le câblage. La vérification des connexions, des faisceaux de conducteurs et des jeux de barres doit être réalisée avec minutie. Des connecteurs, des liaisons boulonnées, des éclisses, des supports métalliques inadaptés peuvent réduire les valeurs d'isolement initialement prévues.



Les supports de jeux de barres Legrand : des distances supérieures aux exigences normatives

Réalisés sous l'égide du Kema, les essais effectués sur les ensembles de distribution Legrand attestent de leur performance et de leur conformité à la norme EN 60439-1.

6 Vérification du fonctionnement mécanique

Suivant les prescriptions de la norme, les essais sont effectués sur les parties et dispositifs qui ne font pas l'objet d'exigences propres. Le bon fonctionnement mécanique est vérifié par 50 cycles de manœuvre sur les tiroirs débrochables et les fixations des plastrons.



Confort, robustesse et réversibilité de la poignée XL

Les poignées de fermeture des coffrets et des armoires XL sont garanties pour 7 500 manœuvres.

7 Vérification du degré de protection (IP)

L'IP définit l'aptitude à protéger les personnes et à empêcher la pénétration de corps solides (premier chiffre) et contre les liquides (deuxième chiffre). La lettre additionnelle désigne la protection contre l'accès aux parties dangereuses.
Legrand propose à travers sa gamme XL une réponse parfaitement adaptée à tous les environnements.
Du coffret XL IP 30 à l'armoire de distribution industrielle XL-A IP 55, tous les niveaux de protection sont possibles.
Pour les enveloppes associées avec les accessoires Legrand, ces IP sont préservés.

Degrés de protection IP selon normes CEI 60529, EN 60529

1er chiffre : protection contre les corps solides et l'accès aux parties dangereuses

IP	Tests	Le calibre objet ne pénètre pas dans l'enveloppe
0		Pas de protection
1	Ø 50 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm (ex.: contacts involontaires de la main)
2	Ø 12,5 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 12,5 mm (ex.: doigt de la main)
3	Ø 2,5 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm (outils, vis)
4	Ø 1 mm	Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm (outils fins, petit fils)
5		Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible)
6		Totalement protégé contre les poussières

2e chiffre : protection contre les corps liquides

IP	Tests	
0		Pas de protection
1		Protégé contre les chutes verticales de gouttes d'eau (condensation)
2	15°	Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale
3	60°	Protégé contre l'eau en pluie jusqu'à 60° de la verticale
4		Protégé contre les projections d'eau de toutes directions
5		Protégé contre les jets d'eau de toutes directions à la lance
6		Totalement protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer
7	1 m / 15 cm mini	Protégé contre les effets de l'immersion
8	m	Protégé contre les effets de l'immersion prolongée dans des conditions spécifiées

Lettre additionnelle : protection contre l'accès aux parties dangereuses (calibre-objet CEI 61032)

IP	Tests	La sonde d'accessibilité reste à distance suffisante des parties actives
A		Protégé contre l'accès aux parties dangereuses avec le calibre-objet sphère de Ø 50 mm
B		Protégé contre l'accès aux parties dangereuses avec le doigt d'épreuve articulé Ø 12 mm
C	Ø 2,5 mm	Protégé contre l'accès aux parties dangereuses avec la tige d'essai de Ø 2,5 mm
D	Ø 1 mm	Protégé contre l'accès aux parties dangereuses avec la tige d'essai de Ø 1 mm







2 ESSAIS DE CONSTRUCTION

1 Résistance aux chocs mécaniques

• Essai au marteau à ressort
Réalisé selon la CEI 60068-2-63, cet essai est effectué à la température de -5 °C avec un marteau à ressort délivrant une énergie de 0,7 joule.



• Essai au pendule de chocs
Réalisé selon la norme européenne EN 50102, cet essai détermine le degré de protection contre les chocs (IK).

Essai au pendule de chocs IK 10



Degrés de protection IK contre les impacts mécaniques selon la norme EN 50102

Degré IK	Tests	Energie en Joules
IK 00		0
IK 01	0,2 kg / 75 mm	0,15
IK 02	0,2 kg / 100 mm	0,2
IK 03	0,2 kg / 175 mm	0,35
IK 04	0,2 kg / 250 mm	0,5
IK 05	0,2 kg / 350 mm	0,7
IK 06	0,5 kg / 200 mm	1
IK 07	0,5 kg / 400 mm	2
IK 08	1,7 kg / 295 mm	5
IK 09	5 kg / 200 mm	10
IK 10	5 kg / 400 mm	20

L'utilisation des meilleurs matériaux garantit aux coffrets XL une solidité à toute épreuve.

2 Résistance à la rouille

• Essai au chlorure d'ammonium selon la norme EN 60439-3
L'essai vérifie l'absence de rouille après une immersion de 10 minutes dans une solution de chlorure d'ammonium.



• Essai au brouillard salin
L'essai réalisé selon la norme CEI 60068-2-11 garantit une tenue au brouillard salin supérieure à 168 heures sur les coffrets et armoires XL et de plus de 500 heures sur les armoires XL-A à 400 V, ce qui les rend très peu sensibles à l'humidité (groupe I et groupe II suivant CEI 60664-1).

L'utilisation d'acier galvanisé de forte épaisseur garantit une tenue bien supérieure aux contraintes de l'essai.

3 Résistance à l'humidité

Cet essai, effectué selon la norme CEI 60068-2-3, vérifie que les caractéristiques d'isolement de l'enveloppe, des jeux de barres et des supports de conducteurs, ne sont pas affectées après une exposition de 4 jours en étuve humide (40 °C à 95 % d'humidité relative).



Les matériaux d'isolation utilisés présentent une résistance aux courants de cheminement au moins égale à 400 V, ce qui les rend très peu sensibles à l'humidité (groupe I et groupe II suivant CEI 60664-1).

4 Résistance des isolants à la chaleur

• Essai d'exposition 168 heures à 70 °C
Les ensembles testés ne présentent aucun dommage susceptible d'affecter leur utilisation après une exposition de 168 heures à 70 °C, suivant la norme EN 60439-3.



• Un essai à la bille
Il est effectué sur les matériaux eux-mêmes pour vérifier l'absence de fluage à chaud. Après exposition à la température d'essai de 125 °C pour les pièces maintenant des parties actives et de 70 °C pour les autres, l'empreinte mesurée de la bille n'excède pas 2 mm.

5 Résistance au feu

Le test au fil incandescent de la norme CEI 60695-2-1 vérifie le comportement au feu des matériaux et leur propriété à s'éteindre seuls (autoextinguibilité).
La température de l'essai est de 960 °C pour les parties maintenant des pièces sous tension, et de 650 °C pour les autres éléments. L'extinction est requise en moins de 30 secondes. Tous les éléments constitutifs des ensembles XL sont conformes à cette exigence.

6 Tenue mécanique des fixations et des assemblages

L'essai consiste à visser et dévisser au couple requis par la norme EN 60439-3 cinq fois les vis et écrous



métalliques et dix fois ceux qui sont en matériaux isolants.
Vous trouverez en annexes les valeurs de couple recommandées par Legrand.



Les enveloppes XL répondent aux réglements de sécurité des ERP : autoextinguibilité à 750 °C



+ Tous les assemblages et vissages nécessaires au montage des appareils LEXIC dans les enveloppes XL dépassent largement la préconisation normative.

+ Coffrets et enveloppes XL : une construction à toute épreuve, objet de tests réguliers dans le respect de la démarche de qualité ISO 9001.

3 DPX, LEXIC, XL, XL-PART : UN ENGAGEMENT PERMANENT POUR LA QUALITÉ

Un très large programme d'essais et d'investigations permet à Legrand de mettre à votre disposition une offre complète de produits et de solutions qui répondent aux contraintes de mise en œuvre, à la diversité des applications et aux exigences normatives et réglementaires.
Cette volonté se retrouve dans les gammes de l'offre Legrand :

- disjoncteurs et interrupteurs modulaires DX
- disjoncteurs de puissance DPX
- interrupteurs-sectionneurs de puissance Vistop
- répartiteurs et supports de jeux de barres
- coffrets et armoires XL et X-LA
- appareils de commande,

de signalisation, de gestion de l'énergie, d'alimentation
- accessoires de raccordement de câblage, de repérage…

Elle est soutenue par un engagement qualité permanent et se concrétise par des produits performants, certifiés et disponibles dans le monde entier.



XL 400 Armoire de distribution assemblable à usage tertiaire

XL 135 Coffret de distribution complet "prêt à l'emploi"



Disjoncteur de puissance 630 A

Disjoncteur de puissance 160 A



DX Interrupteur différentiel monobloc



DNX Disjoncteur magnétothermique unipolaire + neutre



Vistop 63-100 A Interrupteur - sectionneur à coupure visible en charge



DX Disjoncteur différentiel tétrapolaire 4 modules



DX Disjoncteur magnétothermique bipolaire

Les essais effectués après mise en œuvre

Complémentaires aux essais de type, les essais après mise en œuvre également dénommés "essais de réception" ou "essais de routine", valident les caractéristiques minimales de sécurité de l'ensemble. Leur réalisation doit normalement entraîner la rédaction d'un "rapport individuel d'examen" (voir modèle en exemple page 712)

Par l'inspection finale et par des tests individuels de réception, le tableautier ou le metteur en œuvre s'engage sur la prestation fournie. Le chapitre III.G.4 "L'inspection et Contrôle final" détaille ces opérations de contrôle.

La mise en œuvre garantit la sécurité des ensembles de distribution dans le respect des règles de l'art.

1 INSPECTION D'ENSEMBLE

Cette opération regroupe les examens, principalement visuels, qui doivent être réalisés.
- Vérification des éléments mécaniques : fonctionnement des verrouillages, systèmes de débrochage, fermetures, couples de serrage…
- Inspection du câblage : entrée des câbles, serrage des bornes, repérage…
- Marques et indications sur l'ensemble : plaques signalétiques…
- Renseignements techniques fournis.
- Respect du degré de protection.
- Vérification des distances de montage.
- Essais de fonctionnements électriques.
- Dispositions pour le transport et la manutention (si nécessaire).

La norme EN 60439-1 définit une liste non exhaustive de contraintes qui doivent être traitées spécifiquement : climats, IP, accessibilité… Elles doivent faire l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur.

Legrand reste à même d'étudier toute disposition en vue d'applications particulières non prévues par la norme.



2 VÉRIFICATION DE L'ISOLEMENT

La vérification de l'isolement peut s'effectuer par un essai diélectrique d'une durée d'une minute, à tension constante, suivant la tension d'isolement déclarée de l'ensemble.

U d'isolement (V)	U d'essai (V)
U ≤ 60	1000
60 < U ≤ 300	2000
300 < U ≤ 690	2500
690 < U ≤ 800	3000
800 < U ≤ 1000	3500

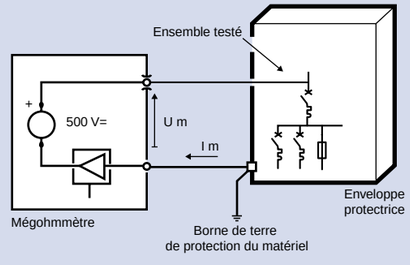
Si l'essai diélectrique n'est pas ou ne peut être effectué, cette vérification peut être faite par une mesure d'isolement sous 500 V entre les différents circuits et la masse. La résistance mesurée doit être d'au moins 1000 Ω/V. (La tension de référence en volts est celle qui existe entre la terre et le circuit testé.)

3 VÉRIFICATION DES MESURES DE PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS

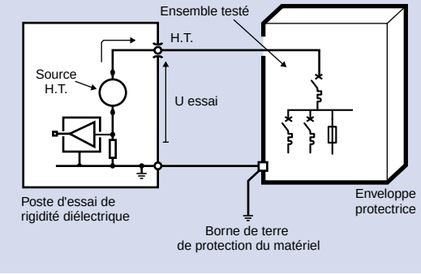
• Pour les ensembles de classe I, cette vérification visuelle porte sur la continuité effective des masses entre elles, et entre les masses et le conducteur de protection. Pour le contrôle de cette liaison, une mesure de continuité est effectuée sous 25 A. La résistance ne doit pas excéder 50 mΩ.

• Pour les ensembles de classe II, la vérification porte sur la continuité des circuits de protection et sur leur isolation par rapport aux masses. La continuité de l'enveloppe isolante et les dispositions constructives propres à la classe II (maintien de l'isolation des câbles, traversée de parois) seront également examinées. Le résultat de ces inspections et mesures sera reporté sur le "Rapport individuel d'examen" qui accompagnera la documentation de l'ensemble de distribution livré. Un modèle de ce rapport est proposé en annexe.

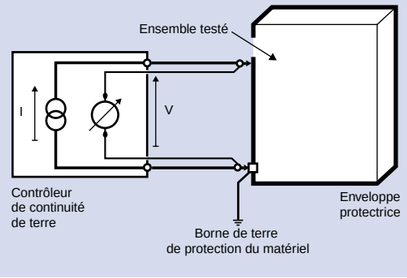
Principe de la mesure d'isolement



Principe du test diélectrique



Principe de la mesure de continuité



L'inspection et le contrôle final

Elément de la rédaction du "rapport individuel d'examen", l'ensemble des vérifications "visuelles" proposées ci-après, a pour but d'aider à un contrôle rapide et rationnel

1 INSPECTION D'ENSEMBLE (VÉRIFICATION VISUELLE)

1 Conducteurs et câblage

- Conformité au schéma.
- Section des conducteurs.
- Repérage des circuits (puissance, commande, information).
- Identification des conducteurs (couleur, code alphanumérique).
- Repérage polaire.
- Identification des circuits d'utilisation (câbles de départ).
- Maintien des conducteurs.
- Eloignement des arêtes vives (bord de tôle).
- Traitement des conducteurs non protégés contre les courts-circuits (circuits permanents, mesures).
- Liaisons souples, débattement des conducteurs des éléments amovibles (tiroirs, portes).
- Pénétration des conducteurs dans l'enveloppe (étanchéité, protection mécanique, absence de contrainte).
- Disposition des jeux de barres (maintien mécanique, distances entre supports, raccords boulonnés).

2 Appareillage

- Conformité des appareils aux modèles prescrits (calibre, type, pouvoir de coupure, courbes de fonctionnement).
- Obtention du pouvoir de coupure par association (si nécessaire).
- Sélectivité sur les circuits spécifiés.
- Plaques signalétiques et marquages.
- Disposition des connexions, des raccordements (serrage, cloisons, cache-bornes).
- Sertissage des cosses.

3 Mesures de protection contre les chocs électriques

• Protection contre les contacts directs

- Présence des plastrons assurant un degré au moins égal à 2x ou xxB.
- Présence d'écrans (recommandée) assurant un degré au moins xxA.
- Cloisonnement de forme 2 autour des jeux de barres (si requis).
- Présence d'étiquettes d'avertissement "Sous tension".

• Protection contre les contacts indirects

Classe I : vérification visuelle de la liaison électrique des châssis et structure de l'ensemble et des parties métalliques accessibles.
- Présence des liaisons équipotentielles sur les éléments accessibles (panneaux, portes) ou débrochables.
- Section des liaisons équipotentielles en fonction de la puissance du matériel installé (voir page 646).
- Raccordement des conducteurs de protection aux bornes des appareils s'ils en sont pourvus.
- Section des conducteurs de protection et de la borne principale.

NB : ces dispositions sont vérifiées par une mesure de continuité (essais individuels).

Classe II : vérification visuelle des dispositions propres à la classe II (voir page 650).
- Maintien des conducteurs en cas de détachement.
- Isolement des masses et des conducteurs de protection.
- Non-raccordement des masses au conducteur de protection.
- Cheminement des conducteurs en goulotte, ou sur support isolant ou utilisation de conducteurs classe II.
- Réservation et identification de la zone traitée en classe II.
- Présence du symbole O et avertissements.
- Absence de parties métalliques traversant l'enveloppe.
- Isolation des fixations murales.

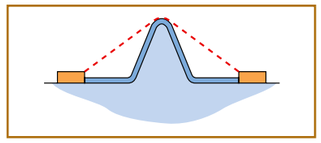
NB : ces dispositions sont vérifiées par une mesure d'isolement ou un essai diélectrique (essais individuels).

4 Distances d'isolement

- Distances aux niveaux des connexions des appareils (cosses, plages…) par rapport aux masses proches (châssis, platine).
- Connexion boulonnée et raccordement sur les barres : distance entre barres et avec la masse.

• Distances dans l'air

Elles représentent le trajet le plus court entre deux pièces conductrices. En cas de claquage disruptif de l'air, l'arc électrique suivrait ce chemin. Les nervures ou cloisons peuvent augmenter les distances dans l'air.

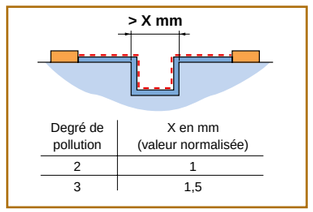


Les distances dans l'air sont dimensionnées en fonction de la tension Uimp annoncée pour l'ensemble.

Tension de choc Uimp (kV)	Distances d'isolement minimales (mm)	
	Entre parties actives de polarité différente (P, N, masses)	Entre parties actives et masses en cas d'isolation double ou renforcée
4	3	5,5
6	5,5	8
8	8	14
12	14	18

• Lignes de fuite

Elles représentent le trajet le plus court qui suivrait la surface des matériaux isolants entre deux pièces conductrices. Elles dépendent des qualités des isolants eux-mêmes et du degré de pollution (voir page 413). Des rainures et nervures peuvent augmenter la valeur de la ligne de fuite sous réserve qu'elles soient de dimensions suffisantes pour ne pas retenir l'eau.



Dans la pratique et pour les éléments concernés qui sont essentiellement liés au montage, ne prendre en compte que les rainures de largeur et de profondeur au moins égales à 2 mm.

Les lignes de fuite sont dimensionnées en fonction de la tension d'isolement Ui annoncée pour l'ensemble.

Tension d'isolement Ui (V)	Lignes de fuites minimales en mm (groupe de matériau II, IRC > 400)			
	Entre parties actives de polarité différente (P, N, masses)		Entre parties actives et masses en cas d'isolation double ou renforcée	
Degré de pollution	2	3	2	3
250	1,8	3,6	3,6	7,1
400	2,8	5,5	5,6	11
630 / 690	4,5	9	9	18
800	5,6	11	11	22
1000	7,1	14	14	28

Les valeurs requises pour les distances d'isolement entre parties actives et masses en cas d'isolation double ou renforcée relèvent de l'application de la norme CEI 60664-1 "coordination de l'isolement des matériels dans les systèmes (réseaux) à basse tension" :
- les distances dans l'air sont déterminées pour la tension de choc immédiatement supérieure à la valeur de la tension Ui revendiquée
- les lignes de fuite sont déterminées pour une valeur de tension correspondant au double de la tension d'isolement Ui annoncée. Les valeurs d'isolation double ou renforcée doivent être appliquées en amont des dispositifs assurant effectivement la protection des personnes contre les contacts indirects : dispositifs différentiels en régime TT, dispositifs de protection contre les courts-circuits en régime IT et TN.

Les supports et jeux de barres Legrand sont dimensionnés pour assurer un niveau d'isolation double par rapport aux masses environnantes.
Le degré de pollution 2 peut être retenu pour les applications domestiques, résidentielles ou tertiaires. Le degré de pollution 3 est retenu pour les applications industrielles.
Les enveloppes de distribution XL-A équipées d'une porte permettent de réduire le degré de pollution (par exemple de 3 à 2) en créant un microenvironnement protégé.

5 Distances de montage

Contrairement aux distances d'isolement (distances dans l'air et lignes de fuite § 4) qui sont définies par la conception des appareils, les distances de montage sont déterminées par les précautions prises à la mise en œuvre (boulons entre barres, supports à façon, position des cosses…)
Les distances minimales suivantes doivent être respectées pour des ensembles sous 400 V :
- entre parties actives nues de polarité différente, 10 mm
- entre parties actives nues et masses (châssis, enveloppe), 20 mm
Cette distance est portée à 100 mm si l'enveloppe ne possède pas un niveau de protection au moins xxB.

6 Fonctionnement électrique

Si la complexité de l'ensemble le nécessite, un essai de fonctionnement pourra être nécessaire. Un accord entre les parties devra alors définir le lieu (atelier ou site) et les conditions d'essais :
- circuits testés
- nombre de points raccordés
- position des verrouillages
- séquencement des commandes
- mesure de courant
- équilibrage des phases
- essais des différentiels
- appareils de mesure
- …

7 Eléments mécaniques

- Verrouillages et condamnation.
- Fonctionnement, fermeture des portes.
- Présence des clés.
- Coordination entre verrouillage et porte du local.
- Appareils débrochables et extractibles.
- Sécurité mécanique des inverseurs.
- Dispositifs de levage (anneaux, cornières).
- Couples de serrage.
- …

8 Degré de protection

- Conservation du degré de protection au niveau des entrées de câbles.
- Liaisons entre modules assemblés.
- Etanchéité des portes, panneaux, trappes.
- Protection contre les poussières adaptée au milieu environnant.
- Protection au niveau des dispositifs de ventilation ou de refroidissement.
- Degré d'accessibilité aux parties internes sous tension (accessibilité aux personnes averties).
- …

9 Marques et indications

Présence d'une plaque signalétique visible comprenant au minimum :
- le nom du constructeur de l'ensemble (ou sa marque de fabrique)
- la désignation du type de l'ensemble ou un élément d'identification permettant d'obtenir les éléments techniques correspondants
- …

10 Informations dans la documentation technique

Les renseignements suivants doivent se trouver sur la plaque signalétique ou dans la documentation technique.
- La référence à la norme EN 60439-1.
- La nature et la fréquence du courant.
- Les tensions assignées d'isolement (Ui) et les tensions assignées d'emploi (Ue) si elles sont différentes.
- Les tensions assignées de tenue aux chocs (Uimp) si elles sont indiquées.
- Les tensions des circuits auxiliaires si nécessaire.
- Les limites de fonctionnement.
- Le courant assigné (en Ampères) de chaque circuit.
- La tenue aux courants de courts-circuits : courant efficace présumé en tête d'ensemble (en kA), courant de courte durée admissible (Icw en kA), courant de crête admissible (Ipk en kA).
- Le degré de protection IP.
- Les mesures de protection des personnes classe I ou classe II.
- La connexion des unités fonctionnelles (fixes, prises avant, prises arrière, débrochables, extractibles).
- La forme de séparation.
- Les conditions d'emploi si elles diffèrent des conditions usuelles (atmosphère corrosive, tropicale, poussiéreuse).
- Le type de régime de neutre.
- Les dimensions (hauteur x largeur x profondeur).
- La masse.
- …

2 RÉALISATION DES ESSAIS INDIVIDUELS

1 Vérification de l'isolement

Cette vérification peut être effectuée par un test diélectrique ou bien par la mesure de la résistance d'isolement.

La mesure de la résistance d'isolement doit être considérée comme complémentaire à la vérification des distances prévue par l'inspection visuelle d'ensemble. La détection de distances insuffisantes ne peut se faire que par le test diélectrique de tension de choc.



• Mesure de la résistance d'isolement

- La mesure de la résistance d'isolement doit être effectuée avec un mégohmmètre (à source autonome ou extérieure) sous une tension minimum de 500 V continu.
- L'ensemble testé doit être hors tension et aucun appareil récepteur ne doit être branché.
- Tous les appareils de coupure doivent être en position I (ON).
- La tension est appliquée entre chaque circuit et la masse.
- Il est possible de relier tous les pôles : phases et neutre, excepté en schéma TNC où le conducteur PEN est considéré relié à la masse de l'ensemble.
- Les appareils (enroulements de mesure, instruments) qui ne supporteraient pas la tension d'essai doivent avoir leurs bornes d'alimentation court-circuitées.

La valeur minimale mesurée doit être, selon la norme EN 60439-1, de 1 000 Ω/V en référence à la tension nominale par rapport à la terre du circuit testé.
Dans la pratique, on retiendra une valeur objective d'au moins 0,5 MΩ pour les ensembles de tension 230/400 V et d'au moins 1 MΩ au-delà.

Les conditions de mesure peuvent influencer les résultats obtenus.
Il ne faut pas effectuer de mesure à une température inférieure à celle du point de rosée (la condensation humidifie alors les surfaces).
La résistance d'isolement décroît avec la température. Si des mesures répétées doivent être faites, les conditions d'ambiance devront être notées. La durée d'application de la tension a également une grande influence et l'on peut considérer que la mesure comprend trois séquences.
Au début de la mesure, l'appareil charge la capacité que représente l'installation par rapport à la terre et le courant de fuite est plus important. A la fin de cette charge, le courant se stabilise et n'est plus dû qu'à la résistance d'isolement. Si l'on poursuit l'application de la tension, on peut constater que la résistance continue d'augmenter lentement. Ce phénomène est dû à la décroissance du courant d'absorption diélectrique.
Une mesure stricte voudrait que l'on calcule le rapport des résistances mesurées à 1 mn et 10 mn. Une valeur R10 mn /R1mn > 2 est l'indication d'une bonne isolation.
Dans la pratique, on augmente le seuil de la valeur minimale et l'on réduit le temps de mesure qui doit néanmoins ne pas être inférieur à 1 mn.

• Test diélectrique

Si la mesure de la résistance d'isolement n'a pas été faite, le test diélectrique doit être effectué selon les indications ou les prescriptions liées à l'ensemble.
- Test à fréquence industrielle pour une valeur revendiquée d'isolement Ui.
- Test de choc de tension (onde 1,2/50 µs) pour une valeur revendiquée Uimp.

Conditions applicables aux deux types d'essai.
- L'ensemble testé doit être hors tension et aucun appareil récepteur ne doit être branché.
- Tous les appareils de coupure doivent être en position I (ON).
- La tension d'essai est appliquée selon la séquence suivante :
- entre chaque pôle de chaque circuit (puissance, commande, auxiliaires) et la masse de l'ensemble
- entre chaque pôle du circuit principal et les autres pôles (entre chaque phase et entre chaque phase et le neutre)
- entre chaque circuit s'ils ne sont pas électriquement reliés (circuit de commande séparé ou en TBTS et circuit principal par exemple)
- entre circuit de protection et la masse pour les ensembles de classe II
- entre les parties débrochées ou séparées pour la fonction de sectionnement.



- Les appareils qui pourraient être endommagés par l'application de la tension (appareils de mesure de détection, déclencheurs électroniques) doivent avoir une de leurs bornes déconnectée et isolée.
- Les condensateurs antiparasites ne doivent pas être déconnectés.

Essai à fréquence industrielle

La tension est appliquée pendant au moins 1 seconde. Aucun claquage, ni contournement ne doit être constaté.

Tension d'essai (V)	Tension d'isolement Ui (V)
1 000	Ui ≤ 60
2 000	60 < Ui ≤ 300
2 500	300 < Ui ≤ 690
3 000	690 < Ui ≤ 800
3 500	800 < Ui ≤ 1 000

Essai de choc de tension

La tension est appliquée trois fois pour chaque polarité à au moins 1 s d'intervalle. La valeur appliquée correspond à la valeur Uimp augmentée de la correction liée à l'altitude du lieu.

	Tension d'essai (kV)				Tension de choc annoncée
Niveau de la mer	200 m	500 m	1 000 m	2 000 m	Uimp
2,9	2,8	2,8	2,7	2,5	2,5
4,5	4,8	4,7	4,4	4	4
7,4	7,2	7	6,7	6	6
9,8	9,6	9,3	9	8	8
14,8	14,5	14	13,3	12	12

La technique des essais haute tension nécessite des précautions élémentaires de sécurité (balisage de la zone de test, port de gants isolants, personnel habilité), mais aussi des précautions liées au test lui-même :
- éviter les surtensions de commutation en démarrant l'essai à 0 V et en revenant à 0 V avant coupure de la haute tension,
- l'essai individuel de la réception de la norme EN 60439-1 est de durée volontairement limitée (1s) pour éviter toute détérioration nuisible à l'utilisation ultérieure. Dans cet esprit, on limitera le seuil de déclenchement à quelques milliampères. On ne devra pas non plus considérer que ce test vérifie les qualités intrinsèques des isolants.
Les distances d'isolement sont uniquement validées.

2 Vérification de la continuité des circuits de protection

Les dispositions constructives des enveloppes XL assurent directement la continuité des masses (voir page 644). Il est néanmoins nécessaire de vérifier que l'ensemble des masses est effectivement relié au conducteur de protection de l'ensemble et que tous les circuits de protection sont bien interconnectés par la borne principale (ou collecteur des conducteurs de protection, voir page 647).

• Conditions d'essais
- La mesure peut être effectuée en courant continu ou alternatif.
- La tension d'essai peut être comprise entre 6 et 24 V.
- L'un des pôles de la source d'essai est connecté à la borne principale des conducteurs de protection, l'autre (touche ou pince de test) est raccordée aux différents éléments.

• Mesure de la résistance de continuité

Il est recommandé d'appliquer les valeurs normalisées suivantes :
- courant d'essai : 25 A
- temps d'application : 1mn
- résistance maximale : 50 mΩ.



• Vérification de la continuité avec contrôleur à signal

Cette procédure n'est pas normalisée. Elle permet simplement de vérifier que la continuité existe mais elle ne présume pas de sa valeur. Si elle est appliquée, elle doit être accompagnée d'une vérification visuelle renforcée de chaque connexion et élément du circuit de protection.

La méthode employée, mesure ou vérification, sera reportée sur le rapport individuel d'examen. Si d'autres modalités sont utilisées, par exemple celles de la norme EN 60204-1 (mesure de la chute de tension sous 10 A), le préciser.

3 VÉRIFICATION DE LA COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Hormis le cas des ensembles de série destinés à une utilisation précise dans un environnement donné, la plupart des ensembles fabriqués à l'unité incorporent une combinaison plus ou moins aléatoire de matériels et de composants.
Selon les caractéristiques des produits incorporés et les règles de mise en œuvre respectées, on distinguera deux cas.
1 - Aucun essai d'immunité ou d'émission n'est nécessaire si :
- les dispositifs et composants sont eux-mêmes conformes aux prescriptions de CEM qui leur sont applicables, à défaut aux niveaux des normes génériques (série des normes CEI 61000-6-x).
Le marquage CE des produits atteste normalement de cette conformité si des exigences CEM sont applicables
- l'installation et le câblage ont été effectués selon les indications des constructeurs. Les éléments donnés au chapitre I.C.2 et I.C.6, permettent de répondre à cette exigence.
2 - Des essais pour vérifier les prescriptions CEM sont nécessaires si l'ensemble réalisé et les moyens mis en œuvre ne répondent pas au cas 1 et notamment lorsque :
- l'environnement auquel est destiné l'ensemble comprend des sources de perturbations importantes ou des conditions d'exposition sévères
- l'ensemble réalisé incorpore des circuits électroniques sensibles (microprocesseurs) ou produisant des perturbations (alimentations à découpage).



Essais à réaliser pour la vérification des prescriptions CEM

• Essais d'immunité
Ondes de choc 1,2/50 µs - 8/20 µs selon CEI 61000-4X :
- niveau d'essai 2 kV : phase - terre/masse
- niveau d'essai 1 kV : entre phases

Transitoires rapides en salves selon CEI 61000-4-4 :
- niveau d'essai 2 kV

Champ électromagnétique rayonné selon CEI 61000-4-3 :
- niveau d'essai 10 V/m

Décharges électrostatiques selon CEI 61000-4-2 :
- niveau d'essai 8 kV dans l'air

• Essais d'émission
Limites d'émission selon CISPR 11 :
- classe B pour environnements domestiques
- classe A pour environnements industriels

La conformité présumée d'un ensemble aux exigences de CEM ne doit pas faire oublier qu'un certain nombre de perturbations externes, notamment celles issues du réseau d'alimentation, peuvent créer des dysfonctionnements inacceptables. Ce sont à titre d'exemple : les fluctuations de tension, les coupures brèves, la présence d'harmonique, les déséquilibres... (voir chapitre I.A.1).
De même, les conditions de raccordement de l'ensemble à l'installation devront être prises en compte. A ce titre, le choix (ou l'imposition) du régime de neutre peut s'avérer essentiel (voir chapitre I.D.4).

4 MARQUES ET INDICATIONS

Les ensembles finis doivent comporter de manière visible et durable les indications suivantes :
- présence obligatoire d'une plaque signalétique identifiant le constructeur
- présence, selon contrat, d'une plaque ou étiquette attestant la conformité à la norme EN 60439-1/3 avec le numéro "reporté" de la déclaration de conformité
- présence, si nécessaire, d'une étiquette avec le marquage CE.

Exemple d'étiquette de conformité

Ensemble conforme
à la norme EN 60439-1/3
Déclaration n°
.....

Dimensions mini recommandées 50 x 30 mm

Marquage CE

Le marquage CE est rendu obligatoire par les directives du Conseil des Communautés Européennes.
Le marquage CE n'est pas une marque de qualité ; il ne porte pas sur la fonctionnalité ou la fiabilité des produits. C'est simplement l'attestation par le constructeur (ou son représentant) de la conformité aux exigences essentielles des directives applicables au produit concerné.
Il s'agit en fait d'un "passeport" pour la libre circulation des biens dans l'Union Européenne.
Par rapport à ces règles, le cas des tableaux électriques et ensembles de distribution est un peu particulier :
- d'une part, ils intègrent différents matériels et dispositifs selon des architectures très variables
- d'autre part, ils sont souvent destinés à une seule utilisation pour l'installation concernée et ne circulent donc pas comme "entité commerciale marchande".
L'usage et le "bon sens" montrent que les tableaux dédiés à une installation identifiée ne sont pas marqués, ces produits n'étant pas en libre circulation.
En revanche, les ensembles mobiles, les tableaux préfabriqués doivent être marqués.

Le marquage des tableaux

Attention, l'apposition du marquage CE est effectuée sous la seule responsabilité du constructeur (assembleur, tableautier) ou du responsable de la mise sur le marché.
En cas de contrôle ou de contestation, il doit pouvoir fournir les preuves de la conformité aux exigences essentielles de sécurité selon un référentiel préétabli.
La norme CEI/EN 60439-1/3 fait partie des normes de référence qui permettent de vérifier les exigences des directives applicables :
- directive Basse Tension (DBT) CEE/73/23 modifiée CEE/93/68
- directive Compatibilité Electromagnétique (CEM) CEE/89/336
D'autres directives :
- directive CEE/82/392 "Machines"
- directive CEE/89/655 "Equipements de travail"
- directive 89/5/CE "Terminaux de communications"
peuvent être applicables ponctuellement ou pour certaines parties de l'ensemble.
Le marquage CE implique la conformité à toutes les directives applicables au moment de la commercialisation.

CE

Hauteur mini des lettres : 5 mm.
Dimensions à proportionner aux ensembles.

Couples de serrage

Valeurs des couples de serrage recommandées pour les montages et les raccordements dans les ensembles de distribution

Appareil		Outil ou empreinte	Valeur du couple
Vistop	Modulaire 63/100/125/160 A	6 pans mâle de 4	6 Nm
	Boîtier de raccordement à plages (réf. 227 78/79)	Tête H de 13	15 Nm
	Boîtier de raccordement à câges (réf. 227 80/81)	6 pans mâle de 5	10 Nm
	160 A	Tête H de 13	15 Nm
	250 A	Tête H de 17	30 Nm
	400/630 A	Tête H de 19	50 Nm
	800 A	Tête H de 13 et 6 pans mâle de 6	15 Nm
	Borne cuivre-alu (réf. 095 44)	6 pans mâles de 6	20 Nm
Interrupteur	1250 A	Tête H de 17	30 Nm
	1600 A	Tête H de 19	50 Nm
DPX	125	6 pans mâle de 4	6 Nm
	160 (sur plage ou câge)	6 pans mâle de 5	10 Nm
	250 ER (sur plage)	6 pans mâle de 5	10 Nm
	250 ER (sur câge)	6 pans mâle de 5	12 Nm
	250 (sur plage)	6 pans mâle de 6	15 Nm
	250 (sur câge)	6 pans mâle de 5	12 Nm
	400/630 (sur plage ou câge)	6 pans mâle de 8	25 Nm
	1250/1600 (sur plage)	6 pans mâle de 8	25 Nm
Jeux de barres	Vis d'assemblage des mâchoires	Tête H de 10	7,5 Nm
	Visserie M8 (mini. 8-8) de raccordement sur barres	Tête H de 13	15-20 Nm
	Visserie M10 (mini. 6-8) d'assemblage des barres	Tête H de 17	30-35 Nm
	Visserie M10 (mini. 8-8) d'assemblage des barres	Tête H de 17	40-50 Nm
	Visserie M12 (mini. 6-8) d'assemblage des barres	Tête H de 19	50-60 Nm
	Visserie M12 (mini. 8-8) d'assemblage des barres	Tête H de 19	70-85 Nm
	Ecrou marteaux éclisses et raccordt barres en C M8 (réf. 374 64)	Tête H de 13	15 Nm
	Ecrou marteaux éclisses et raccordt barres en C M12 (réf. 374 65)	Tête H de 19	50 Nm
Répartiteurs	Modulaires (visserie de raccordement)	Tête fendue Ø 5,5 / PZ 2	2 Nm
		6 pans mâle de 6	15 Nm
		6 pans mâle de 5	10 Nm
	Extraplats et étagés	6 pans mâle de 4	6 Nm
		Tête H de 7 / fendue Ø 6,5	2,5 Nm
		Tête H de 10 / fendue Ø 10	7,5 Nm
		Tête H de 13	15 Nm
Répartiteurs de rangée XL-Part	Vis de montage des équerres	Tête H de 10	10 Nm
	Vis de connexion équerres et connecteurs	Tête H de 13	15 Nm
	Vis de montage/connexion des bases pour DPX 125/160/250ER	6 pans mâle de 4	6 Nm
Châssis colonne XL-Part	Vis d'assemblage des mâchoires des supports jeu de barres	Tête H de 13	15 Nm
	Vis de fixation des bases pour DPX 250 et DPX 630 (clé à tube)	Tête H de 10	10 Nm
Blocs de jonction Viking	Pas de 5	Tête fendue Ø 3,5	0,8 Nm
	Pas de 6 et 8	Tête fendue Ø 4	1,4 Nm
	Pas de 10	Tête fendue Ø 5,5	2 Nm
	Pas de 12	Tête fendue Ø 5,5 / PZ 2	2 Nm
	Pas de 15	Tête fendue Ø 6,5 / PZ 2	4 Nm
	Pas de 22	6 pans mâle de 6	15 Nm
DX Lexic	Ph+N / DNX	Tête fendue 5,5 / PZ 1	2 Nm
	≤ 63 A	Tête fendue Ø 6,5 / PZ 2	2,5 Nm
	80 à 125 A	Tête fendue Ø 8 / PZ 3	3,5 Nm
Enveloppes XL Traverses et dispositifs de fixation d'appareils	Visserie M6 (fixation des rails et équipements)	Tête H de 10	10 Nm
	Visserie M8 (fixation des équipements)	Tête H de 13	15 Nm
	Vis de fixation des pontets de coffrets	Tête H de 8 / fendue Ø 6,5	7,5 Nm
	Vis de fixation des plaques d'entrée de câbles	Tête fendue Ø 5,5 / PZ 2	1,5 Nm
	Vis de fixation des flans et kit de juxtaposition réf. 093 93	Tête PZ 2	2,5 Nm
	Vis d'association des kit Effix	Tête H de 13	15 Nm
	Vis de montants et d'association	6 pans mâle de 5	15 Nm
	Anneaux de levage	Valeur maxi.	40 Nm
	Vis de cornières de levage	Valeur maxi.	50 Nm

Rapports d'essais

Liste des rapports d'essais EN 60439-1/3 Ensembles de distribution Legrand. Gamme des enveloppes XL et appareillage Lexic

Intitulé (essai ou définition)	Document	
Choix des configurations types destinés aux essais	RE/494/162/10/98	
Dossiers de construction des configurations types	XL 100/1094/125 A XL 135/750/160 A XL 135/1200/160 A XL 195/1200/250 A XL 195/1200 gaine/250 A XL 400/900/630 A	
Modélisation thermique		
- Puissance dissipable par les enveloppes	RE/494/159/08/98	
- Puissance dissipée par les appareils	RE/494/159/08/98 (13 pages annexes)	
Limites d'échauffements		
- Jeux de barres en coffrets XL	RE/494/163/10/98	
- Jeux de barres en armoires XL	RE/494/123/12/97	
- Ensembles de série (configurations types)	Rapports	Certificats
	RE/494/197/07/99	
	RE/494/226/04/00	IT 96 036
- Dispositifs de distribution XL Part	RE/494/205/09/99	IT 95 041
	RE/494/225/04/00	IT 95 042
	RE/494/224/04/00	IT 96 035
Propriétés diélectriques		
- Sur coffrets XL Classe II	032/02/96	
- Sur répartiteurs	RE/494/195/07/99	
- Sur jeux de barres et supports	RE/494/130/02/98	
- Sur configurations types	RE/494/181/04/99	
- Sur dispositifs XL Part	394/1091/00	
Tenue aux courts-circuits		
- Sur répartiteurs et jeux de barres en coffret XL	RE/494/194/07/99	
- Sur jeux de barres en armoires XL et XL-A	RE/494/193/07/99	
- Sur unités d'arrivée (conformité à la norme CEI 947-2)	Rapports	Certificats
	RP 125 - 3/L	IT 98 007
	RP 125 - EB 3/L	IT 98 023
	RP 160 - B - 3/L	
	RP 250 A - 3/L	IT 98 044
	RP 250 H 6 3/L	IT 98 026
	RP 630 A - 3/L	IT 98 050
	RP 630 AE - 3L	IT 98 047
	RP 630 H - 3/L	IT 98 032
	RP 630 HE - 3/L	IT 98 029
	RP 1600 HES - 3/L	
	RP 1600 AES - 3/L	
- Sur unités d'arrivée en ensemble s/enveloppes	RE/494/156/07/98	N° 1659 XL 400
		N° 1660 XL 195
		N° 1669 XL 135
- Sur dispositif de répartition XL Part		IT 97 086

Rapports d'essais (suite)

Liste des rapports d'essais EN 60439-1/3
Ensembles de distribution Legrand. Gamme des enveloppes XL et appareillage Lexic

- Sur unités de départ (certificats KEMA) - Sur blocs de jonction	N° 97 4623-04 N° 97 4623-03 N° 97 4623-02 N° 97 4623-01 N° 97 4618-01 N° 97 4619-01 N° 97 4621-01 N° 97 4622-02 RE/494/191/07/99
Efficacité du circuit de protection - Continuité et court-circuit	 RE/494/157/08/98 RE/494/144/04/98
Distances et lignes de fuite (voir propriétés diélectriques)	RE/494/183/04/99
Fonctionnement mécanique	Déclaration IEC 947-2 (8.3.3.3.2 a) et (8.3.3.3.5)
Degré de protection Coffrets et armoires	Rapports LCIE N° 460209 A N° 460209 B N° 460209 C N° 460209 D N° 460209 E N° 460209 F
Résistance aux chocs mécaniques - Classification IK - Test spécifique EN 60439-3	 RE/494/145/05/98 RE/494/151/06/99
Résistance à la rouille	RE/494/174/03/99 RE/494/182/04/99
Résistance à la chaleur et au feu	Note de synthèse du 22/04/99 Certificat n° 494/145/04/98 RE/494/196/07/99
Vérification résistance à l'humidité + diélectrique	RE/494/175/03/99
Tenue mécanique des fixations	RE/494/173/03/99
Vérifications des conditions de levage et de manutention des armoires XL et XL-A	 RE/482/044/04/99 RE/494/250/02/01

Déclaration de conformité

Raison sociale : ..... N° document : ..... date : .....

Adresse : ..... N° ensemble : ..... date : .....
..... (si différent)

Destinataire : ..... Norme EN 60439-1 ❑
Norme EN 60439-3 ❑

Le déclarant atteste par le présent document que l'ensemble d'appareillage basse tension dérivé de série (EDS) désigné ci-dessus a été construit en conformité aux exigences de la norme EN 60439-1/EN 60439-3.

La mise en œuvre a été effectuée conformément aux recommandations du constructeur.
Les gammes de produits suivants ont été utilisées :

- disjoncteurs de puissance DPX conforme à la norme EN 60947-2
- disjoncteurs divisionnaires DX conforme à la norme EN 60898-1
- répartiteurs et supports jeu de barres
- enveloppes XL

en référence aux essais de type effectués par Legrand

- suivant EN 60439-1 et EN 60439-3
  - vérification des limites d'échauffement
  - vérification des propriétés diélectriques
  - vérification de la tenue aux courts-circuits
  - vérification de l'efficacité du circuit de protection
  - vérification des distances d'isolement et lignes de fuite
  - vérification du fonctionnement mécanique
  - vérification du degré de protection

- suivant EN 60439-3 (essais complémentaires, ensemble ≤ 250 A)
  - vérification de la résistances aux impacts mécaniques
  - vérification de la résistance à la rouille
  - vérification de la résistance à l'humidité
  - vérification de la résistance des isolants à la chaleur
  - vérification de la résistance au feu
  - vérification de la tenue mécanique des assemblages et fixations

Les essais individuels font l'objet du rapport individuel d'examen n° .....
comprenant, en conformité à la norme :

- Inspection d'ensemble
- Vérification de l'isolement
- Vérification de la continuité du circuit de protection

Le déclarant :

signature :

Notes

Rapport Individuel d'Examen

Constructeur : ..... N° document : ..... date : .....

Adresse : ..... N° ensemble : ..... date : .....
..... (si différent)

Séquence de réalisation des essais individuels relatifs aux "Ensembles d'appareillage basse tension" selon EN 60439-1/3.

1 - Inspection visuelle cable	**Effectué**	**Non appl**
• Vérification du câblage	❑	❑
• Conformité au schéma	❑	❑
• Vérification de l'appareillage	❑	❑
• Conformité à l'appareillage spécifié	❑	❑
• Vérification des jeux de barres	❑	❑
• Vérification de la connexion effective des masses	❑	❑
• Vérification des mesures liées à la classe II	❑	❑
• Fonctionnement électrique (puissance)	❑	❑
• Fonctionnement électrique (commande)	❑	❑
• Vérification des appareils de mesure	❑	❑
• Tests des dispositifs différentiels	❑	❑
• Vérification du fonctionnement mécanique	❑	❑
• Conformité des condamnations aux spécifications	❑	❑
• Vérification des couples de serrage	❑	❑
• Conformité des dispositifs de manutention	❑	❑
• Vérification la conservation du degré de protection	❑	❑
2 - Vérification de l'isolement		
• Test diélectrique : tension…	❑	❑
• Résistance d'isolement sous 500 V valeur mini mesurée…	❑	❑
3 - Vérification de la continuité du circuit de protection		
• Mesure de continuité sous 25 A	❑	❑
• Vérification avec contrôleur à signal	❑	❑
4 - Contrôle final		
• Présence plaque signalétique	❑	❑
• Présence documentation	❑	❑

Vérifié par : ..... Approuvé par : .....

date : .....

IV

LES PRODUITS

- LES PRODUITS
  - IV.1 – Les disjoncteurs et les interrupteurs DMX 716
  - IV.2 – Les disjoncteurs et les interrupteurs DPX 718
  - IV.3 - Les interrupteurs sectionneurs Vistop et DPX-IS 722
  - IV.4 – Les disjoncteurs et les différentiels LEXIC (DNX, DX...) 724
  - IV.5 – Les cartouches fusibles et les coupe-circuits 728
  - IV.6 – Les répartiteurs, les jeux de barres et XL-Part 732
  - IV.7 – Les coffrets, les armoires et les équipements XL 738
  - IV.8 – Les accessoires de câblage 748
  - IV.9 – Les prises industrielles 756

Les disjoncteurs et les interrupteurs DMX

Les nouveaux disjoncteurs ouverts DMX sont la réponse apportée par Legrand à la protection des installations de forte et très forte puissance. Déclinés en six calibres (de 1250 à 4000 A), en deux pouvoirs de coupure (50 et 100 kA), en version fixe ou débrochable, interverrouillables, ils sont dotés d'unités de protection électroniques modernes et d'un large choix d'auxiliaires et d'accessoires. Ils sont complétés par la gamme des interrupteurs ouverts DMX-I.



DMX 2500 version débrochable

1 DISJONCTEURS DMX ET DMX-L

		DMX 2500/4000				DMX-L 2500/4000			
Icu sous 400 V		50 kA				100 kA			
Ui (V)		1000				1000			
Version		fixe		débrochable		fixe		débrochable	
Pôles		3P	4P	3P	4P	3P	4P	3P	4P
In (A)	1250	267 02	267 12	268 02	268 12	267 52	267 62	268 52	268 62
DMX/DMX-L 2500	1600	267 03	267 13	268 03	268 13	267 53	267 63	268 53	268 63
	2000	267 04	267 14	268 04	268 14	267 54	267 64	268 54	268 64
	2500	267 05	267 15	268 05	268 15	267 55	267 65	268 55	268 65
DMX/DMX-L 4000	3200	267 06	267 16	268 06	268 16	267 56	267 66	268 56	268 66
	4000	267 07	267 17	268 07	268 17	267 57	267 67	268 57	268 67

2 INTERRUPTEURS DMX-I

		DMX-I 2500/4000			
Ui (V)		1000			
Version		fixe		débrochable	
Pôles		3 P	4 P	3 P	4 P
In (A)	1 250	267 72	267 82	268 72	268 82
DMX-I 2500	1 600	267 73	267 83	268 73	268 83
	2 000	267 74	267 84	268 74	268 84
	2 500	267 75	267 85	268 75	268 85
DMX-I 4000	3 200	267 76	267 86	268 76	268 86
	4 000	267 77	267 87	268 77	268 87

3 AUXILIAIRES DE COMMANDES ET DE SIGNALISATION

Désignation	Tension nominale (V) Alternatif	Tension nominale (V) Continu	Référence
Déclencheur à émission de courant	-	48	269 65
	110/130	110/130	269 66
	220/250	220/250	269 67
	380/440	380/440	269 68
Déclencheur à minimum de tension	-	24/30	269 73
	-	48	269 69
	-	110/130	269 70
	220/250	-	269 71
	380/440	-	269 72
Déclencheur à minimum de tension retardé	-	48	269 74
	-	110/130	269 75
	220/250	-	269 76
	380/440	-	269 77
Commande motorisée	-	24/30	269 54
	-	48	269 55
	-	110/130	269 56
	110/130	-	269 57
	220/250	-	269 58
Bobine de fermeture	-	24/30	269 60
	-	48	269 61
	110/130	110/130	269 62
	220/250	220/250	269 63
Contact signal défaut 1 NO			269 52
Contact de position (embroché / test / débroché) 6 NO + 6 NF			269 50
Contact commande armée			269 51
Boîtier de test			269 28
Alimentation auxiliaire			269 27

4 VERROUILLAGES ET ACCESSOIRES

Désignation		Référence
Verrouillage à clé en position "ouvert"	Ronis	269 31
	Profalux	269 32
Verrouillage à clé en position "débroché"	Ronis	269 41
	Profalux	269 42
Verrouillage de porte	montage à gauche	269 88
	montage à droite	269 87
Détrompeur de calibre		269 86
Compteur de manœuvres		269 89

5 ÉQUIPEMENTS POUR INVERSEURS DE SOURCES

Désignation		Version fixe 3 P	Version fixe 4 P	Version débrochable 3 P	Version débrochable 4 P
Bloc d'interverrouillage	DMX/DMX-I 2500	269 95	269 96	269 91	269 92
	DMX/DMX-I 4000 et DMX-L 2500/4000	269 97	269 98	269 93	269 94
Câbles d'interverrouillage		269 99			

6 ÉQUIPEMENTS DE CONVERSION FIXE → DÉBROCHABLE

Calibre (A)	Base DMX et DMX-I 3 P	Base DMX et DMX-I 4 P	Base DMX-L 3 P	Base DMX-L 4 P	Pinces de connexion DMX et DMX-I 3 P	Pinces de connexion DMX et DMX-I 4 P	Pinces de connexion DMX-L 3 P	Pinces de connexion DMX-L 4 P
1 250 - 1 600	269 00	269 03	269 01	269 04	267 78	267 82	269 80	269 84
2 000 - 2 500	269 00	269 03	269 01	269 04	267 79	267 83	269 80	269 84
3 200	269 01	269 04	269 01	269 04	267 80	269 84	269 80	269 84
4 000	269 02	269 05	269 02	269 05	267 81	269 85	269 81	269 85

Les disjoncteurs et les interrupteurs DPX

**De 16 à 1600 A en six tailles de boîtiers seulement, avec une auxiliarisation commune et des solutions de raccordement multiples, les disjoncteurs DPX procurent une facilité d'installation inégalée.
À partir de 40 A, les disjoncteurs électroniques offrent un réglage très précis des seuils de protection.
Différentes versions, extractibles, débrochables, motorisées, permettent de répondre à toutes les exigences de continuité de service et de maintenabilité.**



DPX 1600 électronique



DPX 125



DPX 250 ER avec bloc différentiel latéral

1 DISJONCTEURS MAGNÉTOTHERMIQUES DPX ET DPX-H

		DPX 125						DPX 160					
Icu sous 400 V		25 kA			36 kA			25 kA			50 kA		
Ui (V)		500			500			500			500		
Pôles		3 P	3 P + N/2	4 P	3 P	3 P + N/2	4 P	3 P	3 P + N/2	4 P	3 P	3 P + N/2	4 P
In (A)	16	250 36		250 44	250 50		250 58						
	25	250 37		250 45	250 51		250 59	251 21		251 29	251 61		251 69
	40	250 38		250 46	250 52		250 60	251 22		251 30	251 62		251 70
	63	250 39		250 47	250 53		250 61	251 23		251 31	251 63		251 71
	100	250 40	250 42	250 48	250 54	250 56	250 62	251 24	251 26	251 32	251 64	251 66	251 72
	125	250 41	250 43	250 49	250 55	250 57	250 63						
	160							251 25	251 27	251 33	251 65	251 67	251 73

		DPX 250 ER						DPX 250			DPX-H 250		
Icu sous 400 V		25 kA			50 kA			36 kA			70 kA		
Ui (V)		500			500			690			690		
Pôles		3 P	3 P + N/2	4 P	3 P	3 P + N/2	4 P	3 P	3 P + N/2	4 P	3 P	3 P + N/2	4 P
In (A)	25	252 01		252 11									
	40	252 02		252 12				253 28		253 45	253 52		253 69
	63	252 03		252 13				253 29		253 46	253 53		253 70
	100	252 04		252 14	252 44		252 54	253 30	253 40	253 47	253 54	253 64	253 71
	160	252 05	252 08	252 15	252 45	252 48	252 55	253 31	253 41	253 48	253 55	253 65	253 72
	250	252 06	252 09	252 16	252 46	252 49	252 56	253 32	253 42	253 49	253 56	253 66	253 73

		DPX 630			DPX-H 630			DPX 1600		DPX-H 1600	
Icu sous 400 V		36 kA			70 kA			50 kA		70 kA	
Ui (V)		690			690			690		690	
Pôles		3 P	3 P + N/2	4 P	3 P	3 P + N/2	4 P	3 P	3 P + N/2	3 P	3 P + N/2
In (A)	320	255 22	255 32	255 37	255 42	255 52	255 57				
	400	255 23	255 33	255 38	255 43	255 53	255 58				
	500	255 25	255 35	255 39	255 45	255 55	255 59				
	630	255 24	255 34	255 40	255 44	255 54	255 60	258 01	258 08	258 15	258 22
	800							258 02	258 09	258 16	258 23
	1000							258 03	258 10	258 17	258 24
	1250							258 04	258 11	258 18	258 25

2 DISJONCTEURS ÉLECTRONIQUES DPX ET DPX-H

		DPX 250		DPX-H 250		DPX 630		DPX-H 630		DPX 1600		DPX-H 1600	
Icu sous 400 V		36 kA		70 kA		36 kA		70 kA		50 kA		70 kA	
Ui (V)		630		630		690		690		690		690	
Pôles		3 P	4 P [1]	3 P	4 P [1]	3 P	4 P [1]	3 P	4 P [1]	3 P	4 P [1]	3 P	4 P [1]
In (A)	40	254 01	254 07	254 13	254 19								
	100	254 03	254 09	254 15	254 21								
	160	254 04	254 10	254 16	254 22								
	250	254 05	254 11	254 17	254 23	256 01	256 05	256 34	256 38				
	400					256 02	256 06	256 35	256 39				
	630					256 03	256 07	256 36	256 40	257 01	257 05	257 33	257 37
	800									257 02	257 06	257 34	257 38
	1250									257 03	257 07	257 35	257 39
	1600									257 04	257 08	257 36	257 40

(1) Neutre réglable 0 - 50 - 100 %

3 DISJONCTEURS DE BRANCHEMENT VERSION EDF

	In (A)					
	90	130	170	240	320	400
DPX 250 ER AB	252 90	252 91	252 92	252 93		
DPX 400 AB				255 93	255 94	255 95

4 INTERRUPTEURS À DÉCLENCHEMENT LIBRE DPX-I

		DPX-I 125		DPX-I 160		DPX-I 250 ER		DPX-I 250		DPX-I 630		DPX-I 1600	
Pôles		3 P	4 P	3 P	4 P	3 P	4 P	3 P	4 P	3 P	4 P	3 P	4 P
In (A)	125	250 98	250 99										
	160			251 98	251 99	252 96	252 97						
	250					252 98	252 99	253 98	253 99				
	400									255 96	255 97		
	630									255 88	255 89		
	800											257 94	257 95
	1250											257 96	257 97
	1600											257 98	257 99

5 BLOCS DIFFÉRENTIELS ÉLECTRONIQUES

		DPX 125			DPX 160			DPX 250 ER		DPX 250		DPX 630	
Montage		latéral		aval	latéral		aval	latéral	aval	aval		aval	
Pôles		3 P	4 P	4 P	3 P	4 P	4 P	4 P	4 P	3 P	4 P	3 P	4 P
In (A)	125	260 12	260 13	260 14									
	160				260 20	260 21	260 22	260 31	260 33				
	250							260 36	260 38	260 54	260 55		
	400											260 60	260 61
	630											260 64	260 65

6 RELAIS DIFFÉRENTIELS ET TORES

Relais différentiel	Tore (Ø mm)				Tore ouvrant (Ø mm)	
	35	80	140	210	150	300
260 91	260 92	260 93	260 95	260 96	260 97	260 98

7 VERSIONS EXTRACTIBLES ET DÉBROCHABLES

			DPX 125 DPX-I 125	DPX 160 DPX-I 160	DPX 250 ER DPX-I 250 ER	DPX 250 DPX-I 250	DPX 630 DPX-I 630	DPX 1600 DPX-I 1600
Conversion fixe → extractible (alvéoles + base)								
Alvéoles		3 P	263 08	263 18	265 12	265 29	265 50	
		4 P	263 09	263 19	265 13	265 30	265 51	
Base prises avant		3 P	263 02	263 12	265 14	265 31	265 52	
		4 P	263 04	263 14	265 15	265 32	265 53	
		4 P + diff.		263 16	265 20	265 37	265 58	
Base prises arrière filetées		3 P	263 03	263 13	265 16	265 33	265 54	
		4 P	263 05	263 15	265 17	265 34	265 55	
		4 P + diff.		263 17	265 21	265 38	265 59	
Base prises arrière méplats		3 P				265 35	265 56	
		4 P				265 36	265 57	
		4 P + diff.				265 39	265 60	
Conversion fixe → débrochable								
Base prises avant + alvéoles + mécanisme débro-lift		3 P						265 82
		4 P						265 83
Base prises arrière + alvéoles + mécanisme débro-lift		3 P						265 84
		4 P						265 85
Conversion extractible → débrochable								
Mécanisme débro-lift		3 P				265 45	265 66	
		4 P				265 46	265 67	
		4 P + diff.				265 47	265 68	
Accessoires								
Connecteurs 6 contacts						098 19		098 19
Connecteurs 8 contacts			263 99	263 99	263 99	263 99	263 99	263 99
Poignées d'extraction						263 43	263 68	
Manivelle de débrochage						265 75	265 75	265 75
Contact de signalisation embroché/débroché						265 74	265 74	265 74
Serrure de verrouillage position débrochée	Cde manuelle standard	Ronis				265 76	265 76	265 76
		Profalux				263 48	263 48	263 48
	Cde rotative ou motorisée	Ronis				265 78	265 78	265 80
		Profalux				265 77	265 77	265 79

8 COMMANDE ET SIGNALISATION

		DPX 125 DPX-I 125	DPX 160 DPX-I 160 DPX 250 ER DPX 250 ER AB DPX-I 250 ER	DPX 250 DPX-I 250	DPX 630 DPX 400 AB DPX-I 630	DPX 1600 DPX-I 1600
Commandes rotatives	Commande rotative directe	262 01	262 11	262 22	262 41	262 61
	Commande brisée frontale	262 02	262 12	262 23	262 42	262 62
	Commande rotative directe d'urgence	262 03	262 13	262 24 [1]	262 24 [1]	
	Commande brisée frontale d'urgence	262 04	262 14	262 24 [1]	262 24 [1]	
	Verrouillage pour commande rotative			262 25	262 25	262 25
Commandes motorisées frontales	24 V~	261 00		261 30	261 40	
	230 V~	261 03		261 34	261 44	
	Accessoire de verrouillage Ronis			261 59	261 59	
	Accessoire de verrouillage Profalux			261 58	261 58	
Déclencheur à minimum de tension	24 V~	261 71	261 81			
	48 V⎓	261 72	261 82			
	230 V~	261 73	261 83			
	400 V~	261 74	261 84			
Déclencheur à minimum de tension retardé		261 75	261 75[2]	261 85		
Module de temporisation	230 V~	261 90				
	400 V~	261 91				
Déclencheur à émission de courant	24 V~ et ⎓	261 64				
	48 V~ et ⎓	261 65				
	110 V~ et ⎓	261 66				
	230 V~ et ⎓	261 67				
	400 V~ et ⎓	261 68				
Contact auxiliaire ou signal défaut		261 60				

(1) S'adapte sur les commandes standard
(2) DPX 160

9 ACCESSOIRES DE MONTAGE ET DE RACCORDEMENT

		DPX 125 DPX-I 125	DPX 160 DPX-I 160	DPX 250 ER DPX-I 250 ER DPX 250 ER AB	DPX 250 DPX-I 250	DPX 630 DPX-I 630 DPX 400 AB	DPX 1600 DPX-I 1600
Cache-bornes plombables	3 P	262 05	262 15	262 85	262 26	262 44	262 64
	4 P	262 06	262 16	262 86	262 27	262 45	262 65
Jeu de 3 cloisons de séparation		262 07	262 07	262 07	262 30	262 30	262 66
Cadenassage en position ouverte		262 00	262 10	262 10	262 21	262 40	262 60
Bornes à cage		(livrées)	262 18	262 88	262 35	262 50	262 69
Bornes grande capacité			262 19			262 51	262 70
Bornes de répartition 6 départs		048 67	048 67[1]				
Prolongateurs de plage			262 17		262 32	262 47	262 67/68 [2]
Epanouisseurs	3 P			262 90	262 33	262 48	262 73
	4 P			262 91	262 34	262 49	262 74
Prises arrière à vis	3 P	263 00	263 10	265 10	263 31	263 50	
	4 P	263 01	263 11	265 11	263 32	263 51	
Prises arrière méplats	3 P				265 27	263 52	
	4 P				265 28	263 53	
Prises arrière courtes	3 P						263 80
	4 P						263 82
Prises arrière longues	3 P						263 81
	4 P						263 83

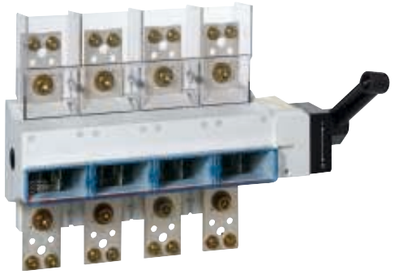
(1) Se monte dans un appareil équipé d'une borne à cage
(2) 262 67 pour 1250 A (2 barres) et 262 68 pour 1600 A (3 barres)

Les interrupteurs sectionneurs Vistop et DPX-IS

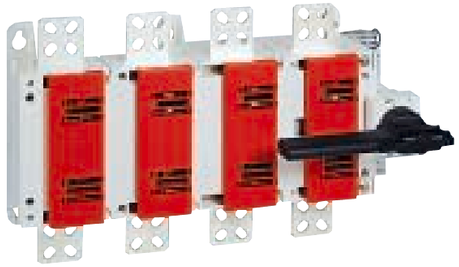
La gamme Vistop à coupure visible de sécurité assure la coupure en charge par contacts autonettoyants à enclenchement et déclenchement brusques. Ils conviennent à des intensités de 63 à 1600 A.



Vistop 125 A



Vistop 800 A



Interrupteur sectionneur 1250 A



DPX-IS 250

1 INTERRUPTEURS SECTIONNEURS VISTOP

		Poignée noire						Poignée rouge / plastron jaune			
		Frontale			Latérale			Frontale		Latérale	
Fixation	In (A)	2 P	3 P	4 P	2 P	3 P	4 P	3 P	4 P	3 P	4 P
A vis	32	224 98	225 00	225 02	225 03	225 05	225 07	223 00	223 02	223 05	223 07
Sur rail ou à vis	63		225 12	225 15		225 16	225 18	223 12	223 15	223 16	223 18
	100		225 20	225 22		225 25	225 27	223 20	223 22		223 27
	125		225 34	225 39		225 44	225 46	223 34	223 39		
	160		225 51	225 53		225 54	225 56	223 51	223 53		
Sur platine	160		225 30	225 32		225 35	225 37		223 32		
	250		225 40	225 42		225 45	225 47				
	400		225 50	225 52		225 55	225 57				
	630		225 60	225 62		225 65	225 67				
	800		225 70	225 72		225 75	225 77				
	1250		225 80	225 81							
	1600		225 82	225 83							

Accessoires Vistop			Fixation à vis	Fixation sur rail	Fixation sur platine				
			32 A	63 à 160 A	160 A	250 A	400 A	630 A	800 A	1250 et 1600 A
Boîtier de raccordement	à plage	3 P		227 78						
		4 P		227 79						
	à cage	3 P		227 80						
		4 P		227 81						
Cache-vis ou cache-bornes plombables		3 P		227 98	227 47	227 49	227 51	227 53	227 53	
		4 P		227 98	227 48	227 50	227 52	227 54	557 54	
Borne de répartition 6 départs				048 67						
Ecran de protection aval		3 P								227 55
		4 P								227 56
Commande latérale à gauche	noire		227 30							
	rouge		227 31							
Commande extérieure frontale			227 34	227 32	227 36	227 36	227 37	227 37	227 37	227 38
Interrupteur sectionneur auxiliaire				227 22[1]						
Contact auxiliaire précoupure et signalisation	0 + F		227 03	227 04	227 02	227 02	227 02	227 02	227 02	
	20 + 2 F		227 08		227 10	227 10	227 10	227 10	227 10	227 11
Contact auxiliaire additionel	0 + F			227 07						
Déclencheur à émission de courant	230 V									227 68
	400 V									227 69
Ensemble de 3 cadenas					227 99	227 99	227 99	227 99	227 99	

(1) VISTOP 100, 125, 160 A.

2 INTERRUPTEURS SECTIONNEURS DPX-IS 250

	In (A)	Commande frontale		Commande latérale à droite		Commande latérale à gauche	
		3 P	4 P	3 P	4 P	3 P	4 P
Déclenchable à distance (livré sans déclencheur)	63	266 30	266 34	266 40	266 44	266 50	266 54
	100	266 31	266 35	266 41	266 45	266 51	266 55
	160	266 32	266 36	266 42	266 46	266 52	266 56
	250	266 33	266 37	266 43	266 47	266 53	266 57
Non déclenchable à distance	160	266 02	266 06	266 12	266 16	266 22	266 26
	250	266 03	266 07	266 13	266 17	266 23	266 27

Auxiliaires et accessoires DPX-IS		Référence
Déclencheur à minimum de tension	24 V∿	261 71
	48 V∿	261 72
	230 V∿	261 73
	400 V∿	261 74
Déclencheur à minimum de tension retardé		261 75
Module de temporisation	230 V∿	261 90
	400 V∿	261 91
Déclencheur à émission de courant	24 V ∿ et =	261 64
	48 V ∿ et =	261 65
	110 V ∿ et =	261 66
	230 V ∿ et =	261 67
	400 V ∿ et =	261 68
Contact auxiliaire ou signal défaut		261 60
Commande déportée frontale et latérale	standard	262 37
	d'urgence	262 38
Cache-borne plombable		262 87
Bornes de raccordement		262 88
Epanouisseurs	3 P	262 90
	4 P	262 91
Prises arrière filetées	3 P	265 10
	4 P	265 11

Les disjoncteurs et les différentiels modulaires Lexic

Performance, liberté de raccordement, auxiliarisation commune, facilité de repérage, les disjoncteurs, interrupteurs et différentiels Lexic répondent aux multiples exigences de réalisation d'un tableau de distribution.



Disjoncteur DX 1P+N



Disjoncteur différentiel DX monobloc



Disjoncteur à très haut pouvoir de coupure DX-L



Disjoncteur magnétique seul DX-MA

1 DISJONCTEURS DNX 4500 - COURBE C

	Calibre (A)						
	2	6	10	16	20	25	32
1 P + N (neutre à gauche)	060 12	060 15	060 17	060 19	060 20	060 21	060 22

2 DISJONCTEURS DX™ 6000 - 10 kA - COURBES B ET C

		Courbe B			Courbe C				
		2 P	3 P	4 P	1 P	1 P + N	2 P	3 P	4 P
Calibre (A)	0,5					063 86			
	1					063 88			
	2			063 49	063 69	063 89	064 61	064 81	065 56
	3					063 90			
	4					063 91			
	6	062 61	062 81	063 52	063 72	063 92	064 64	064 84	065 59
	8					063 93			
	10	062 63	062 83	063 54	063 74	063 94	064 66	064 86	065 61
	13					063 95			
	16	062 65	062 85	063 56	063 76	063 96	064 68	064 88	065 63
	20	062 66	062 86	063 57	063 77	063 97	064 69	064 89	065 64
	25	062 67	062 87	063 58	063 78	063 98	064 70	064 90	065 65
	32	062 68	062 88	063 59	063 79	063 99	064 71	064 91	065 66
	40	062 69	062 89	063 60	063 80	064 00	064 72	064 92	065 67
	50	062 70	062 90	063 61	063 81		064 73	064 93	065 68
	63	062 71	062 91	063 62	063 82		064 74	064 94	065 69

3 DISJONCTEURS DX-h 10 000 - 25 kA - COURBES B ET C

		Courbe B				Courbe C			
		1 P	2 P	3 P	4 P	1 P	2 P	3 P	4 P
Calibre (A)	1	066 91	067 52	067 72	068 32	068 52	069 12	069 32	069 92
	2	066 92	067 53	067 73	068 33	068 53	069 13	069 33	069 93
	3	066 93	067 54	067 74	068 34	068 54	069 14	069 34	069 94
	6	066 95	067 56	067 76	068 36	068 56	069 16	069 36	069 96
	10	066 97	067 58	067 78	068 38	068 58	069 18	069 38	069 98
	16	067 00	067 60	067 80	068 40	068 60	069 20	069 40	070 00
	20	067 01	067 61	067 81	068 41	068 61	069 21	069 41	070 01
	25	067 02	067 62	067 82	068 42	068 62	069 22	069 42	070 02
	32	067 03	067 63	067 83	068 43	068 63	069 23	069 43	070 03
	40	067 04	067 64	067 84	068 44	068 64	069 24	069 44	070 04
	50	067 05	067 65	067 85	068 45	068 65	069 25	069 45	070 05
	63	067 06	067 66	067 86	068 46	068 66	069 26	069 46	070 06
	80					068 83	064 75	064 95	065 70
	100					068 84	064 76	064 96	065 71
	125					068 85	064 77	064 97	065 72

4 DISJONCTEURS DX-D 15 kA ET 25 kA - COURBE D

		DX-D 15 kA			DX-D 25 kA
		2 P	3 P	4 P	4 P
Calibre (A)	1	066 25	066 45	066 65	
	2	066 26	066 46	066 66	
	3	066 27	066 47	066 67	
	6	066 29	066 49	066 69	
	10	066 31	066 51	066 71	069 62
	16	066 33	066 53	066 73	069 63
	20	066 34	066 54	066 74	069 64
	25	066 35	066 55	066 75	069 65
	32	066 36	066 56	066 76	069 66
	40	066 37	066 57	066 77	
	50	066 38	066 58	066 78	
	63	066 39	066 59	066 79	
	80	066 40	066 60	066 80	
	100	066 41	066 61	066 81	
	125	066 42	066 62	066 82	

5 DISJONCTEURS DX-MA MAGNÉTIQUE SEUL

		Calibre (A)						
		2,5	4	6,3	10	12,5	16	25
DX-MA	3 P	071 62	071 63	071 64	071 65	071 66	071 67	071 68

6 DISJONCTEURS DX-L 50 kA - COURBE C

		DX-L 50 kA Courbe C			
		1 P	2 P	3 P	4 P
Calibre (A)	10	070 97	071 12	071 27	071 42
	16	070 99	071 14	071 29	071 44
	20	071 00	071 15	071 30	071 45
	25	071 01	071 16	071 31	071 46
	32	071 02	071 17	071 32	071 47
	40	071 03	071 18	071 33	071 48
	50	071 04	071 19	071 34	071 49
	63	071 05	071 20	071 35	071 50

7 DISJONCTEURS DIFFÉRENTIELS MONOBLOCS DNX 4500 - COURBE C

Type	Seuil de sensibilité	Pôles	Calibre (A)				
			10	16	20	25	32
Type AC	30	1 P + N	078 50	078 52	078 53	078 54	078 55
Type A	30	1 P + N	085 24	085 25	085 26	085 27	085 28

8 DISJONCTEURS DIFFÉRENTIELS MONOBLOCS DX™ 6000 - 10 kA - COURBE C

Seuil de sensibilité	Calibre (A)	Type AC			Type A			Type Hpi	
		1 P + N	2 P	4 P	1 P + N	4 P		1 P + N	
10 mA	10	078 44	077 45						
	16	078 45	077 46						
	20		077 47						
30 mA	3	078 58							
	6	078 60			085 47				
	10	078 61	079 11	079 62	085 48	080 75		085 64	
	16	078 63	079 19	079 64	085 50	080 76		085 65	
	20	078 64	079 20	079 65	085 51	080 77		085 66	
	25	078 65	079 21	079 66	085 52	080 78		085 67	
	32	078 66	079 22	079 67	085 53	080 79		085 68	
	40	078 67	079 29	080 13	085 54			085 69	
	50		079 30	080 14					
	63		079 31	080 15					
300 mA	2	078 68							
	6	078 71			085 56				
	10	078 72	079 44	079 75	085 57	080 84			
	16	078 74	079 46	079 77	085 59	080 85			
	20	078 75	079 47	079 78	085 60	080 86			
	25	078 76	079 48	079 79	085 61	080 87			
	32	078 77	079 49	079 80	085 62	080 88			
	40	078 78	079 50	080 31	085 63				
	50		079 51	080 32					
	63		079 52	080 33					

9 INTERRUPTEURS DIFFÉRENTIELS DX™

Seuil de sensibilité	In maxi (A)	Type AC			Type A			Type Hpi	
		2 P	2 P[1]	4 P	2 P	2 P[1]	4 P	2 P	4 P
10 mA	16	086 25							
30 mA	25	086 28	086 89	086 93	087 80	086 86	090 98	088 22	088 26
	40	086 29	086 90	086 94	087 81	086 87	090 99	088 23	088 27
	63	086 30	086 21	086 95	087 82	086 88	091 00	088 24	088 28
	80	086 31		086 96			091 01	088 25	088 29
300 mA	25	086 46	086 91	087 11			091 16		
	40	086 47	086 92	087 12			091 17		
	63	086 48		087 13			091 18		
	80	086 49		087 14			091 19		
300 mA sélectif	40			087 18					
	63			087 19					

(1) Entrées et sorties en haut pour raccordement direct par peigne

10 BLOCS DIFFÉRENTIELS ADAPTABLES

Type	Seuil de sensibilité	In maxi (A)	pour DX, DX-H, DX-MA et DX-D 15 kA			pour DX-L et DX-D 25 kA		
			2 P	3 P	4 P	2 P	3 P	4 P
Type AC	30 mA	32	074 01	074 28	074 55			
		63	074 02	074 29	074 56			
		125	074 03		074 57			
	300 mA	32	074 07	074 34	074 61			
		63	074 08	074 35	074 62			
		125	074 09	074 36	074 63			
	300 mA sélectif	63	074 11	074 38	074 65			
	1 A sélectif	63	074 23		074 77			
		125			074 78			
Type A	30 mA	32	074 83		075 37			
		63	074 84	075 11	075 38			
		125	074 91		075 39			
	300 mA	32	074 89		075 43			
		63	074 90	075 17	075 44			
		125	074 85	075 18	075 45			
	300 mA sélectif	63	074 93	075 20	075 47			
Type Hpi	30 mA	32	075 90		075 91			
		63	075 64	075 68	075 72	075 76	075 80	075 84
		125	075 65	075 69	075 73			
	300 mA	63				075 77	075 81	075 85
	300 mA sélectif	63	075 66	075 70	075 74	075 78	075 82	075 86
		125			075 75			
	1 A sélectif	63				075 79	075 83	075 87

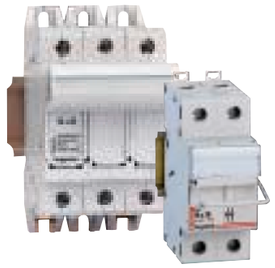
11 AUXILIAIRES ET ACCESSOIRES LEXIC

Auxiliaires de signalisation		Référence
Contact auxiliaire inverseur (1/2 module)		073 50
Contact signal défaut (1/2 module)		073 51
Interface interrupteur différentiel / Auxiliaires + contact auxiliaire (1/2 module)		073 52
Contact auxiliaire modifiable en signal défaut (1 module)		073 53
Contact auxiliaire + signal défaut modifiable en 2 contacts 6 A (1 module)		073 54
Auxiliaires de commande		
Déclencheur à émission (1 module)	12 à 48 V~ et =	073 60
	110 à 415 V~ et 110 à 125 V=	073 61
Déclencheur à manque de tension (1 module)	24 V=	073 65
	48 V=	073 66
	230 V~	073 68
Commandes motorisées ouverture / fermeture (3 modules)	24 V~	073 70
	48 V~	073 71
	230 V~	073 73
Module de réenclenchement automatique		073 83
Accessoires		
Support pour cadenas Ø 4 ou 6 mm		044 42
Cadenas Ø 4 mm		044 43
Cadenas Ø 6 mm		227 99
Cache-vis plombable pour disjoncteur jusqu'à 63 A		044 44
Cache-vis plombable pour disjoncteur 80 à 125 A		044 48
Jeu de cache-bornes amont / aval 1 pôle pour disjoncteur 80 à 125 A		044 39
Cloison de séparation		044 47
Elément d'espacement passe-fil	1/2 module	044 40
	1 module	044 41

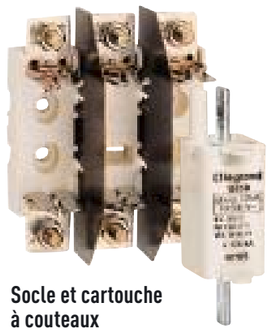
Les cartouches fusibles et les coupe-circuits



Cartouches cylindriques



Coupe-circuits pour cartouches cylindriques



Socle et cartouche à couteaux

1 CARTOUCHES INDUSTRIELLES CYLINDRIQUES TYPE gG

		Taille (mm)							
		8,5 x 31,5		10 x 38		14 x 51		22 x 58	
		Sans voyant	Avec voyant	Sans voyant	Avec voyant	Sans percuteur	Avec percuteur	Sans percuteur	Avec percuteur
Tension (V)		400	400	500	500	500	500	500	500
Pouvoir de coupure (A)		20 000	20 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000
Calibre (A)	0,50			133 94					
	1	123 01		133 01					
	2	123 02	124 02	133 02	134 02	143 02			
	4	123 04	124 04	133 04	134 04	143 04	145 04	153 04	
	6	123 06	124 06	133 06	134 06	143 06	145 06	153 06	
	8	123 08		133 08	134 08				
	10	123 10	124 10	133 10	134 10	143 10	145 10	153 10	155 10
	12	123 12		133 12	134 12				
	16	123 16	124 16	133 16	134 16	143 16	145 16	153 16	155 16
	20			133 20	134 20	143 20	145 20	153 20	155 20
	25			133 25	134 25	143 25	145 25	153 25	155 25
	32					143 32	145 32	153 32	155 32
	40					143 40	145 40	153 40	155 40
	50					143 50	145 50	153 50	155 50
	63							153 63	155 63
	80							153 80	155 80
	100							153 96	155 96
	125							153 97	155 97

2 CARTOUCHES INDUSTRIELLES CYLINDRIQUES TYPE aM

		Taille (mm)					
		8,5 x 31,5	10 x 38	14 x 51		22 x 58	
		Sans percuteur	Sans percuteur	Sans percuteur	Avec percuteur	Sans percuteur	Avec percuteur
Tension (V)		400	500[1]	500[1]	500[1]	500[1]	500[1]
Pouvoir de coupure (A)		20 000	100 000	100 000	100 000	100 000	100 000
Calibre (A)	0,25		133 92				
	0,50		133 95				
	1	120 01	130 01				
	2	120 02	130 02	140 02	141 02		
	4	120 04	130 04	140 04	141 04		
	6	120 06	130 06	140 06	141 06		
	8	120 08	130 08	140 08	141 08		
	10	120 10	130 10	140 10	141 10		
	12		130 12	140 12	141 12		
	16		130 16	140 16	141 16	150 16	151 16
	20		130 20[2]	140 20	141 20	150 20	151 20
	25		130 25[2]	140 25	141 25	150 25	151 25
	32			140 32	141 32	150 32	151 32
	40			140 40	141 40	150 40	151 40
	45			140 45	141 45		
	50			140 50	141 50	150 50	151 50
	63					150 63	151 63
	80					150 80	151 80
	100					150 96	151 96
	125					150 97	151 97

(1) Sauf réf. 130 20/25, 140 45/50, 141 45/50, 150 97, 151 97 : 400 V.
(2) Surcalibrage non normalisé.

3 COUPE-CIRCUITS SECTIONNEURS ET ACCESSOIRES

	Neutre équipé	1 P	1 P + N équipé	2 P	3 P	3 P + N équipé
400 V Cartouches 8,5 x 31,5		058 06	058 16	058 26	058 36	058 46
500 V Cartouches 10 x 38	058 04	058 08	058 18	058 28	058 38	058 48

Accessoires		Référence
Ensemble de solidarisation pour coupe-circuits sectionneurs	pour 2 coupe-circuits unipolaires	057 92
	pour 3 coupe-circuits unipolaires	057 93
	pour 4 coupe-circuits unipolaires	057 94
Voyant de fusion 250 V		057 90
Support de cartouche de réserve		057 91
Auxiliaire O + F à précoupure		057 96
Support pour cadenas		057 99
Cadenas Ø 4 mm		044 43
Cache-vis plombable		044 44
Cloison de séparation des pôles		044 47

4 COUPE-CIRCUITS SECTIONNABLES SP ET ACCESSOIRES

	Neutre équipé	1 P	1 P + N équipé	2 P	3 P	3 P + N équipé
SP 38 Cartouches 10 x 38	214 00	214 01 214 27[1]	214 02	214 03	214 04 214 40[2]	214 05
SP 51 Cartouches 14 x 51	215 00	215 01 215 33[3]	215 02	215 03	215 04 215 36[3]	215 05
SP 58 Cartouches 22 x 58	216 00	216 01 216 33[3]			216 04 216 36[3]	216 05

(1) A voyant de fusion.
(2) Avec contact auxiliaire à précoupure.
(3) A microrupteur inverseur.

Accessoires	Référence
Bloc à microrupteur inverseur	216 92
Microrupteur inverseur supplémentaire	216 95
Poignée de solidarisation d'unipolaires	216 96
Plaque de cadenassage	216 98
Ensemble de 3 cadenas de sûreté	227 99

5 COUPE-CIRCUITS SECTIONNABLES S

N équipé Ø 8,5	1 P 8,5 x 23	1 P 8,5 x 31,5	N équipé 10 x 38	1 P 10 x 38	Accessoires pour fixation sur rail
211 51	211 12	211 52	214 51	214 52	364 78

6 CARTOUCHES INDUSTRIELLES À COUTEAUX TYPE gG/gL

In (A)	Taille 00	Taille 0		Taille 1		Taille 2		Taille 3		Taille 4	
	Voyant	Voyant	Percuteur	Voyant	Percuteur	Voyant	Percuteur	Voyant	Percuteur	Voyant	Percuteur
25	163 18										
32	163 20										
35	163 22										
40	163 25										
50	163 30										
63	163 35	168 35	169 35								
80	163 40	168 40	169 40								
100	163 45	168 45	169 45								
125	163 50	168 50	169 50	173 50	174 50						
160	163 55	168 55	169 55	173 55	174 55						
200		168 60[1]		173 60	174 60	178 60	179 60				
250				173 65	174 65	178 65	179 65				
315						178 70	179 70				
400						178 75	179 75				
500								181 25	181 75		
630								181 30	181 80	185 30	185 80
800										185 35	185 85
1000										185 40	185 90
1250										185 45[1]	185 95[1]

(1) Surcalibrage non normalisé

7 CARTOUCHES INDUSTRIELLES À COUTEAUX TYPE aM

In (A)	Taille 00	Taille 0		Taille 1		Taille 2		Taille 3		Taille 4	
	Voyant	Voyant	Percuteur	Voyant	Percuteur	Voyant	Percuteur	Voyant	Percuteur	Voyant	Percuteur
25	160 18										
32	160 20										
40	160 25										
50	160 30										
63	160 35	165 35	166 35								
80	160 40	165 40	166 40								
100	160 45	165 45	166 45								
125	160 50	165 50	166 50	170 50	171 50						
160		165 55	166 55	170 55	171 55						
200				170 60	171 60	175 60	176 60				
250				170 65	171 65	175 65	176 65				
315						175 70	176 70				
400						175 75	176 75				
500								180 25	180 75		
630								180 30	180 80	184 30	184 80
800										184 35	184 85
1000										184 40	184 90

8 SOCLES ET ACCESSOIRES POUR CARTOUCHES INDUSTRIELLES À COUTEAUX

	Taille 00			Taille 0	Taille 1	Taille 2	Taille 3	Taille 4
	100 A		160 A	160 A	250 A	400 A	630 A	1250 A
	à vis	sur rail	à vis	à vis ou sur rail	à vis ou sur rail	à vis ou sur rail	à vis	à vis
Socle 1 P nu	160 00	160 01	162 00	165 00	170 00	175 00	181 00	185 00
Socle 1 P à minirupteur				165 02	170 02	175 02	181 02	185 02
Socle 3 P nu	165 04	160 05	162 04	165 03	170 03	175 03		
Neutres à couteaux	163 04			168 04	173 04	178 04	181 04	185 04
Cloison de séparation	199 09			199 15	199 16	199 17	199 18	199 19
Cache de protection	199 20 (pour 1 P seulement)			199 21	199 22	199 23		
Poignée de manipulation	199 02							

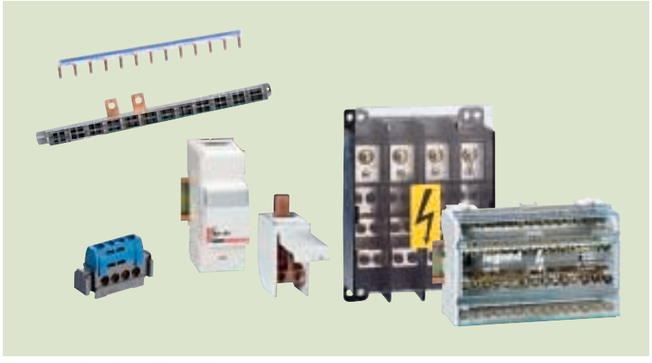
9 CARTOUCHES EDF ET COUPE-CIRCUITS À BROCHES

Type	Cartouche cylindrique			Cartouche à couteaux
	10 x 38	14 x 51	22 x 58	Taille 00
A030			152 30	
A045			152 45	160 87
A060			152 62	160 89
A090				160 91
Neutre	160 80	160 81	160 82	163 04

Type	Coupe circuit à broche pour cartouche		
	8,5 x 31,5	10 x 38	14 x 51
Adaptateur	123 30	123 35	123 36

Les répartiteurs, les supports jeux de barres et XL-Part

Jusqu'à 4 000 A, toutes les configurations de répartition trouvent une réponse avec la gamme des borniers, répartiteurs modulaires, répartiteurs de rangées, répartiteurs de puissance et supports jeux de barres.



Peignes, borniers, Lexiclic, répartiteurs : la répartition "prêt à l'emploi"

Les sections raccordables dans les tableaux sont données pour des conducteurs rigides. Pour les conducteurs souples, prendre la section immédiatement inférieure. Pour les sections minimales, les gammes et les combinaisons exactes, se reporter au catalogue en cours.

1 PEIGNES , BORNES D'ARRIVÉE ET CORDONS DE REPIQUAGE, DE 63 À 90 A - 10 kÂ

		Unipolaire phase ou neutre	Bipolaire	Bipolaire équilibré sur 3 phases	Tripolaire	Tétrapolaire
Peigne	1 rangée	049 26	049 38[1]	049 40[1]	049 42[1]	049 44[1]
	au mètre	049 37	049 39	049 41	049 43	049 45
Protection d'extrémité		049 89	049 90	049 91	049 90	049 91
Protection des dents				049 88		

(1) Prééquipés de protections d'extrémités.

Borne d'arrivée universelle		Cordon de repiquage entre deux rangées		
4 à 25 mm²	6 à 35 mm²	phase + neutre	neutre	phase
049 05	049 06	049 03	049 07	049 08

2 BORNIERS DE RÉPARTITION INDÉPENDANTS, DE 63 À 100 A - 10 kÂ

Nombre de trous de 6 à 25 mm²	Nombre de trous de 1,5 à 16 mm²	Borniers nus		Borniers IP2x (xxB)					
		à visser	sur support	noir	1P bleu	vert	repiquage	3 P + N	domino
0	1								048 61
	2								048 62
	4	048 01	048 20	048 50	048 40	048 30	048 12		
	8	048 03	048 22	048 52	048 42	048 32			
1	12		048 24	048 54	048 44	048 34			
	14	048 05							
	16		048 25	048 55	048 45	048 35			
	19	048 06							
	21		048 26	048 56	048 46	048 36			
	24	048 07				048 37		048 14	
	33		048 28	048 58	048 48	048 38			

Supports pour borniers de répartition indépendants		Référence
Support vide pour borniers nus à visser et borniers domino	capacité 28 trous	048 18
	capacité 35 trous	048 17
Support universel, permet de monter les borniers sur rail ⊔ ou ⊏		048 11
Support répartiteur, permet d'associer jusqu'à 4 borniers IP 2x		048 10
Barreaux plats 12 x 2 pour borniers nus et borniers IP 2x	1 m	048 19
	0,24 m	013 99
	0,55 m	092 17
	0,306 m	016 40

3 RÉPARTITEURS MODULAIRES DE 40 À 125 A - 20 kÂ

I maxi (A)	Pôles	Références	Nombre et capacité des bornes par pôle (mm²)		Borniers IP 2x adaptable		
			Arrivées	Départs	Terre (vert)	Neutre (bleu)	Départs supplémentaires
40	2 P	048 81	2 x 16	5 x 6	048 32		8 x 16
	4 P	048 85	2 x 16	11 x 4		048 42	
100	2 P	048 80	2 x 25	5 x 6	048 34		12 x 16
	4 P	048 84	2 x 25	5 x 6		048 44	
125	2 P	048 82	2 x 35	2 x 25 + 11 x 6	048 35		16 x 16
	4 P	048 86	2 x 35	2 x 25 + 7 x 6		048 44	12 x 16
	4 P	048 88	2 x 35	2 x 35 + 11 x 6		048 45	16 x 16
160	4 P	048 79	1 x 70	2x35 + 4x25 + 8x6		048 45	

4 RÉPARTITEURS UNIPOLAIRES MODULAIRES ET BORNES DE SORTIE JUSQU'À 250 A

	I maxi admissible (A)	Nombre et section des conducteurs par pôle (en mm²) Arrivées	Départs	Unipolaire	Ensemble de 4 éléments unipolaires
Répartiteur unipolaire modulaire	125	2 x 50	2 x 50 + 12 x 6	048 71	048 72
	160	1 x 70	7 x 6 + 2 x 35 + 3 x 25	048 83	048 87
	250	1 x 150	6 x 35 + 4 x 16	048 73	
Borne de sortie unipolaire	160	Borne aval appareil : Vistop 63 à 160 A et DPX 125/160	6 x 25	048 67	

5 RÉPARTITEURS DE RANGÉE LEXICLIC DE 63 À 250 A - 60 kÂ

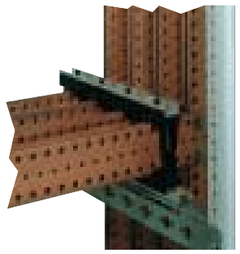
I maxi admissible (A)	Répartiteurs 1P + N	3P + 2N	I maxi par cordon (A)	Cordons connecteurs 120 mm bleu	120 mm noir	320 mm bleu	320 mm noir
250	048 70[1]	048 74[1] 048 75[2]	40	048 92	048 91	048 94	048 93
			63	048 96	048 95	048 98	048 97

6 RÉPARTITEURS DE PUISSANCE DE 125 À 400 A - 60 kÂ

I maxi admissible (A)	Référence	Nombre de bornes par pôle Arrivées (mm²)	Départs (mm²)	Icc crête (kA)	Raccordement (mm²)
Extra-plat					
125	374 47	1 x 35	10 x 16 (phases) 17 x 16 (phases)	25	Direct sur arrivée Cosses sur départ
160 250	374 00	1 x 95 1 x 150	12 x 35	60	Cosses ou direct avec 374 03
Etagés					
125	373 95	4 barres 12 x 4 mm recevant chacune 5 connecteurs 2 x 10 mm²		20	Cosses
125	374 30	1 x 35	5 x 25	35	Cosses
160	374 31	1 x 70	5 x 35	35	Cosses
250	374 35	1 x 120	5 x 50	35	16 x 6
400	374 42	2 x 185	15 trous M6 4 trous M8	50/75	Cosses ou direct avec 374 03

7 BOÎTIERS DE RACCORDEMENT UNIPOLAIRES CUIVRE/ALU, 300 ET 500 A - 60 kÂ

I maxi admissible (A)	Référence	Nombre et section des conducteurs par pôle (mm²) Arrivée alu	Arrivée cuivre	Départ cuivre
300	374 80	1 x 120	1 x 95	1 x 70
540	374 81	1 x 300	1 x 150	1 x 150



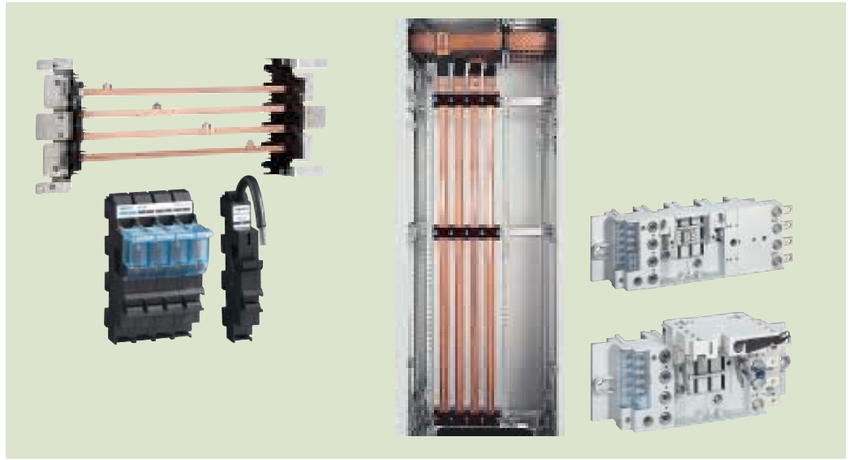


Supports jeux de barres et barres cuivre : la répartition "sur mesure"

8 SUPPORTS DE JEUX DE BARRES ET BARRES CUIVRE

			I maxi admissible (A) 125	160	250		400	800	1000	1600	4000
Supports	unipolaires		378 98		374 37		374 52				
	tétrapolaires		373 96	374 32		374 36	048 78	374 14	374 56	374 53	374 54
Barres			**Nombre maxi de barres par pôle**								
Barres plates rigides	12 x 2	373 88	1								
	12 x 4	373 89	1	1							
	15 x 4	374 33			1						
	18 x 4	374 34		1	1		1	1			
	25 x 4	374 38			1	1	1				
	25 x 5	374 18					1	1			
	32 x 5	374 19					1	1			
	50 x 5	374 40							1	2	4
	63 x 5	374 41						1	1	2	4
	75 x 5	374 59							1	2	4
	80 x 5	374 43							1	2	4
	100 x 5	374 46								2	4
	125 x 5	—									4
	50 x 10	—									3
	60 x 10	—									3
	80 x 10	—									3
	100 x 10	—									3
	125 x 10	—									3
Barre en C	155 mm²	374 60							1		
	265 mm²	374 61							1		
	440 mm²	374 62							1		

Connecteurs pour barres cuivre			Nombre et capacité des bornes
I maxi admissible (A)	200	374 03	1 x 6 + 2 x 16
	400	374 05	4 x 6 + 3 x 16



Répartiteur de rangée et châssis colonne XL-Part :
la répartition “active”

9 RÉPARTITEUR DE RANGÉE XL-PART 400

Répartiteur et accessoires		Référence
Répartiteur de rangée tétrapolaire		098 75
Jeu de barres arrière pour alimentation directe du répartiteur de rangée	Support	098 78
	Barre 32 x 5	374 19
	Barre 50 x 5	374 40
Equerres de liaison au jeu de barres arrière		098 80
Connecteurs pour raccordement de cosses ou de barres		098 81
Equerres de liaison répartiteurs de rangée / châssis colonne		098 22
Profilé de protection isolant découpable	430 mm	098 79
Jeu de 4 vis écrou marteau pour connexion ou repiquage sur le répartiteur		098 99

Bases tétrapolaires pour appareil DPX	Bases pour appareil seul	Bases pour bloc différentiel
DPX 125	098 57	098 58
DPX 250 ER	098 65	098 66

Bases “Plug-in” pour appareil Lexic	N	L1	L2	L3	Tripolaire	Tétrapolaire
1 module par pôle ≤ 63 A	098 00	098 01	098 02	098 03	098 04	098 05

Bases “à fils” pour appareil Lexic	N	L1	L2	L3	Tripolaire	Tétrapolaire
1 module par pôle ≤ 63 A	098 42	098 43	098 44	098 45	098 46	098 47
1,5 module par pôle ≤ 125A	098 48	098 49	098 50	098 51	098 52	098 53 (alim. sup.) 098 54 (alim. inf.)

Bases “à fils” pour appareil Lexic 1P + N	L1 + N	L2 + N	L3 + N
1 module par pôle ≤ 40 A	098 08	098 09	098 10

Bases Lexic universelle	sans alimentation
1 module	098 40

10 CHÂSSIS COLONNE XL-PART 1600

Ensemble de 3 supports tétrapolaires et de 2 montants de fixation	Barres en C Constitutives du châssis colonne				
	155 mm²	265 mm²	440 mm²	640 mm²	710 mm²
098 76	374 60	374 61	374 62	098 82	098 83

Bases pour appareils DPX	Bases version fixe		Bases version extractible		Mécanismes débro-lift pour version débrochable	
	3P	4P	3P	4P	3P	4P
DPX 250 seul	098 67	098 69	098 25	098 27	265 45	265 46
DPX 250 + différentiel aval	098 68	098 70	098 26	098 28		265 47
DPX 630 seul	098 71	098 73	098 29	098 31	265 66	265 67
DPX 630 + différentiel aval	098 72	098 74	098 30	098 32		265 68

Accessoires châssis colonne XL-Part		Version fixe		Version extractible		Version débrochable	
		3P	4P	3P	4P	3P	4P
Cache bornes courts	DPX 250	098 11	098 13				
	DPX 630	098 12	098 14				
Capots de protection des raccordements	DPX 250			098 16	098 23	098 16	098 23
	DPX 630			098 17	098 24	098 17	098 24
Alvéoles de contact	DPX 250			265 29	265 30	265 29	265 30
	DPX 630			265 50	265 51	265 50	265 51
Connecteur 6 contacts auxiliaire		098 19		098 19		098 19	
Poignée d’extraction	250			263 68			
	630			263 43			
Manivelle						265 75	

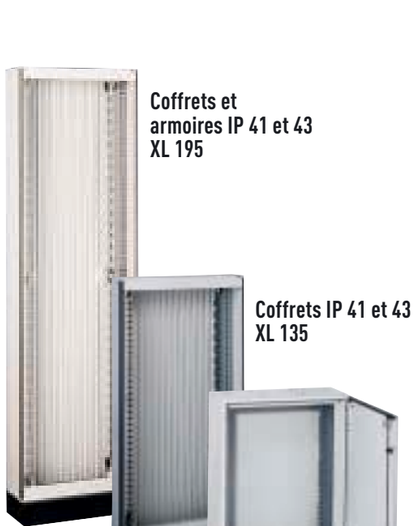
Les coffrets, les armoires et les équipements XL

Mode de montage intuitif et principe unique d'équipement du coffret à l'armoire, les enveloppes XL simplifient la construction d'ensembles de distribution adaptés à toutes les puissances.



Armoires IP 55
XL-A 400-600-800

Armoires IP 40 et 43
XL 400-600



Coffrets et
armoires IP 41 et 43
XL 195

Coffrets IP 41 et 43
XL 135

Coffrets IP 55
XL-A 250

1 COFFRETS À ENCASTRER XL 100

Dimensions (mm) Haut. x Larg. x Prof.	Capacité rangées	Capacité modules	Coffret "prêt à l'emploi"	Porte pleine	Porte transparente fumée
644 x 590 x 100	3	72	093 63	094 53	094 63
794 x 590 x 100	4	96	093 64	094 54	094 64
944 x 590 x 100	5	120	093 65	094 55	094 65
1094 x 590 x 100	6	144	093 66	094 56	094 66

2 COFFRETS XL 135

Dimensions Haut. x Larg. x Prof. (mm)	Hauteur plastronnable (mm)	Coffret "prêt à l'emploi" tout modulaire	Coffret "prêt à l'emploi" avec platine EDF	Coffret équipable	Porte pleine métal	Porte transparente fumée	Porte extra plate [1] métal	Porte extra plate [1] vitrée
450 x 550 x 135	350	093 02		093 22	094 02	094 12	094 52	094 62
600 x 550 x 135	500	093 03		093 23	094 03	094 13	094 53	094 63
750 x 550 x 135	650	093 04		093 24	094 04	094 14	094 54	094 64
900 x 550 x 135	800	093 05	093 15	093 25	094 05	094 15	094 55	094 65
1050 x 550 x 135	950	093 06	093 16	093 26	094 06	094 16	094 56	094 66
1200 x 550 x 135	1100		093 17	093 27	094 07	094 17	094 57	094 67

(1) Pour coffrets équipés uniquement d'appareils modulaires Lexic.

3 COFFRETS XL 195

Dimensions h x l x p (mm)	Hauteur plastronnable (mm)	Coffret équipable	Porte pleine métal	Porte transp. fumée [1]	Porte extra plate [1] métal	Porte extra plate [1] vitrée	Gaine à câble	Porte pour gaine	Facade pour gaine isolante	Facade pour gaine métal	Kit classe II
450 x 550 x 195	350	093 32	094 02	094 12	094 52	094 62	093 42	094 72	096 72	096 42	093 52
600 x 550 x 195	500	093 33	094 03	094 13	094 53	094 63	093 43	094 73	096 73	096 43	093 53
750 x 550 x 195	650	093 34	094 04	094 14	094 54	094 64	943 44	094 74	096 74	096 44	093 54
900 x 550 x 195	800	093 35	094 05	094 15	094 55	094 65	093 45	094 75	096 75	096 45	093 55
1050 x 550 x 195	950	093 36	094 06	094 16	094 56	094 66	093 46	094 76	096 76	096 46	093 56
1200 x 550 x 195	1100	093 37	094 07	094 17	094 57	094 67	093 47	094 77	096 77	096 47	093 57
1500 x 550 x 195	1400	094 40	094 08	094 18 [2]			093 50	094 78	096 78	096 48	093 58

(1) Pour coffrets équipés uniquement d'appareils modulaires Lexic.
(2) Porte vitrée

4 COFFRETS XL-A 250 IP55

Dimensions Haut. x Larg. x Prof. (mm)	Hauteur plastronnable (mm)	Coffret équipable	Socle monobloc	Patte de fixation	Kit Cabstop outils / bouchons	Plaque d'entrée de câbles Cabstop
400 x 600 x 250	300	097 00	097 10	346 01	364 99	364 97
600 x 600 x 250	500	097 01	097 10	346 01	364 99	364 97
800 x 600 x 250	700	097 02	097 10	346 01	364 99	364 97
1000 x 600 x 250	900	097 03	097 10	346 01	364 99	364 97
1200 x 600 x 250	1100	097 04	097 10	346 01	364 99	364 97
1400 x 600 x 250	1300	097 05	097 10	346 01	364 99	364 97
1000 x 1200 x 250	2 x 900	097 08	2 x 097 10	346 01	364 99	364 97
1200 x 1200 x 250	2 x 1100	097 09	2 x 097 10	346 01	364 99	364 97

5 ARMOIRES XL 195

Dim. h x l x p (mm)	Hauteur plastronnable (mm)	Armoire	Armoire d'extension(1)	Porte		Gaine à câbles	Porte pour gaine	Facade pour gaine isolante (découpable)		Socle pour gaine
				métal	vitrée			métal		
1600 x 550 x 195	1400	093 38	093 68	094 08	094 18	093 48	094 78	096 78	096 48	093 81
1900 x 550 x 195	1700	093 39	093 69	094 09	094 19	093 49	094 79	096 79	096 49	093 81

(1) Livrée sans flancs, avec kit d'association

6 ARMOIRES XL 400/600

Dim.(mm) h x l x p	Hauteur plastronnable (mm)	Armoire assemblable	Jeu de 2 panneaux latéraux	Porte		Plaque d'entrée de câbles basse	Gaine à câbles	Plaque d'entrée de câbles basse pour gaine	Socle monobloc	
				métal	vitrée		400 mm		armoire	gaine
2000 x 700 x 400	1800	095 02	095 16	095 21	095 23	095 04	095 11	095 12	095 82	095 81
2000 x 900 x 400	1800	095 03	095 16	095 21	095 23	095 05	095 11	095 12	095 83	095 81
2000 x 700 x 600	1800	095 08	095 19	095 21	095 23	095 06	095 14	095 13	095 85	095 84
2000 x 900 x 600	1800	095 09	095 19	095 21	095 23	095 07	095 14	095 13	095 86	095 84

7 ARMOIRES XL-A 400/600/800 IP55

Dim.(mm) h x l x p	Hauteur plastronnable (mm)	Armoire assemblable	Jeu de 2 panneaux latéraux	Porte		Cadre d'habillage	Gaine à câbles 400 mm	Socle monobloc	
				métal	vitrée			armoire	gaine
2000 x 700 x 400	1800	095 52	344 29	095 71	095 73	095 88	344 20	095 82	345 05
2000 x 1000 x 400	1800	095 53	344 29	095 71	095 73	095 88	344 20	345 08	345 05
2000 x 700 x 600	1800	095 58	344 69	095 71	095 73	095 88	344 60	095 85	345 25
2000 x 1000 x 600	1800	095 59	344 69	095 71	095 73	095 88	344 60	345 28	345 25
2000 x 700 x 800	1800	095 56	344 79	095 71	095 73	095 88	095 65	095 79	095 78
2000 x 1000 x 800	1800	095 57	344 79	095 71	095 73	095 88	095 65	095 80	095 78

8 ACCESSOIRES XL

Accessoires de montage	Références	XL 135	XL 195	XL 400-600	XL-A 400-600-800	XL-A 250
Cadre de plastronnage	095 87			●	●	
Socle hauteur 100 mm	093 80		●			
Socle pour gaine hauteur 100 mm	093 81		●			
Jeu de 2 montants verticaux	095 95			●	●	
Jeu de 2 traverses multifonctions L : 400 mm	095 66			●	●	
Jeu de 2 traverses multifonctions L : 600 mm	095 67			●	●	
Jeu de 2 traverses multifonctions L : 800 mm	095 68				●	
Traverse à encombrement réduit	098 18			●	●	
Dispositif de fixation sur bâti	092 19			●	●	
Platine perforée (hauteur 200)	092 97	● (1)	●	●	●	●
Platine perforée (hauteur 300)	092 98		●	●	●	●
Dispositif de fixation réglable en profondeur	092 99			●	●	
Kit d'association	095 48			●		
Kit d'association extérieur	345 46				●	
Kit d'association intérieur	345 47				●	
Kit d'association autoalignant	345 48				●	
Anneaux de levage	095 90			●		
Anneaux de levage	347 94				●	
Cornières de levage	095 91			●		
Cornières de levage	347 91				●	
Kit d'association horizontal	093 93	●				
Kit d'association vertical	097 82	●				
Kit d'association Effix horizontal	093 91		●			
Kit d'association Effix vertical	093 92		●			
Patte de fixation murale	093 84	●	●			
Joint d'étanchéité (IP 43)	093 90	●	●			
Joint d'étanchéité (IP 43)	095 49			●		
Toit	093 85	●				
Toit	093 86		●			
Barillets à clé Type 405	368 22	●	●	●	●	●
Barillets à clé Type 455	368 24	●	●	●	●	●
Barillets à clé Type 1242E	368 25	●	●	●	●	●
Barillets à clé Type 2433A	368 26	●	●	●	●	●
Barillets à clé Type 455 pour porte extra plate	094 96	●	●			
Vis HF avec rondelle contact M6	367 76	●	●	●	●	●
Clips-écrou pour vis M6	364 42	●	●	●	●	●
Clips-écrou pour vis M8	347 49	●	●	●	●	●
Vis autotaraudeuse pour montants	347 46			●	●	
Pochette métallique pour plans	347 63				●	
Pochette plastique rigide pour plans	365 80			●	●	
Pochette plastique rigide pour plans	365 81			●	●	
Pochette plastique souple pour plans	097 99	●	●	●	●	●
Rail d'association	374 02	●	●			

(1) Fixation en fond de coffret avec les patères réf. 093 88.

Maintien et circulation de la filerie	Références	XL 135	XL 195	XL 400-600	XL-A 400-600-800	XL-A 250
Embase de fixation de collier (sur fond actif)	308 94	●	●			
Bracelet de guidage horizontal (sur rail)	092 66	●	●	●	●	●
Bracelet de guidage vertical (sur montant)	092 67	●	●	●	●	●
Grille guide - câble	332 24			●	●	
Goulotte Lina 25 - 40 x 60	362 07	●	●			
Goulotte Lina 25 - 40 x 80	362 08	●	●	●	●	●
Goulotte Lina 25 - 60 x 80	362 13			●	●	●
Goulotte Lina 25 - 80 x 80	362 17			●	●	
Support de fixation horizontal pour goulotte	095 99			●	●	●
Rivet isolant pour fixation des goulottes	366 46	●	●	●	●	●
Cornet de finition pour raccordement DLP	093 97	●	●			
Rehausse de rail	262 99	●	●	●	●	●

Supports de fixation	Références	XL 135	XL 195	XL 400-600	XL-A 400-600-800	XL-A 250
Supports isolants (fixation sur fond actif et montant)	092 14	●	●			
Barreau support acier 12 x 2 pour borniers IP2x L = 1 m	048 19	●	●	●	●	●
Barreau support acier 12 x 2 pour borniers IP2x L = 420 mm	092 17	●	●			
Rail universel TH 35-15	092 13	●	●	●	●	●
Jeux de 2 patères (fixation sur fond actif)	093 88	●	●			
Pattes rouges (fixation sur fond actif)	306 87	●	●			
Butée de blocage, support barre de cuivre 12 x 4	393 99	●	●	●	●	●

Raccordement des conducteurs de protection et liaisons équipotentielles	Références	XL 135	XL 195	XL 400-600	XL-A 400-600-800	XL-A 250
Barre à trous 25 mm²	093 96	●	●	●	●	●
Barre cuivre 12 x 4 avec étriers	093 95	●	●	●	●	●
Barre cuivre non percée 12 x 4	373 49	●	●	●	●	●
Etrier 1,5 mm² pour barre non percée 12 x 4	373 60	●	●	●	●	●
Etrier 6 à 16 mm² pour barre non percée 12 x 4	373 61	●	●	●	●	●
Etrier 10 à 35 mm² pour barre non percée 12 x 4	373 62	●	●	●	●	●
Barre cuivre à trou taraudé 12 x 4	373 89	●	●	●	●	●
Connecteur 12 x 10 mm² pour barre taraudée 12 x 4	373 65	●	●	●	●	
Conducteur de liaison, porte 4 mm²	094 49	●	●			●
Conducteur de liaison, porte 6 mm²	347 95			●	●	●
Conducteur de liaison, porte 16 mm²	347 96			●	●	●
Conducteur de liaison, porte 30 mm²	347 97			●	●	●

Ecrans de cloisonnement	Références	XL 400-600	XL-A 400-600-800
Pour jeu de barres vertical, en face avant de gaine à câbles XL largeur 200 mm	374 70	●	●
Pour jeu de barres vertical, en face avant de gaine à câbles XL largeur 300 mm	374 72	●	●
Pour jeu de barres vertical, en face avant de gaine à câbles XL-A largeur 300 mm	374 71	●	●
Pour jeu de barres vertical, en face latérale de gaine ou d'armoire (2 x 150 x 550)	374 74	●	●
Pour jeu de barres vertical, en face latérale de gaine ou d'armoire (2 x 350 x 550)	374 75	●	●
Pour jeu de barres horizontal, 2 écrans verticaux et 1 écran horizontal	374 76	●	●
Equerre de fixation d'écran isolant sur ossature de l'armoire	374 97	●	●

9 PLASTRONS PLEINS ET FAÇADES POUR GAINE

Plastrons pleins			Façades/plastrons pour gaine XL 195		
Hauteur (mm)	isolant	métal	Hauteur (mm)	isolant	métal
50	092 42	092 92	350	096 72	096 42
100	092 43	092 93	500	096 73	096 43
150	092 44	092 94	650	096 74	096 44
200	092 45	092 95	800	096 75	096 45
300	092 46	092 96	950	096 76	096 46
400		094 80	1100	096 77	096 47
550		094 81	1400	096 78	096 48
650		094 82	1700	096 79	096 49

10 ÉQUIPEMENTS D'INSTALLATION DANS LES COFFRETS ET ARMOIRES XL

Appareillage modulaire Lexic	Plastron			Dispositif de fixation pour toutes les enveloppes XL et XL-A	
	H (mm)	Isolant	Métal		
In ≤ 63 A	150	092 20	092 70	092 00	092 19[1]
In > 63 A	200	092 21	092 71	092 00	092 19[1]

(1) montage sur bati des armoires XL 400-600 et XL-A 400-600-800

Vistop		Platine	Plastron			Dispositif de fixation en fonction de l'enveloppe			
Type de fixation	Calibre (A)		Hauteur (mm)	Isolant	Métal	XL 135	XL195 XL-A 250	XL/XL-A 400	XL/XL-A 600 XL-A 800
sur rail	63 à 160		200	092 21	092 71	092 00	092 00	092 00	092 00
à vis	160	092 50	300	092 23	092 73	092 07	092 07	092 07	092 07
	400	092 59	300	092 24	092 74		092 07	092 05	092 05
	630 et 800	092 52	300	092 22	092 72				092 05(08)
	1250 et 1600	096 15	400		096 30				direct

DPX-IS 250	Platine	Plastron			Dispositif de fixation en fonction de l'enveloppe	
Configuration		H (mm)	Isolant	Métal	XL 135	XL 195/400/600 XL-A 250/400/600/800
juxtaposé avec modulaires	262 39	300	092 22	092 72	092 02	092 02
appareil seul	096 16	300	092 22	092 72		092 07

Disjoncteurs et interrupteurs DMX		Version fixe interverrouillage			Version débrochable interverrouillage		
		sans	2 appareils	3 appareils	sans	2 appareils	3 appareils
DMX 2500	3P	097 20	097 20	097 20	097 21	097 21	097 21
	4P	097 20	097 20	097 20	097 21	097 21	09721
DMX-L 2500	3P	097 20	097 20/22	097 20/22	097 21	097 21/23	Sur demande
	4P	097 20	097 22	097 22	097 21	097 23	Sur demande
DMX-I 2500	3P	097 20	097 20	097 20	097 21	097 21	097 21
	4P	097 20	097 20	097 20	097 21	097 21	097 21
DMX 4000	3P	097 20	097 20/22	097 20/22	097 21	097 21/23	Sur demande
	4P	097 20	097 22	097 22	097 21	097 23	Sur demande
DMX-L 4000	3P	097 20	097 20/22	097 20/22	097 21	097 21/23	Sur demande
	4P	097 20	097 22	097 22	097 21	097 23	Sur demande
DMX-I 4000	3P	097 20	097 20/22	097 20/22	097 21	097 21/23	Sur demande
	4P	097 20	097 22	097 22	097 21	097 23	Sur demande

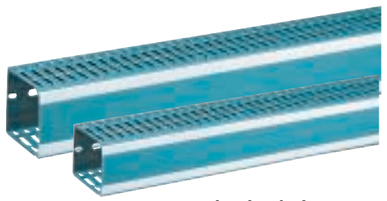
	Disjoncteurs DPX				Platine	Plastron				Dispositif de fixation en fonction de l'enveloppe					
	Version	Position	Configuration	Raccordement		H (mm)	Isolant	Métal		XL 135	XL195	XL-A 250	XL/XL-A 400	XL/XL-A 600	XL-A 800
DPX 125	fixe	vertical	juxtaposé avec appareils modulaires	avant ou arrière	262 08	200	092 21	092 71		092 02	092 02	092 02	092 02	092 02	092 02
			appareil seul	avant ou arrière	092 53	300	092 23	092 73		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			juxtaposé avec DPX 160 ou 250 ER	avant ou arrière	094 29	300	092 22	092 72			092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel latéral	avant ou arrière	2 x 092 53	300	092 23	092 73		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	092 55	300	092 25	092 75		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
		horizontal	appareil seul	avant ou arrière	092 09	200	092 34	092 84		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	092 09	200	092 35	092 85		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
	extractible	vertical	appareil seul	prises avant	094 30	300	092 23	092 73					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	096 00	300	092 23	092 73					092 08	092 08	092 08
		horizontal	appareil seul	prises avant	094 31	200	092 34	092 84					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	096 01	200	092 34	092 84					092 08	092 08	092 08
DPX 160	fixe	vertical	juxtaposé avec appareils modulaires	avant ou arrière	262 09	300	092 22	092 72		092 02	092 02	092 02	092 02	092 02	092 02
			appareil seul	avant ou arrière	092 54	300	092 23	092 73		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel latéral	avant ou arrière	2 x 092 54	300	092 23	092 73		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	092 56	400	092 26	092 76		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
		en gaine	appareil seul	prises avant	092 54	600	(3)	096 33			092 68				
			avec bloc différentiel aval	prises avant	092 56	600	(3)	096 33			092 68				
		horizontal	appareil seul	avant ou arrière	092 10	200	092 36	092 86		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	092 10	200	092 37	092 87		092 07[1]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
	extractible	vertical	appareil seul	avant ou arrière	094 32	300	092 23	092 73					092 08	092 08	092 08
			avec bloc différentiel aval	prises avant	097 30	400	092 26	092 76					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 31	400	092 26	092 76					092 08	092 08	092 08
		horizontal	appareil seul	avant ou arrière	094 33	200	092 36	092 86					092 08	092 08	092 08
			avec bloc différentiel aval	prises avant	097 32	200	092 37	092 87					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 33	200	092 37	092 87					092 08	092 08	092 08
DPX 250 ER	fixe	vertical	juxtaposé avec appareils modulaires	avant ou arrière	262 09	300	092 22	092 72		092 02	092 02	092 02	092 02	092 02	092 02
			appareil seul	avant ou arrière	097 50	300	092 22	092 72		092 07[1] [2]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel latéral	avant ou arrière	2 x 097 50	300	092 22	092 72		092 07[1] [2]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	097 51	400	097 53	097 55		092 07[1] [2]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
		en gaine	appareil seul	prises avant	097 50	600	(3)	096 36			092 68				
			avec bloc différentiel aval	prises avant	097 51	600	(3)	096 36			092 68				
		horizontal	appareil seul	avant ou arrière	097 52	200	092 36	092 86		092 07[1] [2]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	097 52	200	097 54	097 56		092 07[1] [2]	092 07[1]	092 07[1]	092 07	092 07	092 07
	extractible	vertical	appareil seul	prises avant	097 57	300	092 23	092 73					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 58	300	092 23	092 73					092 08	092 08	092 08
			avec bloc différentiel aval	prises avant	097 34	400	097 53	097 55					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 35	400	097 53	097 55					092 08	092 08	092 08
		horizontal	appareil seul	prises avant	097 59	200	092 36	092 86					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 60	200	092 36	092 86					092 08	092 08	092 08
			avec bloc différentiel aval	prises avant	097 36	200	097 54	097 56					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 37	200	097 54	097 56					092 08	092 08	092 08

(1) Prises avant seulement
(2) Jusqu'à 160 A
(3) Utiliser les façades plastrons découpables réf. 096 78 (hauteur 1600 mm) ou réf. 096 79 (hauteur 1900 mm)

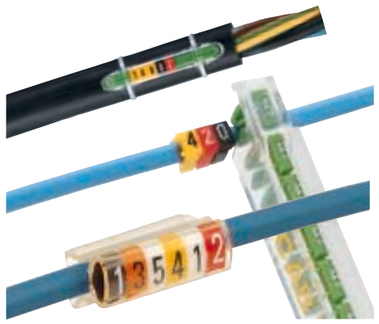
	Disjoncteurs DPX				Platine	Plastron				Dispositif de fixation en fonction de l'enveloppe					
	Version	Position	Configuration	Raccordement		H (mm)	Isolant	Métal		XL 135	XL195	XL-A 250	XL/XL-A 400	XL/XL-A 600	XL-A 800
DPX 250	fixe	vertical	appareil seul	avant ou arrière	092 60	400	092 28	092 78			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	092 57	550	092 30	092 80			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
		en gaine	appareil seul	prises avant	092 60	750	(1)	096 34			092 69				
			avec bloc différentiel aval	prises avant	092 57	750	(1)	096 34			092 69				
		horizontal	appareil seul	prises avant	092 11	200	092 38	092 88			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
				prises arrière	094 93	250		094 94			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	prises avant	092 11	200	092 39	092 89			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
				prises arrière	094 93	250		094 83			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
		Inverseur de sources manuel			096 04	400		096 20					092 08	092 08	092 08
		Inverseur de souces à commande motorisée			096 04	400		096 21					092 08	092 08	092 08
	extractible ou débrochable	vertical	appareil seul	prises avant	097 34	400	092 29	092 79					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	096 02	400	092 29	092 79					092 08	092 08	092 08
	extractible	horizontal	appareil seul	prises avant	094 35	250		094 94					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	094 03	250		094 94					092 08	092 08	092 08
		vertical	avec bloc différentiel aval	prises avant	097 38	550	092 30	092 80					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 39	550	092 30	092 80					092 08	092 08	092 08
		horizontal	avec bloc différentiel aval	prises avant	097 40	200	092 39	092 89					092 06	093 06	094 06
				prises arrière	097 41	250		094 83					092 06	093 06	094 06
		inverseur de sources			097 25	400		097 70					092 08	092 08	092 08
	débrochable	vertical	avec bloc différentiel aval	prises avant	097 38			097 72					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 39			097 73					092 08	092 08	092 08
		inverseur de sources			097 25	400		097 71					092 08	092 08	092 08
DPX 630	fixe	vertical	appareil seul	avant ou arrière	092 61	400	092 29	092 79			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	092 58	550	092 31	092 81			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
		en gaine	appareil seul	prises avant	092 61	750	(1)	096 35			092 69				
			avec bloc différentiel aval	prises avant	092 58	750	(1)	096 35			092 69				
		horizontal	appareil seul	avant ou arrière	092 12	250	092 40	092 90			092 07	092 07	092 07	092 07	092 07
			avec bloc différentiel aval	avant ou arrière	092 12	250	092 41	092 91					092 07	092 07	092 07
		inverseur de sources manuel			096 08	550		092 24					092 06	092 06	092 06
		inverseur de sources à commande motorisée			096 08	550		092 25					092 06	092 06	092 06
	extractible	vertical	appareil seul	prises avant	094 36	400	092 29	092 79					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	096 06	400		092 79					092 08	092 08	092 08
			avec bloc différentiel aval	prises avant	097 42	550	092 31	092 81					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 43	550	092 31	092 81					092 08	092 08	092 08
		horizontal	appareil seul	prises avant	094 37	300		096 23					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	096 07	300		096 23					092 08	092 08	092 08
			avec bloc différentiel aval	prises avant	097 44	250	092 41	092 91					092 06	093 06	094 06
				prises arrière	097 45	250	092 41	092 91					092 06	093 06	094 06
		inverseur de sources			097 26	550		097 74					092 06	092 06	092 06
	débrochable	vertical	appareil seul	prises avant	094 36	400		094 84					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	096 06	400		094 84					092 08	092 08	092 08
			avec bloc différentiel aval	prises avant	097 42			097 76					092 08	092 08	092 08
				prises arrière	097 43			097 77					092 08	092 08	092 08
		inverseur de sources			097 26			097 75							
DPX 1600	fixe	vertical	appareil seul	prises avant	096 15	550		092 82						092 06	092 06
				prises arrière	092 63	550		092 82						092 06	092 06
		horizontal	appareil seul	prises avant	096 10	400		092 49						092 06	092 06
				prises arrière	096 11	400		092 49						092 06	092 06
		inverseur de sources manuel			096 12	700		096 27						direct	direct
		inverseur de sources à commande motorisée			096 12	700		096 28						direct	direct
	débrochable	vertical	appareil seul	avant ou arrière	094 90	550		094 92						direct	direct
		inverseur de sources			097 27	900		097 79						direct	direct

1) Utiliser les façades plastrons découpables réf. 096 78 (hauteur 1600 mm) ou réf. 096 79 (hauteur 1900 mm)

Les accessoires de câblage



La circulation :
goulottes Lina 25™



Le repérage :
Duplix™, Cab 3™, Memocab™



Le raccordement :
pinces et embouts Starfix™, Blocs de jonction Viking™ 3

1 GOULOTTES LINA 25 ™

Dimensions largeur x hauteur (mm)												
25 x 25	25 x 40	25 x 60	40 x 25	40 x 40	40 x 60	40 x 80	60 x 40	60 x 60	60 x 80	80 x 60	80 x 80	120 x 80
362 00	362 01	362 02	362 05	362 06	362 07	362 08	362 11	362 12	362 13	362 16	362 17	362 25

Outils et accessoires Lina 25™		Référence
Pince Lina 25™		367 10
Accessoires de repérage Linagraf	Pour repère CAB3	366 37
	Porte étiquette pas 6/6,5	367 02
	Bandeau d'extension 2 m	370 10
Gaine de passage de porte (rouleau 25 m)	Ø 15 mm	366 38
	Ø 35 mm	366 39
Accessoires de fixation isolants Linafix	Sur châssis-rail	367 00
	Sur traverse	366 40
	Sur montants XL	095 99
	Sur plaques perforées	366 41
	Sur porte	366 42
	Entre goulotte Lina 25™	366 43
	Rivet pour plaque pleine	366 46
	Agrafe de maintien des câbles	367 01

2 STARFIX™

Section (mm²)	Couleur	Embouts simples à colerette isolante en recharge grande capacité nombre	en recharge grande capacité référence	en bandes ou à l'unité nombre	en bandes ou à l'unité référence	Embouts doubles (à l'unité)
0,5	blanc	300	376 41	12 x 40	376 61	
0,75	bleu	300	376 42	12 x 40	376 62	376 87
1	rouge	300	376 43	28 x 40	376 63	376 88
1,5	noir	300	376 44	28 x 40	376 64	376 89
2,5	gris	250	376 45	28 x 40	376 66	376 90
4	orange			10 x 25	376 67	
6	vert			10 x 25	376 68	
10	brun			1	376 69	
16	blanc			1	376 70 / 376 72(1)	
25	noir			1	376 71	
35	rouge			1	376 77	
50	bleu			1	376 78	

(1) Embout court

Outils et accessoires		Sections des embouts (mm²) 0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10 à 50
Pince Starfix	standard			376 49			376 51		
	à cliquet			376 91			376 96		
Malette : pince + assortiment d'embouts				376 59					376 92
Ensemble de 5 couteaux de rechange + clé				376 98			376 99		
Pince Starfix S multifonctions				376 97					
Chargeur pour pince standard ou à cliquet		376 52	376 53	376 54	376 55	376 56	376 57	376 58	
Chargeur pour Pince Starfix S		376 80	376 81	376 82	376 83	376 84			
Kit module de test				376 93					

3 DUPLIX™

Porte-repères	Noir	rouge	Jaune	Vert	Bleu
7 caractères	384 50	384 52	384 54	384 55	384 56
14 caractères	384 60	384 62	384 64	384 65	384 66

Lettres noires sur fond blanc				Chiffres avec code couleur international			Signes conventionnels noirs sur fond blanc	
A	384 10	N	384 23	0	Noir	384 00	/	384 40
B	384 11	O	384 24	1	Brun	384 01	•	384 41
C	384 12	P	384 25	2	Rouge	384 02	+	384 42
D	384 13	Q	384 26	3	Orange	384 03	-	384 43
E	384 14	R	384 27	4	Jaune	384 04	∿	384 44
F	384 15	S	384 28	5	Vert	384 05	⎓	384 45
G	384 16	T	384 29	6	Bleu	384 06	⏚	384 46
H	384 17	U	384 30	7	Violet	384 07	Blanc	384 99
I	384 18	V	384 31	8	Gris	384 08		
J	384 19	W	384 32	9	Blanc	384 09		
K	384 20	X	384 33					
L	384 21	Y	384 34					
M	384 22	Z	384 35					

Lot et accessoires	Référence
Lot de repères Duplix	384 96
Porte-étiquette 7 caractères	384 98
Capot de protection des repères	384 97
Malette d'intervention sur site	382 00

4 MÉMOCAB™

Porte-repères		Nombre de repères 2	4 (12 mm)	6 (15 mm)	7 (18 mm)	8	12 (30 mm)	500 mm (à couper)
Pour blocs de jonction		379 00						
Pour filerie (section en mm²)	0,25 à 1,5		379 27	379 30	379 36		379 40	
	0,75 à 4		379 28	379 31	379 37		379 41	379 44
	4 à 16			379 32	379 38		379 42	
	16 à 50				379 33		379 43	
	50 à 95				379 34			
	95 à 300				379 35			
Tenant/aboutissant simultanés (section en mm²)	0,25 à 1,5				379 20		379 10	
	0,75 à 4				379 21		379 11	
	4 à 16				379 22			
Adhésif					377 10			
Fixation par collier Colring						377 12		

Lettres majuscules noires sur fond blanc		Chiffres avec code couleur international			Chiffres noirs sur fond blanc		Signes conventionnels noirs sur fond bland	
A	378 26	0	Noir	378 09	0	377 80	/	379 54
B	378 27	1	Brun	378 07	1	377 81	•	379 55
C	378 28	2	Rouge	378 10	2	377 82	+	379 56
D	378 29	3	Orange	378 02	3	377 83	-	379 57
E	378 30	4	Jaune	378 06	4	377 84	∿	379 58
F	378 31	5	Vert	378 05	5	377 85	⎓	379 59
G	378 32	6	Bleu	378 08	6	377 86	⏚	379 60
H	378 33	7	Violet	378 01	7	377 87		
I	378 34	8	Gris	378 04	8	377 88		
J	378 35	9	Blanc	378 03	9	377 89		
K	378 36							
L	378 37							
M	378 38							
N	378 39							
O	378 40							
P	378 41							
Q	378 42							
R	378 43							
S	378 44							
T	378 45							
U	378 46							
V	378 47							
W	378 48							
X	378 49							
Y	378 50							
Z	378 51							

Equipement Mémocab		Référence
Classeur double pour 48 réglettes de repères		379 91
Classeur chevalet de préparation (510 repères)		379 97
Recharge pour classeur de préparation		379 96
Préhenseurs	pour porte-repères de 15 mm	379 92
	pour porte-repères de 30 mm	379 90
Préhenseur double pour porte-repères tenant/aboutissant		379 89
Extracteur pour porte-repères de 15 mm		379 93
Malette d'intervention sur site		379 99

5 CAB 3™

Repères pour conducteurs			Sections des conducteurs (mm²) 0,15 à 0,5	0,5 à 1,5	1,5 à 2,5	4 à 6
Nombres noirs sur fond blanc	01 à 20			381 50	381 60	
	21 à 40			381 51	381 61	
	41 à 60			381 52	381 62	
	61 à 80			381 53	381 63	
	81 à 100			381 54	381 64	
	vierge			381 55	381 65	
Chiffres code couleur internationnal	0	noir	381 00	382 10	382 20	382 30
	1	brun	381 01	382 11	382 21	382 31
	2	rouge	381 02	382 12	382 22	382 32
	3	orange	381 03	382 13	382 23	382 33
	4	jaune	381 04	382 14	382 24	382 34
	5	vert	381 05	382 15	382 25	382 35
	6	bleu	381 06	382 16	382 26	382 36
	7	violet	381 07	382 17	382 27	382 37
	8	gris	381 08	382 18	382 28	382 38
	9	blanc	381 09	382 19	382 29	382 39
Lettres noires sur fond jaune		A	381 10	383 00	383 30	383 60
		B	381 11	383 01	383 31	383 61
		C	381 12	383 02	383 32	383 62
		D	381 13	383 03	383 33	383 63
		E	381 14	383 04	383 34	383 64
		F	381 15	383 05	383 35	383 65
		G	381 16	383 06	383 36	383 66
		H	381 17	383 07	383 37	383 67
		I	381 18	383 08	383 38	383 68
		J	381 19	383 09	383 39	383 69
		K	381 20	383 10	383 40	383 70
		L	381 21	383 11	383 41	383 71
		M	381 22	383 12	383 42	383 72
		N	381 23	383 13	383 43	383 73
		O	381 24	383 14	383 44	383 74
		P	381 25	383 15	383 45	383 75
		Q	381 26	383 16	383 46	383 76
		R	381 27	383 17	383 47	383 77
		S	381 28	383 18	383 48	383 78
		T	381 29	383 19	383 49	383 79
		U	381 30	383 20	383 50	383 80
		V	381 31	383 21	383 51	383 81
		W	381 32	383 22	383 52	383 82
		X	381 33	383 23	383 53	383 83
		Y	381 34	383 24	383 54	383 84
		Z	381 35	383 25	383 55	383 85
Signes conventionnels noirs sur fond jaune		/	381 40	382 70	382 80	382 90
		•	381 41	382 71	382 81	382 91
		+	381 42	382 72	382 82	382 92
		-	381 43	382 73	382 83	382 93
		∿	381 44	382 74	382 84	382 94
		⎓	381 45	382 75	382 85	382 95
		⏚	381 46	382 76	382 86	382 96

Lots, accessoires et outils		Référence
Lot de repères chiffres + 10 chargeurs	2500 repères 0,15 à 0,5 mm²	382 01
	3000 repères 0,5 à 1,5 mm²	382 02
	3000 repères 1,5 à 2,5 mm²	382 03
	2000 repères 4 à 6 mm²	382 04
Porte-repères pour câbles	10 à 16 mm²	383 90
	25 à 35 mm²	383 91
Support de repère pour blocs de fonction		383 92
Chargeurs transparents (section en mm²)	0,15 à 0,5	383 94
	0,5 à 1,5	383 95
	1,5 à 2,5	383 96
	4 à 6	383 97
Malette d'intervention sur site		382 00
Outil de pose + 3 têtes		382 05
Tête de rechange pour outil de pose		382 06
Distributeur de repérage		382 08

6 BLOCS DE JONCTION VIKING™ 3

Connexion à vis étrier		Fonction électrique	Blocs de jonction: Capacité nominale (mm²)	Blocs de jonction: Pas (mm)	Blocs de jonction: Référence blocs		Isolement: Cloison terminale	Isolement: Cloison de séparation et d'isolement	Protection: Ecran de protection unipolaire	Protection: Ecran de protection à couper	Interconnexion: Peigne de liaison équipotentielle	Interconnexion: Barreau de liaison équipotentielle	Mesure et raccordement: Barrettes de continuité de blindage	Mesure et raccordement: Alvéole de test
Standard	1 jonction simple 1 entrée - 1 sortie		2,5	5	390 60		394 50	394 66	394 92	394 80		394 10	394 05	394 24
			4	6	390 61		394 50	394 66	394 92	394 80	394 20	394 11	394 05	394 24
			6	8	390 62		394 51	394 66	394 93	394 80	394 21	394 12	394 05	394 24
			10	10	390 64		394 51	394 66	394 93	394 80		394 13	394 05	394 24
			16	12	390 66		394 52	394 67	394 94	394 81		394 14		394 25
			35	15	390 68		394 52	394 67	394 94	394 81		394 15		394 25
			70	22	390 70		incorporée							
	1 jonction simple 1 entrée - 2 sorties		4	6	390 82		394 82	394 66		394 80	394 20	394 11	394 05	394 24
	2 jonctions simples à étages		2,5	5	390 77		394 55	394 69				394 10		
			4	6	390 78		394 55	394 69			394 20	394 11		
V.O. - UL 94	1 jonction simple		2,5	5	390 00		394 73	394 66	394 92	394 80		394 10	394 05	394 24
			4	6	390 01		394 73	394 66	394 92	394 80	394 20	394 11	394 05	394 24
			6	8	390 02		394 74	394 66	394 93	394 80	394 21	394 12	394 05	394 24
			10	10	390 04		394 74	394 66	394 93	394 80		394 13	394 05	394 24
			16	12	390 06		394 75	394 67	394 94	394 81		394 14		394 25
			35	15	390 08		394 75	394 67	394 94	394 81		394 15		394 25
Standard 1 entrée - 3 sorties	2 jonctions simples à étages		4	6	390 76		394 55	394 69			394 20	394 11		
Porte diode			4	6	390 80		394 55	394 69			394 20	394 11		
A led présence tension			4	6	390 81		394 55	394 69			394 20	394 11		
Sectionnable	A couteau - 1 jonction simple		4	6	390 84		394 51	394 66			394 20		394 05	
	Neutre équipé - 1 jonction simple	N	4	8	390 85		393 49	394 67						
	Cartouche 5 x 20 - 1 jonction simple		4	8	390 86 390 87[1]		393 49	394 67						
			4	8	390 83		394 83							
	Cartouche 5 x 20 - 2 jonctions simples		4	8	390 88		393 48							
Pour conducteur neutre	1 jonction simple agréé EExi[2]	N	2,5	5	393 00		393 09	394 66	394 92	394 80		394 10	394 05	394 24
			4	6	393 01		393 09	394 66	394 92	394 80	394 20	394 11	394 05	394 24
			6	8	393 02		393 11	394 66	394 93	394 80	394 21	394 12	394 05	394 24
			10	10	393 03		393 11	394 66	394 93	394 80		394 13	394 05	394 24
			16	12	393 04		393 13	394 67	394 94	394 81		394 14		394 25
			35	15	393 05		393 13	394 67	394 94	394 81		394 15		394 25
	2 jonctions simples agréé EExi[2]	N N	4	6	393 07		393 15	394 69			394 20	394 11		
Pour circuit non coupé par le dispositif de sectionnement général	Standard - 1 jonction simple		2,5	5	393 37		393 46	394 66	394 92	394 80		394 10	394 05	394 24
			4	6	393 39		393 46	394 66	394 92	394 80	394 20	394 11	394 05	394 24
	Standard - 1 jonction simple		4	6	393 38		393 45	394 66			394 20		394 05	
Capteur / actionneur 3 étages	Capteur - 3 jonctions simples		2,5	5	390 53		394 53				394 22 bleu 394 23 marron			
	Alimentation - 3 jonctions simples		2,5	5	390 51		394 53				394 22 bleu 394 23 marron			
	Actionneur - 3 jonctions simples		2,5	5	390 52		394 53				394 22 bleu 394 23 marron			

Connexion à vis étrier		Fonction électrique	Blocs de jonction Capacité nominale (mm²)	Pas (mm)	Référence blocs		Isolement Cloison terminale	Cloison de séparation et d'isolement	Protection Ecran de protection unipolaire	Ecran de protection multipolaire	Ecran de protection à couper	Interconnexion Peigne de liaison isolé	Barreau de liaison	Barrettes de continuité de blindage
Pour conducteur de protection	Boîtier isolant simple Pied métallique		2,5	5	393 70		393 87							
			4	6	393 71		393 87							
			6	8	393 72		incorporée							
			10	10	393 74		incorporée							
			16	12	393 76		incorporée							
			35	15	393 78		incorporée							
	Boîtier isolant simple 2 jonctions simples - Pied métallique		4	6	393 73		393 84							
	Pied plastique		4	6	393 81		393 87	394 66	394 92		394 80	394 20	394 11	394 05
			6	8	393 82		393 88	394 66	394 93		394 80	394 21	394 12	394 05
	Boîtier nu		35	15	393 96									
De puissance	Pour câbles		70	22	390 70		incorporée							
			120	34	390 28			394 78		394 85/86				
	Pour barres ou cosses		35	26	390 31			394 77		394 84/88				
			70	34	390 32			394 78		394 85/86				
			120	34	390 33			394 78		394 85/86				
			240	46	390 34			394 78		394 86/89				
	Pour câbles et barres ou cosses		35	26	390 36			394 77		394 84/88				
			70	26	390 37			394 77		394 84/88				
			120	34	390 38			394 78		394 85/86				

Connexion à ressort			Fonction électrique	Blocs de jonction Capacité nominale (mm²)	Pas (mm)	Référence blocs		Cloison terminale	Isolement Cloison de séparation et d'isolement	Plaque de sécurité	Interconnexion Peigne de liaison 2 pôles	Peigne de liaison 3 pôles	Peigne de liaison 10 pôles
Standard	1 jonction simple 1 entrée - 1 sortie			2,5	5	396 01		396 31	396 49	396 55	396 58	396 59	396 60
				4	6	396 04		396 31	396 49	396 56	396 61	396 62	396 63
				6	8	396 05		intégrée		396 98	396 75		
				10	10	396 06				396 54	396 64		
				16	12	396 07				396 57	396 65		
	1 jonction simple 1 entrée - 2 sorties			2,5	5	396 02		396 32	396 50	396 55	396 58	396 59	396 60
				4	6	396 08		396 77	396 80	396 56	396 61	396 62	396 63
	1 jonction simple 1 entrée - 3 sorties			2,5	5	396 03		396 33	396 51	396 55	396 58	396 59	396 60
	2 jonctions simples à étages 2 x (1 entrée - 1 sortie)			1,5	5	396 27		396 48	396 53	396 55	396 58	396 59	396 60
				4	6	396 36		396 85	396 88	396 56		396 62	396 63
Pour conducteur de neutre	1 jonction simple 1 entrée - 1 sortie		N	2,5	5	396 11		396 37	396 49	396 55	396 58	396 59	396 60
				4	6	396 14		396 37	396 49	396 56	396 61	396 62	396 63
				6	8	396 15		intégrée		396 98	396 75		
				10	10	396 16				396 54	396 64		
				16	12	396 17				396 57	396 65		
	1 jonction simple 1 entrée - 2 sorties		N	2,5	5	396 12		396 38	396 50	396 55	396 58	396 59	396 60
				4	6	396 18		396 78	396 80	396 56	396 61	396 62	396 63
	1 jonction simple 1 entrée - 3 sorties		N	2,5	5	396 13		396 39	396 51	396 55	396 58	396 59	396 60
	2 jonctions simples à étages 2 x (1 entrée - 1 sortie)		N N	4	6	396 46		396 86	396 88	396 56		396 62	396 63
Sectionnable	1 jonction simple 1 entrée - 1 sortie	à couteau		4	6	396 28		396 47		396 56	396 61	396 62	396 63
		5 x 20 à bouchon		4	6	396 40/41		396 34		396 56	396 61	396 62	396 63
		porte-diode		2,5	5	396 42		396 33	396 51	396 55	396 58	396 59	396 60
Pour conducteur de protection	1 jonction simple 1 entrée - 1 sortie			2,5	5	396 21		396 43	396 49		396 49		
				4	6	396 24		396 43	396 49				
				6	8	396 25		intégrée					
				10	10	396 26							
				16	12	396 29							
	1 jonction simple 1 entrée - 2 sorties			2,5	5	396 22		396 76	396 50				
				4	6	396 30		396 79	396 80				
	1 jonction simple 1 entrée - 3 sorties			2,5	5	396 23		396 45	396 51				
	2 jonctions simples à étages 2 x (1 entrée - 1 sortie)			4	6	396 66		396 87	396 88				

Les prises industrielles



Socle de prise IP 44



Socle de connecteur IP 44



Coffret de prises prééquipé IP 44

1 SOCLES Hypra® IP 44, BT 16/32/63 A

Conformes aux normes CEI 60309-1 / 60309-2 BT			Prisinter							Socles saillie simple		Socles saillie passage		Socles de connecteur tableau		Socles de connecteur saillie	
			Socles tableau		Socles saillie		Socles tableau										
			métal	plastique	métal	plastique	métal	plastique		métal	plastique	métal	plastique	métal	plastique	métal	plastique
100 à 130 V 50 et 60 Hz	16 A	2 P + T		519 10		519 10 + 520 49		519 20			519 20 + 520 29		519 20 + 520 89		519 70		519 70 + 520 79
	32 A	2 P + T						519 22			519 22 + 529 29		519 22 + 529 89		519 72		519 72 + 529 79
	63 A	2 P + T						535 22					535 22 + 538 89				
200 à 250 V 50 et 60 Hz	16 A	2 P + T	520 12	520 02	520 12 + 520 59	520 02 + 520 49	520 32	520 22		520 32 + 520 39	520 22 + 520 29	520 32 + 520 99	520 22 + 520 89	521 62	521 72	521 62 + 520 69	521 72 + 520 79
		3 P + T		520 03		520 03 + 520 49	520 33	520 23		520 33 + 522 39	520 23 + 522 29	520 33 + 522 99	520 23 + 522 89		520 73		520 73 + 522 79
		3P+N+T		520 04		520 04 + 522 49	520 34	520 24		520 34 + 522 39	520 24 + 522 29	520 34 + 522 99	520 24 + 522 89		520 74		520 74 + 522 79
	32 A	2 P + T		527 02		527 02 + 529 49	527 32	527 22		527 32 + 529 39	527 22 + 529 29	527 32 + 529 99	527 22 + 529 89	528 62	528 72	528 62 + 529 69	528 72 + 529 79
		3 P + T	527 13	527 03	527 13 + 522 59	527 03 + 529 49	527 33	527 23		527 33 + 529 39	527 23 + 529 29	527 33 + 529 99	527 23 + 529 89		527 73		527 73 + 529 79
		3P+N+T					527 34	527 24		527 34 + 529 39	527 24 + 529 29	527 34 + 529 99	527 24 + 529 89		527 74		527 74 + 529 79
	63 A	2 P + T	538 12	536 01	538 12 + 538 09	536 01 + 537 49	536 32	536 22		537 32	537 22	536 32 + 538 99	536 22 + 538 89		537 72		537 72 + 538 79
		3 P + T		536 02		536 02 + 537 49		536 23			536 33		536 23 + 538 89				
		3P+N+T						536 24			536 34		536 24 + 538 89				
380 à 415 V 50 et 60 Hz	16 A	2 P + T		522 02		522 02 + 520 49	522 32	522 22		522 32 + 520 39	522 22 + 520 29	522 32 + 520 99	522 22 + 520 89		522 72		522 72 + 520 79
		3 P + T	522 13	522 03	522 13 + 520 59	522 03 + 520 49	522 33	522 23		522 33 + 522 39	522 23 + 522 29	522 33 + 522 99	522 23 + 522 89	521 63	521 73	521 63 + 522 69	521 73 + 522 79
		3P+N+T	522 14	522 04	522 14 + 529 59	522 04 + 522 49	522 34	522 24		522 34 + 522 39	522 24 + 522 29	522 34 + 522 99	522 24 + 522 89	521 64	521 74	521 64 + 522 69	521 74 + 522 79
	32 A	2 P + T					529 32	529 22		529 32 + 529 39	529 22 + 529 29	529 32 + 529 99	529 22 + 529 89		529 72		529 72 + 529 79
		3 P + T	529 13	529 03	529 13 + 522 59	529 03 + 529 49	529 33	529 23		529 33 + 529 39	529 23 + 529 29	529 33 + 529 99	529 23 + 529 89	528 63	528 73	528 63 + 529 69	528 73 + 529 79
		3P+N+T	529 14	529 04	529 14 + 522 59	529 04 + 529 49	529 34	529 24		529 34 + 529 39	529 24 + 529 29	529 34 + 529 99	529 24 + 529 89	528 64	528 74	528 64 + 529 69	528 74 + 529 79
	63 A	3 P + T	538 00	536 03	538 00 + 538 09	536 03 + 537 49	538 33	538 23		537 33	537 23	538 33 + 538 99	538 23 + 538 89	537 63	537 73	537 63 + 538 69	537 73 + 538 79
		3P+N+T	538 01	536 04	538 01 + 538 09	536 04 + 537 49	538 34	538 24		537 34	537 24	538 34 + 538 99	538 24 + 538 89	537 64	537 74	537 64 + 538 69	537 74 + 538 79
480 à 500 V 50 et 60 Hz	16 A	3 P + T						523 20			523 20 + 522 29		523 20 + 522 89				
	32 A	3 P + T						523 60			523 60 + 529 29		523 60 + 529 89				

2 SOCLES Hypra IP 44, TENSION ET FRÉQUENCE SPÉCIALE, TBT 16/32 A

Conformes aux normes CEI 60309-1 / 60309-2			Socles tableau plastique	Socles saillie plastique	Socles saillie passage plastique
Tensions et fréquences spéciales					
440 à 460 V 60 Hz	16 A	3 P + T	523 10	523 10 + 522 29	523 10 + 522 89
	32 A	3 P + T	523 50	523 50 + 529 29	523 50 + 529 89
> 50 à 500 V 100/300 Hz	16 A	3 P + T	523 30	523 30 + 522 29	523 30 + 522 89
	32 A	3 P + T	523 70	523 70 + 529 29	523 70 + 529 89
> 50 à 500 V 300/500 Hz	16 A	3 P + T	523 40	523 40 + 522 29	523 40 + 522 89
	32 A	3 P + T	523 80	523 80 + 529 29	523 80 + 529 89
TBT					
20 à 25 V 50 et 60 Hz	16 A	2 P	524 01	524 01 + 524 19	
		3 P	524 02	524 02 + 524 19	
	32 A	2 P	525 01	525 01 + 524 19	
		3 P	525 02	525 02 + 524 19	
40 à 50 V 50 et 60 Hz	16 A	2 P	524 03	524 03 + 524 19	
		3 P	524 04	524 04 + 524 19	
	32 A	2 P	525 03	525 03 + 524 19	
		3 P	525 04	525 04 + 524 19	
20 à 50 V⎓	16 A	2 P	524 05	524 05 + 524 19	
	32 A	2 P	525 05	525 05 + 524 19	

3 SOCLES Hypra IP 67, BT 16/32/63/125 A

Brochage CEI Conformes aux normes CEI 60309-1 / 60309-2			Prisinter	Socles tableau	Socles saillie simple	Socles saillie passage	Socles de connecteur tableau	Socles de connecteur
100 à 130 V 50 et 60 Hz	16 A	2 P + T		519 25	519 25 + 520 29	519 25 + 520 89		
	32 A	2 P + T		519 26	519 26 + 529 29	519 26 + 529 89		
200 à 250 V 50 et 60 Hz	16 A	2 P + T		520 26	520 26 + 520 29	520 26 + 520 89		568 13
	32 A	2 P + T		527 26	527 26 + 529 29	527 26 + 529 89		568 33
	63 A	2 P + T		536 26	536 36	536 26 + 538 89	537 76	
		3 P + T		536 27	536 37	536 27 + 538 89		
		3 P + N + T		536 28	536 38	536 28 + 538 89		
380 à 415 V 50 et 60 Hz	16 A	3 P + T		522 27	522 27 + 522 29	522 27 + 522 89		568 17
		3 P + N + T		522 28	522 28 + 522 29	522 28 + 522 89		568 18
	32 A	3 P + T		529 27	529 27 + 529 29	529 27 + 529 89		568 37
		3 P + N + T		529 28	529 28 + 529 29	529 28 + 529 89		568 38
	63 A	3 P + T		538 27	538 37	538 27 + 538 89	537 77	
		3 P + N + T		538 28	538 38	538 28 + 538 89	537 78	
	125 A	3 P + T	591 04	591 12	591 02		591 42	591 44
		3 P + N + T	591 05	591 13	591 03		591 43	591 45
480 à 500 V 50 et 60 Hz	63 A	3 P + T		537 27	537 37	537 27 + 538 89		

4 Hypra IP 55/67 BROCHAGE DOMESTIQUE

Brochage UTE Selon la norme UTE NF C 61-303 BT			Socles tableau	Boîtier	Fiches droites	Fiches coudées	Prises mobiles	Plaque adaptatrice pour socle à entraxe unifié
200 à 250 V 50 et 60 Hz	16 A	2 P + T	539 11	539 10	539 32	539 33	539 37	521 18

5 COFFRETS MONOPRISE EQUIPÉS Hypra IP 44 ET IP 66/67

Conformes aux normes CEI 60309-1 / 60309-2 60439-1			Coffret avec inter IP 44	avec rail ⌴ IP 44	avec inter diff IP 44	avec inter + rail ⌴ IP 44	avec inter + inter diff IP 44	avec Prisinter + inter diff IP 44	avec inter IP 66/67	avec inter + rail ⌴ IP 66/67	avec inter + inter diff IP 66/67
100 à 130 V ~	16 A	2 P + T	592 00	592 02	592 01		596 00	592 23		596 30	596 20
200 à 250 V ~	16 A	2 P + T	592 03	592 06	592 07	596 10	596 01	592 24	592 05	596 31	596 21
		3 P + T	592 08								
	32 A	2 P + T	592 43	592 46	592 47	596 15	596 05	592 27	592 45	596 35	596 25
		3 P + T	592 48								
380 à 415 V ~	16 A	3 P + T	592 09	592 13	592 14	596 12	596 02	592 25	592 12	596 32	596 22
		3 P + N + T	592 16	592 18	592 19	596 13	596 03	592 26	592 17	596 33	596 23
	32 A	3 P + T	592 49	592 53	592 54	596 17	596 07	592 28	592 52	596 37	596 27
		3 P + N + T	592 56	592 58	592 59	596 18	596 08	592 29	592 57	596 38	596 28
	63 A	3 P + T	592 34	592 39		592 86	592 83	592 88	592 36	592 87	592 80
		3 P + N + T	592 35	592 40		592 85	592 84	592 89	592 37	592 82	592 81

6 COFFRETS MULTIPRISES ÉQUIPÉS Hypra IP 44

Conformes aux normes CEI 60309-1 / 60309-2 / 60439-1 Socles montés			Coffret avec disjoncteur différentiel 598 65	avec disjoncteur 598 66	avec disjoncteur 598 67	avec disjoncteur + transfo 598 62	avec disjoncteur + transfo 598 61	avec disjoncteur + interdif + transfo 598 63	avec disjoncteur + interdif + transfo 598 70	avec disjoncteur + interdif + transfo 598 64
20 à 25 V ~	16 A	2 P				2	1	2	2	
200 à 250 V ~	16 A	2 P + T	1	1	1		1	1	1	1
		2 P + T NFC	1				1	2	2	
380 à 415 V ~	16 A	3 P + T								1
	32 A	3 P + T		1				1		
		3 P + N + T			1				1	

Les chiffres indiquent le nombre de socles de prises montées sur chaque coffret.

7 SOCLES À ENTRAXES UNIFIÉS

Conformes aux normes CEI 60309-1 / 60309-2			IP 44	IP 67
100 à 130 V ~	16 A	2 P + T	519 19	519 24
	32 A	2 P + T	519 21	519 27
200 à 250 V ~	16 A	2 P + T	520 18	520 21
		3 P + T	520 19	
		3 P + N + T	520 20	
	32 A	2 P + T	527 18	527 25
		3 P + T	527 19	
		3 P + N + T	527 20	
380 à 415 V ~	16 A	2 P + T	522 18	
		3 P + T	522 19	522 30
		3 P + N + T	522 20	522 31
	32 A	2 P + T	529 18	
		3 P + T	529 19	529 30
		3 P + N + T	529 20	529 31
480 à 500 V ~	16 A	3 P + T	523 19	
	32 A	3 P + T	523 59	

8 SOCLES P17

				Socles de tableau		Socles saillie		Socles de connecteurs	
				IP 44	IP 67	IP 44	IP 67	IP 44	IP 67
TBT	20/25 V ~ violet	2 P	16 A	552 11		552 06			
			32 A	552 61		552 56			
		3 P	16 A	552 12		552 07			
			32 A	552 62		552 67			
	40/50 V ~ blanc	2 P	16 A	552 13		552 08			
			32 A	552 63		552 58			
		3 P	16 A	552 14		552 09			
			32 A	552 64		552 59			
TBT	220/ 250 V ~	2 P+T	16 A	573 64	559 03	553 53	553 03	575 84	568 03
			32 A	576 12	576 32	553 73	553 23	582 84	568 23
		3 P+T	16 A	573 65		553 54		575 85	
			32 A	576 16		553 74		582 85	
	380/ 415 V ~	2 P+T	16 A	573 67		553 56		575 87	
		3 P+T	16 A	573 68	559 07	553 57	553 08	575 88	568 07
			32 A	576 18	576 58	553 77	553 27	582 88	568 27
			63 A		587 24		587 44		587 34
		3 P+T+N	16 A	573 69	559 08	553 58	553 08	575 89	568 08
			32 A	576 24	576 64	553 78	553 28	582 89	268 28
			63 A		587 25		587 45		587 35

9 COFFRETS MONOPRISE ÉQUIPÉS P17

	Indice IP	I max	Prise 2 P + T 200/250 V ~	Prise 3 P + T 380/415 V ~	Prise 3 P + N + T 380/415 V ~
Coffret de prise avec rail ⌴ pour mécanisme modulaire	IP 44	16 A	589 00	589 01	
		32 A		589 02	
Coffret de prise commande par interrupteur	IP 44	16 A	590 01	590 05	590 06
		32 A	590 09	590 13	590 14
	IP 66	63 A		572 98	589 10
Coffret de prise + protection	IP 44	16 A	589 11	589 12	
		32 A	589 13	599 14	
Coffret de prise commandée par interrupteur + rail ⌴ pour mécanisme modulaire	IP 44	16 A		590 45	
		32 A		590 53	
	IP 66	63 A		589 18	572 99

10 COFFRETS MULTIPRISES ÉQUIPÉS P17

	Référence	Prise 2 P 16 A 20/25 V	Prise 2 P + T 16 A 200/250 V	Prise 2 P + T 10/16 A 200/250 V - NFC	Prise 3 P + T 32 A 380/415 V
Coffret 2 socles avec protection	589 15	2			
	589 20	1	1		
	589 21		1		1
Coffrets 5 socles avec protection	598 22	2	1	1	1

Agences régionales

1 • Région parisienne
75 - 77 - 78 - 91 - 92 - 93 - 94 - 95
93171 Bagnolet cedex
B.P. 37 - 82 rue Robespierre
✆ : 01 49 72 52 00
Fax : 01 49 72 92 38
@ : agence-legrand.paris@legrand.fr

2 • Nord
59 - 62 - 80
59650 Villeneuve d'Ascq
Z.I. La Pilaterie
19 C, rue de la Ladrie
✆ : 03 28 33 86 00
Fax : 03 20 89 18 66
@ : agence-legrand.lille@legrand.fr

02 - 08 - 51 - 60
51100 Reims
Pôle Technologique Henri Farman
11, rue Clément Ader
✆ : 03 26 40 05 20
Fax : 03 26 82 15 82
@ : bureau-legrand.reims@legrand.fr

3 • Est
52 - 54 - 55 - 57 - 88
54320 Maxeville
Parc d'activités Saint Jacques
8 bis, rue Blaise Pascal
✆ : 03 83 98 08 09
Fax : 03 83 98 61 59
@ : agence-legrand.nancy@legrand.fr

67 - 68
67201 Eckbolsheim
Le Quartier d'entreprises
4, rue Ettore Bugatti
✆ : 03 88 77 32 32
Fax : 03 88 77 00 87
@ : bureau-legrand.strasbourg@legrand.fr

4 • Bourgogne-Franche-Comté
10 - 21 - 25 - 39 - 70 - 71 - 89 - 90
21000 Dijon
Apogée Bâtiment C
7, boulevard Rembrandt
✆ : 03 80 71 27 26
Fax : 03 80 71 22 80
@ : agence-legrand.dijon@legrand.fr

5 • Rhône-Alpes
01 - 07 - 26 - 42 - 43 - 69
69344 Lyon Cedex 07
Les Jardins d'Entreprise - Bât. H1
213, rue de Gerland
✆ : 04 78 69 87 42
Fax : 04 78 69 87 59
@ : agence-legrand.lyon@legrand.fr

38 - 73 - 74
38170 Seyssinet - Pariset
Z.A.C. de la Tuilerie
36, rue de la Tuilerie - City parc
✆ : 04 76 48 61 15
Fax : 04 76 96 50 20
@ : bureau-legrand.grenoble@legrand.fr

6 • Méditerranée
04 - 05 - 06 - 13 (sauf Arles)
20 - 83 - MC
13855 Aix en Provence Cedex 3
Europarc de Pichaury - Bât. B2
1330, avenue Jean Guilibert de la Lauzière
✆ : 04 42 90 28 28
Fax : 04 42 90 28 39
@ : agence-legrand.aix-en-provence@legrand.fr

30 - 34 - 84 - Arles
34036 Montpellier Cedex 1
Parc Club du Millénaire - Bât. 3
1025, rue Henri Becquerel
✆ : 04 99 13 74 74
Fax : 04 99 13 74 89
@ : bureau-legrand.montpellier@legrand.fr

7 • Midi-Pyrénées
09 - 11 - 12 - 31 - 32 - 46
48 - 65 - 66 - 81 - 82
31130 Balma
Les Espaces de Balma
16, avenue Charles de Gaulle
✆ : 05 62 57 70 70
Fax : 05 62 57 70 71
@ : agence-legrand.toulouse@legrand.fr

8 • Sud-Ouest
16 - 17 - 24 - 33 - 40 - 47 - 64
33700 Mérignac
Domaine de Pelus
10, avenue Pythagore
✆ : 05 57 29 07 29
Fax : 05 57 29 07 30
@ : agence-legrand.bordeaux@legrand.fr

9 • Centre
Exclusivement pour contacts commerciaux des départements suivants :
03 - 15 - 19 - 23 - 36 - 58 - 63 - 86 - 87
87000 Limoges
24, av. du Président Kennedy - Magré 8
✆ : 05 55 30 58 24
Fax : 05 55 06 09 07
@ : agence-legrand.limoges@legrand.fr

18 - 37 - 41 - 45
45100 Orléans
Le Lafayette
7, rue Vieille Levée
✆ : 02 38 22 65 65
Fax : 02 38 22 54 54
@ : bureau-legrand.orleans@legrand.fr

10 • Ouest
44 - 49 - 53 - 72 - 79 - 85
44471 Carquefou Cedex
B.P. 717 - La Fleuriaye
Espace Performance 1
✆ : 02 28 09 25 25
Fax : 02 28 09 25 26
@ : agence-legrand.nantes@legrand.fr

22 - 29 - 35 - 56
35769 Saint-Grégoire Cedex
Centre Espace Performance III
Alphasis Bât. M1
✆ : 02 99 23 67 67
Fax : 02 99 23 67 68
@ : bureau-legrand.rennes@legrand.fr

11 • Normandie
14 - 27 - 28 - 50 - 61 - 76
76230 Bois-Guillaume
Rue Gustave Eiffel - Espace leader
✆ : 02 35 59 65 10
Fax : 02 35 59 93 33
@ : agence-legrand.rouen@legrand.fr

Formation Clients
87045 Limoges cedex - France
✆ Formation : 05 55 06 88 30
✆ Relations Enseignement : 05 55 06 88 05
Fax : 05 55 06 74 91
@ : formation.innoval@legrand.fr

Service Prescription Internationale
Coordination projets et chantiers
B.P. 37 - 82, rue Robespierre
93171 Bagnolet cedex - France
✆ : 01 49 72 52 00
Fax : 01 48 97 17 47
@ : prescription.paris@legrand.fr

Service Export
87045 Limoges cedex - France
✆ : 05 55 06 87 87
Fax : 05 55 06 75 75
@ : direction-export.limoges@legrand.fr

GE 22009

LEGRAND SNC
snc au capital de 6 200 000 €
RCS Limoges 389 290 586
Code A.P.E. 516 J
N° d'identification TVA
FR 15 389 290 586

Siège social
128, av. du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny
87045 Limoges Cedex - France
✆ : 05 55 06 87 87 +
télex : 580048 F
Fax : 05 55 06 88 88





www.legrand.fr