CAHIER D'ATELIER

CONSTRUCTION ET CERTIFICATION DES ENSEMBLES SELON NF EN 61439-1 & 2



SPÉCIALISTE MONDIAL DES INFRASTRUCTURES
ÉLECTRIQUES ET NUMÉRIQUES DU BÂTIMENT

legrand®

Depuis juillet 2010 les nouvelles normes NF EN 61439-1 et NF EN 61439-2 remplacent l'ancienne norme NF EN 60439-1. A partir d'octobre 2014 tous les nouveaux ensembles doivent être conformes à ces nouvelles normes.
La norme NF EN 61439-1 définit les règles générales relatives aux ensembles d'appareillage à basse tension. Elle formule les définitions et indique les conditions d'emploi, les exigences de construction, les caractéristiques techniques et les exigences de vérification.
La norme NF EN 61439-2, quant à elle, est une norme produit qui définit les exigences spécifiques (règles de montage).
La nouvelle série de normes NF EN 61439 définit donc plus précisément la réalisation des ensembles d'appareillage à basse tension et leur contrôle en fixant les responsabilités des intervenants et en différenciant le rôle du constructeur d'origine (Legrand) de celui du constructeur d'ensemble (tableautier).
Legrand, en tant que constructeur d'origine, s'engage à réaliser les 13 vérifications de conception définies en annexe D de la norme NF EN 61439-1, donnant lieu à l'édition de certificats de conformité.
En plus de cela, le constructeur d'ensemble assure la réalisation de l'armoire électrique en respectant les règles de montage détaillées dans ce guide
Il exécute les 10 vérifications individuelles de série sur chaque ensemble fabriqué qui lui permet de rédiger une déclaration de conformité et homologuer son ensemble.
La vocation de ce cahier d'atelier est d'aider les constructeurs d'ensemble en rappelant les règles essentielles de construction et en détaillant la démarche de certification selon la norme NF EN 61439 édition mars 2012.

SOMMAIRE

La construction des ensembles

Règles de construction des ensembles métalliques 2
Règles de construction des ensembles à isolation totale 6
Choix et montage des enveloppes 8
Mise en œuvre des barres cuivre rigides 12
Mise en œuvre des barres souples 16
Câbles et conducteurs 20
Les conducteurs de neutre et les conducteurs de protection 28
Le câblage des appareils 36
Les séparations à l'intérieur d'un ensemble 38
Poussoirs et voyants 40
Degrés de protection 41
Manutention des ensembles 42

La certification des ensembles

Les normes NF EN 614391 & 2 44
Les tests à effectuer par le constructeur d'origine 46
Les 13 vérifications de conception en détail 48
La réponse aux tests 50
Les tests à effectuer par le constructeur d'ensemble 52
Modèle de lettre de conformité 62
Certificat de contrôle 63
Rapport de contrôle 64

Limites d'échauffement des ensembles

Essai d'échauffement suivant la norme NF EN 61439-1 66
Méthodes d'essai 67
Le bilan thermique 70
Les dispositifs de refroidissement 79

Annexes 86

Documentations 106

LA CONSTRUCTION DES ENSEMBLES

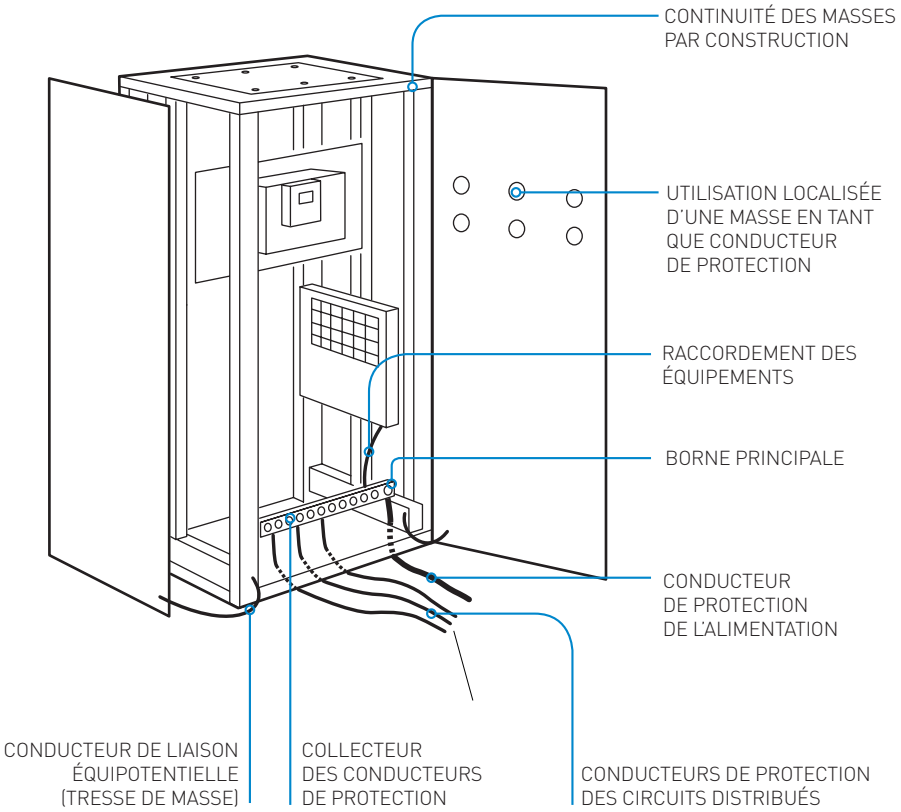
Règles de construction des ensembles métalliques

Les règles décrites ci-après font la synthèse des exigences des normes NF EN 60204-1, NF EN 61439-2, NF C 15-100, IEC 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 ou leurs dispositions ou dimensions font présenter un risque de contact non négligeable (exemples : rails, platines, supports d'appareils...)
- toutes 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, d'électroaimants... ne sont pas considérées comme des masses et peuvent ne pas être reliées à un conducteur de protection.

RACCORDEMENT DES MASSES



RACCORDEMENT DU CONDUCTEUR DE PROTECTION

Le collecteur des conducteurs de protection, repéré par le symbole ⏚, est relié au(x) châssis ou à la structure principale. Il comporte une borne destinée au raccordement du conducteur de protection de l'alimentation. Cette borne doit être calibrée pour recevoir un conducteur de la section définie dans le tableau ci-dessous. Les conducteurs de protection des circuits d'utilisation sont raccordés à ce même collecteur. Leur repiquage sous un même point de serrage n'est pas autorisé. 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.

SECTION MINIMALE DU CONDUCTEUR DE PROTECTION (NF C 15-100, TABLEAU 5 § 8.8 NF EN 61439-1

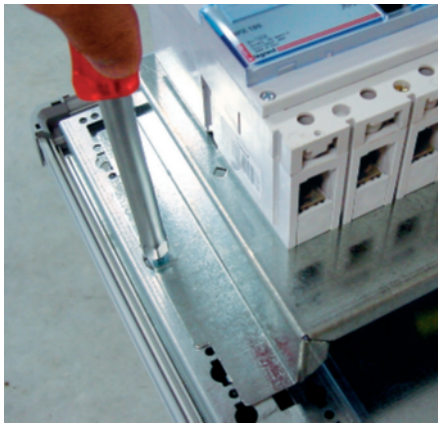
SECTION DES CONDUCTEURS DE PHASE S_{PH} (mm^2)	SECTION MINIMALE DU CONDUCTEUR DE PROTECTION CORRESPONDANT S_{PE} (mm^2)
$S_{ph} < 16$	S_{ph}
$16 < S_{ph} < 35$	16
$35 < S_{ph} < 400$	$S_{ph}/2$
$400 < S_{ph} < 800$	200
$S_{ph} < 800$	$S_{ph}/4$

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.

CONTINUITÉ DES MASSES PAR CONSTRUCTION

Les liaisons entre les différents composants de l'ensembles devront être efficacement protégées contre les détériorations mécaniques et chimiques. La compatibilité électrochimique entre métaux sera vérifiée. Le démontage d'un élément ne devra pas entraîner de discontinuité de la liaison. A 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 (voir page 55).

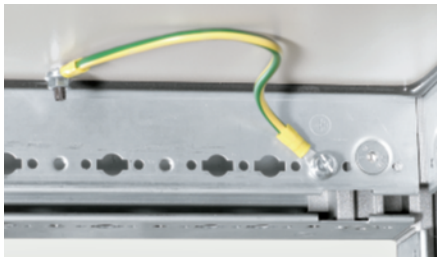


Les équipements XL³ assurent la continuité des masses par construction

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 mm² 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 mm² 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 décrites page 55.

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 présence du symbole ⏚ à proximité des connexions.



Liaison équipotentielle entre le toit et la structure d'une armoire XL³ 4000

SECTION MINIMALES DES CONDUCTEURS DE LIAISON ÉQUIPOTENTIELLE (NF EN 61439-1)

COURANT NOMINAL D'EMPLOI (A)	SECTION MINIMALE DU CONDUCTEUR D'ÉQUIPOTENTIALITÉ (mm^2)
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

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 de la page précédente. Les bornes pour conducteur PE ne doivent pas avoir d'autres fonctions (fixation mécanique par exemple).

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 de l'application générale ou systématique 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 décrits page 55 (continuité des masses et tenue aux surintensités).

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
- 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.

UTILISATION 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 (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 contre 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 de la page 28.
La valeur du courant de court-circuit (voir page 24) sera limitée à celle correspondant à l'alimentation de l'appareil fixé le plus puissant.

UTILISATION GÉNÉRALISÉE DES MASSES EN TANT QUE CONDUCTEUR DE PROTECTION

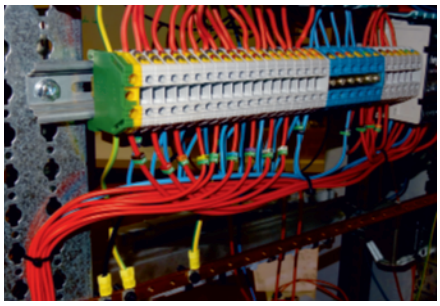
Cette mesure peut être appliquée lorsque l'on dispose d'une structure conductrice continue de dimension suffisante pour effectuer l'interconnexion des autres masses, et des conducteurs de liaison équipotentielle. Des dispositifs de connexion ou des moyens de raccordement doivent donc être prévus en conséquence, y compris pour les appareils qui pourraient être installés ultérieurement (cas des ensembles d'armoires par exemple).
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.

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 "vides"), on vérifiera 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 page 30). En pratique, on pourra vérifier la section équivalente au cuivre pour les matériaux employés par la formule :

S matériau = n x 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).
S : section du conducteur de protection en mm²

L'utilisation des éléments métalliques suivants comme conducteurs de protection ou d'équipotentialité n'est pas admise par la norme NF C 15-100 :
- chemins de câbles et analogues
- canalisations de fluides (eau, gaz, chauffage...)
- éléments de la structure du bâtiment
- câbles porteurs de conducteurs



Sous réserve d'être parfaitement interconnectés par leur montage et raccordés par les blocs Viking 3 adaptés, les rails de fixation (rails DIN) peuvent être utilisés en tant que conducteur de protection.
Les bornes Viking 3 pour conducteurs de protection ont été spécifiquement étudiés et testés pour l'usage défini. Ils sont conformes à la norme NF EN 60947-7-2.
La conductibilité équivalente des rails utilisés est conforme aux règles de détermination des normes NF C 15-100 et NF EN 60947-7-2. Elle est attestée par le rapport LCIE 285380.

TYPE DE RAIL SELON LA NORME NF EN 60715	SECTION ÉQUIVALENTE CONDUCTEUR PE EN CUIVRE (mm²)
TH 35 x 5,5 ⊔	10
TH 35 x 7,5 ⊔	16
TH 35 x 15 Legrand (épaisseur 1,5 mm) ⊔	35
TH 35 x 15 normalisé (épaisseur 2 mm) ⊔	50
G 32 ⊏	35

Règles de construction des ensembles à isolation totale

Seules les enveloppes réalisées en matériau isolant peuvent répondre à l'appellation "protection par isolation totale" : elles sont désignées de classe II A par la NF C 15-100.

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.

Un ensemble est dit de classe II si les produits sont de classe II et si leur mise en oeuvre est conforme aux prescriptions normatives dès lors quelle ne rentre pas dans le domaine de la NF EN 61439.

RÈGLES GÉNÉRALES DE CONCEPTION DES ENSEMBLES À ISOLATION TOTALE

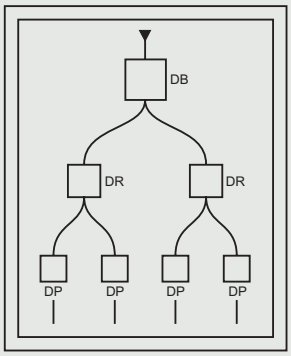
- L'isolation principale des appareils est doublée d'une isolation supplémentaire apportée par l'enveloppe, c'est la double isolation.
- La séparation physique des deux isolations doit pouvoir être testée indépendamment.
- Les parties métalliques ne sont pas reliées aux conducteurs de protection.
- Les 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.

RÈGLES DE CONSTRUCTION

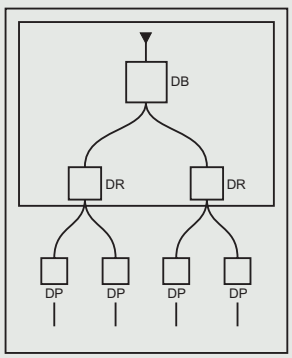
- Le tableau doit être réalisé de telle manière qu'aucune tension ne puisse être transmise de l'intérieur vers l'extérieur.
- Les appareils doivent être complètement enveloppés par un matériel isolant. Le symbole ⧈ doit être visible de l'extérieur.
- L'enveloppe doit être réalisée dans un matériau isolant capable de résister aux contraintes électriques, mécaniques et thermiques auxquelles elle est susceptible d'être soumise et doit résister au vieillissement et au feu.
- L'enveloppe ne doit être percée en aucun point par des parties conductrices, de manière à ce qu'aucune tension ne puisse être transmise à l'extérieur de

DISPOSITIONS SELON CHAPITRE 558 DE LA NF C 15-100

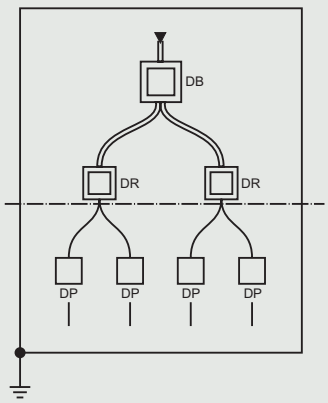
CLASSE II A (ENVELOPPE ISOLANTE) : aucune disposition particulière n'est à prendre.



CLASSE II B (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.

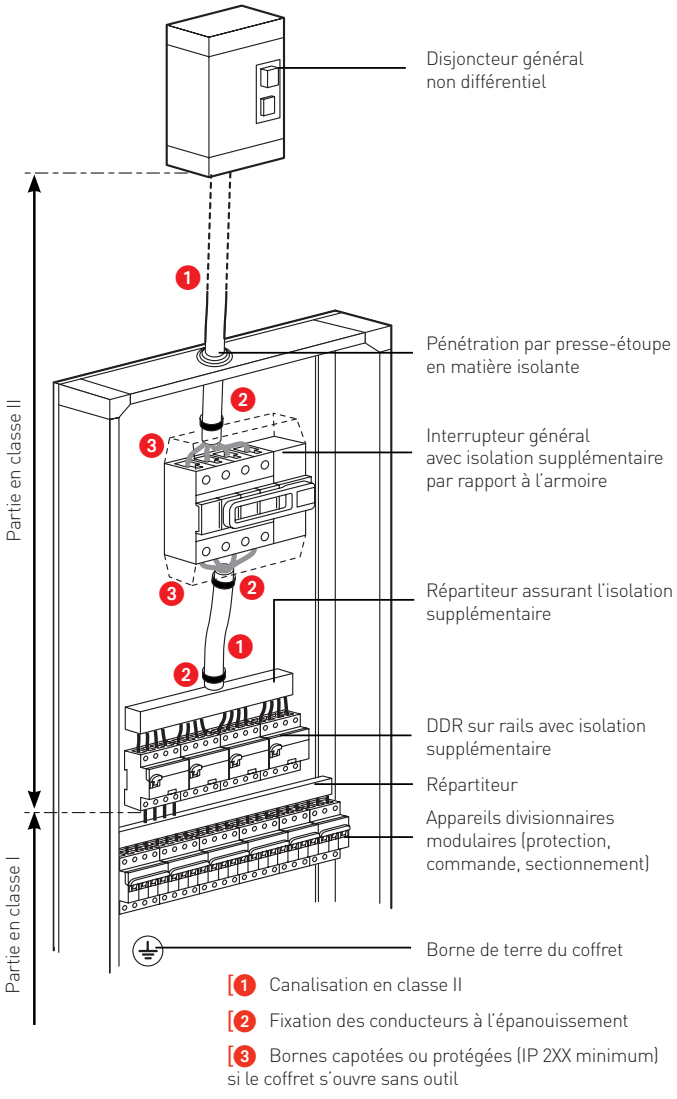


DB : disjoncteur de branchement non différentiel
DR : dispositif à courant différentiel résiduel
DP : dispositif de protection contre les surintensités (fusibles, disjoncteurs)

l'enveloppe. Dès lors, les parties mécaniques telles que les mécanismes d'organe de commande, et ce quelle que soit leur taille, doivent être isolés à l'intérieur de l'enveloppe. Les vis isolantes ne doivent pas pouvoir être remplacées par des vis métalliques si cela nuit à l'isolation.

- L'enveloppe doit présenter un degré de protection minimal de IP 3XD en situation d'installation.
- Le châssis et les parties métalliques à l'intérieur ne doivent pas être raccordés au circuit de protection. Cela s'applique également aux appareils munis d'une borne pour conducteur PE. Un marquage ⊠ doit être apposé à l'extérieur et à l'intérieur de l'enveloppe.
- 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.
- Si un conducteur PE doit passer à travers le tableau, il doit être raccordé sur des bornes prévues à cet effet, clairement identifiées et isolées du reste de l'ensemble. Ces conducteurs seront donc traités de la même manière que des conducteurs actifs.
- Si les portes ou les panneaux de l'ensemble peuvent être enlevés sans l'aide d'une clé ou d'un outil, il faut prévoir un obstacle en matériau isolant, qui ne peut être retiré sans l'aide d'un outil, de manière à empêcher tout contact fortuit avec les parties actives mais aussi avec les masses de l'ensemble.
- 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).

Certains ensembles sont partiellement traités en classe II, c'est le cas notamment dans une installation alimentée par un appareil de branchement non différentiel. L'installation doit alors être réalisée en classe II jusqu'aux bornes de sortie des dispositifs à courant différentiel assurant effectivement la protection contre les contacts indirects.



Choix et montage des enveloppes



Un choix complet d'enveloppes, du coffret XL³ 160 «tout modulaire» à l'armoire XL³ 6300

Le choix des enveloppes pour la constitution d'un ensemble de distribution dépend en premier lieu du volume nécessaire à l'installation des appareils et des systèmes de répartition (jeux de barres, répartiteurs, systèmes de répartition optimisé ou IS) et à leur raccordement. Pour faciliter ce choix, la gamme XL³ Legrand est segmentée en fonction de l'intensité maximale de l'appareil de tête que l'on pourra y installer dans des conditions standard. Un bilan thermique peut cependant être nécessaire si les conditions sont défavorables.

En fonction de leur version et de leur mode d'installation, les appareils ou rangée d'appareils ont un encombrement défini par la hauteur de leur plastron. La capacité d'une enveloppe dépend donc directement de sa hauteur plastronnable. Il faut veiller à prendre en compte le volume nécessaire pour les raccordements, particulièrement pour l'appareil de tête (respect des rayons de courbure des conducteurs d'arrivée).
Les gaines à câbles internes (en enveloppe 36 modules) ou externes, tout en favorisant la dissipation thermique, facilitent grandement le câblage des ensembles. Elles permettent en outre, l'installation d'un jeu de barres latéral dans les enveloppes de profondeurs limitées.
Chaque modèle d'enveloppe de la gamme XL³ présente un choix de solutions de répartition, standard ou optimisée, adaptées à son volume.

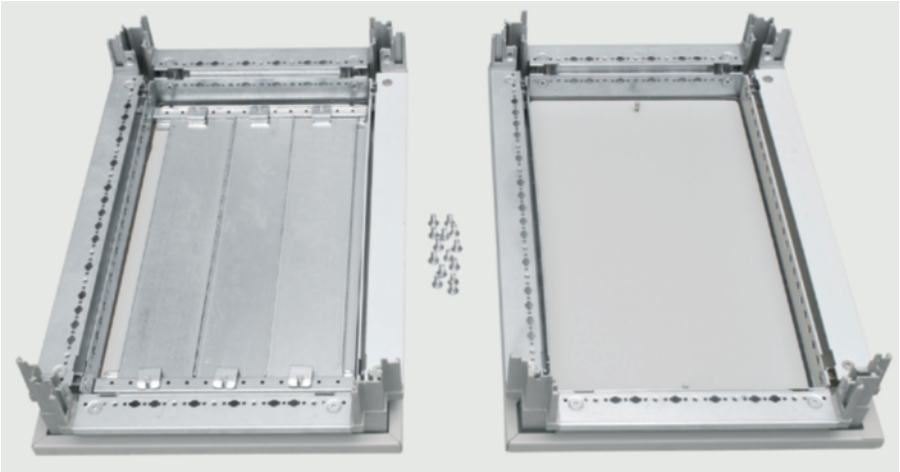
CARACTÉRISTIQUES DES ENVELOPPES XL³		XL³ 160		
Version		Isolant	Métal	Encastré
Intensité maximale de l'appareil		160 A	160 A	160 A
Courant de courte durée admissible Icw 1s		-	-	-
Tenue au feu selon IEC 60695-2-1		750 °C/5s	750 °C/5s	750 °C/5s
Protection contre les corps solides et liquides	Sans porte	IP 30	IP 30	IP 30
	Avec porte	IP 40	IP 40	IP 40
	Avec porte et joint	IP 43	IP 43	-
Protection contre les chocs mécaniques	Sans porte	IK 04	IK 07	IK 04
	Avec porte	IK 07	IK 08	IK 08
Largeur d'équipement en nombre de modules		24	24	24
largeur totale (mm)		575	575	670
Nombre de rangées modulaires ou hauteur plastronnable (mm)		2 à 6	2 à 6	3 à 6
Hauteur totale (mm)		450 à 1050	450 à 1050	695 à 1145
Profondeur totale (mm)		147	147	100
Couleur		RAL 7035		

Pour les armoires XL³ 4000/6300, la taille du jeu de barres à installer conditionnera en grande partie la profondeur de l'enveloppe. Ces armoires peuvent en outre recevoir des séparations internes (de la forme 2a à la forme 4b) leur permettant de répondre à toutes les exigences .
Lorsque les conditions d'installation sont particulièrement sévères (installation à l'extérieur, atmosphère humide ou corrosive...), on pourra recourir aux enveloppes des gammes Atlantic, Marina ou Altis.
Les essais complets réalisés par Legrand sur les enveloppes, les équipements et les appareils garantissent les performances annoncées et simplifient la certification des ensembles.

Les enveloppes XL³ Legrand ont été conçues pour répondre à tous les besoins en matière de distribution de puissance jusqu'à 6300 A. Du coffret XL³ 160 à l'armoire XL³ 6300, toutes les enveloppes offrent des performances optimales et une grande facilité de mise en œuvre.
Les enveloppes XL³ se répartissent en cinq gammes en fonction de l'intensité maximum admissible : XL³ 160, XL³ 400, XL³ 800, XL³ 4000 et XL³ 6300.
Chacune présente un large choix de dimensions et de versions (isolante, métal, IP 30, IP 55).

	XL³ 400			XL³ 800				XL³ 4000		XL³ 6300
	Isolant	Métal	IP 55	Métal		IP 55		Métal		Métal
	400 A	400 A	250 A	800 A		630 A		4000 A		6300 A
	25 kA	25 kA	25 kA	25 kA		25 kA		110 kA		110 kA
	750 °C/5s	750 °C/5s	750 °C/5s	750 °C/5s		750 °C/5s		750 °C/30s		750 °C/30s
	IP 30	IP 30	-	IP 30		-		IP 30		IP 30
	IP 40	IP 40	-	IP 40		-		-		-
	IP 43	IP 43	IP 55	IP 43		IP 55		IP 55		-
	IK 04	IK 07	-	IK 07		-		IK 07		IK 07
	IK 07	IK 08	IK 08	IK 08		IK 08		IK 08		-
	24	24	24	24	36	24	36	24	36	36
	575	575	650	660	910	700	950	725	975	1425
	550 à 1750	550 à 1150	400 à 1000	1000 à 1800		1000 à 1800		1800 et 2000		2000
	600 à 1900	600 à 1200	615 à 1115	1050 à 1950		1095 à 1995		2000 et 2200		2200
	147	147	100	230		250		475, 725, 975		475, 725, 975
	RAL 7035			RAL 7035				RAL 7035		RAL 7035

LA CONSTRUCTION DES ENSEMBLES



A partir de la taille XL³ 400, les enveloppes Legrand sont livrées à plat et doivent être assemblées par le tableautier.



Le montage de la structure et des équipements doit respecter les instructions contenues dans les notices qui accompagnent les produits.
On veillera particulièrement à respecter les couples de serrage indiqués.



Le jumelage des enveloppes sera réalisé avec les accessoires Legrand prévu à cet effet.

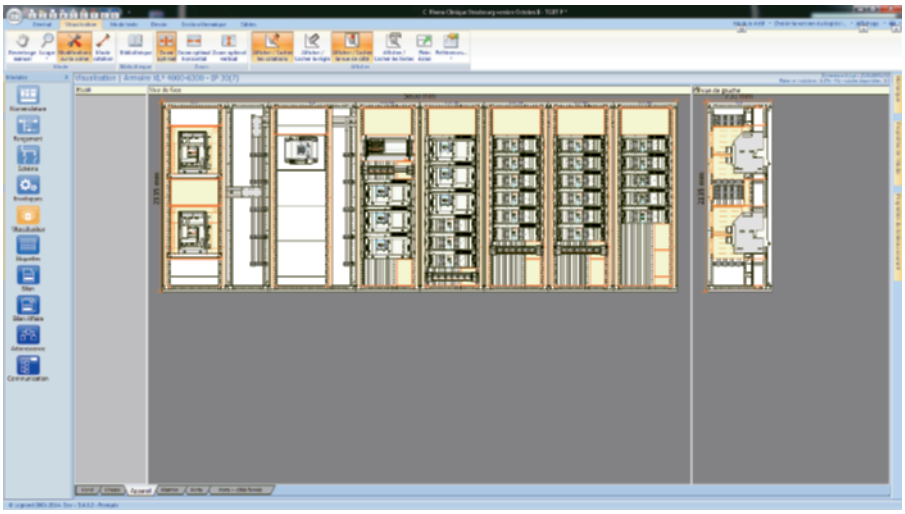


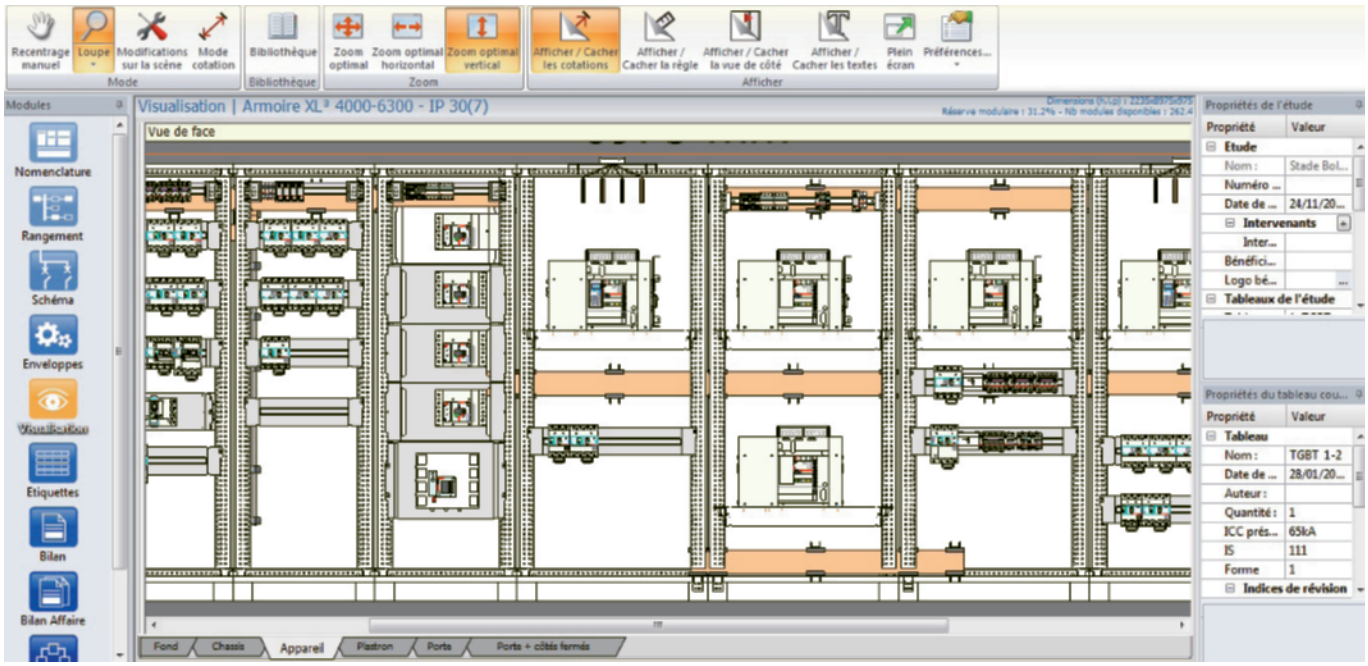
Les cahiers d'atelier XL³ rapellent les instructions de montage et apportent des informations complémentaires pour le choix et l'installation des équipements, des accessoires et des systèmes de répartition.
Les cahiers d'atelier sont téléchargeables sur le site http://www.legrand.fr/.
La liste est disponible en annexe page 106

XLPRO³ 6300

Le logiciel XLPRO³ 6300 apporte une aide et un confort indiscutable pour l'étude des tableaux électriques de toute puissance. Sa base de donnée intègre tous les produits Legrand liés à la distribution, avec leurs caractéristiques et leur prix.

En fonction des appareils et des systèmes de répartition à installer et de tout un choix de paramètres personnalisables, il effectue automatiquement la détermination des enveloppes nécessaires et l'implantation du tableau. Son interface graphique et sa conception modulaire rendent son utilisation particulièrement agréable et lui permettent de s'adapter aux différentes habitudes de travail.





Mise en œuvre des barres cuivre rigides

Le câblage par jeux de barres rigides est choisi lorsque les intensités à véhiculer sont importantes. Cette méthode de câblage permet un meilleur refroidissement que pour des conducteurs isolés ainsi qu'une densité de courant plus importante mais présente l'inconvénient de laisser des pièces nues sous tension et nécessite un façonnage délicat et long.
La réalisation des jeux de barres nécessite 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.

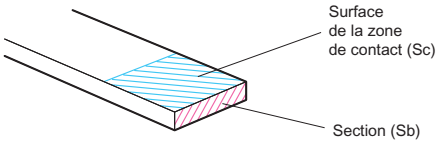
Il est conseillé de placer la barre de neutre sur l'avant du jeu de barres. Cela représente :
- une sécurité supplémentaire
- une facilité de raccordement des circuits alimentés entre phases et neutre
- une identification plus aisée du régime de neutre
- une diminution du champ magnétique rayonné.

CHOIX ET DIMENSIONNEMENT DES JEUX DE BARRES
➜ Voir Cahier d'atelier XL³ 4000/6300 p. 40 et XLPRO³

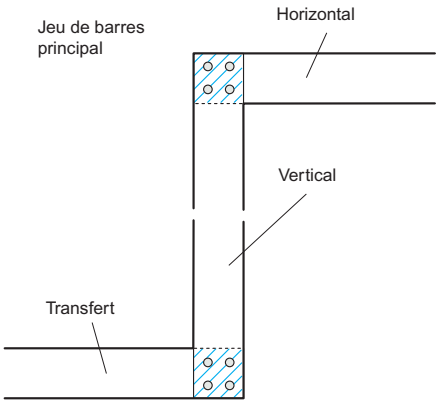
DIMENSIONS DES SURFACES EN CONTACT

La surface en contact (Sc) doit être au moins égale à 5 fois la section de la barre (Sb).

Sc > 5 x Sb

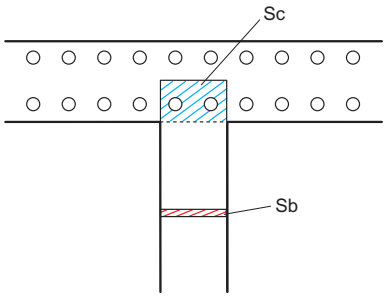


Pour les liaisons de continuité du jeu de barres principal, il est conseillé d'établir des contacts sur toute la largeur de la barre afin d'assurer un transfert thermique optimal.

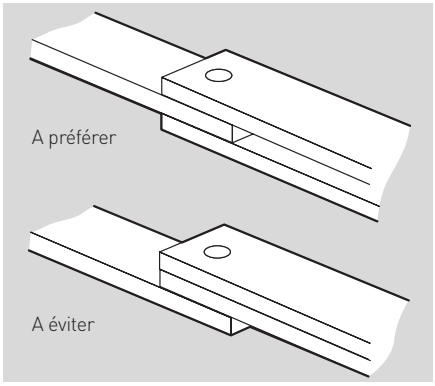


Une disposition des barres sur champ est préférable à une disposition à plat, la dissipation thermique par convection naturelle est favorisée. Dans le cas contraire, l'intensité admissible dans les barres doit être réduite.

Pour les jeux de barres dérivés à partir du jeu de barres principal, 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.



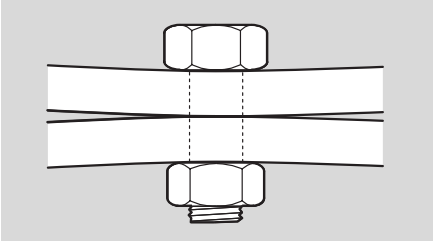
Raccordement sur prolongateur de plage, adaptateur ou épanouisseur.

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 à raccorder.
Une pression de contact trop élevée entraîne le dépassement de la limite élastique de la barre. L'échauffement pourrait produire un certain fluage qui se traduirait au refroidissement par une diminution de cette pression.
Il est donc conseillé de répartir la pression en multipliant les points de serrage et en utilisant des rondelles larges ou des contre-plaques.

TÉMOIN DE CONTRÔLE

L'application d'une marque comme de la peinture ou un vernis craquelant permet de visualiser un éventuel desserrage mais aussi de s'assurer que l'opération de serrage a bien été effectuée.



Un couple de serrage trop important ou un nombre de vis insuffisant peut entraîner des déformations qui réduisent la surface de contact.



Raccordement sur barres 120 x 10 (4000 A)



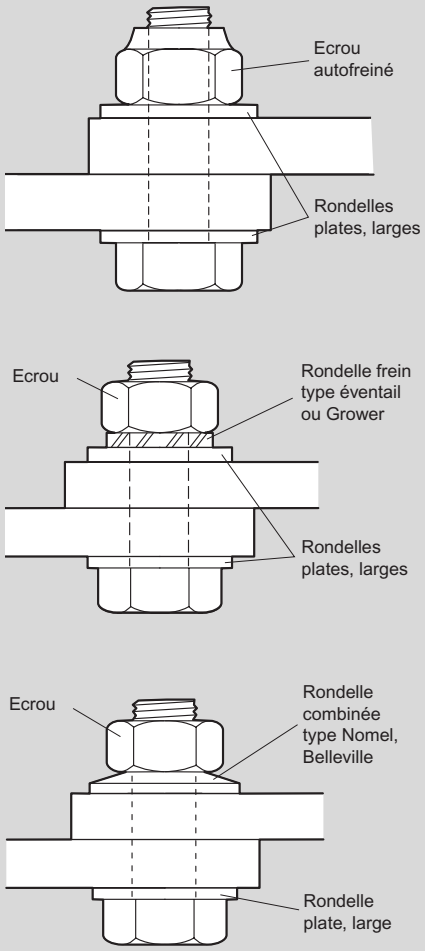
Raccordement double : barres 100 x 10 (3200 A) et barres 80 x 10 (2500 A) sur barres communes 120 x 10

CARACTÉRISTIQUES DES VIS ET COUPLES DE SERRAGE RECOMMANDÉS

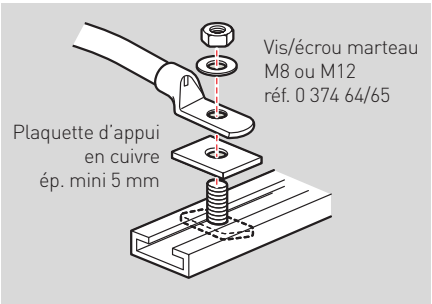
Épaisseur barre	I (A)		Largeur barre (mm)	Nombre de vis mini	Ø Vis (mm)	Classe de qualité	Couple (Nm)
	1 barre	2 barres et plus					
5 mm	1,5	-	< 25	1	M8	8-8	15/20
	< 400	-	< 32	1	M10	6-8	30/35
				2	M6	8-8	10/15
	< 630	-	< 50	1	M12	6-8	50/65
				2	M10	6-8	30/35
				2	M8	8-8	15/20
	800	1250	< 80	4	M8	8-8	15/20
				4	M10	6-8	30/35
	1000	1650	< 100	4	M10	8-8	40/50
				2	M12	6-8	50/60
	1600	2000	< 125	3	M12	6-8	50/60
10 mm	-	2500	< 80	3	M12	8-8	70/85
	-	3200	< 100	4	M12	8-8	70/85
	-	4000	< 125	6	M12	8-8	70/85

Des couples de serrage excessifs entraînent le dépassement de la limite élastique des boutons et le fluage du cuivre.

PRÉCAUTIONS POUR ÉVITER LE DESSERRAGE

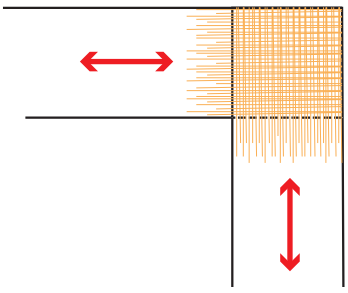


Lorsqu'il est nécessaire de raccorder sur des barres en C des conducteurs équipés de cosses, il faut utiliser une plaque d'appui en cuivre. Lors du raccordement de barres souples, il convient de vérifier le bon contact de la barre souple avec la barre en C. Si ce contact n'est pas satisfaisant, il sera également nécessaire d'utiliser une plaque d'appui.



ÉTAT DES SURFACES EN CONTACT

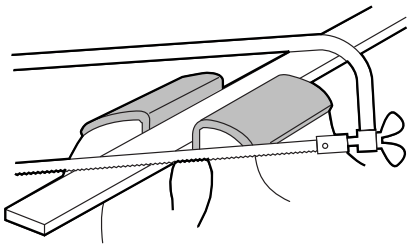
Sauf oxydation prononcée (noircissement important ou présence de carbonate de cuivre "vert de gris"), les barres de cuivre ne nécessitent pas de préparation spéciale. Le nettoyage à l'eau acidulée est à proscrire, car outre les risques, il nécessite neutralisation et rinçage.



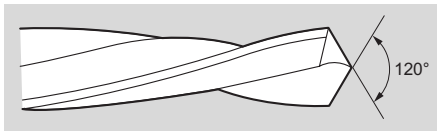
Un ponçage de surface (grain 240/400) peut être fait en respectant le sens indiqué ci-dessus pour que les rayures des barres en contact soient perpendiculaires.

DÉCOUPE ET PERÇAGE DES BARRES

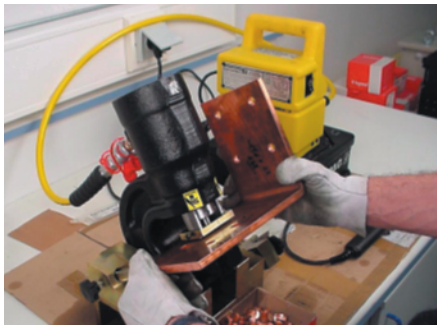
Le cuivre se travaille généralement à sec, mais la lubrification est nécessaire pour les opérations de coupe ou de perçage rapides.



Coupe à la scie (denture moyenne 8D) dans un étau garni de mordaches.



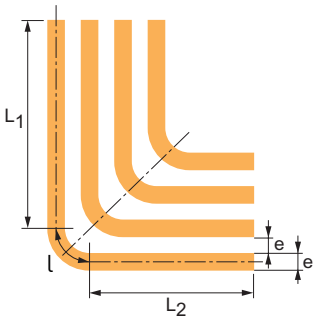
Il est possible d'effectuer les perçages avec des forets pour acier, mais il est préférable d'utiliser des forets spéciaux (à cannelures allongées qui facilitent le dégagement du copeau).



La poinçonneuse hydraulique permet des perçages de précision, sans copeaux et sans effort.

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 ne subissant pas de déformation (L1 + L2) et de la longueur l des éléments courbes situés sur la ligne neutre (en théorie au milieu de l'épaisseur du métal) soit L1 + L2 + l.



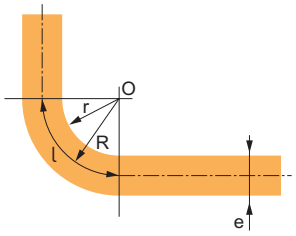
Calcul de la longueur l

Pliage à 90° :

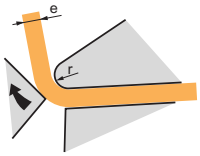
$$l = \frac{2\pi R}{4} = \frac{\pi}{4}(2r+e)$$

Formule pratique :

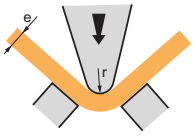
l = R x 1,57



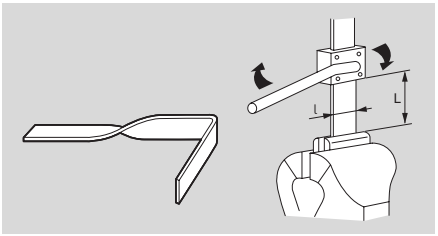
Le calcul doit être fait en fonction de l'outil utilisé et de son véritable rayon de pliage r.



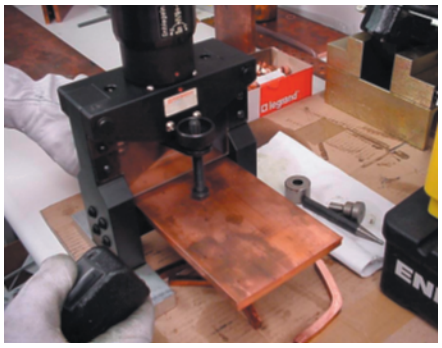
Pliage sur plieuse :
r = 1 à 2e



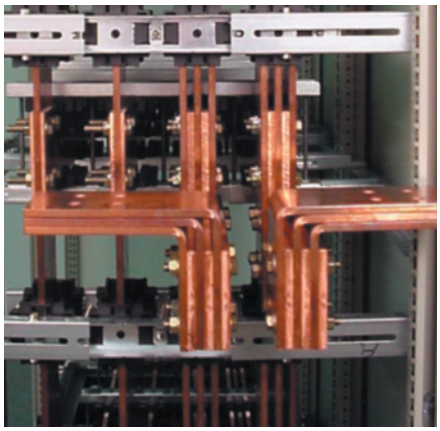
Pliage sur Vé :
r mini = e



RÉALISATION D'UNE TORSION :
la longueur L de la torsion est au moins égale à 2 fois la largeur l de la barre.



Pliage d'une barre cuivre épaisseur 10 mm sur outillage hydraulique portatif.



Exemple de pliage de trois barres superposées pour constitution de prises de puissance.



Constituées de barres cuivres coupées, pliées et percées, les kits de raccordement préfabriqués pour DMX³ simplifient grandement la construction des ensembles de distribution dans le respect des règles.

Mise en œuvre des barres souples

Les barres souples permettent d'effectuer facilement des raccordements sur les appareils ou de constituer des liaisons qui sont pratiquement adaptables à tous les cas de figure. Elles sont généralement utilisées pour des intensités supérieures à une centaine d'ampères. Au même titre que les barres rigides, elles permettent une connexion directe sur les plages de raccordement des appareils. Gage de sécurité et de finition, elles apportent aussi une touche esthétique.



À 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).

ÉTAT DES SURFACES EN CONTACT

Comme pour tout conducteur, le courant admissible dans les barres souples diffère selon les conditions d'utilisation et d'installation :
- température ambiante (réelle dans l'enveloppe) ;
- durée d'utilisation (charge permanente ou cyclique) ;
- 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 à des courants admissibles très différents (dans un rapport de 1 à 2, voire plus).

COURANTS ADMISSIBLES PAR LES BARRES SOUPLES LEGRAND

Référence	Section (mm)	Ie (A) IP < 30	Ithe (A) IP > 30
0 374 10	13 x 3	200	160
0 374 16	20 x 4	320	200
0 374 11	24 x 4	400	250
0 374 67	20 x 5	400	250
0 374 17	24 x 5	470	520
0 374 12	32 x 5	630	400
0 374 44	40 x 5	700	500
0 374 57	50 x 5	850	630
0 374 58	50 x 10	1250	800

Une utilisation inadaptée peut engendrer des échauffements incompatibles avec les isolants, perturber ou même détériorer les appareils raccordés ou environnants.

LES COURANTS Ie (A) ET Ithe (A) DES BARRES SOUPLES

• 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.

PLIAGE ET PERÇAGE

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.

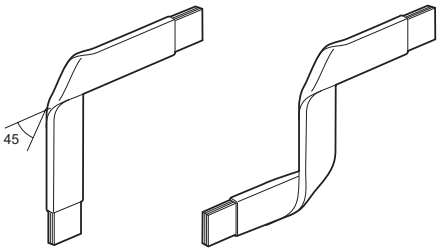
Lorsque plusieurs liaisons (suivant le nombre de pôles) sont à réaliser, commencer par la barre la plus longue. Les suivantes qui seront faites selon le premier modèle ne risqueront pas d'être trop courtes.

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.

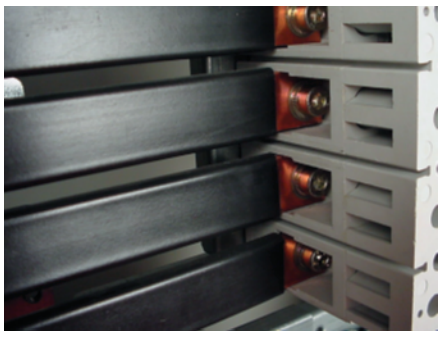
Le perçage par poinçonnage est préférable (peu de déformation, absence de copeaux). Utiliser des contre-plaques de guidage pour percer au foret.

Exemples de pliages



Pliage à 90°
(plans parallèles)

Baïonnette
(plans parallèles)



Raccordement par barres 24 x 5 sur DPX³ 250

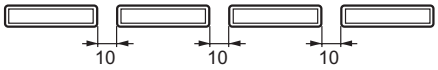
CONDITIONS DE POSE ET DE CIRCULATION

Le mode de pose des barres souples peut largement influer sur leur capacité de refroidissement et sur leur tenue aux efforts électrodynamiques en cas de court-circuit.

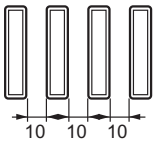
Compte tenu de la diversité des configurations, il est très difficile de donner des règles universelles de maintien des barres vis-à-vis des courts-circuits.

Trois modèles de configuration standard ont été retenus du plus favorable au plus défavorable :

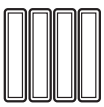
A : barres à plat espacées de 10 mm



B : barres sur chant espacées de 10 mm

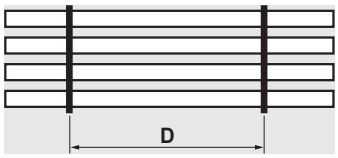


C : barres sur chant en contact



LA CONSTRUCTION DES ENSEMBLES

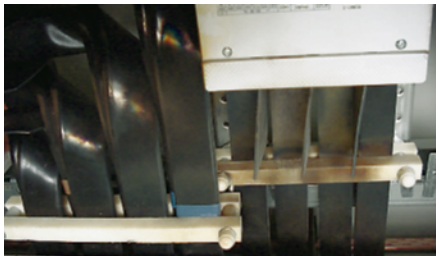
Les distances indicatives données dans le tableau ci-dessous ne préjugent pas de la tenue mécanique des supports employés qui peuvent être soumis à des efforts très importants. En général, on utilisera :
- des dispositifs sur mesure (entretoises usinées + vis) dans le mode A
- des entretoises d'écartement en mode B (attention, certaines entretoises n'ont qu'un rôle d'écarteur pour la dissipation thermique, des colliers complémentaires sont alors nécessaires pour assurer la tenue mécanique)
- des colliers pour le mode C qu'il convient de limiter aux courts-circuits présumés n'excédant pas 15 kA.



VALEURS INDICATIVES DES DISTANCES MINIMALES D (en mm) ENTRE DISPOSITIFS DE MAINTIEN DES BARRES SOUPLES

Section des barres (mm)		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		
Configuration[1]		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Ipk (kÂ)	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		

(1) A : barres à plat espacées de 10 mm - B : barres sur chant espacées de 10 mm - C : barres sur chant en contact

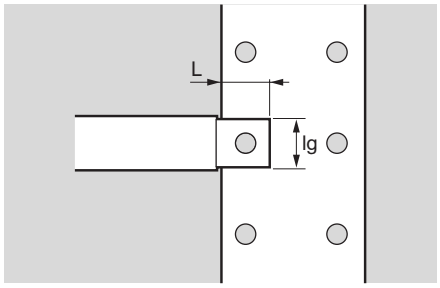


Bridage de barres souples

Lors d'un court-circuit de valeur élevée (> 25 kA), les barres souples pourront se déformer. A ce niveau, la présence de l'isolant limite le risque de contact avec une masse. Pour des courts-circuits très importants (de l'ordre de 50 kA), le risque principal devient un arrachement des connexions : la connexion par vis traversantes est alors recommandée.

RACCORDEMENT

Les barres souples présentent l'intérêt de pouvoir se connecter directement sur les jeux de barres rigides ou sur les plages des appareils sans utilisation de cosses. 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.

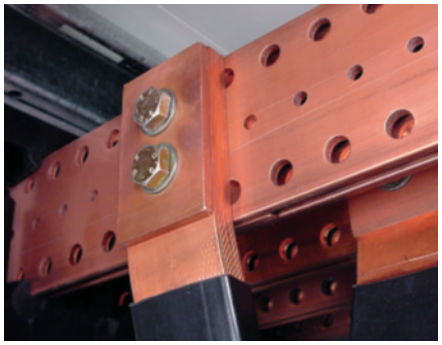
DIAMÈTRES DE VIS RECOMMANDÉS	
Largeur barre	Ø vis
13 mm	M6
20 mm	M6/M8
25 mm	M8
32 mm	M10
50 mm[1]	M12

(1) En épaisseur 10 mm, prévoir 2 vis M12

Le serrage de la barre souple doit se faire de manière à maintenir les lames serrées. L'usage de rondelles larges ou d'une contreplaque est recommandé.



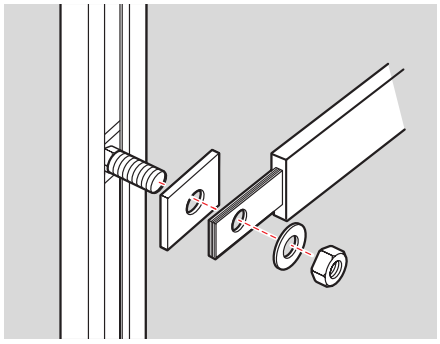
Raccordement d'une barre 50 x 10 par 2 vis M12 réf. 0 374 65 avec rondelles larges intégrées



Serrage d'une barre 50 x 10 avec contreplaque



Serrage direct de barres souples de 5 mm d'épaisseur entre deux barres rigides à même espacement



Le raccordement des barres souples sur des barres en C s'effectue à l'aide des vis écrou marteau réf. 4 044 91/92 (M8/M12). L'utilisation d'une plaque d'appui peut être nécessaire si le contact n'est pas satisfaisant.

Câbles et 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. En plus du courant admissible, ce choix est en fonction des contraintes liées au tableau, la tension assignée, le mode de pose, le type d'isolation, les types d'application,...

SECTION DES CONDUCTEURS DE CÂBLAGE À L'INTÉRIEUR DES ENSEMBLES

Le choix des conducteurs et de leurs sections utilisés à l'intérieur de l'ensemble doit relever de la responsabilité du constructeur d'origine. Les conducteurs doivent avoir une section minimale conforme à la CEI 60364-5-52.
Des exemples sur la manière d'adapter cette norme pour les conditions intérieures d'un ensemble sont indiqués dans le tableau suivant issu de l'Annexe H de la NF EN 61439-1 (donné à titre informatif uniquement).
Les conducteurs peuvent être discernés en deux types :
- PVC pour les conducteurs isolés au PVC ou au caoutchouc, généralement utilisés pour les conducteurs de filerie jusqu'à 35 mm².
- PR pour les conducteurs isolés au polyéthylène ou aux élastomères que la pratique réserve plutôt aux sections supérieures à 35 mm².

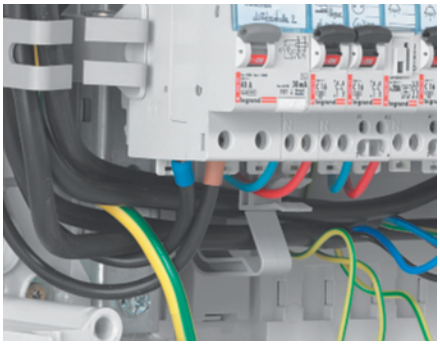
Les conditions d'installations et de température ambiante ont été empiriquement dénommées :
- IP < 30 pour les conducteurs installés avec de bonnes conditions de refroidissement (armoire ouverte ou naturellement ventilée, densité de câblage faible à moyenne, température interne de l'enveloppe proche 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).

VALEURS INDICATIVES DES SECTIONS MINIMALES (en mm²)

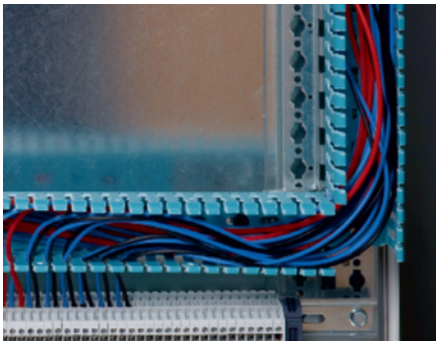
			**Espace au moins une fois le diamètre du câble** 	
Disposition du constructeur	Câbles monoconducteurs exposés à l'air libre ou placés sur un chemin de câbles perforé. 6 câbles (2 circuits triphasés) chargés en continu.		Câbles mono-conducteurs placés horizontalement et séparés à l'air libre	
	35 °C	55 °C	35 °C	55 °C
Section du conducteur mm²	Courant admissible maximal Imax[c] A		Courant admissible maximal Imax[b] A	
1,5	14	9	23	15
2,5	20	13	32	21
4	28	18	43	28
6	35	23	55	36
10	49	32	77	50
16	68	44	103	67
25	91	59	137	89
35	113	74	170	110
50	138	90	206	134
70	179	116	264	171
95	218	-	321	208
120	255	-	372	242

[c] Courant admissible I_{30} pour un circuit triphasé de la CEI 60364-5-52:2009, tableau B.52.10, col. 5 (méthode d'installation : point F dans le tableau B.52.1). Valeurs pour les sections inférieures à 25 mm² calculées suivant l'annexe D de la CEI 60364-5-52. k_2 = 0,88 (point 4 du tableau B.52.17, deux circuits)
[d] Courant admissible I_{30} pour un circuit triphasé de la CEI 60364-5-52:2009, tableau B.52.10, col. 7 (méthode d'installation : point G dans le tableau B.52.1). Valeurs pour les sections inférieures à 25 mm² calculées suivant l'annexe D de la CEI 60364-5-52. (k_2 = 1)

La colonne 1 s'applique lorsque les conducteurs de circuits différents sont posés jointifs et groupés (pose en goulottes ou en torons par exemple). La colonne 2 s'applique lorsque les conducteurs ou câbles sont séparés à l'air libre (voir photo ci-contre). Les sections habituelles des conducteurs de protection (PE) dans les ensembles sont indiquées page 30.



Conducteurs non jointifs maintenus par des bracelets : cas de pose colonne 2



Plusieurs circuits dans une même goulotte et totalité du câblage en goulottes verticales et horizontales : cas de pose colonne 1

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 norme NF C 15-100 conseille de déterminer les sections selon les modes de pose 31 et 32.
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 NF EN 61439-1 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.

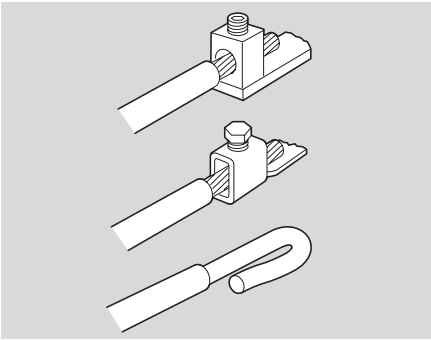


Circulations horizontales "à l'air libre", seuls les conducteurs verticaux sont collectés en goulottes : cas de pose colonne 2 comme ici, le taux de remplissage de la goulotte verticale est important : cas de pose colonne 1

CONNEXION DES CONDUCTEURS

LES CONDUCTEURS À ÂME RIGIDE EN CUIVRE

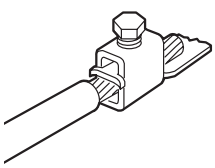
Ce type de conducteur, de loin le plus répandu dans les installations fixes, ne nécessite pas de précaution particulière dès lors que la borne qui le reçoit est dimensionnée pour la section et le courant nécessaires.
La qualité et la pérennité des connexions sont garanties par l'utilisation d'un outil adapté et le respect des couples de serrage préconisés.

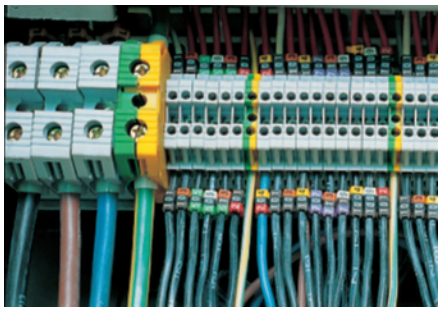


La connexion des petits conducteurs dans les bornes à pression directe nécessite quelques précautions.

- 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 DX³ et les blocs de jonction Viking 3 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.

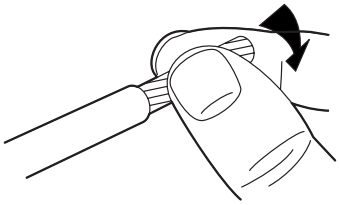




Les blocs de jonction Viking 3 : une solution fiable pour le raccordement des conducteurs souples

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.
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, il est conseillé de pratiquer le retournage de l'âme en respectant le sens initial, souvent à gauche.
Ne pas étamer les conducteurs souples



avant raccordement : l'étain ainsi déposé pourrait 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. La pose d'embouts de câblage, de manchons ou de cosses est préférable en cas de conditions d'emploi difficiles.

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 multifonctions et embouts de 0,5 à 25 mm² permettent la connexion totalement fiabilisée des conducteurs souples.
La pince Starfix S assure coupe, dénudage et sertissage en un seul outil.



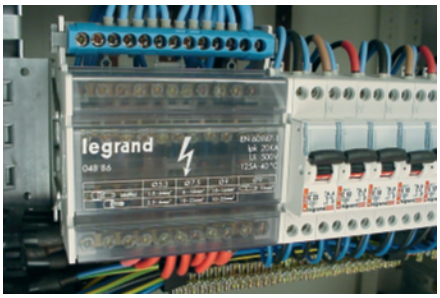
LE REPIQUAGE DES CONDUCTEURS

La connexion simultanée de deux conducteurs rigides de même section n'est généralement pas possible en amont.
Celle de deux conducteurs différents, type d'âme ou section, est fortement déconseillée. Le repiquage par l'aval est possible, dans ce cas les capacités, types de conducteurs, combinaisons sont indiqués sur les produits eux-mêmes ou dans les notices les accompagnant.

CONDUCTEURS PE

Le repiquage ou connexion dans une même borne n'est pas autorisé 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).

Le repiquage nécessité par la multiplicité des circuits doit être assuré par des dispositifs appropriés et sûrs.



Bornier complémentaire pour conducteur neutre sur répartiteur réf. 0 048 86

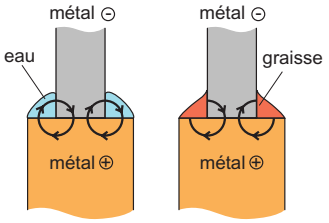


Dérivation sur blocs Viking 3 par peigne de liaison équipotentielle sécable
réf 0 375 00/01/03/04

LES CONDUCTEURS À ÂME ALUMINIUM

Excellent conducteur, l'aluminium présente un rapport poids/conductance favorable pour les sections importantes. 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...) et 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.

**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

**Tous les appareils DPX³, DPX-IS et Vistop acceptent le raccordement par cosses bi-métal cuivre/aluminium qui garantissent une très grande fiabilité. Les capacités recommandées (section et diamètre de perçage) sont précisées dans les fiches techniques et notices.
La connexion directe des conducteurs aluminium est également possible avec les bornes de racordement disponibles en accessoires.
Les boîtiers de raccordement réf. 0 374 80/81 permettent raccordement et dérivation des circuits de puissance en câble aluminium.**



Raccordement de deux conducteurs aluminium de 185 mm² par pôle sur d'un DPX³ 630 avec les bornes réf. 0 261 51



Raccordement direct d'un DPX³ 630 par bornes à cage réf. 0 262 50

SECTIONS ÉQUIVALENTES DES CONDUCTEURS ALUMINIUM/CUIVRE

Section cuivre (mm²)	Section alu (mm²)	
	À même échauffement	À même chute de tension
6	10	10
10	16	16
16	25	25
25	35	35
35	50	50
50	70	70
70	95	95
95	150	150
120	185	185
150	240	240
185	300	400

PRÉCAUTIONS DE CÂBLAGE

Les éléments de câblage ne doivent subir aucun dommage suite à des efforts mécaniques ou thermiques.
Ces dommages proviennent :
- des effets électrodynamiques produits par les courts-circuits
- des dilations et contractions produites par les échauffements
- des effets magnétiques induits par le passage du courant
- des mouvements des parties mobiles du tableau...

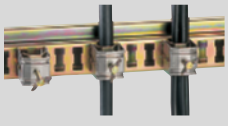
Il est aussi important de s'assurer du respect des points suivants :
- éviter le contact des câbles avec des arêtes vives et des parties mobiles du tableau
- respecter les rayons de courbures des câbles, (valeurs fournies par les constructeurs de câbles)
- vérifier que les câbles ne subissent aucune traction, ni torsion
- vérifier que le raccordement des appareils montés sur des parties amovibles de l'ensemble (portes, plastrons pivotants,...) soit réalisé en câbles souples et que ces conducteurs soient maintenus par une fixation autre que les raccordements électriques.

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 les dispositifs de protection (fusibles, disjoncteurs),
- les contraintes électrodynamiques dont les efforts entre conducteurs.

Lors d'un court-circuit entre deux conducteurs actifs (cas le plus vraisemblable), les conducteurs parcourus par le courant 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 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 dans le tableau 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.

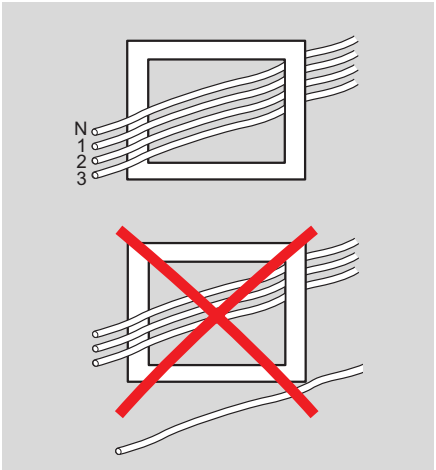
Alors que les jeux de barres font systématiquement l'objet d'une détermination précise de leurs conditions d'installation (distances entre supports) vis-à-vis des courts-circuits, ce n'est généralement pas le cas pour les conducteurs internes des tableaux. Souvent, ils sont sources de dommages et une véritable prise en compte de ce risque doit être faite.

PRÉCAUTIONS DE CÂBLAGE		
Valeur de court-circuit présumé (I_k)	Maintien des conducteurs	
I_k < 10 kA	Pas de précaution particulière (la norme NF EN 61439-1 n'exige pas d'essai).	
10 kA < I_k < 25 kA	Les conducteurs doivent être attachés par des colliers. Ils peuvent être regroupés en toron d'un même circuit.	
25 kA < I_k < 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_k < 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_k > 50 kA	À 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.	 

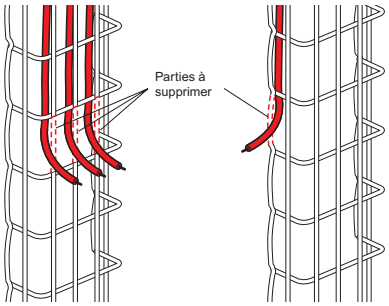
PROTECTION CONTRE LES EFFETS MAGNÉTIQUES

Le passage de courants élevés dans des conducteurs induit des effets magnétiques dans les masses métalliques environnantes. Ces effets peuvent conduire à 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 disposer les conducteurs de manière à ce que le champ soit le plus faible possible.

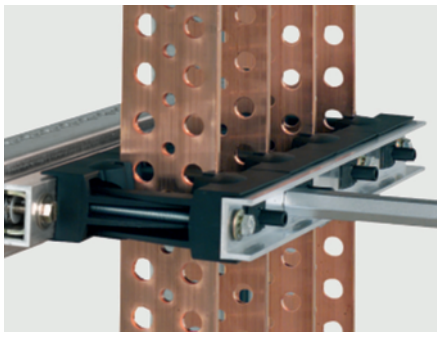
Afin de minimiser l'induction créée dans les boucles magnétiques, il est toujours recommandé de disposer tous les conducteurs actifs d'un même circuit (phases et neutre) dans les mêmes cadres métalliques (en acier). La somme vectorielle des courants étant nulle, celle des champs créés l'est aussi.



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.



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 du support reste acceptable.


L'interposition de traverses en aluminium sur les supports de jeux de barres Legrand évite la création de cadres magnétiques

Les éléments d'angle des armoires XL³ 4000/6300 ont été conçus de manière à éviter la formation de cadres magnétiques au niveau de leur structure. Ces armoires peuvent donc être utilisées pour des puissances très élevées sans aucun effet d'induction magnétique non maîtrisé.



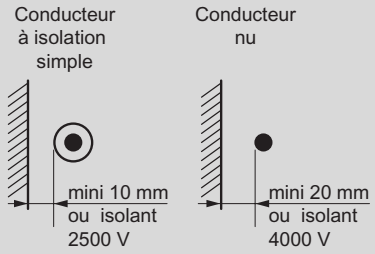
CÂBLAGE EN AMONT DES DISPOSITIFS DE PROTECTION

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.
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 (page 32)
- 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
- le bridage des conducteurs de manière à ce qu'aucun contact ne puisse s'établir avec une masse environnante en cas de détachement ou de déconnexion accidentelle.

SITUATION DES ÉLÉMENTS CONDUCTEURS PAR RAPPORT AUX MASSES MÉTALLIQUES CAS D'UNE TENSION D'ISOLEMENT DE 500 V

Conducteur à isolation double
+ Conducteur à isolation principale
type PR 90 °C mini (voir tableau ci-dessous)





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 2500 V ou de 4000 V.

CÂBLES CONSIDÉRÉS CLASSE II	
U_0 : 500 V	U_0 : 250 V
U-1000 R12N	H05 RN-F
U-1000 R2V	H05 RR-F
U-1000 RVFV[1]	H05 VV-F
H07 RN-F	H05 VVH2-F
A07 RN-F	FR-N05 VV5-F
FR-N1 X1 X2	A05 VVH2-F[1]
FR-N1 X1 G1	
H07 VVH2-F	

[1] Selon conditions d'utilisation.

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) ou, de préférence, en maintenant mécaniquement l'isolant des barres (bridage, supports, rigidité propre) à une distance suffisante des parties métalliques (10 mm).

CHOIX DES CONDUCTEURS ET EXIGENCES D'INSTALLATION (§ 8.6.4 DE LA NF EN 61439-1)

Type de conducteur	Exigences
Conducteurs nus ou conducteurs à âme unique avec isolation principale, par exemple, câbles selon la CEI 60227-3	Le contact mutuel ou le contact avec les parties conductrices doit être évité, par exemple en utilisant des séparateurs
Conducteurs à âme unique avec isolation principale et une température maximale admissible pour l'utilisation du conducteur égale à au moins 90 °C, par exemple, câbles selon la CEI 60245-3, ou câbles thermoplastiques isolés au PVC, résistant à la chaleur selon la CEI 60227-3	Le contact mutuel ou le contact avec les parties conductrices est permis s'il n'y a pas d'application de pression externe. Le contact avec des arêtes vives doit être évité. Ces conducteurs doivent être chargés de façon que la température de fonctionnement ne soit pas supérieure à 80 % de la température maximale admissible pour l'utilisation du conducteur
Conducteurs à isolation principale, par exemple câbles selon la CEI 60227-3, ayant une isolation secondaire supplémentaire, par exemple, câbles recouverts individuellement de manchons rétractables ou posés individuellement dans des conduits en matière plastique	Pas d'exigences complémentaires
Conducteurs isolés par un matériau ayant une très grande résistance mécanique, par exemple, isolation à l'éthylène-tétrafluoroéthylène (ETFE), ou conducteurs à double isolation avec gaine externe renforcée pour utilisation jusqu'à 3 kV, par exemple câbles selon la CEI 60502	
Câbles sous gaine mono ou multi-conducteurs, par exemple câbles selon la CEI 60245-4 ou selon la CEI 60227-4	

CÂBLAGE DES CIRCUITS EN PERMANENCE SOUS TENSION

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, ces circuits doivent faire l'objet de précautions particulières :
- contre les risques de court-circuit
- contre les risques liés au fait qu'ils restent 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 de ces circuits non protégés doivent être raccordés le plus sûrement possible. 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 peuvent être utilisés sans gaine complémentaire sauf s'il existe des risques d'agression comme la présence d'arêtes vives.

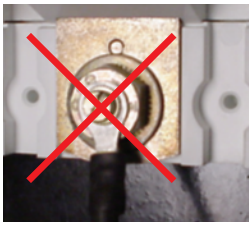
La section des conducteurs des circuits non protégés, normalement choisie pour la puissance des circuits à alimenter, ne doit pas être trop réduite dans la pratique, afin d'assurer une résistance mécanique suffisante. Une valeur minimum de 4 mm² est généralement retenue.
Le dispositif de protection des 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.



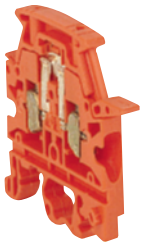
Exemple de raccordement sur plaquette cuivre rapportée sur la connexion. Les vis sont équipées de rondelles contre le desserrage

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.



Les circuits non protégés et sous tension permanente n'ont pas de repérage spécifique (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 3 orange sont spécialement adaptées à ces circuits.



Les conducteurs de neutre et les conducteurs de protection

TRAITEMENT DU CONDUCTEUR DE NEUTRE

RÈGLES DE BASE

Par principe le conducteur neutre est considéré comme un conducteur actif. Il doit donc être dimensionné de la même manière qu'un conducteur de phase, il doit être protégé contre les surintensités et il doit pouvoir être sectionné.
Pour chacune de ces contraintes il existe des dérogations dont il faut connaître les limites.

DIMENSIONNEMENT

Dans les circuits triphasés de section "S" supérieure à 16 mm² (ou 25 mm² alu), la section du conducteur neutre peut être réduite jusqu'à S/2.
Si les charges alimentées ne sont pas pratiquement équilibrées et que 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.
Si le taux d'harmoniques de rang 3 est supérieur à 33 %, il est même nécessaire de surdimensionner le conducteur neutre. La section du neutre doit alors être calculée pour un courant pris égal à 1,45 fois le courant d'emploi dans les phases.

SECTIONNEMENT

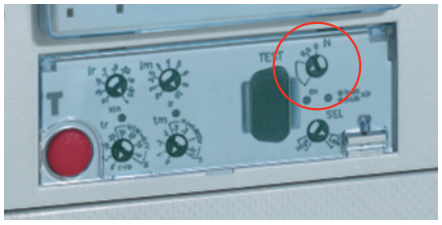
Tous les conducteurs actifs y compris le neutre doivent pouvoir être sectionnés à l'origine de l'installation et à l'origine de chacun des circuits principaux, exceptés si le neutre a fonction de conducteur PEN (voir page 33).

Un conducteur neutre ne peut pas être commun à plusieurs circuits.

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)

DISJONCTEURS AVEC RÉGLAGE DE NEUTRE INDÉPENDANT
Avant mise en service, vérifier la position de réglage de la protection neutre.



TRAITEMENT DES CONDUCTEURS DE PROTECTION

La section des conducteurs de protection dans un ensemble vers lequel des conducteurs extérieurs doivent être raccordés peut se déterminer par deux méthodes : avec ou sans calcul.

DÉTERMINATION SANS CALCUL

Les sections des conducteurs sont choisies 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. Les valeurs à utiliser sont indiquées dans le tableau ci-après.

RÈGLES DE BASE DE DÉTERMINATION DE LA SECTION (NF EN 61439-1)

Section des conducteurs de phase S_{ph} (en mm²)	Section minimale du conducteur de protection correspondant S_{PE} (en mm²)
$S_{ph} < 16$	S_{ph}
$16 < S_{ph} < 35$	16
$35 < S_{ph} < 400$	$S_{ph}/2$
$400 < S_{ph} < 800$	200
$S_{ph} < 800$	$S_{ph}/4$

Si les conducteurs ne font pas partie d'une canalisation (câble), ils devront avoir une section minimale de 2,5 mm² s'ils sont protégés mécaniquement (dans une gaine par exemple), et de 4 mm² s'ils ne sont pas protégés.
Ces sections sont données pour des conducteurs en cuivre. À 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}

En régime TN-C, la section minimale du conducteur PEN est 10 mm² cuivre ou 16 mm² aluminium.

DÉTERMINATION PAR LE CALCUL

Les sections sont déterminées par un calcul justifiant que les conducteurs et leurs bornes sont en mesure de supporter la contrainte maximale de court-circuit. Cette méthode permet d'optimiser les sections utilisées mais nécessite de connaître avec précision la valeur présumée de court-circuit et les caractéristiques des dispositifs de protection.

La section est alors calculée pour des temps de coupure inférieurs à 5 s par la formule suivante :

$$S_{PE} = \frac{\sqrt{I^2 t}}{K}$$

S_{PE} : section du conducteur de protection (en mm²)
I : valeur efficace du courant de défaut (If en A)
t : temps de fonctionnement du dispositif de coupure (en s)
K : coefficient dépendant des températures admissibles, du métal constituant et de l'isolation dont les valeurs sont reprises dans le tableau ci-dessous.

CONTINUITÉ ET PÉRENNITÉ DES CONDUCTEURS DE PROTECTION

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.

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 conducteur 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 regroupés

Le tableau ci-dessous donne à titre indicatif les sections habituellement utilisées pour le conducteur PE. Ces valeurs pourront différer dans l'installation en fonction des conditions.

SECTIONS USUELLES DES CONDUCTEURS DE PROTECTION DANS LES ENSEMBLES EN FONCTION DE L'INTENSITÉ	
I (A)	S_{PE} (mm²)
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 165[2]
1600	240[1] ou 2 x 240[2]
> 1600	S_{PE}/4

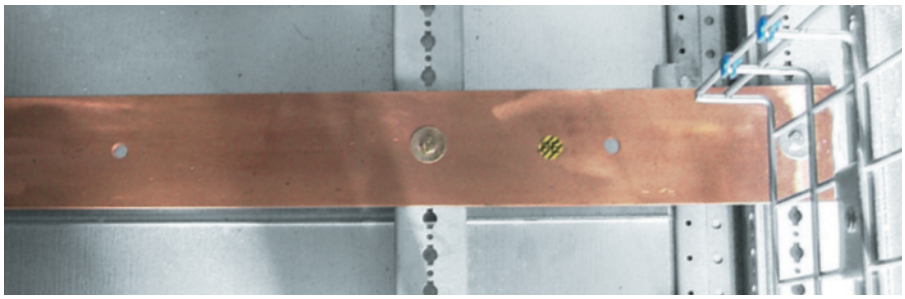
(1) Valeurs SPh/4 suivant EN 61439-1 tableau 11
(2) Valeurs SPh/2 suivant IEC 60364

BORNE PRINCIPALE 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 cette borne :
- 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.

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.



Borne principale constituée d'une barre cuivre en bas d'armoire

SOLUTIONS PRATIQUES DE RACCORDEMENT

➜ Voir Cahiers d'ateliers

DES SOLUTIONS POUR TOUTES LES PUISSANCES, POUR TOUS LES TABLEAUX							
Type de l'enveloppe				Intensité maximum de l'ensemble	Borne ou collecteur de(s) conducteur(s) de protection	Référence	Contrainte thermique I^2t [1]	Section du conducteur principal de protection en cuivre S_{PE} [2]
				(A)			(A^2s)	(mm^2)
XL³ 4000	XL³ 800	XL³ 400	XL³ 160 [3]	80	Borniers de répartition sur barreau plat 12 x 2 [4]	0 048 19 0 048 01/03/04/30/32/34	0,9 x 10^7	16
					Blocs de jonction Viking sur rail [4]	0 200 00/02 0 371 72/74	0,9 x 10	16
				100	Borniers de répartition sur barreau plat 12 x 2 [4]	0 048 19 0 048 01/03/05/06/07 0 048 01/03/05/06/06	1,2 x 10^7	16
				160	Barreau laiton [4]	0 373 01	2 x 10^7	25
				160	Barre cuivre 12 x 4 perforée + connecteurs [4]	0 373 89 0 373 65	4,7 x 10^7	35
					Blocs de jonction Viking sur rail [4]	0 200 00/02 0 371 72/73/74/75/79	3,2 x 10^7	35
				200	Barre cuivre 12 x 4 + étriers [4]	0 373 49/373 02 0 373 60/61/62	5,8 x 10^7	50
				250	Barre cuivre 15 x 4	0 374 33	9,1 x 10^7	70
				315	Barre cuivre 18 x 4	0 374 34	1,3 x 10^8	95
				400	Barre cuivre 24 x 4	0 374 38	2,5 x 10^8	120
				500	Barre cuivre 25 x 5	0 374 18	3,9 x 10^8	150
				630	Barre cuivre 32 x 5	0 374 19	6,5 x 10^8	185
				800	Barre cuivre 50 x 5	0 374 40	2,5 x 10^9	240
				1000	Barre cuivre 63 x 5 [5]	0 374 41	2,5 x 10^9	2 x 150 ou 300
				1250	Barre cuivre 80 x 5 [5]	0 374 43	4,1 x 10^9	2 x 185
				1600	Barre cuivre 100 x 5 [5]	0 374 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 mm² si les prises de terre du neutre et des masses sont distinctes.
(3) Les coffrets XL³ 160 sont livrés avec un barreau laiton.
(4) Utilisation possible en ensemble de classe II. Voir page 34.
(5) Conformément à la norme EN 60439-1, la section de la barre peut être limitée à 50 x 5 (S/4).

UTILISATION DES MASSES EN TANT QUE CONDUCTEUR DE PROTECTION

CHÂSSIS

Les masses constituant le châssis des coffrets et armoires XL³ 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 61439-1 et du § 542.2 de la norme IEC 60364-5-54.
Néanmoins, il est recommandé de limiter la fonction de conducteur de protection uniquement aux montants des châssis et d'être particulièrement attentif au 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 mm² pour les coffrets et armoires XL³ 160, XL³ 400 et XL³ 800
- 70 mm² pour les armoires XL³ 4000

Contrainte thermique admissible des montants d'équipements :

- coffrets et armoires : XL³ 160, XL³ 400 et XL³ 800 : 1,1 x 108 A²s
- armoires XL³ 4000 : 1,4 x 108 A²s

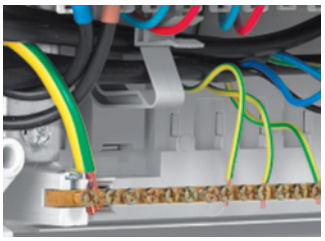
RAILS DE FIXATION

Les rails de fixation des appareils de type 2, 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. 0 371 72/73/74/75/79.

La section électrique équivalente des masses constituées par les coffrets et armoires XL³ permet d'utiliser celles-ci pour la liaison équipotentielle et le raccordement à la terre des parafoudres.
Afin d'éviter toute ambiguïté, ne pas utiliser conjointement les masses à des fins de protection (conducteur PE) et à des fins fonctionnelles (parafoudres).
L'utilisation des masses en tant que PEN est interdite.

ENSEMBLE PROTEGE PAR ISOLATION TOTALE

Dans un ensemble conforme au § 8.4.4 protection par isolation totale de l'EN 61439-1, les conducteurs de protection sont considérés comme des parties actives et les parties métalliques ne doivent pas être reliées à ces conducteurs de protection. La borne principale des conducteurs de protection doit par conséquence être isolée. Des dispositions de montage dans les enveloppes XL³ ont été prévues à cet effet.



Les plots isolants XL³ 160 reçoivent barreaux laiton ou barreaux plats pour borniers



CÂBLAGE D'UN ENSEMBLE DE CLASSE II
➜ Voir page 20

TRAITEMENT DU 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.

EXIGENCES NORMATIVES

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 et aucun appareil ne doit être inséré dans le circuit de protection.
• La section minimale du conducteur PEN est de 10 mm² cuivre ou 16 mm² aluminium.

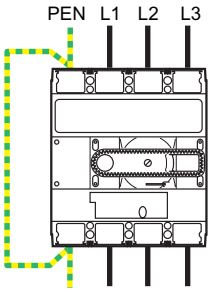
La mise en œuvre du conducteur PEN nécessite des précautions particulières :
- tout risque de rupture du conducteur PEN doit être évité ; à ce titre, il est recommandé de ne pas réduire sa section par rapport aux conducteurs de phase
- le conducteur PEN doit être isolé pour la tension nominale par rapport à la terre. À 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
- la barre PEN peut 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.

Les supports de jeux de barres tétrapolaires peuvent en général être utilisés pour réaliser la répartition en schéma TN-C à l'intérieur d'un ensemble. L'absence de la (ou des) barre(s) de neutre ne modifie pas les caractéristiques de ces supports.
Ils peuvent être utilisés en montage tétrapolaire et 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, à condition de respecter les conditions de section minimale nécessaire pour la fonction de neutre et pour la fonction de conducteur de protection.

Il est recommandé de disposer la barre (PE, N ou PEN) vers la face accessible des ensembles pour :
- **diminuer le risque de chocs électriques**
- **identifier le régime de neutre**
- **diminuer le champ magnétique rayonné vers les appareils de mesure.**

MESURE D'ISOLEMENT ET CONDUCTEUR PEN

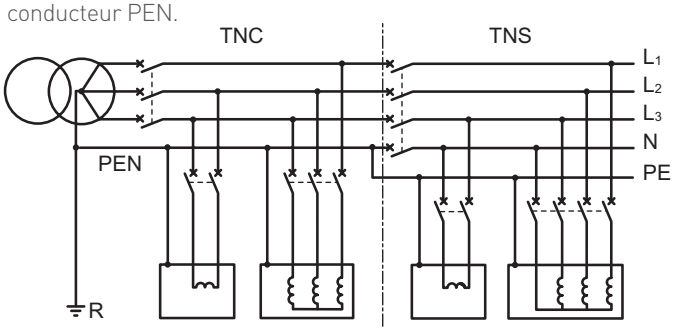
La règle de non-sectionnement du conducteur PEN peut être gênante lors des mesures d'isolement notamment du transformateur HTA/BT. En effet la coupure du conducteur de terre ne permet pas d'isoler totalement les enroulements qui sont toujours reliés au conducteur PEN, lui-même relié à la terre par les 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'aide d'un 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 seconde solution a pour avantage de lier physiquement la continuité du PEN avec la remise sous tension.



COEXISTENCE TN-C ET TN-S

Si ces 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. À 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 (conducteur neutre et 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.



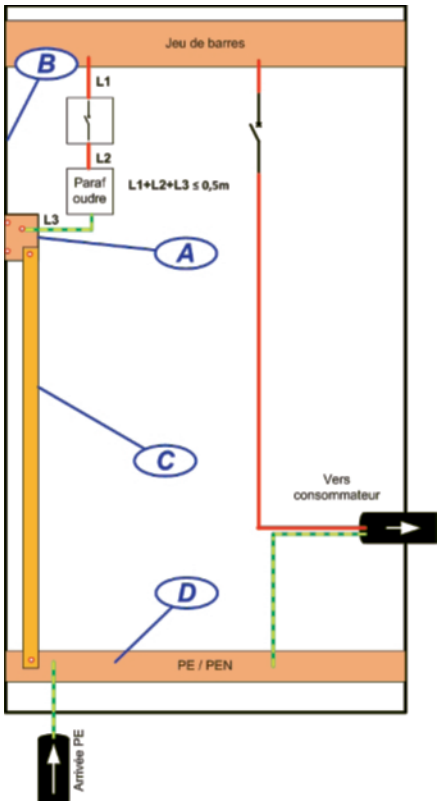
MISE EN OEUVRE D'UN PARAFOUDRE DANS UNE ARMOIRE OU COFFRET A STRUCTURE METALLIQUE

Les liaisons L1, L2, L3 doivent être le plus court possible (n'excédant pas de préférence 0.5m au total, voir textes normatifs ci-dessous).

• Une plaque conductrice complémentaire Ⓐ doit être fixée à la structure métallique Ⓑ de l'armoire XL³, au plus proche du parafoudre.

• Le point de connexion électrique entre la liaison L3 et la plaque conductrice Ⓐ ne doit pas être le même point que le point de fixation mécanique de la plaque Ⓐ sur la structure métallique Ⓑ de l'XL³.

• Une liaison complémentaire Ⓒ peut être rajoutée entre la plaque conductrice Ⓐ et le collecteur de terre principal Ⓓ. Cette liaison supplémentaire est préconisée pour respecter certaines habitudes locales d'installation. Dans ce cas, la section de la liaison Ⓒ doit être au moins égale à celle de la liaison L3. Elle peut être réalisée en en barre de cuivre (recommandé) ou en câble.

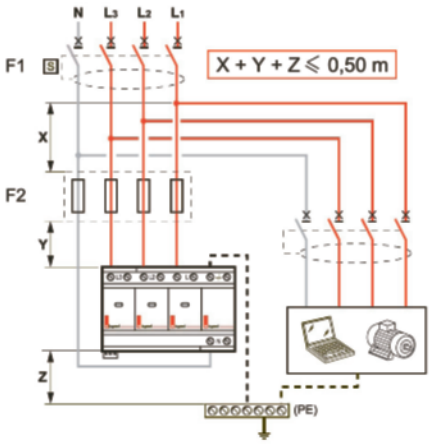


COMMENT LEGRAND APPLIQUE LES TEXTES NORMATIFS

NF C 15-100

§ 534.1.3.4 : Afin d'assurer une protection optimale contre les surtensions, les conducteurs de connexion du parafoudre doivent être aussi courts que possible (n'excédant pas de préférence 0,5 m au total).

L'information est disponible dans les notices d'installation de nos parafoudres.



UTE C15-443 :

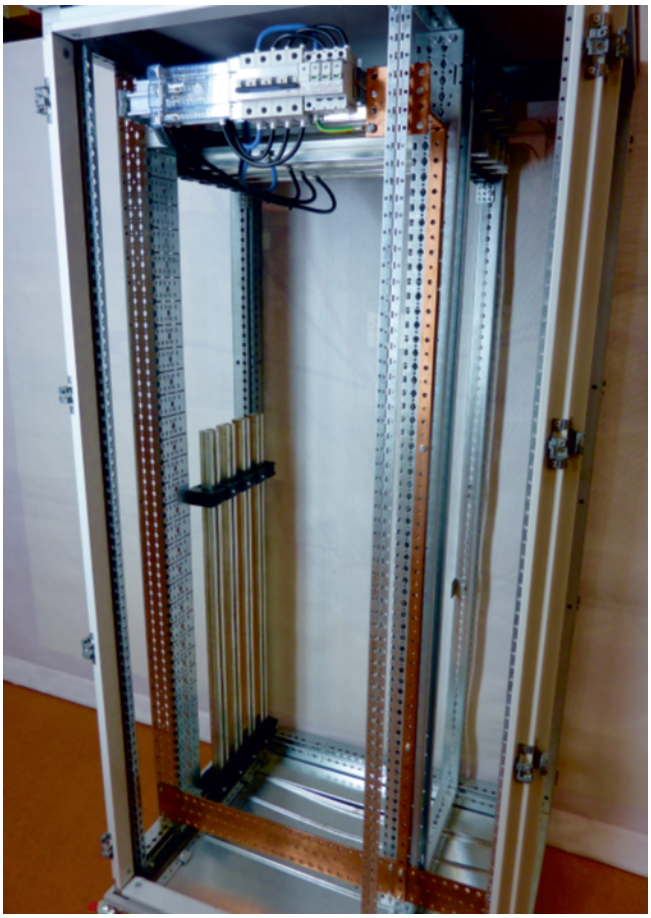
§ Annexe H1c : Cas d'un ensemble d'appareillage avec enveloppe métallique :

Dans le cas d'utilisation d'ensemble d'appareillage avec enveloppe métallique, si l'enveloppe est utilisée comme conducteur de protection, l'ensemble d'appareillage doit être conforme à la norme NF EN 61439-1 (C 63-421).

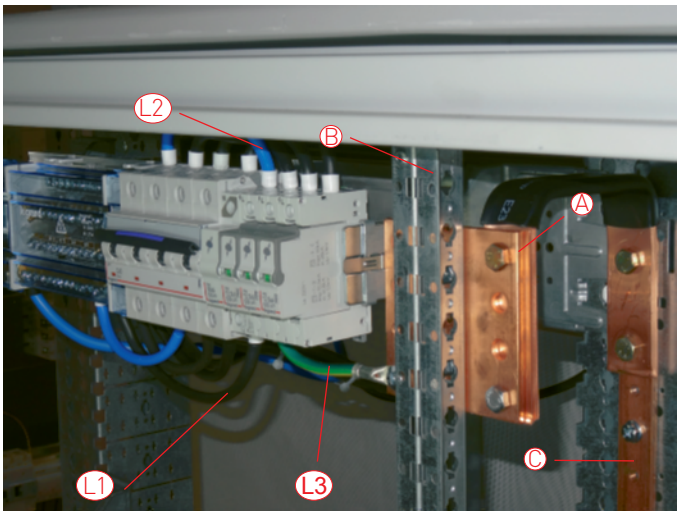
Le constructeur de l'ensemble d'appareillage doit s'assurer que les caractéristiques de l'enveloppe permettent cette utilisation.

Nous disposons d'une déclaration :

"LEGRAND déclare sous sa responsabilité qu'il est possible d'utiliser l'ossature métallique des armoires métalliques XL³ 160/400/800/4000/6300 pour écouler les courants dus à des surtensions transitoires sur la base de : l'article 534.1.3.4 de la norme NF C 15-100 de l'annexe H du guide UTE C 15-443 (cas d'un ensemble d'appareillage avec enveloppe métallique) des certificats de conformité aux normes NF EN 61439 des armoires XL³ "



Exemple de réalisation dans une armoire XL³ avec l'alimentation par le bas de la protection associée au parafoudre.



Mise en œuvre de la terre avec une plaque conductrice complémentaire (A), fixée à la structure métallique de l'armoire XL³



Autre exemple de réalisation des liaisons L1, L2 et L3.

Il est conseillé d'apposer des indications complémentaires permettant d'identifier l'alimentation sur le produit et sur le plastron (voir page 36).

Le câblage des appareils

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 du haut ou sur les bornes du bas des appareils.
Cette pratique nécessite deux précautions :
- l'appareil à raccorder doit être prévu en conséquence (alimentation réversible),
- les bornes d'alimentation doivent être identifiées, particulièrement si le raccordement est effectué sur les bornes du bas.

Les appareils DPX³ peuvent être alimentés indifféremment par les bornes du haut ou les bornes du bas y compris lorsqu'ils sont équipés de blocs différentiels. Ils peuvent fonctionner en position verticale ou horizontale.

Suivant les marchés ou les habitudes nationales, il peut exister un sens préférentiel d'alimentation des appareils. Si celui adopté pour la réalisation est différent, il est conseillé d'apposer des indications complémentaires permettant d'identifier l'alimentation sur le produit et sur le plastron.

Exemples d'indication :

ATTENTION : alimentation par bornes basses

ou des repères du type :

↑↑↑↑ Bornes de sortie

↓↓↓↓ Bornes d'arrivée

POSITION DES APPAREILS

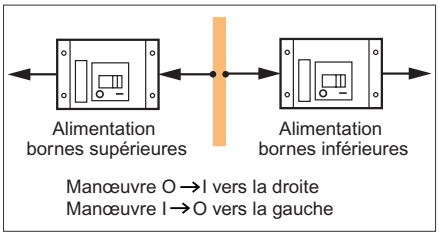
En vue d'éviter tout accident, le bon sens veut que les sens d'ouverture et de fermeture des appareils soit identique pour la totalité de l'installation et a fortiori pour un même ensemble (ex : de gauche à droite, du bas vers le haut) en fonction de la position des appareils. Il faut donc être particulièrement attentif aux appareils installés en position horizontale.

La norme EN 60447, citée en référence dans la norme NF EN 61439-1, indique que tout "effet miroir" (ex : sens d'ouverture de deux appareils inversé) est à proscrire.

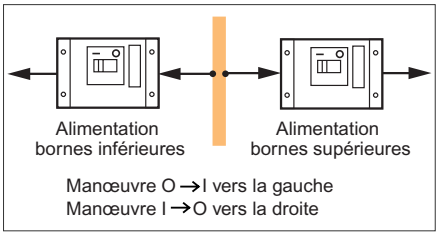
Tous les appareils DPX³ installés en position horizontale peuvent être indifféremment positionnés : O —> I vers la droite ou vers la gauche. La symétrie est assurée par simple retournement de l'appareil.



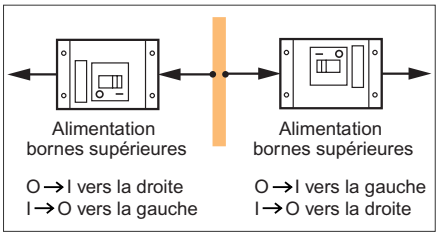
Différentes configurations d'alimentation avec appareils installés en position horizontale



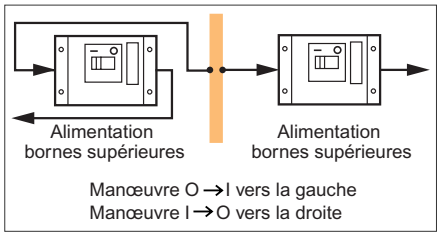
Configuration recommandée si les bornes d'alimentation sont repérées



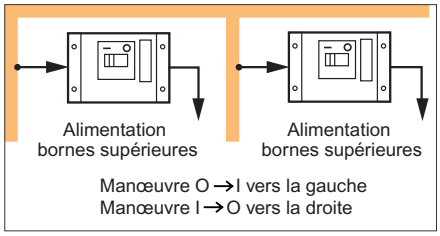
Configuration admise si les bornes d'alimentation sont repérées



Configuration déconseillée : alimentation des appareils par les bornes supérieures, mais manœuvres inversées



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 câbles à droite)

REPÉRAGE DU PÔLE NEUTRE

Il n'existe pas de position normalisée du pôle neutre ; elle peut différer selon les habitudes locales. Le conducteur neutre doit être repéré par la coloration bleue claire. 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 DPX³ sont livrés avec neutre repéré sur le pôle de gauche

CÂBLAGE DES TORES

Le câblage des tores pour dispositifs différentiels nécessite des précautions particulières :

- limiter le plus possible la longueur des câbles de liaison entre le tore et le relais
- placer les câbles au centre du tore et de préférence le conducteur neutre au centre des conducteurs de phase
- respecter un angle de 90° entre câbles et tores
- utiliser du câble blindé si nécessaire
- pour les grosses intensités, préférer prendre la mesure sur la liaison entre le neutre du transfo et la terre plutôt que sur les phases
- si nécessaire, ajouter un manchon amagnétique de hauteur au moins égale à deux fois le Ø du tore
- s'assurer que les informations marquées sur les tores restent lisibles après l'installation.

Lorsque les tores sont placées sur un jeu de barres, en plus des conseils ci-dessus, il est recommandé :

- de placer les tores en quinconce pour ne pas réduire les distances d'isolement
- de placer des cales entre les barres d'une même phase, lorsque le jeu de barres comporte plusieurs barres par phase.

Les séparations à l'intérieur d'un ensemble

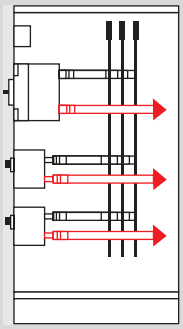
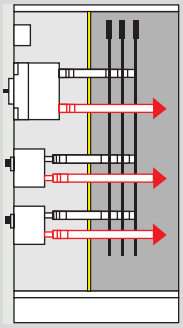
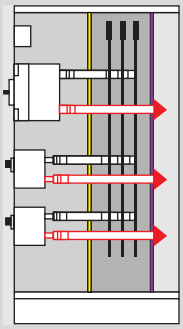
La norme NF EN 61439-2 définit les séparations à l'intérieur d'un ensemble selon 4 types de formes, elles-mêmes divisées en deux groupes "a" et "b". Ces séparations internes sont réalisées au moyen de barrières ou d'écrans en matière métallique ou isolante.
Elles ont pour but de fractionner le tableau en espaces protégés clos pour :
- une protection contre les contacts directs avec des parties dangereuses des unités fonctionnelles voisines ; le degré de protection doit au moins être égal à IP XXB
- une protection contre le passage de corps solides ; le degré de protection doit au moins être égal à IP 2X (le degré de protection IP 2X couvre le degré de protection IP XXB).

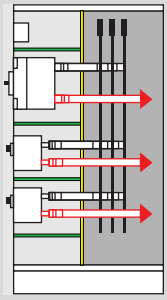
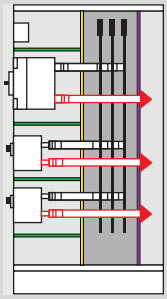
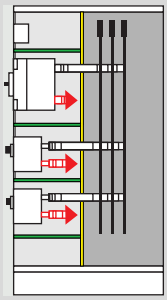
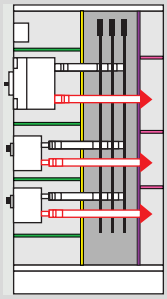
Le principal but recherché est de maintenir la disponibilité de l'alimentation électrique en cas de défaut ou en cas d'intervention dans le tableau.
Elles permettent également de limiter la propagation d'un arc électrique et le risque d'amorçage.
Mais, à l'inverse, elles limitent la ventilation naturelle du tableau et donc peuvent provoquer des échauffements. Il convient dès lors de s'assurer de l'équilibre thermique. Elles feront inévitablement augmenter le volume du tableau et son coût, tant en main-d'oeuvre qu'en composants.

Le système XL³ 4000/6300 permet de réaliser tous les types de formes à partir des composants proposés au catalogue.

FORMES

➜ Voir Cahier d'ateliers Formes

SPÉCIFICATIONS DES DIFFÉRENTS TYPES DE FORMES		
Forme 1		Aucune séparation
Forme 2a		Séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles. Les bornes pour conducteurs extérieurs n'ont pas besoin d'être séparées des jeux de barres.
Forme 2b		Séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles. Les bornes pour conducteurs extérieurs sont séparées des jeux de barres.

SPÉCIFICATIONS DES DIFFÉRENTS TYPES DE FORMES (SUITE)		
Forme 3a		Séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles et séparation de toutes les unités fonctionnelles entre elles. Les bornes pour conducteurs extérieurs n'ont pas besoin d'être séparées des jeux de barres.
Forme 3b		Séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles et séparation de toutes les unités fonctionnelles entre elles. Séparation des bornes pour conducteurs extérieurs des unités fonctionnelles mais pas des bornes entre elles.
Forme 4a		Séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles et séparation de toutes les unités fonctionnelles entre elles y compris les bornes pour conducteurs extérieurs qui font partie intégrante de l'unité fonctionnelle. Les bornes pour conducteurs extérieurs sont dans le même compartiment que l'unité fonctionnelle.
Forme 4b		Séparation des jeux de barres des unités fonctionnelles et séparation de toutes les unités fonctionnelles entre elles y compris les bornes pour conducteurs extérieurs. Les bornes pour conducteurs extérieurs ne sont pas dans le même compartiment que l'unité fonctionnelle mais dans des compartiments individuels séparés.

UNITÉ FONCTIONNELLE
Ce terme désigne une partie d'un ensemble comprenant tous les éléments mécaniques et électriques concourant à l'exécution d'une seule fonction.
Dans le cas des tableaux de distribution, une unité fonctionnelle est presque exclusivement composée de l'appareil de protection et de ses auxiliaires à l'exception des systèmes dits "à tiroirs"

RÉPARTION IS
Lorsque le critère recherché est la possibilité d'effectuer des opérations de maintenance ou d'évolution du tableau sans coupure générale de l'ensemble, le système de répartition HX³/VX³ IS est particulièrement bien adapté et peut avantageusement remplacer les formes de séparation.

Bases débrochables
+
protection des barres
+
cache-bornes
=
interventions sécurisées

Bases débrochables vides
=
évolutions sécurisées.

Il n'est pas nécessaire d'ajouter des cloisons entre unités fonctionnelles pour les forme 3a, 3b et 4a, 4b.
Le degré de protection IP 2X des DPX³ couvre le degré de protection IP XXB. La séparation peut être obtenue par l'isolation des parties actives ou en plaçant l'appareil concerné à l'intérieur d'un boîtier intégré, par exemple un disjoncteur à boîtier moulé suivant le §8.101 de l'EN 614392

Poussoirs et voyants

Les couleurs et le clignotement sont des moyens visibles efficaces pour attirer l'attention. Ils doivent être utilisés pour des applications bien déterminées et doivent éviter toute ambiguïté.
La norme NF EN 60073 (NF C 20-070) définit les couleurs à utiliser pour les poussoirs et voyants.
Il est recommandé que le nombre de couleurs utilisées soit limité au strict nécessaire.
Les principales couleurs utilisées sont le rouge, le jaune, le vert, le bleu, le blanc, le gris et le noir.
Les significations des couleurs doivent être attribuées en priorité par rapport aux critères suivants :
- sécurité des personnes ou des biens
- situation d'un processus
- état du matériel.

SIGNIFICATIONS DES COULEURS

Rouge = danger
Jaune = attention, avertissement ou anomalie
Vert = sécurité ou fonctionnement normal
Bleu = obligation
Blanc, gris, noir = indication, information



Gamme Osmoz : un large choix de poussoirs et de voyants

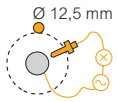
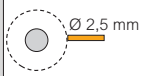
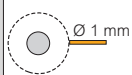
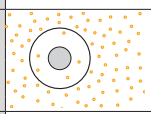
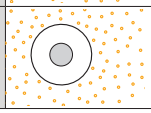
VOYANTS ET POUSSOIRS	SÉCURITÉ	PROCESSUS	ÉTAT
Rouge	Danger	Urgence	Défaillance
Jaune	Attention	Anomalie	Anomalie
Vert	Sécurité	Normal	Normal
Bleu	Action obligatoire		
Blanc, gris, noir	Indication, information		

Degrés de protection IP

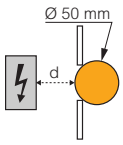
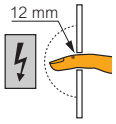
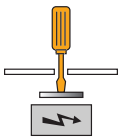
L'indice de protection noté IP définit l'aptitude à protéger les personnes et à empêcher la pénétration de corps solides étrangers contre les contacts directs (premier chiffre) et contre les liquides (deuxième chiffre). La lettre additionnelle désigne la protection contre l'accès aux parties dangereuses.Legrand propose à travers sa gamme XL³ une réponse parfaitement adaptée à tous les environnements. Du coffret XL³ 160 IP 30 à l'armoire de distribution industrielle XL³ 4000/6300, 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 IEC 60529, EN 60529

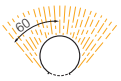
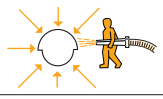
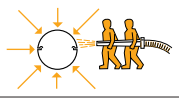
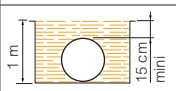
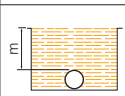
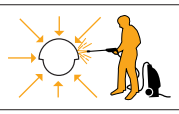
1er chiffre : protection contre l'introduction de corps solides

IP	tests	
0		Pas de protection
1		Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm
2		Protégé contre les corps solides supérieurs à 12,5 mm
3		Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm
4		Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm
5		Protégé contre les poussières (pas de dépôt nuisible)
6		Totalement protégé contre les poussières

Lettre additionnelle IP XX (ABCD) : protection contre les contacts directs par l'accès aux parties dangereuses sous tension

IP	tests	protection
A		Le dos de la main reste éloigné des parties dangereuses
B		L'introduction d'un doigt ne permet pas de toucher les parties dangereuses
C		L'introduction d'un outil (par ex. tournevis) ne permet pas de toucher les parties dangereuses
D		L'introduction d'un fil ne permet pas de toucher les parties dangereuses

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		Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale
3		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 projections d'eau de toutes directions à la lance
6		Totalement protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer
7		Protégé contre les effets de l'immersion
8		Protégé contre les effets de l'immersion prolongée dans des conditions spécifiées
9		Protégé contre les projections d'eau à haute-pression et haute température

Manutention des ensembles

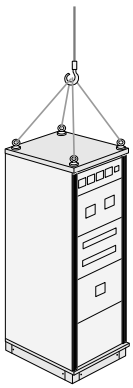
LE LEVAGE DES ENSEMBLES

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.

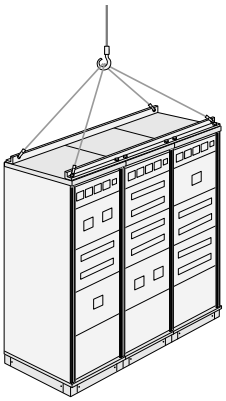
ACCESSOIRES DE LEVAGE

Les anneaux de levage XL³ permettent la manutention d'unités de largeur inférieure à 2 m.

Lorsque la largeur de l'ensemble est supérieure à 2 m ou lorsque la charge est particulièrement importante on utilisera des cornières. Cette méthode est applicable aux armoires XL³ 4000/6300 et XL³ 800 IP 55, mais pas aux armoires XL³ 800 IP 43.



Levage avec anneaux



Levage avec cornières

Les élingues sans fin ou estropes ne sont pas recommandées pour un accrochage sur des anneaux.

CHOIX DES ÉLINGUES

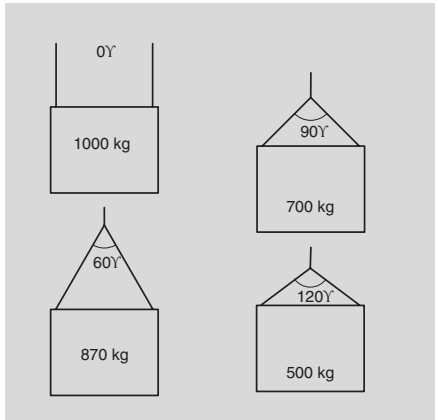
Il appartient à l'élingueur de choisir l'élingue adaptée en fonction de la charge à manutentionner et des appareils de levage.

- 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.

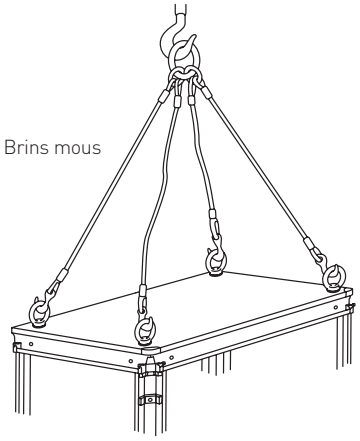
La valeur minimale de la CMU des élingues est indiquée sur les schémas de levage des notices des armoires (valeur pour une élingue simple ou pour un brin d'une élingue multiple).

- 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 EN 52150 précise la réduction à appliquer par un facteur M de mode d'élingage pour les cas les plus courants.



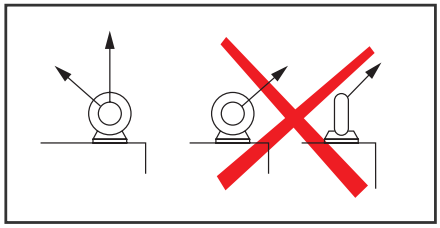
Incidence de l'angle entre les brins sur la charge levable



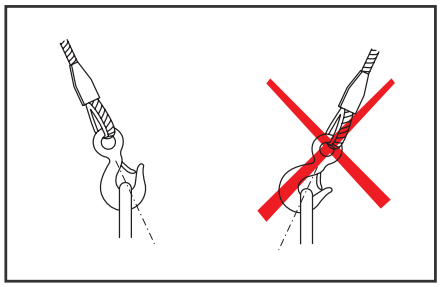
Il est recommandé de limiter à 90° l'angle entre brins et de ne jamais dépasser 120° pour la double raison que les points d'accrochage subissent alors des efforts latéraux très importants et que la charge levable est considérablement réduite.

DISPOSITION DES ANNEAUX, DES ÉLINGUES ET DES CROCHETS

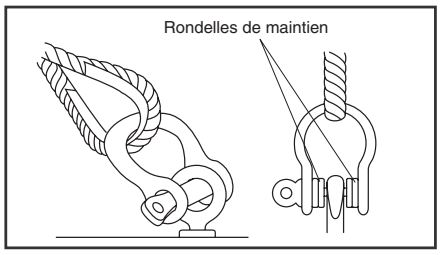
Visser les dispositifs en respectant les couples de serrage maxi préconisés



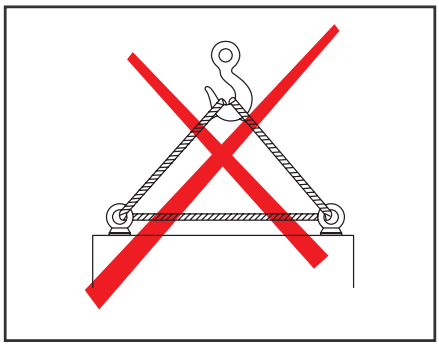
Orienter les anneaux dans l'axe des élingues. Si nécessaire, l'ajustement se fait par desserrage. Les efforts latéraux sur des anneaux mal orientés peuvent entraîner leur rupture.



Positionner les crochets avec le bec dirigé vers le haut.



- Utiliser des dispositifs 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.

LEVAGE DES CHARGES LONGUES

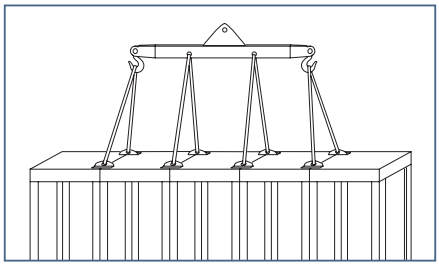
Les ensembles de grande longueur peuvent nécessiter des précautions particulières au levage pour équilibrer la charge et limiter les oscillations.

• Utilisation d'une élingue d'équilibrage

Ce type de pratique nécessite de bien connaître la répartition de la charge. En cas de doute, utiliser un palonnier.

• Utilisation d'un palonnier

Elinguer en trapèze pour limiter l'oscillation. Ne pas utiliser d'élingues plates.



MANUTENTION AVEC DIABLE ET CHARIOT ÉLÉVATEUR

Les ensembles fixés sur palettes peuvent être manipulés à l'aide d'un transpalette, d'un diable ou d'un chariot élévateur sans risque de détérioration.

La manutention des armoires XL³ 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. Le levage doit s'effectuer après retrait des trappes amovibles du socle.

ROULAGE DES ARMOIRES

Toutes les armoires XL³ peuvent être déplacées au sol par roulage, qu'elles soient ou non équipées d'un socle. Les bords extérieurs du soubassement sont renforcés pour constituer un chemin de roulement continu.

Ce point doit être fourni dans le dossier technique afin de garantir la bonne manutention de l'ensemble fini avant l'installation finale.

LA CERTIFICATION DES ENSEMBLES

La norme NF EN 61439-1 & 2



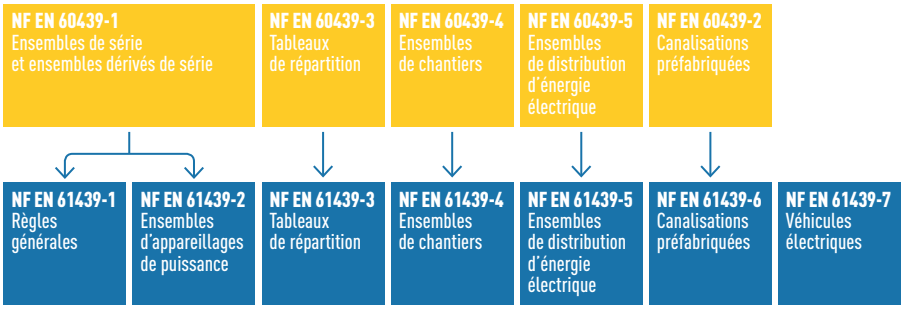
La certification des ensembles de distribution basse tension est définie par les normes internationales NF EN 61439-1, NF EN 61439-2 et NF EN 61439-3

CE QUI CHANGE PAR RAPPORT AUX NORMES NF EN 60439

La série des normes NF EN 61439 a été publiée pour se substituer totalement à la série des normes NF EN 60439.
Les modifications techniques suivantes ont été apportées :
- le double rôle de la NF EN 60439-1 en tant que norme de produit à part entière et norme de règles générales pour les ensembles couverts par une partie de produit subsidiaire de la série NF EN 60439 a été abandonné; en conséquence, la NF EN 61439-1 est purement une norme de "règles générales" devant être appelée par les parties de produit subsidiaires de la série NF EN 61439;
- la norme de produit remplaçant la NF EN 60439-1 est la NF EN 61439-2;
- la distinction entre les ensembles de série (ES) et les ensembles dérivés de série (EDS) est éliminée par l'approche de vérification;
- trois types différents mais équivalents de vérification des exigences sont introduits : la vérification par essai, la vérification par calcul/mesure, ou la vérification par la satisfaction de règles de conception;
- les exigences concernant les échauffements ont été clarifiées;
- le facteur de diversité assigné (RDF) est traité avec de plus amples détails;
- les exigences des enveloppes vides destinées aux ensembles (NF EN 62208) ont été incorporées;
- la totalité de la structure de la norme est alignée avec sa nouvelle fonction comme norme de "règles générales".

À la différence de la NF EN 60439-1 la conformité ne peut pas être établie sur la seule base des règles générales (NF EN 61439-1). Les ensembles doivent être conformes aux normes spécifiques qui leur sont dédiées ; en l'occurrence les normes NF EN 61439-2, NF EN 61439-3...
Ce document ne traite que de la certification des coffrets et armoires de puissance destinées à être utilisées par des personnes habilitées, c'est à dire les parties 1 et 2 de la nouvelle norme.

NF EN 60439 | ANCIENNE SÉRIE 1992



NF EN 61439 | NOUVELLE SÉRIE 2012

LES DÉFINITIONS

- **Ensemble d'appareillage de puissance (EAP) :**

système complet de composants électriques et mécaniques (enveloppes, jeux de barres, unités fonctionnelles, etc.) tels que définis par le Constructeur d'origine et destinés à être assemblés selon ses instructions...
Exemple : armoire de distribution équipée.

- **Constructeur d'ensemble :**

entité assurant l'assemblage, le câblage et prenant la responsabilité de l'ensemble fini.
Exemple : tableautier.

- **Constructeur d'origine :**

entité qui a réalisé la conception d'origine et la vérification associée d'un ensemble conformément à la norme NF EN 61439.
Exemple : Legrand.

Le constructeur d'ensemble et le constructeur d'origine peuvent être une seule et même entité.
Exemple : tableaux montés câblés par Legrand.

LE RÔLE ET LA RESPONSABILITÉ DE CHACUN

Le constructeur d'origine fabrique ou spécifie les différents éléments qui entrent dans la composition du tableau de distribution : les dispositifs de protection, les armoires, le système de répartition, etc. Tous ces éléments bénéficient de certificats de conformité produits. Des configurations représentatives réalisées sur la base de ces produits sont soumises à un ensembles de tests : ce sont les essais de type.

Le constructeur d'ensemble réalise l'assemblage de l'armoire électrique, installe les équipements, réalise le câblage dans le respect des règles de choix et de mise en oeuvre des produits selon les modalités définies par le constructeur d'origine, par les normes, par les règlements et par les règles de l'art. C'est lui qui doit certifier l'ensemble fini et fournir la documentation technique. La réalisation des essais individuels (isolement, continuité des masses) et de l'inspection finale, font l'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 page 62) et l'ensemble être marqué en conséquence.
La conformité à la norme NF EN 61439-2 permet également l'apposition du marquage CE si requis.

Les tests à effectuer par le constructeur d'origine

La norme NF EN 61439-2 demande la vérification de 13 points caractéristiques pour la certification des ensembles d'appareillage de puissance (EAP).
Ces vérifications concernent l'ensemble fini et ne se substituent pas aux essais de conformité aux normes produits des éléments constituants.



Selon la caractéristique la vérification peut se réaliser selon 3 méthodes différentes :
- par essai réalisé sur un échantillon d'un ensemble ou sur des parties d'ensemble
- par comparaison structurée d'une proposition de conception d'un ensemble, ou de parties d'un ensemble avec une conception de référence éprouvé par essai
- par vérification du respect des règles de conception ou des calculs stricts appliqués à un échantillon d'un ensemble ou à des parties d'ensembles, y compris l'emploi de marges de sécurité appropriées.

Lorsqu'il existe plusieurs méthodes pour une même vérification, ces méthodes sont considérées équivalentes et le choix de la méthode appropriée relève de la responsabilité du constructeur d'origine.

En temps que constructeur d'origine, Legrand a fait réaliser la plupart de ces vérifications sur un échantillonnage représentatif par un laboratoire reconnu.
Si toutes les exigences et les instructions fournies par Legrand sont parfaitement respectées, le constructeur d'ensembles n'a pas à refaire ces vérifications sur l'ensemble fini.
Lorsque le constructeur d'ensembles incorpore ses propres dispositions non comprises dans la vérification du constructeur d'origine, il est réputé être le constructeur d'origine en ce qui concerne ces dispositions et doit en conséquence refaire ces vérifications.

LES VERIFICATIONS DE CONCEPTION					
N°	**Caractéristique à vérifier**	**Article ou paragraphes**	**Option de vérification disponibles**		
			Essais	**Comparaison**	**Évaluation**
1	Résistance des matériaux et des parties : Tenue à la corrosion Propriétés des matériaux isolants : Stabilité thermique Résistance des matériaux isolants à une chaleur anormale et au feu dus aux effets électriques internes Résistance aux rayonnements ultra-violets (UV) Levage Impact mécanique Marquage	10.2 10.2.2 10.2.3 10.2.3.1 10.2.3.2 10.2.4 10.2.5 10.2.6 10.2.7	 OUI OUI OUI OUI OUI OUI OUI	 NON NON NON NON NON NON NON	 NON NON NON OUI NON NON NON
2	Degré de protection procuré par les enveloppes	10.3	OUI	NON	OUI
3	Distance d'isolement	10.4	OUI	NON	NON
4	Ligne de fuite	10.4	OUI	NON	NON
5	Protection contre les chocs électriques et intégrité des circuits de protection : Continuité réelle entre les masses de l'ensemble et le circuit de protection Tenue aux courts-circuits du circuit de protection	10.5 10.5.2 10.5.3	 OUI OUI	 NON OUI	 NON NON
6	Intégration des appareils de connexion et des composants	10.6	NON	NON	OUI
7	Circuits électriques internes et connexions	10.7	NON	NON	OUI
8	Bornes pour conducteurs externes	10.8	NON	NON	OUI
9	Propriétés diélectriques : Tension de tenue à fréquence industrielle Tension de tenue aux chocs	10.9 10.9.2 10.9.3	 OUI OUI	 NON NON	 NON OUI
10	Limites d'échauffement	10.10	OUI	OUI	OUI
11	Tenue aux courts-circuits	10.11	OUI	OUI	NON
12	Compatibilité électromagnétique (CEM)	10.12	OUI	NON	OUI
13	Fonctionnement mécanique	10.13	OUI	NON	NON

Les 13 vérifications de conception en détail

ESSAI 1

- **RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX ET DES PARTIES :**

Les capacités mécaniques, électriques et thermiques des matériaux de construction et des pièces des ensembles doivent être réputées prouvées par la vérification des caractéristiques de construction et de performances. Donc des test sont effectués pour vérifier la tenue : à la chaleur, aux ultraviolets, au levage, aux impacts mécaniques

ESSAI 2

- **VÉRIFICATION DU DEGRÉ DE PROTECTION (IP)**

L'IP définit l'aptitude à protéger les personnes contre les parties dangereuses et à empêcher la pénétration de corps solides (premiers chiffres) et contre les corps liquides (deuxième chiffre). La lettre additionnelle désigne la protection contre l'accès aux parties dangereuses uniquement

ESSAI 3

- **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 NF EN 61439-1 issue de la norme IEC 60664-1. Les distances sont mesurées entre les parties actives de polarités différentes, mais également entre les parties actives et les masses (modèle en annexe).

ESSAI 4

- **LE MONTAGE DES APPAREIL ET ÉQUIPEMENTS)**

Legrand garantit le respect des valeurs de distances pour les tensions d'isolement de ces appareils, lorsqu'ils sont installés selon les conditions prescrites. 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.

ESSAI 5

- **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 NF EN 61439-1 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.

ESSAI 6

- **INTÉGRATION DES APPAREILS DE CONNEXION ET DES COMPOSANTS**

Ce sont les règles concernant l'installation des appareils compris dans l'ensemble, qu'il s'agisse autant des parties fixes que démontables mais aussi du respect du câblage par rapport aux demandes du client. Cela comprend aussi l'accessibilité aux dispositifs de réglage et de réarmement ; et tous les types d'indications (voyants, cadrans...).

ESSAI 7

■ CIRCUITS ÉLECTRIQUES INTERNES ET CONNEXIONS

Cet essai consiste à vérifier la conformité aux exigences de conception pour les circuits puissances et commande. Cela comprend le dimensionnement correct du jeu de barres et des câbles, la mise à la terre des circuits de commande... cela comprend également le repérage couleur des différents circuits.

ESSAI 8

■ BORNES POUR CONDUCTEURS EXTERNES

Cette règle veut que l'indication sur la capacité des bornes mais aussi que la possibilité d'accueillir de l'aluminium ou du cuivre soient précisées à l'utilisateur final. Elle comprend aussi la vérification de tous les types de bornes qui peuvent être utilisées pour l'entrée ou la sortie des câbles (Neutre, PEN, symbolique du PE...).

ESSAI 9

■ 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

ESSAI 10

■ LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT

Essai d'échauffement des ensembles. Cet essai vérifie le bon fonctionnement des ensembles dans les conditions maximales d'emploi (intensité, nombre d'appareils, volume d'enveloppe). Il permet de définir les éléments de bilan thermique pour un échauffement moyen de l'air dans les ensembles inférieurs à 30°C et un échauffement des bornes inférieur à 70°C.

Voir l'estimation du bilan thermique des enveloppes XL³ page 70.

ESSAI 11

■ TENUE AUX COURTS-CIRCUITS)

Les essais 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/DPX-IS) et de protection (DMX³/DPX³/DX³), et des enveloppes.

ESSAI 12

■ COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Cet essai consiste à contrôler les perturbations électromagnétiques de l'ensemble en fonctionnement dans son environnement, l'objectif étant qu'il ne doit pas provoquer de perturbations.

ESSAI 13

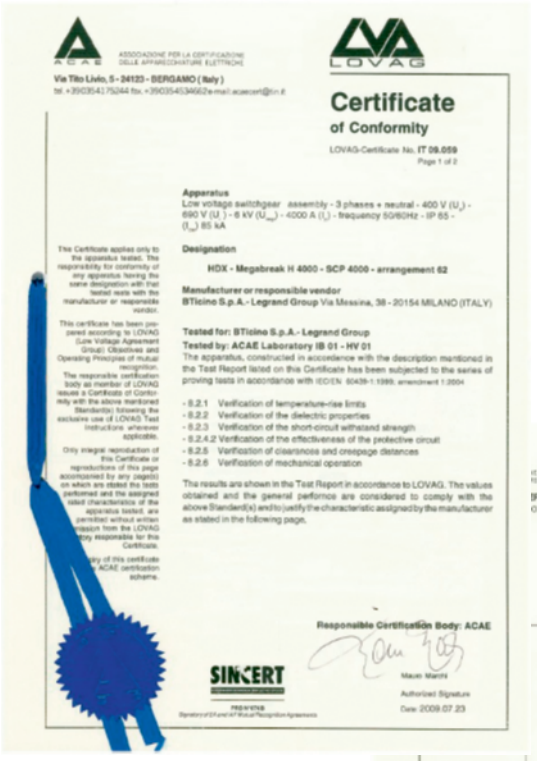
■ VÉRIFICATION DU FONCTIONNEMENT MÉCANIQUE

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 200 cycles de manoeuvre sur les tiroirs débrochables et les fixations des plastrons.

La réponse aux tests

Les vérifications de conception sont réalisées sur un échantillon d'un ensemble ou sur des parties d'ensembles pour montrer que la conception satisfait aux exigences de la norme d'ensemble applicable.

Ces vérifications sont effectuées de manière officielle par des organismes neutres sur des ensembles représentatifs des configurations habituelles de câblage et de disposition des appareils (voir ci-contre).



Certificate
of Conformity

LOVAG-Certificate No. IT 09.059

Apparatus
Low voltage switchgear assembly - 3 phases + neutral - 400 V (U_e) - 690 V (U_i) - 6 kV (U_{imp}) - 4000 A (I_n) - frequency 50/60Hz - IP 65 - (I_{cw}) 85 kA

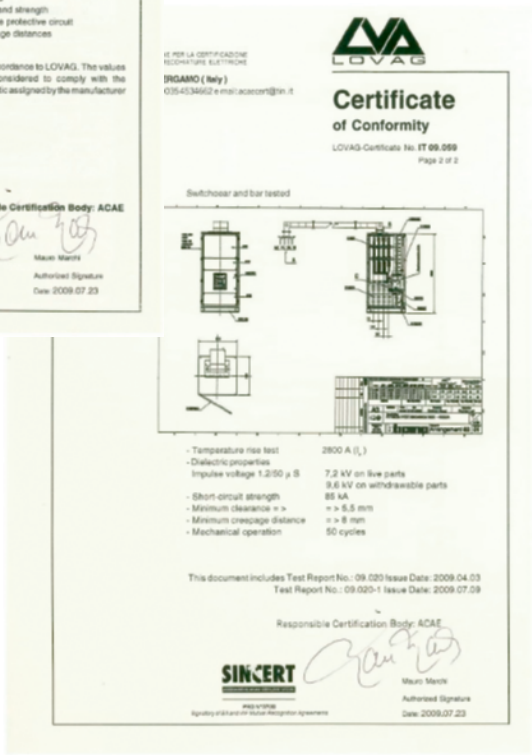
Designation
HDX - Megabreak H 4000 - SCP 4000 - arrangement 62

Manufacturer or responsible vendor
BTicino S.p.A.- Legrand Group Via Messina, 38 - 20154 MILANO (ITALY)

Tested for: BTicino S.p.A.- Legrand Group
Tested by: ACAE Laboratory IB 01 - HV 01

Responsible Certification Body: ACAE

SINCERT



Certificate
of Conformity

LOVAG-Certificate No. IT 09.059

Switchgear and bar tested

Responsible Certification Body: ACAE

SINCERT

LEGRAND S'ENGAGE À EFFECTUER LES VERIFICATIONS DE CONCEPTION SUR CES ENVELOPPES XL³

CARACTÉRISTIQUES À VÉRIFIER	CONSTRUCTEUR D'ORIGINE (LEGRAND)
Résistance des matériaux et des parties	Certificat LOVAG 10.2
Degré de protection (IP)	Certificat LOVAG 10.3
Distance d'isolement	Certificat LOVAG 10.4
Ligne de fuite	Certificat LOVAG 10.4
Protection contre les chocs électriques et intégré des circuits de protection	Certificat LOVAG 10.5
Intégration des appareils de connexion et des composants	Vérifié sur les configurations testées Legrand 10.6
Circuits électriques internes et connexions	Vérifié sur les configurations testées Legrand 10.7
Bornes pour conducteurs externes	Vérifié sur les configurations testées Legrand 10.8
Propriétés diélectriques	Certificat LOVAG 10.9 (temps 5s)
Echauffement	Certificat LOVAG 10.10
Tenue aux courts-circuits	Certificat LOVAG 10.11
Compatibilité électromagnétique	Certificat LOVAG 10.12
Fonctionnement mécanique	Certificat LOVAG 10.13

Les tests à effectuer par le constructeur d'ensemble

Les essais individuels de série, parfois appelés essais de l'ensemble, prescrits et définis par la norme NF EN 61439-1, doivent être effectués sur l'ensemble par le constructeur d'ensemble, après assemblage et câblage
Les vérifications individuelles de série incluent certaines inspections visuelles et le seul essai instrumental réel est l'essai diélectrique (tension de tenue à fréquence industrielle à 50 Hz et tension de tenue aux chocs).
Ces vérifications sont destinées à détecter les défauts de matériaux et de qualité des composants et de s'assurer du fonctionnement correct de l'ensemble fabriqué.

Les vérifications individuelles de série ne sont pas nécessaires sur les appareils spécifiques et les composants indépendants incorporés dans l'ensemble lorsqu'ils sont installés conformément aux instructions de montage.
Dans ce cas il est nécessaire d'utiliser les armoires, les disjoncteurs et le système de répartition Legrand

LES 10 VÉRIFICATIONS INDIVIDUELLES DE SÉRIE

CARACTÉRISTIQUES À VÉRIFIER	CONSTRUCTEUR D'ENSEMBLE (Tableautier)
Degré de protection (IP)	Contrôle visuel 11.2
Distance d'isolement (IP)	Contrôle visuel 11.3
Ligne de fuite	Contrôle visuel 11.3
Protection contre les chocs électriques et intégré des circuits de protection	Contrôle par sondage 11.6
Intégration des appareils de connexion et des composants	Contrôle visuel 11.5
Circuits électriques internes et connexions	Contrôle par sondage 11.6
Bornes pour conducteurs externes	Contrôle visuel 11.7
Propriétés diélectriques	Essai à réaliser 11.9 (temps 1s)
Fonctionnement mécanique	Contrôle visuel 11.8
Câblage, performance et fonctionnement opérationnels	Essai de fonctionnement ou contrôle visuel 11.10

DEGRÉ DE PROTECTION (IP) (ARTICLE 11.2)

Le degré de protection d'un ensemble définit sa capacité à protéger les personnes des contacts directs avec des parties sous tension et à prévenir la pénétration de corps étrangers solides ou de liquides. Il est spécifié par le code IP selon les essais décrits par la norme IEC 60529 (voir ci-dessous). Le code IP requis pour un ensemble sous enveloppe dépend de ses conditions d'installation et des influences externe qu'il subit. Dans tous les cas il doit être au moins égal à IP 2X.
Le degré de protection d'un ensemble ouvert doit être au minimum IP XXB



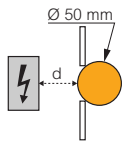
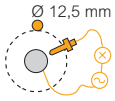
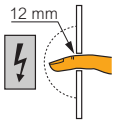
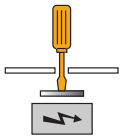
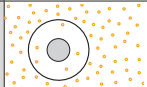
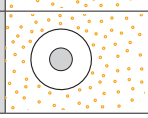
Le respect des règles de montage garantit l'IP annoncé des enveloppes XL³

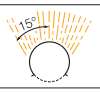
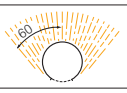
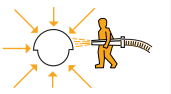
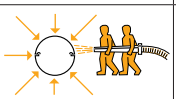
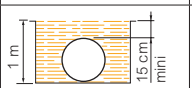
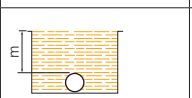
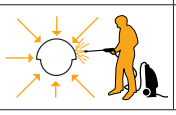
■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

Le constructeur d'ensemble doit s'assurer par un examen visuel, un fois que l'assemblage des différents composants est terminé que le degré de protection annoncé de l'enveloppe et de ces composants est respecté..

Par exemple, si des auxiliaires de commande et de signalisation sont installés sur porte ou sur panneau, leur IP propre et leur mise en œuvre devra être conforme au degré IP annoncé.
Dans ce cas aucun essai supplémentaire n'est requis.

CODE IP SELON LA NORME IEC 60529

1er chiffre : protection contre l'introduction de corps solides			Lettre additionnelle IP XX (ABCD) : protection contre les contacts directs par l'accès aux parties dangereuses sous tension		
IP	tests		IP	tests	protection
0		Pas de protection	A		Le dos de la main reste éloigné des parties dangereuses
1		Protégé contre les corps solides supérieurs à 50 mm			
2		Protégé contre les corps solides supérieurs à 12,5 mm	B		L'introduction d'un doigt ne permet pas de toucher les parties dangereuses
3		Protégé contre les corps solides supérieurs à 2,5 mm	C		L'introduction d'un outil (par ex. tournevis) ne permet pas de toucher les parties dangereuses
4		Protégé contre les corps solides supérieurs à 1 mm	D		L'introduction d'un fil ne permet pas de toucher les parties dangereuses
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		Protégé contre les chutes de gouttes d'eau jusqu'à 15° de la verticale
3		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 projections d'eau de toutes directions à la lance
6		Totalement protégé contre les projections d'eau assimilables aux paquets de mer
7		Protégé contre les effets de l'immersion
8		Protégé contre les effets de l'immersion prolongée dans des conditions spécifiées
9		Protégé contre les projections d'eau à haute-pression et haute température

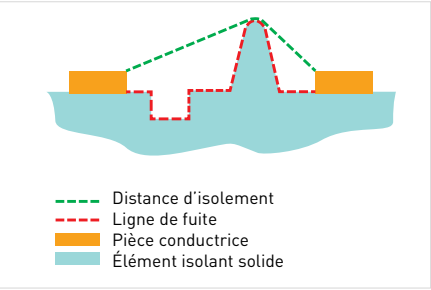
DEGRÉ DE PROTECTION DES ENVELOPPES LEGRAND

Type d'enveloppe	Sans porte	Avec porte
XL³ 160	IP 30	IP 40
XL³ 400	IP 30	IP 40 [1]
XL³ 400 IP 55	-	IP 55
XL³ 800	IP 30	IP 40 [1]
XL³ 800 IP 55	-	IP 55
XL³ 4000	IP 30	IP 55
XL³ 6300	IP 30	IP 55

1 : IP 43 avec joints

DISTANCES D'ISOLEMENT ET LIGNES DE FUITE (ARTICLE 11.3)

• Les distances d'isolement représentent le trajet le plus court entre deux pièces conductrices de potentiels différents. En cas de claquage disruptif de l'air, l'arc électrique suivrait ce chemin.
Les distances d'isolement minimales sont déterminées en fonction de la tension de tenue aux choc Uimp de l'ensemble.
• Les lignes de fuites représentent le trajet le plus court en suivant la surface des matériaux isolants. Les lignes de fuite minimales sont déterminées en fonction de la tension d'isolement Ui annoncée pour l'ensemble et du degré de pollution de son environnement d'installation. En règle générale le degré de pollution 2 peut être retenu pour les applications résidentielles ou tertiaires et le degré de pollution 3 pour les applications industrielles.



DISTANCES MINIMALES D'ISOLEMENT DANS L'AIR SELON NF EN 61439-1

Tension assignée de tenue aux chocs Uimp (kV)	Distance minimale d'isolement (mm)
⩽ 2,5	1,5
4	3
6	5,5
8	8
12	14

LIGNES DE FUITE MINIMALES SELON NF EN 614391

Tension assignée d'isolement Ui (V) [1] (Ui ⩾ Ue)	Degré de pollution							
	1	2			3			
	Tous les groupes de matériaux [2]	Groupe de matériaux [2]			Groupe de matériaux [2]			
		I	II	IIIa IIIb	I	II	IIIa	IIIb
250	1,5	1,5	1,8	2,5	3,2	3,6	4	4
320	1,5	1,6	2,2	3,2	4	4,5	5	5
400	1,5	2	2,8	4	5	5,6	6,3	6,3
500	1,5	2,5	3,6	5	6,3	7,1	8,0	8,0
630	1,8	3,2	4,5	6,3	8	9	10	10
800	2,4	4	5,6	8	10	11	12,5	
1000	3,2	5	7,1	10	12,5	14	16	
1250	4,2	6,3	9	12,5	16	18	20	
1600	5,6	8	11	16	20	22	25	

1 : pour des valeurs de tension d'isolement inférieures , se référer au tableau 2 de la norme NF EN 61439-1

2 : Les groupes de matériaux sont classés comme suit, suivant le domaine de valeurs de l'indice de résistance au cheminement (IRC)
– Groupe de matériaux I 600 ⩽ IRC
– Groupe de matériaux II 400 ⩽ IRC < 600
– Groupe de matériaux IIIa 175 ⩽ IRC < 400
– Groupe de matériaux IIIb 100 ⩽ IRC < 175

La correspondance entre la tension nominale du réseau d'alimentation et la tension assignée de tenue aux chocs du matériel (Uimp) est donnée dans le tableau G1 de la NF EN 61439-1.

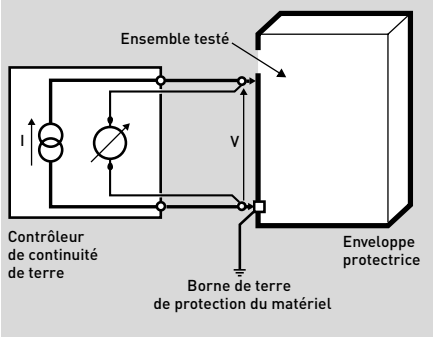
■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

Le respect des distances d'isolement et des lignes de fuite dépend en majeure partie du respect des prescriptions et du soin apporté au montage des composants de l'ensemble. Il appartient donc au constructeur d'ensemble de faire une vérification de l'ensemble fini par un examen visuel ou une mesure physique si l'examen visuel est insuffisant.
Les distances sont mesurées entre les partie actives de polarités différentes, mais également entre les parties actives et les masses. Les modalités de mesure sont décrites dans l'annexe F de la norme NF EN 61439-1.
L'expérience montre que le risque le plus important réside dans le câblage (voir page 24). Les connecteurs, les liaisons boulonnées, les éclisses, les supports métalliques inadaptés peuvent réduire les distances d'isolement. Il faut donc prêter une attention particulière :
- aux distances entre les connexions des appareils (cosses, plages...) et les masses proches (châssis, platine...)
- aux distances entre les connexions
- aux connexions boulonnées et raccordements sur les barres (distances avec les autres barres et avec la masse).
Si nécessaire des cloisons ou des écrans isolants peuvent être disposés pour augmenter les distances dans l'air.
Si les distances d'isolement sont inférieures au valeurs du tableau ci-contre, un essai de tenue aux chocs doit être effectué (voir page 60).

RÉPARTITION OPTIMISÉE HX³/VX³
Le montage et la connexion des appareils et équipements HX³/VX³ garantissent le respect des distances minimales pour les tensions d'isolement de ces appareils, lorsqu'ils sont installés selon les conditions prescrites

PROTECTION CONTRE LES CHOCS ÉLECTRIQUES ET INTÉGRITÉ DES CIRCUITS DE PROTECTION (ARTICLE 11.4)

La protection principale contre les chocs électriques des ensembles de distribution fermés est assurée par une enveloppe métallique ou isolante (coffrets ou armoires).
De plus, chaque ensemble doit posséder un conducteur de protection pour faciliter la coupure automatique de l'alimentation en cas de défaut survenant à l'intérieur de l'ensemble ou sur les circuits externes alimentés par l'ensemble. Ce conducteur de protection doit pouvoir supporter les contraintes de court-circuits succeptibles de se produire au point d'installation de l'ensemble. Les règles et les précautions de câblage qui s'y appliquent sont détaillées page 4.
Toutes les masses métalliques de l'ensemble doivent être raccordées entre-elles et au conducteur de protection.
La réalisation d'ensembles dits à «isolation totale» fait l'objet de précautions particulières (voir page 6)



PRINCIPE DU TEST DE CONTINUITÉ
La mesure est effectuée sous 10 A, la résistance ne doit pas excéder 0.1 Ω



L'assemblage des enveloppes XL³ assure la continuité des masses

■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

Il doit être vérifié que les différentes masses de l'ensemble sont effectivement raccordées à la
borne du conducteur de protection externe d'arrivée.
La vérification doit être effectuée en utilisant un instrument de mesure de la résistance qui
soit capable de conduire un courant d'au moins 10 A (en alternatif ou en continu). Ce courant est injecté entre chaque masse et la borne pour conducteur de protection externe. La résistance est mesurée et ne doit pas dépasser 0,1 Ω.
Le serrage des assemblages vissées et boulonnées doit être vérifié aléatoirement par sondage. Les couples de serrage sont disponibles dans nos fiches techniques et notices.

ll est recommandé de limiter la durée de l'essai lorsque des équipements de faible puissance peuvent être affectés par l'essai.

INTÉGRATION DES APPAREILS DE CONNEXION ET DES COMPOSANTS (ARTICLE 11.5)

Tous les composants incorporés dans un ensembles doivent être adaptés à leur usage et conformes aux normes IEC correspondantes. Les valeurs des caractéristiques électriques des appareils (tension, courant, fréquence assignées, pouvoir de fermeture et de coupure, tenue aux courts-circuits, tension d'isolement, tension assignée de tenue aux chocs...) doivent répondre aux spécifications et aux conditions d'installation de l'ensemble.
Par exemple pour un TGBT spécifié pour une tension d'emploi Ue 400 V, donc adapté à l'emploi sur réseau 400 V, aucun produit de cet ensemble ne doit avoir une tension d'isolement Ui inférieure à 400 V.
De la même façon son interrupteur de tête doit, entre autres exigences, être dimensionné pour le courant de court-circuit.
Toute information sur la protection éventuelle à lui associer doit figurer sur la plaque signalétique et le dossier technique.
Les organes de réglage et de réarmement ainsi que les bornes de raccordement des appareils doivent être facilement accessibles.
Les jeux de barres doivent être conçus et dimensionnés pour résister aux contraintes de court-circuits.
Les conducteurs doivent être dimensionnés selon les règles de la IEC 60364-5-52 adaptées aux conditions à l'intérieur de l'ensembles (voir page 20).
Tous les produits doivent être mis en oeuvre selon les instructions du fabricant.

La première partie de ce guide donne des recommandations et des précautions essentielles de construction des ensembles. Les recommandations particulières aux enveloppes XL³, aux systèmes de répartition, et aux produits Legrand sont données dans les cahiers d'atelier et dans les notices des produits.

■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

Le constructeur d'ensemble devra s'assurer que les produits et leur identification sont conformes aux spécifications de l'ensemble et que leur mise en oeuvre respecte les instructions du fabricant d'origine. Cette vérification s'effectue par un contrôle visuel.

Il veillera à constituer le dossier technique avec les notices et autres instructions fournies par le constructeur d'origine.

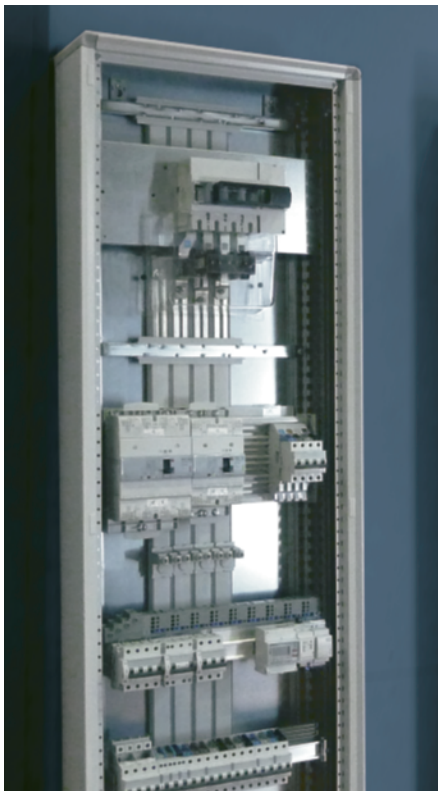


Télécharger les cahiers d'atelier Legrand sur e-catalogue

Les cahiers d'atelier XL³ rapellent les instructions de montage et apportent des informations complémentaires pour le choix et l'installation des équipements, des accessoires et des systèmes de répartition.
Les cahiers d'atelier sont téléchargeables sur le site http://www.legrand.fr/.
La liste est disponible en annexe page 106.

CIRCUITS ÉLECTRIQUES INTERNES ET CONNEXIONS (ARTICLE 11.6)

Les jeux de barres et les conducteurs des circuits de puissance doivent être dimensionnés et mis en oeuvre en fonction du courant de court-circuit présumé pouvant survenir au point d'installation de l'ensemble.
Pour le choix et le dimensionnement des jeux de barres, on se référera aux cahiers d'atelier XL³ ou au logiciel XLPRO³. Le choix des conducteurs devra respecter les exigences de la norme IEC 60364-5-52 (voir page 12).
Dans certaines conditions, la section des conducteurs de neutre peut être réduite (voir page 28).
Les conducteurs de neutre doivent être identifiables par leur couleur.
Les circuits auxiliaires doivent être protégés contre les effets des courts-circuits ou doivent être mis en oeuvre de telle manière qu'un court-circuit ne soit pas à craindre.



■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

Le serrage des connexions et des raccordements doit être vérifié par sondage de manière aléatoire.
Une vérification par un examen visuel doit être effectuée sur l'ensemble fini. La conformité au schéma de l'identification des conducteurs est de la responsabilité du constructeur d'ensemble.



Exemple : vérification du couple de serrage

L'utilisation des systèmes de répartition optimisés HX³/VX³ Legrand (jeux de barres, kits d'alimentation et de connexion, répartiteurs de rangée) simplifie le câblage et la vérification de la conformité à la norme.

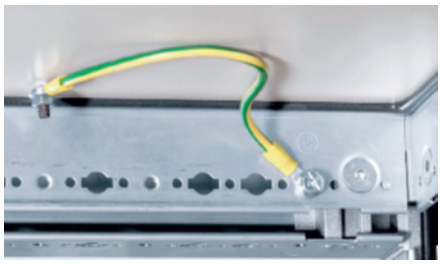
BORNES POUR CONDUCTEURS EXTERNES (ARTICLE 11.7)

Le nombre, le type et l'identification des bornes doivent être vérifiés conformément aux instructions de fabrication de l'ensemble.

Les conducteurs ne doivent pas être soumis aux contraintes qui sont susceptibles de réduire leur espérance de vie normale.
Le constructeur d'ensemble doit indiquer si les bornes conviennent pour des conducteurs en cuivre ou en aluminium, ou pour les deux.

Les bornes doivent être telles que les conducteurs externes puissent être raccordés par un moyen (vis, connecteurs, etc.) assurant que la pression de contact nécessaire correspondant à la valeur assignée du courant et à la résistance aux courtscircuits de l'appareil et du circuit est maintenue.

Les bornes des conducteurs externes doivent être marquées conformément à la IEC 60445.



Exemple : les points de connexions de la liaison équipotentielles prévus à cet effet sont marqués par le symbole (de terre)



Exemple : les phases doivent, au minimum, être repérées N, L1, L2, L 3, aux extrémités et aux points de raccordement.

■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

Le constructeur d'ensemble doit vérifier tous les types de bornes qui peuvent être utilisées pour l'entrée ou la sortie des câbles (Neutre, PEN,etc.) et s'assurer qu'elles conviennent pour des conducteurs en cuivre ou en aluminium, ou pour les deux.
L'identification des bornes des conducteurs externes doit être faite.
Une vérification par un examen visuel doit être effectuée sur l'ensemble fini.



FONCTIONNEMENT MÉCANIQUE (ARTICLE 11.8)

Le bon fonctionnement des organes de commande mécaniques, des verrouillages et des dispositifs de blocage, y compris ceux associés aux parties amovibles, doit être vérifiée.

Cet essai de vérification ne doit pas être réalisé sur les appareils (par exemple disjoncteur débrochable) d'un ENSEMBLE ayant subi préalablement des essais de type selon la norme de produit qui leur est applicable sauf si leur fonctionnement mécanique a été modifié par leur montage.

Pour les appareils qui nécessitent une vérification par un essai, le fonctionnement mécanique satisfaisant doit être vérifié après installation dans l'ENSEMBLE. Le nombre de cycles de manoeuvres doit être égal à 200. Au même moment, le fonctionnement des verrouillages mécaniques associés à ces mouvements doit être vérifié.



Exemple : test de fonctionnement sur portes, plastrons, vérouillages, etc.

■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

Il faut vérifier le bon fonctionnement mécanique des portes et des plastrons montés sur charnière, vérifier les éléments de commande mécanique, les verrouillages et dispositifs de blocage, y compris ceux associés aux parties amovibles.
Le nombre de cycles de manoeuvres doit être égal à 200.

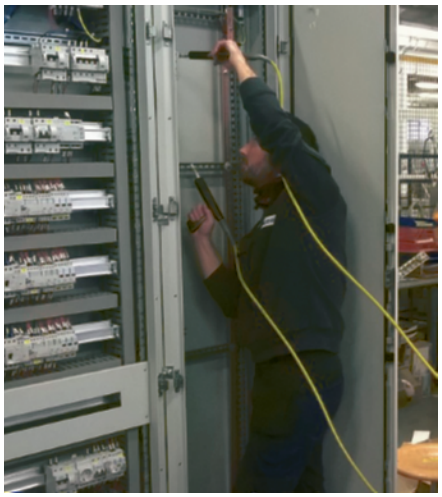
L'essai est considéré comme satisfaisant si les appareils et les verrouillages sont toujours en état de bon fonctionnement, si le degré de protection spécifié n'a pas été affecté et si l'effort nécessaire au fonctionnement est pratiquement le même qu'avant l'essai.

PROPRIÉTÉS DIÉLECTRIQUES (ARTICLE 11.9)

Les essais diélectriques testent les performances d'isolement pour la tension maximale d'utilisation. Ils sont effectués à la fréquence industrielle de 50Hz et sous forme d'ondes de tension simulant un choc de foudre.

■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

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 1,2/50µs) pour une valeur revendiquée Uimp.
L'ensemble testé doit être hors tension et aucun appareil récepteur ne doit être branché.



Exemple : essai diélectrique à fréquence industrielle

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 le circuit de protection et la masse pour les ensembles de classe II;
- entre les parties débrochées ou séparées pour la fonction de sectionnement.

L'ensemble des composants possédant de l'électronique doivent être déconnectés pour éviter toutes dégradations ou destructions. Les blocs différentiels, DPX³ différentiels, unités de protection MP6 ont un sélecteur de test diélectrique permettant de protéger l'électronique embarquée

**En variante, pour les ensembles ayant une protection d'arrivée de courant assigné inférieur ou égal à 250 A, une mesure de la résistance d'isolement peut être effectuée en utilisant un dispositif de mesure de l'isolement à une tension d'au moins 500 V en courant continu.
Dans ce cas, l'essai est satisfaisant si la résistance d'isolement entre les circuits et les masses est au moins égale à 1000 Ω/V en se référant à la tension d'alimentation de ces circuits par rapport à la terre.**

TABLEAU 8 - TENSION DE TENUE A FRÉQUENCE INDUSTRIELLE POUR LES CIRCUITS PRINCIPAUX (10.9.2)

Tension assignée d'isolement U_i (entre phases c.a. ou c.c.) V	Tension d'essai diélectrique c.a. efficace V	Tension d'essai diélectrique[b] c.a. V
U1 ⩽ 60	1000	1415
60 < U_i ⩽ 300	1500	2120
300 < U_i ⩽ 690	1890	2670
690 < U_i ⩽ 800	2000	2830
800 < U_i ⩽ 1000	2200	3110
1000 < U_i ⩽ 1500[a]	-	3820

[a] Pour courant continu uniquement
[b] Tensions d'essai sur 6.1.3.4.1, cinquième alinéa, de la CEI 60664-1

TABLEAU 9 - TENSION DE TENUE A FRÉQUENCE INDUSTRIELLE POUR LES CIRCUITS AUXILIAIRES ET DE COMMANDE (10.9.2)

Tension assignée d'isolement U_i (entre phases) V	Tension de l'essai diélectrique[b] c.a. efficace V
U1 ⩽ 12	250
12 < U_i ⩽ 60	500
60 < U_i	Voir tableau 8

TABLEAU 10 - TENSION D'ESSAI DE TENUE AUX CHOCS (10.9.3)

Tension assignée de tenue aux chocs U_{imp} kV	Tensions d'essai et altitudes correspondantes pendant l'essai									
	$U_{i\,2/50'}$ c.a., valeur de crête et c.c. kV					c.a. efficace kV				
	Niveau de la mer	200 m	500 m	1000 m	2000 m	Niveau de la mer	200 m	500 m	1000 m	2000 m
2,5	2,95	2,8	2,8	2,7	2,5	2,1	2,0	2,0	1,9	1,8
4,0	4,8	4,8	4,7	4,4	4,0	3,4	3,4	3,3	3,1	2,8
6,0	7,3	7,2	7,0	6,7	6,0	5,1	5,1	5,0	4,7	4,2
8,0	9,8	9,6	9,3	9,0	8,0	6,9	6,8	6,6	6,4	5,7
12,0	14,8	14,5	14,0	13,3	12,0	10,5	10,3	9,9	9,4	8,5

CABLAGE, FONCTIONNEMENT ÉLECTRIQUE ET FONCTION (ARTICLE 11.10)

On doit vérifier que les informations et les marquages spécifiés sont complets.

Le constructeur d'ENSEMBLES doit pourvoir chaque ENSEMBLE d'une plaque signalétique, marquée d'une manière durable et disposée à un emplacement permettant d'être visible et lisible lorsque l'ENSEMBLE est installé et en exploitation.

En fonction de la complexité de l'ENSEMBLE, il peut être nécessaire d'examiner le câblage et de réaliser un essai de fonctionnement électrique. La procédure d'essai et le nombre d'essais dépendent de la présence ou non dans l'ENSEMBLE de verrouillages, de séquences de commande compliqués, etc.

Dans certains cas, il peut être nécessaire de réaliser ou de répéter cet essai sur site avant la mise en service de l'installation.

Tous les renseignements techniques mentionnés ci-contre, doivent, le cas échéant, être compilés dans le dossier ou cahier technique du constructeur d'ensembles et livrés avec l'ensemble.
Le constructeur d'ensembles doit aussi spécifier, les conditions éventuelles de manutention, d'installation, d'exploitation et de maintenance de l'ensemble et du matériel qu'il contient.
Pour cela, il est fourni dans les pages suivantes (page 62 à 65) des modèles de lettre de conformité, certificat de contrôle et rapport de contrôle afin de faciliter la constitution du cahier technique.



Nom tableautier TD01-RDC
2015 NF EN 61439-2

Exemple de plaque signalétique

■ Ce que doit faire le constructeur d'ensemble

Les informations et marquages doivent être vérifiés. Un test fonctionnel aussi est nécessaire avant la mise en service de l'ensemble.
Les renseignements suivants doivent se trouver sur la plaque signalétique :
Nom du constructeur d'ensembles ou sa marque de fabrique (responsable de l'ensemble fini),
ex : Entreprise Nom du tableautier
Désignation du type ou un numéro d'identification,
ex : TD01-RDC ou g18732
Moyen d'identification de la date de fabrication,
ex : 2015 ou 2015-03 ou 12W09
NF EN 61439-X (la partie particulière X doit être identifiée).
ex : NF EN 61439-2
Les renseignements complémentaires suivants doivent être fournis dans la documentation technique livrée avec l'ensemble (dossier ou cahier technique) :
■ Tension assigné de l'ensemble (Un),
ex : Un = 400V
■ Tension assignée d'emploi d'un circuit (Ue),
ex : Ue = 230V (si différent de Un)
■ Tension assignée de tenue aux chocs (Uimp), ex : Uimp = 6kV
■ Tension assignée d'isolement (Ui),
ex : Ui = 800V
■ Courant assigné de l'ensemble (Ina),
ex : Ina = 3100A
■ Courant assigné d'un circuit (Inc),
ex : Inc = 250A
■ Courant assigné de crête admissible (Ipk), ex : Ipk = 140kA
■ Courant assigné de courte durée admissible (Icw),
ex : Icw = 50kA 1s
■ Courant assigné de court-circuit conditionnel (Icc),
ex : Icc = 70kA
■ Fréquence assignée (fn),
ex : fn = 50hz
■ Facteur assigné de diversité (RDF).
ex : RDF = 0,7

Modèle de lettre de conformité

DÉCLARATION DE CONFORMITÉ

Raison sociale :
Adresse :

Destinataire :
N° de document : Date :
N° d'ensemble : Date :

Norme NF EN 61439-2

Le constructeur d'ensemble atteste par le présent document que l'ensemble d'appareillage de puissance désigné ci-dessus a été construit en conformité aux exigences de la norme NF EN 61439-2/NF EN 61439-1.
La mise en œuvre des composants utilisés a été effectuée conformément aux instructions du constructeur d'origine en référence aux vérifications de conception effectués suivant la NF EN 61439-2 :

- Vérification de la résistance des matériaux et des parties
- Vérification du degré de protection
- Vérification des distances d'isolement et lignes de fuite
- Vérification de l'efficacité du circuit de protection
- Vérification de l'intégration des composants
- Vérification du circuit électrique et connexions
- Vérification des bornes pour conducteurs externes
- Vérification des propriétés diélectriques
- Vérification des limites d'échauffement
- Vérification de la tenue des courts-circuits
- Vérification de la compatibilité électromagnétique
- Vérification du fonctionnement mécanique

Les vérifications individuelles de série font l'objet du rapport individuel d'examen n° comprenant, en conformité à la norme :

- Contrôle visuel du degré de protection
- Contrôle visuel des distances d'isolement
- Contrôle visuel des lignes de fuite
- Vérification des circuits de protection
- Contrôle visuel des composants intégrés
- Contrôle par sondage des connexions
- Contrôle visuel des bornes pour conducteurs externes
- Vérification du fonctionnement mécanique
- Essai de tenue à fréquence industrielle (temps 1s)
- Contrôle visuel des informations et marquages + essai de fonctionnement

Le déclarant :

Signature :

Certificat de contrôle

Nom de l'ensemble : **N° de commande :**

Liste des opérations à réaliser par le constructeur d'ensemble suivant la norme NF EN 61439-2

Essais individuels	Réalisé	Non applicable
1 - Inspection de l'équipement		
1.1. Correspondance entre le schéma électrique et l'implantation de l'armoire	❑	❑
1.2. Correspondance du matériel installé et la liste de correspondance des composants	❑	❑
1.3. Contrôle visuel du degré de protection de l'enveloppe (art. 11.2)	❑	❑
1.4. Vérification des distances d'isolement dans l'air avec essai de tension à 50Hz (art. 11.3)	❑	❑
1.5. Vérification des distances d'isolement superficielles (ligne de fuite) par mesure physique ou visuelle (art. 11.3)	❑	❑
1.5. Vérification des distances d'isolement superficielles (ligne de fuite) par mesure physique ou visuelle (art. 11.3)	❑	❑
1.6. Vérification de la bonne installation des appareils (art. 11.5)	❑	❑
1.7. Vérification par échantillonnage des connexions électriques (art. 11.6)	❑	❑
1.8. Vérification par bornes pour conducteurs externes (art. 11.7)	❑	❑
1.9. Vérification du bon fonctionnement mécanique (art. 11.8)	❑	❑
2 - Vérification de la continuité des circuits de protection (art. 11.4)		
2.1. Vérification visuelle des interconnexions	❑	❑
2.2. Vérification au moyen d'un indicateur sonore	❑	❑
2.2. Vérification au moyen d'un indicateur optique	❑	❑
3 - Essai diélectrique et d'isolement (art. 11.9)		
3.1. Tension d'essai de 1890 Vrms 50Hz avec temps d'application de 1s	❑	❑
3.2. Tension d'essai de 500 V avec résistance supérieure à 1000 Ω/V (rapportée à la tension d'alimentation)	❑	❑
4 - Câblage et prestations en conditions d'exploitation (art. 11.10)		
4.1. Circuit principal avec insertion complète des circuits	❑	❑
4.2. Séquence des phases	❑	❑
4.3. Circuits auxiliaires avec insertion complète des équipements	❑	❑
4.4. Fonctionnement des organes de commande	❑	❑
4.5. Déclenchement des dispositifs différentiels au moyen de test	❑	❑
4.6. Lecture et contrôle de l'instrumentation	❑	❑
5 - Contrôle final		
5.1. Vérification de la correspondance des étiquettes appliquées	❑	❑
5.2. Récupération et ajout de la documentation à jointre	❑	❑

Date :

Nom contrôleur :	Personne présente au contrôle :
Signature :	Personne présente au contrôle :

Rapport de contrôle (exemple)

N°.....

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Raison sociale du fabricant (tableautier) :
Adresse :

Type de tableau de distribution :
Identification du tableau de distribution :
Année de construction :

Nom du projet :
Numéro du projet :

Dimensions du tableau de distribution : ... x ... x ... mm
Poids :

DONNÉES TECHNIQUES

Un :	Vca	Fréquence :	Hz
Ue :	Vca	Type de mise à la terre :	TT / TN-C/S / IT*
Ui (tension d'isolement) :	V	Degré de pollution : 1 / 2 / 3 / 4*	
Uimp (tension de tenue aux chocs) :	V	Installation : intérieure / extérieure / fixe / mobile*	
Un (tension de commande)	230 Vca	Tension de commande divergente : ..... Vca	
	24 Vca	Indice de protection : IP	
Ina :	A	Résistance aux chocs : IK	
Inc :	A	Classification CEM : A / B*	
Icc/cw* (courant de court-circuit effectif) :	kA	Format : 1 / 2 / 3 / 4 - A / B*	
Icc avec dispositif de protection en amont :	kA	Facteur de simultanéité (RDF) :	
Ipk (courant de court-circuit de crête) :	kA	Indice de service :	
Section du système de rail principal :	3P/3P+N	..... x ..... x ..... mm	
Section du système de rail secondaire :	3P/3P+N	..... x ..... x ..... mm	
Section du rail de liaison à la terre :.....		..... x ..... x ..... mm	
Section de la liaison PEN :	mm²		

PROCÉDURE DE CONTRÔLE

Contrôle selon NF EN 61439-1/2 & directives Legrand

Point de contrôle	Objet	Accepté	S.O.	Refusé	Corrigé	Remarque
2	**Contrôle visuel**					
2.01	TD[1] monté selon le plan					
2.02	Pas de dégradations / peintures endommagées / rayures, absence de corps étrangers, etc.					
2.03	TD[1] propre à l'intérieur et à l'extérieur					
2.04	Presse-étoupes de type approprié et montés en nombre suffisant					
3	**Système de rail principal / secondaire (NF EN 61439-1 §11.6)**					
3.01	Application des couples de serrage adéquats					
3.02	Protection efficace					
3.03	Codages apposés sur les supports de rails					
3.04	Distances entre supports de rails					
3.05	Application des supports de rails adéquats					
3.06	Application de la section CU adéquate					
3.07	Présence acheminement / partage					
3.08	Présence du rail de liaison à la terre					
3.09	Présence de la liaison PEN					
3.10	Présence de distributeurs avec valeur kA adéquate					
3.11	Distance d'isolement et ligne de fuite conformes aux prescriptions Legrand et à la NF EN 61439-1					
4	**Câblages**					
4.01	Section de câblage					
4.02	Câblages montés avec un certain jeu par rapport au système de rails					
4.03	Couleur des câbles					
4.04	Codage des câbles					
4.05	Câblages correctement reliés et à distance suffisante d'arêtes vives					
4.06	Pas de dégradations des câblages					
4.07	Pose soignée des câblages					
4.08	Câblages raccordés selon le schéma d'installation					
4.09	Application de câblages à 90°					
4.10	Etiquettes d'avertissement en cas de dérivations en amont					
5	**Composants**					
5.01	Installation selon le plan et les spécifications du fournisseur					
5.02	Contrôle mécanique					

Point de contrôle	Objet	Accepté	S.O.	Refusé	Corrigé	Remarque
5.03	Résistance aux courts-circuits des composants					
5.04	Orientation correcte des composants					
5.05	Réglage des automates de puissance					
5.06	Réglage des interrupteurs de protection du moteur					
5.07	Tous les composants sont livrés en position « arrêt »					
5.08	Installation adaptée aux spécifications électriques					
5.09	La couleur des boutons-poussoirs et des témoins lumineux est appropriée					
5.10	Fonctionnement correct des verrouillages					
5.11	Les verrouillages ont été réalisés conformément aux spécifications					
5.12	Blocs de jonction à vis présents					
5.13	Application des couples de serrage adéquats					
6	**Cadre de montage**					
6.01	Si classe 1, armoire entièrement reliée avec conducteur de protection					
6.02	S'il y a des composants dans la porte U ≥ 50 V, porte reliée à la terre					
6.03	Tous les rails DIN sont correctement vissés					
6.04	Plaques de montage correctement montées					
7	**Essais**	Résistance d'isolement > 0,5 MΩ Umin. = 500 V Uniquement autorisé sur distributeurs < 250 A				
7.01	Essai d'isolement					
7.01a	Résistance d'isolement L1-L2					
7.01b	Résistance d'isolement L2-L3					
7.01c	Résistance d'isolement L3-L1					
7.01d	Résistance d'isolement L1-N					
7.01e	Résistance d'isolement L2-N					
7.01f	Résistance d'isolement L3-N					
7.01g	Résistance d'isolement L1-PE(N)					
7.01h	Résistance d'isolement L2-PE(N)					
7.01i	Résistance d'isolement L3-PE(N)					
7.02	Essai de haute tension (essai sous tension alternative)	(Minimum 1 s)/(..<Ui<60 V) tension d'essai 1 kV/(60<U<300 V) Tension d'essai (300<Ui<690 V) tension d'essai 1890 V				
7.02a	Essai de haute tension L1-L2					
7.02b	Essai de haute tension L2-L3					
7.02c	Essai de haute tension L3-L1					
7.02d	Essai de haute tension L1-N					
7.02e	Essai de haute tension L2-N					
7.02f	Essai de haute tension L3-N					
7.02g	Essai de haute tension L1-PE(N)					
7.02h	Essai de haute tension L2-PE(N)					
7.02i	Essai de haute tension L3-PE(N)					
7.03	Essai de continuité de terre	Résistance < 100 mΩ U = 6-24 V (valable uniquement pour 7.03a)				
7.03a	Essai de continuité de terre avec courant ≥10 A					
7.03b	Essai de continuité de terre avec testeur de signal + contrôle visuel					
7.04	Essai des éléments différentiels (courant de défaut)					
7.05	Fonctionnement électrique suivant schéma d'installation					
8	**Armoire**					
8.01	Œillets de levage correctement montés					
8.02	Fermeture correcte des portes et panneaux frontaux					
8.03	Les clés requises sont présentes					
8.04	Indice de protection approprié					
8.05	Compartimentage conforme au format					
8.06	Conducteurs de protection et d'équipotentialité installés conformément à la documentation					
8.07	Poids du tableau de distribution					
9	**Finition**					
9.01	Plaque signalétique installée					
9.02	Autocollant de marquage CE placé					
9.03	Panneaux frontaux montés et fixés					
9.04	Codage des composants et des blocs de jonction à vis					
9.05	Présence d'un porte-document					
9.06	Présence des schémas d'installation					
9.07	Présence du schéma des borniers					
9.08	Ajout du manuel des composants					
9.09	Réalisation de photos de l'ensemble du tableau de distribution et détails					

* Rayer la mention inutile. (1) TD = tableau de distribution

POUR ACCORD

Nom du **monteur** :
Signature :
Date :

Nom de **l'inspecteur** :
Signature :
Date :

Cachet de l'entreprise :

LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT DES ENSEMBLES

Essai d'échauffement des ensembles selon la norme NF EN 61439-1

L'éssai d'échauffement des ensembles vérifie le bon fonctionnement des ensembles dans les conditions d'emploi les plus défavorables (intensité, nombre d'appareils, volume d'enveloppe). Il permet de définir les éléments du bilan thermique à une température ambiante qui ne doit pas dépasser +40°C.

En temps que constructeur d'origine, Legrand a fait réaliser cette vérification sur une configuration représentative par un laboratoire reconnu.

Ces configurations sont disponibles dans nos certificats LOVAG (voir page 51)



CERTIFICAT LOVAG

Le constructeur d'ensembles n'a pas à refaire ces vérifications sur l'ensemble fini si toutes les exigences et les instructions fournies par Legrand sont parfaitement respectées.
Lorsque le constructeur d'ensembles incorpore ses propres configurations, il devient le constructeur d'origine et doit en conséquence refaire ces vérifications.

Méthodes d'essai

La vérification de l'échauffement définis dans la norme NF EN 61439-1 peut se réaliser selon 3 méthodes différentes :

PAR ESSAI (§10.10.2)

L'ensemble complet est chargé à un courant assigné définit dans la norme NF EN 61439-1 ou par le constructeur d'origine. L'échauffement, une fois maintenu dans les conditions de service est mesuré à des points prédéfinis à l'intérieur de l'ensemble. Les valeurs mesurées sont alors comparées aux valeurs admissibles (extrait de la norme page 68).
L'essai est conforme si les valeurs mesurées sont inférieures ou égales aux valeurs admissibles.



Mesures des limites d'échauffement dans une enveloppe XL³

PAR COMPARAISON (§10.10.3)

Les ensembles vérifiés par comparaison à partir d'une configuration similaire vérifiée par essai doivent satisfaire les conditions suivantes :
- les unités fonctionnelles doivent être comparables avec un comportement thermique similaire (schémas électriques identiques, appareils de même taille, agencements et fixations identiques, structure d'assemblage identique, câbles et câblages identiques) ;
- avoir le même type de construction ;
- les dimensions hors-tout doivent être supérieures ou égales ;
- les conditions de refroidissement doivent être au moins aussi bonnes que celles de l'essai (convection forcée ou naturelle, ouvertures de ventilation identiques ou plus larges) ;
- avoir un compartimentage interne identique ou moins contraignant ;
- la puissance dissipée dans une même colonne ne doit pas être plus élevée.

SUBSTITUTION D'UN APPAREIL
Un appareil peut être remplacé par un appareil similaire issu d'une autre série que celle utilisée lors de la vérification d'origine, sous réserve que la puissance qu'il dissipe et l'échauffement de ses bornes lorsqu'il est soumis à l'essai selon sa norme de produit, soient inférieurs ou égaux. De plus, la disposition physique interne de l'unité fonctionnelle et sa caractéristique assignée doivent rester inchangées.

PAR CALCULS (§10.10.4)

On peut utiliser cette méthode uniquement pour des ensembles ayant des courants assignés jusqu'à 1600 A.
Deux méthodes de calcul sont fournies suivant le courant assigné de l'ensemble. Les deux méthodes déterminent la capacité de l'enveloppe à dissiper la chaleur, et comparent cette valeur avec les pertes dissipées des équipements et conducteurs incorporés.

■ **Ensemble jusqu'à 630 A**

La première méthode est applicable aux ensembles ayant un courant assigné jusqu'à 630 A.
La capacité d'une enveloppe à dissiper la chaleur est déterminée au moyen de résistances chauffantes qui produisent une chaleur équivalente à la capacité prévue de l'enveloppe à dissiper la chaleur. Après stabilisation, l'échauffement de l'air est mesuré au sommet de l'enveloppe. La température de l'enveloppe ne doit pas dépasser la valeur indiquée au tableau ci-contre.

Les puissances dissipées des enveloppes XL³, DMX³ et DPX³ sont disponibles dans les annexes

Cette valeur cible est comparée au total des pertes dissipées des composants et conducteurs incorporés avec certaines conditions indiquées dans la norme NF EN 61439-1:
- disponibilité auprès du constructeur des pertes dissipées des composants ;
- répartition homogène des pertes internes ;
- le courant assigné des circuits ne doit pas dépasser 80% du courant thermique à l'air libre (Ith).
- les équipements installés sont agencés de sorte que la circulation d'air n'est pas considérablement altérée ;
- les conducteurs transportent des courants dépassant 200 A sont agencées de sorte que les pertes dues aux courants de Foucault soient négligeables ;
- la section minimale de tous conducteurs est basée sur 125% du courant assigné. Les pertes dissipées par les conducteurs et les barres sont déterminées par calcul (voir tableau page 74).

VALEURS LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT (EXTRAIT DE LA NORME NF EN 61439-1)

Parties de l'ensemble	Échauffements admissibles[1] (K)
Constituants, appareils, sous-ensembles, alimentations	Conformes à leurs prescriptions propres (normes produits) en tenant compte de la température ambiante de l'ensemble[2]
Bornes pour conducteurs extérieurs	70[3]
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[4]
Organes de commande	En métal : 15[5] En matériau isolant : 25
Enveloppes et panneaux extérieurs accessibles	En métal : 30[5] En matériau isolant : 40

(1) 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.
(2) En règle générale, une température maximale de 40 °C est souhaitable. Soit un échauffement moyen de 25 à 30 K 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.
(3) Les bornes de raccordement et blocs de jonction Legrand ont un échauffement qui n'excède pas 65 K.
(4) Les courants des systèmes de jeux de barres et de répartition Legrand sont donnés pour un échauffement maximal de 65 K.
(5) Ces valeurs peuvent être augmentées (+ 10 K) si les parties ne sont pas touchées fréquemment en service normal.

■ Ensemble jusqu'à 1600 A

La deuxième méthode est applicable aux ensembles ayant un courant assigné jusqu'à 1600 A.

XLPRO³ intègre ses algorithmes de calcul. La méthode est non seulement basée sur la norme IEC 60890, mais aussi intègre des données issues de nombreux essais réalisés dans nos laboratoires.
Le principe du bilan thermique suivant Legrand est expliqué en détail page suivante.

L'échauffement de l'ensemble peut être déterminé à partir des pertes totales en utilisant la méthode de calcul de l'IEC 60890.
Cette méthode peut être effectuée si les conditions de la première méthode en page 68 sont satisfaites avec en complément :
- pour les enveloppes avec des ouvertures de ventilation : la section des ouvertures de sortie d'air est égale à au moins 1,1 fois la section des ouvertures d'entrée d'air ;
- pas plus de trois séparations horizontales pour chaque section de l'ensemble ;
- si les enveloppes avec des ouvertures de ventilation externes doivent être divisées en compartiments, la surface des ouvertures de ventilation dans chaque séparation horizontale interne doit être au moins égale à 50% de la section horizontale du compartiment.

RESULTATS A OBTENIR

L'ENSEMBLE est vérifié si la température calculée de l'air à la hauteur de montage de chaque appareil ne dépasse pas la température de l'air ambiant admissible déclarée par son constructeur.

Pour les appareils de connexion ou les composants électriques des circuits principaux cela signifie que la charge en régime permanent ne dépasse ni sa charge admissible à la température ponctuelle calculée de l'air ni 80 % de son courant assigné.

Ensembles supérieur à 1600 A
Avec les méthodes de calcul, il n'est pas possible de vérifier la conformité des limites d'échauffement des ensembles supérieur à 1600 A suivant la norme NF EN 61439-2.

Le bilan thermique

Le logiciel XLPRO³ intègre un module de gestion thermique. Ce module permet de vérifier, facilement, les limites d'échauffement à l'intérieur d'un ensemble suivant la norme NF EN 61439-1 et de définir directement les solutions de gestion thermique Legrand les plus adaptées aux dimensions des enveloppes, aux volumes et conditions prescrites.

Les algorithmes de calcul Legrand (décrits page 72 à 78) sont basés sur la méthode de calcul de l'échauffement de l'air à l'intérieur d'un ensemble selon la norme IEC 60890 et surtout vérifiés avec les résultats de nombreux essais réalisés dans nos laboratoires.

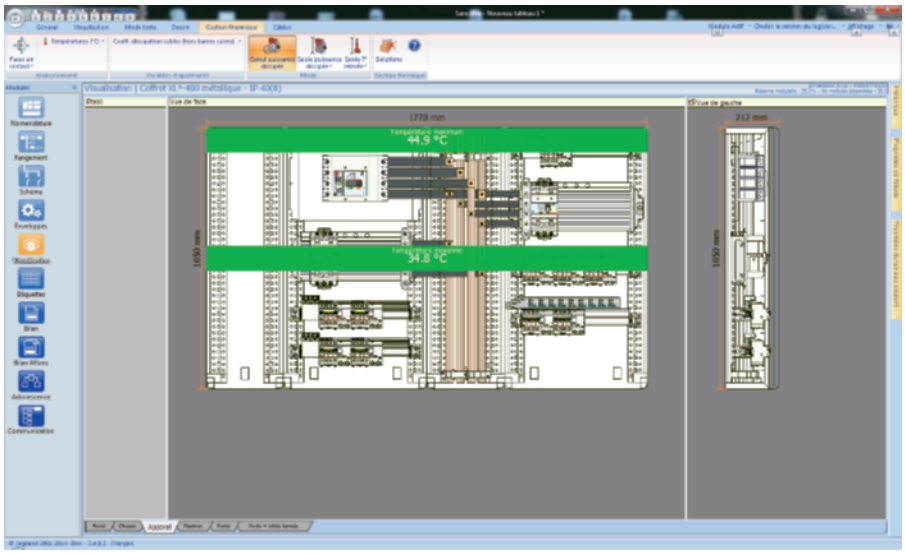
Le logiciel embarque les puissances dissipées des appareils Legrand type DMX³, DPX³, etc..(voir annexes page 101) et les puissances dissipables des enveloppes Legrand (voir annexes page 86) suivant les différentes positions par rapport aux cloisons et murs environnants.

Il est possible de gérer et d'adapter les paramètres suivant :
- gestion des faces en contact ;
- température extérieure ;
- coefficient de dissipation des câbles ;
- saisie manuelle d'une puissance dissipée ;
- saisie de la température intérieure moyenne.

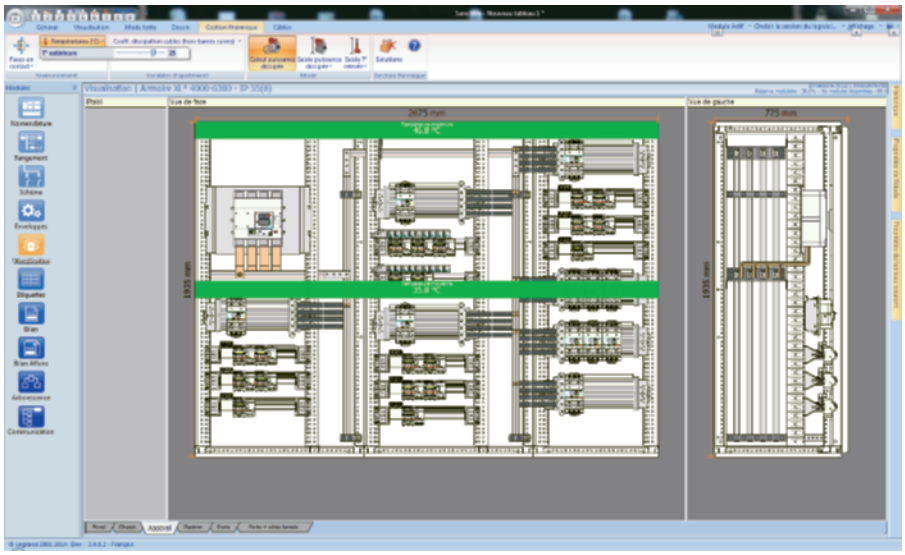
La température moyenne est affichée à l'aide d'un code couleur au milieu et en haut de l'enveloppe (voir exemples ci-contre). Ce code couleur permet de visualiser les différentes températures acceptables ou non en fonction des paramètres prédéfinis.

Le module de gestion thermique permet d'ajuster et de proposer des solutions Legrand (kits de brassage, climatiseur, voir page 79) en fonction de température non appropriée.

Cet outil disponible dans XLPRO³, gratuit, est un véritable outil d'aide aux constructeurs d'ensemble afin de valider leurs ensembles finis.



Exemple d'étude avec une enveloppe XL³400



Exemple d'étude avec une enveloppe XL³4000

DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DISSIPÉE

Il est possible d'effectuer une approche précise de la puissance réelle dissipée en utilisant la méthode proposée ci-après.
La puissance effectivement dissipée (en W) peut être définie par la formule suivante :
P = (PA + PC) · U · M · S · C · E avec :
Pa : total des puissances dissipées par chacun des appareils sous son courant nominal ;
Pc : puissance dissipée par le câblage ;
U : facteur d'utilisation ;
M : facteur de marche ;
S : Facteur de simultanéité ;
C : facteur de commutation ;
E : facteur d'extension prévisionnel.

- **Total des puissances dissipées par chacun des appareils sous son courant nominal (P_A)**

Dans les enveloppes de distribution, la puissance générée est surtout liée aux disjoncteurs et au câblage. 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.

On se reportera utilement aux tableaux et aux documents des constructeurs des appareils donnant les valeurs types de puissances dissipées à prendre en compte (voir annexes)

- **Puissance dissipée par le câblage (P_c)**

La détermination peut être effectuée en utilisant la norme IEC 60890-A1 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 LINÉIQUE TYPIQUE DES CONDUCTEURS EN FONCTION DE LEUR SECTION

Ames cuivre souples classe 5		Ames rigides câblées classe 2		
S (mm^2)	R (Ω/km^2)	S (mm^2)	R (Ω/km)	
			cuivre	aluminium
0,5	36,1	50	0,36	0,59
0,75	24	70	0,25	0,44
1	18	95	0,18	0,3
1,5	12,3	120	0,14	0,23
2,5	7,4	150	0,11	0,19
4	4,58	185	0,09	0,15
6	3,05	240	0,07	0,115
10	1,77	300	0,055	0,092
16	1,12	400	0,043	0,072
25	0,72	500	0,033	0,056
35	0,51	630	0,026	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.
Le facteur intensité (I2) est prédominant dans les calculs. On pourra se reporter aux tableaux donnant la puissance dissipée des différents conducteurs sous leur courant d'emploi nominal.

RÈGLE EMPIRIQUE POUR DÉTERMINER LA PUISSANCE DISSIPÉE :
La puissance dissipée dans une enveloppe par les appareils et leur câblage est sensiblement proportionnelle à l'intensité de tête du tableau. En l'absence de données précises ou pour avoir une première approche, on pourra effectuer le calcul suivant :
- enveloppes d'intensité de tête ⩽ 400 A, prendre 1,25 W/A (par exemple pour un coffret 63 A, 63 × 1,25 = 78 W)
- enveloppes d'intensité de tête > 400 A et ⩽ 1000 A, prendre 1 W/A
- enveloppes d'intensité de tête > 1000 A, prendre 0,8 W/A.

■ 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.
NB : les coefficients sont appliqués à la puissance. Ils correspondent au carré des coefficients qui seraient appliqués à la valeur du courant.

■ 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 chauffage et d'éclairage.

■ 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...).

Le facteur de simultanéité ne doit pas être confondu avec le facteur assigné de diversité (RDF) défini par la norme NF EN 61439-1 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 (voir ci-contre).

■ 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).

■ Facteur d'extension prévisionnel (E)

A considérer selon les cas. Une valeur de 1,2 peut être prise en l'absence de précisions.

■ Facteur de diversité assignée (RDF)

La nouvelle norme NF EN 61439-1 prend en compte désormais un facteur de diversité assigné permettant de mieux cerner les effets thermiques pouvant intervenir à l'intérieur d'un ensemble.

Ce nouveau facteur, sous forme d'un rapport lié aux intensités traversant chaque départ, définit la quantité de courant que peut supporter chaque circuit en prenant en compte les influences mutuelles des autres circuits et l'environnement proche. De ce fait, cette approche permet de définir une intensité permanente de fonctionnement simultané de chaque circuit sans effet néfaste sur l'ensemble et sans emballement thermique.

Cela revient à être plus proche de l'usage qu'il peut être fait des consommateurs dans une installation, en fonction de la périodicité de fonctionnement et le taux de charge de chaque circuit.

Des règles de calculs de ce facteur sont établies dans l'annexe E de la norme NF EN 61439-1.

Celles-ci démontrent que certains circuits peuvent être sans courant durant le fonctionnement normal d'un ensemble bien que ces circuits aient été quantifiés pour une puissance donnée.

Ce facteur peut être déterminé pour l'ensemble complet ou pour des groupes de circuits. Il tient compte des caractéristiques propres aux éléments constituant l'ensemble et fournies par le constructeur d'origine.

Il appartient au fabricant de l'ensemble fini de fournir ce facteur de diversité noté RDF.

LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT DES ENSEMBLES

PUISSANCES DISSIPÉES PAR LES CONDUCTEURS SOUS LEURS CONTRATS D'EMPLOI HABITUELS

Conducteurs cuivre

S (mm²)	0,5	0,75	1	1,5	2,5		4	6	10	16	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 (W/m²)	35		50	70		95	120	150	185	240	2 x 185	2 x 240
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		50	70		95	120	150	185	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

Jeux barres et liaisons cuivre

Dimensions		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	75 x 5	80 x 5	100 x 5	2 x 50 x 5	2 x 63 x 5	2 x 75 x 5	2 x 80 x 5	2 x 100 x 5
IP > 30	I (A)	80	125	160	200	250	270	400	600	700	850	900	1050	1000	1150	1300	1450	1600
	(W/m)	8,1	7,4	9,6	12,5	14,4	13,1	22,8	33	35,7	45,3	47	53,5	47,4	50,6	57,7	65,7	66,3
IP ⩽ 30	I (A)	110	185	205	245	280	330	450	700	800	950	1000	1200	1150	1350	1500	1650	1900
	(W/m)	11,3	12,8	15,8	18,8	17,7	19,6	28,9	45	46,7	54,8	59	70	62,7	69,8	74,4	85	93,4

Barres souples

Dimensions		13 x 2	20 x 4	24 x 4	24 x 5	32 x 5	40 x 5	50 x 5	50 x 10
IP > 30	I (A)	160	250	250	320	400	500	630	800
	(W/m)	14,4	14,2	14,2	18,4	23	28,5	36,8	40,2
IP ⩽ 30	I (A)	200	350	400	470	630	700	850	1200
	(W/m)	22,5	35	36	40	43	56	67	77

Définitions des courants selon la norme IEC 60947-1 rapportée aux conditions habituelles d'utilisation pour des échauffements des barres ne dépassant pas 65 K.
le : courant assigné d'emploi à considérer dans des armoires à ventilation naturelle ou des tableaux ouverts d'indice de protection IP ⩽ 30.
Ithe : courant thermique conventionnel sous enveloppe correspondant aux conditions d'installation les plud défavorables. L'enveloppe ne permet pas un renouvellement naturel de l'air (IP > 30).
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

DÉTERMINATION DE LA PUISSANCE DISSIPABLE PAR LES ENVELOPPES

La puissance de dissipation naturelle P (en W) d'une enveloppe se définit par la formule suivante : $\mathbf{P = \Delta t_{moy} \cdot K \cdot S_e}$

Δt_{moy} : échauffement moyen de l'air dans l'armoire (°C)

K : coefficient de transmission thermique à travers les parois (W/°C m²)

Se : surface de dissipation équivalente (m²)

Chacun des termes de la formule ci-dessus permet une simplification du calcul global de la puissance dissipable. La notion d'échauffement moyen permet d'intégrer en une seule valeur les différentes valeurs d'échauffement de l'air dans l'enveloppe (gradient thermique). Le coefficient K est calculé pour l'échange d'une paroi de référence horizontale avec un flux de chaleur du dessous vers le dessus. Les différentes parois de l'enveloppe sont représentées par la surface de dissipation équivalente qui est elle-même rapportée à une surface horizontale dont les conditions d'échanges sont celles du coefficient K avec un Δt entre la face interne et la face externe égal à Δt_{moy}.

■ Notion d'échauffement moyen (Δt_{moy})

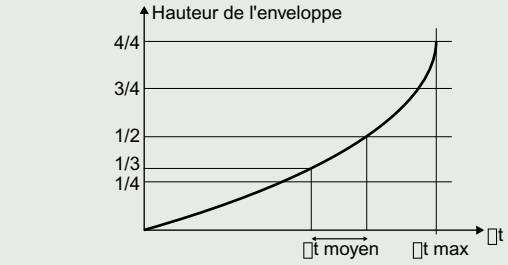
La source de chaleur que constituent les appareils et équipements dans une enveloppe engendre une élévation de température non homogène de l'air intérieur.

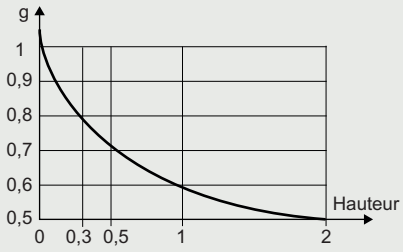
L'échauffement moyen est considéré comme la moyenne arithmétique des différents échauffements relevés aux différentes hauteurs à l'intérieur de l'enveloppe.

L'expérience montre que cette valeur se situe toujours entre le tiers et la moitié de la hauteur de l'enveloppe. 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 régie par le coefficient de gradient thermique g : $\Delta t_{moy} = g \cdot \Delta t_{max}$.

GRADIENT THERMIQUE





< La température se répartit en strates isothermes dont le gradient thermique 1/g croît avec la hauteur de l'enveloppe

DÉTERMINATION PRATIQUE DE LA PUISSANCE DISSIPÉE SUR UNE INSTALLATION EXISTANTE

1) Mesurer la température ambiante θ_{amb} à une distance d'au moins 1 m de l'armoire et à 1,50 m au-dessus du sol.
2) Mesurer la température à l'intérieur de l'enveloppe θ_{max} à environ 10 cm en dessous de la face supérieure
3) Mesurer la température à l'intérieur de l'enveloppe θ_{moy} à mi-hauteur
4) Calculer les valeurs d'échauffement $\Delta t_{max} = \theta_{max} - \theta_{amb}$ et $\Delta t_{moy} = \theta_{moy} - \theta_{amb}$
5) Vérifier la valeur du gradient thermique par la relation $\Delta t_{moy} = g \cdot \Delta t_{max}$
6) Calculer la surface de dissipation équivalente S_e par application des différents facteurs de pondération (tableau page ci-contre)
7) Déterminer la valeur du coefficient de transmission global K en fonction de Δt_{moy}
8) Calculer la puissance P (W) par la formule $P = \Delta t_{moy} \times K \times S_e$

LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT DES ENSEMBLES

■ **Coefficient de transmission du flux thermique à travers les parois (K en W/°C m²)**

Ce coefficient caractérise les échanges à travers la paroi de l'enveloppe. Il intègre les trois modes de transfert de chaleur : conduction, convection et rayonnement.
Ce sont ces deux derniers modes qui sont prédominants (à parts sensiblement égales) alors que le terme conduction n'a qu'une influence réduite (quelques %).
Dans les échanges sur parois minces, cas des enveloppes électriques, les températures des deux faces sont identiques (ou isothermes) et la nature du matériau n'a que peu d'influence. Il en résulte ainsi des capacités de dissipation très proches entre les enveloppes métalliques et les enveloppes plastiques.

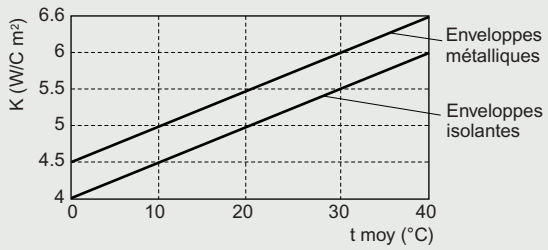
■ **Surface de dissipation équivalente (S_e)**

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 si elle est en contact ou libre si elle est sans contact).
La surface équivalente est déterminée par la somme des différentes surfaces :
Se = S1 + S2 + S3 + S4 + S5 + S6 + S7 + S8 + S9 + S10.

SURFACE DE DISSIPATION CORRIGÉE Sc

Pour accéder directement à la valeur de Δt_{max} on utilise la notion de surface corrigée Sc, avec Sc = Se x g.
Les tableaux de données de Sc pour chaque enveloppe permettent alors un calcul simplifié.

VALEURS DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION GLOBAL K EN FONCTION DE L'ÉCHAUFFEMENT MOYEN



COEFFICIENTS À APPLIQUER AUX SURFACES RÉELLES POUR LE CALCUL DE LA SURFACE DE DISSIPATION ÉQUIVALENTE SE EN FONCTION DU DEGRÉ IP DE L'ENVELOPPE

Surface	IP ≤ 30	IP > 30
S1 : surface horizontale supérieure libre	1	1
S2 : surface horizontale supérieure isolée	0,7	0,5
S3 : surface verticale arrière libre	0,9	0,8
S4 : surface verticale arrière isolée	0,4	0,3
S5 : surface latérale libre	0,9	0,8
S6 : surface latérale isolée	0,4	0,3
S7 : surface inférieure horizontale libre	0,6	0,6
S8 : surface inférieure horizontale isolée	0,3	0,2
S9 : surface avant avec plastrons	0,9	0,8
S10 : surface avant avec plastrons et porte	0,6	0,6

COEFFICIENTS DE CORRECTION A APPLIQUER POUR CERTAINES CONFIGURATIONS

- **Installation de coffrets avec goulotte(s) de câblage**

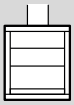
La puissance dissipable P (W) déterminée est augmentée par le coefficient multiplicateur M.

- **Installation avec association de deux coffrets**

La puissance dissipable par les deux coffrets est égale à la somme des puissances de chacun des coffrets affectées d'un coefficient réducteur lié à la paroi commune.

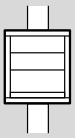
COEFFICIENTS DE CORRECTION M POUR INSTALLATION AVEC GOULOTTES DE CÂBLAGE

Goulotte(s) sur le dessus du coffret



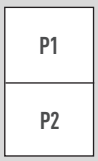
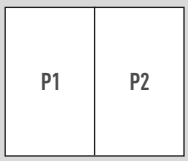
Hauteur (mm)	Largeur (mm)	Nombre de goulottes 1	2	3
50/65	160	1,4	1,6	1,8
65	250	1,5	1,7	-

Goulotte(s) sur le dessus et le dessous du coffret

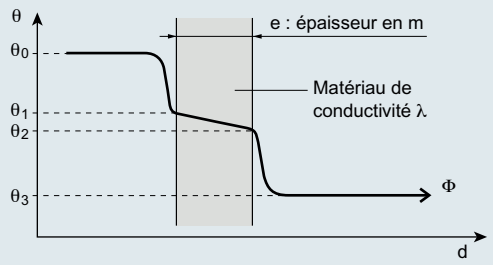


Hauteur (mm)	Largeur (mm)	Nombre de goulottes 1	2
50/65	160	2	2,2
65	250	2,4	2,4

COEFFICIENTS DE CORRECTION POUR ASSOCIATION DE DEUX COFFRETS

Coffrets superposés	Coffrets juxtaposés
	
P = P1 + 0.8 × P2	P = 0.9 × (P1 + P2)

Les calculs suivants démontrent deux aspects essentiels des notions de transfert thermique dans les enveloppes :
1) Les modes d'échange par convection et par rayonnement aux températures habituelles de fonctionnement participent à parts égales à la dissipation thermique.
2) Les parois de l'enveloppe ont très peu d'incidence sur le flux de transfert thermique : leurs températures de surface intérieure et extérieure sont quasi identiques (parois isothermes) et surtout la nature de leur matériau constitutif n'a pratiquement aucune influence. Ainsi, à mêmes dimensions, qu'elle soit en matériau plastique ou en aluminium, une enveloppe a pratiquement les mêmes capacités de dissipation thermique.
Les valeurs θ0, θ1, θ2 et θ3 désignent les températures à chacune des étapes du transfert : air interne, surface interne, surface externe, air externe (ambiance).



Le transfert de chaleur à travers une paroi peut se décomposer en trois phases :
1 - Flux entre le fluide intérieur (air interne de l'enveloppe) et la paroi :

$$\Phi = h_1 (\theta_0 - \theta_1) S \Rightarrow \theta_0 - \theta_1 = \frac{\Phi}{S} \frac{1}{h_1}$$

2. Flux à travers la paroi :

$$\Phi = \frac{\lambda S}{e} (\theta_1 - \theta_2) \Rightarrow \theta_1 - \theta_2 = \frac{\Phi}{S}$$

3. Flux entre la paroi et le fluide extérieur (air ambiant) :

$$\Phi = h_2 (\theta_2 - \theta_3) S \Rightarrow \theta_2 - \theta_3 = \frac{\Phi}{S}$$

L'addition membre à membre des trois équations permet d'obtenir le flux global de transfert :

$$\theta_0 - \theta_3 = \frac{\Phi}{S} \left(\frac{1}{h_1} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_2} \right)$$

LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT DES ENSEMBLES

ÉCHANGE DE CHALEUR À TRAVERS UNE PAROI

Soit la formule simplifiée :

$$\Phi = K\,S\,(\theta_0 - \theta_3) \quad \text{avec} \quad \frac{1}{K} = \frac{1}{h_1} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{h_2}$$

Les coefficients h1 (échange intérieur) et h2 (échange extérieur) intègrent à la fois la convection (c) et rayonnement (r). On a ainsi :

$$h_1 = h_{1c} + h_{1r} \quad \text{et} \quad h_2 = h_{2c} + h_{2r}$$

Pour le calcul de h1 on utilisera les deux formules suivantes :

$$h_{1c} = h\,S\,(\theta_0 - \theta_1) \quad \text{(loi de Newton)}$$

La valeur de h dépend de plusieurs facteurs : écoulement, nature du fluide, température, forme des surfaces ; son calcul complexe n'est pas donné ici.

$$h_{1r} = F\,S\,\tau\,\frac{\theta'_0{}^4 - \theta_1{}^4}{\theta'_0 - \theta_1}$$

F : coefficient d'absorption mutuel lié à l'interaction entre les surfaces émissives des appareils contenus dans l'armoire et les parois de l'armoire (rayonnement interne

$$F = \frac{1}{a_1} + \frac{1}{a_2} - 1$$

a1 et a2 : coefficient d'absorption des surfaces en regard (appareillage et matériau de l'enveloppe)
S : surfaces en regard, à compenser éventuellement pour prendre en compte l'angle d'incident des surfaces.
τ : constante de Stéphan et Boltzmann = $5{,}7.10^{-8}$ W/m2 K⁴.
θ'_0 : température des corps émetteurs (appareillage interne) si différente de θ0 (la température de surface des appareils est généralement plus élevée que celle de l'air interne de l'enveloppe)
Pour le calcul de h2 on procède comme pour le calcul de h1 en réduisant le calcul de rayonnement à la part émission.
Le rayonnement reçu des parois du bâtiment dans lequel l'armoire est installée est négligé :

$$h_{2c} = h\,S\,(\theta_2 - \theta_3)$$
$$h_{2r} = S\,\varepsilon\,\tau\,(\theta_2{}^4 - \theta_3{}^4)$$

ε : coefficient d'émissivité (0,85 pour le RAL 7035)
le calcul précis de h2r voudrait que l'on connaisse l'enceinte dans laquelle est installée l'armoire, afin d'appliquer le même calcul que pour h1r.

Remarque : de nombreux facteurs propres aux échanges thermiques n'ont pas de valeurs absolues. Ainsi le coefficient de transmission global à travers la paroi K est-il dépendant de la température ; plus la différence entre les faces internes et externes augmente (échauffement moyen) plus l'échange est favorisé : K augmente.
Les échanges convectifs dépendent pour une large part de la température de l'air, de celle de la paroi, de la hauteur de cette paroi et de sa position dans l'espace. Le flux convectif (loi de Newton) est donc lui aussi complexe à calculer.
La notion de surface de dissipation équivalente Se permet un calcul qui intègre ces notions (voir page 115).

• Calcul de la résistance thermique de conduction pour une enveloppe en acier peint (Atlantic par exemple)

Tôle d'acier d'épaisseur e = 1,5 mm $\lambda_1 = 52$

2 couches de peinture polyester 2 x 60 µ $\lambda_2 = 0{,}2$

λ : coefficient de conductivité thermique en W/m°C

$$R_{cond} = \frac{e}{\lambda} = \frac{1{,}5\ 10^{-3}}{52} + \frac{120\ 10^{-6}}{0{,}2} = 6{,}3\ 10^{-4}$$

Cette valeur est à comparer avec la résistance totale :

$$R_{tot} = 1/K$$

en prenant $K_{moy} = 5{,}5$ W/°C m² on a $R_{tot} = 0{,}18$

la résistance par conduction de la paroi vaut 0,35 % de la résistance totale ; elle est effectivement négligeable dans l'échange thermique.

• Calcul de la résistance thermique de conduction pour une enveloppe en matière isolante

Polyester chargé d'épaisseur e = 4 mm

$$R_{cond} = \frac{e}{\lambda} = \frac{4\ 10^{-3}}{0{,}2} = 1{,}6\ 10^{-2} \quad (°C\ m^2/W)$$

Dans ce cas, la résistance de conduction vaut 9 % de la résistance totale ; elle reste négligeable dans l'échange thermique.
La nature du matériau de l'enveloppe n'a que peu d'influence sur le coefficient d'échange et ne constitue donc pas un critère de choix vis-à-vis de la dissipation thermique.

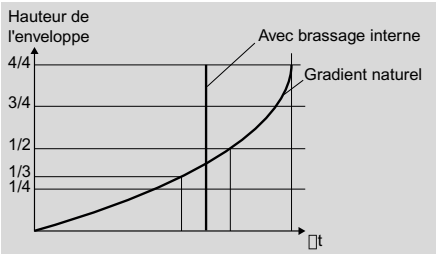
Les dispositifs de refroidissement

BRASSAGE DE L'AIR A L'INTÉRIEUR DE L'ENVELOPPE

LE GRADIENT THERMIQUE

Si l'on brasse l'air à l'intérieur d'une enveloppe étanche par un ou plusieurs ventilateurs, on supprime la notion de gradient thermique. La température de l'air devient homogène dans toute l'enveloppe.

$$\Delta t_{moy} = \Delta t_{max} \text{ et } g = 1$$



LA VALEUR DE K

Le régime d'échange au niveau des parois restant laminaire, on prendra les mêmes valeurs de K.

LA PUISSANCE DISSIPABLE

$$P = \Delta t \cdot K \cdot S$$

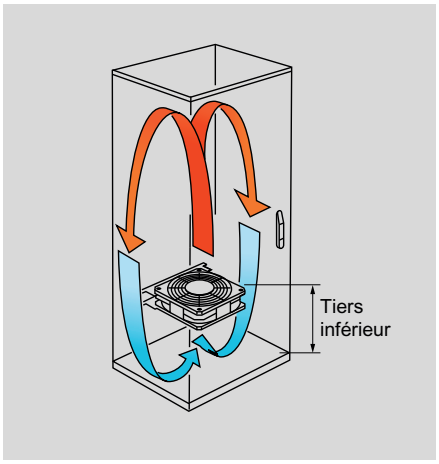
Pour un même échauffement maxi admis, on pourra donc multiplier la puissance par 1/g.

1/g valant entre 1,4 et 2 sans brassage interne.$\Delta t_{moy} = \Delta t_{max}$ et g = 1

CHOIX ET EMPLACEMENT DES VENTILATEURS

En considérant une enveloppe dont l'implantation et la densité des composants sont telles que la section moyenne horizontale de passage de l'air vaut au moins la moitié de la surface de base, le débit mini du ou des ventilateurs doit être de 0,1 fois le volume de l'enveloppe par seconde.

Par exemple, pour une enveloppe de 0,5 m^3, on prendra un ventilateur ayant un débit minimum de 0,05 m3/s (50 l/s ou 180 m^3/h)..



L'expérience montre que les meilleurs résultats sont obtenus lorsque le ventilateur est placé dans le tiers inférieur de l'enveloppe

TRANSFERT DE CHALEUR PAR FLUX D'AIR (VENTILATION)

PUISSANCE TRANSFÉRÉE (EN W)

$$P = C \cdot \rho \cdot D \cdot \Delta t.$$

C : chaleur massique de l'air en J/kg°C (C = 1000 J/kg°C)

ρ : densité de l'air en kg/m3 à la température considérée

D : débit en m^3/s

Δt : échauffement de l'air en °C

Le produit C.ρ est assimilé à la chaleur volumique de l'air en (J/m^3 °C), coefficient plus facile à utiliser que nous appellerons v, d'où P = v · D · Δt

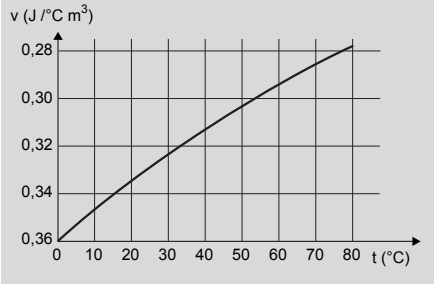
La chaleur volumique de l'air v est calculée pour les différentes températures de 0 à 80 °C à pression atmosphérique de 105 Pa.

Les variations de la densité ρ sont calculées suivant la formule :

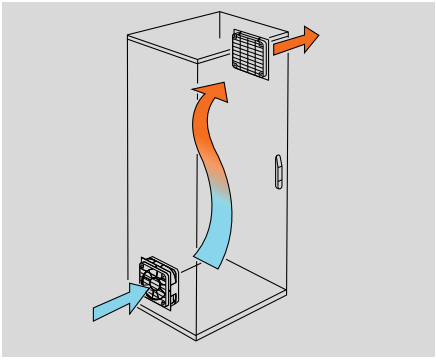
$$\rho = \rho_0 \frac{t_0}{t} \quad \text{avec} \quad \rho_0 = 1{,}293 \quad \text{et} \quad t_0 = 273$$

LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT DES ENSEMBLES

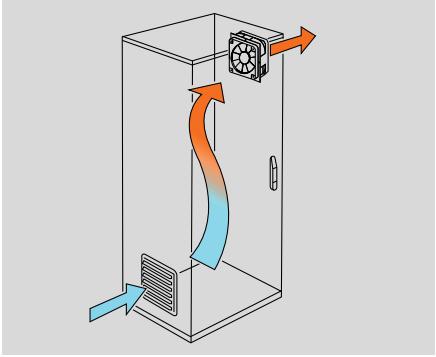
CHALEUR VOLUMIQUE DE L'AIR EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE



Dans la formule P = v · D . Δt, v est donné en fonction de la température alors que Δt représente l'échauffement : $\Delta t = t - t_{ambiante}$
On constate que dans le domaine habituel des températures d'armoires, 20 à 60 °C, le coefficient v ne varie que de 10 %, ce qui pourra éventuellement nous amener à prendre un coefficient moyen.



Enveloppe en surpression

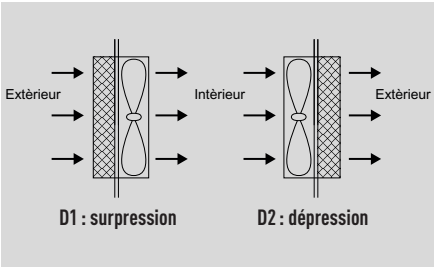


Enveloppe en dépression

POSITION DU VENTILATEUR

Afin de ne pas contrarier le flux naturel ascendant de l'air chaud, le flux du ventilateur doit être de même sens.

En théorie et en considérant que les courbes débit/ pression et débit/dépression du ventilateur sont identiques, la position du ventilateur n'intervient sur la puissance dissipable que par la variation de la chaleur volumique v, le débit D restant constant. La puissance dissipable sera donc légèrement plus faible en dépression.



Dans la pratique et dans le cas de ventilateurs hélicoïdes installés avec filtres, le constat est inverse :

D2 > D1.

D'un point de vue pratique :

- la surpression favorise l'étanchéité de l'enveloppe, le ventilateur travaille à température ambiante, le bruit est plus faible mais le débit peut être réduit (voir ci-dessus) et la chaleur produite par le moteur du ventilateur intervient dans le bilan thermique ;

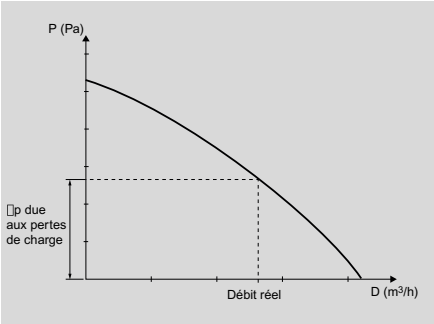
- en dépression, la pénétration de poussières peut être facilitée, le ventilateur travaille à température plus élevée (durée de vie réduite), le bruit est plus important, le débit peut être plus grand.

Les fabricants de ventilateurs conseillent généralement la première solution.

INTERPRÉTATION DES COURBES CARACTÉRISTIQUES

Les courbes débit/pression doivent se référer au matériel employé. En effet la caractéristique d'un ventilateur équipé de filtres et monté sur une enveloppe peut être très différente de celle du ventilateur "isolé".

Le débit réel sera donc donné par la courbe en retranchant les diverses pertes de charges (grilles, filtres et leur éventuel encrassement, chicanes...)



DISPOSITION DE PLUSIEURS VENTILATEURS

Lorsque la puissance à dissiper ou que les pertes de charge s'avèrent trop grandes, il peut être nécessaire d'installer plusieurs ventilateurs.

Dans le premier cas, on disposera les ventilateurs en parallèle (cote à côté), le débit sera multiplié par le nombre de ventilateur, alors que la pression disponible sera identique.

Dans le second cas, on les disposera en série (l'un derrière l'autre), le débit sera le même et la pression multipliée.

Les chutes de pression liées aux pertes de charges varient avec le carré du débit, ainsi le doublement du débit exige de prendre en compte une variation quadruple de la pression et des pertes de charge associées.

PUISSANCE TOTALE DISSIPABLE

C'est la somme de la puissance dissipée à travers les parois de l'enveloppe et de celle transférée par le flux d'air soit :

$$P = \Delta t1 \cdot K \cdot S + \Delta t2 \cdot v \cdot D$$

Δt1 : Δt moyen dans l'enveloppe = g·Δtmax

Δt2 : Δt entre entrée et sortie de l'air

On prendra v à tambiante en suppression et v à tambiante + Δt2 en dépression.

Pour une meilleure efficacité, on place généralement les sorties d'air au sommet de l'enveloppe, on peut admettre que Δt2 = Δtmax

On a alors : P = Δtmax (g · K · S + v · D)



Ventilateur réf. 0 348 54 livré avec une paire d'ouïes et un filtre lavable

INFLUENCE SUR LE GRADIENT THERMIQUE

L'évacuation de l'air chaud tend à diminuer son accumulation au sommet de l'enveloppe ainsi lorsque Δtmax n'excède pas 25 °C et que le débit de ventilation vaut au moins 0,1 fois/s le volume de l'enveloppe, le coefficient g peut être relevé de 0,1 par rapport aux valeurs de la courbe et de 0,2 si le débit atteint 0,2 fois par seconde le volume de l'enveloppe (règles tirées de l'expérience).

VENTILATION PAR TIRAGE NATUREL AVEC OUÏES PLACÉES DANS UN PLAN VERTICAL

Bien qu'elle pénalise le degré de protection de l'enveloppe, l'utilisation d'ouïes permet d'éviter les phénomènes de condensation et dans une certaine mesure de refroidir les équipements.

Le transfert de chaleur est limité.

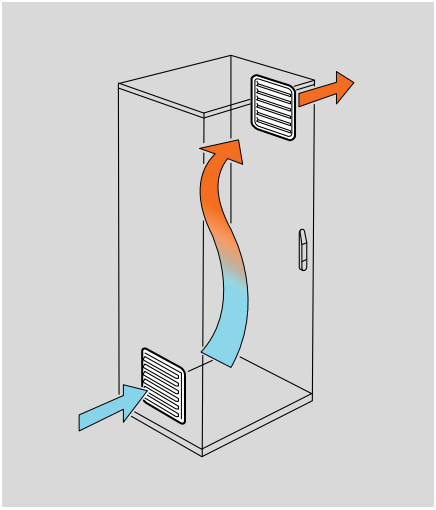
Des essais ont permis de déterminer que le débit du flux d'air dépend de plusieurs paramètres :
- la différence de hauteur entre les ouïes
- la différence de température entre l'entrée et la sortie de l'air : effet convection et chaleur massique
- la section de passage libre de l'ouïe.

On peut utiliser une formule empirique pour évaluer le débit du flux d'air en m^3/h :
$D = 0{,}5 \cdot 10\text{-}4 \cdot \log h \cdot S2 \cdot \Delta t0{,}6$
h : différence de hauteur entre le milieu des ouïes d'entrée et de sortie en cm
S : section de passage en cm^2
Δt : échauffement maxi de l'air

La puissance dissipée pourra être calculée comme pour les ventilateurs par la formule :

$P = v \cdot D \cdot \Delta t$

On prendra v à la température de sortie de l'air, si les ouïes d'entrée et de sortie ont la même section .



INFLUENCE SUR LE GRADIENT THERMIQUE

Lorsque les ouïes d'entrée et de sortie ont la même section, elles permettent le même débit volumique, mais leur débit massique est différent – le coefficient g tend à diminuer (~ 0,05) et le gradient thermique à s'accentuer.

Pour éviter ce phénomène les ouïes de sortie devraient être de section supérieure aux ouïes d'entrée.

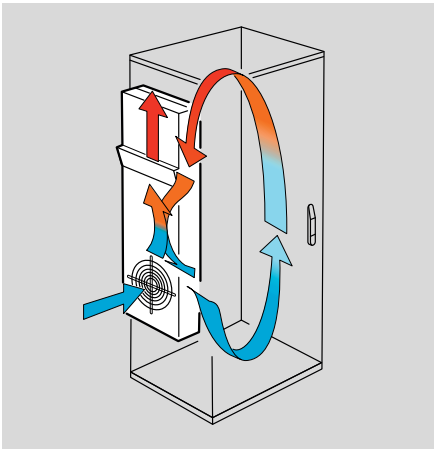
Pour le calcul du débit D et de la puissance P, on prendra la section S de l'ouïe d'entrée et la chaleur volumique v à température ambiante.

Le refroidissement par ouïes reste limité.
Le tirage naturel de l'air peut être facilement contrarié, et il peut exister des points chauds dans l'enveloppe. Les composants les plus sensibles seront donc disposés près des entrées, alors que ceux dissipant le plus le seront près des sorties.

REFROIDISSEMENT PAR ÉCHANGEUR

Dans l'échangeur, l'air intérieur n'est pas en contact avec l'air extérieur et il n'y a pas de pollution transportée dans l'enveloppe, contrairement aux ouïes et aux ventilateurs.

Les échangeurs peuvent être de différentes technologies, à plaques, tubulaires, à caloducs... suivant celle-ci leur rendement peut être différent. Dans le cas des enveloppes, le fluide caloporteur est généralement l'air ou l'eau. La quantité de chaleur échangée est proportionnelle à la différence de température entre l'air interne de l'enveloppe et l'air du circuit de refroidissement, en l'occurrence l'air ambiant.



PUISSANCE ÉVACUÉE

Elle s'exprime sous la forme :

P = Δt · Q

Δt (°C) : échauffement de l'air interne

Q (W/°C) : capacité spécifique de l'échangeur.

INFLUENCE SUR LE GRADIENT THERMIQUE

La circulation interne de l'air créée par l'échangeur permet d'égaliser les températures dans l'enveloppe comme en brassage interne on prendra donc g = 1

La puissance totale dissipée vaudra donc :

Pt = Δtmax · K · S · Q



En aucun cas la température interne de l'enveloppe ne pourra être inférieure à la température ambiante. Elle se situera toujours au dessus, en raison du rendement de l'échangeur compris entre 0,5 et 0,8.
La capacité calorifique Q de l'échangeur peut varier en fonction de différents paramètres :
- l'échauffement, dont dépendent la chaleur volumique et le coefficient d'échange dans l'échangeur ;
- les débits de l'air, dont dépendent les pertes de charge et le coefficient d'échange.
Il y aura donc lieu pour les calculs précis de se reporter aux courbes caractéristiques de l'échangeur.

REFROIDISSEMENT PAR CLIMATISEUR

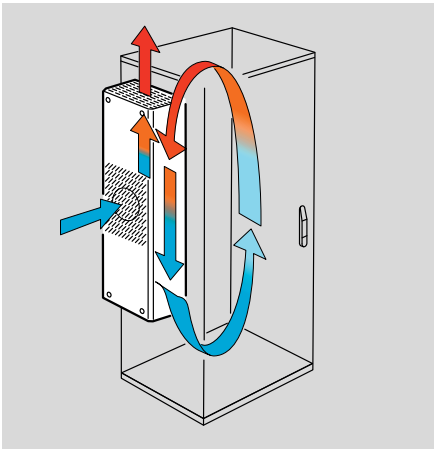
Comme pour l'échangeur l'air interne de l'enveloppe n'est pas en contact avec l'ambiance.

PUISSANCE DISSIPABLE

Les climatiseurs sont donnés pour une puissance frigorifique en W ou en frig/h. 1 W = 1,16 frig/h

Ils peuvent donc maintenir un échauffement proche de zéro pour une puissance dissipée dans l'armoire égale à leur puissance frigorifique.

Il n'y a pas dans ce cas de dissipation naturelle de l'enveloppe : Δt = 0 dans la formule P = Δt · K · S



Echangeur Legrand

LIMITES D'ÉCHAUFFEMENT DES ENSEMBLES

Le rendement de refroidissement est optimal pour une plage de température ambiante (par exemple de 15 à 35 °C), il diminue avec l'augmentation de la température ambiante.
Il est généralement donné pour 35 et 50 °C.

INFLUENCE SUR LE GRADIENT THERMIQUE

La circulation interne de l'air créée par le climatiseur permet d'égaliser les températures comme pour le brassage interne.

Si l'on admet un certain échauffement de l'air intérieur (dans les limites de bon fonctionnement du climatiseur), on calculera la puissance dissipée par l'enveloppe avec g = 1 (cf. page 118) soit :

$Pe = \Delta tmax \cdot K \cdot S$

La puissance totale dissipable vaudra :

$P = Pe + Pf$

Pf : puissance frigorifique à Δt considérée.

ABAISSEMENT DE LA TEMPÉRATURE INTERNE DE L'ENVELOPPE PAR RAPPORT À L'AMBIANCE

Dans les limites de fonctionnement du climatiseur (puissance et réglage mini), on pourra abaisser la température de l'enveloppe au-dessous de l'ambiance.

Le choix de la température de consigne d'un climatiseur est extrêmement important.
Outre une dépense énergétique accrue, l'abaissement en dessous de la température ambiante réduit la puissance dissipable (il faut alors retrancher la puissance "captée" à l'ambiance) et augmente le risque de condensation (effet de parois froides).

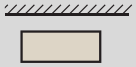
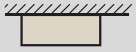
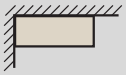
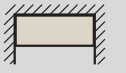
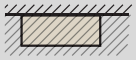
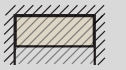


Climatiseurs Legrand

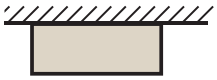
ANNEXES

Puissances dissipées des enveloppes XL³

Les tableaux des pages suivantes donnent la puissance dissipée dans les différentes enveloppes de la gamme de XL³ selon leur configuration (avec ou sans porte, avec joint, etc.) et leurs prescriptions d'installation.

PRESCRIPTIONS D'INSTALLATION	
	L'enceinte est placée sur le sol, sans contact avec une surface (armoires autoportantes par exemple).
	L'arrière de l'enceinte est contre une surface verticale (armoire contre un mur ou une armoire à montage mural). Tous les autres côtés sont gratuits. l'arrière de l'enceinte est considérée comme en contact si la distance entre l'enceinte et la surface verticale est inférieure à 10 cm. Les armoires fixées au mur doivent être installés à au moins 10 cm au-dessus du sol.
	L'arrière de l'enceinte et l'un des côtés sont en contact avec une surface verticale (dans un coin par exemple). l'enceinte est considérée comme en contact si la distance entre le dos ou sur les côtés et les surfaces verticales est inférieure à 10 cm.
	Le dos et les deux côtés de l'enceinte sont en contact avec une surface verticale (dans un conduit ou une réserve technique par exemple). l'enceinte est considérée comme en contact si la distance entre le dos ou sur les côtés et les surfaces verticales est inférieure à 10 cm.
	L'arrière et supérieure de l'enceinte sont en contact avec une surface (contre un mur et sous le plafond par exemple). l'enceinte est considérée comme en contact si la distance entre le haut de l'armoire et le plafond est inférieure à 20 cm. ATTENTION: L'installation d'un climatiseur sur le toit nécessite un dégagement au-dessus de l'armoire d'au moins 1 mètre.
	Le dos, les côtés et le dessus de l'enceinte sont en contact avec une surface (peut être comparé à une monté en affleurement). Les règles de distance ci-dessus s'appliquent : à moins de 10 cm pour les surfaces verticales et à moins de 20 cm au-dessus de l'enceinte.

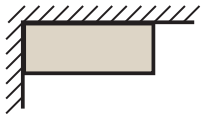
XL³ 160 ISOLANT



Dimensions (mm) l x h x p sans porte (avec porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
575 x 450 x 145 (170)		41	57	71	86	110	132	34	47	58	71	90	108	31	43	53	65	83	99
575 x 600 x 145 (170)		45	62	78	99	120	141	37	51	64	81	98	116	34	47	59	74	90	106
575 x 750 x 145 (170)		49	68	90	110	136	161	40	56	74	90	112	132	37	51	68	83	102	121
575 x 900 x 145 (170)		54	75	103	126	155	180	44	62	84	103	127	148	41	56	77	95	116	135
575 x 1050 x 145 (170)		59	86	116	145	171	201	48	71	95	119	140	165	44	65	87	109	128	151

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

XL³ 160 ISOLANT

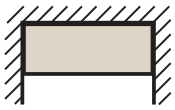


Dimensions (mm) l x h x p sans porte (avec porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
575 x 450 x 145 (170)		40	55	69	84	109	130	33	45	57	69	89	107	30	41	52	63	82	98
575 x 600 x 145 (170)		43	59	77	94	118	140	35	48	63	77	97	115	32	44	58	71	89	105
575 x 750 x 145 (170)		47	67	87	108	133	158	39	55	71	89	109	130	35	50	65	81	100	119
575 x 900 x 145 (170)		53	74	100	124	150	176	43	61	82	102	123	144	40	56	75	93	113	132
575 x 1050 x 145 (170)		58	85	114	141	167	198	48	70	93	116	137	162	44	64	86	106	125	149

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

ANNEXES

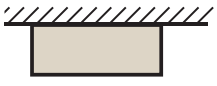
XL³ 160 ISOLANT



Dimensions (mm) l x h x p sans porte (avec porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
575 x 450 x 145 (170)		33	48	61	76	98	113	27	39	50	62	80	93	25	36	46	57	74	85
575 x 600 x 145 (170)		36	52	70	84	110	128	30	43	57	69	90	105	27	39	53	63	83	96
575 x 750 x 145 (170)		39	60	81	103	129	146	32	49	66	84	106	120	29	45	61	77	97	110
575 x 900 x 145 (170)		46	67	93	113	147	163	38	55	76	93	121	134	35	50	70	85	110	122
575 x 1050 x 145 (170)		51	77	107	126	165	188	42	63	88	103	135	154	38	58	80	95	124	141

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

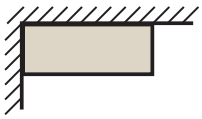
XL³ 160 MÉTAL



Dimensions (mm) l x h x p sans porte (avec porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
575 x 450 x 145 (170)		46	62	78	94	119	145	38	51	64	77	98	119	35	47	59	71	89	109
575 x 600 x 145 (170)		49	68	85	108	133	161	40	56	70	89	109	132	37	51	64	81	100	121
575 x 750 x 145 (170)		53	74	96	122	150	178	43	61	79	100	123	146	40	56	72	92	113	134
575 x 900 x 145 (170)		60	82	109	138	167	197	49	67	89	113	137	162	45	62	82	104	125	148
575 x 1050 x 145 (170)		65	94	125	158	189	220	53	77	103	130	155	180	49	71	94	119	142	165

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

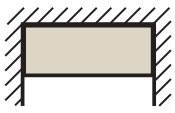
XL³ 160 MÉTAL



Dimensions (mm) l x h x p sans porte (avec porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
575 x 450 x 145 (170)		44	58	73	89	117	139	36	48	60	73	96	114	33	44	55	67	88	104
575 x 600 x 145 (170)		46	62	82	101	128	155	38	51	67	83	105	127	35	47	62	76	96	116
575 x 750 x 145 (170)		49	70	93	119	147	174	40	57	76	98	121	143	37	53	70	89	110	131
575 x 900 x 145 (170)		55	79	107	136	167	193	45	65	88	112	137	158	41	59	80	102	125	145
575 x 1050 x 145 (170)		62	92	123	154	186	218	51	75	101	126	153	179	47	69	92	116	140	164

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

XL³ 160 MÉTAL

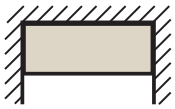


Dimensions (mm) l x h x p sans porte (avec porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
575 x 450 x 145 (170)		36	52	67	83	107	124	30	43	55	68	88	102	27	39	50	62	80	93
575 x 600 x 145 (170)		39	57	77	92	121	140	32	47	63	75	99	115	29	43	58	69	91	105
575 x 750 x 145 (170)		43	66	89	113	141	160	35	54	73	93	116	131	32	50	67	85	106	120
575 x 900 x 145 (170)		50	74	102	124	161	180	41	61	84	102	132	148	38	56	77	93	121	135
575 x 1050 x 145 (170)		56	84	117	138	181	206	46	69	96	113	148	169	42	63	88	104	136	155

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

ANNEXES

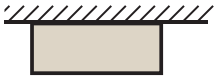
XL³ 160 ENCASTRÉ



Dimensions (mm) l x h x p sans porte	Δθ (K)	IP 30						IP 40					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
575 x 600 x 110		37	52	69	88	106	125	30	43	57	72	87	103
575 x 750 x 110		41	60	80	103	123	146	34	49	66	84	101	120
575 x 900 x 110		47	71	94	118	138	167	39	58	77	97	113	137
575 x 1050 x 110		54	81	105	136	160	188	44	66	86	112	131	154

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

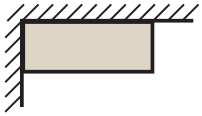
XL³ 400 MÉTAL



Dimensions (mm) l x h x p sans porte	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 650 x 175		60	81	112	138	169	198	52	73	90	110	138	165	47	65	85	93	129	158
660 x 850 x 175		72	96	122	148	180	220	59	79	95	119	147	175	57	77	89	115	144	164
660 x 1050 x 175		89	119	142	163	218	255	66	89	111	138	165	192	63	86	104	131	161	183
660 x 1250 x 175		110	142	165	185	250	288	86	116	130	153	189	222	81	110	123	148	183	213
660 x 1450 x 175		131	164	189	213	286	328	110	129	146	176	213	254	106	123	132	163	198	236
660 x 1650 x 175		149	187	212	246	319	370	123	141	158	198	243	289	120	136	147	178	235	268
660 x 1850 x 175		174	209	236	279	358	413	141	153	168	212	263	306	134	148	161	193	253	296
660 x 2050 x 175		198	234	258	301	392	457	159	166	186	236	286	323	146	158	174	226	277	318
910 x 1050 x 175		149	178	193	256	296	365	126	140	153	198	248	293	121	132	147	189	237	287
910 x 1250 x 175		156	190	235	296	346	415	142	157	174	230	288	337	138	151	168	227	280	329
910 x 1450 x 175		166	201	260	333	390	468	155	170	198	259	326	387	150	167	190	251	317	380
910 x 1650 x 175		180	214	295	373	448	538	170	190	228	280	359	422	165	186	223	277	352	418
910 x 1850 x 175		196	225	325	410	487	579	182	209	245	300	376	448	177	201	240	292	371	438
910 x 2050 x 175		207	237	339	431	515	618	194	220	258	327	394	462	187	213	254	321	390	456
410 x 1450 x 175		84	109	156	192	235	279	62	84	119	156	187	224	57	80	113	150	181	219
410 x 1650 x 175		96	129	176	220	262	314	87	117	130	172	200	249	82	109	127	169	195	243
410 x 1850 x 175		105	151	198	249	300	358	99	132	149	189	230	271	91	127	140	182	221	262
410 x 2050 x 175		119	179	219	276	336	398	111	154	165	207	256	300	106	148	161	196	249	292

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

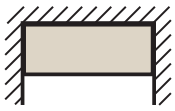
XL³ 400 MÉTAL



Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 650 x 175		56	78	106	130	167	192	50	71	88	108	136	163	45	62	83	91	126	155
660 x 850 x 175		68	94	119	145	176	216	63	75	92	113	142	165	53	75	96	113	143	162
660 x 1050 x 175		87	117	140	159	215	250	65	88	110	136	161	190	61	85	102	130	158	181
660 x 1250 x 175		107	140	163	181	248	281	84	114	126	150	186	219	79	108	121	147	182	211
660 x 1450 x 175		128	160	177	210	283	324	107	125	141	173	212	252	102	121	131	162	197	234
660 x 1650 x 175		145	178	199	242	310	367	120	139	153	190	241	287	117	134	145	175	235	267
660 x 1850 x 175		162	194	227	276	351	410	139	151	167	210	261	304	132	146	160	198	250	294
660 x 2050 x 175		195	231	244	298	374	450	151	161	180	234	283	320	144	156	170	224	275	315
910 x 1050 x 175		147	176	191	246	288	363	124	138	151	197	245	290	119	130	145	187	235	285
910 x 1250 x 175		154	187	221	290	336	440	138	155	170	227	286	335	135	150	167	223	279	327
910 x 1450 x 175		162	198	256	329	386	464	151	168	196	256	325	386	149	165	189	250	315	379
910 x 1650 x 175		176	210	291	370	440	511	164	187	224	275	357	420	163	184	220	275	351	416
910 x 1850 x 175		190	221	320	400	481	575	180	206	240	297	374	445	176	200	239	290	369	436
910 x 2050 x 175		204	232	337	427	510	615	189	218	256	324	390	460	185	210	253	319	388	454
410 x 1450 x 175		83	107	155	190	233	277	61	83	117	155	184	223	55	79	110	149	179	217
410 x 1650 x 175		94	127	177	217	260	311	86	116	127	170	199	247	80	106	126	166	194	240
410 x 1850 x 175		102	149	196	247	297	356	97	130	146	185	228	270	90	125	138	180	220	260
410 x 2050 x 175		117	176	216	275	335	394	110	153	164	204	254	297	104	145	160	190	246	290

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

XL³ 400 MÉTAL

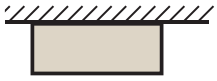


Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 650 x 175		55	77	104	128	161	190	48	70	87	106	134	161	43	60	81	91	124	153
660 x 850 x 175		65	91	115	142	174	204	62	74	90	111	140	163	52	72	91	109	138	160
660 x 1050 x 175		86	116	131	155	200	245	64	87	109	135	159	189	60	84	101	128	156	179
660 x 1250 x 175		103	138	161	177	246	280	82	112	124	148	184	218	77	106	120	145	181	210
660 x 1450 x 175		125	156	175	208	281	340	105	123	139	171	210	250	100	120	130	160	195	233
660 x 1650 x 175		143	173	197	240	308	364	118	137	150	192	238	286	114	133	144	173	233	265
660 x 1850 x 175		160	193	225	273	348	408	137	150	165	208	260	302	130	144	158	197	248	292
660 x 2050 x 175		193	230	243	296	373	448	150	160	178	233	281	318	142	155	168	221	273	313
910 x 1050 x 175		145	174	189	245	286	360	123	137	150	198	244	287	115	128	143	186	234	283
910 x 1250 x 175		153	184	218	285	334	438	135	154	169	225	284	332	134	147	165	220	277	326
910 x 1450 x 175		160	195	254	327	384	462	150	165	190	253	320	383	147	160	185	245	310	375
910 x 1650 x 175		172	208	289	369	438	509	162	185	223	293	352	415	160	181	218	272	348	413
910 x 1850 x 175		189	219	318	395	479	574	176	203	238	294	371	442	173	197	236	287	367	434
910 x 2050 x 175		201	230	335	425	509	610	185	215	253	321	387	456	183	207	251	315	385	451
410 x 1450 x 175		81	105	153	187	231	275	60	82	115	153	182	220	53	75	107	145	176	215
410 x 1650 x 175		93	125	175	216	258	310	85	114	125	168	197	245	79	105	125	164	193	238
410 x 1850 x 175		101	147	194	245	295	354	96	128	144	183	225	267	89	123	135	177	217	257
410 x 2050 x 175		115	175	214	274	334	392	108	151	161	198	251	295	103	143	157	187	244	287

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

ANNEXES

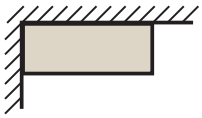
XL³ 400 ISOLANT



Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 650 x 175		50	71	99	125	156	180	47	65	79	98	122	148	43	59	75	82	117	142
660 x 850 x 175		64	82	110	134	161	201	53	72	86	108	131	157	50	70	80	104	127	147
660 x 1050 x 175		78	105	125	147	197	231	60	82	98	125	149	173	57	77	92	117	145	165
660 x 1250 x 175		99	130	150	167	225	260	78	105	117	138	171	205	73	99	111	134	165	198

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

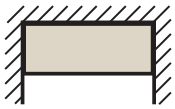
XL³ 400 ISOLANT



Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 650 x 175		48	69	96	117	151	178	45	62	77	95	120	145	41	56	73	80	114	140
660 x 850 x 175		61	80	108	131	160	199	51	68	84	105	127	154	48	68	78	102	125	145
660 x 1050 x 175		77	103	124	145	196	229	58	79	97	123	147	171	55	75	90	115	143	163
660 x 1250 x 175		97	129	147	165	224	258	76	103	114	136	168	203	72	98	109	133	164	195

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

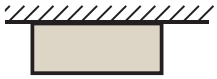
XL³ 400 ISOLANT



Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 650 x 175		47	68	94	116	148	175	43	59	76	94	118	143	39	54	71	78	112	138
660 x 850 x 175		58	79	104	129	158	197	50	66	81	100	125	150	46	65	76	99	122	143
660 x 1050 x 175		75	101	122	142	190	226	56	77	96	122	144	170	53	73	87	113	141	160
660 x 1250 x 175		95	126	145	161	222	255	74	101	112	134	166	200	70	96	107	131	163	192

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

XL³ 800 MÉTAL

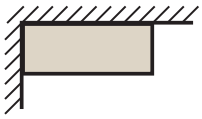


Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 1050 x 225		91	123	145	188	228	260	70	95	116	144	189	205	68	92	112	139	183	199
660 x 1250 x 225		118	147	168	210	255	294	100	134	144	175	204	248	97	130	139	170	198	241
660 x 1450 x 225		138	168	194	228	294	337	124	141	156	186	228	272	120	137	151	180	221	264
660 x 1650 x 225		155	192	221	253	324	380	141	150	165	200	259	310	137	146	160	194	251	301
660 x 1850 x 225		185	220	243	296	368	423	150	163	179	227	282	329	146	158	174	220	273	320
660 x 2050 x 225		209	242	267	311	410	472	163	175	188	253	305	345	158	170	182	245	295	334
910 x 1050 x 225		154	182	201	262	310	372	134	150	163	215	265	312	130	146	158	208	257	303
910 x 1250 x 225		161	200	243	309	354	427	159	167	175	253	308	361	154	162	170	245	299	350
910 x 1450 x 225		176	208	271	340	403	488	170	179	207	285	348	416	164	174	201	277	337	403
910 x 1650 x 225		187	219	301	382	456	549	189	213	245	319	381	450	183	206	238	309	370	437
910 x 1850 x 225		206	231	336	422	502	592	192	220	266	330	402	478	186	214	258	320	390	464
910 x 2050 x 225		213	247	349	443	527	630	202	234	274	348	418	495	196	227	266	337	405	480
410 x1450 x 225		93	119	164	201	245	290	66	90	126	167	198	239	64	87	123	162	192	232
410 x 1650 x 225		104	139	186	229	273	324	93	125	143	183	215	267	90	122	138	177	208	259
410 x1850 x 225		116	162	208	259	310	376	106	140	158	199	244	289	103	136	153	193	237	281
410 x 2050 x 225		129	189	230	287	345	409	118	165	176	210	273	321	114	160	171	203	265	311

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

ANNEXES

XL³ 800 MÉTAL

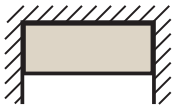


Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 1050 x 225		89	122	144	187	226	258	65	91	110	137	182	196	63	89	107	132	176	190
660 x 1250 x 225		116	146	166	209	251	292	95	127	137	168	196	237	92	123	132	163	190	230
660 x 1450 x 225		137	161	182	227	292	334	118	137	149	179	221	263	114	132	145	173	214	255
660 x 1650 x 225		148	180	205	252	313	379	137	144	158	191	250	299	132	140	153	185	242	290
660 x 1850 x 225		166	201	234	294	366	421	143	158	173	218	273	318	139	153	168	212	265	309
660 x 2050 x 225		201	239	253	309	389	462	158	168	182	286	294	333	153	163	176	277	285	323
910 x 1050 x 225		151	179	194	255	302	369	128	144	158	207	255	301	124	140	153	201	247	292
910 x 1250 x 225		159	199	240	290	351	420	147	161	168	244	296	348	143	156	163	236	287	337
910 x 1450 x 225		175	204	268	338	397	478	163	173	200	275	336	402	158	168	194	267	326	390
910 x 1650 x 225		185	218	294	377	452	539	182	205	236	308	368	436	176	199	229	298	356	423
910 x 1850 x 225		198	227	335	418	497	590	186	211	256	318	389	462	180	205	249	308	377	448
910 x 2050 x 225		209	234	347	440	524	627	194	226	264	336	404	479	188	219	256	326	392	464
410 x1450 x 225		83	108	159	194	239	286	63	86	121	160	190	231	61	84	117	155	184	224
410 x 1650 x 225		97	130	182	224	266	322	88	121	137	175	207	257	86	117	132	170	201	250
410 x1850 x 225		105	153	200	252	307	366	100	133	150	190	236	278	97	129	146	184	229	270
410 x 2050 x 225		120	182	218	281	343	406	110	158	168	201	265	311	107	153	163	195	257	301

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)

XL³ 800 MÉTAL

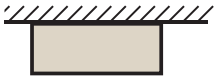


Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 40						IP 43					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
660 x 1050 x 225		87	118	140	185	224	255	62	88	107	133	177	193	61	86	104	129	171	188
660 x 1250 x 225		113	142	163	206	251	289	90	125	133	165	193	234	88	121	129	160	188	227
660 x 1450 x 225		134	158	178	226	288	335	114	133	146	174	216	257	111	129	141	168	210	249
660 x 1650 x 225		144	175	201	250	309	376	132	140	154	187	244	294	128	136	149	182	237	285
660 x 1850 x 225		162	196	229	291	363	419	140	155	171	215	270	315	135	151	166	209	262	306
660 x 2050 x 225		196	235	247	304	383	455	154	167	179	284	291	331	150	162	173	275	282	321
910 x 1050 x 225		146	175	191	250	252	368	125	143	153	203	250	296	121	139	148	197	242	288
910 x 1250 x 225		155	196	240	255	301	418	142	156	163	239	291	342	138	151	158	232	282	332
910 x 1450 x 225		172	201	263	335	399	484	159	170	194	270	330	395	154	164	189	262	320	383
910 x 1650 x 225		182	213	288	376	460	530	177	200	230	302	361	430	171	194	223	293	350	417
910 x 1850 x 225		193	221	332	405	502	599	181	208	252	315	382	457	176	202	244	306	370	443
910 x 2050 x 225		204	231	341	434	522	625	189	222	260	330	398	471	184	215	252	320	386	457
410 x1450 x 225		80	106	155	191	235	281	59	83	116	156	187	226	58	81	113	151	182	219
410 x 1650 x 225		93	126	177	218	262	316	85	116	132	172	203	252	83	113	128	166	197	244
410 x1850 x 225		103	149	196	247	301	361	97	130	147	187	231	274	94	126	142	182	224	265
410 x 2050 x 225		115	178	213	276	339	399	106	153	164	198	260	307	103	148	159	192	252	298

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)

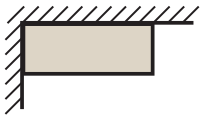
XL³ 400 IP 55



Dimension (l x h x p avec porte)	Δθ (K)	IP 65					
		15	20	25	30	35	40
700 x 695 x 205		33	49	68	83	106	120
700 x 895 x 205		51	62	75	92	115	135
700 x 1095 x 205		63	82	94	115	142	170
700 x 1295 x 205		81	93	102	127	156	184

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

XL³ 400 IP 55

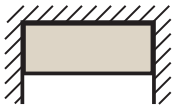


Dimension (l x h x p avec porte)	Δθ (K)	IP 65					
		15	20	25	30	35	40
700 x 695 x 205		32	47	67	82	105	118
700 x 895 x 205		50	60	73	88	107	125
700 x 1095 x 205		60	78	88	110	132	158
700 x 1295 x 205		80	89	95	120	144	173

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

ANNEXES

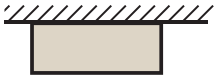
XL³ 400 IP 55



Dimension (l x h x p avec porte)	Δθ (K)	IP 65					
		15	20	25	30	35	40
700 x 695 x 205		30	45	65	81	99	115
700 x 895 x 205		48	58	68	85	105	122
700 x 1095 x 205		58	76	85	107	130	154
700 x 1295 x 205		79	87	93	117	140	168

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

XL³ 800 IP 55

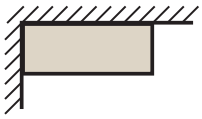


Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 65					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
700 x 1095 x 250		-	-	-	-	-	-	58	78	99	123	152	181
700 x 1295 x 250		-	-	-	-	-	-	70	85	109	136	166	198
700 x 1495 x 250		109	136	180	230	277	326	80	107	145	181	220	260
700 x 1695 x 250		122	162	201	252	305	362	99	119	159	201	242	289
700 x 1895 x 250		133	171	223	274	334	397	120	137	173	220	265	318
700 x 2095 x 250		142	182	246	298	364	427	137	156	188	245	288	337
950 x 1095 x 250		-	-	-	-	-	-	109	126	152	184	222	267
950 x 1295 x 250		-	-	-	-	-	-	125	137	167	210	247	297
950 x 1495 x 250		147	172	249	317	383	451	138	170	200	248	309	359
950 x 1695 x 250		178	194	258	325	393	463	169	186	208	257	318	371
950 x 1895 x 250		194	205	266	334	402	478	190	203	216	266	328	384
950 x 2095 x 250		203	217	276	348	421	493	200	212	227	277	339	401
500 x 1495 x 250		106	132	163	198	233	286	73	97	142	177	207	251
500 x 1695 x 250		119	148	174	231	253	319	90	109	149	193	237	280
500 x 1895 x 250		131	158	192	253	311	331	111	127	169	217	259	315
500 x 2095 x 250		139	170	221	276	334	383	134	152	180	235	283	328

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)

XL³ 800 IP 55

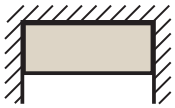


Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 65					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
700 x 1095 x 250		-	-	-	-	-	-	56	72	97	120	147	177
700 x 1295 x 250		-	-	-	-	-	-	67	82	106	134	163	193
700 x 1495 x 250		104	133	176	223	270	320	77	102	143	180	217	256
700 x 1695 x 250		117	147	192	241	291	345	93	112	156	196	257	282
700 x 1895 x 250		128	157	209	258	312	371	110	132	170	213	258	307
700 x 2095 x 250		137	166	226	275	334	396	132	152	184	232	284	332
950 x 1095 x 250		-	-	-	-	-	-	107	122	140	180	218	260
950 x 1295 x 250		-	-	-	-	-	-	122	132	164	206	243	293
950 x 1495 x 250		144	169	235	294	360	427	135	163	192	245	295	353
950 x 1695 x 250		175	191	248	310	381	452	165	179	202	254	306	364
950 x 1895 x 250		192	200	262	326	400	476	186	198	212	262	320	381
950 x 2095 x 250		200	207	269	344	419	490	191	204	225	272	333	398
500 x 1495 x 250		103	130	158	192	231	283	70	93	138	166	201	247
500 x 1695 x 250		116	140	169	228	249	310	87	101	145	188	230	273
500 x 1895 x 250		128	150	187	249	307	326	108	119	165	210	252	306
500 x 2095 x 250		137	165	217	270	328	375	124	147	171	229	279	325

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)

XL³ 800 IP 55



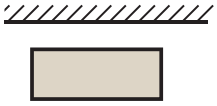
Dimension (l x h x p sans porte)	Δθ (K)	IP 30						IP 65					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
700 x 1095 x 250		-	-	-	-	-	-	50	65	95	118	145	173
700 x 1295 x 250		-	-	-	-	-	-	65	84	102	131	159	187
700 x 1495 x 250		101	130	161	203	243	289	93	119	133	166	214	244
700 x 1695 x 250		114	143	179	228	275	325	110	139	149	187	232	269
700 x 1895 x 250		125	152	199	252	307	358	117	149	165	209	250	295
700 x 2095 x 250		133	163	219	273	330	393	128	159	199	230	273	320
950 x 1095 x 250		-	-	-	-	-	-	101	120	136	173	215	255
950 x 1295 x 250		-	-	-	-	-	-	119	129	161	201	239	291
950 x 1495 x 250		141	164	230	291	355	419	130	152	188	240	291	348
950 x 1695 x 250		172	189	245	306	376	446	155	169	199	250	303	362
950 x 1895 x 250		190	195	259	321	397	473	173	189	209	260	315	377
950 x 2095 x 250		197	204	267	336	416	486	185	199	221	269	327	392
500 x 1495 x 250		99	128	154	189	229	279	67	89	133	163	195	241
500 x 1695 x 250		113	137	165	223	245	307	83	97	141	185	227	270
500 x 1895 x 250		120	147	183	244	301	321	103	115	160	205	246	302
500 x 2095 x 250		131	160	213	264	323	372	120	143	168	221	272	320

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)

ANNEXES

XL³ 4000

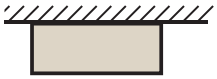


Dimension (l x h x p) - dimension utile interne	Δθ (K)	IP 30						IP 55					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
600 x 2000 x 350		167	249	353	456	548	646	156	215	325	386	467	547
600 x 2000 x 600		276	359	438	557	659	788	263	340	419	528	639	759
600 x 2000 x 850		352	428	512	641	788	909	348	419	501	627	755	891
850 x 2000 x 350		283	356	441	552	672	791	172	246	386	481	583	691
850 x 2000 x 600		302	413	512	641	773	916	286	398	465	579	701	813
850 x 2000 x 850		366	441	582	722	861	1019	352	428	546	683	829	973
350 x 2000 x 350		97	163	272	389	488	589	84	158	258	365	472	571
350 x 2000 x 600		170	236	341	442	531	640	159	224	338	429	519	621
350 x 2000 x 850		278	337	428	539	662	781	265	329	415	526	649	768
600 x 2200 x 350		179	261	366	461	561	660	181	229	341	398	471	559
600 x 2200 x 600		281	372	462	581	702	832	286	392	431	540	651	772
600 x 2200 x 850		368	442	528	668	793	943	362	431	519	641	767	909
850 x 2200 x 350		297	361	471	591	712	849	186	259	397	492	599	709
850 x 2200 x 600		311	426	532	663	806	946	298	412	477	588	715	823
850 x 2200 x 850		376	459	620	779	944	1102	369	442	558	697	842	986
350 x 2200 x 350		105	171	282	396	496	595	92	163	269	384	481	585
350 x 2200 x 600		182	245	360	452	551	649	170	234	351	442	530	637
350 x 2200 x 850		288	348	461	578	702	833	276	337	448	559	687	795

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)
In max = 1600 A case B (calcul)

XL³ 4000

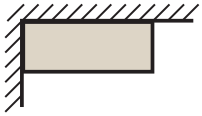


Dimension (l x h x p) - dimension utile interne	Δθ (K)	IP 30						IP 65					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
600 x 2000 x 350		159	237	335	433	521	614	148	204	309	367	444	520
600 x 2000 x 600		262	341	416	529	626	749	250	323	398	502	607	721
600 x 2000 x 850		334	407	486	609	749	864	331	398	476	596	717	846
850 x 2000 x 350		269	338	419	524	638	751	163	234	367	457	554	656
850 x 2000 x 600		287	392	486	609	734	870	272	378	442	550	666	772
850 x 2000 x 850		348	419	553	686	818	968	334	407	519	649	788	924
350 x 2000 x 350		92	155	258	370	464	560	80	150	245	347	448	542
350 x 2000 x 600		162	224	324	420	504	608	151	213	321	408	493	590
350 x 2000 x 850		264	320	407	512	629	742	252	313	394	500	617	730
600 x 2200 x 350		170	248	348	438	533	627	172	218	324	378	447	531
600 x 2200 x 600		267	353	439	552	667	790	272	372	409	513	618	733
600 x 2200 x 850		350	420	502	635	753	896	344	409	493	609	729	864
850 x 2200 x 350		282	343	447	561	676	807	177	246	377	467	569	674
850 x 2200 x 600		295	405	505	630	766	899	283	391	453	559	679	782
850 x 2200 x 850		357	436	589	740	897	1047	351	420	530	662	800	937
350 x 2200 x 350		100	162	268	376	471	565	87	155	256	365	457	556
350 x 2200 x 600		173	233	342	429	523	617	162	222	333	420	504	605
350 x 2200 x 850		274	331	438	549	667	791	262	320	426	531	653	755

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)
In max = 1600 A case B (calcul)

XL³ 4000

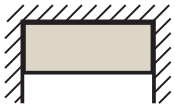


Dimension (l x h x p) - dimension utile interne	Δθ (K)	IP 30						IP 65					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
600 x 2000 x 350		151	225	319	412	495	583	141	194	293	348	421	494
600 x 2000 x 600		249	324	395	503	595	711	237	307	378	477	577	685
600 x 2000 x 850		318	386	462	579	711	820	314	378	452	566	681	804
850 x 2000 x 350		255	321	398	498	606	714	155	222	348	434	526	624
850 x 2000 x 600		273	373	462	579	698	827	258	359	420	523	633	734
850 x 2000 x 850		330	398	525	652	777	920	318	386	493	616	748	878
350 x 2000 x 350		88	147	245	351	440	532	76	143	233	329	426	515
350 x 2000 x 600		153	213	308	399	479	578	143	202	305	387	468	560
350 x 2000 x 850		251	304	386	486	597	705	239	297	375	475	586	693
600 x 2200 x 350		162	236	330	416	506	596	163	207	308	359	425	504
600 x 2200 x 600		254	336	417	524	634	751	258	354	389	487	588	697
600 x 2200 x 850		332	399	477	603	716	851	327	389	468	579	692	820
850 x 2200 x 350		268	326	425	533	643	766	168	234	358	444	541	640
850 x 2200 x 600		281	384	480	598	727	854	269	372	430	531	645	743
850 x 2200 x 850		339	414	560	703	852	995	333	399	504	629	760	890
350 x 2200 x 350		95	154	255	357	448	537	83	147	243	347	434	528
350 x 2200 x 600		164	221	325	408	497	586	153	211	317	399	478	575
350 x 2200 x 850		260	314	416	522	634	752	249	304	404	504	620	717

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)
In max = 1600 A case B (calcul)

XL³ 4000

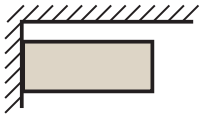


Dimension (l x h x p) - dimension utile interne	Δθ (K)	IP 30						IP 65					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
600 x 2000 x 350		143	213	303	391	470	554	134	184	279	331	400	469
600 x 2000 x 600		237	308	376	478	565	676	225	292	359	453	548	651
600 x 2000 x 850		302	367	439	550	676	779	298	359	430	538	647	764
850 x 2000 x 350		243	305	378	473	576	678	147	211	331	412	500	592
850 x 2000 x 600		259	354	439	550	663	785	245	341	399	496	601	697
850 x 2000 x 850		314	378	499	619	738	874	302	367	468	586	711	834
350 x 2000 x 350		83	140	233	334	418	505	72	135	221	313	405	490
350 x 2000 x 600		146	202	292	379	455	549	136	192	290	368	445	532
350 x 2000 x 850		238	289	367	462	568	670	227	282	356	451	556	658
600 x 2200 x 350		153	224	314	395	481	566	155	196	292	341	404	479
600 x 2200 x 600		241	319	396	498	602	713	245	336	370	463	558	662
600 x 2200 x 850		316	379	453	573	680	809	310	370	445	550	658	779
850 x 2200 x 350		255	310	404	507	610	728	159	222	340	422	514	608
850 x 2200 x 600		267	365	456	568	691	811	255	353	409	504	613	706
850 x 2200 x 850		322	394	532	668	809	945	316	379	478	598	722	845
350 x 2200 x 350		90	147	242	340	425	510	79	140	231	329	412	502
350 x 2200 x 600		156	210	309	388	472	556	146	201	301	379	454	546
350 x 2200 x 850		247	298	395	496	602	714	237	289	384	479	589	682

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)
In max = 1600 A case B (calcul)

XL³ 4000

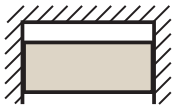


Dimension (l x h x p) - dimension utile interne	Δθ (K)	IP 30						IP 55					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
600 x 2000 x 350		155	231	328	424	509	601	145	200	302	359	434	508
600 x 2000 x 600		257	334	407	518	613	733	244	316	389	491	594	706
600 x 2000 x 850		327	398	476	596	733	845	323	389	466	583	702	828
850 x 2000 x 350		263	331	410	513	625	735	160	229	359	447	542	642
850 x 2000 x 600		281	384	476	596	719	851	266	370	432	538	652	756
850 x 2000 x 850		340	410	541	671	800	947	327	398	508	635	771	904
350 x 2000 x 350		90	152	253	362	454	548	78	147	240	339	439	531
350 x 2000 x 600		158	219	317	411	494	595	148	208	314	399	482	577
350 x 2000 x 850		258	313	398	501	615	726	246	306	386	489	603	714
600 x 2200 x 350		166	243	340	429	521	614	168	213	317	370	438	520
600 x 2200 x 600		261	346	429	540	653	773	266	364	401	502	605	718
600 x 2200 x 850		342	411	491	621	737	877	337	401	482	596	713	845
850 x 2200 x 350		276	336	438	549	662	789	173	241	369	457	557	659
850 x 2200 x 600		289	396	495	616	749	879	277	383	443	547	665	765
850 x 2200 x 850		350	427	576	724	878	1024	343	411	519	648	783	917
350 x 2200 x 350		98	159	262	368	461	553	86	152	250	357	447	544
350 x 2200 x 600		169	228	335	420	512	603	158	218	326	411	493	592
350 x 2200 x 850		268	323	429	537	653	774	257	313	416	520	639	739

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)
In max = 1600 A case B (calcul)

XL³ 4000



Dimension (l x h x p) - dimension utile interne	Δθ (K)	IP 30						IP 65					
		15	20	25	30	35	40	15	20	25	30	35	40
600 x 2000 x 350		147	220	312	403	484	570	138	190	287	341	412	483
600 x 2000 x 600		244	317	387	492	582	696	232	300	370	466	564	670
600 x 2000 x 850		311	378	452	566	696	803	307	370	442	554	667	787
850 x 2000 x 350		250	314	389	487	593	699	152	217	341	425	515	610
850 x 2000 x 600		267	365	452	566	683	809	253	351	411	511	619	718
850 x 2000 x 850		323	389	514	638	760	900	311	378	482	603	732	859
350 x 2000 x 350		86	144	240	344	431	520	74	140	228	322	417	504
350 x 2000 x 600		150	208	301	390	469	565	140	198	298	379	458	548
350 x 2000 x 850		246	298	378	476	585	690	234	291	366	465	573	678
600 x 2200 x 350		158	230	323	407	495	583	160	202	301	351	416	494
600 x 2200 x 600		248	329	408	513	620	735	253	346	381	477	575	682
600 x 2200 x 850		325	390	466	590	700	833	320	381	458	566	677	803
850 x 2200 x 350		262	319	416	522	629	750	164	229	351	434	529	626
850 x 2200 x 600		275	376	470	585	712	835	263	364	421	519	631	727
850 x 2200 x 850		332	405	548	688	834	973	326	390	493	616	744	871
350 x 2200 x 350		93	151	249	350	438	525	81	144	238	339	425	517
350 x 2200 x 600		161	216	318	399	487	573	150	207	310	390	468	563
350 x 2200 x 850		254	307	407	510	620	736	244	298	396	494	607	702

= Utilisable seulement si T° < 35° C, jusqu'à Tmax = 55° C à l'intérieur de l'enveloppe

In max = 630 A case C (règle de conception)
In max = 1600 A case B (calcul)

Puissances dissipées des DMX³ (W)

		VERSION FIXE			
Taille		**1**		**2**	**3**
Legrand		DMX³ 1600	DMX³ 2500	DMX³ 4000	DMX³ 6300
Nombre de poles		**3-4**		**3-4**	**3-4**
Type de relais		Electronique		Electronique	Electronique
Courant nominal	(A)				
	630	19	13	10	-
	800	31	20	16	-
	1000	48	32	25	-
	1250	75	50	39	-
	1600	123	82	64	-
	2000		128	100	-
	2500		200	156	-
	3200			256	-
	4000			400	208
	5000				325
	6300				516

		VERSION DEBROCHABLE			
Taille		**1**		**2**	**3**
Legrand		DMX³ 1600	DMX³ 2500	DMX³ 4000	DMX³ 6300
Nombre de poles		**3-4**		**3-4**	**3-4**
Type de relais		Electronique		Electronique	Electronique
Courant nominal	(A)				
	630	42	32	19	-
	800	67	51	31	-
	1000	105	80	48	-
	1250	164	125	75	-
	1600	269	205	123	-
	2000		128	192	-
	2500		320	300	-
	3200			492	-
	4000			768	400
	5000				625
	6300				992

Puissances dissipées des DPX³ 160 (W)

Taille			1							
Legrand			DPX³ 160							
Nombre de poles			3-4							
Type de relais			magnéto-thermique							
Courant nominal		(A)	16	25	40	63	80	100	125	160
	Bornes de raccordement		2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	15,4
	Cosses		2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	24,3
	Prises avant		2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	15,4
	Epanouisseurs		2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	20,5
	Prises arrière		2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	25,1
	Version extractible		2,8	5,1	5,4	7,5	8,3	13,0	15,6	20,5

Puissances dissipées des DPX³ 250 (W)

Taille			3				3			
Legrand			DPX³ 250				DPX³ 250 différentiel			
Nombre de poles			3-4				4			
Type de relais			magnéto-thermique				magnéto-thermique			
Courant nominal		(A)	100	160	200	250	100	160	200	250
	Cosses		8,1	15,1	22,8	29,4	9,2	17,4	25,6	37,5
	Bornes de raccordement		8,1	15,1	22,8	29,4	9,2	17,4	25,6	37,5
	Prises avant		8,1	15,1	22,8	29,4	9,2	17,4	25,6	37,5
	Epanouisseurs		8,1	15,1	22,8	29,4	9,2	17,4	25,6	37,5
	Prises arrière		8,1	15,1	22,8	29,4	9,2	17,4	25,6	37,5
	Version extractible		10,0	20,5	30,8	41,9	11,2	22,5	33,6	50,0

								1	1			
DPX³ 160 différentiel								DPX³-I 160	DPX³ 160 MS			
4								4	3			
magnéto-thermique								nd	magnétique seul			
16	25	40	63	80	100	125	160	160	16	25	50	63
2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	15,4	9,2	0,1	0,2	0,9	1,4
2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	24,3	9,2	0,1	0,2	0,9	1,4
2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	15,4	9,2	0,1	0,2	0,9	1,4
2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	20,5	9,2	0,1	0,2	0,9	1,4
2,8	5,0	5,1	6,7	7,0	11,0	12,5	25,1	9,2	0,1	0,2	0,9	1,4
2,9	5,1	5,4	7,5	8,3	13,0	15,6	20,5	14,3	0,1	0,4	1,4	2,2

3				3				3				3				3-4				3			
DPX³ 250				DPX³ 250 différentiel				DPX³ -I 250				DPX³ 250 MS				DPX³ 250 AB				DPX³ 250 AB différentiel			
3-4				4				4				3				3-4				4			
électronique				électronique				n.d.				magnétique				électronique				électronique			
40	100	160	250	40	100	160	250	-	-	-	250	100	160	200	250	90	130	170	240	90	130	170	240
0,3	2,0	5,1	12,5	0,5	3,0	7,7	18,8	-	-	-	18,8	3,0	7,7	12,0	18,8	1,6	3,4	5,8	11,5	2,4	5,1	8,7	17,3
0,3	2,0	5,1	12,5	0,5	3,0	7,7	18,8	-	-	-	18,8	3,0	7,7	12,0	18,8	1,6	3,4	5,8	11,5	2,4	5,1	8,7	17,3
0,3	2,0	5,1	12,5	0,5	3,0	7,7	18,8	-	-	-	18,8	3,0	7,7	12,0	18,8	1,6	3,4	5,8	11,5	2,4	5,1	8,7	17,3
0,3	2,0	5,1	12,5	0,5	3,0	7,7	18,8	-	-	-	18,8	3,0	7,7	12,0	18,8	1,6	3,4	5,8	11,5	2,4	5,1	8,7	17,3
0,3	2,0	5,1	12,5	0,5	3,0	7,7	18,8	-	-	-	18,8	3,0	7,7	12,0	18,8	1,6	3,4	5,8	11,5	2,4	5,1	8,7	17,3
0,6	4,0	10,2	25,0	0,8	5,0	12,8	31,3	-	-	-	31,3	3,0	7,7	12,0	18,8	3,2	11,6	11,6	23,0	4,1	8,5	14,5	28,8

Puissances dissipées des DPX³ 630 (W)

Taille			4									
Legrand			DPX³ 630									
Nombre de poles			3-4									
Type de relais			magnéto-thermique									
Courant nominal		(A)	250		320		400		550		630	
Pole			Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Neutre
Courant nomial du neutre		(A)				160		250		320		400
	Bornes de raccordement		19,2	19,2	16,4	16,5	25,6	18,9	23,6	28,7	37,3	21,2

Puissances dissipées des DPX³ 1600 (W)

Taille		4					
Legrand		DPX³ 1600					
Nombre de poles		3-4					
Type de relais		magnéto-thermique					
Courant nominal	(A)	500	630	800	1000	1250	
Prises avant		30,7	47,7	40,3	53,7	83,9	

Puissances dissipées des DPX 630 à 1600 (W)

Taille		5					
Legrand		DPX 630/800/1000/1250					
Nombre de poles		3-4					
Type de relais		magnéto-thermique					
Courant nominal	(A)	500	630	800	1000	1250	
Version fixe :							
Prises avant		30,7	47,7	40,3	53,7	83,9	

4										4				4		
DPX³ 630										DPX³-I 400/630				DPX³ 630 MS		
3-4										3-4				3		
électronique										sans protection				électronique		
250		320		400		550		630		400		630		320	400	630
Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Neutre	Phase	Phase	Phase
7,5	7,5	12,3	12,3	19,2	19,2	22,1	22,1	nd	nd	25,6	25,6	37,3	37,3	12,3	19,2	35,0

4					4					
DPX³ 1600					DPX³-I 1600					
3-4					3-4					
électronique					sans protection					
500	630	800	1000	1250	500	630	800	1000	1250	1600
30,7	47,7	40,3	53,7	83,9	32,0	50,8	29,8	47,6	74,4	65,3

5			5			5			5		5	
DPX 630/800			DPX 1250/1600			DPX-I 630/800			DPX-I 1250		DPX-I 1600	
3-4			3-4			3-4			3-4		3-4	
électronique			électronique			sans protection			sans protection		sans protection	
500	630	800	1000	1250	1600	500	630	800	1000	1250	1600	
11,6	18,5	29,8	47,6	74,4	65,3	32,0	50,8	29,8	47,6	74,4	65,3	

DOCUMENTATIONS

Toutes les informations techniques des produits référencés dans ce cahier sont disponibles sur : http://www.legrand.fr/

• ETAPE 1

Cliquer sur l'onglet

PROFESSIONNELS ▸

• ETAPE 2

Cliquer sur l'onglet

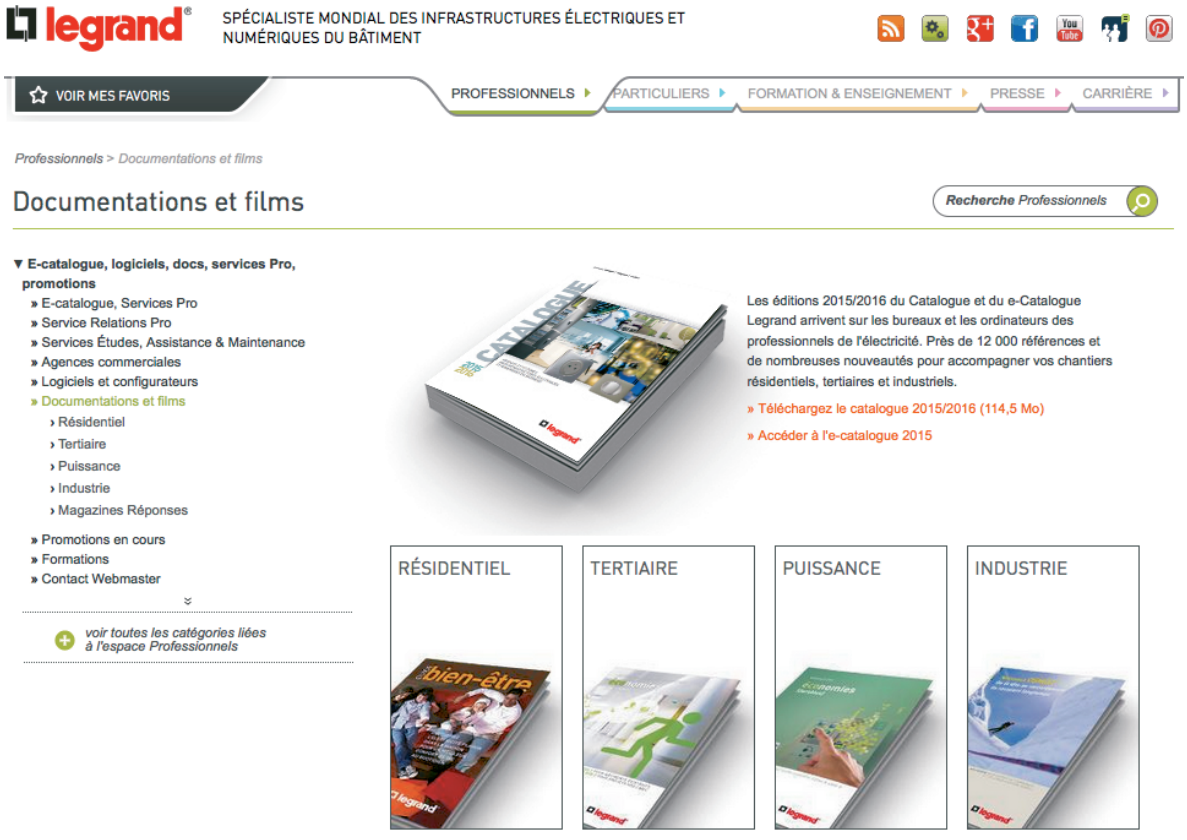
E-CATALOGUE, LOGICIELS, DOCS, SERVICES PRO, PROMOTIONS

• ETAPE 3

Cliquer sur l'onglet

» Documentations et films

• ETAPE 4



CAHIERS D'ATELIERS & GUIDES TECHNIQUES







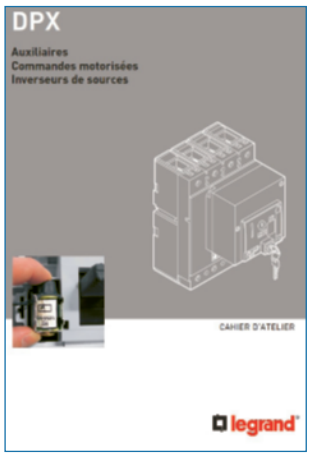










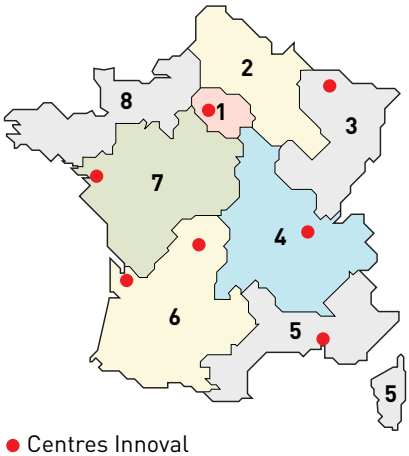








DIRECTIONS RÉGIONALES



● Centres Innoval

1 - DIRECTION RÉGIONALE ÎLE DE FRANCE

BP 37, 82 rue Robespierre - 93170 Bagnolet

Départements : 75 - 77 - 78 - 91 - 92 - 93 94 - 95

☎ : 01 49 72 52 00
Fax : 01 49 72 92 38
@ : fr-dr-paris@legrand.fr

2 - DIRECTION RÉGIONALE NORD

19 C rue la Ladrie - ZI La Pilaterie
59650 Villeneuve d'Ascq

Départements : 02 - 08 - 10 - 51 - 52 - 59 - 60 62 - 80

☎ : 03 28 33 86 00
Fax : 03 20 89 18 66
@ : fr-dr-lille@legrand.fr

3 - DIRECTION RÉGIONALE EST

8 rue Gay Lussac - 67201 Eckbolsheim

Départements : 25 - 39 - 54 - 55 - 57 - 67 - 68 70 - 88 - 90

☎ : 03 83 98 08 09
Fax : 03 83 98 61 59
@ : fr-dr-strasbourg@legrand.fr

4 - DIRECTION RÉGIONALE RHÔNE-ALPES BOURGOGNE AUVERGNE

8 rue de Lombardie - 69800 Saint-Priest

Départements : 01 - 03 - 07 - 15 - 21 - 26 - 38 42 - 43 - 58 - 63 - 69 - 71 - 73 - 74 - 89

☎ : 0 800 715 715
Fax : 04 78 69 87 59
@ : fr-dr-lyon@legrand.fr

5 - DIRECTION RÉGIONALE MÉDITERRANÉE

Le Campus Arteparc - Bâtiment C
595 Rue Pierre Berthier
13591 Aix en Provence Cedex 3

Départements : 2A - 2B - 04 - 05 - 06 - 11 13 - 30 - 34 - 48 - 66 - 83 - 84 - Monaco

☎ : 0 800 730 800
Fax : 04 42 90 28 39
@ : fr-dr-aix-en-provence@legrand.fr

6 - DIRECTION RÉGIONALE SUD-OUEST

Domaine de Pelus, 10 avenue Pythagore
33700 Merignac

2ème semestre 2016 Rue de la Morandière
33185 Le Haillan

Départements : 09 - 12 - 19 - 23 - 24 - 31 - 32 33 - 40 - 46 - 47 - 64 - 65 - 81 - 82 - 87

☎ : 05 57 29 07 29
Fax : 05 57 29 07 30
@ : fr-dr-bordeaux@legrand.fr

7 - DIRECTION RÉGIONALE ATLANTIQUE VAL DE LOIRE

Parc de l'Aubinière - 14 impasse des Jades
44338 Nantes Cedex 3

Départements : 16 - 17 - 18 - 28 - 36 - 37 - 41 44 - 45 - 49 - 53 - 72 - 79 - 85 - 86

☎ : 0 805 120 805
Fax : 02 28 09 25 26
@ : fr-dr-nantes@legrand.fr

8 - DIRECTION RÉGIONALE BRETAGNE NORMANDIE

167 route de Lorient - Parc Monier
Immeuble Le Cassiopé - 35000 Rennes

Départements : 14 - 22 - 27 - 29 - 35 - 50 - 56 61 - 76

☎ : 02 99 23 67 67
Fax : 02 99 23 67 68
@ : fr-dr-rennes@legrand.fr

FORMATION CLIENTS

Innoval - 87045 Limoges Cedex - France
☎ : 05 55 06 88 30
Fax : 05 55 06 74 91

Relations Enseignement Technique
☎ : 05 55 06 77 58
Fax : 05 55 06 88 62

SERVICE EXPORT

87045 Limoges Cedex - France
☎ : 05 55 06 87 87
Fax : 05 55 06 74 55
@ : direction-export.limoges@legrand.fr

service Relations Pro

0810 48 48 48 Service gratuit + prix appel

du lundi au vendredi 8h à 18h
128 av. de Lattre de Tassigny
87045 Limoges Cedex - France
E-mail : accessible sur legrand.fr

SUIVEZ-NOUS SUR

www.legrand.fr
www.youtube.com/user/legrandvideos
www.facebook.com/LegrandFrance
Google+ Legrand France
twitter.com/legrand
pinterest.com/legrandfrance

Mars 2015 - PRT215002

legrand

LEGRAND SNC
SNC au capital de 6 938 885 €
RCS Limoges 389 290 586

Siège social
128, av. du Maréchal-de-Lattre-de-Tassigny
87045 Limoges Cedex - France
☎ : 05 55 06 87 87 +
Fax : 05 55 06 88 88