

Chapitre		Page
1	Rappels - Définitions	3
1.1	Compatibilité Electromagnétique (CEM)	3
1.2	Terre et masses	4
1.3	Mode Différentiel et Mode Commun	6
1.4	Câbles blindés	8
1.4-1	Choix du câble	8
1.4-2	Où raccorder ?	9
1.5	Sensibilité des différentes familles de câbles	10
2	Règles de câblage	11
3	Câblage des armoires et des petites machines	13
3.1	Maillage des masses	13
3.2	Effets protecteurs à l'intérieur d'une armoire ou d'une petite machine	14
3.3	Protections des liaisons externes aux équipements	15
3.4	Câblage interne des armoires	21
3.5	Utilisation des goulottes	22

Chapitre		Page
4	Liaisons dans les bâtiments et les grandes machines	25
4.1	Maillage des masses	25
4.2	Ilots	26
4.3	Utilisation des chemins de câbles	28
4.3-1	Principe	28
4.3-2	Cas général	29
4.3-3	Modes de vérification de la longueur d'un câble homogène	31
4.3-4	Modes de vérification de la longueur d'un câble hétérogène	33
4.4	Autres effets protecteurs	34
5	Liaisons inter-bâtiments	35
5.1	Câblage des liaisons	35
5.2	Protection des pénétrations	36

Ce document (1) est destiné aux concepteurs, donneurs d'ordre et installateurs de toute installation SCHNEIDER ELECTRIC comportant des liaisons numériques.

Avec l'évolution rapide de l'électronique en milieu industriel et pour les raisons citées ci-dessous **il n'est plus possible d'ignorer les problèmes de Compatibilité Electro-magnétique.**

- Les équipements répondant aux normes industrielles (compatibilité électromagnétique) fonctionnent bien de façon autonome.
- Des précautions sont à prendre lorsqu'on connecte des équipements entre eux (équipements en réseaux, automatismes distribués, entrées/sorties déportées,...) de manière à ce qu'ils fonctionnent dans leur environnement électromagnétique, conformément à leur destination.
- Pour chaque configuration d'installation (Bus de terrain ou Réseau local industriel) il est nécessaire de s'assurer dans la documentation relative à cette installation qu'une exigence en plus ou en moins n'y est pas donnée (exemple: longueur maximale, nombre de goulottes, distance entre les deux goulottes).

Attention

Le marquage CE est réglementaire en Europe. Il ne garantit pas à lui seul les performances réelles des systèmes vis-à-vis de la CEM.

(1) remplace l'ancien guide "Recommandations de câblage" TSX DG GND.

1.1 Compatibilité Electromagnétique (CEM)

La compatibilité électromagnétique est l'aptitude d'un équipement, ou d'un système, à fonctionner dans son environnement électromagnétique sans engendrer des perturbations électromagnétiques intolérables pour cet environnement ou pour tout équipement voisin.

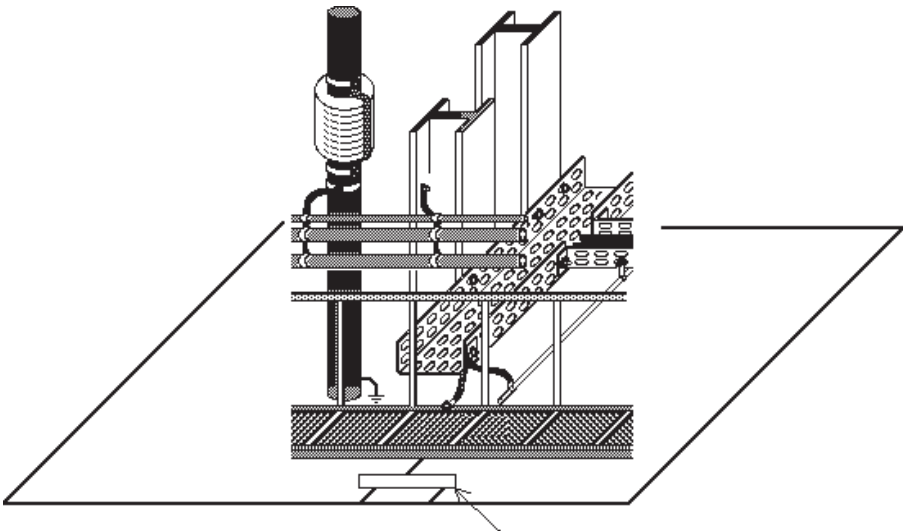
En cas de problème (incompatibilité EM) les coûts de modification sont rapidement élevés alors que, prises a priori, beaucoup de bonnes options CEM sont gratuites. Evitons les mauvais choix CEM, surtout coûteux !

1.2 Terre et masses

Le rôle d'un réseau de terre est d'écouler dans le sol les courants de fuite et de défaut des équipements, les courants de mode commun des câbles extérieurs (énergie et Telecom principalement) et le courant direct de foudre.

Physiquement, une faible résistance (par rapport à une terre lointaine) nous intéresse beaucoup moins que l'équipotentialité locale du bâtiment. En effet les lignes les plus sensibles sont celles qui interconnectent les équipements entre eux. Afin de limiter la circulation de courants de mode commun sur les câbles qui ne sortent pas du bâtiment, il est nécessaire de limiter les tensions entre équipements interconnectés au cœur du site.

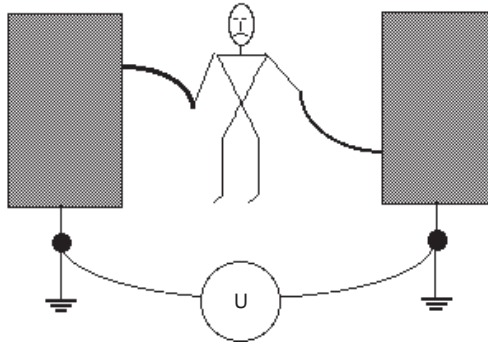
Un réseau enterré gagne à être maillé. Lorsque le bâtiment est de faible surface, disons une dizaine de mètres au carré, une simple ceinture enterrée suffit. Pour les bâtiments neufs de grande surface au sol, nous recommandons le maillage des conducteurs enterrés en grille d'environ 10 m de côté.



Ceinture de terre du bâtiment

Barrette de raccordement à la terre

Une masse est toute partie conductrice d'un matériel, accessible au toucher, qui n'est normalement pas sous tension mais peut le devenir en cas de défaut. **Deux masses simultanément accessibles doivent présenter une tension de contact inférieure à la tension limite conventionnelle de contact (25 ou 50 V selon les cas).** Fondamentalement rien d'autre n'importe à la sécurité des personnes, et en particulier ni la résistance de terre ni le mode de raccordement des masses à la terre.



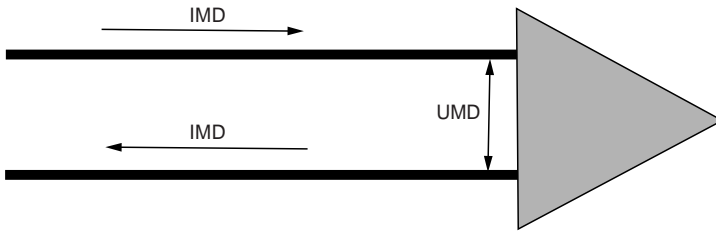
Les équipements et systèmes électroniques sont (ou seront) interconnectés. Le meilleur moyen de garantir un bon fonctionnement est de conserver une bonne équipotentialité entre équipements. A la différence de la sécurité des personnes qui est une contrainte BF, l'équipotentialité entre équipements doit rester satisfaisante, surtout pour les équipements numériques, jusqu'à des fréquences très élevées.

- **En cas d'incompatibilité, les règles de sécurité priment sur les contraintes de CEM.**
- En cas d'incompatibilité entre les recommandations de ce manuel et les instructions particulières d'un équipement, ce sont ces dernières qui priment.

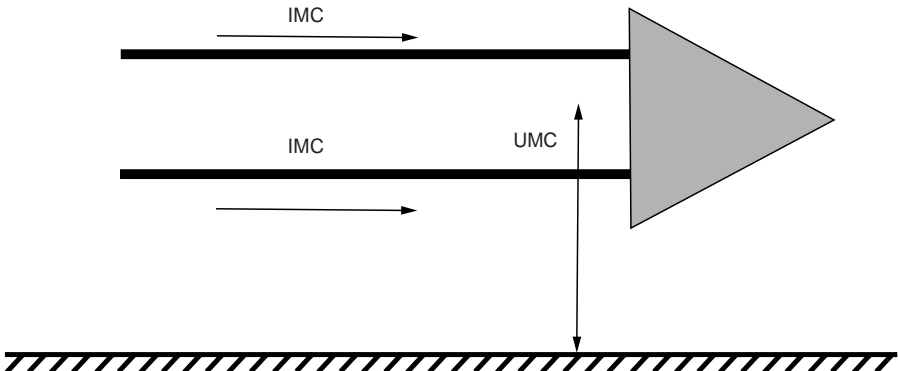
1.3 Mode Différentiel et Mode Commun

Le **mode différentiel** est la façon normale de transmettre les signaux électriques. Toutes les alimentations, tous les signaux électroniques sont transmis en mode différentiel. Le courant se propage sur un conducteur et revient sur l'autre conducteur. La tension différentielle se mesure entre les conducteurs.

Lorsque les conducteurs aller et retour sont côte à côte et éloignés des courants perturbateurs, **les perturbations de mode différentiel sont négligeables dans la plupart des cas.**



Le **mode commun** est un mode parasite dont le courant se propage dans le même sens sur tous les conducteurs et revient par la masse.



Une masse (un coffret conducteur par exemple) sert de référence de potentiel pour les électroniques et de retour pour les courants de mode commun. Tout courant qui pénètre par un câble, en mode commun, dans un équipement isolé des masses en ressort par les autres câbles. Lorsque les masses sont mal maillées, un câble supportant un courant de mode commun perturbe tous les autres. Le bon maillage des masses réduit ce phénomène.

Les perturbations HF conduites en mode commun sur les câbles sont le principal problème en CEM.

Le schéma de neutre TN-C, en confondant le conducteur neutre (noté N, qui est actif) avec le conducteur de protection (noté PE) permet à de forts courants de circuler à travers les masses. Ce schéma est donc néfaste à l'équipotentialité du site et à l'environnement magnétique. Le schéma TN-S (avec ou sans protection à courant différentiel résiduel) est très préférable.

1.4 Câbles blindés

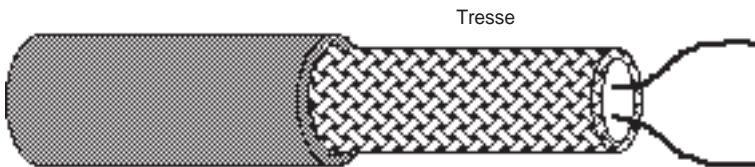
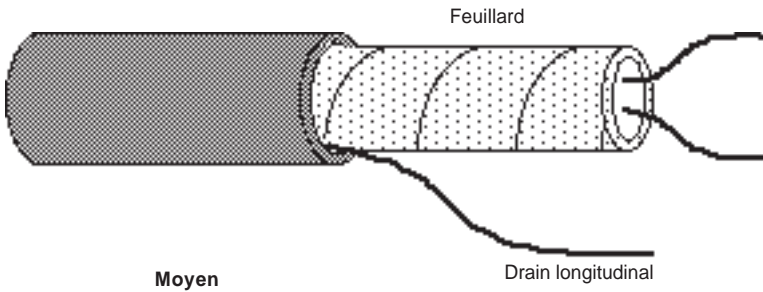
Un câble blindé constitue une excellente protection contre les perturbations électromagnétiques, particulièrement hautes fréquences. L'efficacité d'un câble blindé dépend du choix de l'écran et, pour une part plus grande encore, de sa mise en œuvre.

1.4-1 Choix du câble

Le choix de la qualité d'écran dépend du type de liaison. SCHNEIDER ELECTRIC définit les câbles pour chaque bus de terrain et chaque réseau local de manière à garantir la compatibilité électromagnétique de l'installation.

Le problème des câbles à feuillard est leur fragilité. L'effet protecteur en HF d'un feuillard est dégradé par les différentes manipulations du câble : traction, torsion.

Les câbles simple tresse représentent la solution minimale la plus générale pour les applications industrielles.



L'effet protecteur peut atteindre quelques centaines avec une simple tresse à partir de quelques MHz si les connexions de l'écran sont convenables. L'écran souple et robuste permet une mise en œuvre assez simple, il est compatible avec les connectiques Sub-D ou mini-DIN.

1.4-2 Où raccorder ?

Un raccordement unilatéral de l'écran empêche les courants BF de circuler sur la tresse. L'écran masque le champ électrique BF.

Les signaux différentiels sont donc protégés en BF. En HF, ce type de raccordement est inefficace.

Le raccordement bilatéral de l'écran permet de se protéger contre les perturbations les plus sévères : le mode commun HF.

Le problème du raccordement bilatéral est qu'en basse fréquence un courant peut circuler sur l'écran (tension entre les deux extrémités ou couplage champ à boucle). Ce courant va générer sur la paire à l'intérieur une faible tension parfois appelée « ronflette », ou bruit 50 Hz.

Toutes les liaisons numériques ou de puissance auront leur blindage externe raccordé à la masse en entrée d'équipements aux deux extrémités. Seules des liaisons analogiques bas niveau basse fréquence non conditionnées ne seront raccordées qu'à une seule extrémité.

1.5 Sensibilité des différentes familles de câbles

Famille	Câbles	comportant :	Comportement CEM
1	...analogiques	circuits d'alimentation et de mesure des capteurs analogiques	Ces signaux sont sensibles
2	...numériques et télécom.	circuits numériques et bus de données	Ces signaux sont sensibles. Ils sont par ailleurs perturbateurs pour la famille 1
3	...de relaying	circuits des contacts secs avec risques de réamorçages	Ces signaux sont perturbateurs pour les familles 1 et 2
4	...alimentation	circuits d'alimentation et de puissance	Ces signaux sont perturbateurs

L'installateur devra s'astreindre, sauf impossibilité, à respecter les quelques règles suivantes.

Règle n° 1 :

Le conducteur aller et le conducteur retour doivent toujours rester voisins.

Pour les signaux numériques ou analogiques, travailler en paire est un minimum. Attention au câblage à l'intérieur des armoires qui utilisent des conducteurs séparés. Les fils doivent être repérés par type de signaux et par paire.

Cas particulier : les chaînes d'arrêt d'urgence et d'alarmes ne doivent jamais être câblées en unifilaire point à point mais en paires.

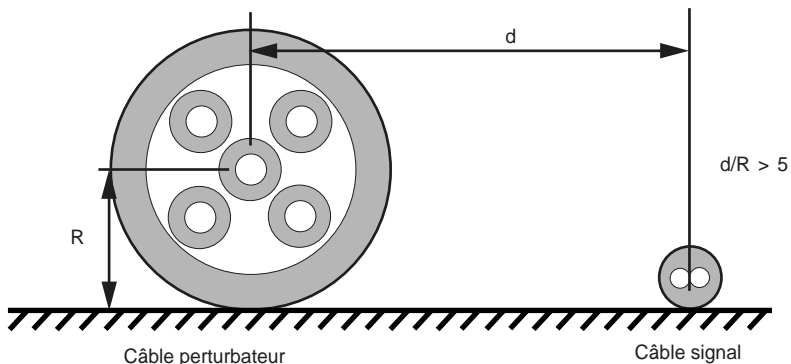
Règle n° 2 :

Il est souhaitable de plaquer toute liaison contre des structures équipotentielles de masse afin de bénéficier d'un effet protecteur HF.

L'idéal serait d'utiliser systématiquement des câbles blindés ou des torons surblindés. Toutefois, l'utilisation de chemins de câbles conducteurs amène un niveau de protection satisfaisant dans une grande majorité de cas. On veillera au minimum à accompagner les câbles de liaisons inter ou intra bâtiments par une liaison de masse : cablette de terre ou chemin de câbles.

Pour les liaisons internes aux armoires et aux machines, les câbles seront systématiquement plaqués contre la tôle. Pour conserver un effet protecteur correct, il est conseillé de respecter un rapport :

$$\frac{\text{Distance entre câbles}}{\text{Rayon du plus gros câble}} > 5$$



Règle n°3 :

Seules des paires de signaux analogiques, numériques et télécommunication peuvent être serrés l'une contre l'autre dans un même faisceau ou tirées dans un même câble de regroupement.

Les circuits de relaying, variateurs, alimentation et puissance seront séparés des paires précédentes.

Attention notamment lors de la mise en œuvre des variateurs de vitesse à bien séparer les liaisons puissance des liaisons de données.

Dans les armoires on réservera, sauf impossibilité, une goulotte aux liaisons puissance.

Règle n°4 :

Il est déconseillé d'utiliser un même connecteur pour des liaisons de familles différentes (sauf pour des circuits de relaying, alimentation et puissance).

Si un connecteur est commun à des signaux analogiques et numériques, ces signaux doivent être séparés par une rangée de broches au 0 V .

Règle n°5 :

Tout conducteur libre dans un câble devrait être systématiquement raccordé à la masse des châssis aux deux extrémités (sauf pour des câbles analogiques).

On bénéficie ainsi d'un effet protecteur d'environ un facteur 5 en HF.

Règle n°6 :

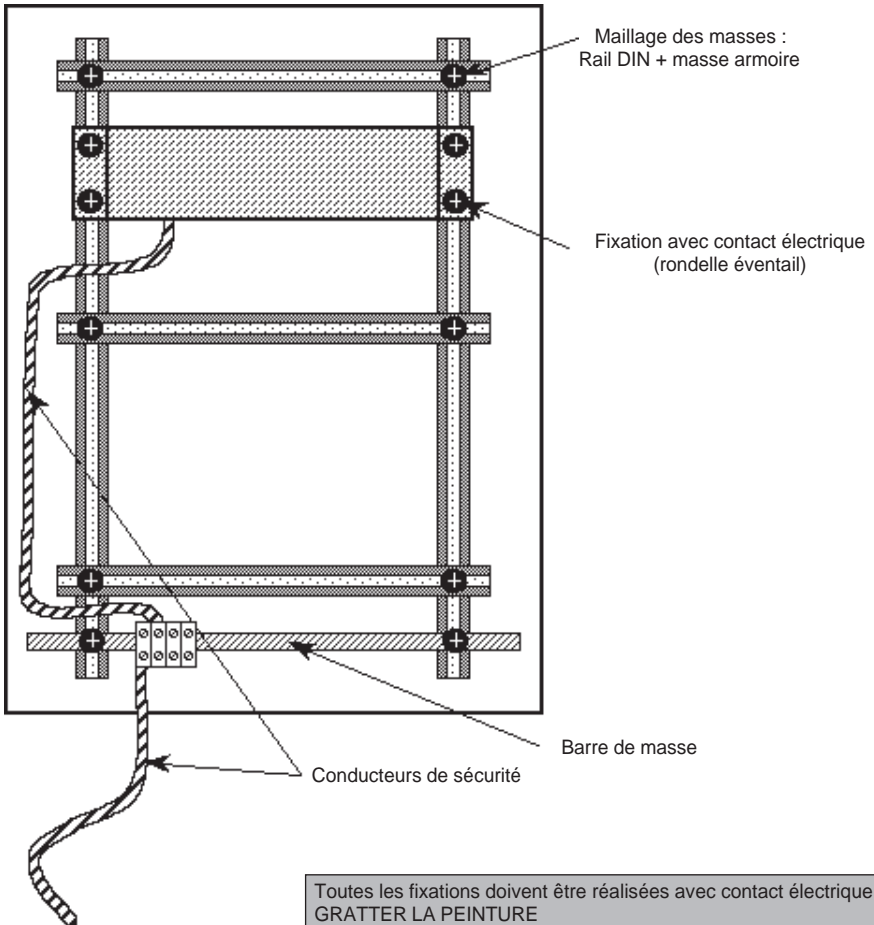
Les câbles de puissance n'ont pas besoin d'être blindés s'ils sont filtrés.

Ainsi, les sorties puissance des variateurs de vitesse doivent être impérativement soit blindées soit filtrées.

3.1 Maillage des masses

Le maillage des masses à l'intérieur d'une armoire ou d'une petite machine est un paramètre essentiel, ces masses étant directement accessibles pour les équipements électroniques. Toutes les structures métalliques de la baie seront donc interconnectées. Les liaisons équipotentielles pour la sécurité doivent être complétées par des liaisons directes entre tous les éléments de la machine ou de l'armoire.

On essaiera systématiquement d'utiliser une grille ou un maillage en fond d'armoire pour placer tous les équipements.



Attention aux différents revêtements de protection qui sont dans la plupart des cas isolants.

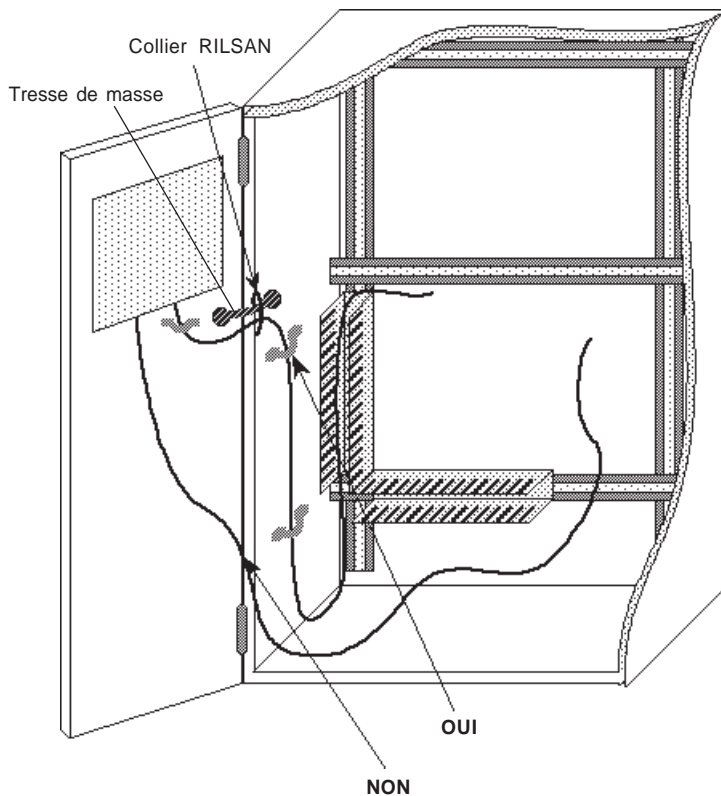
3.2 Effets protecteurs à l'intérieur d'une armoire ou d'une petite machine

La présence de nombreuses structures de masses dans les machines et les armoires permet de bénéficier au maximum d'effets protecteurs.

Tous les câbles seront systématiquement plaqués contre des structures de masses.

Les goulottes de câblage plastique sont autorisées dans les armoires si elles sont systématiquement installées sur la grille de fond ou sur des rails DIN eux-mêmes raccordés aux masses de l'armoire.

La conception mécanique des armoires fait que de nombreux éléments, dont les portes, ne sont assemblés que par points (vis, soudure, charnière,...). On trouve donc de nombreuses fentes. Le passage des câbles doit être systématiquement placé à proximité de ces points d'assemblage ou doublé par une tresse de masse. Cette disposition permet de masquer la fente afin de conserver les effets protecteurs.



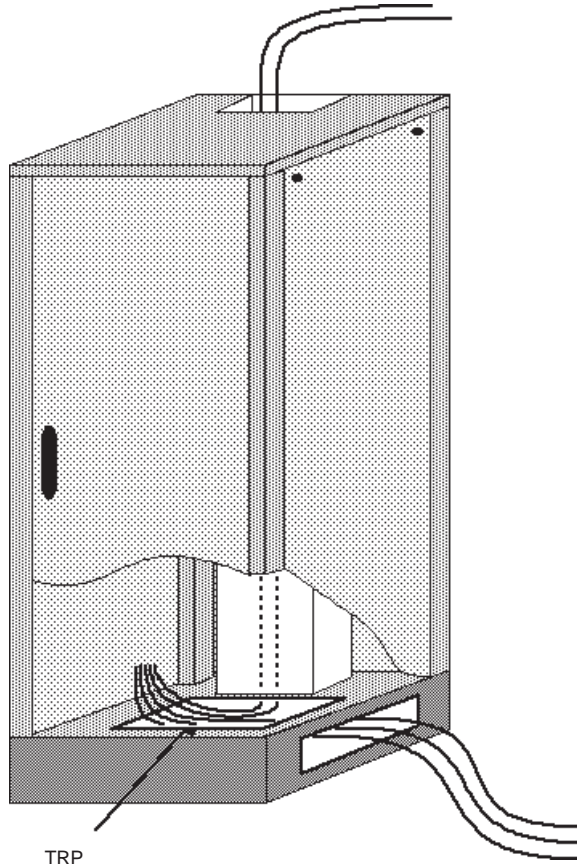
3.3 Protections des liaisons externes aux équipements

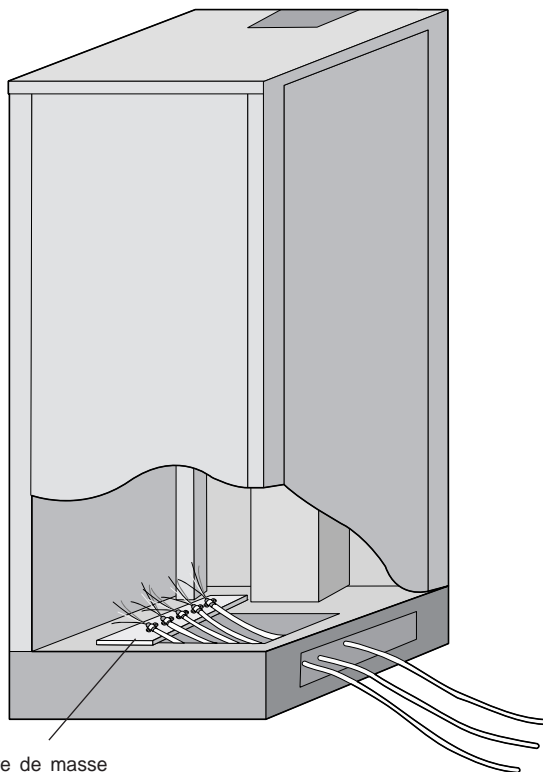
La majorité des problèmes rencontrés sur site sont des problèmes de conduction.

Il est impératif de protéger toutes les liaisons filaires externes à l'armoire ou à la machine.

On définira pour chaque armoire et chaque machine une barre de masse ou une Tôle de Référence de Potentiel (TRP) sur laquelle seront connectés tous les câbles blindés ainsi que toutes les protections filaires externes à cette armoire ou cette machine.

Cette TRP peut être une des tôles de l'armoire ou sa grille DIN. La TRP sera toujours connectée au maillage des masses de l'armoire ou de la machine ainsi qu'à celui de l'îlot (voir ch 4.2). En coffret plastique (défavorable) on se contente d'utiliser un rail DIN ou une borne de masse.





Barre de masse

Raccordement des câbles blindés

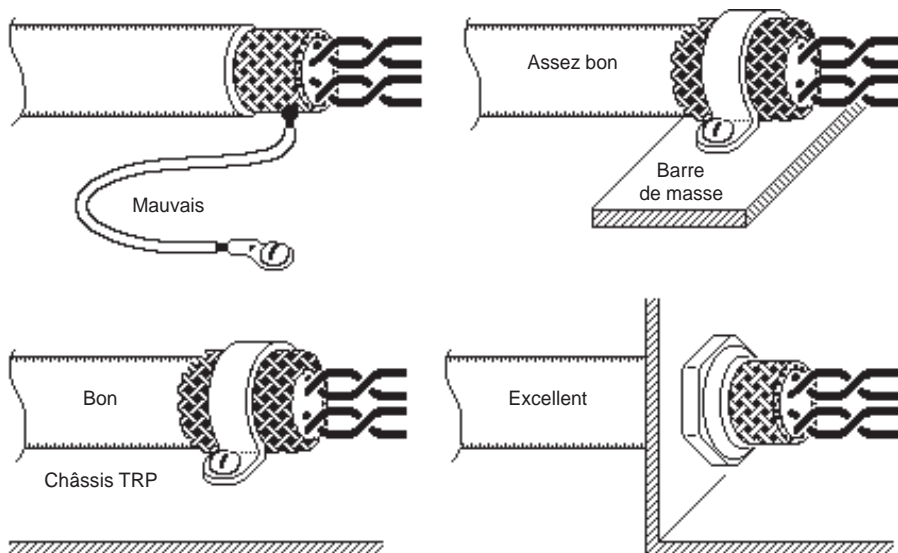
Le raccordement des câbles blindés détermine directement l'effet protecteur HF.

Si la connexion est effectuée par une "queue de cochon", c'est-à-dire un fil, l'effet protecteur s'effondre en HF.

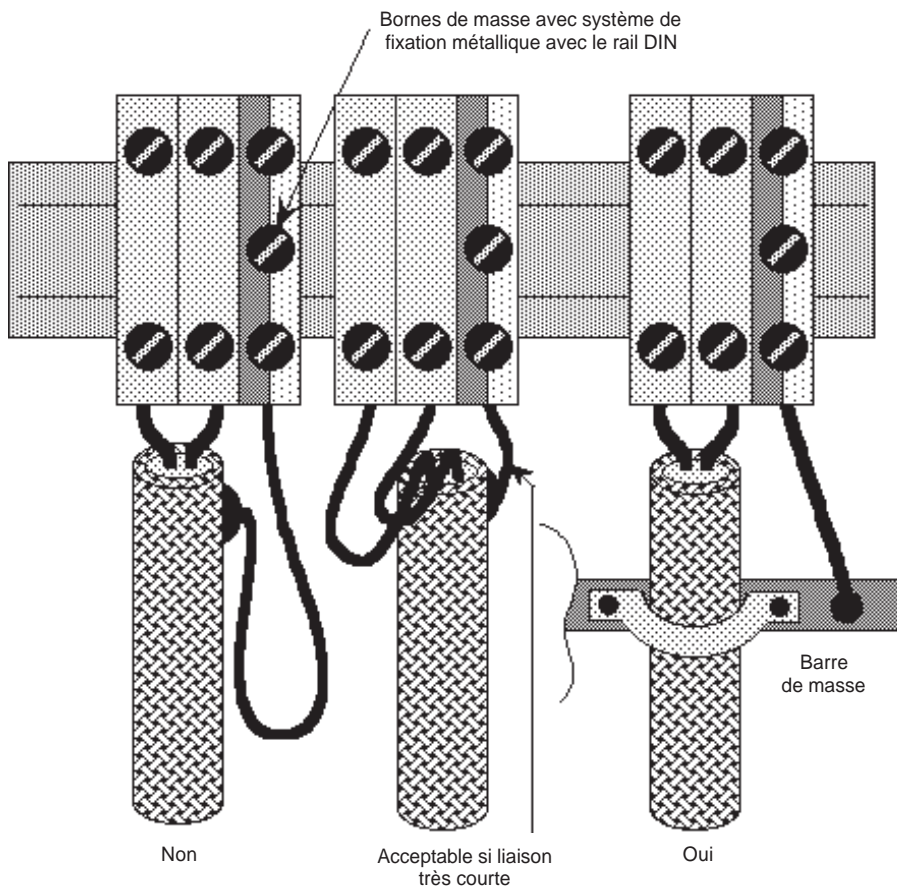
Un raccordement inamovible d'écran en traversée de paroi par presse étoupe métallique est supérieur à toute autre solution à condition de gratter la peinture pour assurer un bon contact électrique.

On peut se contenter d'un cavalier qui permet de garantir un contact au moins sur 180°.

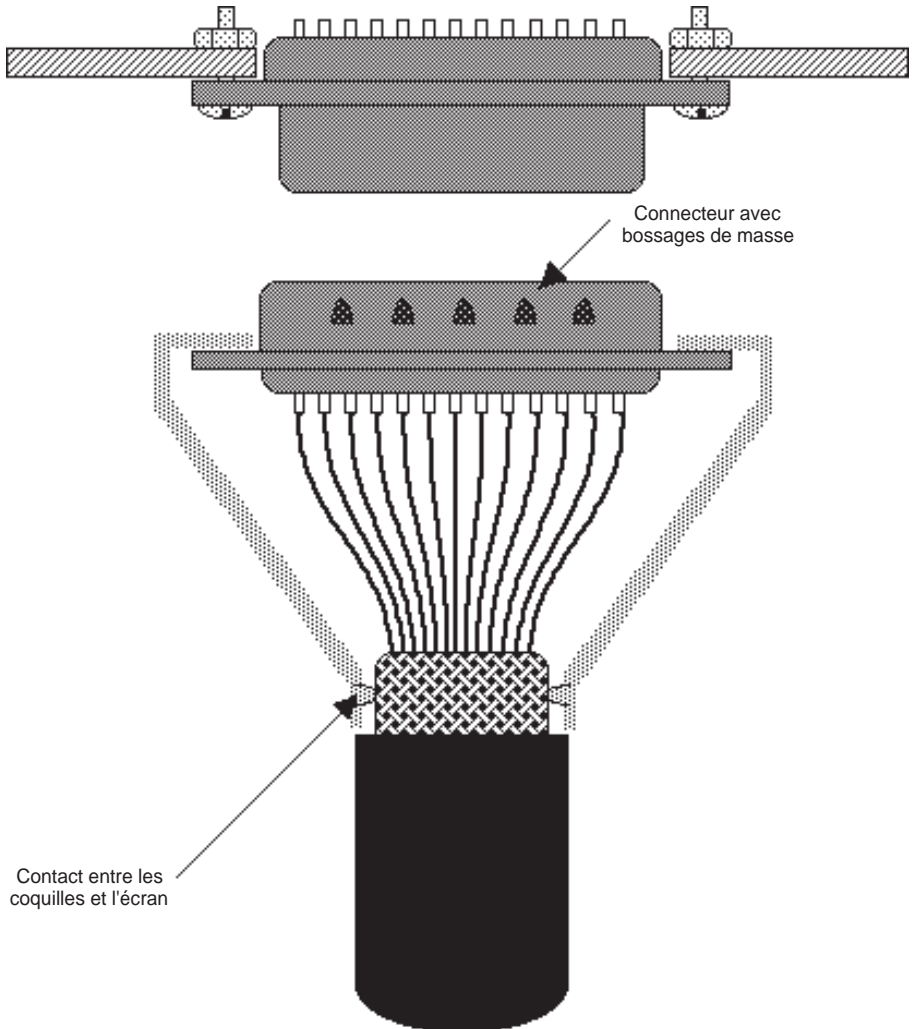
L'utilisation de "queue de cochon" est très défavorable.



Lors du raccordement sur bornier à vis avec impossibilité d'utiliser un cavalier pour la reprise de l'écran, la longueur de la queue de cochon doit être minimale. Ce type de raccordement est à éviter.



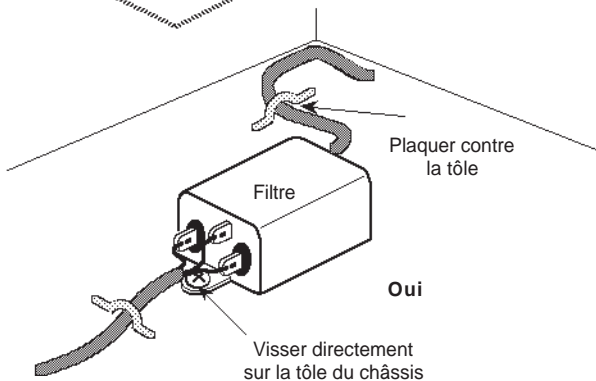
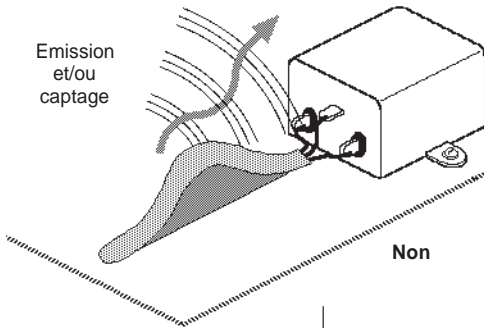
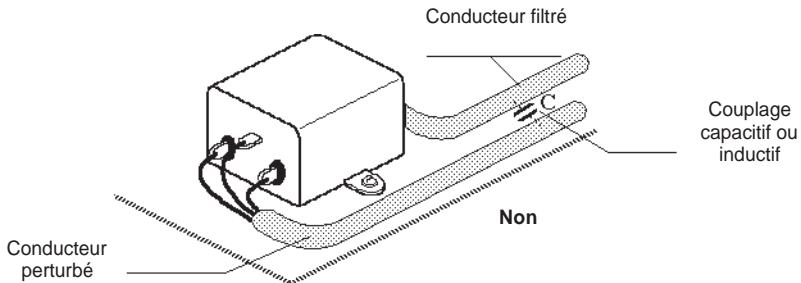
Dans le cas de raccordement par connecteur, la mécanique du connecteur doit assurer une continuité électrique sur 360° entre le blindage du câble et la masse de l'équipement.



Mise en œuvre des filtres

L'efficacité d'un filtre secteur est plus conditionnée en HF par son montage que par son schéma électrique. Trois règles doivent être suivies lors du montage d'un filtre :

- le filtre doit être référencé tôle sur tôle,
- les câbles amont et aval doivent être à câbler de chaque côté du filtre afin de limiter le couplage parasite entre l'entrée et la sortie,
- les câbles amont et aval doivent être plaqués contre la tôle afin de limiter le rayonnement de l'entrée sur la sortie.



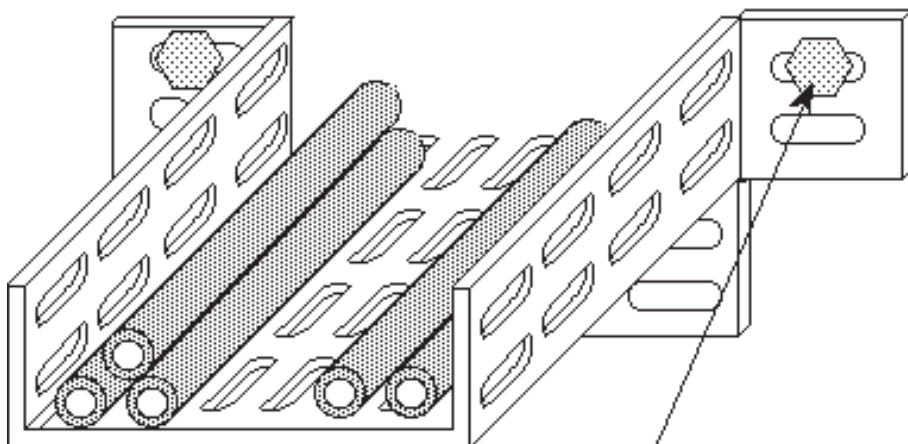
3.4 Câblage interne des armoires

Les commandes numériques, les variateurs de vitesse et les automates programmables peuvent cohabiter dans une même armoire mais à condition que :

- les variateurs soient mis en œuvre avec des câbles blindés,
- toutes les règles de câblage décrites ci-dessus soient respectées, TRP ou barre de masse par exemple.

3.5 Utilisation des goulottes

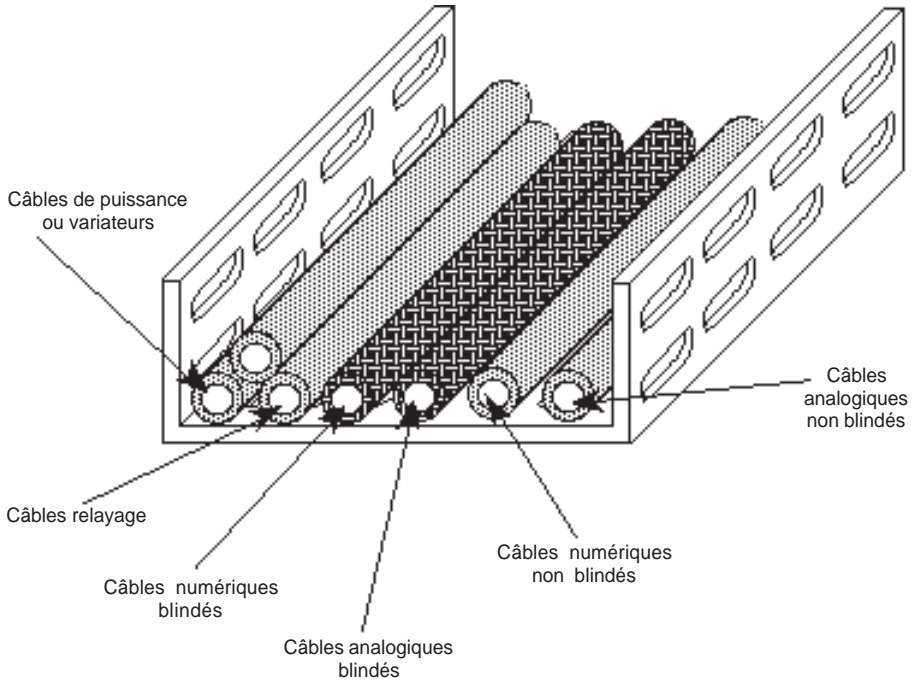
A l'extérieur des armoires, au-delà d'une longueur de 3 m, les goulottes doivent être métalliques. Ces chemins de câbles doivent être en continuité électrique de bout en bout et raccordés directement à la masse des armoires et des machines par éclisse ou par clinquants.



Toutes les fixations doivent être réalisées avec contact électrique :
GRATTER la peinture

Le câble d'accompagnement ne sera utilisé que dans les cas où toute autre solution n'est pas réalisable.

Dans le cas où une seule goulotte est utilisée, celle-ci doit être si possible de longueur inférieure à 30 m. Les câbles non blindés doivent être fixés dans les coins des goulottes comme indiqué dans la figure ci-dessous.



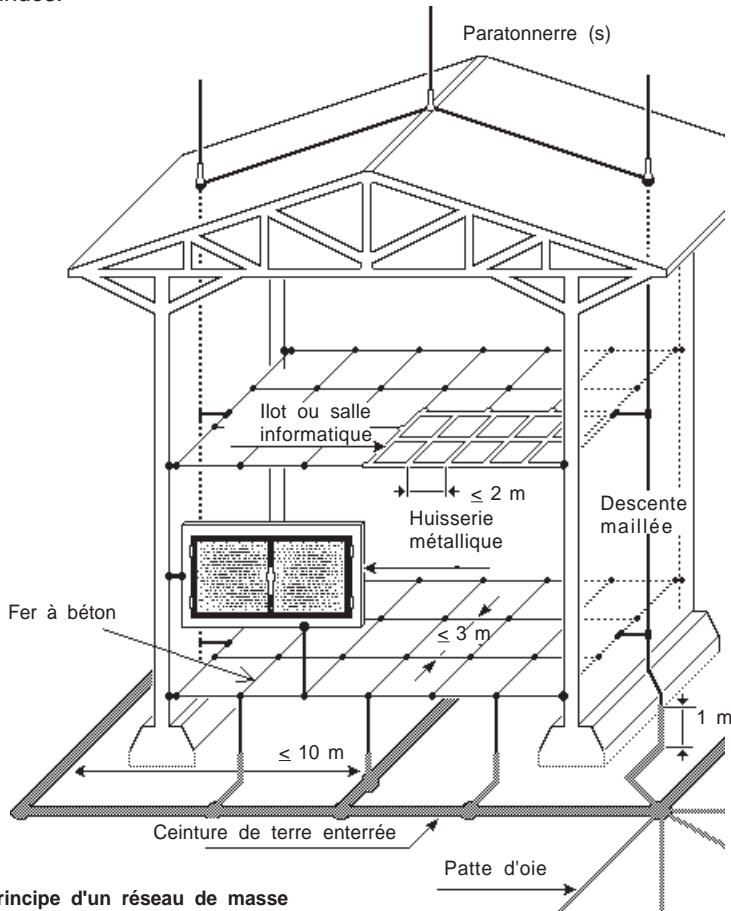
Une séparation verticale dans la goulotte permet d'éviter le mélange des câbles incompatibles (voir ch1.5). Un capot métallique sur la demi goulotte signaux est souhaitable. Il est à noter qu'un capot métallique global sur la goulotte n'améliore pas la CEM. Attention aux évolutions futures.

4 Liaisons dans les bâtiments et les grandes machines

4.1 Maillage des masses

L'utilisation des conducteurs de sécurité (vert/jaune) permet de garantir la sécurité des personnes en interconnectant les masses en basse fréquence mais elle ne garantit pas à elle seule l'équipotentialité HF des équipements du fait de l'impédance trop élevée de ces conducteurs (environ 1 $\mu\text{H/m}$). Le maillage des masses est donc nécessaire. Il consiste en un raccordement systématique de toutes les structures métalliques de l'installation (charpente, rambarde, gaine, etc.). Un maillage des structures métalliques d'environ 3 m x 3 m convient.

En particulier, les châssis des armoires et des baies doivent être interconnectés aux masses voisines (chemins de câbles, huisseries, machines, charpentes, ...). Un test d'immunité normalisé (CEI 61000-4-4) utilisant des impulsions répétitives à front raide permet de valider rapidement le bon maillage des masses (chemin de câbles en particulier) au voisinage des points d'injection et les reprises d'écrans des câbles blindés.

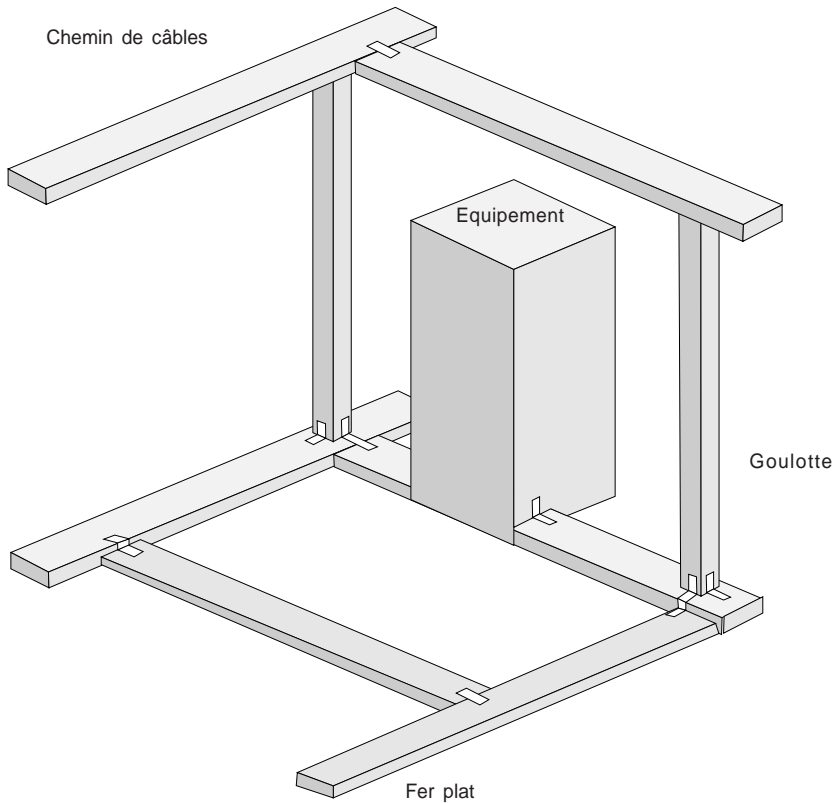


Principe d'un réseau de masse

4.2 Ilots

L'expérience montre qu'en milieu industriel, les équipements électroniques sont généralement regroupés dans des zones privilégiées. Ceci permet d'éviter de mailler la totalité d'un bâtiment. On se contentera de définir des îlots regroupant les équipements électroniques. Les câbles des capteurs et des actionneurs hors-îlots seront soigneusement blindés.

Lorsque les équipements électroniques sont regroupés dans une zone dont la dimension dépasse une dizaine de mètres au carré, on réalisera un maillage de 3 m à 5 m au carré par l'interconnexion des différentes structures de masses et des armoires.



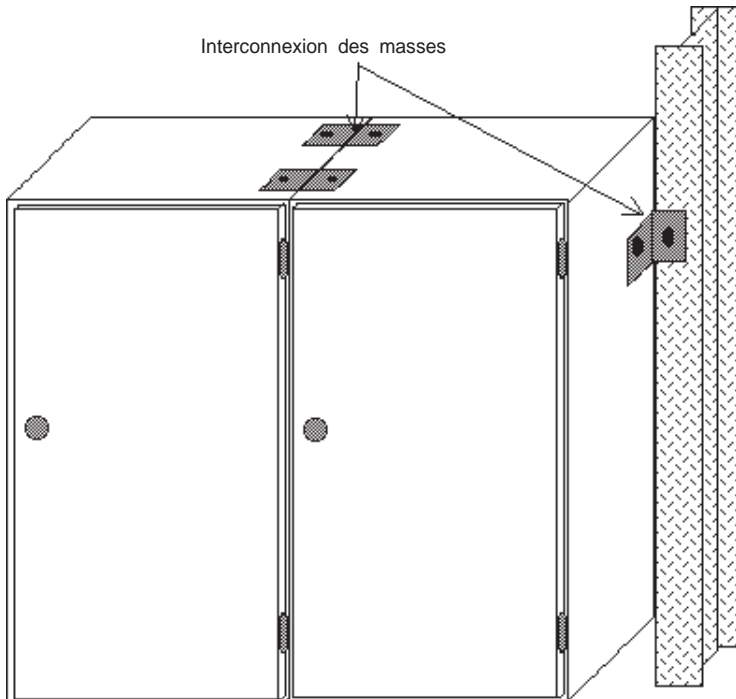
Lorsque les équipements sont regroupés dans plusieurs armoires côte à côte, ces dernières seront boulonnées entre elles et constitueront ainsi un îlot.

Les faux planchers conducteurs permettent un maillage efficace. Pour des raisons pratiques, on se contentera de ne connecter qu'une chandelle sur trois. On obtient ainsi une maille de 1,80 m au carré.

Dans ce cas les différentes liaisons de masse pourront être indifféremment réalisées par du rond de cuivre, du clinquant large et court, de la tresse étamée. Dans la mesure du possible, on doit s'efforcer de réaliser un contact direct.

Lorsque deux armoires sont côte à côte, on les interconnectera directement par au moins 2 contacts en haut et en bas des baies.

Attention à la peinture pour les différentes connexions. L'utilisation de rondelles éventails est très fortement conseillée.



La section des straps est pratiquement indifférente, seule leur longueur importe. Les connexions de masse ne dépasseront pas 50 cm.

4.3 Utilisation des chemins de câbles

4.3-1 Principe

Tous les câbles doivent être routés avec effets protecteurs en les plaquant sur des structures de masse.

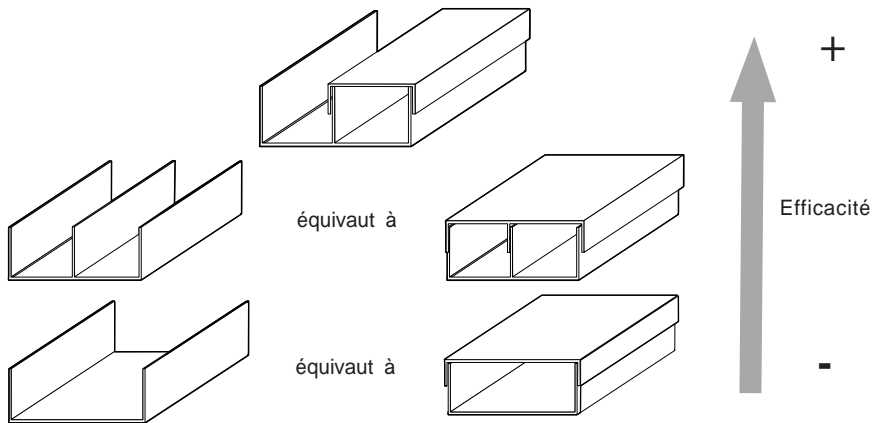
- On utilisera donc systématiquement, à l'extérieur des armoires, **des chemins de câbles métalliques** en continuité électrique de bout en bout.

Réaliser les raccordements par éclisse.

Il est très important de réaliser ces raccordements par éclisse ou par clinquants plutôt que par de la tresse et a fortiori du conducteur rond. Ces chemins de câbles doivent être raccordés, de la même façon, à la masse des armoires et des machines, après grattage éventuel des peintures pour assurer le contact.

Une séparation verticale dans la goulotte permet d'éviter le mélange des câbles incompatibles (voir ch 1.5).

Il est à noter qu'un capot métallique global sur ces goulottes n'améliore pas la CEM.

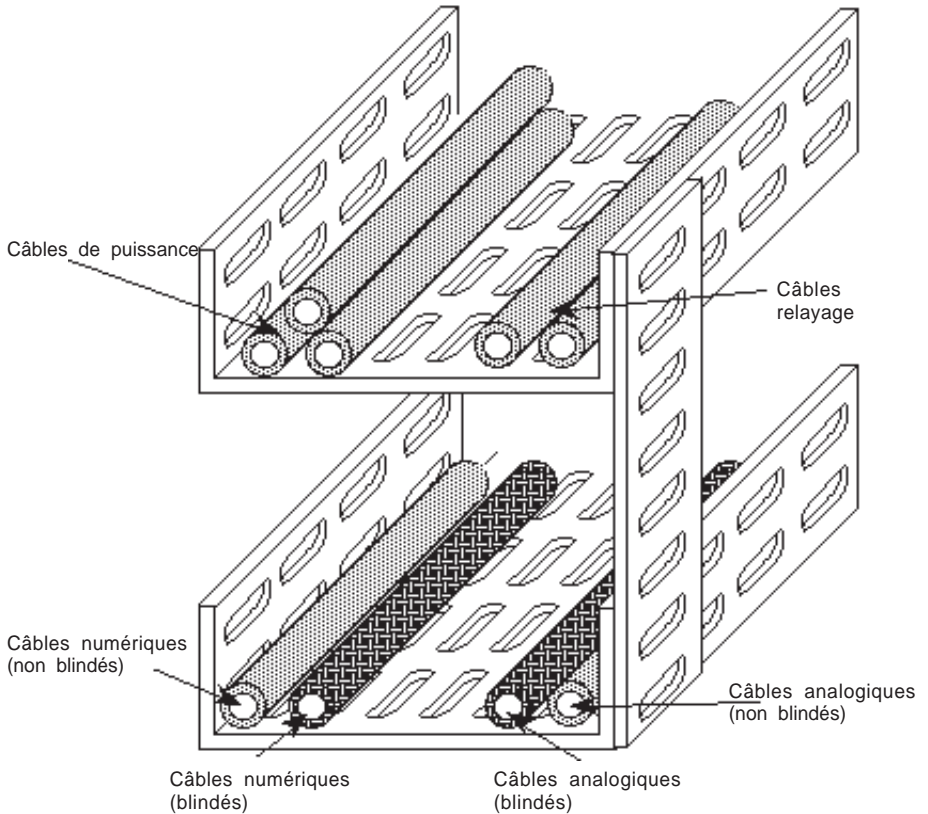


- Le câble d'accompagnement (câble de masse, voir ch 4.4) ne sera utilisé que dans le cas où toute autre solution n'est pas réalisable.
- Pour chaque réseau de communication, en fonction notamment de sa vitesse et de la jauge du câble utilisé, une première limite maximale de longueur de segment (sans répéteur) doit être respectée. Cette limite, indiquée dans la documentation des produits, ne peut être atteinte que si les conditions d'installation sont satisfaisantes vis à vis de la CEM (notamment : câbles posés dans des goulottes métalliques en continuité électrique de bout en bout, réunies au maillage des masses et à la terre).

Il y a donc lieu de définir une **longueur théorique maximale de compatibilité électromagnétique**. Cette seconde limite est théorique car généralement supérieure à la première, elle sert à optimiser les conditions d'installation et doit être respectée en même temps que la limite précédente. Elle concerne également un segment sans répéteur-régénérateur.

4.3.2. Cas général

On utilisera, sauf impossibilité, deux goulottes métalliques: une réservée à la puissance, relayage et variateurs et la seconde aux câbles signaux (capteurs, données, télécom...). Ces deux goulottes peuvent se toucher si leur longueur est inférieure à 30m. De 30 à 300m on les séparera de 10cm, indifféremment côte à côte ou superposées. Au-delà de 300m, on prévoira un espacement de 30cm.



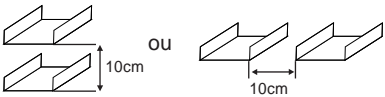
- Ces limites particulières sont toutes issues de la même Longueur Théorique CEM, ou "LTC".
Atteindre cette LTC suppose que **les trois conditions optimales** suivantes sont remplies:

- | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> a - une seconde goulotte, éloignée de 30 cm au minimum, est réservée aux câbles de puissance et de relayage, b - les goulottes ne sont pas remplies à plus de 50% de leur capacité, c - il n'y a pas de câble numérique non blindé ni de câble analogique. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

La longueur théorique CEM est en moyenne **de 1200 mètres**, mais selon le type de réseau de communication cette valeur peut être différente.

LTC vaut : 2000 m pour FIP à 1 MBit/s et pour Unitelway, 1000m pour ModbusPlus et pour Ethway à câble triaxial 50 Ohms, 700 m pour Mapway, et 400 m pour le système BusX des automates PREMIUM.

- Chaque fois que l'une des 3 conditions n'est pas remplie de bout en bout, et pour respecter la compatibilité électromagnétique, la longueur physique de goulotte doit être affectée d'un coefficient. Ces coefficients K_i , définis dans le tableau ci-après, mesurent la diminution de l'effet protecteur. La longueur autorisée qui en résulte sera alors inférieure à la LTC.
- De même, dans le **cas de goulotte unique** pour câbles de puissance et de signal, le coefficient tiendra compte le cas échéant des absences de toute séparation métallique ou de couvercle métallique sur la demi-goulotte signal.

Symbole	Condition d'installation	Coef-ficient	Longueur totale (1)
	Une ou deux goulottes :	K_i	$LTC \times 1/K_i$
K20	Présence de câble numérique non blindé ou de câble analogique	2	600 m
K50	Goulotte remplie à 50% ou davantage	2	600 m
K10	Goulottes proches de 10 cm (au lieu de 30 cm)	2	600 m
			
	Goulotte Unique ou deux goulottes jointives :		
K6	Avec séparation et couvercle sur 1/2 goulotte signal	4	300 m
K8	sans couvercle sur Demi-goulotte signal	6	200 m
K0	Sans séparation	12	100 m

(1)Longueur totale maximale si c'est l'unique condition défavorable (avec LTC = 1200m)

4.3.3 Modes de vérification de la longueur d'un câblage homogène

Il existe deux modes d'utilisation des coefficients K_i .

Pour obtenir la longueur physique autorisée, on part de la LTC et on la divise par K_i , (exemples 1 et 2 ci-après).

A l'inverse lorsque l'on s'impose les longueurs physiques, en les multipliant par K_i on compare le résultat à la LTC pour vérifier si l'on est conforme aux exigences CEM (exemples 3, 4 et 5).

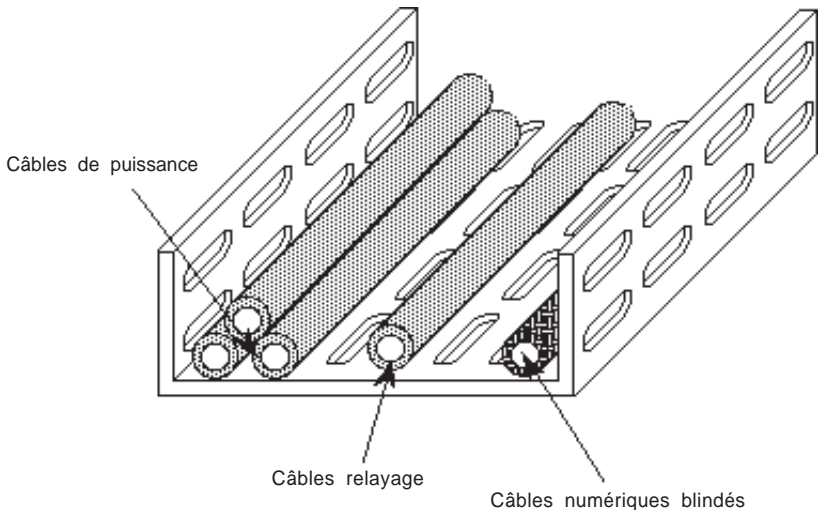
- Si la totalité du câble signal est posée dans des conditions homogènes, la longueur maximale de pose conforme aux exigences CEM est obtenue en divisant LTC par chacun des coefficients K_i concernés (3 au maximum).
- La longueur physique des chemins de câble doit être multipliée par chacun des coefficients K_i concernés (3 au maximum) pour vérifier que la limite LTC n'est pas dépassée.

Exemple 1 : Liaisons numériques blindées inférieures à 100m, sans câble analogique.

Les câblages peuvent alors être réalisés dans un chemin métallique unique (pour LTC = 1200m ou plus).

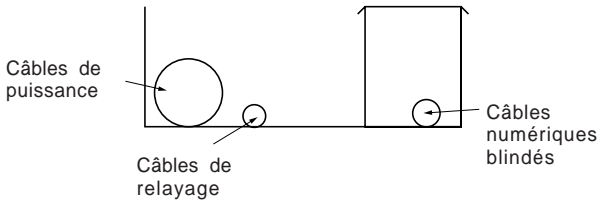
En effet - sous réserve que la goulotte ne soit pas remplie à plus de 50% - (Attention aux évolutions futures!), seul le coefficient K_0 est alors à prendre en compte, ce qui donne la longueur maximale $1200\text{m} : 12 = 100\text{m}$.

Les câbles de puissance et les liaisons numériques blindées seront fixés dans les coins de la goulotte comme indiqué dans la figure ci-dessous.



Exemple 2 : Liaisons numériques blindées inférieures à 300m, sans câble analogique

Dès que la longueur calculée dans une condition d'installation est insuffisante (100m dans le premier exemple) il est nécessaire d'améliorer la configuration sur l'aspect CEM.



Une séparation verticale dans la goulotte permet d'éviter le mélange des câbles incompatibles. Un capot métallique sur la demi-goulotte des câbles signaux limite le parasitage des signaux.

C'est pourquoi la valeur du coefficient passe alors de 12 (=K0) à seulement 4 (=K6), ce qui donne (avec LTC = 1200m) la longueur maximale: $LTC / 4 = 300m$.

Les conditions CEM à respecter sont alors:

- chaque demi-goulotte est - au maximum - remplie à 50%,
- la séparation est métallique et au contact de la goulotte sur toute sa longueur,
- le capot est en contact sur toute la longueur avec la séparation.

Attention aux évolutions futures.

Exemple 3 : Projet de pose de 60 m de câble signal

Il est prévu de le poser dans une goulotte unique sans séparation, en présence d'un câble de puissance et d'un câble analogique.

Cette condition d'installation, d'après le tableau des symboles K_i , est affectée par deux coefficients: K_0 (=12) et K_{20} (=2); il faut donc multiplier la longueur physique par 2 et par 12.

Le résultat 1440m (60m x 24) étant supérieur à $LTC = 1200m$, la longueur 60m ainsi installée ne sera pas conforme aux exigences CEM. L'exemple 4 (§ suivant) explique une solution possible.

4.3.4 Mode de vérification de la longueur d'un câblage hétérogène

- Lorsque les conditions d'installations sont multiples sur la longueur d'un chemin de câble, chaque longueur physique d'un même type de pose est à multiplier par les coefficients concernés suivant les mêmes règles que ci-dessus.
- La somme des différents résultats doit rester inférieure à LTC (1200m par exemple).

Exemple 4 : Nouveau projet de pose de 60 m de câble signal

Le câble signal de l'exemple 3 est posé sur 20m suivant le type de pose ci-dessus; les 40m restants sont posés, avec le signal analogique, dans une goulotte distincte de celle de puissance, mais placée à 10 cm de la première.

Longueur concernée	Coefficients Ki concernés	Calculs	Résultats
20m	K0 (=12) et K20 (=2)	20m x 24	480m
40m	K10 (=2) et K20 (=2)	40m x 4	160m
Total (60m)		480m + 160m	640m

Le résultat 640m étant maintenant inférieur à LTC = 1200m, la longueur 60m installée sera conforme aux exigences CEM.

Exemple 5 : Pose d'un câble FIP sur 1000m

La documentation du système indique que la première limite est respectée, à condition de n'utiliser que du câble principal (1 paire 150 Ohms de jauge importante) soit utilisé.

La valeur de LTC est pour cette technologie de 2000m.

Supposons que les 3 conditions optimales (voir ch 4.3.2) soient respectées sur 700m et que, sur le reste de la longueur la goulotte puissance soit:

- repliée à plus de 50%,
- et distante seulement de 10 cm de la goulotte signal.

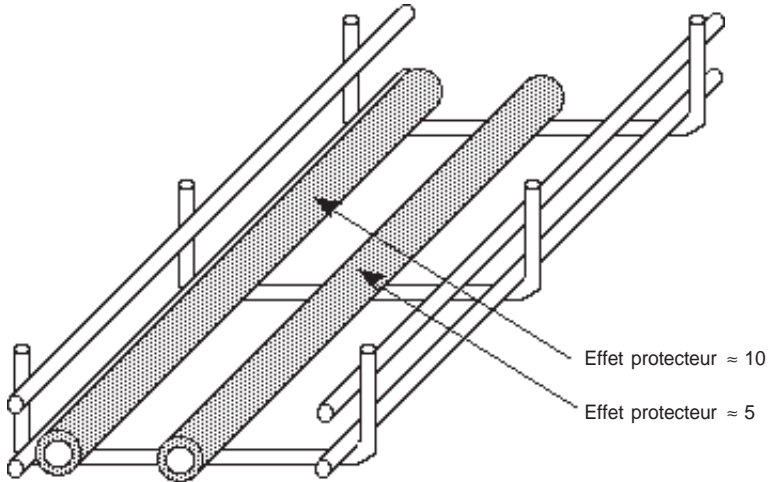
Longueur concernée	Coefficients Ki concernés	Calculs	Résultats
700m	aucun		700m
300m	K50 (=2) et K10 (=2)	300m x 4	1200m
Total (1000m)		700m + 1200m	1900m

Le résultat 1900m étant inférieur à LTC = 2000m, la longueur installée sera conforme aux exigences CEM et seule la contingence précédante subsiste (pas de paire de faible jauge).

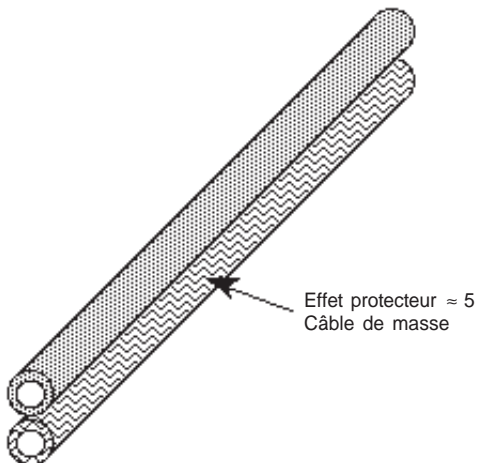
4.4 Autres effets protecteurs

L'effet protecteur d'un chemin de câbles est d'environ 50 entre 1 MHz et 100 MHz. Dans le cas où l'on ne peut pas utiliser ce type de matériel, d'autres effets protecteurs sont possibles. Les chemins de câbles en fils soudés "cablofils" sont moins efficaces et souvent plus coûteux que les goulottes en tôle.

Cablofil :



Câble de masse :



5.1 Câblage des liaisons

Les liaisons inter-bâtiments présentent deux particularités induisant des risques pour l'installation :

- la mauvaise équipotentialité entre masses des installations,
- les grandes surfaces de boucles entre les câbles de données et les masses.

Avant l'installation et le raccordement d'un câble de données entre deux bâtiments, il est impératif de vérifier que les deux prises de terre des bâtiments sont interconnectées.

Toutes les masses simultanément accessibles doivent être raccordées à une même prise de terre (ou au moins à un ensemble de prises de terre interconnectées). Cette contrainte est fondamentale pour la sécurité des personnes.

Le second risque lié aux liaisons inter-bâtiments est la surface de boucle comprise entre les câbles de données et les masses.

Cette boucle est particulièrement critique en cas de foudroiement indirect du site. Les surtensions induites dans ces boucles lors d'un impact de foudre indirect sont de l'ordre de la centaine de Volts par mètre carré.

Afin de limiter ce risque, tout cheminement de câble entre deux bâtiments doit être doublé par une liaison équipotentielle de forte section ($\approx 35 \text{ mm}^2$).

5.2 Protection des pénétrations

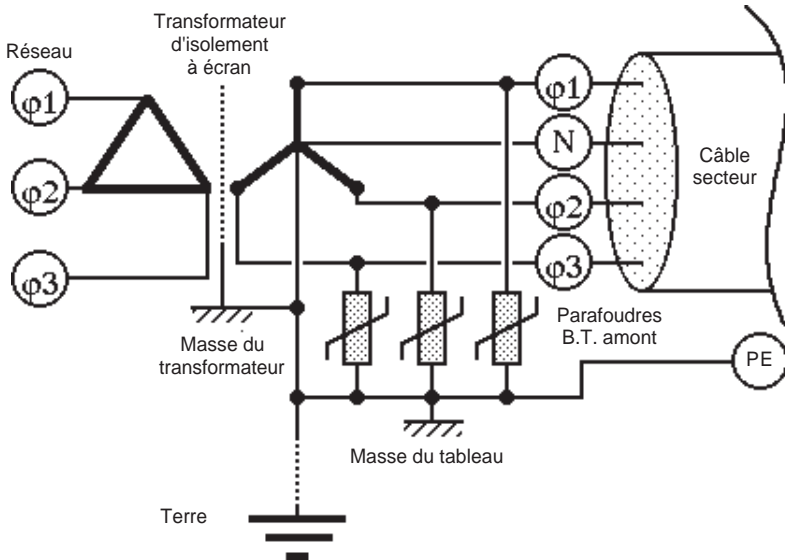
Les courants de mode commun provenant de l'extérieur doivent être évacués au réseau de terre à l'entrée du site pour limiter les d.d.p. entre équipements.

Toute canalisation conductrice (câble conducteur, tuyauterie conductrice ou tuyauterie isolante qui véhicule un fluide conducteur) entrant dans un bâtiment doit être raccordée à la terre à l'entrée de celui-ci et au plus court.

Sur les arrivées d'énergie, de télécommunications et câbles de signaux (de données, alarmes, contrôles d'accès, surveillance vidéo, ...), on placera des parasurtenseurs en entrée de bâtiments. L'efficacité de tels dispositifs est en grande partie conditionnée par leur installation.

Les parasurtenseurs (varistances, éclateurs, etc.) seront connectés directement à la masse du tableau électrique ou des équipements qu'ils protègent. Un raccordement du parasurtenseur uniquement à la terre (au lieu de la masse) est inefficace.

Dans la mesure du possible, les tableaux où sont installés les protections énergie, Telecom et signaux seront placés à proximité d'une barrette de terre.



Pour les liaisons de données inter-bâtiment, il est fortement recommandé d'utiliser de la fibre optique. Ce type de liaison permet de s'affranchir totalement des problèmes de boucle entre bâtiments.