

---

# Document de référence sur la protection foudre des installations électroniques

---



CONSEIL EN COMPATIBILITE ELECTROMAGNETIQUE SUR SITE

SARL CEMDI au capital de 10000 € - 432 326 221 RCS LYON - SIRET 432 326 221 00012 - Code APE 6202A

28, Côte de l'Hormet 69110 STE FOY-LES-LYON

Tél : 04 78 59 29 26 / 06 07 63 23 65

Téléphone : 04 72 59 40 00  
Télécopie : 04 72 59 42 18

Conseil régional Rhône-Alpes - 78, route de Paris  
BP 19 - 69751 Charbonnières-les-bains Cedex

[www.rhonealpes.fr](http://www.rhonealpes.fr)

## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>2. DEFINITIONS .....</b>	<b>4</b>
<b>3. LES PRINCIPALES REGLES DE COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE .....</b>	<b>6</b>
3.1. LA SURFACE DE BOUCLE .....	6
3.2. LE RACCORDEMENT DES BLINDAGES DES CABLES .....	7
3.3. LES BAIES .....	8
3.4. LES RESEAUX ONDULES .....	8
3.5. LE PRINCIPE DU RESEAU DE MASSE .....	8
3.6. LE PLANCHER TECHNIQUE .....	10
3.7. ETHERNET .....	11
<b>4. PRINCIPE DE LA PROTECTION Foudre.....</b>	<b>12</b>
<b>5. PROTECTION GENERALE D'UN ENSEMBLE DE BATIMENTS .....</b>	<b>14</b>
5.1. PARAFOUDRES .....	14
5.1.1. ALIMENTATION ELECTRIQUE.....	14
5.1.2. LES DISPOSITIFS DE DÉCONNEXION MONTÉS EN SÉRIE AVEC LES PARAFOUDRES .....	15
5.1.3. LES LIGNES COURANTS FAIBLES.....	17
5.2. RESEAU DE MASSE .....	18
5.2.1. LE CHOIX DU TYPE DE CHEMIN DE CÂBLES MÉTALLIQUE.....	18
5.2.2. LE ROUTAGE .....	19
5.2.3. LES INTERCONNEXIONS.....	20
<b>6. TRANSMISSIONS DE DONNEES NUMERIQUES (INFORMATIQUE, VOIX SUR IP...) .....</b>	<b>21</b>
<b>7. AUTOCOMMUTATEUR.....</b>	<b>22</b>
7.1. LE PRINCIPE DE LA PROTECTION Foudre D'UN AUTOCOMMUTATEUR .....	22
7.2. LA MISE A LA TERRE .....	23
7.3. LES LIGNES EXTERNES.....	23
7.3.1. ALIMENTATION ELECTRIQUE.....	23
7.3.2. LES LIGNES TELECOM.....	24
7.3.3. LES LIGNES ADSL DIRECTES .....	25
7.3.4. L'IMPEDANCE COMMUNE .....	25

7.4.	LES LIGNES INTERNES DANS UN MEME BATIMENT.....	26
7.4.1.	LES CHEMINS DE CÂBLES MÉTALLIQUE .....	26
7.4.2.	LES PARAFOUDRES.....	26
7.5.	LES LIGNES INTERNES SORTANT D'UN BATIMENT .....	26
7.5.1.	CABLES NON ECRANTES .....	27
7.5.2.	CABLES ECRANTES.....	27
8.	SSI : SYSTEMES DE SECURITE INCENDIE .....	27
9.	CONTROLES D'ACCES.....	28
9.1.	LES BARRIERES .....	28
9.2.	LES LECTEURS DE BADGE.....	28
9.3.	LES LECTEURS MAINS LIBRES .....	28
10.	GTC, GTB .....	29
11.	ANTI-INTRUSION .....	29
12.	RECEPTION HERTZIENNE ET SATELLITAIRE.....	29
13.	RECEPTION PAR LE RESEAU CABLE PUBLIC .....	30
14.	REGLES DE CHOIX DES PARAFOUDRES .....	30
14.1.	CARACTERISTIQUES GENERALES DES PARAFOUDRES .....	30
14.2.	REGLES PARTICULIERES POUR LES PARAFOUDRES EN PRESENCE DE PARATONNERRES .....	33
14.3.	LES PARAFOUDRES COURANT FAIBLE .....	33
15.	LE PARATONNERRE .....	34
16.	LA TERRE ET LA FOUDRE .....	34
17.	CONCLUSION.....	34
18.	ANNEXES .....	35
18.1.	BIBLIOGRAPHIE .....	35
18.2.	ILLUSTRATIONS.....	35

## 1. INTRODUCTION

Ce document donne des éléments pour protéger les systèmes électroniques contre la foudre. Beaucoup de préconisations (notamment celles qui concernent les blindages et les règles d'équipotentialité) amélioreront l'immunité contre les parasites électriques et les rayonnements hautes fréquences.

Tout protéger d'une façon très efficace est possible, mais le coût peut devenir prohibitif. L'objectif de ce document est donc de préconiser des protections contre la foudre efficace à 90 % et de protéger les éléments stratégiques.

Appliquer quelques règles simples lors de la conception d'une installation, permet d'obtenir immédiatement de très bons résultats à coût modéré.

A titre d'exemple, sont fournis en fin de document, des illustrations de cas pratiques représentatifs de la réalité.

Certaines redondances ont été faites sciemment, afin de faciliter la lecture et avoir toutes les explications concernant un aspect technique bien précis sans devoir faire un renvoi à une autre partie.

## 2. DEFINITIONS

**PARATONNERRE** : Un paratonnerre est un dispositif destiné à protéger la structure d'un bâtiment en guidant la foudre. Il ne protège en aucun cas la totalité des bâtiments qui en sont dotés, ni les équipements électriques et électroniques.

**PARAFOUDRE** : Dispositif destiné à limiter les surtensions sur des câbles courants forts ou courants faibles. Ils sont extrêmement efficaces, mais uniquement lorsqu'ils sont bien mis en œuvre.

PARASURTENSEUR, ECRETEUR, ECLATEUR : Les parasurtenseurs, écrêteurs ou éclateurs sont les composants intégrés dans les parafoudres.

BLINDAGE, ECRAN : Désignation des câbles VDI LAN (voir illustration 22) :

- Les nouvelles désignations des câbles LAN ont été publiées dans l'annexe E de la norme ISO 11801 Edition 2 de 2010,
- Cette annexe est à titre informative,
- L'objectif est de proposer une désignation standard des câbles LAN sur le marché,
- TP = Paire torsadée (Twisted Pair),
- Toutes les désignations sont sous la forme : ZZ/XTP

ZZ =protection générale du câble :

- U = aucun écran (Unshielded)
- F = écran formé d'un ruban alu/polyester (Foiled screened)
- S = écran constitué d'une tresse cuivre (braid Screen)
- SF=association tresse + ruban alu/polyester

X =protection de la paire :

- U = pas d'écran sur la paire (Unshielded)
- F = écran formé d'un ruban alu/polyester (Foiled screened)

Désignations suivant ISO 11801 :

- U/UTP : pas d'écran
- F/UTP : écran extérieur uniquement
- S/FTP : tresse extérieure, écran par paire
- F/FTP : écran extérieur, écran par paire
- SF/FTP : écran et tresse extérieurs, écran par paire

## 3. LES PRINCIPALES REGLES DE COMPATIBILITÉ ÉLECTROMAGNÉTIQUE

### 3.1. LA SURFACE DE BOUCLE

Lorsqu'il se produit sur une installation électrique des dysfonctionnements aléatoires dus aux perturbations électromagnétiques, l'expérience prouve que dans l'immense majorité des cas, une des règles fondamentales de la CEM n'est pas respectée. Une des principales règles précise de rapprocher les câbles d'un même système, autrement dit, les câbles courants faibles du système doivent être proches de l'alimentation électrique de ce même système. Et d'un autre côté veiller à éloigner les câbles courants faibles et courant forts associés, des câbles perturbateurs.

En définitive, éviter de créer des surfaces de boucle entre les câbles courants faibles et les câbles courant forts d'un même système. (Voir illustrations 1 et 2)

### 3.2. LE RACCORDEMENT DES BLINDAGES DES CABLES

Raccorder l'écran d'un câble blindé **d'un seul côté** n'est souhaitable que si les 6 critères suivants sont simultanément respectés :

- Les signaux transmis sont à basse fréquence (moins de quelques kilohertz),
- Les signaux transmis sont à bas niveau (quelques millivolts),
- Les signaux sont transmis en tension,
- La paire n'est pas symétrique,
- Le blindage à raccorder est immédiatement autour des conducteurs de signaux, ce n'est ni un surblindage isolé, ni une structure de masse,
- Il existe des perturbations de mode commun.

Dans le cas d'une transmission **RS 485** (bus GTC, anti-intrusion, contrôle d'accès et SSI) le signal est symétrique, haut niveau, et « haute » fréquence (loin du 50 Hz). Il est donc nécessaire de raccorder le blindage aux deux extrémités pour que les systèmes soient protégés contre les perturbations électromagnétiques y compris la foudre. En fait, le blindage d'un bus numérique se raccorde toujours à la masse à ses 2 extrémités.

Dans des installations bureautiques les différences de potentiel à 50 Hz sont toujours très faibles, donc raccorder systématiquement les blindages à leurs 2 extrémités.

D'une manière générale, les cinq critères simultanés ne se rencontrent pratiquement plus sur les sites, d'où le choix de raccorder systématiquement les blindages à la masse aux **deux extrémités**.

**En conclusion, les câbles courant faibles doivent toujours être écrantés (F/UTP pour l'informatique, FTP pour les rocade cuivre téléphoniques) et blindés, avec de préférence un blindage du type cuivre tressé pour les bus.**

Le blindage est efficace contre les parasites électriques, les décharges électrostatiques, et les chocs de foudre.

### 3.3. LES BAIES

La première règle à appliquer est de faire arriver tous les câbles du même côté (en bas, en haut ou éventuellement sur le côté). Cette préconisation répond à la règle de base en compatibilité électromagnétique indiquant de rapprocher les câbles d'un même système. Les alimentations électriques (BT et TBT) de la baie doivent arriver du même côté que les courants faibles.

### 3.4. LES RESEAUX ONDULES

La sortie d'un onduleur fournit une alimentation électrique exempte de parasites. Il est donc impératif d'éviter de placer cette ligne dans les mêmes chemins de câbles métalliques que d'autres alimentations électriques perturbées. A défaut, la ligne ondulée sera perturbée par couplage capacitif. Une alimentation ondulée doit avoir son propre chemin de câbles métallique qui peut éventuellement contenir plusieurs alimentations ondulées.

### 3.5. LE PRINCIPE DU RESEAU DE MASSE

L'intérêt du réseau de masse est d'améliorer l'équipotentialité entre tous les équipements électriques et électroniques constitutifs d'un site. Il apporte un effet réducteur important par rapport à la foudre et aux transitoires rapides (plus communément appelés parasites électriques) qui sont la cause soit de détériorations soit de la très grande majorité des dysfonctionnements aléatoires des équipements électroniques.



Le réseau de masse intégré comprend :

- la distribution de l'alimentation électrique,
- le routage maîtrisé des câbles,
- les conducteurs de protection pour la sécurité des personnes,
- le maillage des masses pour une équipotentialité à toutes fréquences.

Sur un site, un réseau de masse doit être global et complètement équipotentiel. Les notions de masses séparées n'ont pas lieu d'être. Ainsi les notions de "masse électronique", "masse logique", "masse téléphonique", "masse de transmission", "masse télégraphique", "masse des calculateurs", "masse bâtiment BT", "masse HT", "masse énergie", etc... n'ont pas de justification technique.

Pour obtenir un fonctionnement optimisé et fiabilisé des appareils, contrairement à ce qui est malheureusement souvent recommandé, il est très important que toutes les masses soient bien reliées entre elles afin de constituer un seul réseau de masse commun.

Le réseau de masse sera essentiellement constitué par les chemins de câbles métalliques interconnectés entre eux, aux structures métalliques voisines, ainsi qu'aux planchers techniques.

Les chemins de câbles métalliques généralement utilisés (modèles à trous oblongs) sont recommandés car très performant même s'ils ne sont pas équipés de couvercle. Du continu jusque vers 100 MHz ils divisent les parasites par 50 environ (par 100 avec les couvercles). Leur effet réducteur du point de vue électromagnétique est environ 10 fois meilleur que les cablofils. Les goulottes en plastique sont à proscrire car leur efficacité électromagnétique est nulle.

Rappel : Toutes les extrémités de chemin de câbles métallique doivent toujours être raccordées à la masse, c'est-à-dire soit au châssis de l'armoire de l'équipement électrique ou du système électronique qu'il dessert, soit au plancher technique ou au faux-plafond.

Dans un plancher technique, les chemins de câbles métalliques doivent être raccordés systématiquement à une chandelle sur trois.

Il est particulièrement nécessaire de contrôler que les interconnexions entre chemins de câbles métalliques en traversée de mur ou de plafond aient bien été réalisées, car les oublis sont fréquents à ces endroits.

Les câbles ne doivent jamais sortir d'un chemin de câbles métallique sans être accompagné par « de la masse » (chemin de câbles métallique ou, à défaut, tresse large serrée contre le câble).

En basse fréquence, l'ensemble des chemins de câbles métalliques (à condition qu'ils soient bien reliés) apporte une équipotentialité suffisante, il n'est donc pas nécessaire de placer un conducteur de cuivre le long des chemins de câbles métalliques.

## 3.6. LE PLANCHER TECHNIQUE

Afin de supprimer l'apparition des décharges électrostatiques, un plancher technique doit avoir en surface une résistance au carré de  $10^6$  à  $10^8$  Ohms.

Les sous faces des dalles doivent être métalliques. Préférer les bacs en acier aux feuilles d'aluminium.

Pour obtenir la meilleure équipotentialité possible, ne pas placer les isolants au sommet des vérins. Les bacs acier seront donc tous en contact avec les vérins et les traverses ce qui réalisera un plan de masse parfait.

Raccorder les chemins de câbles métalliques à un vérin sur trois avec des tresses courtes.

Chaque baie sera raccordée en 2 points aux vérins les plus proches. (Voir illustration 13).

### 3.7. ETHERNET

Les différents types de réseaux ont tendance maintenant à s'interpénétrer et à transiter par Ethernet. Quelle que soit l'application, les règles de CEM sont les mêmes.

Voici par ordre d'importance les règles de base à respecter pour espérer un fonctionnement fiable d'un réseau local Ethernet aussi bien pour supprimer les dysfonctionnements aléatoires dus aux perturbations électromagnétiques que pour se protéger du champ magnétique de la foudre :

- utiliser des câbles de données F/UTP,
- raccorder les écrans ou blindages aux châssis des équipements à leurs 2 extrémités avec une reprise de masse à 360 degrés,
- utiliser des chemins de câbles métalliques du type acier galvanisé avec trous oblongs, un pour les données et un pour le 230 V, pour les parties communes (très recommandé); ces chemins de câbles métalliques seront boulonnés entre eux ou utiliseront le même support métallique ; un seul chemin de câbles métallique avec séparation métallique convient,
- interconnecter les 2 types de chemins de câbles métalliques surtout à leurs 2 extrémités (incontournable),

- créer une alimentation électrique dédiée au réseau Ethernet, secourue ou non (quasiment impossible à réaliser sur les sites existants, à préconiser sur les sites neufs ou opération spécifique de câblage),
- router les câbles de données à proximité de l'alimentation électrique du réseau local, l'éloigner de préférence des autres alimentations électriques (quasiment impossible à réaliser sur les sites existants, à préconiser sur les sites neufs ou opération spécifique de câblage).

Pour la protection foudre :

- placer des parafoudres sur **tous** les câbles qui sortent d'un bâtiment (énergie et télécom), ces parafoudres sont à raccorder à la masse de l'équipement, lui-même raccordé de préférence à un réseau de masse, la résistance de terre important peu.
- Le champ magnétique de la foudre n'aura pas d'effet grâce au blindage des câbles de données si la reprise du blindage est réalisée à 360° aux deux extrémités du câble sur les noyaux et interconnectée avec la masse des équipements.

## 4. PRINCIPE DE LA PROTECTION Foudre

L'électronique est détériorée par la foudre de deux manières :

- par la différence de potentiel qui peut apparaître entre deux bâtiments communiquant entre eux par des câbles de données,
- ou par la surtension apparaissant aux bornes des cartes de communication par l'action du champ magnétique du courant de foudre, même à l'intérieur d'un bâtiment.

L'absence de blindage, un blindage non raccordé ou raccordé à une seule extrémité font que les perturbations électromagnétiques génèrent des tensions parasites sur les circuits électroniques. Le but de la protection est de transformer ces tensions parasites en courants parasites circulant dans des masses non fonctionnelles que sont les blindages.

Il est donc nécessaire d'adopter les dispositions suivantes :

- fermeture des boucles entre masses en raccordant les blindages à leurs deux extrémités aux châssis des équipements informatiques ou électroniques pour lutter contre les effets du champ magnétique,
- mise en place de parafoudres (appelés également parasurtensions ou parasurtenseurs) sur tous les câbles d'un équipement qui sortent du bâtiment où il se trouve, pour limiter les effets d'une différence de potentiel entre deux bâtiments.
- Installer des parafoudres sur l'alimentation électrique des équipements, et des parafoudres sur les lignes courants faibles non blindées ou non écrantées.

Par ailleurs, lorsqu'un paratonnerre écoule un courant de foudre, il ne constitue pas une protection pour les systèmes électroniques. En effet la différence de potentiel entre bâtiments et le champ magnétique créé par la foudre n'est pas neutralisé par le paratonnerre. La foudre étant seulement canalisée par celui-ci.

## 5. PROTECTION GENERALE D'UN ENSEMBLE DE BATIMENTS

Pour des raisons de sécurité des personnes il est impératif que tous les bâtiments communiquant entre eux soient interconnectés avec un conducteur de terre (une section de 50 mm<sup>2</sup> est bien adaptée). Ce conducteur aura l'avantage de diminuer la différence de potentiel entre les bâtiments sur la partie basse fréquence du spectre de la foudre.

### 5.1. PARAFOUDRES

#### 5.1.1. ALIMENTATION ELECTRIQUE

Dès lors qu'un câble d'alimentation électrique transite par l'extérieur, il est nécessaire de placer un parafoudre en tête du tableau divisionnaire de chaque bâtiment (type 1  $U_p \leq 1500$  V,  $I_{imp} \geq 10$  kA par pôle). Prévoir un DDR de type S temporisé de quelques dizaines de millisecondes sur l'armoire principale du bâtiment afin de laisser passer l'impulsion foudre sans s'ouvrir.

Même si cela est habituellement recommandé, il n'est pas nécessaire de prévoir des parafoudres dans toutes les armoires divisionnaires, sauf à l'endroit où des lignes courant forts et courant faible pénètrent dans le bâtiment.

**LES ONDULEURS :** si un onduleur dessert plusieurs bâtiments, placer impérativement un parafoudre sur sa sortie ainsi qu'à l'autre extrémité de ces lignes.

### 5.1.2. LES DISPOSITIFS DE DÉCONNEXION MONTÉS EN SÉRIE AVEC LES PARAFODRES

Les parafoudres à base de varistance présentent la caractéristique d'être sujets dans certains cas à un emballement thermique. Il est donc nécessaire de prévoir un système de déconnexion adapté.

La norme CEI 61643-12 intitulée :

"Parafoudres basse tension – Partie 12: Parafoudres connectés aux réseaux de distribution basse tension – Principes de choix et d'application"

Spécifie dans son paragraphe : "6.3.1 Dispositif de déconnexion" :

*"Les déconnecteurs peuvent être **incorporés** à l'intérieur du parafoudre ou lui être associés".*

Le guide **UTE C 15-443** d'août 2004 précise dans son paragraphe :

"7.6.2 Dispositifs assurant la déconnexion" :

Les dispositifs assurant la déconnexion en fin de vie, sont :

- **-soit incorporés** dans le parafoudre, ils sont appelés déconnecteurs,
- **-soit** installés en série avec le parafoudre, ce sont alors des fusibles, des disjoncteurs, des DDR etc..."

Ce guide précise : "A noter que pour certains parafoudres le risque d'emballement thermique n'existe pas par conception. De tels parafoudres ne comportent donc pas de protection thermique."

Les éclateurs à air ou à gaz ne peuvent effectivement pas présenter de risques d'emballement thermique.

La norme **NF C 15-100** indique la même chose dans son paragraphe 534.1.5.3 :

"Les dispositifs de protection sont **incorporés ou** mis en série avec les parafoudres. Lorsqu'ils sont incorporés, ils sont appelés déconnecteurs."

Les dispositifs de déconnexion ajoutés en série avec les parafoudres présentent beaucoup d'inconvénients :

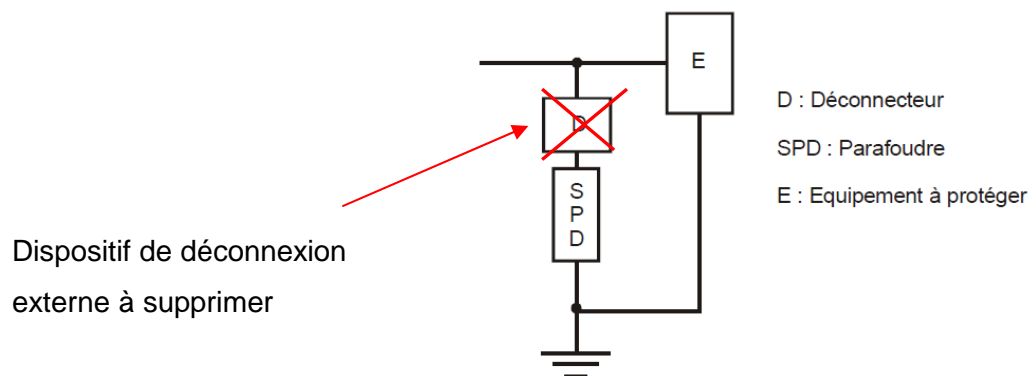
- Un coût relativement élevé,
- Ils prennent de la place,
- Ils présentent une impédance voisine de 0,5  $\mu$ H ce qui équivaut à 50 centimètres de câblage, et réduisent donc d'autant l'efficacité des parafoudres,
- Dans le cas de disjoncteurs ou de fusibles, ceux-ci sont très souvent de calibre supérieur au dispositif de protection de tête de l'installation, car calibrés sur le courant maximal que peut écouler les parafoudres. Dans ce cas, ce dispositif de déconnexion supplémentaire est inefficace,
- Dans le cas de DDR (Dispositif Différentiel Résiduel), ceux-ci sont redondants avec les dispositifs placés en tête de l'installation, et si la sélectivité est respectée, s'ouvriront à la première petite résiduelle de foudre. Les parafoudres ne seront donc plus opérationnels. Ceci est particulièrement vrai pour les DDR de 30 mA.

Pour que les parafoudres soient réellement efficaces, la seule solution est de ne pas placer de dispositifs de déconnexion en série avec les parafoudres.



Depuis quelques années, les grandes marques qui fabriquent des parafoudres à base de varistances incorporent les déconnecteurs, ces produits sont donc à préconiser en priorité, ou bien mettre en place des éclateurs à air ou à gaz.

Pour la protection contre les courts-circuits ou les contacts indirects, les dispositifs de protection placés en tête de l'installation seront suffisants.



### 5.1.3. LES LIGNES COURANTS FAIBLES

A l'intérieur des bâtiments c'est le blindage (cuivre tressé), l'écrantage (feuille d'aluminium) ou le surblindage constitué par les chemins de câbles métalliques qui protégera l'installation du champ magnétique de la foudre.

Pour les liaisons entre bâtiments, trois solutions sont possibles :

- La plus performante étant de placer les liaisons blindées dans un chemin de câbles métallique enterré (ou de préférence placé dans un caniveau) et de raccorder les deux extrémités du chemin de câble aux réseaux de masse des bâtiments.

- Utiliser des liaisons blindées raccordées aux châssis des équipements à leurs 2 extrémités avec, en parallèle, pour la sécurité des personnes, un conducteur de cuivre de 35 mm<sup>2</sup> placé à proximité,
- Utiliser des liaisons non blindées munies de parafoudres à leurs deux extrémités, avec un conducteur de cuivre de 35 mm<sup>2</sup> en parallèle pour la sécurité des personnes.

## 5.2. RESEAU DE MASSE

A l'intérieur d'un bâtiment, la constitution d'un réseau de masse est la meilleure des protections contre les perturbations électromagnétiques.

Les chemins de câbles métalliques constituent la base du réseau de masse car ils assurent une excellente équipotentialité du continu jusque vers 100 MHz. Les perturbations dues à la foudre dont le spectre va de quelques kilohertz à quelques mégahertz sont donc fortement atténuées.

### 5.2.1. LE CHOIX DU TYPE DE CHEMIN DE CÂBLES MÉTALLIQUE

On rencontre principalement 2 types de supports métalliques pour les câbles :

Le treillis soudé communément appelé Cablofil®, du nom du principal fabricant et les chemins de câbles en acier zingué avec trous oblongs que l'on peut recouvrir d'un capot en métal plein.

Pour simplifier, on peut dire que le Cablofil® divise les parasites HF (aux alentours de 30 MHz) par 5, alors que le chemin de câbles métallique les divise par 50 sans couvercle (ce qui est suffisant), et par 100 avec couvercle. Ce dernier est donc à préconiser pour ses excellentes performances. Ces valeurs d'atténuation s'appliquent à des Cablofil® ou chemin de câbles dont les

extrémités sont directement vissées sur le châssis d'une baie électronique, et non pas avec des conducteurs ronds ou des tresses.

Pour les perturbations BF, un chemin de câbles métallique de 20 cm de large a une résistance voisine de 0,6 milliohm par mètre, et une valeur inférieure s'il est muni d'un capot. Il est donc particulièrement adapté pour lutter contre les perturbations BF.

### 5.2.2. LE ROUTAGE

Les meilleures performances d'atténuation de couplage sont obtenues en plaçant chaque famille de câbles dans des chemins de câbles métallique différents (audio, vidéo, informatique, alimentation électrique). Cette règle a aussi pour avantage de faciliter la maintenance surtout si les chemins de câbles sont étiquetés.

Comme une des règles fondamentales de compatibilité électromagnétique est de rapprocher les câbles d'un même système, il est préférable de rapprocher les chemins de câbles de plusieurs familles d'un même système et de les interconnecter entre eux. Cette interconnexion sera naturellement faite si l'on utilise des supports métalliques communs. Contrairement à ce qui est indiqué dans certains guides, il n'est pas nécessaire d'espacer les chemins de câbles métalliques de 30 cm. Cette règle des 30 cm ne s'applique qu'aux câbles courants faibles non blindés **sans chemins de câbles métalliques**.

### 5.2.3. LES INTERCONNEXIONS

#### **La continuité des chemins de câbles**

Les systèmes électroniques actuels sont sujet aux champs magnétiques. Il est donc nécessaire de s'assurer que le blindage ou le surblindage que représentent les chemins de câbles métalliques soit continu et raccordé à la masse aux deux extrémités.

Pour assurer la continuité électrique, il est impératif d'utiliser des éclisses pour relier les dalles de chemin de câble entre elles, ce qui a pour effet de limiter les fentes (voir illustrations 12). Des conducteurs ronds ou des tresses peuvent être utilisées lorsque la continuité des chemins de câble ne peut être assurée (traversée de mur par exemple). La tresse est moins selfique qu'un conducteur rond, mais l'utilisation de tresse est tout de même moins efficaces que des éclisses.

La règle de l'art qui consiste à faire courir un câble de cuivre nu le long des chemins de câbles métalliques n'apporte que peu de chose du point de vue sécurité des personnes et du point de vue CEM (si les règles ci-dessus sont respectées). Elle n'apporte que l'assurance d'une interconnexion des chemins de câble et une légère amélioration en basse fréquence.

La norme NF C 15-100 n'impose absolument pas ce procédé.

#### **La connexion aux autres masses**

La meilleure façon de lutter contre les perturbations électromagnétiques est de réaliser un réseau de masse pour tendre vers l'équipotentialité aussi bien en basses fréquences qu'en hautes fréquences, c'est pourquoi il est demandé de raccorder les chemins de câbles métalliques aux autres masses chaque fois que cela est possible (tuyau de chauffage, chemin de câble, gaine de ventilation,...). Cela dérive les courants parasites dans des masses non fonctionnelles.

Les planchers techniques constituent d'excellents plans de masse. Il est donc particulièrement intéressant de raccorder ces chemins de câbles aux vérins des planchers techniques (un vérin sur deux). Là encore les courants parasites seront dérivés dans une masse non fonctionnelle.

Les extrémités des chemins de câbles métalliques seront raccordées au premier vert-et-jaune disponible. Exceptionnellement, pour des raisons pratiques de raccordement, un conducteur rond de 2,5 mm<sup>2</sup> sera utilisé pour cette interconnexion de masse.

## 6. TRANSMISSIONS DE DONNEES NUMERIQUES (INFORMATIQUE, VOIX SUR IP...)

Voici par ordre d'importance les règles de base à respecter pour espérer un fonctionnement fiable d'un réseau local VDI, aussi bien pour supprimer les dysfonctionnements aléatoires dus aux perturbations électromagnétiques que pour se protéger du champ magnétique de la foudre :

- Utiliser des câbles de données blindés ou écrantés (F/UTP pour l'informatique),
- Raccorder les écrans ou blindages aux châssis des équipements à leurs deux extrémités,
- Utiliser des chemins de câbles métalliques du type acier galvanisé avec trous oblongs : un pour les données et un pour l'alimentation électrique. Pour les parties communes, ces chemins de câbles métalliques seront boulonnés entre eux ou utiliseront le même support métallique (un seul chemin de câbles métallique avec séparation métallique convient),
- Interconnecter les deux types de chemins de câbles métalliques surtout à leurs deux extrémités,

- Créer une alimentation électrique dédiée au réseau local, secourue ou non (quasiment impossible à réaliser sur les sites existants, à préconiser sur les sites neufs ou opération spécifique de câblage),
- Router les câbles de données à proximité de l'alimentation électrique du réseau local, l'éloigner de préférence des autres alimentations électriques (quasiment impossible à réaliser sur les sites existants, à préconiser sur les sites neufs ou opération spécifique de câblage),
- Toute interconnexion VDI en câble cuivre entre bâtiments doit être doublée d'un conducteur d'équipotentialité d'au moins 35 mm<sup>2</sup>, et raccorder les écrans ou blindages aux châssis des équipements à leurs deux extrémités.

## 7. AUTOCOMMUTATEUR

### 7.1. LE PRINCIPE DE LA PROTECTION Foudre D'UN AUTOCOMMUTATEUR

Un autocommutateur est détérioré par la foudre de deux manières :

- Par la surtension arrivant depuis les lignes téléphoniques sortant du bâtiment accueillant l'autocom (lignes du domaine public ou lignes internes desservant d'autres bâtiments) ou par l'alimentation électrique EDF,
- Et/ou par la surtension apparaissant aux bornes des cartes de communications internes par l'action du champ magnétique du courant de foudre (même à l'intérieur d'un bâtiment) lorsque les postes d'abonnés sont raccordés à des équipements alimentés par le secteur. Il faut noter que ces derniers dommages étaient quasiment inexistants jusque dans les années 80, mais actuellement très fréquents pour ne pas dire prépondérants.

Parmi les appareils alimentés par le réseau électrique et raccordés à l'autocommutateur sont concernés : les minitels (très rares désormais), les fax, les PC équipés de modem, les téléphones sans fil (à cause de la base), les émetteurs HF pour la recherche des personnes. Dans ce dernier cas, la surface de boucle est souvent importante du fait que l'autocom est fréquemment installé au rez-de-chaussée ou au sous-sol, et l'émetteur dans les combles.

## 7.2. LA MISE A LA TERRE

Indépendamment de la valeur de la résistance de terre, ne jamais séparer les terres ou leur donner des cheminements séparés pour rejoindre une barrette de terre. Le principe de la terre téléphonique, de la terre informatique ou de la terre électronique doit impérativement être abandonné aussi bien pour le bon fonctionnement des systèmes électroniques que pour la sécurité des personnes. Le câblage des masses en étoile (par exemple vert/jaune câblé directement à la plaque principale de terre) entraîne toujours des dysfonctionnements au lieu d'améliorer le fonctionnement des systèmes électroniques, car cela crée à la fois une boucle réceptrice du champ magnétique et une impédance commune.

Un parafoudre sera efficace même si la terre a une forte valeur (et même s'il n'y a pas de terre du tout dans certains cas exceptionnels) s'il est raccordé par une liaison très courte à la masse de l'équipement qu'il doit protéger.

## 7.3. LES LIGNES EXTERNES

Du fait que ces lignes ne soient pas blindées, l'emploi de parafoudres s'impose.

### 7.3.1. ALIMENTATION ELECTRIQUE

Les parafoudres secteur doivent avoir une fin de vie en circuit ouvert avec signalisation mécanique de leur mise hors service lors d'une surcharge. Si une transmission d'alarme est souhaitée, la fibre optique s'impose.

Pour les parafoudres secteur, un *disjoncteur différentiel de type S* sera placé en amont de la ligne électrique alimentant l'appareil à protéger, afin d'éviter des déclenchements sur choc de foudre.

En présence d'un schéma de neutre impédant, les parafoudres seront dimensionnés afin de pouvoir fonctionner sous une tension nominale phase-terre de 500 V minimum.

### 7.3.2. LES LIGNES TELECOM

Les arrivées Télécom (têtes France Télécom) peuvent être équipées d'éclateurs à gaz. Ces protections sont efficaces mais présentent fréquemment l'inconvénient d'avoir une fin de vie en circuit ouvert. Autrement dit, après une surcharge, la protection n'est plus opérationnelle, mais cela ne se voit pas. Ces têtes Télécom sont placées dans les LTP de façon à limiter les coupures qui peuvent altérer le signal.

C'est pourquoi nous préconisons, pour les zones à risque, d'ajouter en aval des TNR ou des MICS, d'autres parafoudres à double étage en mode commun (voir illustration 8) avec des diodes transil comme second étage. Le premier étage permet un écoulement important (5 kA) grâce à ses éclateurs à gaz. Derrière une impédance, le deuxième étage à diodes transil élimine les résiduelles et surtout a une fin de vie en court-circuit qui, d'une part assure la protection du matériel tant que le module parafoudres n'est pas remplacé, et d'autre part informe par une interruption de service que la protection est détruite. Si la ligne est stratégique, des techniciens d'astreinte seront impérativement formés au remplacement des parafoudres. Désormais, beaucoup de fournisseurs proposent des parafoudres débrochables dont le remplacement se fait en quelques secondes.

Dans les deux cas de figure, prévoir des modules de rechange si possibles placés à proximité.



Pour qu'une protection foudre ne comportant qu'un éclateur à gaz soit efficace dans le temps, penser à la contrôler ou la remplacer une fois par an (au printemps de préférence).

### 7.3.3. LES LIGNES ADSL DIRECTES

Pour le cas d'une ligne ADSL arrivant directement dans un bureau, celle-ci doit être équipée d'une protection foudre combinée (secteur et ligne télécom) de type 3.

### 7.3.4. L'IMPEDANCE COMMUNE

Un équipement tel qu'un autocommutateur n'est pas détérioré par une élévation de tension de la ligne Télécom par rapport au puits de terre du bâtiment, mais par une élévation de tension de la ligne télécom par rapport à l'alimentation électrique c'est-à-dire par rapport au vert-et-jaune auquel est raccordé le châssis de l'autocom. Pour que la différence de potentiel entre les lignes télécom et l'alimentation électrique soit minimale, l'important est de réduire l'impédance commune entre ces deux types d'accès en interconnectant avec une liaison peu selfique (une tôle large ou le maillage d'un plancher technique est très efficace) la mise à la terre des parafoudres secteur et la mise à la terre des parafoudres des lignes télécom (cf figure. 7).

## 7.4. LES LIGNES INTERNES DANS UN MEME BATIMENT

### 7.4.1. LES CHEMINS DE CÂBLES MÉTALLIQUE

Les chemins de câbles métalliques constituent une excellente protection contre le champ magnétique de la foudre en présentant l'avantage de ne pas nécessiter de maintenance contrairement aux parafoudres.

Pour lutter contre la foudre et contre les perturbations électromagnétiques en général, une des principales règles consiste à accompagner les câbles de données par des masses interconnectées. Pour cela, TOUS les chemins de câbles métalliques quelle que soit leur fonction doivent assurer une continuité électrique de bout en bout et être interconnectés entre eux lors des croisements. Cette technique permet de diviser les courants perturbateurs et de réduire leurs effets.

### 7.4.2. LES PARAFOUDRES

La deuxième façon de se protéger contre le champ magnétique de la foudre est de placer des parafoudres à la sortie de l'autocom et éventuellement sur les appareils alimentés (fax, PC avec modem...). Il est possible raisonnablement faire l'impasse sur la protection des terminaux, mais pas sur celle de l'autocom qui est toujours un élément stratégique de l'organisme ou de l'entreprise.

## 7.5. LES LIGNES INTERNES SORTANT D'UN BATIMENT

Pour la sécurité des personnes, tous les bâtiments doivent être interconnectés par un conducteur de cuivre de 50 mm<sup>2</sup>. Ce conducteur participant aussi à la protection contre la foudre.

Ces lignes internes concernent celles des systèmes suivants : VDI, SSI, GTC, anti-intrusion, contrôle d'accès, vidéo, téléphonie.

### 7.5.1. CABLES NON ECRANTES

Protéger systématiquement le câble à ses deux extrémités par des parafoudres.

### 7.5.2. CABLES ECRANTES

Les écrans doivent être raccordés aux châssis des équipements à leurs deux extrémités.

## 8. SSI : SYSTEMES DE SECURITE INCENDIE

L'alimentation électrique d'une centrale incendie sera équipée de parafoudres (Type 2 Up=1500 V, I<sub>max</sub>=10 kA) si elle est équipée d'un modem, ou si un des bus sort du bâtiment.

Les bus de capteurs, de sirènes, d'asservissements ou de modules déportés, qu'ils soient en étoile ou en boucle, doivent être câblés avec du câble blindé ou écranté. En effet, le fait d'être en étoile rend l'installation sensible aux variations de champ électrique lors du choc de foudre (en général ce sont les lignes des capteurs des étages supérieurs qui sont alors endommagés). S'ils sont en boucle, les bus sont d'avantage sujet à la variation de champ électrique et au champ magnétique qui induira une tension dans la surface de boucle verticale constituée par chaque bus.

Le blindage ou écrantage des bus sera raccordé impérativement au châssis de la centrale ou au châssis des modules déportés qui seront obligatoirement métalliques. A l'autre extrémité, l'écran ou le blindage sera raccordé à la masse métallique de l'appareil. Pour protéger les capteurs qui sont la plupart du temps en plastique, assurer la continuité de l'écran sur le bornier du capteur.

Lorsque le système est équipé d'un modem, placer un parafoudre sur la ligne télécom.

## 9. CONTROLES D'ACCES

Pour les bus, voir le paragraphe 5.1.3 LES LIGNES COURANTS FAIBLES.

Dans tous les cas, utiliser des câbles écrantés ou blindés.

### 9.1. Les barrières

La particularité se trouve dans la boucle enterrée qui détecte les véhicules. Elle est sensible aux différences de potentiel de sol, il faut donc poser un parafoudre en mode commun sur chaque fil.

Installer également un parafoudre sur l'alimentation électrique.

### 9.2. Les lecteurs de badge

Raccorder les écrans des câbles de données aux châssis des automates et au châssis des lecteurs.

Placer des parafoudres sur l'alimentation électrique des lecteurs de badge.

### 9.3. Les lecteurs mains libres

L'antenne des lecteurs étant une boucle, elle peut être endommagée par le champ magnétique de la foudre, donc en théorie cette antenne doit être équipé d'un parafoudre en mode différentiel.

Cependant le risque étant faible, il ne semble pas utile de le faire systématiquement.

## 10. GTC, GTB

Concernant le raccordement des bus, se reporter au paragraphe 5.1.3 LES LIGNES COURANTS FAIBLES.

Les capteurs étant des éléments sensibles aux perturbations, le principe est d'utiliser du câble écrané raccordé au châssis de l'automate.

## 11. ANTI-INTRUSION

La mise en œuvre des bus, est expliquée au paragraphe 5.1.3 LES LIGNES COURANTS FAIBLES.

Même principe que des capteurs, les radars et les sirènes seront câblés avec du câble écrané. Ils seront raccordés au châssis de l'équipement et au zéro volt du radar ou de la sirène.

## 12. RECEPTION HERTZIENNE ET SATELLITAIRE

Les dégâts constatés se situent souvent sur les étages d'entrée des amplificateurs et répartiteurs placés près de l'antenne.

Le principe de la protection est de placer une tôle derrière l'ensemble, de raccorder les blindages des coaxiaux sur cette tôle et de placer un parafoudre secteur (Type 2  $U_p=1500$  V,  $I_{max}=10$  kA) sur cette même tôle. En option, il est possible de mettre un parafoudre coaxial sur l'entrée antenne de l'amplificateur.

## 13. RECEPTION PAR LE RESEAU CABLE PUBLIC

Lorsqu'un bâtiment reçoit les émissions par un coaxial venant du domaine public :

- Raccorder le blindage du coaxial à la terre dès son entrée dans le bâtiment,
- Placer un parafoudre coaxial à l'entrée du premier appareil auquel est connecté ce coaxial,
- Placer un parafoudre secteur sur cet appareil (Type 2 Up=1500 V, I<sub>max</sub>=10 kA).

## 14. REGLES DE CHOIX DES PARAFOUDRES

Les parafoudres se choisissent en fonction de leur efficacité bien sûr, mais aussi en fonction de leur aptitude à assurer une protection durable dans le temps, car les systèmes électroniques doivent être continuellement protégés.

### 14.1. CARACTERISTIQUES GENERALES DES PARAFOUDRES

Le fabricant du parafoudre doit certifier la conformité de son matériel à la norme NF EN 61643-11 qui remplace désormais la norme NF C 61-740.

**Type 1 :** Appelé protections primaires (souvent en tête d'installation, dans le TGBT). Ces parafoudres sont conçus et testés pour un courant de choc principal de foudre de forme **10/350** (front de montée 10 µs, largeur à mi-hauteur 350 µs).

**Type 2 :** Appelé protections secondaires (souvent situés dans les tableaux électriques divisionnaires en présence de parafoudre de Type 1). Ces parafoudres sont conçus et testés pour un courant de choc résiduel de foudre de forme **8/20** (front de montée 8 µs, largeur à mi-hauteur 20 µs).

Les parafoudres de Type 1 ont donc une capacité énergétique d'écoulement des courants de chocs nettement plus élevés que les Type 2. Le facteur multiplicateur est d'environ 10.

Les caractéristiques techniques des parafoudres sont définies par les abréviations suivantes :

**Uc** : tension maximale de régime permanent  $U_c$  que peut supporter le parafoudre entre conducteurs actifs et terre. Quel que soit le régime de neutre, cette tension doit être supérieure ou égale à 500 volts.

**Up** : niveau de protection du parafoudre s'exprimant en kV. Le parafoudre est chargé d'écarter les surtensions supérieures à  $U_p$ . Ces niveaux de protection sont normalisés : 2,5 kV, 2 kV, 1,8 kV, 1,5 kV, 1,2 kV et 1,0 kV. On trouve également couramment des modèles avec un  $U_p$  de 500 V.

**In** : courant nominal du parafoudre correspondant à un courant d'écoulement qu'il pourra supporter 10 ou 20 fois. Ce courant se situe entre 25 et 50 % du courant maximal.

**Iimp** (pour parafoudre de type 1): courant maximal, en onde 10-350, d'écoulement du parafoudre correspondant à un coup de foudre qui le met hors d'usage.

**I<sub>max</sub>** : (pour parafoudre de type 2) courant maximal d'écoulement du parafoudre correspondant à un coup de foudre qui le met hors d'usage.

**Ic** : courant de fonctionnement permanent : courant dans le parafoudre en l'absence de défaut lorsqu'il est soumis à sa tension  $U_c$ .

**Icc** : courant de court-circuit interne admissible : courant maximal pouvant transiter dans un parafoudre lors d'un défaut de ce dernier.

**If** : pouvoir d'extinction du courant de suite. Cette notion s'applique uniquement aux parafoudres ayant un courant de suite (exemple : parafoudre à éclateur). C'est le courant de court-circuit que le parafoudre est capable d'interrompre par lui-même sans l'aide de son dispositif de protection associé. Dans ce cas, cette valeur doit être supérieure au courant maximal de court circuit présumé au point d'installation.

Il est nécessaire de vérifier que  $U_p$  est supérieur à la tension nominale du réseau et inférieur à la tenue des matériels. Ainsi, l' $U_p$  d'un parafoudre de tête dans une installation domestique ou d'un bâtiment tertiaire est inférieur ou égal à 2,5 kV.

Les parafoudres secteur doivent avoir une fin de vie en circuit ouvert avec signalisation mécanique de leur mise hors service lors d'une surcharge. Si une transmission d'alarme est souhaitée, la fibre optique s'impose. Si une transmission d'alarme ne peut pas être gérée, la mise en parallèle de plusieurs parafoudres améliore la protection car lorsqu'un module est mis hors service par un choc trop violent, un autre prend le relais. Le contrôle visuel de l'état des parafoudres devient alors moins urgent.

Un *disjoncteur différentiel de type S* sera placé en amont de l'alimentation électrique générale, afin d'éviter des déclenchements intempestifs sur choc de foudre.

Un montage en cascade est un excellent moyen d'améliorer la protection. Au tableau électrique général (TGBT), il est possible de monter une protection primaire constituée de parafoudres pouvant écouler plus de 10 kA (valeur crête 10/350) avec une tension résiduelle égale ou supérieure à 1,5 kV. Dans les tableaux électriques de distribution des zones à protéger, il sera placé des protections secondaires constituées de parafoudres pouvant écouler moins de 10 kA (valeur crête 8/20) avec une tension résiduelle égale ou inférieure à 1,5 kV.



Si la distance entre la protection primaire et la protection secondaire est inférieure à 10 mètres, placer une self d'environ 10  $\mu$ H entre les deux.

La différence de prix étant minime, pour faciliter la maintenance (réduction du nombre de références à tenir en stock pour le remplacement), il est possible de monter des protections du même modèle partout à condition que la tension résiduelle ne dépasse pas 1,5 kV.

## 14.2. REGLES PARTICULIERES POUR LES PARAFOUDRES EN PRESENCE DE PARATONNERRES

Lors de la présence d'un ou de plusieurs paratonnerres sur un site, il est obligatoire d'installer en tête d'installation des parafoudres de type 1 (NF C 15-100 édition 2002) d'au moins 12,5 kA.

En présence de paratonnerres, les conducteurs de terre des parafoudres doivent avoir une section minimale de 10 mm<sup>2</sup> en cuivre, et le courant nominal du parafoudre doit être choisi de préférence égal à 20 kA.

## 14.3. LES PARAFOUDRES COURANT FAIBLE

Les parafoudres courants faibles seront à double étage en mode commun avec des diodes transil comme second étage. Le premier étage permet un écoulement important (5 kA) grâce à ses éclateurs à gaz. Derrière une impédance, le deuxième étage à diodes transil élimine les résiduelles et surtout a une fin de vie en court-circuit qui, d'une part assure la protection du matériel tant que le module parafoudres n'est pas remplacé, et d'autre part informe par une interruption de service que la protection est détruite.

Dans les 2 cas de figure, prévoir des modules de rechange à proximité.

Pour les parafoudres courants faibles il est recommandé de choisir la référence exacte avec le vendeur de parafoudres *et* avec le fournisseur de l'équipement à protéger. En sollicitant l'avis de ce dernier, on se prévient des problèmes relationnels en cas de pannes inhabituelles qui entraînent presque toujours un rejet de responsabilité sur un autre intervenant.

## 15. LE PARATONNERRE

La Région Rhône Alpes a fait le choix de ne pas mettre de paratonnerres sur ses établissements du fait que leur rôle est uniquement de protéger la structure du bâtiment, c'est-à-dire le béton, qui n'en a pas besoin.

## 16. LA TERRE ET LA FOUDRE

**Pendant longtemps il a été préconisé une terre de moins de 10 ohms pour réaliser une bonne protection contre la foudre. Dans la pratique, la valeur de la terre n'influe pas vraiment sur l'efficacité de la protection. C'est pour cette raison que les nouvelles normes européennes NF EN 62305 (4 parties), qui remplacent notamment la NF C 17-100, n'imposent plus de valeur particulière.**

## 17. CONCLUSION

La mise en œuvre de ces préconisations, qui ne sont pas très difficiles à exécuter sur site et qui ne sont pas non plus très coûteuses par rapport aux conséquences financières des dégâts dus à la foudre et par rapport à la gêne engendrée dans l'exploitation, assurera une protection à 90 % et permettra une économie non négligeable.

## 18. ANNEXES

### 18.1. BIBLIOGRAPHIE

"Parasites et perturbations des électroniques" et « Compatibilité électromagnétique » de Monsieur CHAROY aux éditions DUNOD.

### 18.2. ILLUSTRATIONS

22 illustrations

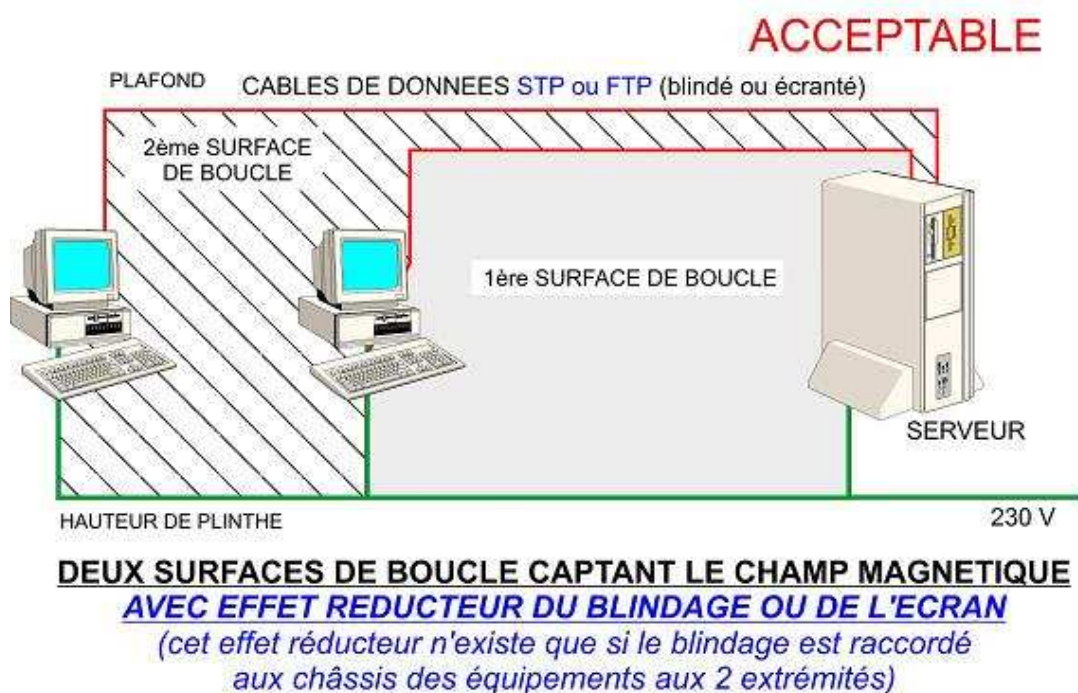
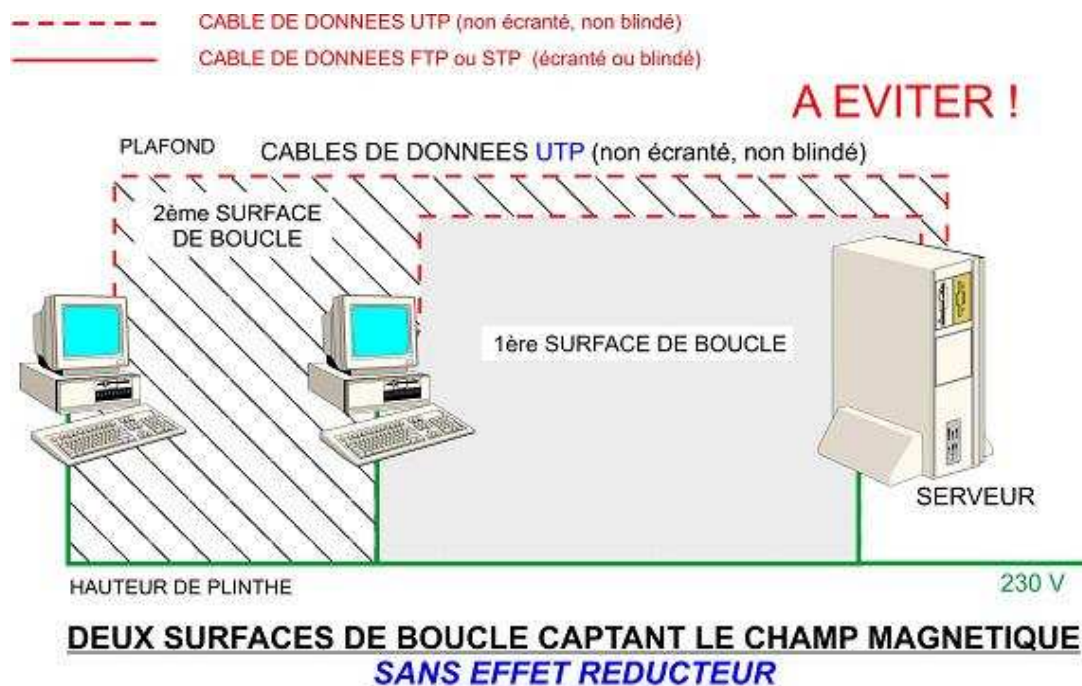


Figure 1 LES SURFACES DE BOUCLES

--- CABLE DE DONNEES UTP (non écrané, non blindé)  
 — CABLE DE DONNEES FTP ou STP (écrané ou blindé)

Une des règles fondamentales de compatibilité électromagnétique dit qu'il faut rapprocher les câbles d'un même système.

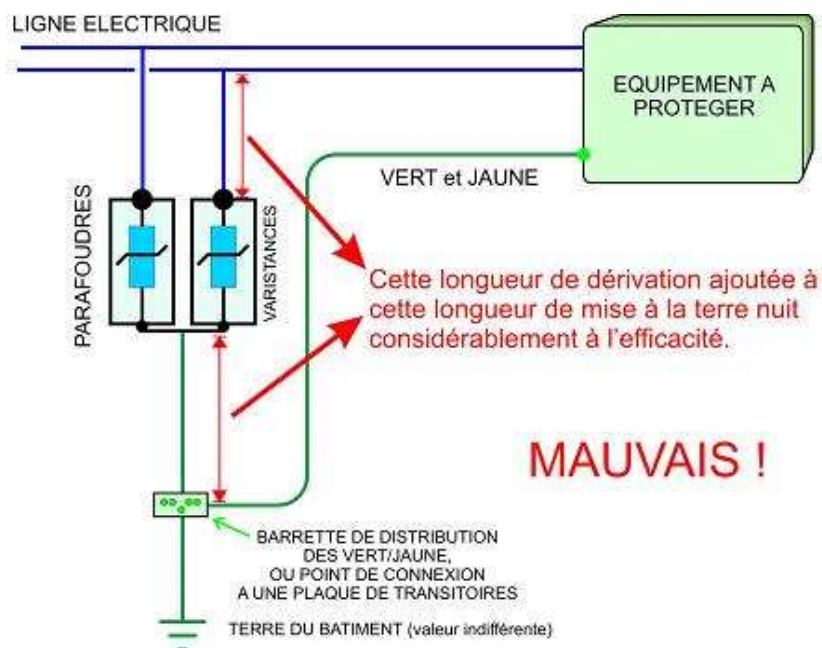


**SUPPRESSION DES SURFACES DE BOUCLE  
 SANS EFFET REDUCTEUR SUPPLEMENTAIRE**

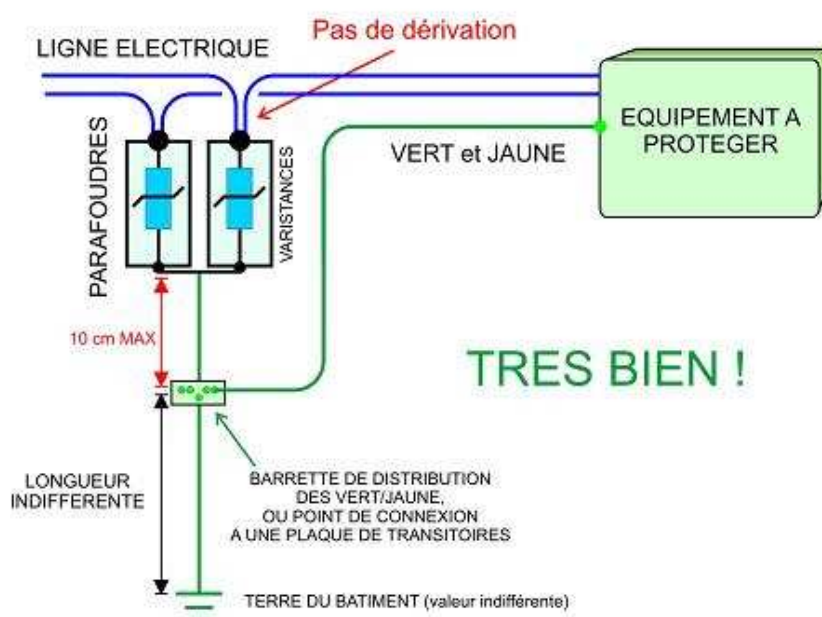


**SUPPRESSION DES SURFACES DE BOUCLE  
 AVEC EFFET REDUCTEUR DU BLINDAGE OU DE L'ECRAN**

Figure 2 REDUCTION DES SURFACES DE BOUCLES



## **MAUVAIS CABLAGE DES PARAFONDRES**



## **BON CABLAGE DES PARAFONDRES**

Figure 3 CABLAGE DES PARAFONDRES



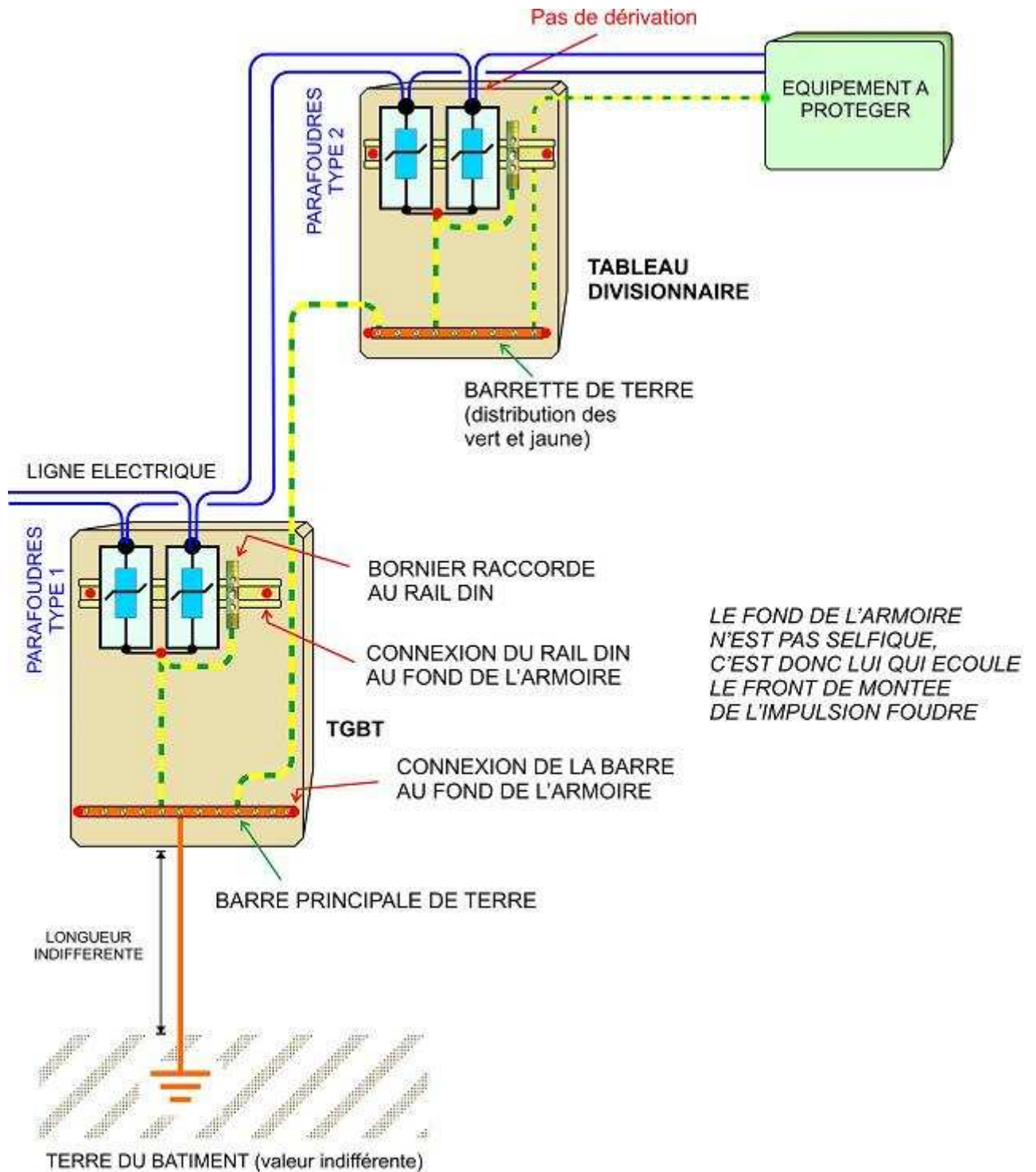
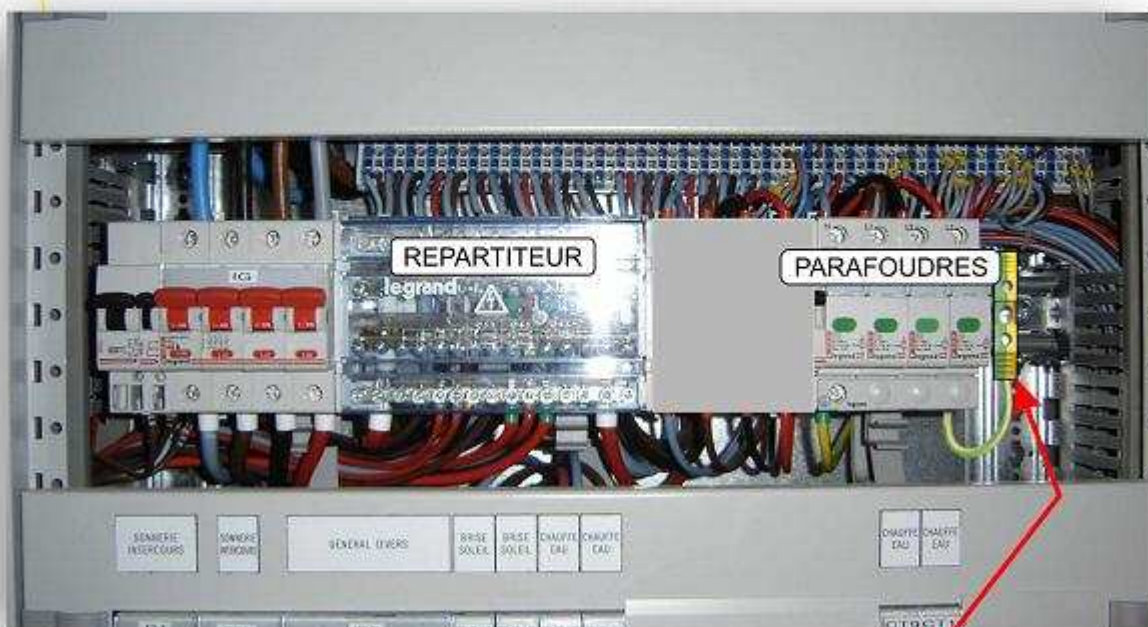


Figure 4 CABLAGE DES PARAFOUDRES



LE CABLAGE "AMONT" DES PARAFOUDRES EST COURT DU FAIT DE LA PROXIMITE DU REPARTITEUR.  
LE CABLAGE "AVAL" EST COURT EGALEMENT GRACE AU BORNIER DE TERRE.



BORNIER DE MISE A LA TERRE  
DES PARAFOUDRES

**TABLEAU ELECTRIQUE DIVISIONNAIRE :  
BON POSITIONNEMENT DES PARAFOUDRES  
PERMETTANT UN CABLAGE OPTIMAL**

**Figure 5 CABLAGE DES PARAFOUDRES**

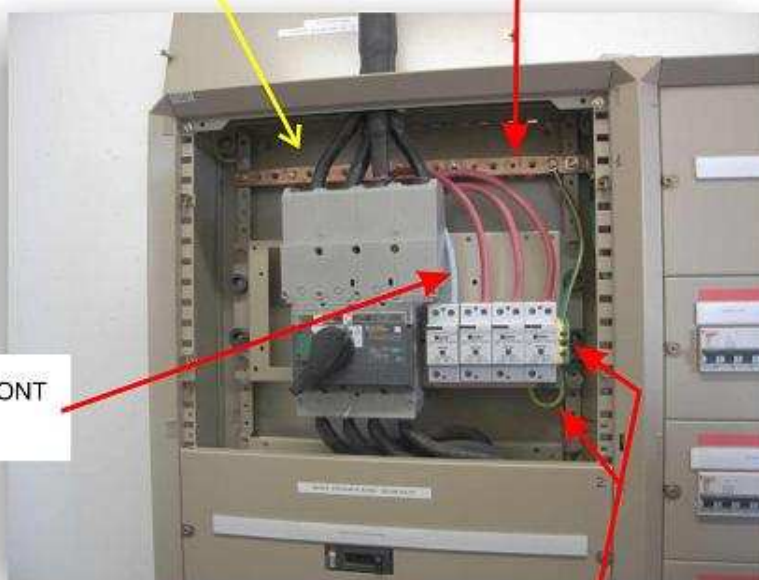




POUR QUE LE CABLAGE AMONT DES PARAFODRES SOIT OPTIMAL, IL FAUT SOUVENT PLACER LES PARAFODRES EN HAUT DES ARMOIRES.

COMME LES BARRETTES DE TERRE SONT EN GENERAL EN BAS DES ARMOIRES, IL FAUT REALISER UN RACCORDEMENT DIRECT AU CHASSIS DE L'ARMOIRE POUR SUPPRIMER L'IMPEDANCE D'UN LONG VERT ET JAUNE

UNE BARRETTE DE TERRE SUPPLEMENTAIRE A ETE AJOUTEE



LA DERIVATION AMONT EST COURTE

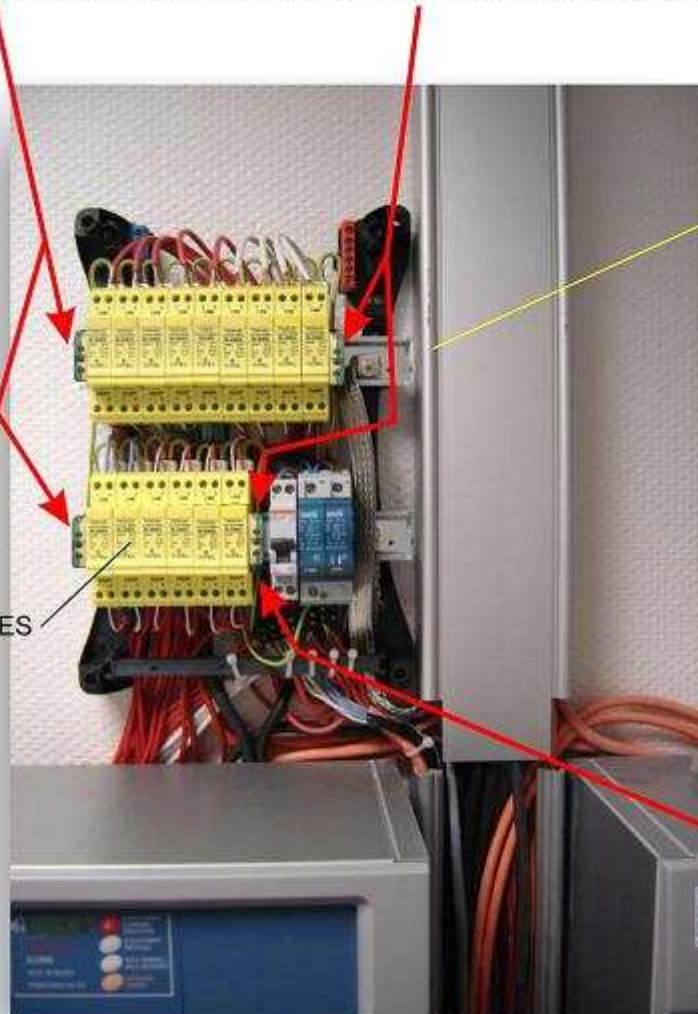
LE RACCORDEMENT AU CHASSIS DE L'ARMOIRE SE FAIT PAR LE BORNIER, LA LAISON EST DONC TRES COURTE.  
C'EST DANS CE RACCORDEMENT QUE SE TROUVE L'EFFICACITE DU PARAFODRE.

**Figure 6 EXEMPLE DE POSITIONNEMENT DES PARAFODRES DANS UNE ARMOIRE ELECTRIQUE**

LES PARAFOUDRES SONT FIXES SUR DES RAILS DIN  
EUX-MEMES FIXES SUR UNE TOLE.

CHAQUE RANGEE DE PARAFOUDRES COURANT FAIBLES EST RACCORDEE  
A 2 BORNIERES DE TERRE DIRECTEMENT EN CONTACT AVEC LES RAILS DIN.

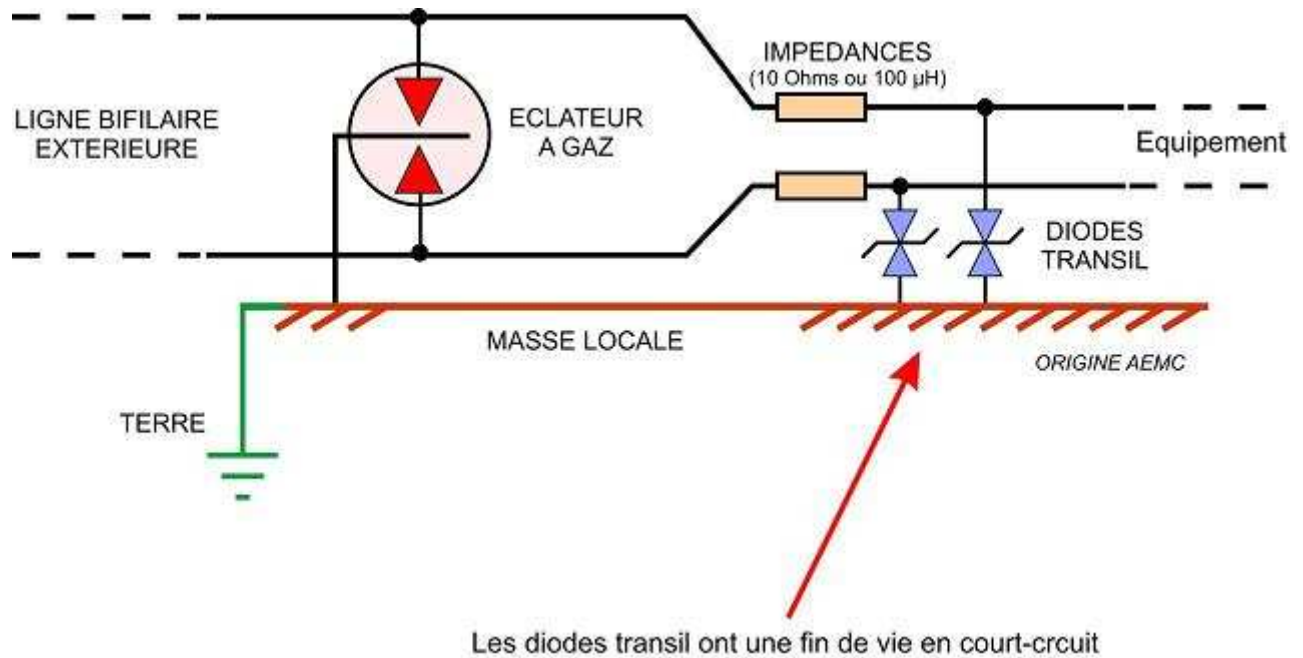
PARAFOUDRES  
COURANTS  
FAIBLES



PARAFOUDRE  
SECTEUR RACCORDE  
SUR LE BORNIER

LES RAILS DIN SONT RACCORDES AU CHASSIS DE  
L'EQUIPEMENT A PROTEGER AVEC DES TRESSSES  
TRES COURTES

**Figure 7 EXEMPLE DE RACCORDEMENT DES PARAFOUDRES A LA MASSE**



**Figure 8 PARAFOUDRE COURANT FAIBLE A DOUBLE ETAGE EN MODE COMMUN**

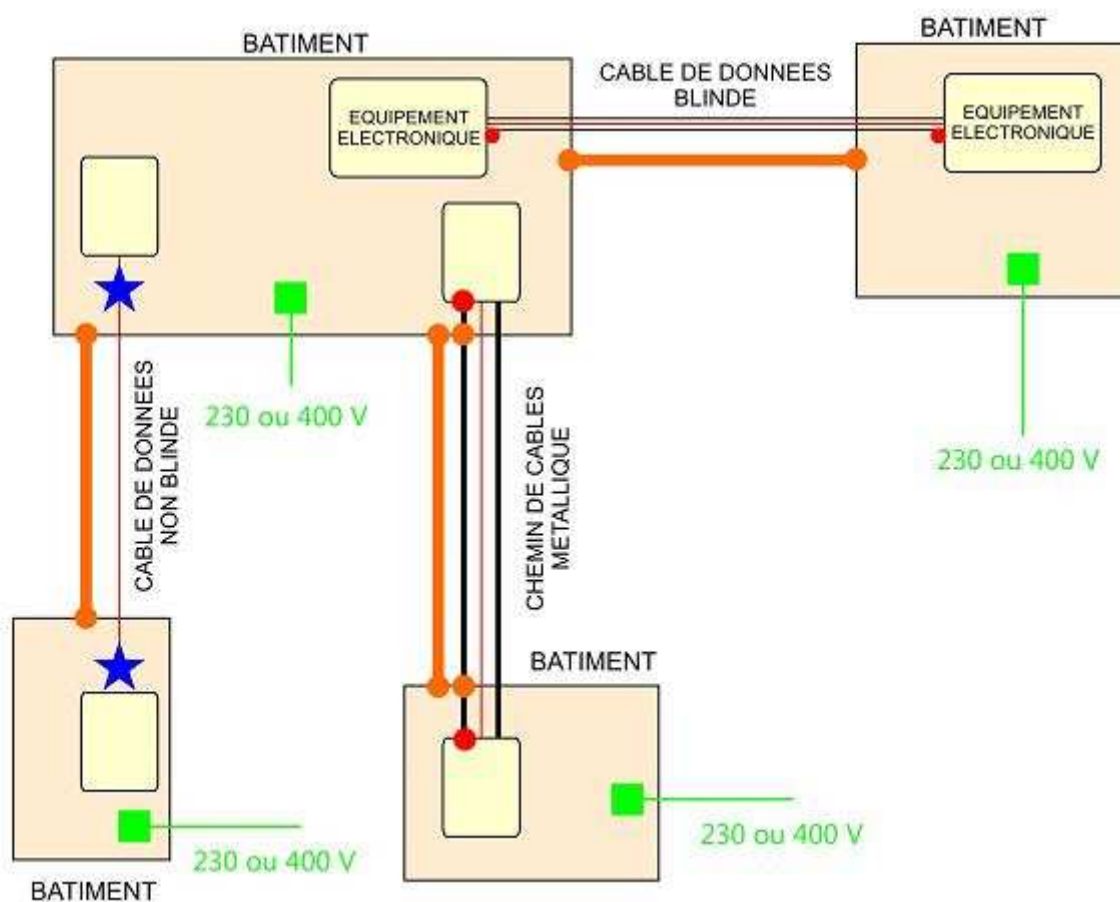


Figure 9 PROTECTION D'UN CAMPUS



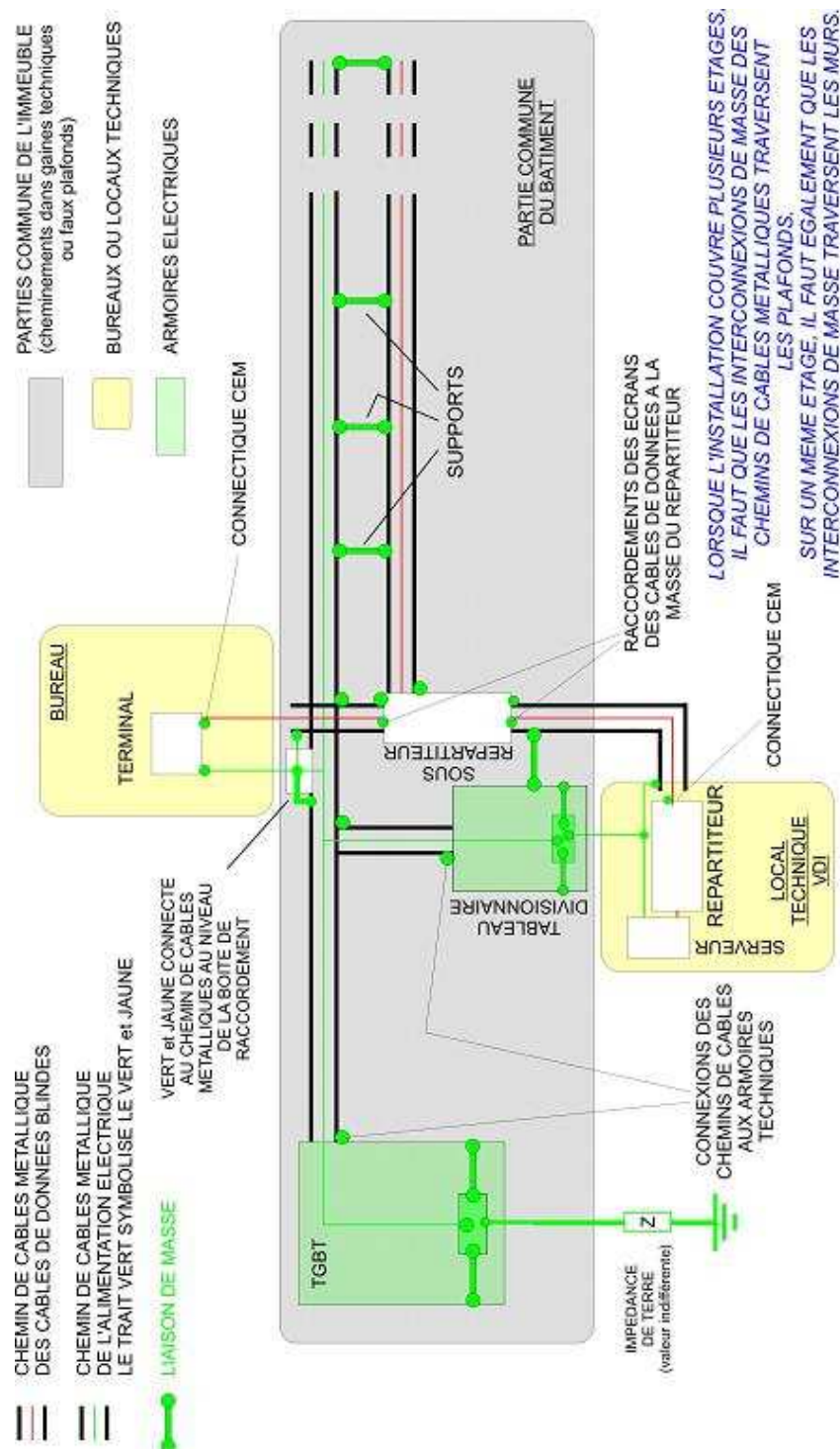
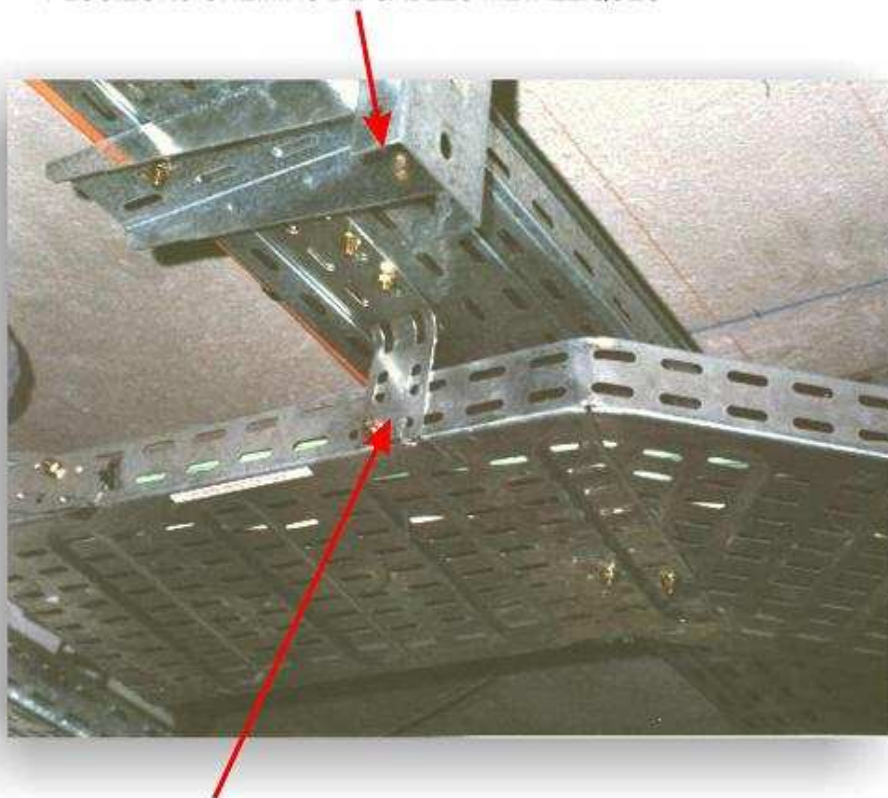


Figure 10 MAILLAGE DES MASSES DANS UN IMMEUBLE TERTIAIRE (Réseau VDI)



CES SUPPORTS EN EQUERRE PRESENTENT L'AVANTAGE D'ASSURER  
UNE CONNEXION ELECTRIQUE INFERIEURE AU MILLIOHM  
CE QUI REALISE UN EXCELLENT MAILLAGE LORSQU'ELLES SUPPORTENT  
PLUSIEURS CHEMINS DE CABLES METALLIQUES

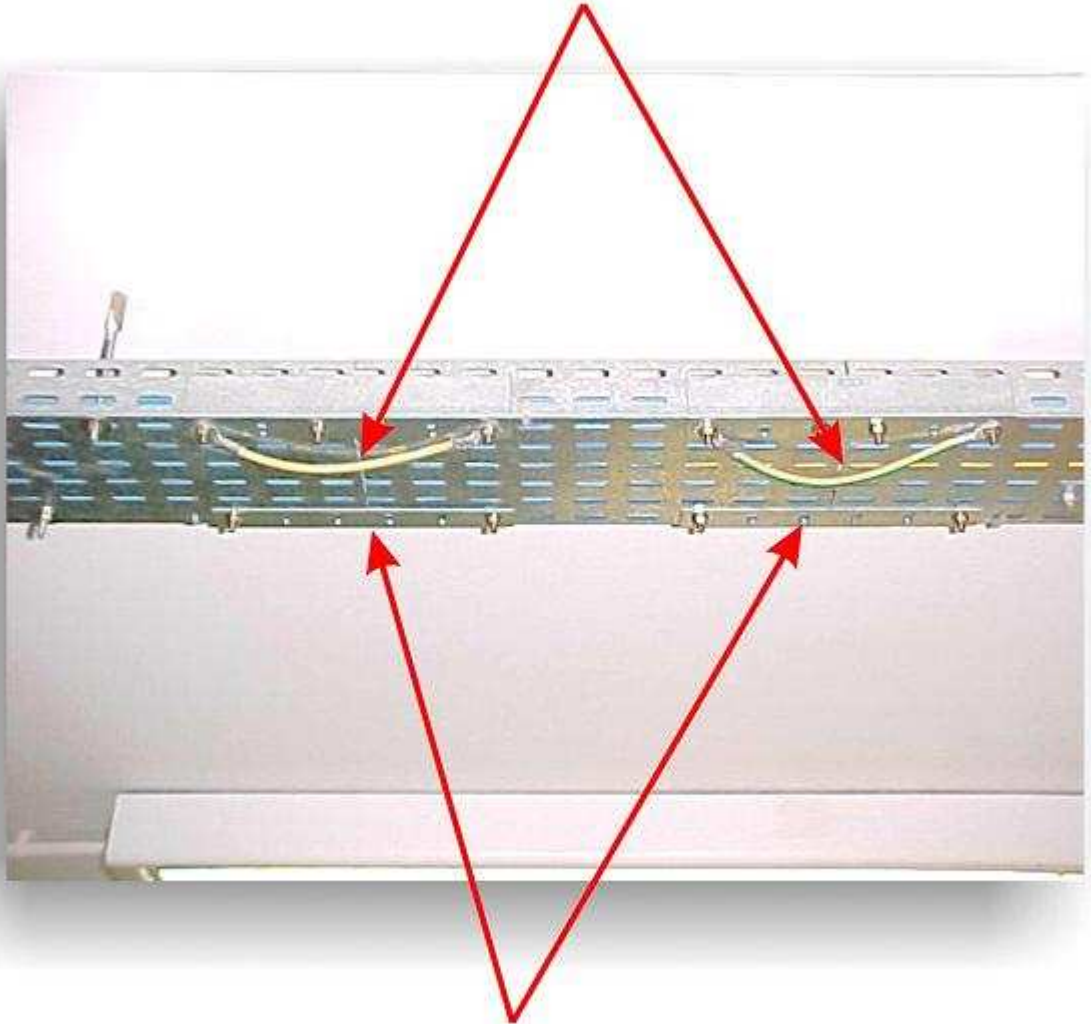


CETTE PATTE LARGE ET COURTE EST UNE TRES BONNE INTERCONNEXION  
POUR LUTTER CONTRE LES PARASITES HAUTES FREQUENCES

**EXCELLENTS MONTAGES !**

**Figure 11 CHEMINS DE CABLES METALLIQUES: INTERCONNEXIONS**

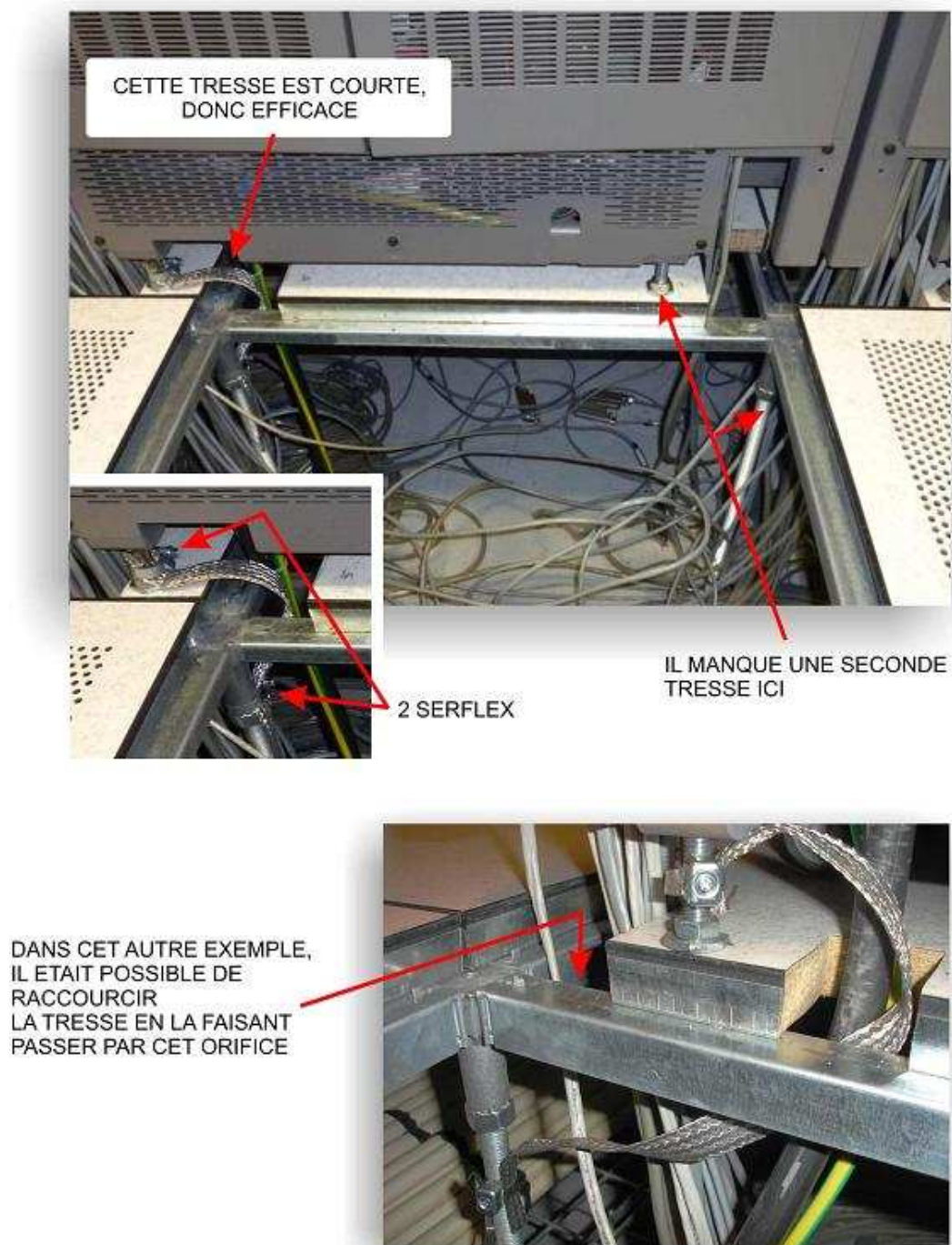
CES CONDUCTEURS VERT-ET-JAUNE  
EN PARALLELE AVEC LES ECLISSES  
**NE SONT PAS NECESSAIRES**



LES ECLISSES SONT DE MEILLEURS CONDUCTEURS  
AUSSI BIEN EN BASSE FREQUENCE  
QU'EN HAUTE FREQUENCE

Figure 12 CONTINUITE DES CHEMINS DE CABLES METALLIQUES





**Figure 13 EXEMPLES DE RACCORDEMENTS DE MASSE DU CHASSIS D'UNE BAIE A UN PLANCHER TECHNIQUE**



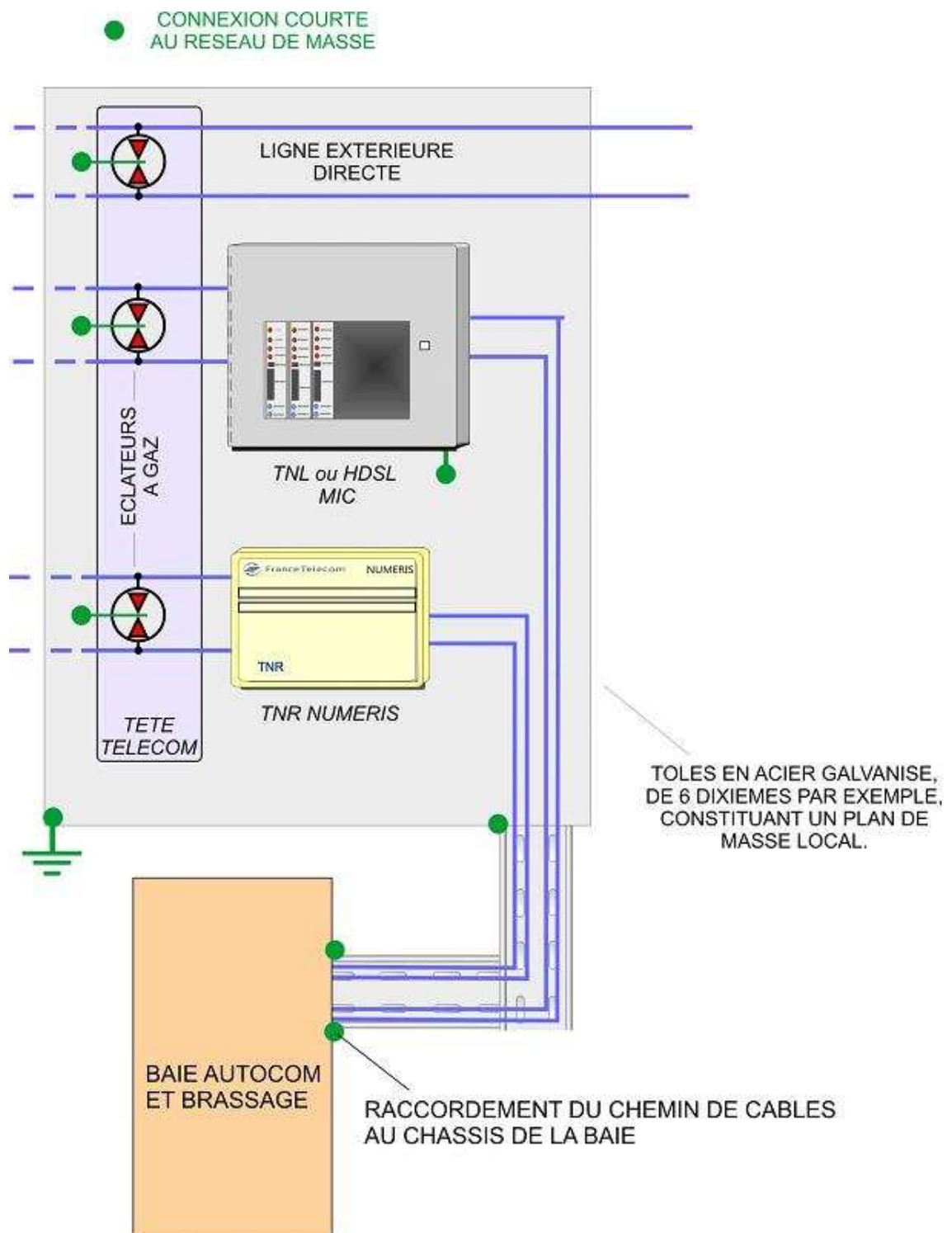
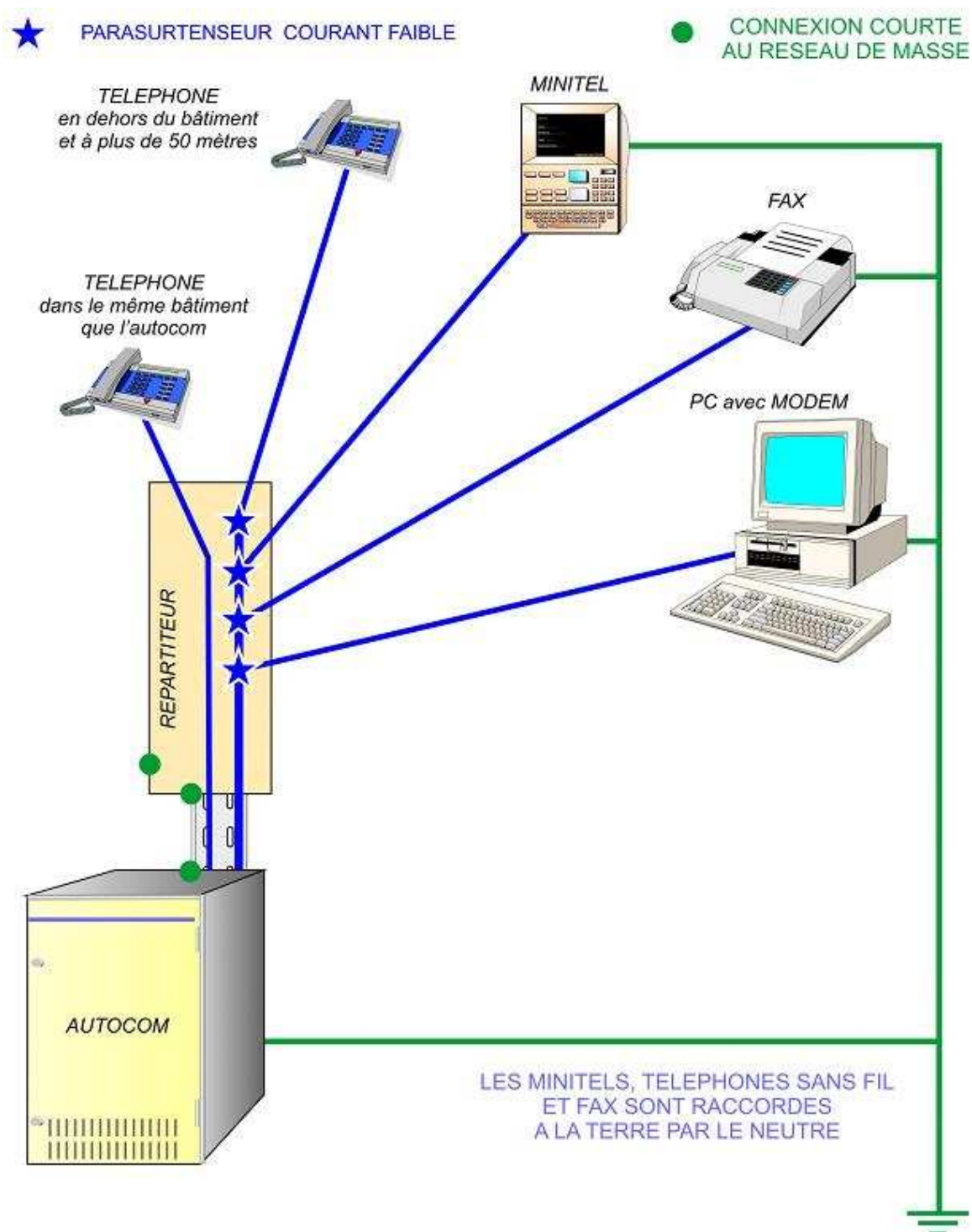
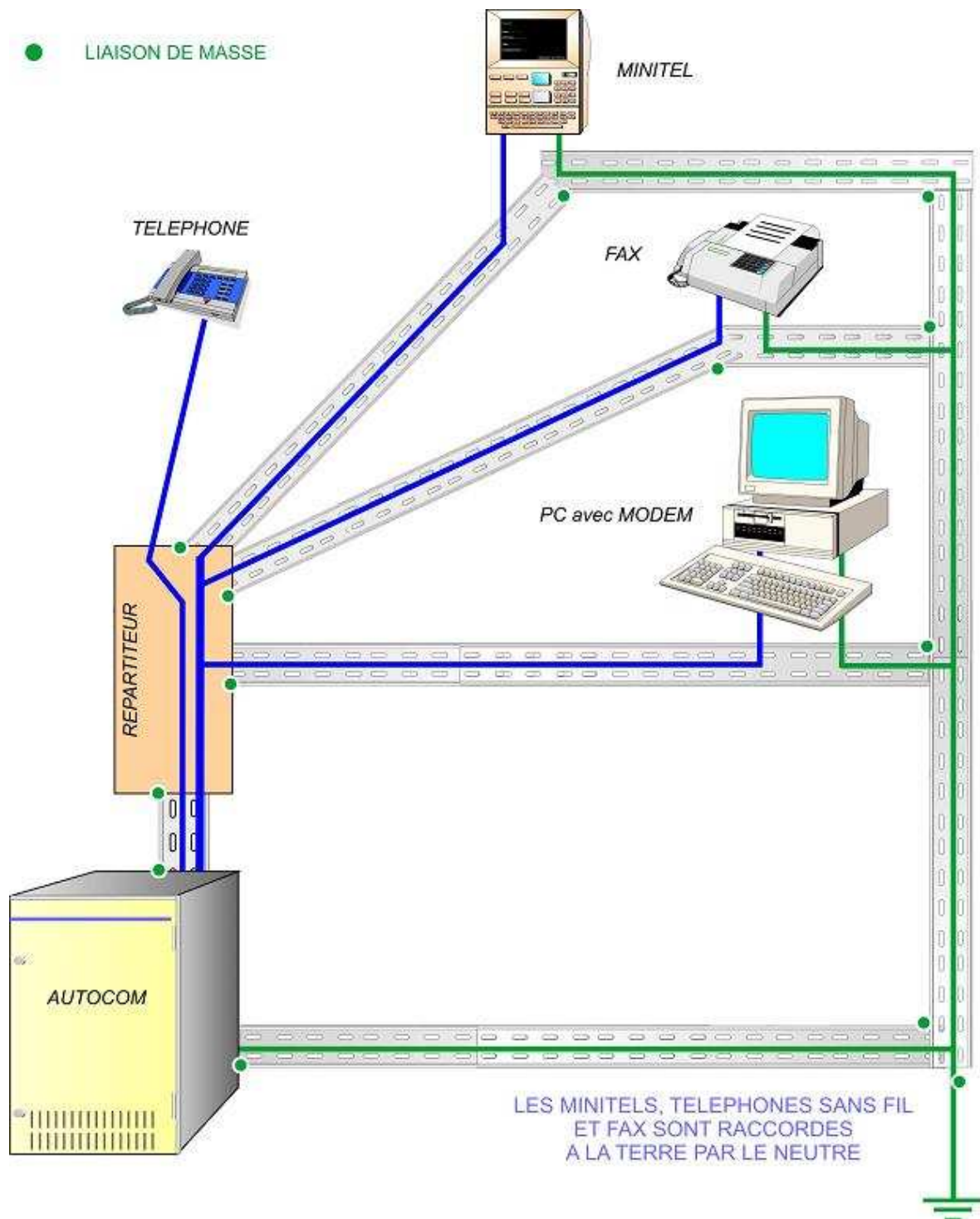


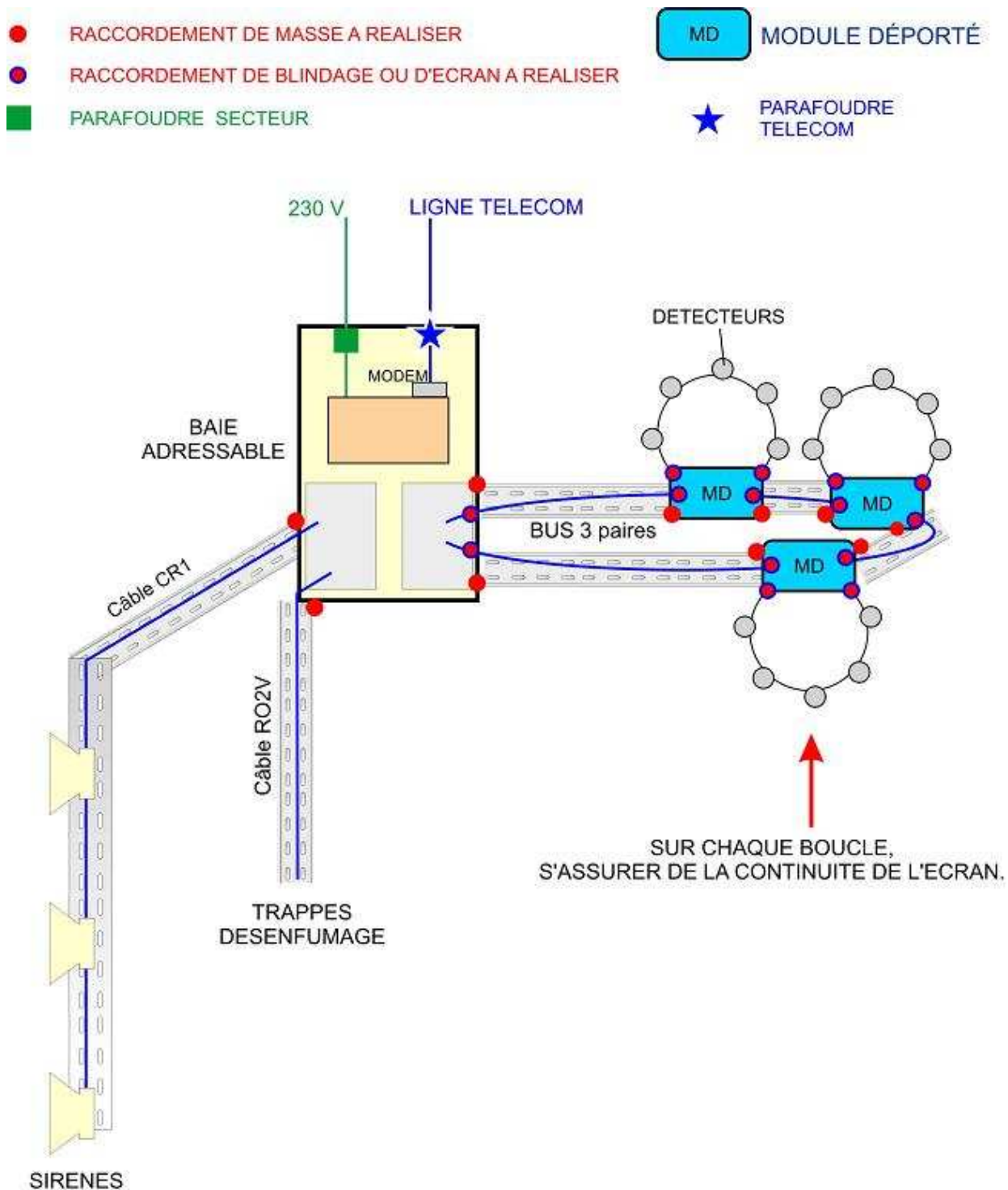
Figure 14 PROTECTION Foudre EN AMONT D'UN AUTOCOMMUTATEUR



**Figure 15 : PROTECTION Foudre PAR PARASURTENSEURS EN AVAL D'UN AUTOCOM**



**Figure 16 PROTECTION ELECTROMAGNETIQUE PAR CHEMIN DE CABLES METALLIQUES EN AVAL D'UN AUTOCOM**



**Figure 17 SYNOPTIQUE DE PROTECTION Foudre D'UN SYSTEME DE SECURITE INCENDIE**



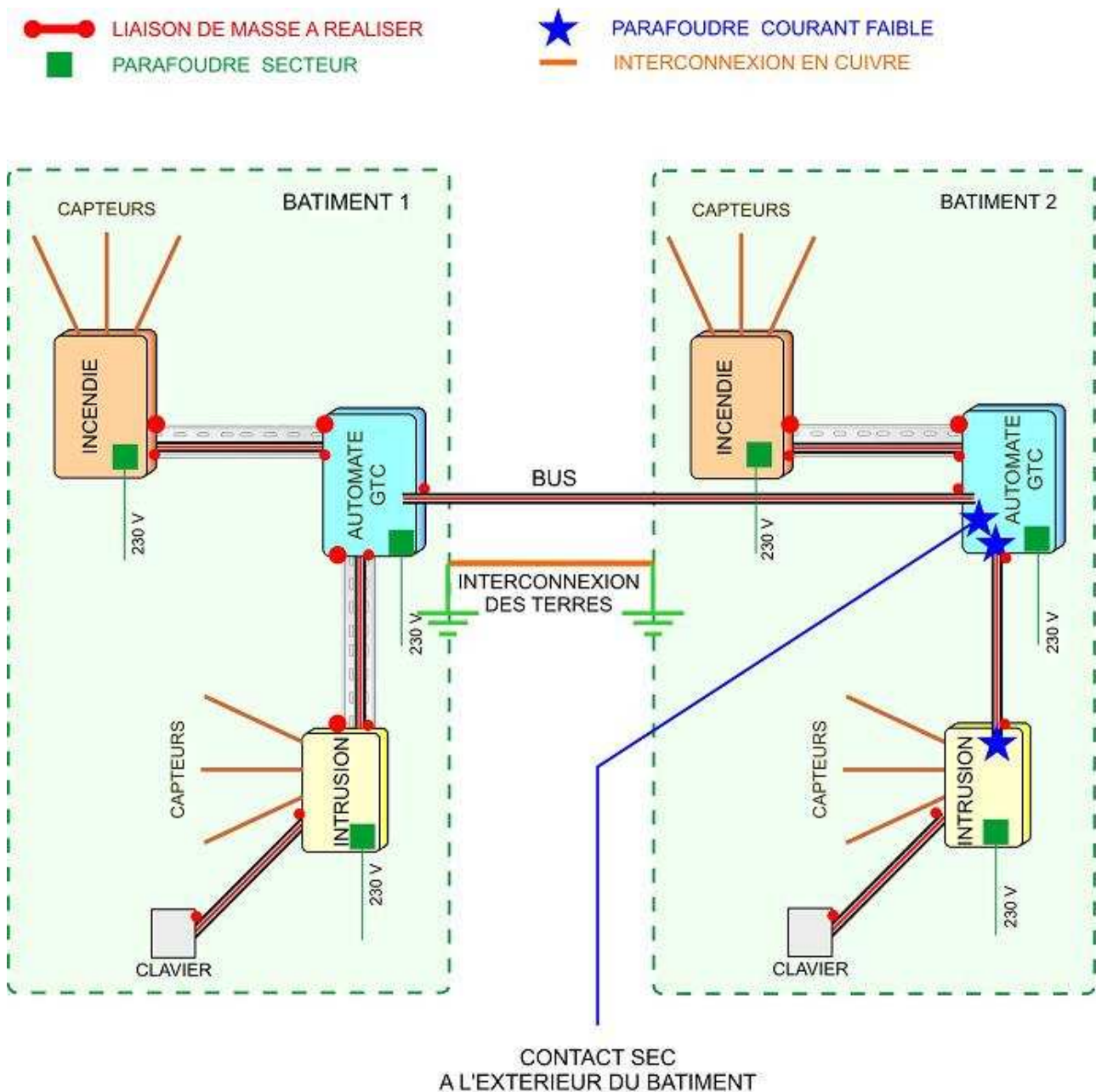
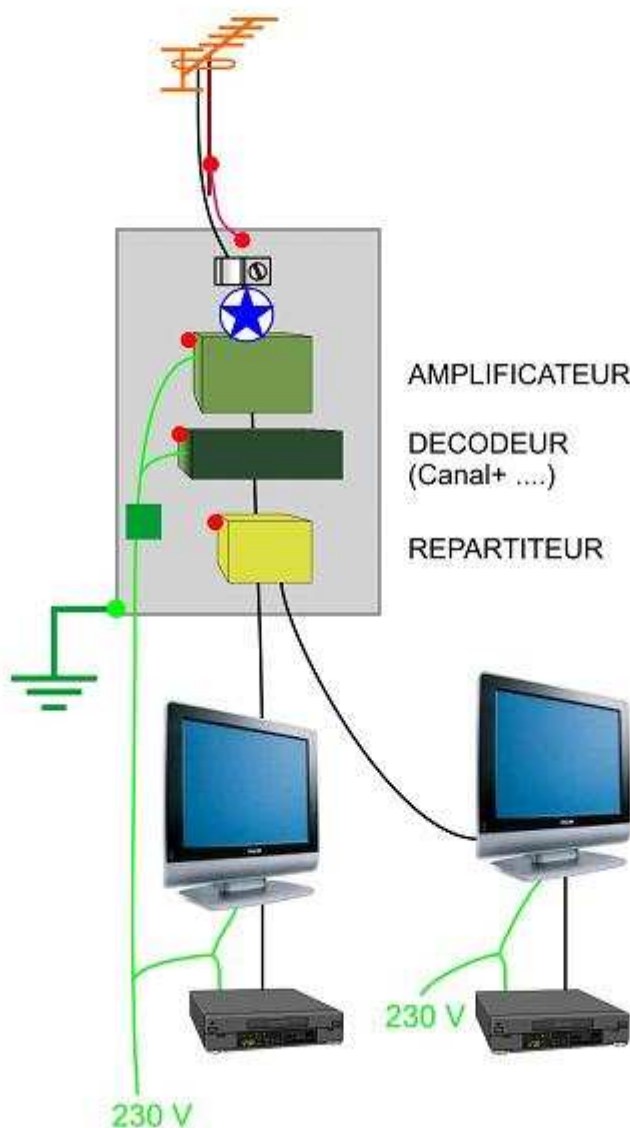


Figure 18 PRINCIPE DE LA PROTECTION FOUDRE  
DU RESAU GTB - GTC



**Figure 19 PROTECTION Foudre DES SYSTEMES HERTZIENS**

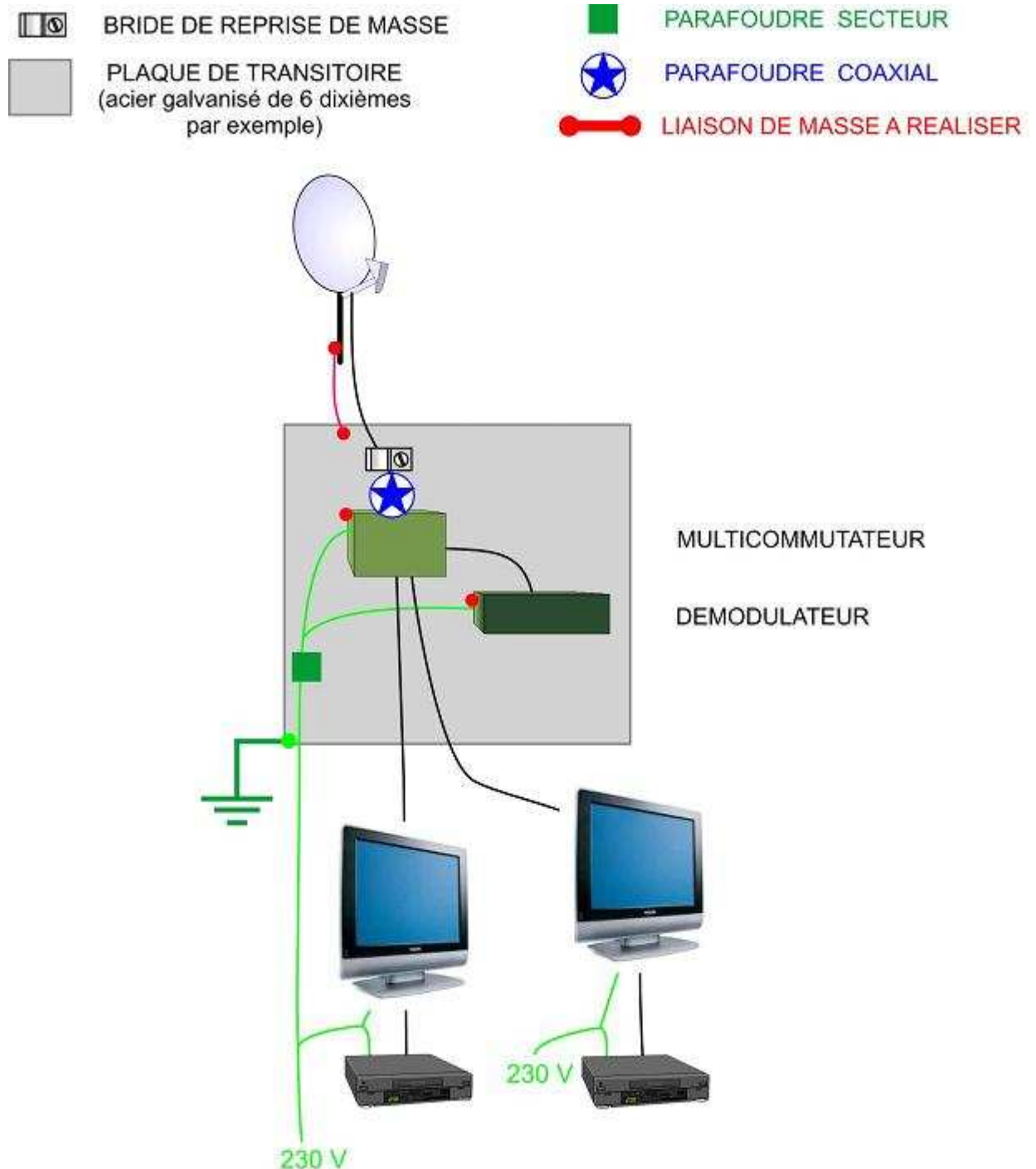
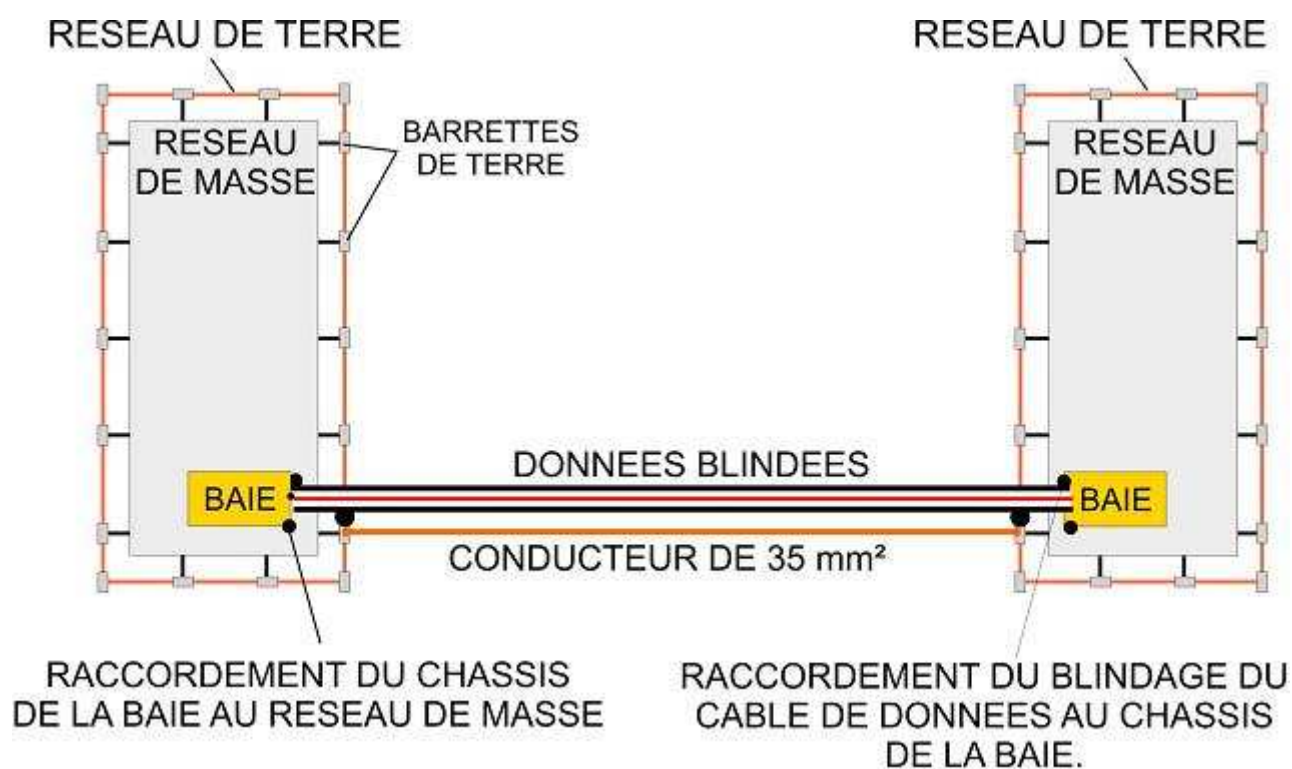
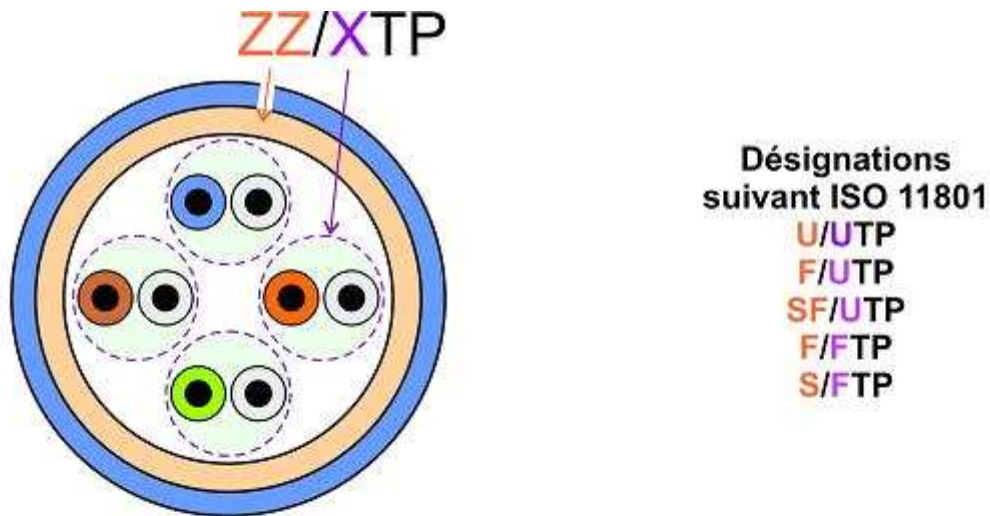


Figure 20 PROTECTION Foudre DES SYSTEMES SATELLITAIRES



**Figure 21 CABLE DE DONNEES BLINDE ENTRE BATIMENTS**





### Désignation des câbles LAN :

- Les nouvelles désignations des câbles LAN ont été publiées dans l'annexe E de la norme norme ISO 11801 Edition 2 de 2002.
- Cette annexe est à titre informative.
- L'objectif est de proposer une désignation standard des câbles LAN sur le marché,
- Toutes les désignations sont sous la forme : ZZ/XTP
- TP = Paire torsadée (Twisted Pair)

**ZZ** =protection générale du câble

**U** = aucun écran (Unshielded)

**F** = écran formé d'un ruban alu/polyester (Foiled screened)

**S** = écran constitué d'une tresse cuivre (braid Screen)

**SF**=association tresse + ruban alu/polyester

**X** =protection de la paire

**U** =pas d'écran sur la paire (Unshielded)

**F**=écran formé d'un ruban alu/polyester (Foiled screened)

Figure 22 DÉSIGNATION DES CÂBLES LAN VDI