

ELECTROTECHNIQUE

# PROTÉGEZ BIEN VOS INSTALLATIONS CONTRE LA Foudre

■ Chaque année, la foudre est responsable de nombreux dégâts matériels et des pertes d'exploitation. Si le parafoudre est nécessaire pour assurer la protection des équipements, il ne suffit pas. Car la foudre se manifeste de différentes manières, ce qui oblige à prévoir plusieurs mesures de protection. Foudre-Protex met ici l'accent sur des solutions à apporter contre les principaux effets de la foudre : les remontées du potentiel des masses de terre, les rayonnements de champs électromagnétiques et enfin les surtensions.

Avec une moyenne de trois chocs par an et par km<sup>2</sup>, il existe une forte probabilité pour qu'un choc de foudre se produise à proximité d'une installation, voire sur l'installation elle-même. Si le foudroiement direct est évidemment le plus dommageable, ses effets le sont presque autant : les effets de la foudre peuvent en effet être ressentis par induction dans un rayon de 1 km et par conduction (surtensions) dans un rayon de 10 km. Les équipements électroniques et les câblages associés, qui sont très sensibles à ces effets, doivent être protégés.

Pour mettre en œuvre les dispositifs de protection les mieux adaptés, il est important de bien comprendre les mécanismes mis en jeu lors d'un coup de foudre.

Rappelons d'abord qu'un coup de foudre est composé de deux phases électriques. En premier lieu, il y a l'électricité électrostatique, et plus précisément un déplacement de charges pour l'établissement du canal de foudre entre le nuage et le sol (phase permettant de comprendre pourquoi un objet non-conducteur peut être foudroyé). En deuxième lieu, il y a un passage d'un courant électrique dans le canal ionisé.

Ce courant électrique peut avoir des conséquences très graves pour les équipements électriques et électroniques. Il peut avoir des effets directs et indirects, conduisant à imaginer plusieurs types de protection. Un de ces effets se

manifeste sous la forme d'une remontée de potentiel des prises de terre des bâtiments, pendant le temps que dure l'écoulement des courants de foudre dans le sol.

## 1 - Plusieurs kilovolts sur les prises de terre

Lorsque le courant de foudre frappe un point au sol, il se répartit dans celui-ci en formant des gradients de potentiel dont l'importance est proportionnelle à la résistivité du sol. Lorsque l'on a affaire à un sol homogène, la valeur  $Ud$  de la différence de tension entre la

tension du point d'impact de la foudre et un point quelconque situé à la distance  $d$  de ce point est donnée par la formule :

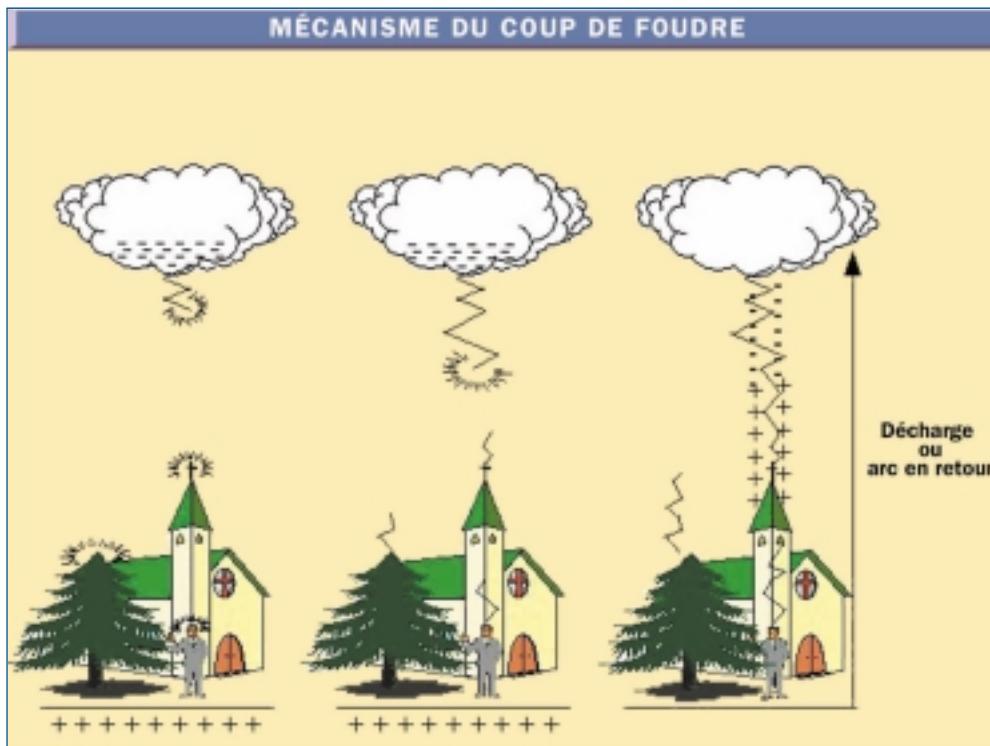
$$Ud = \frac{\rho}{2\pi d} I$$

où  $\rho$  est la résistivité moyenne du sol et  $I$  est l'intensité du courant écoulé. Concrètement, si deux postes ou deux bâtiments se trouvent au voisinage du point d'impact de la foudre, leurs prises de terre seront portées à un potentiel dont la valeur dépendra de leur éloignement par rapport au point d'impact.

Les équipements reliés à la terre de chacun des bâtiments ne seront donc pas au même poten-



La foudre, où qu'elle tombe, induit les gradients de potentiels autour du point d'impact. Si des bâtiments sont situés dans les environs, il peut exister d'importantes différences de potentiel entre les prises de terre.



Un coup de foudre est composé de deux phases électriques. En premier lieu, il y a l'électricité électrostatique : déplacement de charges pour l'établissement du canal de foudre entre le nuage et le sol (phase permettant de comprendre pourquoi un objet non-conducteur peut être foudroyé). En deuxième lieu, il y a passage d'un courant électrique dans le canal ionisé.

tiel : s'il existe une liaison électrique entre eux, la différence de potentiel existante peut être responsable de claquages.

Tout ceci peut être explicité sur un exemple concret. Prenons le cas d'une installation de contrôle d'accès avec un lecteur de badge situé à l'extérieur sur une borne métallique au niveau du portail entrée de l'usine. Ce lecteur est relié par des paires métalliques à un boîtier d'interface (qui est lui-même raccordé à un PC) à l'intérieur de l'usine. Imaginons que la foudre tombe à proximité de ces équipements,

sur un pylône THT (ou un paratonnerre) par exemple. Imaginons que le pylône est localisé à 50 m du bâtiment et à 80 m de la borne de lecture des badges. Considérons un coup de foudre moyen de 25 000 A qui s'écoulerait dans un sol d'une résistivité moyenne de  $100 \Omega\text{m}$  (sol correspondant à de l'humus). Dans ces conditions, la formule  $U = (\rho/2\pi d)I$  permet d'établir que la prise de terre du bâtiment serait portée à 7962 V et que la tension de la borne métallique (qui est de fait reliée au sol) du lecteur de badge serait de 4976 V,

soit une différence de tension de 2986 V entre les deux prises de terre.

On imagine sans peine qu'une telle tension peut provoquer des dommages irréversibles, tant au niveau des électroniques que des câbles de liaison. Pour éviter cela, plusieurs solutions peuvent être envisagées... du moins a priori.

### Blindage du câble raccordé d'un seul côté.

Imaginons que le blindage du câble soit raccordé à la masse du boîtier d'interface de la borne (situé à l'intérieur de l'usine), et donc à la terre du bâtiment (7962 V) va se reporter à l'extrémité du blindage (côté lecteur) tandis que la borne métallique du lecteur va monter à son propre potentiel (4976 V), créant une différence de potentiel de 2986 V entre le blindage du câble de liaison et la masse métallique de la borne. S'il n'y a pas de séparation galvanique suffisante entre la masse métallique de la borne et le blindage du câble, il va y avoir un claquage via la carte électronique du coffret qui permettra de fermer la boucle et de faire circuler un courant.

Ceci perturbera ou détruira l'électronique du lecteur, tout en soumettant le câble de liaison à une contrainte non négligeable (très dommageable s'il n'a pas été prévu pour le passage d'un fort courant).

### Blindage raccordé aux deux extrémités.

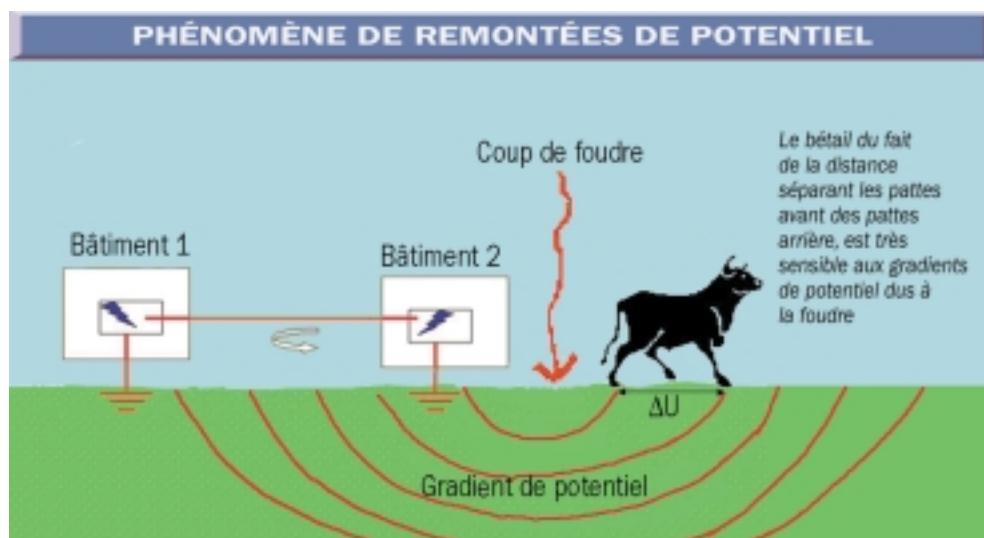
Lorsque le blindage du câble est raccordé des deux côtés (côté coffret et côté lecteur), il autorise de fait la circulation de courant. Celui-ci va générer un champ magnétique (perturbation mode commun) qui induit une différence de potentiel en mode différentiel.

Les risques de dégâts sont un peu les mêmes que dans le cas précédent : perturbations ou destruction des électroniques situées à chaque extrémité, contraintes sur le câble.

### Le parafoudre n'est pas le seul moyen de protection

La mise en place d'un parafoudre sur le lecteur répondra en partie au besoin de protection. Si son raccordement est correctement réalisé et s'il possède un réel pouvoir d'écoulement à la terre, il assurera la protection de l'électronique du lecteur.

Il sera par contre nécessaire de se poser la question du raccordement du blindage du câble. Deux cas peuvent être envisagés. Dans le premier, le blindage est raccordé à la borne "terre" du parafoudre ; dans cette configuration, le blindage est référencé aux deux extrémités, ce qui revient à fermer la boucle. L'autre possibilité consiste à ne pas raccorder le blindage (le laisser en l'air) à la borne terre du parafoudre : le potentiel du bâtiment se reportera donc à l'extrémité du blindage, provoquant lors d'un coup de foudre ou d'un défaut



Lorsque le courant de foudre frappe un point au sol, il se répartit dans celui-ci en formant des gradients de potentiel. Les prises de terre des bâtiments ne sont donc pas au même potentiel, ni bien sûr les masses des équipements reliés à ces prises de terre. S'il y a des liaisons à courant faible entre des équipements électroniques présents dans des bâtiments différents, il y a des risques de claquage.

50 Hz une différence de potentiel entre la borne de terre du parafoudre et le blindage. Tout dépend alors de la séparation galvanique entre la borne de terre du parafoudre et le blindage du câble.

Alors que faire pour protéger le câble? Tout d'abord, il est clair qu'il n'est pas possible d'intervenir sur le sol. Il est conseillé de fermer la boucle par un autre moyen que le câble "signal"; il suffit de faire accompagner celui-ci par un câble d'équipotentialité (câble nu de 35 mm $\approx$ ), référencé aux masses de chaque extrémité, qui aura pour fonction d'offrir un chemin préférentiel au courant. L'objectif sera d'équilibrer les références de terre. Ensuite, pour terminer la protection, on pourra installer des parafoudres.

Ceci étant, une fois résolu le problème des

surtensions provoquées sur les prises de terre, les équipements électriques ne sont pas entièrement protégés contre la foudre. Car celle-ci a d'autres effets. Parmi ceux-ci, les phénomènes d'induction figurent en bonne place.

## 2 - Les phénomènes d'induction

Une décharge qui se produit entre des nuages (ou en leur sein) ou la foudre qui tombe sur des objets proches se concrétise par l'apparition de champs électromagnétiques (dans une large bande de fréquences, de 100 Hz à 10 MHz) qui induisent des tensions/courants sur les lignes situées à l'extérieur et/ou à l'intérieur d'un bâtiment. Les champs rayonnés par la foudre sont perturbateurs car ils

sont de forte amplitude, varient assez rapidement et sont à prédominance magnétique.

**L'effet d'un champ électrique variable sur un conducteur.** Il suffit de regarder une antenne d'autoradio ou de CB pour se convaincre qu'un conducteur placé dans un champ électrique devient le siège d'un courant. Cette propriété est très appréciée pour réaliser des transmissions radio.

Ce qui est vrai pour les ondes radio l'est pour la foudre. Aux fréquences élevées (supérieures au mégahertz) dues à la foudre, tout conducteur électrique devient une antenne efficace. Les blindages des câbles qui ne sont raccordés qu'à une seule extrémité deviennent de fait des antennes en haute fréquence.

**L'effet d'un champ magnétique variable dans une boucle.** Un champ magnétique variable traversant une boucle y induit un flux magnétique variable. Toute variation de flux crée une différence de potentiel contre-électromotrice. Ce phénomène est appelé couplage "champ à boucle".

Sur les installations, il existe de nombreuses boucles susceptibles de "capter" un champ magnétique. Les boucles de masse sont les plus connues. On appelle boucle de masse la surface comprise entre un câble transportant de l'information entre deux matériels et l'ensemble des masses de références utilisées pour ces matériels. Il y a donc autant de boucles de masse que de câbles de liaison entre les circuits. Nécessaires au bon fonctionnement du système, on ne peut pas les supprimer mais on peut réduire leurs effets.

## Il faut plus de concertation entre les professionnels

■ Dans la pratique, lorsqu'il y a un appel d'offre pour la réalisation de réseaux dans un bâtiment neuf, les réseaux sont divisés par lots (lot "électrique", lot "courant faible", lot "fluide" et même quelquefois lot "foudre"). Le manque de concertation et de coordination entre les corps de métier fait qu'au final des installations neuves sont propices à être endommagées par les effets de la foudre. Souvent, chaque corps de métier qui répond à un lot traite en effet son sujet sans s'occu-

per du lot du voisin. Du coup, il n'y a pas d'interconnexion entre la terre "paratonnerre" et la terre "électrique", pas d'interconnexion entre les bâtiments, pas d'interconnexion entre les câbles de mise à la masse des chemins de câble. Les écrans de câbles de données ne sont raccordés nulle part, la continuité des chemins de câbles et la mise à la masse n'est pas assurée, les chemins de câbles métalliques sont remplacés par des chemins de câbles en plastique, etc.

## Quelques normes de référence

### → Protection contre les coups de foudre directs

- NFC 17 100 (décembre 1997)  
Protection des structures contre la foudre
- NFC 17 102 (juillet 1995)  
Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage
- ENV 61024-1 (norme européenne, janvier 1995)  
Protection des structures contre la foudre
- CEI 1024-1 (norme internationale août 1993)  
Protection des structures contre la foudre
- CEI 61662  
Analyse des risques, protections contre les coups de foudre directs et indirects
- UIC (juin 1991/octobre 1993)  
Recommandations pour la protection des installations industrielles contre les effets de la foudre et des surtensions
- UIC (avril 1982)  
Les installations électriques dans les emplacements présentant des risques d'explosion

Arrêtés du 28 janvier 1993 et du 28 juillet 1998  
Circulaires du 17 janvier 1993 et du 28 octobre 1996

### → Protection contre les effets indirects de la foudre

- NFC C 15 100  
Dispositifs de protection contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres, section 534 et 443
- NFC 61 740 (juillet 1995)  
Parafoudres pour installations basse tension
- Guide UTE C 15 443 (juillet 1996)  
Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique
- CEI 61.643-1 (février 1998)  
Dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux réseaux de distribution basse tension
- UTE C 12-101 (novembre 1998)  
Textes officiels relatifs à la protection des travailleurs

### Quel type de raccordement choisir ?

**Raccordement des blindages.** Le raccordement des écrans, drains, blindages est souvent controversé, ce qui amène de nombreux installateurs à ne plus les raccorder même pour des liaisons extérieures

**Pas de raccordement.** En ne connectant nulle part l'écran (drain, blindage) de câble, on obtient une réduction de la diaphonie capacitive en mode différentiel entre paires (à noter que le même effet est obtenu si l'écran (drain, blindage) est raccordé à une masse). Par contre, l'écran (drain, blindage) non raccordé n'est efficace que pour des signaux à assez haute impédance, et il est transparent en champ magnétique.

**Raccordement à une seule extrémité.** Cette solution permet de protéger une liaison isolée ou symétrique contre le champ électrique basse fréquence (BF). Elle interdit la circulation de courants BF, ce qui évite d'induire une ronflette par induction magnétique en mode différentiel dans la paire.

Remarque. Du côté isolé, des différences de potentiel peuvent apparaître entre

l'écran (drain, blindage) et la masse.

**Raccordement aux deux extrémités.** Cette solution réduit efficacement les perturbations les plus sévères, en mode commun HF. Elle présente un risque de pollution légère pour les signaux bas niveaux en BF en mode différentiel.

*Remarque.* Lorsque les câbles transitent entre deux bâtiments, il est essentiel de s'assurer que l'écran ne réalise pas l'équipotentialité des références de terre des deux bâtiments.

## Quelques précautions à prendre lors de l'installation

Prenons le cas de deux ordinateurs en réseau. Supposons que la foudre tombe sur le paratonnerre du bâtiment avec un  $di/dt$  de  $25.10^9$  A/s (25 kA pendant 1  $\mu$ s). Supposons que les câbles d'énergie soient parallèles sur une hauteur de 10 m et écartés de la descente de 2 m.

Si la boucle formée par le réseau 50 Hz et les chemins de liaisons de données présentent

une surface de  $50 \text{ m}^2$  au champ impulsionnel, la f.e.m. développée est de :

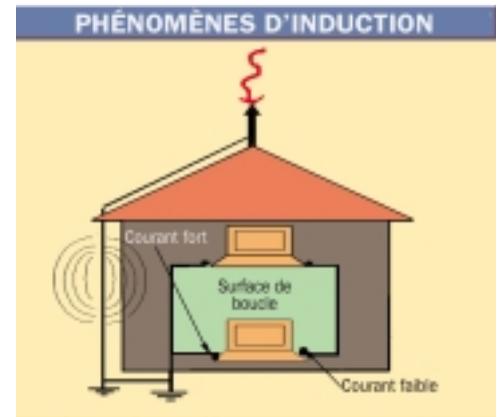
$$e = \frac{d\Phi}{dt} = \mu_0 S \frac{dH}{dt} = \frac{\mu_0 S}{2\pi d} \frac{di}{dt}$$

$$e = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 50}{2\pi \cdot 2} \cdot 25 \cdot 10^9 = 125 \text{ kV}$$

Cette tension va être responsable d'un claquage dans l'équipement. Si cet exemple peut être considéré comme extrême, il permet d'illustrer l'importance de bien connaître ses installations afin de localiser les boucles de masses à haut risque.

**Dans une installation, il est primordial de limiter les surfaces de boucles. Pour ce faire, il est important de procéder à l'équipotentialité des masses et de faire cheminer au maximum les câbles ensemble.**

**Un maillage efficace des masses.** L'équipotentialité entre les masses est nécessaire pour le bon fonctionnement de tout système automatisé. Le maillage des masses est un moyen simple, peu coûteux et efficace (jusqu'à



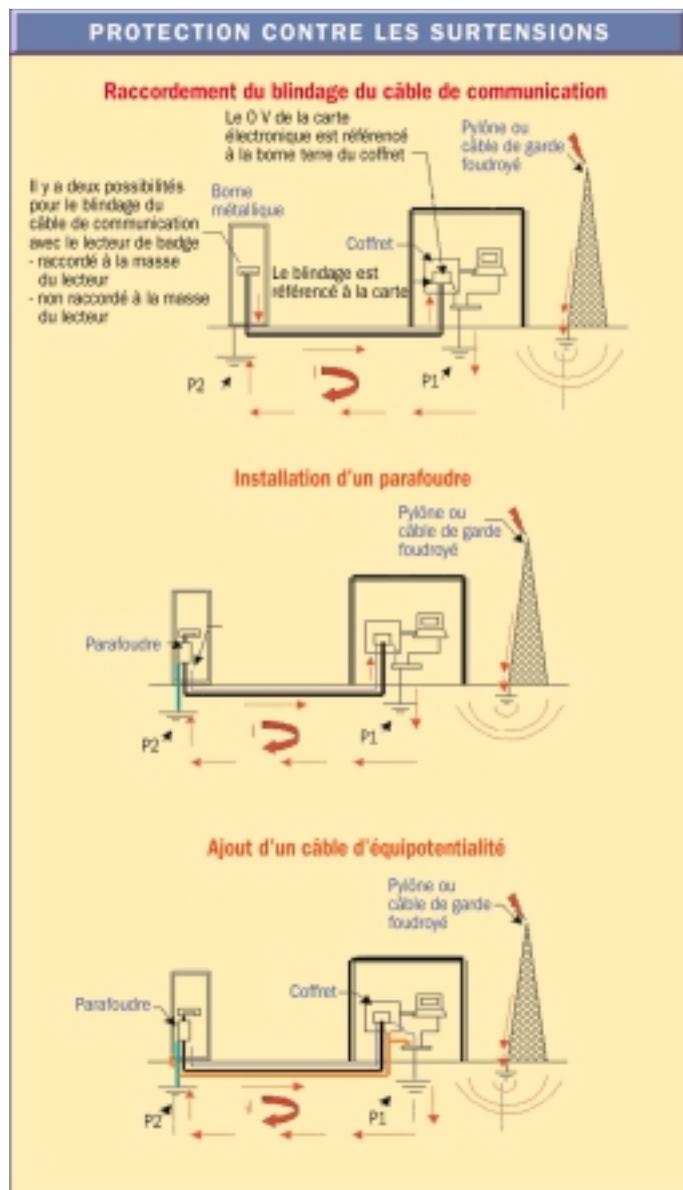
**Lorsque la foudre tombe sur un paratonnerre, le courant intense circulant dans le chemin de descente de celui-ci crée des champs électromagnétiques induits importants auxquels sont sensibles toutes les boucles que forment les circuits électriques de raccordement des équipements. Pour réduire les effets de ces phénomènes induits, il faut chercher à minimiser la surface de ces boucles de masse.**

quelques dizaines de MHz), pour améliorer l'immunité du système, que ce soit contre la foudre ou contre les transitoires rapides. Ce maillage ne se substitue pas au réseau de conducteurs de protection nécessaire pour la sécurité des personnes.

Tous les éléments conducteurs d'une installation industrielle doivent être interconnectés pour participer au réseau de masse (tuyaux, structures métalliques, chemins de câbles, châssis des baies, faux plancher métallique, etc.) Pour assurer la continuité électrique, il est important de gratter la peinture à l'endroit des interconnexions.

Durant de nombreuses années, les règles de l'art ont préconisé un raccordement des réseaux de masse en étoile, garantissant la protection des personnes et évitant les remontées des parasites. Mais le développement des transmissions numériques à haut débit a mis en évidence l'insuffisance de cette technique et a conduit à l'introduction d'un principe basé sur la recherche de l'équipotentialité "le réseau maillé". Celui-ci permet de réduire les surfaces de boucles constituées par les différents câblages (courant fort et faible) et conducteurs métalliques (chemins de câbles, châssis, etc.), d'assurer une équipotentialité de référence commune à tous les équipements et de réduire les courants perturbateurs en les divisant.

**Prendre soin des chemins des câbles.** En utilisant des chemins de câbles métalliques, on réduit les surfaces des boucles de masses et on diminue l'efficacité d'antenne des câbles. En pratique, il faut prévoir au minimum deux chemins de câbles métalliques parallèles (ou un seul avec une séparation métallique) : un pour les signaux sensibles et l'autre pour les

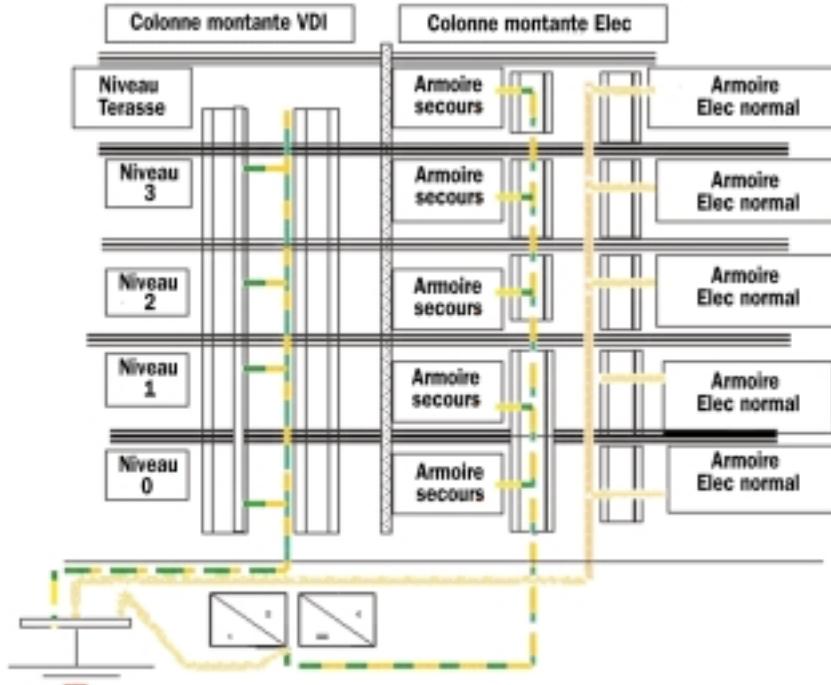


**Exemple d'application concrète où un lecteur de badges est placé à l'extérieur du bâtiment où se trouve l'électronique associée. En tombant sur le pylône placé à proximité, la foudre crée une différence de potentiel entre la terre du lecteur et la terre du bâtiment. Le parafoudre placé au niveau du lecteur assure la protection de l'électronique mais pas celle du câble de liaison. En ajoutant un câble d'équipotentialité, on obtient une protection complète.**

EXEMPLE D'INSTALLATION

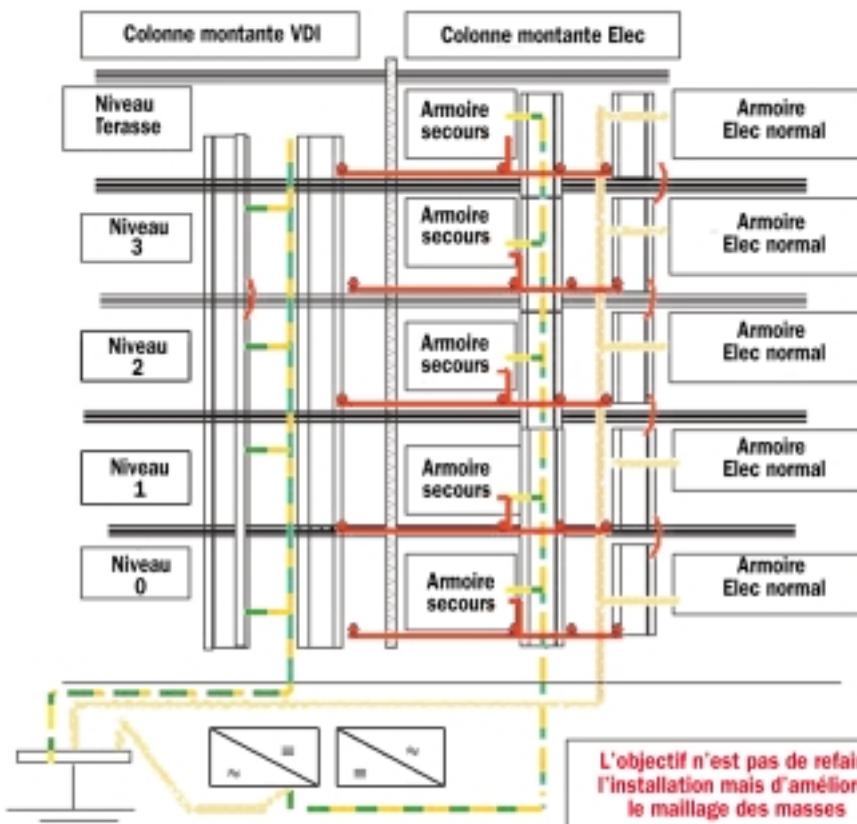
Exemple de câblage classique

Les réseaux sont bien séparés par leur fonction mais la continuité des chemins est partielle. De grandes boucles de masse sont réalisées entre les réseaux à courant faible et le réseau d'énergie secours. De plus, il est fréquent que les grands consommateurs d'énergie "Imprimantes" ne soient pas alimentés par le réseau secours mais par le réseau normal (nouvelle boucle de masse)



Amélioration apportée : réalisation de l'équipotentialité, continuité des chemins de câbles et référencement des armoires secours

L'objectif n'est pas de refaire l'installation mais d'améliorer le maillage des masses. Si on part du principe que la circulation de courant dans les boucles de masse est inévitable, on a tout intérêt alors à diviser au maximum les courants pour limiter leur effet sur les signaux. Il est nécessaire et logique de réaliser des équipotentialités à tous les étages entre les différents chemins de câbles, de vérifier et d'assurer leur continuité et de référencer les armoires au même potentiel.



niveaux de puissance. De plus, il faut assurer la continuité électrique entre les différents éléments constituant le chemin de câbles et leur référencement à la terre.

Dans des installations existantes, il est généralement plus facile d'améliorer le maillage que de modifier le parcours des chemins de câbles. Dans le cas où tous les câbles seraient regroupés dans un chemin de câbles, il est possible de modifier leurs positions pour bien séparer les câbles à niveaux forts de ceux à niveaux faibles.

Les câbles filaires doivent être plaqués contre la masse métallique des chemins de câbles.

Dans le cas d'utilisation de signaux sensibles qui transitent par exemple à l'extérieur d'un bâtiment, il est nécessaire de placer un ensemble métallique (un capot sur un chemin de câbles) pour augmenter l'effet de cage autour des câbles.

### 3 - Les surtensions conduites

Lorsqu'une ligne électrique ou de télécommunication est foudroyée directement ou qu'elle capte les ondes radioélectriques, les surtensions subséquentes se propagent de part en part de la ligne jusqu'aux équipements qui lui sont raccordés. A titre d'exemple, un coup de foudre frappant le réseau HTA (haute tension aérien) se propage vers la Basse Tension (BT) via le poste HTA/BT ou par couplage des terres du poste. Les études et expérimentations ont permis de montrer que les surtensions pouvaient, dans certaines configurations, atteindre 14 kV mais qu'elles étaient très généralement inférieures à 8 kV (les fréquences de ces surtensions vont de 10 kHz à 1 MHz). Généralement, les matériels électriques et électroniques ne supportent pas de telles contraintes et se mettent en court-circuit à la terre.

Les surtensions dues à la foudre sont les plus dangereuses, mais il est important de ne pas négliger les surtensions de "manœuvre". En effet, dans des systèmes de coupure de basse tension (230/400 V), la commutation de circuits provoque des surtensions à fréquences élevées dont le niveau peut atteindre 5 à 10 fois la tension d'alimentation. Dans ces conditions, les équipements électriques, et

Ces schémas représentent les câbles d'équipotentialité d'une installation industrielle classique comportant deux réseaux, l'un électrique, l'autre pour les courants faibles (VDI: voix, données, images). Le schéma du bas montre les améliorations apportées au niveau du maillage des masses, assurant ainsi une meilleure protection contre les phénomènes d'induction de la foudre.

surtout électroniques, ont de fortes probabilités de subir des dommages. Il est important de noter qu'il n'y a pas forcément destruction de matériel, mais fréquemment un vieillissement accéléré des composants des équipements.

Deux types de protection sont généralement utilisés contre les surtensions : les transformateurs d'isolement et les parafoudres.

Les parafoudres utilisent des composants (généralement des varistances à l'oxyde de zinc) capables de fonctionner de nombreuses fois sans se détériorer. Ils sont capables d'absorber la majeure partie de l'énergie transportée par la surtension ; il reste toujours une tension supérieure à la tension de service. Le résidu de tension est appelé "tension résiduelle" (la tension résiduelle doit être inférieure à la tension que l'appareil peut supporter transitoirement). Il est important de noter que la mise en place de protections contre les surtensions dues à la foudre, si celles-ci sont bien dimensionnées, permet dans la plupart des cas d'éliminer aussi les autres surtensions, car "qui peut le plus peut le moins".

Il est important de sélectionner les parafoudres en fonction des équipements que l'on veut protéger, et donc du niveau de protection à assurer. Il est nécessaire de choisir une tension résiduelle inférieure à la tenue de l'équipement, mais aussi de prendre en compte sa capacité à écouler un courant de choc. La norme NFC 61-740, version juillet 1995, qui traite des parafoudres, indique qu'ils doivent être capables de tenir vingt chocs au courant nominal (généralement 5 kA) et une fois son courant maximal, sans se détruire. Logiquement, les constructeurs doivent indiquer ces valeurs dans les documentations de leurs produits.

Pour assurer une protection efficace, il est recom-

mandé de dériver le courant de foudre à l'entrée de l'installation. Cependant, le parafoudre placé à l'entrée de l'installation est parfois insuffisant pour assurer la protection de tous les matériels de l'installation, notamment les matériels sensibles. La distance entre le parafoudre et l'équipement à protéger doit être aussi courte que possible. Si la distance est trop grande, des oscillations peuvent créer aux bornes de l'appareil à protéger une tension supérieure.

En général, la protection par parafoudre s'effectue en cascade. Le parafoudre placé en tête d'installation aura pour fonction d'écouler le maximum de courants impulsifs, tandis que le deuxième parafoudre, placé au plus près des équipements sensibles, abaissera la tension résiduelle du premier parafoudre à un niveau compatible avec celui des équipements à protéger.

De plus, on est souvent confronté à des courants de haute fréquence. Les câbles de raccordement des parafoudres doivent être assimilés à des selfs (de l'ordre de 1  $\mu\text{H}/\text{m}$ ). Celles-ci vont influencer le niveau de protection, qui peut devenir préjudiciable aux équipements si les câbles de raccordement des parafoudres sont trop longs. S'il n'est pas possible de diminuer la longueur des fils de raccordement du parafoudre, il faut alors abaisser le niveau de protection de ce dernier (tension résiduelle) pour compenser la tension amenée par les fils.

Dominique Lejop  
Ingénieur à Foudre-Protec

#### Bibliographie

- La foudre : comment protéger efficacement ses installations - Les cahiers de l'ingénierie (EDF Industrie) n° 64 de juin 1997 et le n° 65 de septembre 1997

- Parasites et perturbations des électroniques, tome 3, de Alain Charoy, publié chez Dumod

## Un spécialiste de la foudre indépendant

■ Foudre-Protec est un bureau d'études indépendant spécialisé dans les problèmes de foudre au niveau des bâtiments et des réseaux (électriques, informatiques, téléphoniques, radio, télévision). « Nous tenons à souligner notre impartialité : nous n'avons aucun lien avec les constructeurs, les distributeurs, les installateurs et les bureaux de contrôle », indique Dominique Lejop, fondateur de la société en 1995, et qui a une bonne dizaine d'années d'expérience dans la protection contre les effets directs et indirects de la foudre (acquise notamment chez Soulé, constructeur de parafoudres et de paratonnerres). Le cœur de l'activité de Foudre-Protec se situe dans les études préalables des

problèmes de foudre et les études d'implantation des réseaux informatiques et des plans de masse pour minimiser les risques liés à la foudre. Le Bureau d'Etudes exerce des activités complémentaires de vérification des installations, d'expertise, de formation et de mesure de réseaux de terre et... d'épaisseur de réservoirs (il est en effet important de connaître l'épaisseur des réservoirs pour éviter leur percement par la foudre).

**Foudre-Protec**

**BP 423**

**65200 Bagnères de Bigorre**

**Tél. : 05 62 91 29 38 - Fax. 05 62 91 29 98**

**Email : foudre-protec@wanadoo.fr**