



# La protection des installations électriques contre la foudre

*Après avoir décrit le phénomène de foudroiement et les différents modes d'agression de la foudre, ce guide technique a pour objectif de préciser les règles d'installation des parafoudres basse tension.*

## p.1

*Le phénomène de foudroiement*

## p.2

*Les différents modes d'agression de la foudre*

## p.4

*Les moyens de protections*

## p.5

*Les normes*

## p.6

*Les règles d'installation des parafoudres basse tension*

## p.9

*Exemple d'application*

## Le phénomène de foudroiement

### ■ Le champ électrique

Par beau temps, le champ électrique naturel au sol est de l'ordre de 120 V/m. Avec l'arrivée du nuage chargé électriquement, il peut atteindre et dépasser 15 kV/m (figure 1).

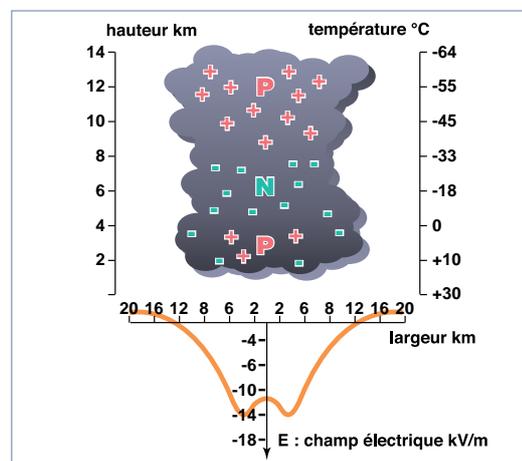


Figure 1. Le champ électrique au sol.

Le champ électrique est accentué par les aspérités du sol (collines, arbres, habitations).

Ces dernières créent un effet de pointe, véritable amplificateur de champ électrique, qui peut l'accroître localement jusqu'à 300 fois (figure 2).

Ce phénomène est appelé effet Couronne. Il favorise l'apparition du coup de foudre à cet endroit.

Ce phénomène a été observé dès l'Antiquité, sur les extrémités des lances et objets pointus. Les marins le connaissent sous le nom de feux de Saint-Elme ; il se manifeste à l'extrémité des mâts des bateaux. Les alpinistes savent que l'apparition des effluves à la pointe de leur piolet, accompagnée d'un bruit d'essaim d'abeilles, annonce le risque de foudre.

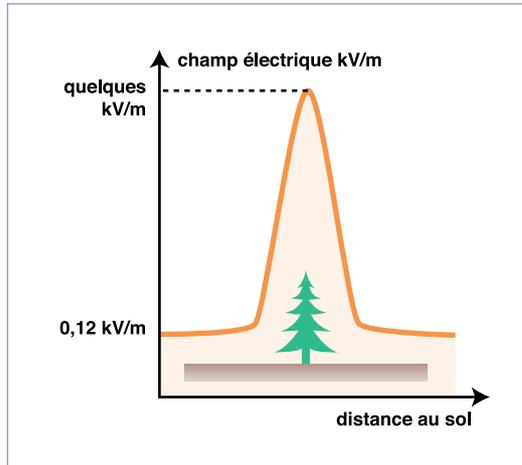


Figure 2. Champ électrique amplifié par une aspérité du relief.

### ■ Caractéristiques des coups de foudre en France

probabilité de dépassement	crête de courant	pente	durée totale	nombre de décharges
P (%)	I (kA)	S (kA/μs)	T (s)	n
50	38	48	0,09	1,8
10	68	74	0,56	5
1	140	97	2,7	12

Ce tableau résume les principales caractéristiques des coups de foudre négatifs.

50 % dépassent 38 kA crête, 1 % sont au-delà de 140 kA. On remarque que les énergies mises en jeu sont importantes. Le courant de foudre est un courant impulsionnel haute fréquence (HF) de l'ordre de mégahertz.

### ■ Les dégâts occasionnés par la foudre

En permanence 2 000 à 5 000 orages se forment autour du globe. Ces orages s'accompagnent de coups de foudre constituant un risque important pour les personnes et les biens.

En France, chaque année :

- 1,2 millions d'impacts de foudre au sol,
- 20 à 40 personnes foudroyées par an (des centaines d'autres blessées ou handicapées à vie),
- 20 000 animaux tués,
- la foudre est à l'origine de 10 % des incendies

- (dont 40 % en milieu agricole) ce qui représente des centaines de bâtiments détruits ou hors d'usage,
- une centaine de clochers touchés,
- plus de 100 millions de francs de dégâts uniquement en réparation des lignes téléphoniques gravement endommagées,
- 100 transformateurs et 50 000 compteurs électriques mis hors d'usage,
- des dizaines de milliers d'appareils électroménagers détériorés.

Les dégâts causés sur les installations électriques et électroniques, domestiques ou industrielles se chiffrent en milliards de francs. Il est difficile d'évaluer :

- les conséquences des perturbations engendrées sur les réseaux informatiques ou de télécommunications,
  - les erreurs sur les séquences automatiques,
  - les erreurs sur les systèmes de régulation.
- D'autre part, les pertes d'exploitation peuvent avoir des conséquences financières supérieures au coût du matériel détruit par la foudre.

## Les différents modes d'agression de la foudre

### ■ Classification des effets de la foudre

En plus des effets produits par tout courant électrique, la foudre provoque des rayonnements électromagnétiques très importants, qui peuvent induire des surtensions dangereuses dans les réseaux et circuits électriques.

Ces deux aspects du courant de foudre conduisent à dire qu'il y a deux grandes catégories d'effets à considérer : les effets directs et les effets indirects. Cette classification est résumée dans le tableau ci-après :

Effets	Manifestations	Types de protection
Directs	La foudre frappe directement la structure, causant des incendies, brûlures et destructions, etc.	<b>Paratonnerres</b> (installés sur ou autour des structures à protéger).
Indirects	La foudre frappe ailleurs, sans toucher la structure (bâtiment ou installation concernée) : les ondes de choc et surtensions arrivent à l'installation par conduction ou par rayonnement.	<b>Parafoudres</b> (installés sur les circuits électriques).

Examinons plus en détail l'ensemble des effets dus à la foudre :

□ **Les effets thermiques**

Ce sont les effets Joule dus à la circulation du courant de foudre à travers divers corps, objets et supports qu'il utilise le long de son trajet vers la terre. Cela peut provoquer un incendie ou une fusion, en particulier aux points d'impact de la foudre et aux points de jonction et connexions le long du chemin emprunté par le courant de foudre.

Malgré sa très forte intensité et une chaleur dépassant les 10 000 °C, l'arc en retour a une durée tellement brève que ses effets thermiques restent généralement limités. Les incendies dus à la foudre sont plus souvent la conséquence de la persistance d'un courant de l'ordre de 100 à 200 A durant toute la durée du coup de foudre, c'est-à-dire quelques centaines de millisecondes.

□ **Les effets électrodynamiques**

Lorsque le courant de foudre emprunte des conducteurs parallèles, il s'exerce entre ces conducteurs des forces électrodynamiques importantes. Cela peut entraîner des ruptures ou des déformations mécaniques (par exemple, des câbles écrasés ou aplatis). Généralement le courant de foudre circule dans le même sens dans l'ensemble des conducteurs ; il s'agit alors de forces d'attraction.

□ **Les effets de déflagration**

Le canal de foudre engendre une dilatation de l'air et une surpression importante jusqu'à une dizaine de mètres de distance. L'effet de souffle peut briser les vitres ou cloisons et peut projeter des animaux ou des personnes à plusieurs mètres. La propagation de la surpression dans l'air provoque une onde sonore, le tonnerre.

□ **Les surtensions conduites**

À la suite d'un impact sur des lignes aériennes d'alimentation électrique ou de télécommunications, une onde de choc (une surtension) est véhiculée le long de ces lignes (figure 3). Celle-ci peut entraîner des destructions dans les appareils raccordés à l'installation électrique.

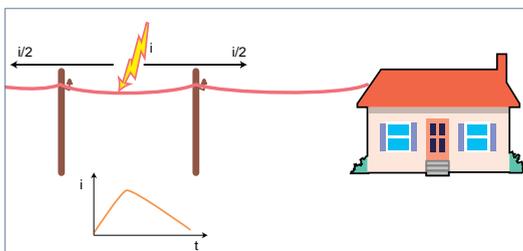


Figure 3. Surtensions conduites.

□ **les surintensités conduites**

Pour s'écouler à la terre, l'onde de foudre qui emprunte une installation électrique, éventuellement

après claquage de l'isolation, peut provoquer des dysfonctionnements et des destructions dans les circuits et les récepteurs électriques.

□ **Les surtensions induites**

Le rayonnement électromagnétique dû au courant de foudre impulsionnel très important, à fort di/dt, donne lieu à des tensions induites dans les circuits touchés par le rayonnement électromagnétique et en particulier dans les circuits formant des boucles (figure 4). D'où des destructions ou dysfonctionnements d'appareils reliés à ces circuits.

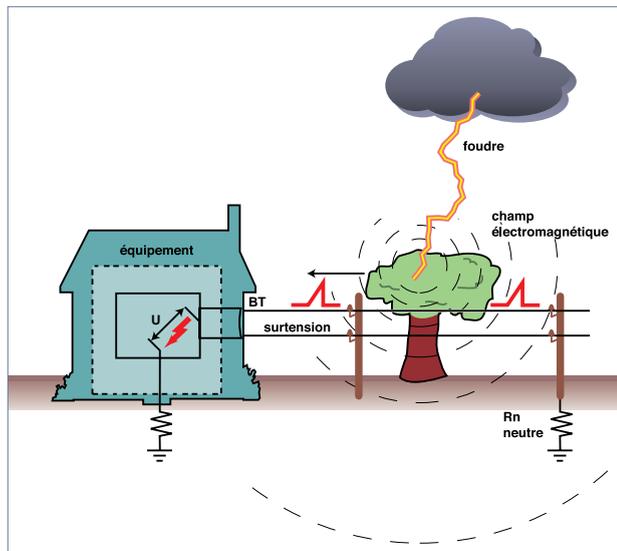


Figure 4. Surtensions induites.

□ **L'élévation du potentiel de terre**

Lorsqu'un point de la terre reçoit le courant de foudre, le potentiel de ce point s'élève très fortement par rapport aux autres points du sol. D'où l'apparition d'un gradient de potentiel dans le sol, pouvant créer des situations dangereuses (figure 5).

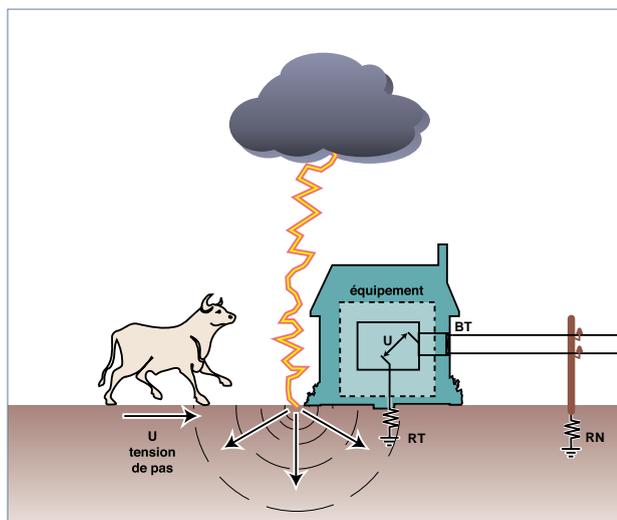


Figure 5. Montée en potentiel des terres.

# Les moyens de protections

Deux grands types de protection permettent de supprimer ou limiter les surtensions ; on les appelle IEPF (Installation Extérieure de Protection Foudre) ou protections primaires et IIPF (Installation Intérieure de Protection Foudre) ou protections secondaires.

## ■ Les protections primaires

Leur but est de protéger les installations contre les coups de foudre directs. Ces protections permettent de capter et d'écouler le courant de foudre vers le sol. Le principe est basé sur une zone de protection déterminée par une structure plus haute que les autres. Il en est de même pour tout effet de pointe provoqué par un poteau, un bâtiment ou une structure métallique très haute. Il existe trois grands types de protection primaire :

- le paratonnerre qui est la protection la plus ancienne et la plus connue,
- les fils tendus,
- la cage maillée ou cage de Faraday.

### □ Le paratonnerre

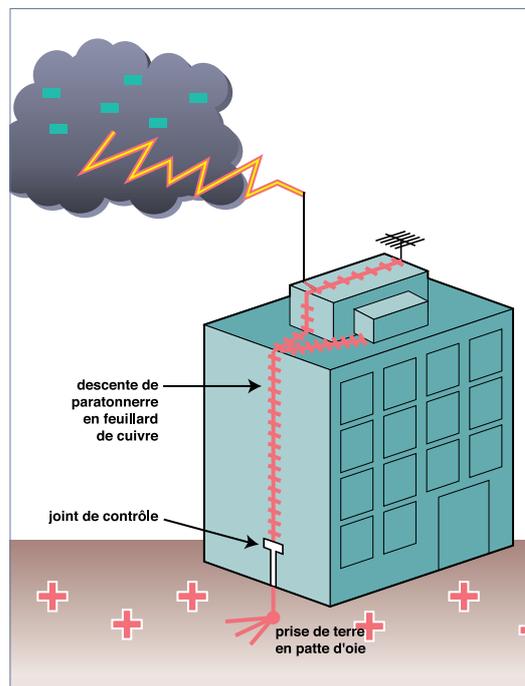


Figure 6. Principe du paratonnerre à tige.

### □ Les fils tendus

Ce sont des câbles tendus au-dessus de l'ouvrage à protéger. Ils sont employés pour des ouvrages spéciaux : pas de tir de fusées, applications militaires et surtout câbles de garde au-dessus des lignes haute tension (figure 7).

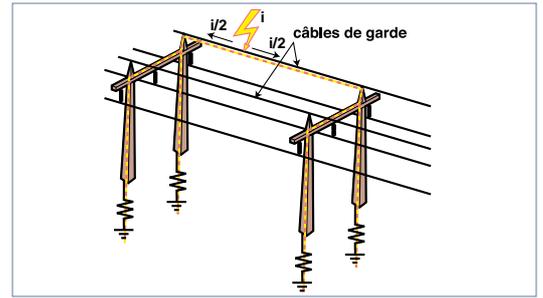


Figure 7. Les câbles de garde.

### □ La cage maillée (cage de Faraday)

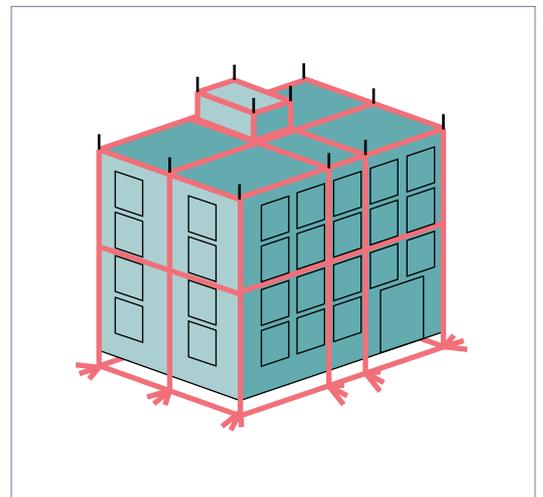


Figure 8. Principe d'une cage maillée (cage de Faraday).

Ce principe est utilisé pour les bâtiments très sensibles abritant du matériel informatique ou la fabrication de circuits intégrés. Il consiste à multiplier les feuillards de descente à l'extérieur du bâtiment de façon symétrique. On ajoute des liaisons horizontales si le bâtiment est haut ; par exemple tous les deux étages (figure 8). Les conducteurs de descente sont reliés à la terre par des pattes d'oies. Le résultat consiste à obtenir des mailles de 15 x 15 m ou 10 x 10 m. L'effet résulte en une meilleure équipotentialité du bâtiment et la division des courants de foudre, réduisant ainsi fortement les champs et inductions électromagnétiques.

## ■ Les protections secondaires

La protection des récepteurs électriques contre les surtensions d'origine atmosphérique la plus communément employée est la protection par parafoudre.

Le parafoudre est généralement placé entre un conducteur et la terre, et parfois, entre conducteurs actifs. Les deux cas sont représentés en figure 9. Sous une tension normale, le parafoudre se comporte pratiquement comme une résistance infinie

et le courant qui le traverse est nul ou négligeable (courant de fuite). Par contre, à l'apparition d'une surtension, dès que la tension aux bornes du parafoudre dépasse une certaine limite, le parafoudre devient conducteur, laissant s'écouler un courant, ce qui limite la tension à ses bornes et protège ainsi l'installation et les récepteurs. Pour chaque cas d'utilisation, le parafoudre est choisi principalement en fonction des paramètres suivants :

- la surtension admissible par les appareils à protéger,
- l'intensité du courant que le parafoudre devra supporter pendant la durée de la surtension.

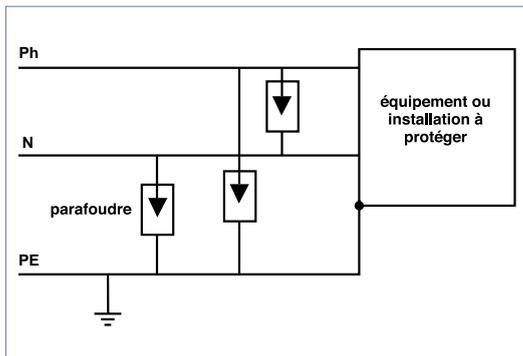


Figure 9. Utilisation des parafoudres.

## Les normes

### ■ La norme d'installation NF C 15-100

Les sections 443 et 534 de la NF C 15-100 concernant l'installation de dispositifs de protection contre les surtensions sont remises à jour depuis avril 1995. En voici la synthèse.

#### □ Section 443

##### - Surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres.

Les règles énoncées sont destinées à décrire les moyens permettant de limiter les surtensions transitoires à des niveaux compatibles avec les tensions nominales de tenue aux chocs des matériels électriques.

- Cas d'une installation alimentée en basse tension souterraine ou aérienne isolée avec écran métallique à la terre.

La tension de tenue aux chocs est présumée suffisante et une protection supplémentaire ne serait nécessaire que dans le cas où le risque de surtension entraînerait un préjudice important lié à une utilisation de l'installation.

- Cas d'une installation alimentée totalement ou partiellement en conducteurs nus ou torsadés aériens.

Une protection contre les surtensions est recommandée à l'origine de l'installation.

### - Description des différentes catégories de matériels

tension nominale de l'installation (V)	tension assignée de tenue aux chocs (kV)			
	matériels de tenue aux chocs très élevée	matériels de tenue aux chocs élevée	matériels de tenue aux chocs normale	matériels de tenue aux chocs réduite
réseaux triphasés	<ul style="list-style-type: none"> <li>compteur électrique</li> <li>appareil de télémesure</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>appareil de distribution</li> <li>disjoncteur</li> <li>interrupteur</li> <li>matériel industriel</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>appareil électrodomestique</li> <li>outil portatif</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>matériel avec circuit électronique</li> </ul>
230/440	6	4	2,5	1,5
400/690	8	6	4	2,5
1000				

Le choix des matériels dans l'installation devra respecter le tableau ci-dessus. Si des matériels ont une tension de tenue aux chocs inférieure à celle indiquée dans le tableau, on respectera les règles décrites précédemment dans la section 443.

#### □ Section 534

##### - Emplacement et niveau de protection

- Les parafoudres protègent l'ensemble de l'installation. Ils sont disposés en aval du dispositif de sectionnement situé en tête d'installation.
- Le niveau de protection des parafoudres doit correspondre à la tension de tenue aux chocs des matériels à protéger et aux courants de décharge.
- Les parafoudres sont montés en tête d'installation (dans ce cas le courant de décharge recommandé est de  $I_n = 5$  kA, sous onde 8/20, et un niveau de protection  $U_p \leq 2,5$  kV à  $I_n$ ) et près du matériel lorsque celui-ci est particulièrement sensible.

##### - Mise en œuvre des parafoudres

- Les parafoudres se connectent entre phase et terre ou phase et PE (schéma TNC et IT) et entre phase et PE et aussi neutre et PE (schéma TT et TNS).
- Les conducteurs reliant les bornes du parafoudre aux conducteurs actifs et à la barrette de terre (figure 10) doivent être les plus courts possibles ( $< 0,5$  m).

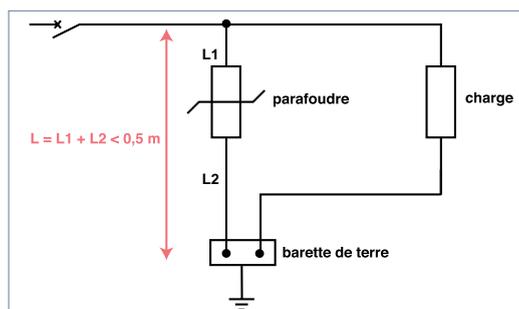


Figure 10. Schéma de connexion d'un parafoudre.

**- Choix des parafoudres**

- Les parafoudres doivent être conformes à la nouvelle norme NF C 61-740/1995.
- La tension maximale de régime permanent supportée par un parafoudre doit être ( $U_0$ , tension simple du réseau) :
  - $U_c \geq 1,5 U_0$  en schéma TT et TN,
  - $U_c \geq 1,73 U_0$  en schéma IT,
  - $U_c \geq 1,1 U_0$  en mode différentiel quel que soit le type de réseau.

**- Mesure de protection**

- Le parafoudre doit être accompagné d'un dispositif de protection contre les surintensités et courants de défaut à la terre, sauf si par construction du parafoudre, les dispositifs s'avèrent inutiles.
- En schéma TT et IT, le parafoudre doit être placé soit en aval d'un dispositif de protection différentielle, soit accompagné d'un dispositif de déconnexion, intégré ou extérieur, afin d'assurer la protection contre les contacts indirects.

**■ La norme parafoudre NF C 61-740/95**

La norme NF C 61-740/95 est une norme "produit" spécifique aux protections contre les surtensions d'origine atmosphérique et installées sur le réseau basse tension. La première version qui datait de 1987 a été remplacée au 01/07/95 par un document entièrement revu et plus complet. Les modifications apportées permettent d'accroître la sécurité de ce type de matériel.

Ainsi, nous pouvons noter :

- l'accroissement du nombre de chocs de foudre à courant nominal  $I_n$  que le parafoudre doit supporter sans se détruire : 20 au lieu de 3 précédemment,
  - la mise en place d'un essai de vieillissement garantissant le bon fonctionnement du produit sous une tension maximale de régime permanent  $U_c$  donnée par le constructeur,
  - la mise en place d'essais de fin de vie du produit permettant de garantir :
    - que l'emballage thermique sera stoppé suffisamment tôt en cas de vieillissement des composants internes,
    - que le courant de défaut résultant d'une mise en court-circuit d'un composant sera éliminé,
    - qu'aucune manifestation extérieure ne peut avoir lieu en présence de surtensions temporaires à fréquence industrielle (onde 1 500 V, 300 A, 50 Hz, 200 ms).
- Ce sont ces essais de fin de vie qui conduisent les constructeurs à :

- intégrer dans le produit un déconnecteur dit "thermique",
- préconiser l'installation d'un déconnecteur externe en cas de court-circuit.

La version 1995 de la norme NF C 61-740 rend les produits agréés plus efficaces dans la protection contre la foudre.

# Les règles d'installation des parafoudres BT

**■ Le câblage des conducteurs d'équipotentialité et de mise à la terre**

La protection des installations et des équipements électriques contre la foudre doit se traiter de manière globale.

Pour obtenir une protection efficace, il est nécessaire tout d'abord de réaliser une installation de mise à la terre dans les règles de l'art, puis de choisir les protections primaire (paratonnerre) et secondaire (parafoudre) adaptées au niveau de risque préalablement calculé.

**□ L'installation de mise à la terre**

Une installation de mise à la terre est composée d'un réseau équipotentiel commun appelé communément "réseau de masse" et d'un réseau des prises de terre (figure 11).

Lorsque la foudre frappe une installation protégée, le courant de foudre s'achemine le long du paratonnerre et des conducteurs de descente vers la terre en patte d'oie. La prise de terre s'élève alors en tension, atteignant fréquemment quelques dizaines de kV alors que le réseau des prises de terre est encore au potentiel de la terre, ce qui peut entraîner des déséquilibres importants dans le réseau des prises de terre et les conducteurs qui lui sont raccordés. La solution consiste à relier toutes les masses et la liaison équipotentielle principale à une même borne principale de terre, ce qui réduit les effets des déséquilibres évoqués ci-dessus.

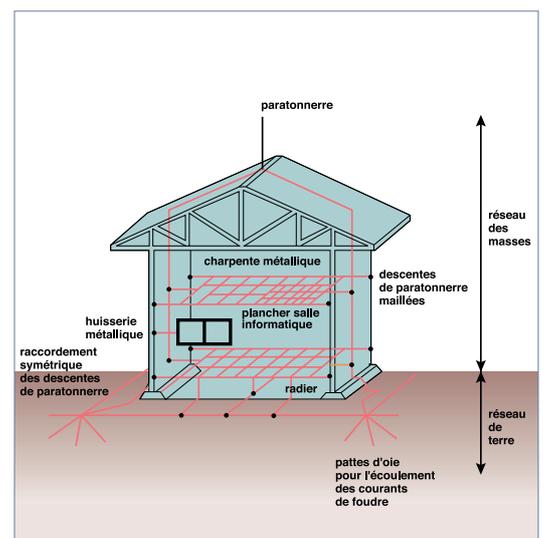


Figure 11. Réseau équipotentiel commun et réseau des prises de terre.

□ **Les règles de câblage**

*La liaison équipotentielle des réseaux :* les réseaux concernent les canalisations métalliques d'eau, de gaz, les câbles d'alimentation électrique, de télécommunication, de signaux... Il est souhaitable qu'ils entrent ou sortent d'un bâtiment par le même endroit. Dès leur entrée, il faut réaliser une liaison équipotentielle à une même barre de terre pour éviter les différences de potentiel entre les différents réseaux (figure 12).

*Le cheminement des câbles :* après avoir réalisé l'équipotentialité du site, il faut prendre soin du câblage et de son cheminement. Cela consiste à :

- répartir correctement les câbles dans une tablette,
- éloigner les câbles de puissance et les câbles courants faibles et les croiser à angle droit aussi bien dans les chemins de câbles que dans les armoires électriques.

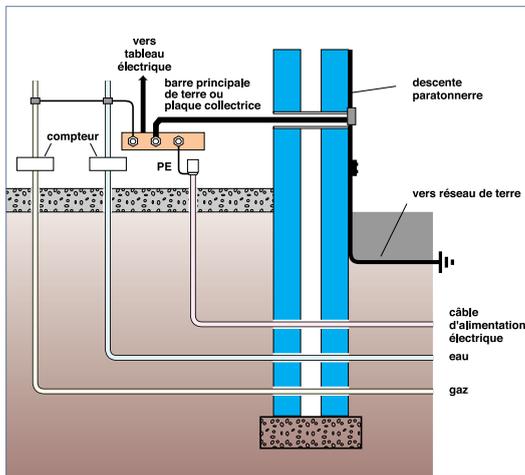


Figure 12. Liaison équipotentielle d'arrivée des réseaux.

■ **Installation des parafoudres selon les schémas des liaisons à la terre**

□ **Choix d'un schéma des liaisons à la terre**

Le choix d'un schéma des liaisons à la terre est dicté par la réglementation en vigueur dans chaque pays en tenant compte de la sécurité des personnes.

C'est l'association de trois choix techniques simultanés réalisés dans le cadre de la normalisation :

- choix de la mise à la terre du point neutre du transformateur qui alimente l'installation. Le point neutre est relié à une prise de terre qui est elle-même soit celle du bâtiment, soit celle couplée électriquement à la prise de terre du bâtiment, soit distincte,
- choix de la réalisation du conducteur de protection PE. Il peut être distinct ou confondu avec le conducteur neutre,
- choix des dispositifs de coupure utilisés pour la protection contre les contacts indirects.

□ **Schéma TT (figure 13)**

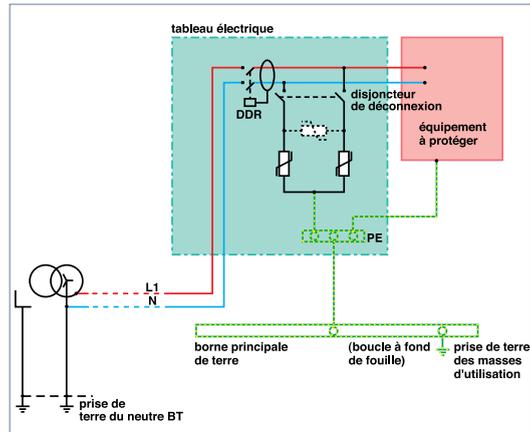


Figure 13. Schéma TT.

C'est le schéma utilisé en distribution publique.

Le neutre est raccordé à la terre du poste de distribution. Les masses des matériels sont reliées par des conducteurs de protection à la prise de terre de l'installation, distincte de la prise de terre du neutre du transformateur.

En cas de coup de foudre, l'existence de deux prises de terre distinctes fait apparaître une différence de potentiel entre la prise de terre du bâtiment et le neutre raccordé à la prise de terre du transformateur. Les parafoudres basse tension sont installés, à l'origine de l'installation, entre les conducteurs actifs et le conducteur de protection. L'installation d'une protection supplémentaire entre phase et neutre peut s'avérer nécessaire car une surtension en mode différentiel peut apparaître du fait de la dissymétrie introduite par la mise à la terre du neutre côté transformateur HTA/BT.

□ **Schéma TN-S (figure 14)**

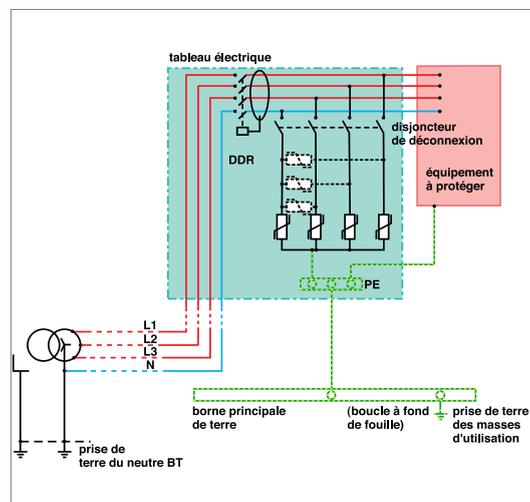


Figure 14. Schéma TN-S.

Le schéma TN-S est souvent utilisé par des abonnés HTA. Dans ce cas, le transformateur HTA/BT est intégré ou dans l'environnement proche du bâtiment alimenté en BT.

Le neutre du transformateur est mis à la terre une seule fois au niveau du poste. Les masses sont reliées au conducteur de protection. Le conducteur neutre et le conducteur de protection sont distincts. Les parafoudres sont installés à l'origine de l'installation BT entre les conducteurs actifs et le conducteur de protection. L'installation d'une protection supplémentaire peut être nécessaire car une surtension de mode différentiel peut apparaître du fait de la longueur de câblage entre le transformateur et la tête d'installation.

□ Schéma IT (figure 15)

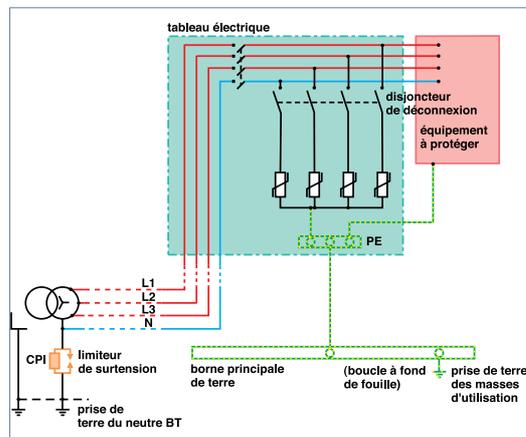


Figure 15. Schéma IT.

Le neutre du transformateur est isolé de la terre. En pratique, il lui est relié par les capacités à la terre des canalisations et des matériels, et souvent par une impédance additionnelle élevée. Les masses des matériels et les éléments conducteurs sont reliés à la prise de terre BT par des conducteurs PE.

Un limiteur de surtension doit être installé pour empêcher toute élévation de tension entre les parties actives et les masses au-delà de la tension de tenue du matériel BT, en cas de défaut provenant de la moyenne tension.

Les parafoudres sont installés à l'origine de l'installation entre conducteurs actifs et conducteur de protection.

■ La mise en cascade des parafoudres

□ Cas du site très exposé

L'étude de la protection d'une installation contre la foudre peut mettre en évidence que le site est fortement exposé et que le matériel est sensible. Le parafoudre devra être capable d'écouler des courants importants et d'avoir un niveau de protection faible (le niveau de protection est la

tension qui caractérise les performances de protection du parafoudre. C'est la tension résiduelle des bornes du parafoudre lors du passage du courant de foudre). Cette double contrainte est irréalisable par un seul parafoudre. Il faudra donc en prévoir un deuxième.

Le premier dispositif P1 est placé en tête d'installation (figure 16). Son rôle est d'écouler un maximum d'énergie à la terre avec un niveau de protection  $\leq 2\,000\text{ V}$  supportable par les équipements électrotechniques (contacteurs, moteurs...).

Le second dispositif P2 est placé dans un coffret divisionnaire, au plus près des récepteurs sensibles. Il possède un faible niveau de protection compatible avec la tension de tenue aux chocs des matériels sensibles ( $\leq 1\,500\text{ V}$ ).

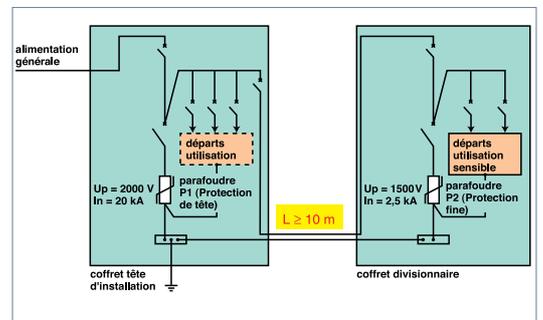


Figure 16. Protection en cascade.

□ Coordination des parafoudres

La protection P2 est installée en parallèle à P1 (figure 17). Si la distance L est trop faible, à l'arrivée de la surtension, P2 de niveau de protection  $U_2 = 1\,500\text{ V}$  fonctionnera avant P1 de niveau  $U_1 = 2\,000\text{ V}$ . P2 ne résistera pas à un courant trop important.

Il faut donc coordonner les protections de façon que P1 amorce avant P2. On utilisera pour cela la longueur L de câble entre P1 et P2 qui jouera le rôle d'inductance s'opposant au passage du courant dans P2 au bénéfice de P1.

La longueur L est donnée par le constructeur des parafoudres. Elle est déterminée par des essais en laboratoire. Dans l'exemple de la figure 17, en prenant des varistances ZnO ayant les caractéristiques indiquées et en supposant que le câble est une inductance linéique de l'ordre de  $1\ \mu\text{H/m}$ , la longueur L du câble doit être au moins de 10 mètres.

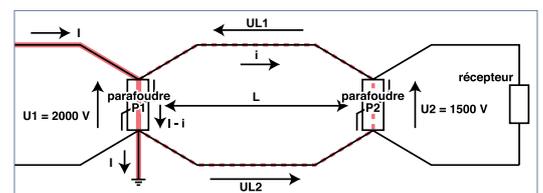


Figure 17. Coordination des parafoudres.

### □ Cas des matériels éloignés

Lorsqu'un parafoudre situé en tête d'installation se trouve à une distance  $> 30$  m des récepteurs à protéger, il n'est plus efficace en raison d'oscillations et de réflexions d'ondes pouvant amplifier le niveau de surtension dans l'installation. Il convient dans ce cas d'installer un second parafoudre à proximité des récepteurs sensibles.

## ■ La déconnexion des parafoudres

### □ Principe

Trois types de protection sont à assurer avec un parafoudre :

- la protection contre le vieillissement du parafoudre,
- la protection contre les courants de court-circuit,
- la protection contre les contacts indirects, si nécessaire.

### □ Protection contre le vieillissement

Le parafoudre à varistance est caractérisé par un courant de fuite très faible ( $< 1$  mA). Etant à base de semi-conducteur, son courant de fuite augmente très légèrement à chaque choc de foudre. Cela entraîne un échauffement, et, au fur et à mesure des chocs, un vieillissement du composant par emballement thermique.

Un système de déconnexion thermique (figure 18) intégré au parafoudre permet de mettre hors circuit le parafoudre avant qu'il n'atteigne l'échauffement maximum admissible. Un voyant signale cet état à l'utilisateur. La durée de vie d'un parafoudre est importante et comparable aux autres produits de protection installés dans un tableau électrique s'il est correctement choisi.

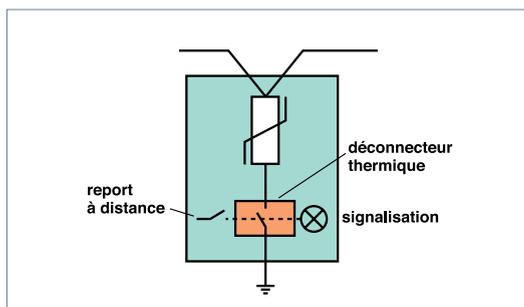


Figure 18. Déconnecteur thermique interne.

### □ Protection contre les courts-circuits

Un des paramètres du parafoudre est la valeur du courant maximum ( $I_{max}$  en onde 8/20) qu'il peut supporter sans dégradation. Si cette valeur est dépassée, le parafoudre se détruit et se met en court-circuit définitivement.

Il doit être impérativement changé. Le courant de défaut sera alors éliminé par un dispositif de déconnexion du type disjoncteur (figure 19) situé en amont et sur la branche du parafoudre.

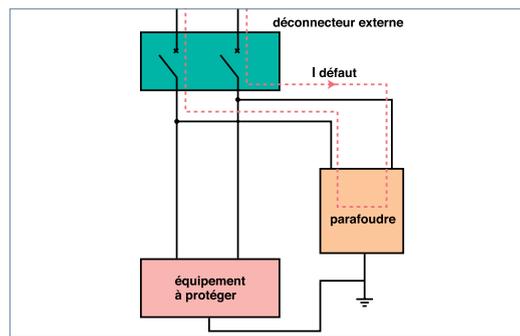


Figure 19. Déconnecteur externe.

## Exemple d'application

### ■ Comment protéger un établissement scolaire contre les effets de la foudre ?

#### □ Les besoins

Le collège comprend plusieurs bâtiments abritant :

- 2 bâtiments "externat" et "internat" de 2 étages avec ascenseur,
- 1 gymnase : vestiaires et terrain de sport,
- 1 bâtiment de demi-pension : restaurant et cuisine,
- 1 atelier technique et une chaufferie au gaz,
- 1 bâtiment administratif et logement de fonction.

Ce site est soumis à la réglementation de protection contre l'incendie ; il dispose d'un système de sécurité et d'alarme incendie comme tous les établissements scolaires ou colonies de vacances possédant des zones de sommeil. Il est recommandé de veiller à la continuité de service des dispositifs de détection automatiques et d'alarme incendie en toutes circonstances y compris en cas de surtensions d'origines atmosphériques.

#### □ L'environnement

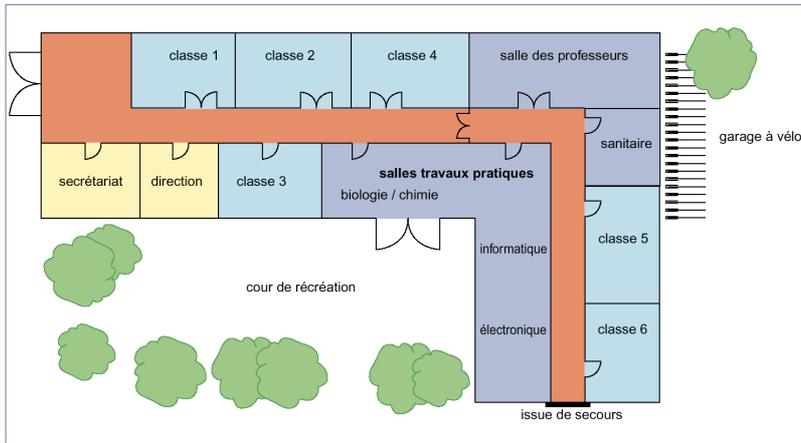
- Situé en périphérie d'une grande agglomération, cet établissement peut être soumis à des surtensions d'origines atmosphériques consécutives à des coups de foudre proches ou éloignés.

- La densité de foudroiement locale est moyenne ( $0,5 < N_g < 1,6$ ).

- Le schéma des liaisons à la terre du réseau est en TN-S.

- Le matériel à protéger est d'un coût moyen, mais l'établissement ne disposant pas d'un gros budget de provision pour risques (remplacement), il est indispensable de bien protéger les appareils sensibles : microscopes électroniques, appareils de mesures, équipements électroniques et informatiques.

- De nombreux matériels pédagogiques ont une tension de choc réduite ( $U_{choc} \leq 1,5$  kw), en particulier pour les salles de travaux pratiques



(biologie, chimie, électronique, informatique...) qui nécessitent une protection contre la foudre adaptée au plus près des récepteurs. Il en est de même pour les dispositifs d'alarme et de détection incendie.

Le bâtiment, de construction traditionnelle, ne dispose pas de dispositif particulier de mise à la terre, mais répond aux normes en vigueur.

- Le collège est alimenté par une ligne électrique souterraine basse tension triphasée + neutre fournie par une régie municipale.

Les autres réseaux d'alimentation : gaz (régie), télécommunications (France Telecom) et eau (régie municipale) sont également enterrés.

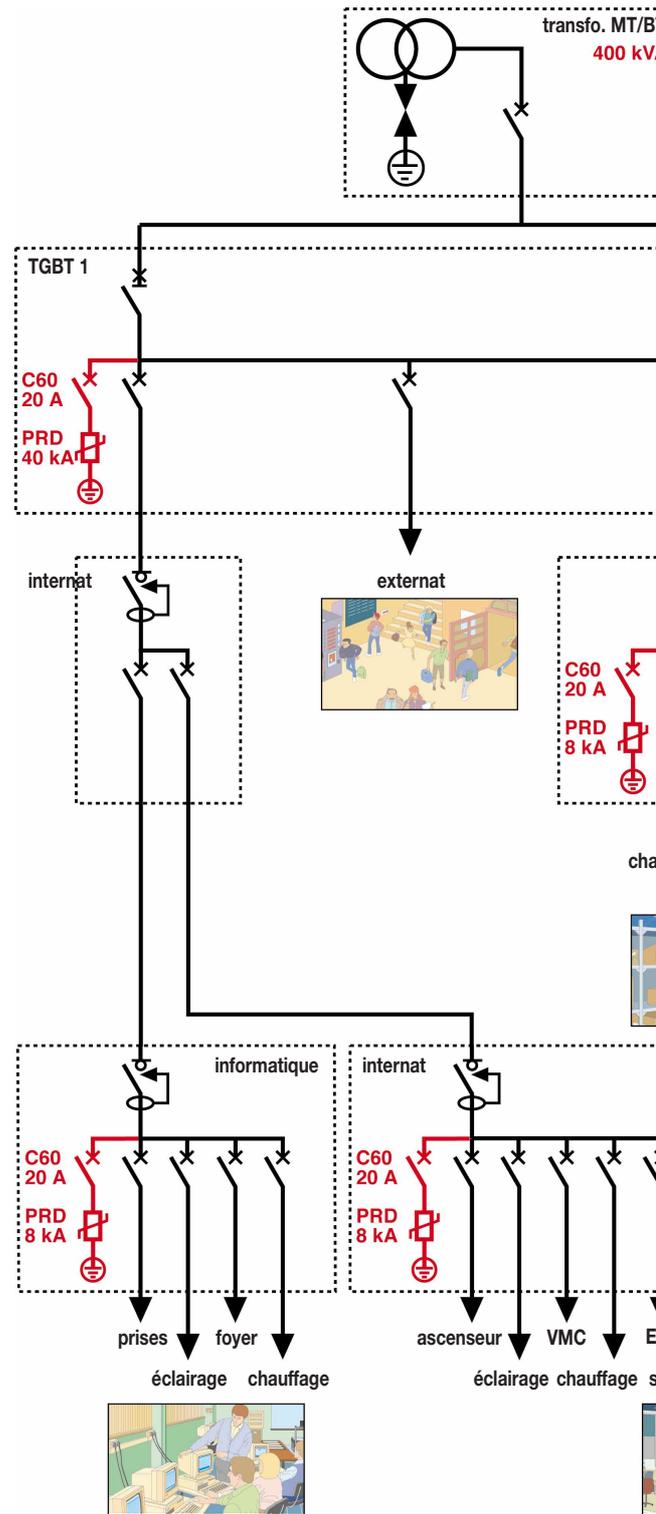
□ **Les solutions Schneider Electric et schéma de principe**

- L'armoire de distribution principale (TGBT) installée dans le local technique du bâtiment externat dispose d'une protection contre la foudre de 40 kA (parafoudre BT débrochable PRD 40 associé à un disjoncteur de déconnexion de 20 A).

Les coffrets secondaires de distribution, répartis à chaque étage des autres bâtiments, sont protégés par des parafoudres BT de 8 kA (parafoudre PRD 8 associé à un disjoncteur de déconnexion de 20 A).

- Les appareils de télécommunication de surveillance et d'alarme incendie sont protégés par des parafoudres de communication de type :

- PRC pour les réseaux téléphoniques analogiques,
- PRI 12/48 V pour les réseaux téléphoniques numériques et automatismes,
- PRI 6 V pour les réseaux informatiques.



Paratonnerre à éclateur  
**Protection primaire**

Parafoudre HTA



PF 65/PF 65r

**Protection secondaire BT**



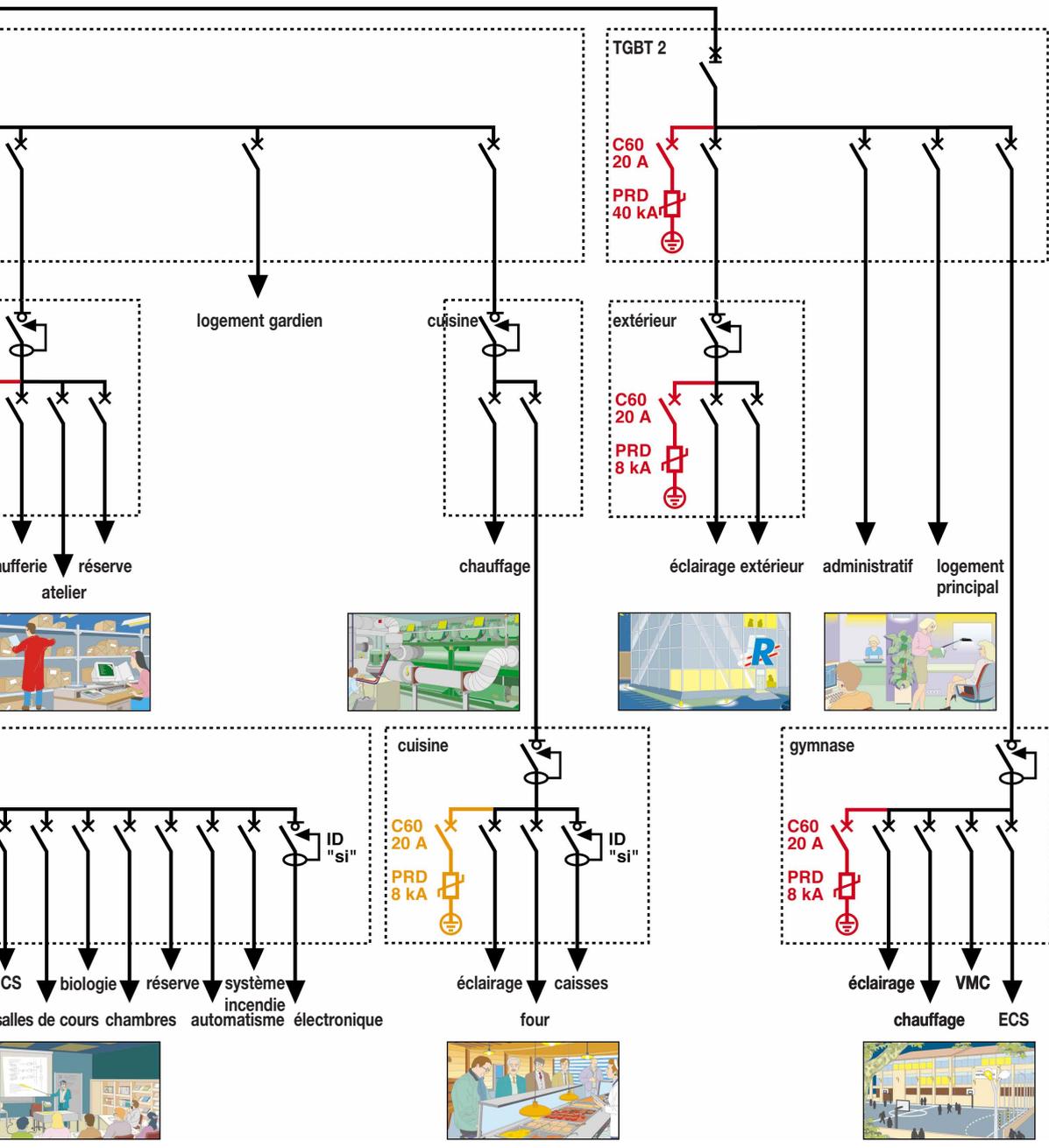
PRD 40/PRD 40r



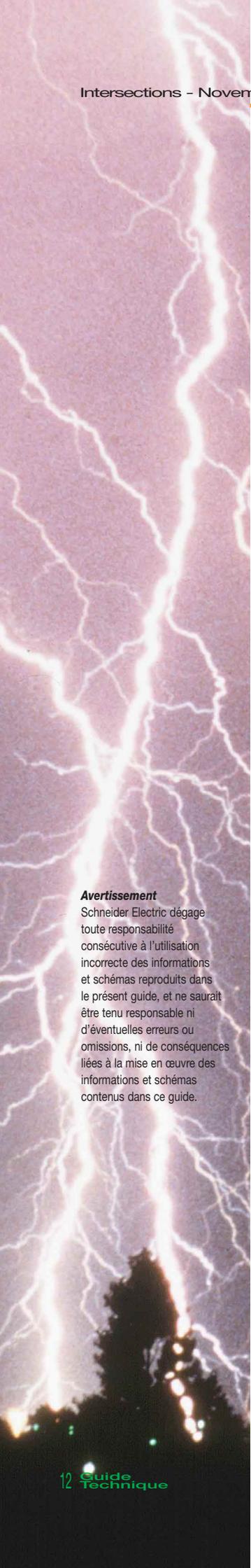
C60/C120

disjoncteur

T  
A



 <b>PF 8</b> interrupteur de déconnexion	 <b>PRD 8</b>	 <b>ID "si"</b> interrupteur super immunisé	 <b>PRC parallèle</b>	 <b>PRC série</b>	 <b>PRI</b>
<b>Protection réseaux de communication</b>					



**□ Les avantages de cette solution**

- Parafoudres de protection de tête : dérivent le courant de foudre à la terre et limitent les surtensions des équipements situés à proximité (éloignés de 30 m maxi.).
- Parafoudres de protection fine : situés près des récepteurs sensibles, ils réduisent la tension entre Ph-T et N-T afin que la tension assignée de tenue au choc soit bien inférieure à 1 500 V.
- Conforme à la réglementation.

**□ Les conseils de câblage**

- S'assurer de l'équipotentialité des masses et des terres du bâtiment.
- Réduire les surfaces de boucle.

**□ Les conseils d'installation**

- Eloigner les câbles d'arrivée du parafoudre des câbles de départ de l'installation.
- Associer systématiquement un disjoncteur de déconnexion au parafoudre.
- Si le bâtiment est équipé d'un paratonnerre, il y a lieu d'installer un parafoudre de tête d'installation avec une forte capacité d'écoulement ( $I_{max} = 65 \text{ kA}$ ).

**□ Le rôle du déconnecteur de parafoudre**

- Isoler le parafoudre du reste de l'installation en cas de dépassement de la capacité d'écoulement  $I_{max}$  du parafoudre.
- Lorsque le déconnecteur est activé, les récepteurs ne sont plus protégés contre les surtensions atmosphériques. Le changement du parafoudre est alors recommandé.



**Avertissement**

Schneider Electric dégage toute responsabilité consécutive à l'utilisation incorrecte des informations et schémas reproduits dans le présent guide, et ne saurait être tenu responsable ni d'éventuelles erreurs ou omissions, ni de conséquences liées à la mise en œuvre des informations et schémas contenus dans ce guide.

**Bibliographie**

- Normes**
- Guide UTE C15-443 : Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique.
  - Norme NFC 15 100, sections 443 et 534 : Installations électriques basse tension.
  - Norme NFC 61740 de juillet 1995 : Parafoudres pour installations basse tension.

- Ouvrages Schneider Electric**
- La foudre et la protection des installations électriques.....ISF Editions MD1 FDR1F.
  - Surtensions et parafoudres en basse tension, coordination de l'isolement en basse tension.....Cahier technique n° 179.
  - La foudre et les installations électriques.....Cahier technique n° 168.
  - La protection des installations électriques contre la foudre.....ART 62974.

- Choix des parafoudres Merlin Gerin**
- Réglette de choix.....ART 86236.
  - Logiciel de choix accessible sur le site [www.electriciens.schneider-electric.fr](http://www.electriciens.schneider-electric.fr)

Ce guide technique a été réalisé sous la direction de Didier Mignardot (responsable marketing - produits de protection foudre), avec la collaboration de Patrick Andrieux et de Denis Avons-Bariot.

Les textes et les illustrations de ce guide sont disponibles dans la rubrique **L'enseignement technique** à partir du site <http://www.schneider-electric.fr>, rubrique **Schneider en France**, puis **L'enseignement technique**.