



# La protection du matériel électrique et électronique contre les effets de la foudre



# Introduction

Chaque année, la foudre provoque en France la mort de dix à vingt personnes et de milliers de bêtes. Elle cause également d'importants dommages qui se chiffrent en plusieurs milliards d'euros. Certains sites (églises, fermes isolées) ainsi que certaines structures (lignes aériennes, antennes) sont particulièrement soumis à des coups de foudre.

Le développement des équipements électroniques et informatiques particulièrement sensibles aux surtensions a aggravé l'importance des dommages causés par la foudre.

Environ 2000 orages existent en permanence dans le monde ; en France, le nombre de coups de foudre qui frappent le sol est de l'ordre de 2 millions par an.

Jusqu'en 2002, l'emploi de parafoudres pour la protection des matériels connectés au réseau basse tension n'était pas obligatoire ; seul un certain niveau de recommandation pouvait être prescrit.

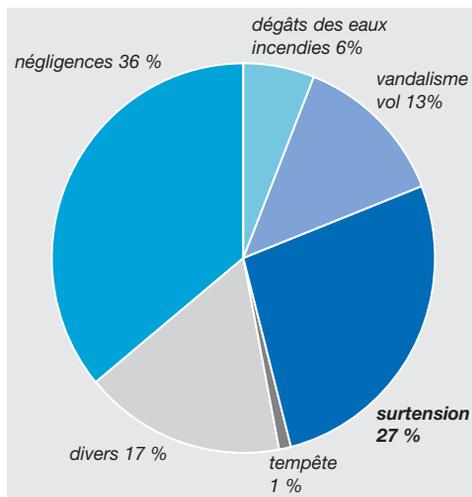
Cette situation a changé avec la norme NF C 15 100 de décembre 2002, complétée par sa mise à jour de juin 2005, et accompagnée de sa mise à jour de juin 2005, et de son guide pratique UTE C 15-443 d'août 2004, auquel elle fait référence.

Et il y a désormais **obligation** de mise en œuvre de parafoudres à l'origine de l'installation en fonction de certaines conditions.

Ces conditions sont, majoritairement, précisées dans le guide d'accompagnement intitulé "Guide pratique - Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres"

Si la nécessité d'employer des parafoudres semble évidente dans les zones fréquemment foudroyées, elle ne doit pas pour autant être négligée dans les zones soit-disant "moins risquées", car avec l'émergence de nouvelles technologies électroniques, plus performantes, plus "fragiles" aussi, et de nouveaux signaux "parasites" véhiculés par les réseaux BT et TBT, aucun site ne semble être véritablement à l'abri !

L'installation électrique dans sa globalité (BT et TBT) doit être intégrée dans un concept de protection contre les surtensions.



27 % des dégâts de l'installation sont liés à des surtensions.

Il existe aujourd'hui des moyens pour assurer une bonne protection contre la foudre. Ce document a pour but d'approfondir les connaissances des professionnels au niveau :

- De la connaissance du phénomène et du matériel de protection

### **Chapitre 1**

Pour bien protéger une installation des effets de la foudre, il est nécessaire de comprendre la formation et la propagation de ce phénomène ainsi que le fonctionnement du matériel de protection.

- Du choix de la bonne protection

### **Chapitre 2**

Cette partie regroupe tous les éléments qui influent sur le choix des références de parafoudres à installer.

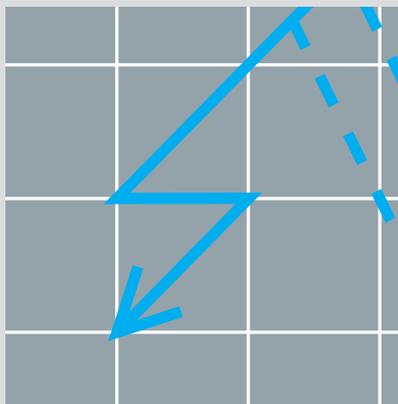
- De la mise en œuvre et des cas pratiques

### **Chapitre 3**

Cette partie commente et illustre par des schémas d'application les différents textes normatifs (NF C 15-100 ; UTE C 15-443) qui se réfèrent au choix et aux règles de mise en œuvre des parafoudres. Elle présente également quelques exemples d'installations.



## Connaissance du phénomène et du matériel de protection



<b>1. La foudre</b>	9
1.1. Le phénomène foudre	9
1.2. La création et l'action de la foudre	9
1.3. L'histoire de la recherche sur la foudre	12
1.4. Les effets de la foudre - effets directs - effets indirects	13
1.5. La modélisation de la foudre	19
<b>2. Le parafoudre</b>	21
2.1. Son rôle	21
2.2. Sa technologie	24
2.3. Ses caractéristiques	25
2.4. La norme produit	27
<b>3. La gamme parafoudres modulaires Hager</b>	28
3.1. Les voyants indicateurs de fonctionnement	29
3.2. Les parafoudres "débrochables"	29
3.3. La version "toutes options"	30
3.4. Le parafoudre "auto-protégé"	32
3.5. Les parafoudres pour protéger "des impacts directs sur un paratonnerre"	33
3.6. Les parafoudres de "protection fine"	33
3.7. Les parafoudres pour la "protection téléphonique"	34
3.8. Protection en mode commun et différentiel	35
3.9. Parafoudre en parallèle ou en série	35
3.10. Caractéristiques électriques	37

# 1. La foudre

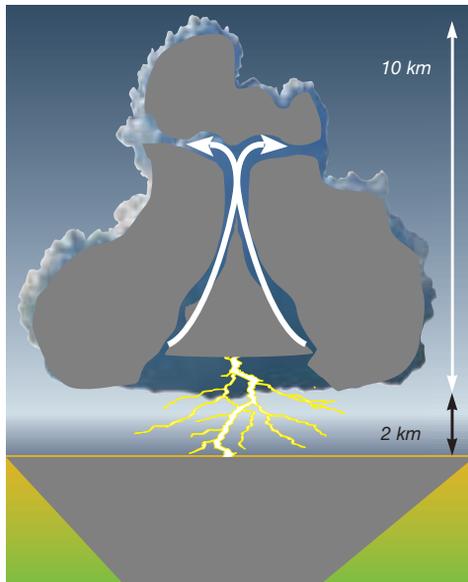
## 1.1. Le phénomène foudre

Pendant les journées d'été, l'humidité de l'air ainsi que l'échauffement du sol provoquent la formation d'un important nuage : le cumulo-nimbus.

Un vent violent au sein de ce nuage sépare les charges électriques ; le nuage se voit alors chargé positivement à son sommet et négativement à sa base.

A la surface du sol, en-dessous du nuage, se concentrent des charges positives. Une différence de potentiel de plusieurs millions de volts apparaît entre sol et nuage ; lorsque l'équilibre électrostatique se rompt, une décharge électrique de plusieurs milliers d'Ampères traverse l'air pendant quelques millièmes de secondes : c'est **la foudre**.

Le tonnerre n'est autre que l'onde de choc sonore qui accompagne cette décharge.



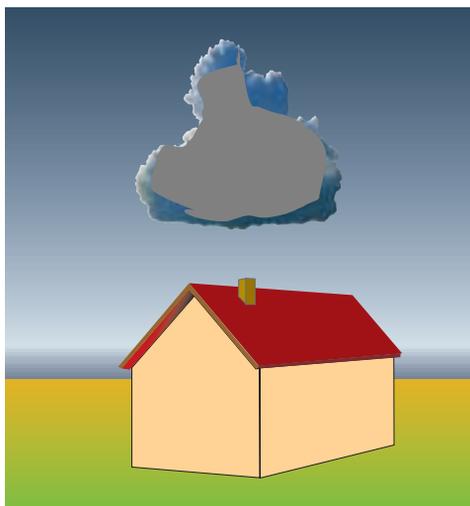
## 1.2. La création et l'action de la foudre

### Mécanisme de création des orages et de la foudre :

Le nuage orageux est généralement du type cumulo-nimbus (forme d'enclume, couleur sombre à la base). Il constitue une gigantesque machine thermique dont la base est de 2 km et le sommet à 10 km d'altitude environ. Sa constitution est rendue possible par l'élévation d'air chaud en provenance du sol. Lors de son ascension, cette masse d'air se charge d'humidité jusqu'à devenir un nuage.

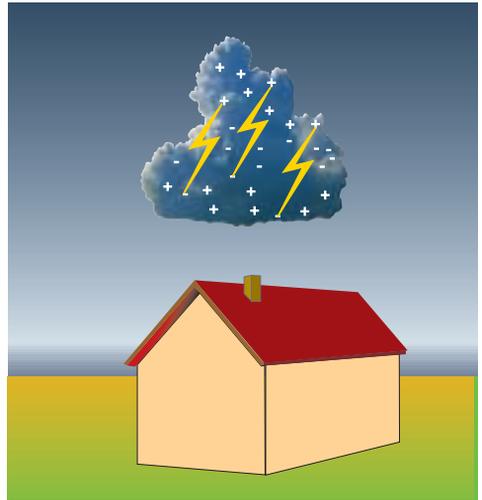
### Début du mécanisme d'électrisation :

Les violents courants d'air ascendants et descendants entraînent des collisions entre les particules d'eau et les cristaux de glace, provoquant ainsi la création de charges positives et négatives.



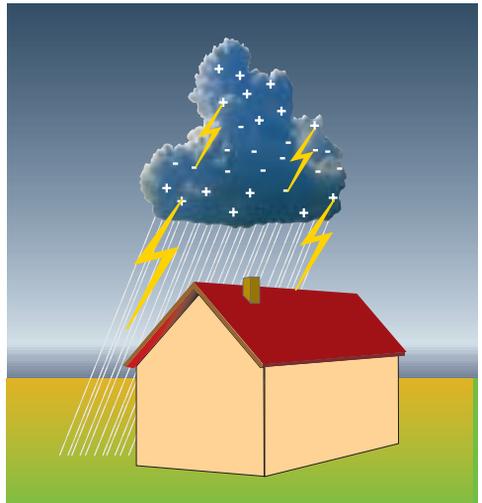
**Début de la phase active :  
les charges de signe opposé se  
séparent.**

Les charges positives se situent dans la partie supérieure, alors que les charges négatives se situent dans la partie inférieure du nuage. Une petite quantité de charges positives demeure à la base du nuage. Les premiers éclairs intra-nuage apparaissent.



**Maturité de la phase active :  
ce nuage forme un énorme condensateur  
avec le sol.**

Après les premiers éclairs intra-nuages, des éclairs se forment entre le nuage et le sol (coup de foudre), les premières pluies apparaissent.



**Fin de la phase active :  
l'activité du nuage diminue tandis que le  
foudroiement du sol s'intensifie.**

Il s'accompagne de fortes précipitations et de rafales de vent. C'est la phase d'effondrement du nuage.

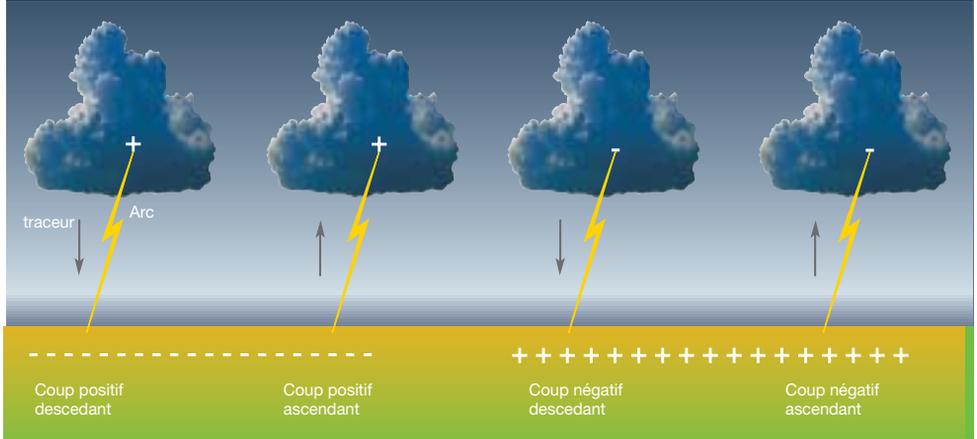
## Classification des coups de foudre

Les coups de foudre sont classés selon :

- la partie positive ou négative du nuage qui se décharge.
- le sens de formation du traceur qui se développe entre le nuage et le sol.

Ce traceur crée un canal ionisé dans lequel circule l'arc.

Selon l'origine du traceur, le coup de foudre sera ascendant ou descendant.



Il a été observé que dans les pays à climat tempéré, la majorité des coups de foudre sont de type négatif descendant.

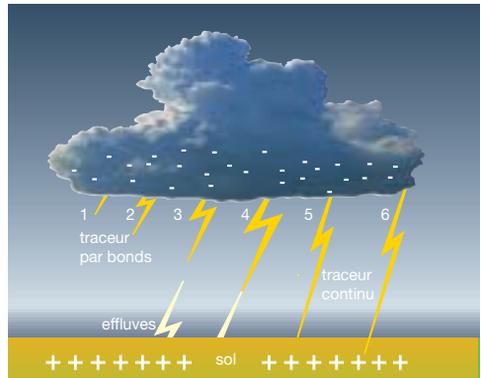
En montagne ou en présence d'une proéminence, des coups négatifs ascendants peuvent se développer.

## Principe d'une décharge

Le principe de la décharge d'un coup de foudre négatif descendant est le suivant :

1. Un traceur se développe à partir du nuage
2. Ce traceur progresse par bonds vers le sol. Il est constitué de particules électriques arrachées au nuage par le champ électrique nuage-sol. Ces particules forment un canal lumineux qui se dirige vers le sol.
3. Lorsque le traceur arrive à proximité du sol, les effluves (étincelles) partent du sol.
4. Les effluves entrent en contact avec la pointe du traceur.
5. Un arc électrique circule dans le canal ionisé créé par le traceur. Cet arc très lumineux permet l'échange des charges électriques entre le nuage et le sol. Le traceur ne progresse plus et devient continu, l'onde de choc se transforme en onde sonore (le tonnerre).

6. Une succession d'arcs de moins en moins intenses suivra. Entre ces arcs, le traceur continu subsiste, laissant circuler un courant.



### 1.3 L'histoire de la recherche sur la foudre

#### Foudre ... Et l'histoire de la science Dans l'Antiquité

Foudre = colère des Dieux.

#### Au 17<sup>ème</sup> siècle

Foudre = "l'explosion des exhalations sulfureuses de l'atmosphère sous la pression, lorsqu'un nuage plus lourd tombait sur le nuage plus léger !" (René Descartes)

#### Au 18<sup>ème</sup> siècle

Foudre = phénomène électrostatique.

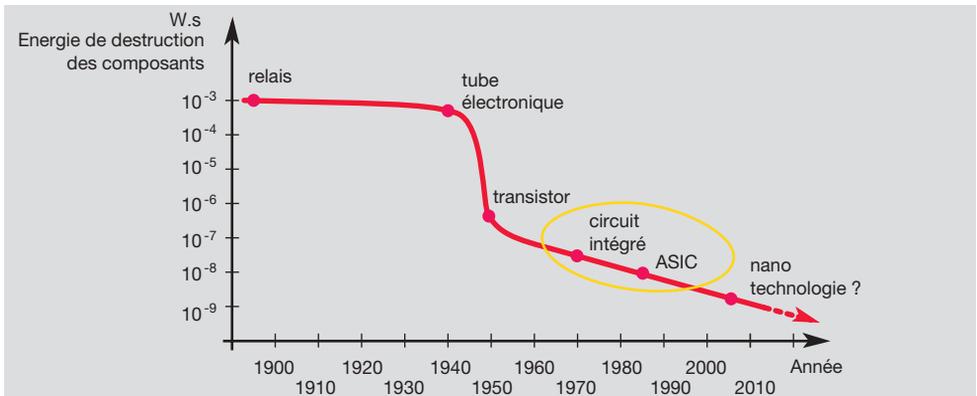
#### Dans les années 1980-1985

Application des lois sur l'induction électromagnétique

#### Les conséquences sur le matériel électrique

Au cours des 60 dernières années, l'électronique, et plus récemment les TIC (technologies de l'information et de la communication) n'ont cessé de se développer, et avec elles, des composants

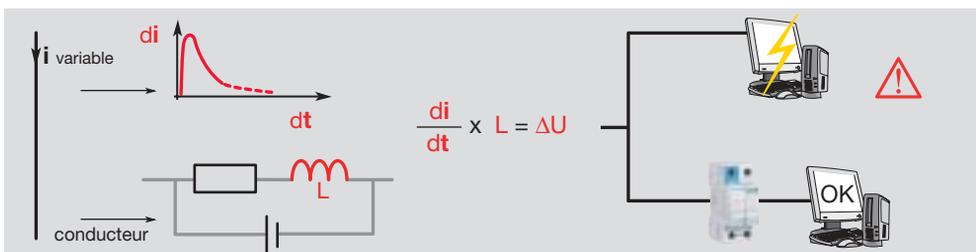
électroniques de plus en plus miniaturisés et fragiles sont apparus. Devant l'enjeu financier représenté par ces équipements, la recherche sur les effets de la foudre et les moyens pour s'en protéger a été fortement stimulée.



#### A l'origine de la destruction : une onde de surs tension

Première découverte fondamentale : la foudre génère dans les installations une onde de surs tension dangereuse pour les matériels. Cette onde s'explique par les lois mathématiques complexes, notamment celles de l'électromagnétisme.

En effet, la fameuse loi d'Ohm, applicable en Basse Tension et Basse Fréquence, ne suffit pas à comprendre le phénomène. Il faut recourir à des lois électrodynamiques, applicables en Hautes Fréquences (phénomènes rapides), notamment la Loi de Lenz :  $\Delta U = L \times (di/dt)$



## 1.4 Les effets de la foudre

### Les effets directs

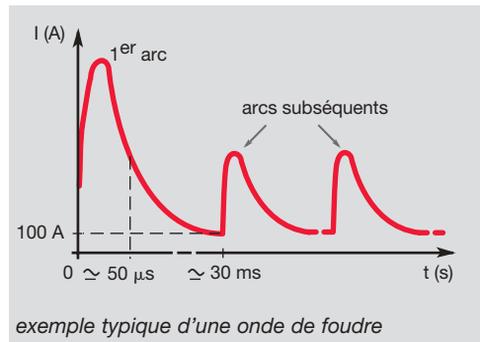
- Ils se produisent au point d'impact de la foudre,
- Ils sont dus à l'écoulement du courant de foudre de très forte intensité dans les éléments plus ou moins conducteurs.



Les effets directs de la foudre

### L'apparition de l'onde dans le réseau

- Quelques chiffres caractéristiques :
- valeur moyenne de l'intensité du courant d'un coup de foudre : 35 000 A
  - durée totale d'un coup de foudre : 0,2 à 1 sec.
  - nombre de décharges : 4 en moyenne
  - quantité de charge neutralisée : 5 à 200 Coulomb
  - durée locale d'un orage : 2 heures maxi.
  - étendue du spectre de fréquence rayonnée : quelques MHz jusqu'à quelques GHz
  - champs électriques générés : plusieurs kV/m.

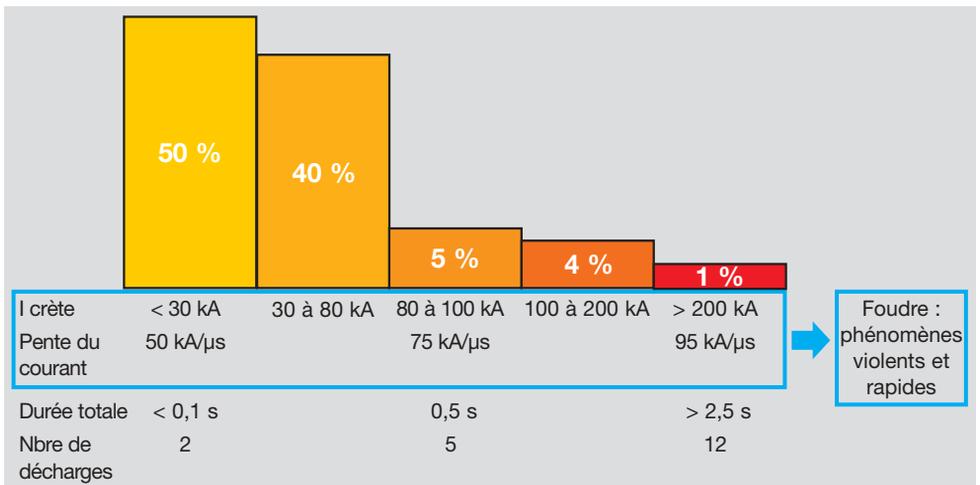


exemple typique d'une onde de foudre

### L'amplitude des coups de foudre

Le passage du courant de foudre peut avoir pour conséquence : l'électrocution de personnes ou d'animaux, des incendies et la destruction de matériels par fusion ou déformation.

Contre ces effets directs, on assure une bonne protection par la mise en place de **paratonnerres** à tige, à cage ou à fil, selon le type de structure à protéger.



## Les effets indirects

Ils sont issus des effets directs et transmis entre autres à l'installation électrique par :

- conduction
- rayonnement ou induction
- montée en potentiel du réseau de terre

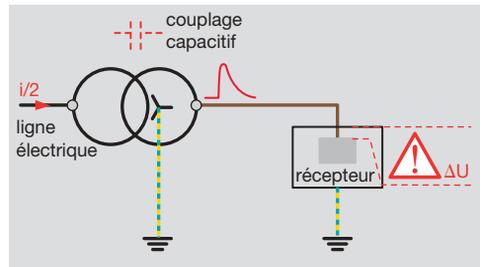
### La surtension peut être générée par conduction :

Lorsque la foudre tombe sur une ligne HTA ou basse tension, la surtension créée atteint une dizaine de milliers de Volts et peut engendrer un courant de quelques milliers d'Ampères.

Après amortissement par la longueur de la ligne et le transformateur (mais transmission par couplage capacitif), il pourra subsister une onde de surtension jusqu'à 4 kV (90 % des cas), voire jusqu'à 6 kV ou davantage.



Les effets indirects de la foudre : surtension par conduction.



### La surtension peut être générée par rayonnement :

Lorsque la foudre frappe un arbre, le courant engendré peut atteindre quelques milliers d'Ampères et transmettre des surtensions dans les installations électriques environnantes.

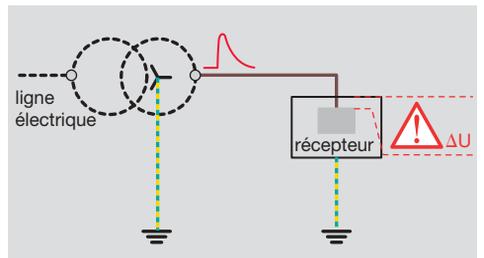
Un coup de foudre est l'équivalent d'une antenne de grande longueur rayonnant un champ électromagnétique.

Ce principe est également valable pour les coups de foudre "intra-nuages".



Les effets indirects de la foudre : surtension par rayonnement.

Ce rayonnement est d'autant plus important que le front de montée est raide (pente de 20 à > 90 kA/ $\mu$ s) : **ses effets se feront sentir à plusieurs kilomètres**

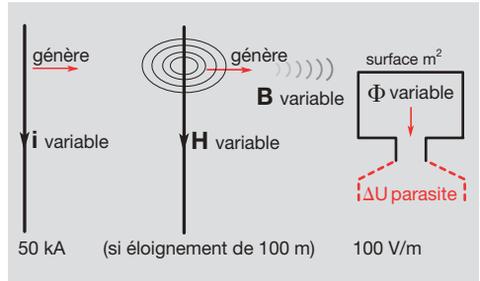


## Les deux composantes du rayonnement électromagnétique

Champ électromagnétique = champ magnétique (A/m) + champ électrique (V/m)

### Le champ magnétique, l'effet de boucle :

Tout courant variable dans le temps génère un champ magnétique variable, qui se propage et qui crée un flux d'induction variable dans toute boucle située sur son passage. Ce flux d'induction variable aura pour effet de développer aux bornes de cette boucle une surtension, dont l'importance sera proportionnelle à la taille de la boucle.

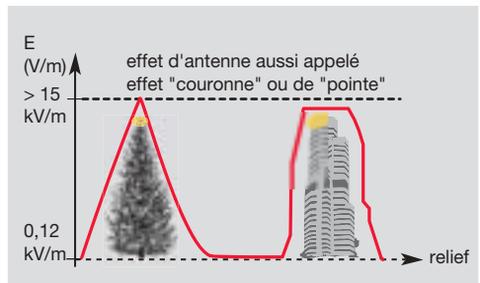


### Le champ électrique, l'effet d'antenne :

Dans la zone nuageuse, le champ électrique est accentué par le relief, ce qui a pour effet de favoriser le développement d'un coup de foudre.

En conclusion, les champs H et E varient dans une grande surface autour et au sein de la zone nuageuse, ces variations se produisent donc tout près des habitations, entre des bâtiments agricoles, en zone urbaine, ...

**En l'absence d'indications contraires : aucun site n'est à l'abri.**



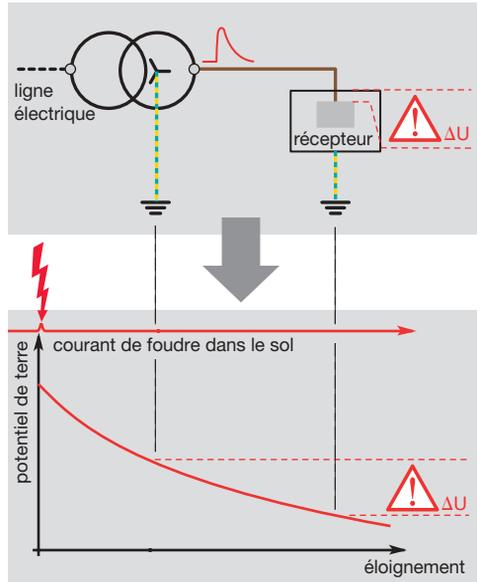
### La surtension peut être générée par une montée de potentiel du réseau de terre :

Lorsque la foudre frappe le sol ou une structure mise à la terre, l'écoulement du courant de foudre peut élever le potentiel de terre environnant à plusieurs milliers de Volts.



Les effets indirects de la foudre : surtension par montée de potentiel de la terre..

En pratique  $\Delta U$  peut atteindre jusqu'à 10 kV



### Le phénomène de rayonnement électromagnétique

Définition :

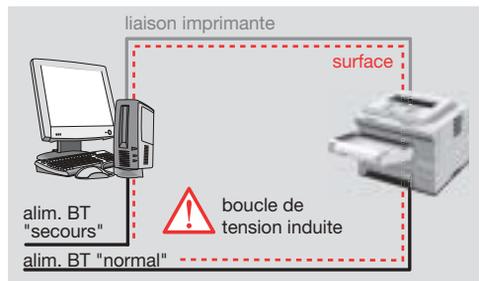
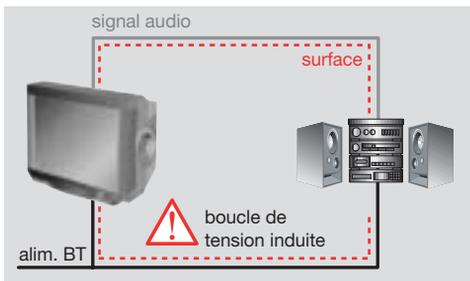
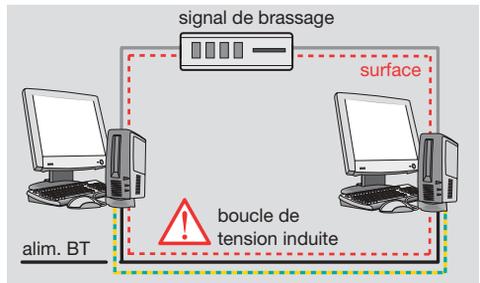
Une boucle "de masse" est la surface comprise entre conducteur utile (câble d'alimentation, câble de signaux, câble de mesure,...) et le conducteur de masse le plus proche.

Exemple numérique :

La surtension engendrée par un coup de foudre tombant à 400 m est proportionnelle à la surface de la boucle formée par les deux câbles.

Pour une surface de 300 m<sup>2</sup> et un coup de foudre de 100 kA apparaissant en 1  $\mu$ s la surtension induite entre la liaison "signal" et la "terre" sera de 15 000 V environ.

### Exemple de boucles inductives



## Les effets directs avec paratonnerre

En cas de foudre directe sur une structure, un bâtiment, équipés d'un dispositif extérieur de protection contre la foudre, l'énergie de foudre devrait être principalement dérivée vers la terre.

Cependant deux dangers existent pour les installations :

- Les effets indirects par induction dans l'installation électrique sont très importants de par la proximité du phénomène "foudre"
- Si une grande partie du courant de foudre circule directement à la terre via le dispositif paratonnerre, le courant restant se répartira

entre les divers "services" pénétrant dans la structure ...tels que les parties conductrices extérieures, les réseaux BT, les réseaux courants faibles.



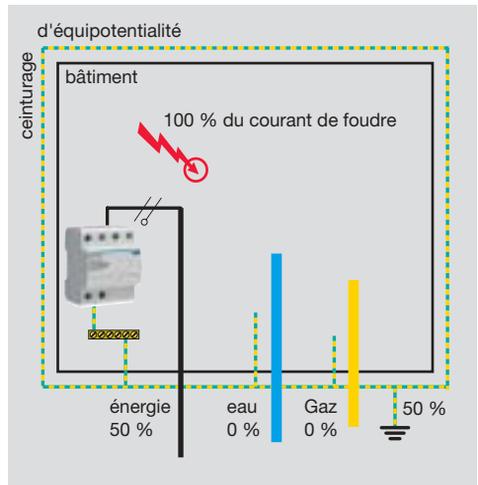
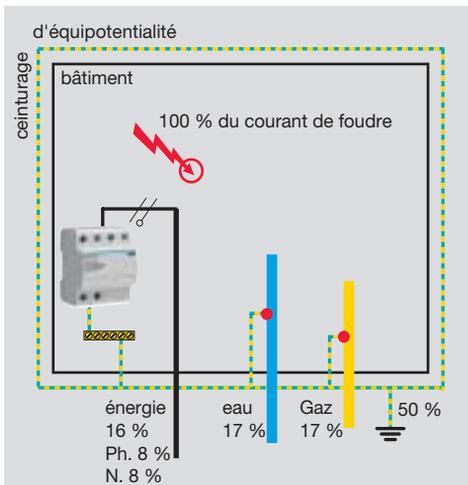
Répartition dans l'installation d'une partie du choc de foudre, en cas d'effets directs avec paratonnerre.

Cas où la liaison équipotentielle concerne tous les services :

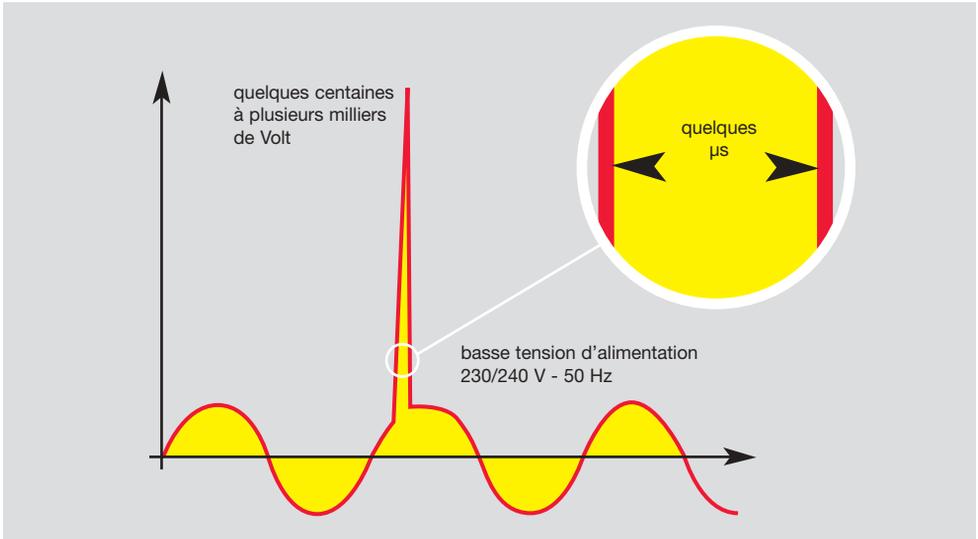
- 16 % du courant de foudre passe dans l'installation électrique.

Cas où la liaison équipotentielle est incomplète (ou défailtante dans le temps ...) :

- 50 % du courant de foudre passe dans l'installation électrique,
- en l'absence d'indications contraires c'est ce cas qui doit être considéré.



Les effets indirects et les effets directs avec paratonnerre se traduisent par des surtensions transitoires qui apparaissent sur les lignes électriques ou les lignes téléphoniques et qui cheminent vers l'installation intérieure.



*La surtension transitoire*

La foudre et les décharges électrostatiques ne sont pas les seules origines des surtensions sur l'installation électrique. Les commutations de contacts, les parasites tels que l'allumage de lampes à sodium, le fonctionnement de thyristors, les Impulsions Electro-Magnétiques Nucléaires, etc. provoquent également des signaux perturbateurs. Ces derniers sont évidemment d'un niveau moins élevé que les surtensions d'origine atmosphérique.

### **Les conséquences des surtensions transitoires sont multiples :**

- destruction des équipements électroniques (téléviseurs, chaînes Hi-Fi, micro ordinateurs, interfaces de régulation et de commande des équipements électriques, etc.).
- détérioration des équipements électriques et électroménagers courants.
- perturbation des systèmes informatiques, systèmes d'alarme et de signalisation, etc.

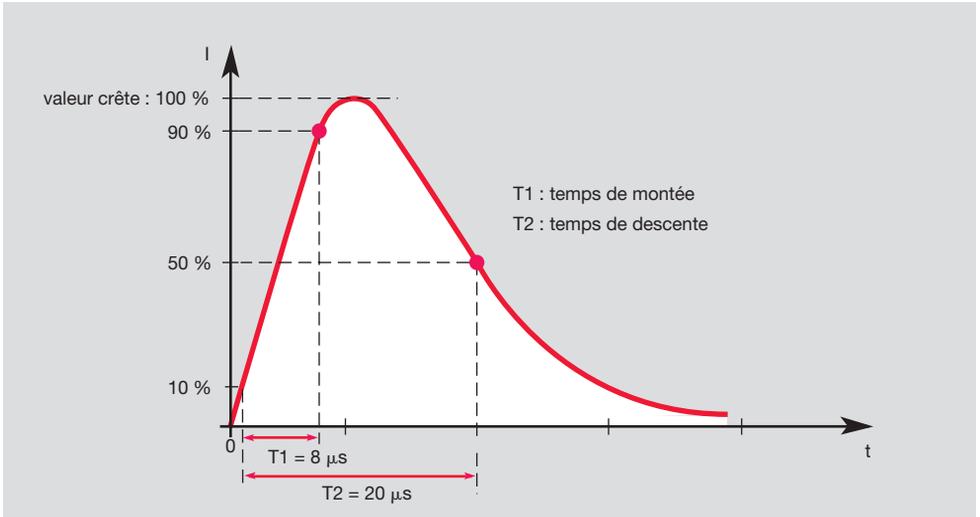
- vieillissement prématuré de l'installation électrique par la détérioration de la gaine isolante des câbles.

Contre ces effets indirects et en présence de paratonnerre, on assure une bonne protection par la mise en place de **parafoudres**. C'est un dispositif capable d'agir contre les  $\Delta u$ .

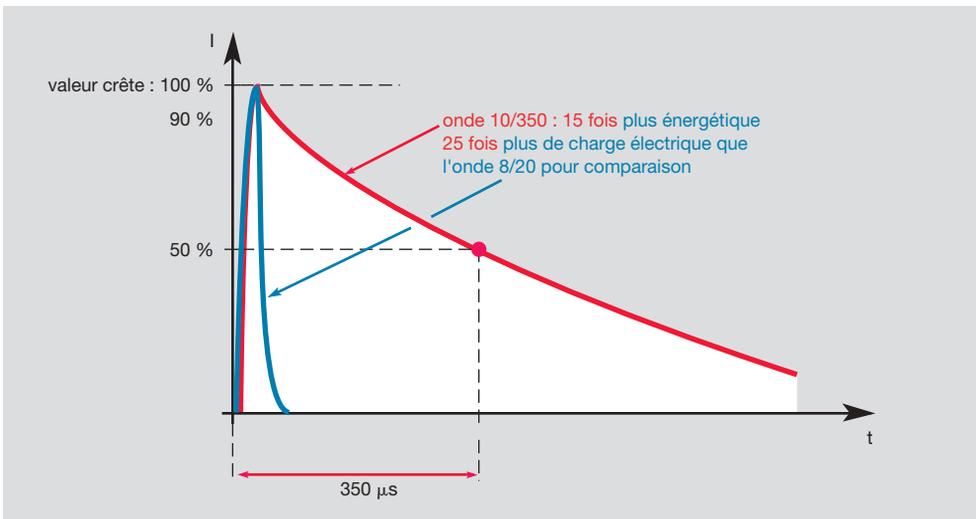
## 1.5. La modélisation de la foudre

Des études plus approfondies des surtensions transitoires générées par un coup de foudre direct ont montré que les surtensions peuvent être modélisées dans 90% des cas à partir de trois ondes typiques :

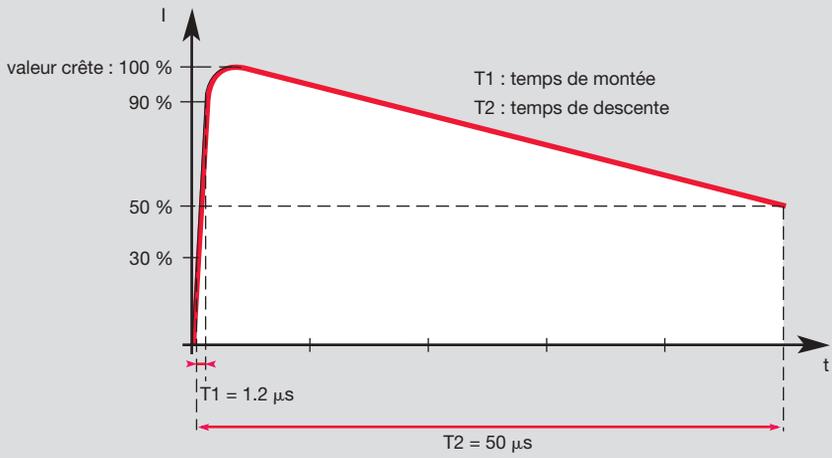
- l'onde de courant 8/20
- l'onde de courant 10/350
- l'onde de tension 1,2/50



Onde de courant 8/20



Onde de courant 10/350



Onde de courant 1,2/50

# 2. Le parafoudre

## 2.1. Son rôle

Sans parafoudre, la surtension apparaît dans le réseau électrique aux bornes des matériels (schéma 1).

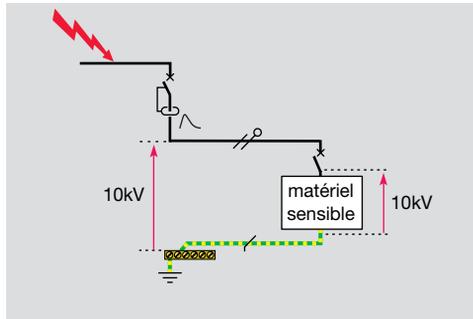


Schéma 1 : sans parafoudre, la surtension apparaît aux bornes des matériels.

L'appareillage sensible "claque" alors entre conducteurs actifs et terre et toute l'énergie foudre transite par ce matériel (schéma 2) : il est détruit.

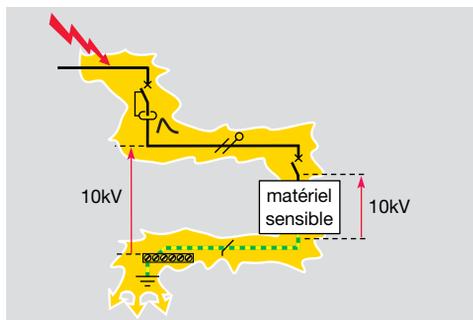


Schéma 2 : sans parafoudre, le matériel "claque".

Afin de protéger l'installation électrique ainsi que le matériel et les personnes, le parafoudre doit permettre :

- D'écouler l'énergie destructrice du coup de foudre à la terre (schéma 3),

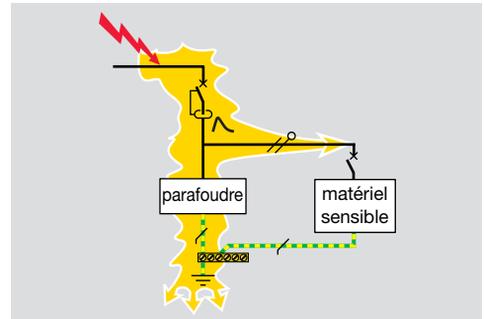


Schéma 3 : écoulement de "l'énergie foudre" à la terre.

- De réduire au maximum les différences de potentiels entre les points de connexion du matériel au réseau (entre phases, neutre et terre) (schéma 4).

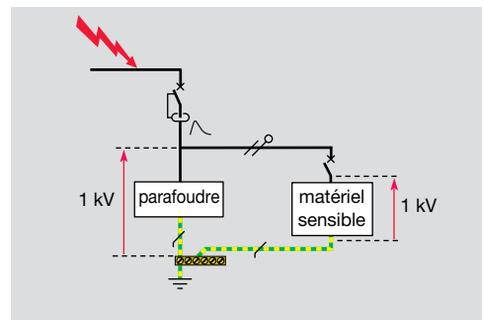


Schéma 4 : le parafoudre limite la surtension aux bornes du matériel.

## Rôle du bornier de terre intermédiaire

Imaginons le schéma de principe ci-contre (5) dans lequel le parafoudre fait office en conduisant l'énergie de la surtension vers la terre (I choc).

En l'absence de bornier intermédiaire, la surtension résiduelle aux bornes du matériel vaut :  $U = U_1 + U_2 + U_3$   
 On constate que  $U_1$  et  $U_3$  sont des tensions supplémentaires dues aux longueurs de câble par le simple effet :  $L \times di/dt$

**Application :** en onde "8/20 $\mu$ s", L vaut environ 1  $\mu$ H par mètre de câble ;  
 et si l'onde augmente de 1 kA/ $\mu$ s ( $di/dt$ ), alors :  $U \text{ câble} = 1000 \text{ V/mètre} \dots$

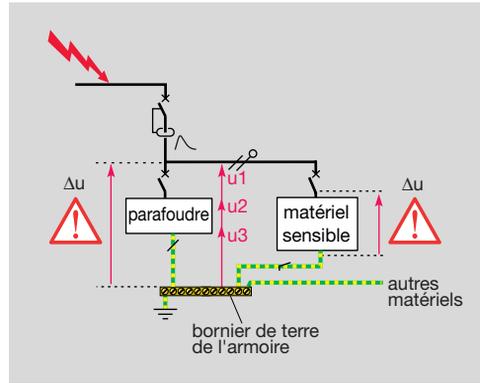
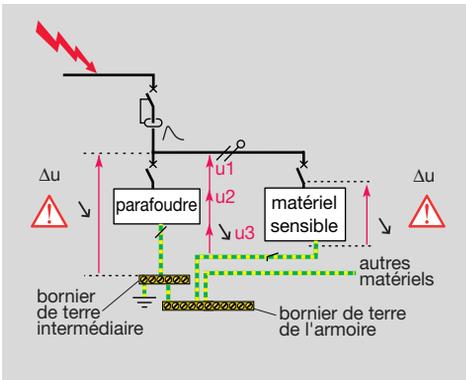
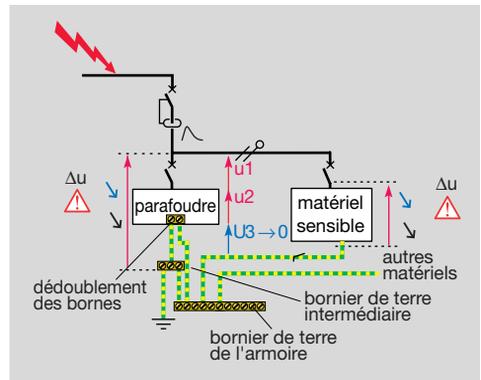


Schéma 5 : sans bornier intermédiaire, la surtension résiduelle aux bornes du matériel vaut  $U_1 + U_2 + U_3$



1) Mise en œuvre d'un bornier intermédiaire placé près du parafoudre, comme prévu par le guide UTE C15-443.



2) Il est possible d'être plus efficace encore, lorsque le parafoudre intègre un dédoublement des bornes, comme sur la plupart des produits de la gamme.



Alors  $U_3$  tend vers 0

## Rôle du déconnecteur

Contrairement à un fusible, à un disjoncteur, ou à un DDR (dispositif différentiel), un parafoudre n'est pas un élément qui déclenche "sur défaut".

Il agit continuellement contre les surtensions présentes sur l'installation, protégeant en permanence les équipements de l'installation, tel un "anti-virus".

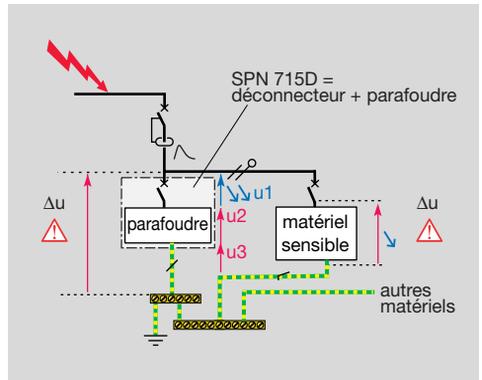
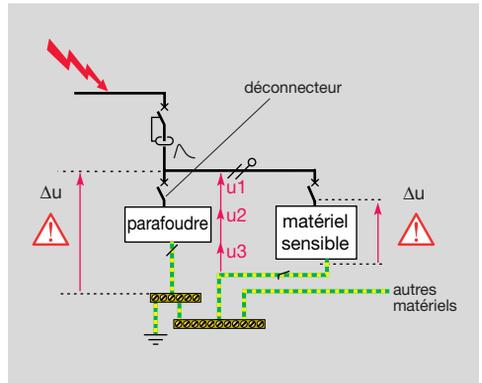
En d'autres termes, il "vieillit" avec l'installation, et l'utilisateur sera informé de la perte de son efficacité par divers systèmes intégrés au parafoudre (voyant, contact, ...). Le déconnecteur va permettre d'isoler le circuit du parafoudre afin de procéder à son remplacement en fin de vie.

Le déconnecteur a également un autre rôle, celui de protéger le parafoudre et d'éviter un défaut permanent sur le réseau.

En effet, en cas de choc de foudre plus important que prévu, le parafoudre va devoir écouler à la terre une énergie plus conséquente qui entraînera sa fin de vie ! Le connecteur (fusible ou disjoncteur) pourra entrer en action de limiter un éventuel de court-circuit résultant du fonctionnement "ultime" du parafoudre.

Ce déconnecteur est obligatoire selon NF C 15-100.

Son câblage est responsable de la tension  $u_1$  (voir schéma à droite)



*Astuce : pour réduire considérablement cette tension due au câblage ( $U_{\text{câble}} : 1000 \text{ V/mètre}$ ) le produit de référence SPN 715D intègre le déconnecteur dans un boîtier unique.*



## 2.2. Les technologies des parafoudres

La solution consiste à insérer entre phase et neutre d'une part, et entre conducteurs actifs (Ph/N) et terre d'autre part, un dispositif à impédance variable :

- En fonctionnement normal, il ne doit pas y avoir de connexion entre ces éléments : le parafoudre se comporte en circuit ouvert (schéma 1).

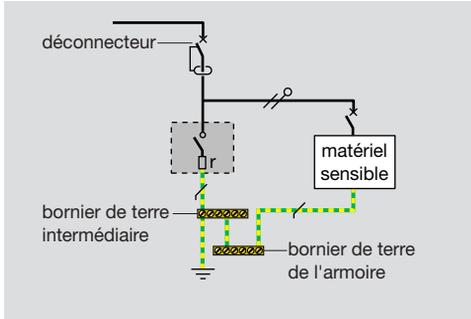


Schéma 1 : fonctionnement normal.

- Pendant l'écoulement de la surtension, il faut offrir au passage du courant de foudre une impédance la plus faible possible : le parafoudre se comporte en circuit fermé (sch. 2).

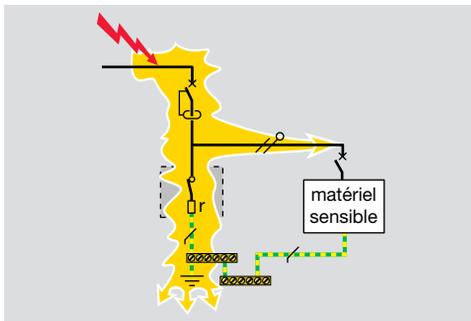


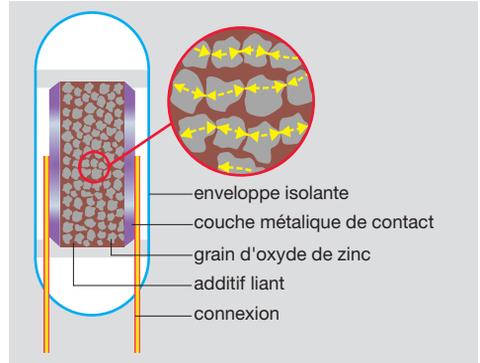
Schéma 2 : pendant la surtension.

Différentes technologies existent : éclateurs, diode d'écrêtage ...

La technologie varistance est aujourd'hui la solution la plus utilisée pour la protection des installations électriques basse tension.

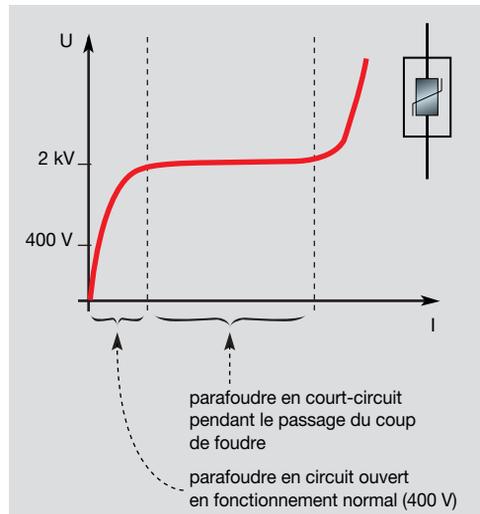
En cas de présence de paratonnerre sur le bâtiment, des parafoudres à technologie par éclateur seront en principe mis en œuvre. Ils répondent à des tests qui utilisent l'onde de courant "10/350 μs".

Les varistances sont constituées de milliers de petits grains d'oxyde de zinc qui forment entre eux une multitude de jonctions. Chacune de ces jonctions peut être assimilée à une diode Zéner bidirectionnelle.



Varistance à oxyde de zinc.

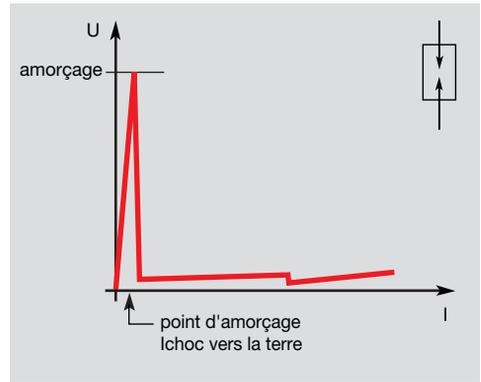
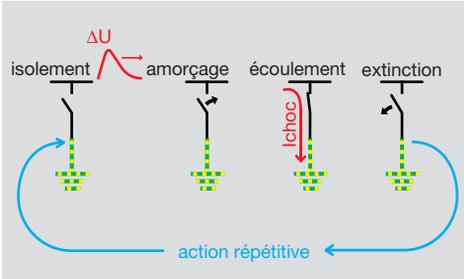
Leur mode d'action est la limitation en tension (comme pour les technologies à diode Zéner), elles fonctionnent par écrêtage.



Tension aux bornes d'une varistance en fonction de l'intensité "écoulée".

## L'éclateur

Il est utilisé "encapsulé", c'est-à-dire qu'il n'y aura pas d'enveloppe protectrice additionnelle à mettre en œuvre. Son mode d'action est la coupure de tension ; il fonctionne par amorçage (une électronique d'amorçage permet d'optimiser le point de conduction de l'éclateur).



## 2.3. Les caractéristiques des parafoudres

### Fonctionnement normal

En fonctionnement normal, le parafoudre doit être le plus résistif possible (circuit ouvert).

On peut définir (schéma 1) :

- La tension maximale de régime permanent :  $U_c$

C'est la valeur admissible de la tension efficace à fréquence industrielle (50/60Hz) qui peut être appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre sans affecter son fonctionnement.

Exemple :  $U_c = 440 \text{ V}$

- Le courant de fonctionnement permanent :  $I_c$

C'est le courant circulant dans le parafoudre lorsqu'il est alimenté sous sa tension maximale de régime permanent  $U_c$  en l'absence de défaut.

Exemple :  $I_c = 0,05 \text{ mA}$

- On peut également définir  $U_T$  tension de tenue aux surtensions temporaires, dues à des défauts BT.

- Les parafoudres de protection des circuits BT possèdent un voyant de fonctionnement, permettant d'organiser la continuité de service.

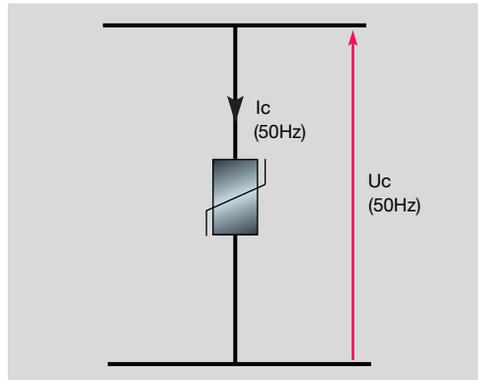


Schéma 1 : caractéristiques aux bornes d'une branche du parafoudre en fonctionnement normal (50 Hz, 230/400 V). Cas d'une varistance.



Exemple d'indications en face avant d'un parafoudre

## Fonctionnement en surtension

Pendant le passage de la surtension, le parafoudre doit être le moins résistif possible (circuit fermé).

On peut définir (schéma 2) :

- Le courant nominal de décharge :  $I_n$   
Le parafoudre doit fonctionner au minimum 20 fois sans se détériorer sous une onde de courant 8/20, de valeur crête égale à  $I_n$ .  
Exemple :  $I_n = 20 \text{ kA}$

- Le niveau de protection :  $U_p$   
C'est la valeur de tension qui subsiste aux bornes du parafoudre lorsque celui-ci est parcouru par son courant nominal de décharge  $I_n$ . Exemple :  $U_p = 1,5 \text{ kV}$

Un parafoudre offrant à la fois une protection en mode commun et mode différentiel est caractérisé par :

- $U_p$  en mode commun (L, N /  $\equiv$ ) et
- $U_p$  en mode différentiel (L / N)

- Le courant maximal de décharge :  $I_{max}$   
Le parafoudre doit fonctionner au minimum 1 fois sans se détériorer sous une onde de courant 8/20, de valeur crête égale à  $I_{max}$ . Exemple :  $I_{max} = 65 \text{ kA}$ .

- Le courant de choc :  $I_{imp}$   
Dans le cas d'un parafoudre devant écouler un courant partiellement conduit dans l'installation par la présence d'un paratonnerre sur le bâtiment.

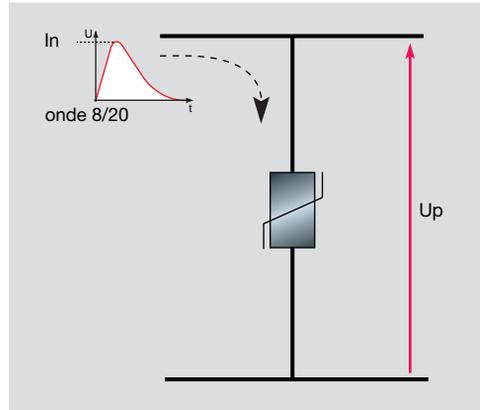
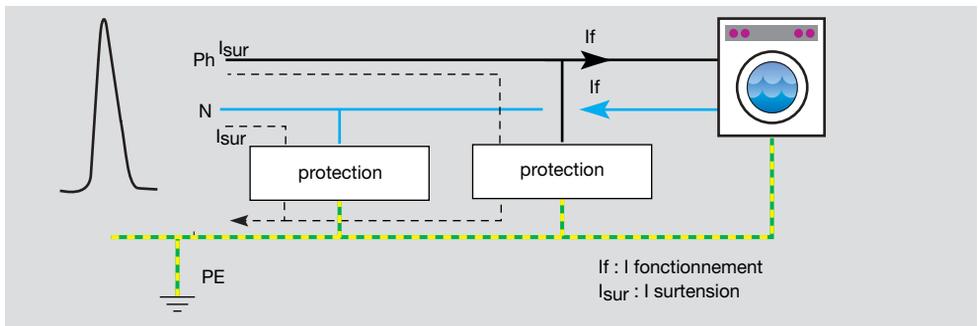


Schéma 2 : caractéristiques aux bornes d'une branche du parafoudre pendant l'écoulement de la surtension.

Cas d'une varistance : le principe est valable pour d'autres technologies ; l'onde de test peut différer.

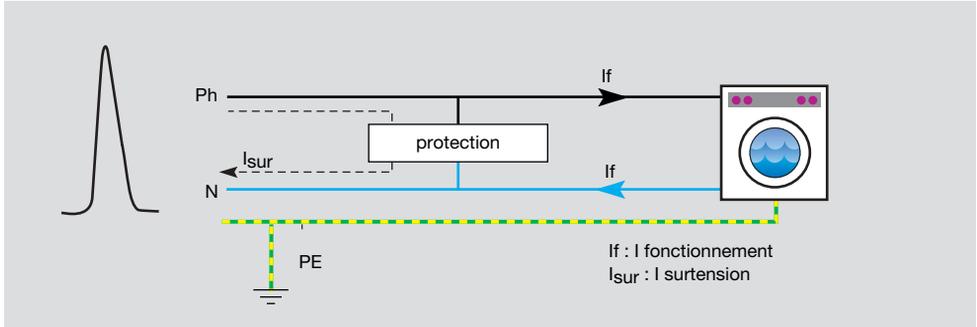
Les surtensions peuvent apparaître entre phases et neutre ou entre phases, neutre et terre. Le parafoudre doit donc réduire la différence de potentiel :

- entre les phases et la terre, et le neutre et la terre : c'est la protection en **mode commun**,



Protection en mode commun

- entre les phases et le neutre :  
c'est la protection en **mode différentiel**.

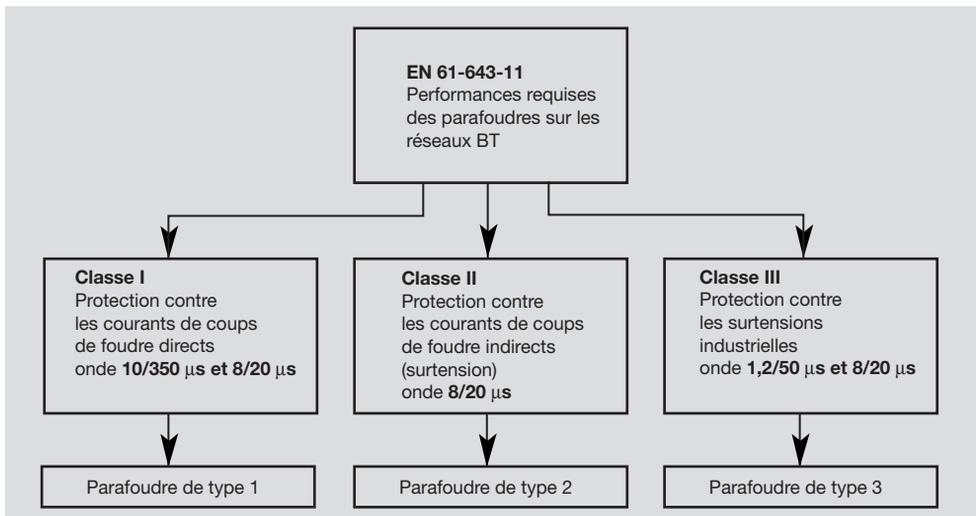


Protection en mode différentiel

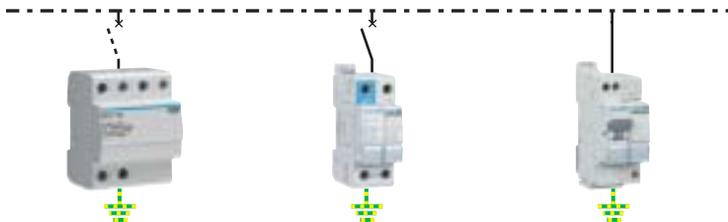
## 2.4. La norme produit

La norme produit des parafoudres est la **NF C 61-740/2002**. Elle traite des parafoudres protégeant les installations basse tension. Elle a un caractère général quelle que soit la technologie utilisée. Tous les parafoudres Hager sont conformes à cette norme.

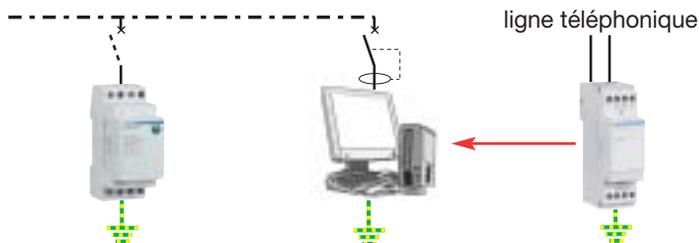
Cette norme est le classement français de la norme européenne intitulée **NF EN 61-643-11** de septembre 2002, avec l'application en octobre 2004. Elle ne concerne que les parafoudres de protection installés sur les réseaux BT.



### 3. Les parafoudres modulaires Hager



Fonction	Protection en tête d'installation		
boîtier	monobloc	débrouvable avec cartouche	
indication de fonctionnement	OK →	ou OK → →	OK →
télésignalisation		+	
avantages généraux	<i>fort pouvoir d'écoulement du choc de foudre, en cas d'impact direct sur paratonnerre.</i>	<i>choix entre 3 capacités d'écoulement en fonction du risque. La capacité reste maximale en "réserve".</i>	<i>le minimum pour répondre à la norme, il intègre le disjoncteur de déconnexion en 2 seulement.</i>

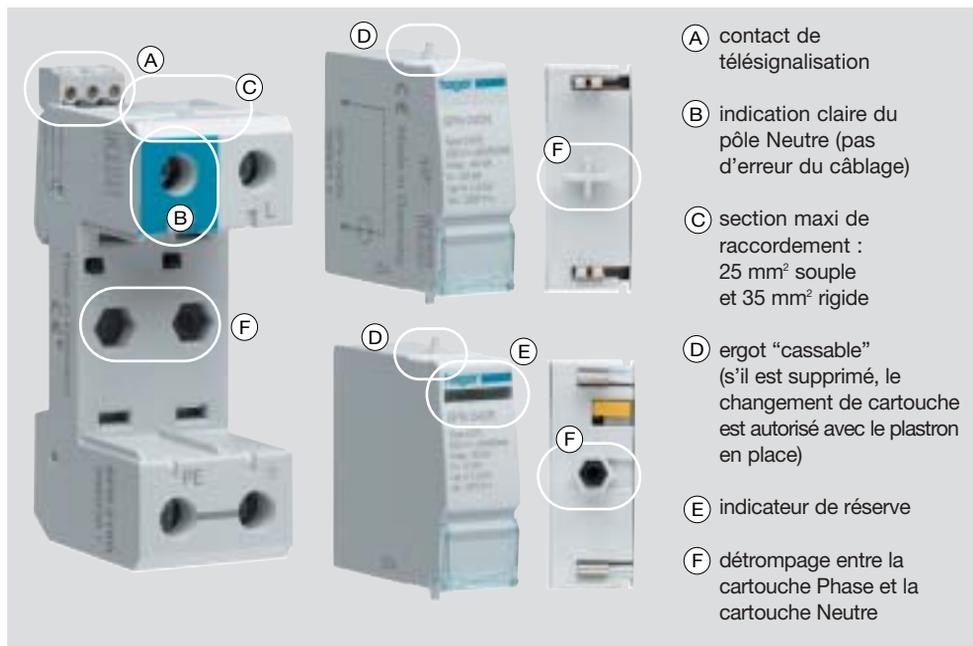


Fonction	Protection direct des équipements		
boîtier	monobloc	monobloc	
indication de fonctionnement	OK →	ligne en fonction : OK ligne "occupée" en permanence : à changer	
avantages généraux	<i>protection complémentaire de circuits spécifiques. TB association avec un parafoudre à cartouche.</i>	$Up \leq 800 V$ 	<i>version "analogique" ou "numérique", connexion filaire ou par RJ45</i>

### 3.1 Les voyants indicateurs de fonctionnement



### 3.2 Les parafoudres débroschables



### Leurs principaux avantages :

- la technologie : varistance
- le maintien de la capacité maximale de la cartouche même en cas d'affichage du mode "réserve" de la version "toutes options",
- la protection mode commun et mode différentiel,
- les produits "type 2" conformes et homologués NF EN 61643-11,
- le niveau de protection Up très faible de 1 kV à 1,5 kV,
- l'identification possible de la cartouche,
- le dédoublement de la borne terre (réduction de Up)
- l'identification claire de la borne neutre,
- l'identification claire des 2 états de la cartouche pour la version standard et des 3 états pour la version "toutes options".

**Le système "dynamique" de détection de l'état de la cartouche. Même en cas de choc de foudre très important (et non répétitif), l'état du voyant sera le reflet de l'état du parafoudre.**

### 3.3 Cas de la version "toutes options"

Suite à plusieurs coups de foudre sur l'installation, le parafoudre passe en fonctionnement sur réserve de protection tout en continuant à assurer sa fonction.

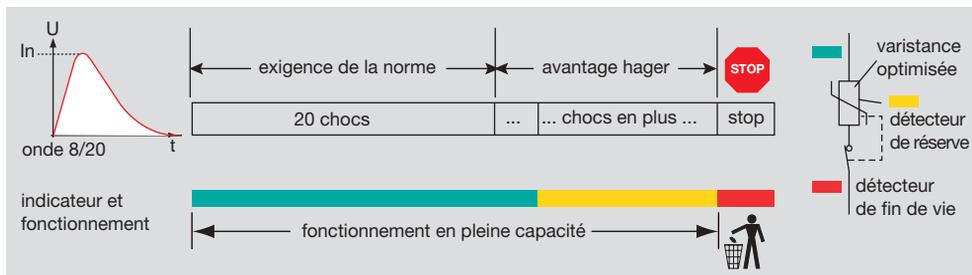
Cette fonction de protection maintient une pleine capacité d'écoulement malgré le passage en mode "réserve". Cet avantage de longévité est dû à une technologie à varistance optimisée associée à 2 détecteurs de fonctionnement.



Les parafoudres débroschables



Une version "toutes options" avec un contact de télésignalisation et un indicateur de réserve de protection



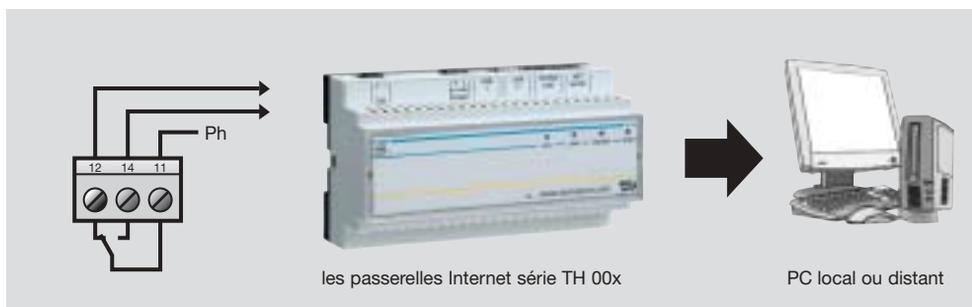
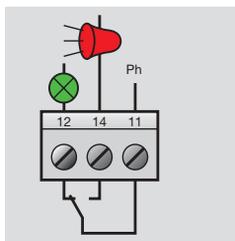
L'utilisation du contact de télésignalisation permet d'avertir l'utilisateur ou le service de maintenance afin de penser au remplacement de la cartouche.

Avec cette version, on assure à la fois la continuité de la protection (fonctionnement sur la réserve) et la continuité de service (possibilité de remplacer la cartouche tout en gardant l'installation en service).



Exemple de raccordement au contact de télésignalisation :

- visualisation par voyant de l'état de marche,
- signalisation sonore sur la réserve de protection, en fin de vie et sur absence de cartouche.



*Autre exemple de principe*

### 3.4. Le parafoudre auto-protégé

Ses principaux avantages :

- Parafoudre débrochable associé à un disjoncteur Ph/N qui fait office de déconnecteur - produit non dissociable
- 1 seule référence de produit pour une application répondant à la norme ( $I_{max}$  15 kA)
- Câblage en parallèle en tête d'installation
- Raccordement et mise en œuvre simplifiés et naturels, identique à un disjoncteur. Pas d'éléments à associer
- simplification de la sélection et des achats
- réduction des coûts
- temps d'installation réduit
- gain de place dans l'enveloppe
- limitation des erreurs d'installation
- Produit type 2 conforme et homologué NF EN 61643-11
- Identification claire du produit

- Produit parfaitement adapté au "domestique", mais aussi aux "locaux professionnels", jusqu'à une intensité de court-circuit  $I_{k1}$  de 6 kA
- Cartouche débrochable identique aux autres produits
- Encombrement en 2 modules uniquement

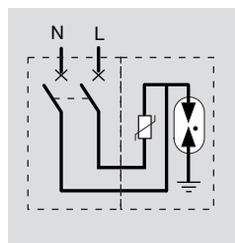
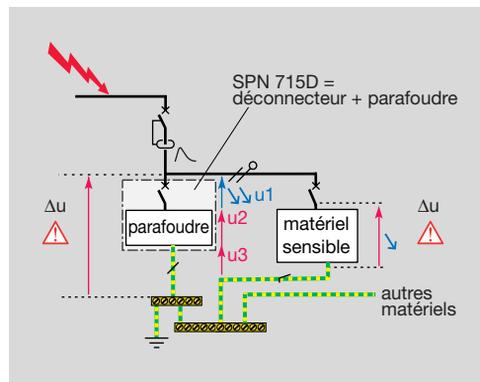


Le parafoudre auto-protégé

Ce produit innovant, en plus de sa facilité de choix (1 seule référence) et de son ergonomie de mise en œuvre (comme un simple disjoncteur, cartouche interchangeable, largeur de 2 modules, ...) améliore l'efficacité de la protection en réduisant l'UP aux bornes des équipements protégés. De plus, il n'existe plus aucun risque d'erreur de mise en œuvre entre la fonction "déconnecteur" et la fonction "parafoudre"

- la tension  $u_1$  ne dépend plus du câblage elle est :

- invariable
- très réduite



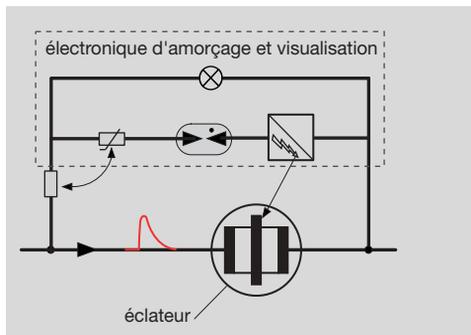
### 3.5. Les parafoudres en cas d'impact direct sur paratonnerre

#### Leurs principaux avantages :

- Technologie : éclateur encapsulé
- Electronique d'amorçage permettant de réduire le temps de réponse et de présenter une coordination énergétique parfaite avec les parafoudres de tête de "type 2"
- Protection mode commun et mode différentiel
- Produits "type 1" conformes et homologués NF EN 61643-11
- Auto-protégé jusqu'à 12,5 kA de courant de circuit (au delà, c'est le déconnecteur extérieur obligatoire, fusible ou disjoncteur, qui prendra le relais)
- Niveau de protection  $U_p$  faible : 2,5 kV sous  $I_n$  (5 kA)
- Un bipolaire en 4 modules et un trétrapolaire en 8 modules
- Doublement des bornes d'arrivée et de départ (réduction de la tension résiduelle)
- Voyant de bon fonctionnement sur chaque phase.



Les parafoudres en cas d'impact direct sur un paratonnerre



### 3.6. Les parafoudres de protection fine

Ce ne sont pas des parafoudres "de tête d'installation", mais des produits de protection supplémentaire destinés à agir en complément d'un parafoudre placé "en tête".

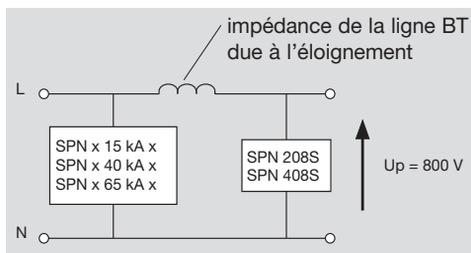
Leur rôle n'est pas de participer à l'écoulement de l'énergie de foudre vers la terre (rôle du parafoudre de tête), mais de réduire davantage la tension  $U_p$  afin de protéger encore plus efficacement les équipements terminaux, principalement ceux qui sont éloignés, ou/et particulièrement sensibles aux surtensions.



Les parafoudres de protection fine

#### Leurs principaux avantages :

- Technologie : combinaison de varistances et de diodes Zéner
- Câblage en parallèle : protection de plusieurs circuits
- Protection mode commun et mode différentiel
- Produits conformes et homologués NF EN 61643-11
- Niveau de protection  $U_p$  coordonné très faible :  $U_p < 800$  V
- Visualisation claire de l'état du parafoudre.



**Attention :** les règles de raccordement sont identiques à celles des parafoudres de tête, à savoir une longueur de connexion réduite et un bornier de terre intermédiaire si nécessaire.

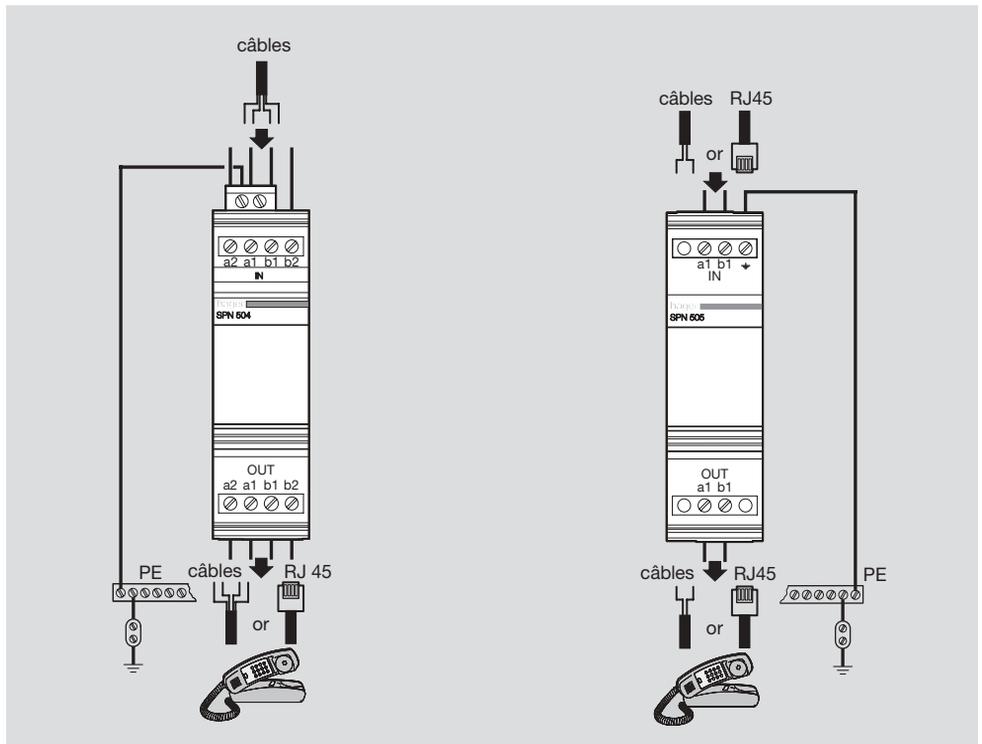
### 3.7. Les parafoudres de protection téléphonique

#### Leurs principaux avantages :

- Technologie : combinaison éclateur/écrêteur
- Protection adaptée aux réseaux numériques (nommés “RTC” : Réseau Téléphonique Commuté ou encore “PSTN” : Public Switched Telephone Network)
- Protection adaptée aux réseaux analogiques (nommés “RNIS” : Réseau Numérique à Intégration de Services ou Numéris ou encore “ISDN” : Integrated Services Digital Network)
- Produits conformes NF EN 61643-21/2000
- Niveau de protection Up coordonné très faible : Up < 600 V
- Raccordement possible par vis ou par RJ45



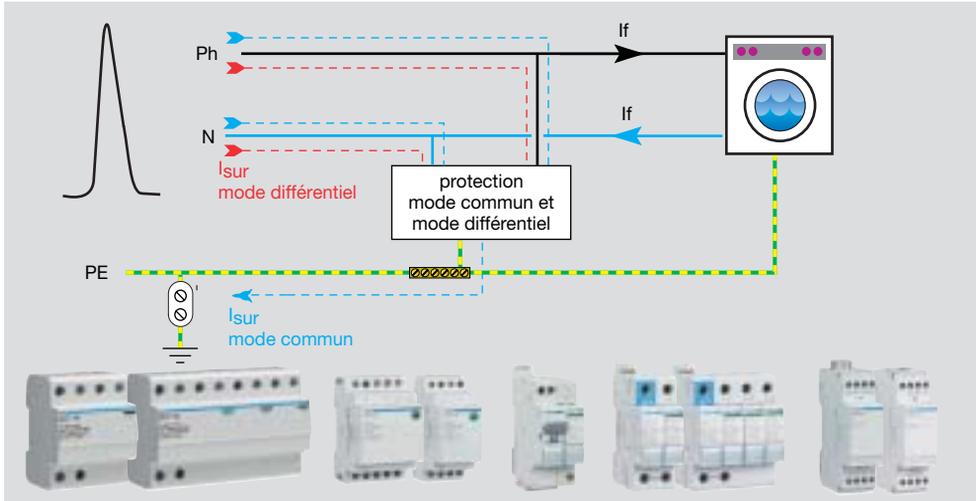
Les parafoudres de protection téléphonique



### 3.8. Protection en mode commun et différentiel

La gamme de parafoudres multipolaires Hager assure simultanément la protection en mode commun et différentiel.

Schéma de principe

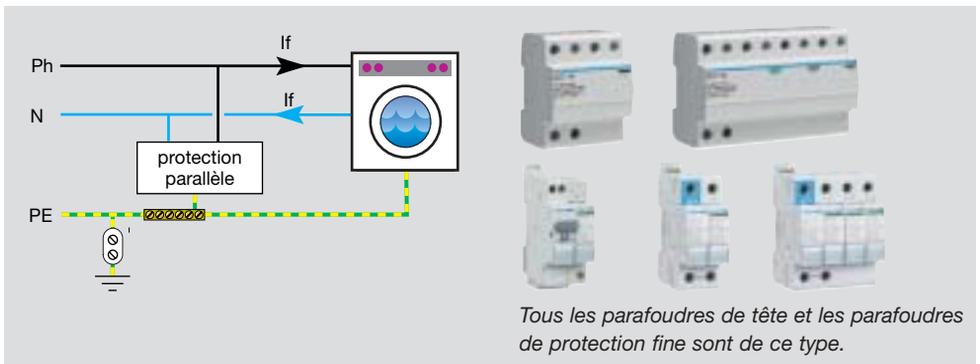


### 3.9. Parafoudre en parallèle ou en série

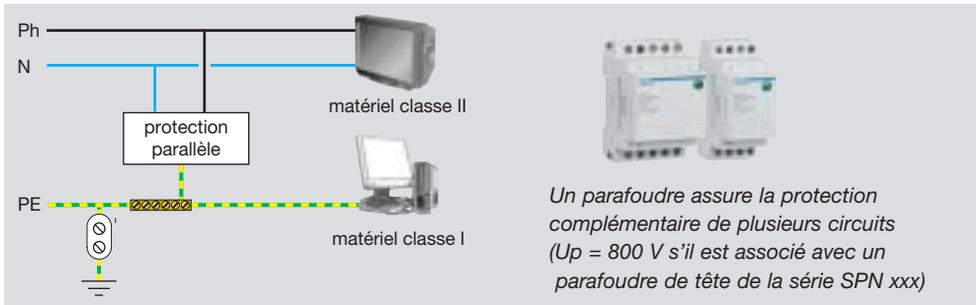
On classe les parafoudres en 2 grandes familles, en fonction de leur mode de raccordement à une installation électrique :

- **En parallèle** : les parafoudres sont connectés en parallèle avec les différents récepteurs qu'ils protègent.

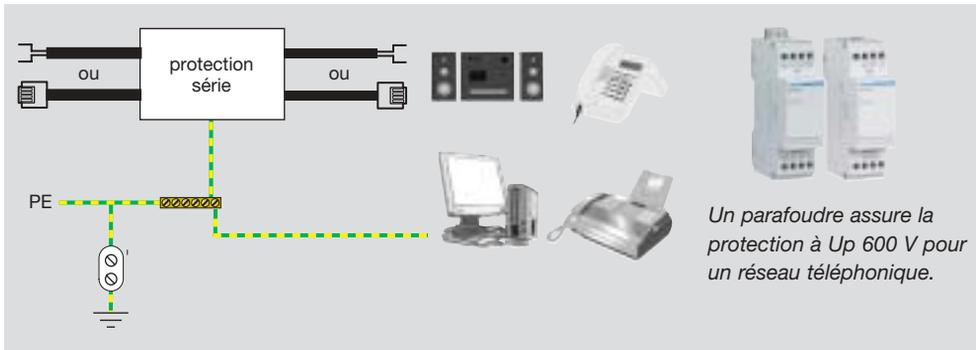
Schéma de principe 1



## Schéma de principe 2



- **En série** : ces parafoudres possèdent un niveau de tension  $U_p$  faible (600 V). Ils sont mis en œuvre dans le cas de la protection des lignes téléphoniques :

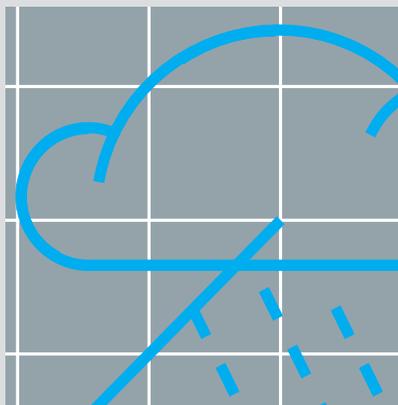


### 3.10. Caractéristiques électriques

Réseau téléphonique		Réseau BT																			
numé-rique	ana- logique	Protection fine	Parafoudre débrochable de tête								Type 1	Réf.	Type	Réserve + contact	Nbre de modules	I <sub>max</sub>	I <sub>nom</sub>	U <sub>p</sub> niveau de protection général	U <sub>c</sub>	Raccord.	Déconnecteur
			Type 2																		
		En présence de paratonnerre																			
		SPN 208S	1 Ph + N	non	2	8 kA	2 kA	1,2 kV (Ph/N/PE) 1,0 kV (Ph/N) (800 V avec SPN 2xx)	255 V	parallèle	externe	SPA 212A	1Ph + N	non	4	limp 12,5 kA	5 kA	2,5 kV	255 V	parallèle	interne (≤ 12kA) ou externe (voir notices)
		SPN 408S	3 Ph + N	non	3	8 kA	2 kA	1,2 kV (Ph/N/PE) 1,0 kV (Ph/N) (800 V avec SPN 2xx)	265 V	parallèle	externe	SPA 412A	3Ph + N	non	8	limp 12,5 kA	5 kA	2,5 kV	255 V	parallèle	interne (≤ 12kA) ou externe (voir notices)
		SPN 215D/R	1 Ph + N	oui (R) non (D)	2	15 kA	5 kA	1,0 kV en général (1,5 kV en N/PE)	275 V en général 285 V entre N/PE	parallèle	externe	SPN 265R	1 Ph + N	oui	2	65 kA	20 kA	1,5 kV	275 V en général 255 V entre N/PE	parallèle	externe
		SPN 415D/R	3 Ph + N	oui (R) non (D)	4	15 kA	5 kA	1,0 kV en général (1,5 kV en N/PE)	275 V en général 285 V entre N/PE	parallèle	externe	SPN 465R	3 Ph + N	oui	4	65 kA	20 kA	1,5 kV	275 V en général 255 V entre N/PE	parallèle	externe
		SPN 715D	1 Ph + N	non	2	15 kA	5 kA	1,5 kV	275 V en général 285 V entre N/PE	parallèle	interne	SPN 140C	1 Ph	non	1	40 kA	15 kA	2 kV	440 V	parallèle	externe
		SPN 440D/R	3 Ph + N	oui (R) non (D)	4	40 kA	15 kA	1,2k V en général (1,5k V en N/PE)	275 V en général 285 V entre N/PE	parallèle	externe	SPN 240D/R	1 Ph + N	oui (R) non (D)	2	40 kA	15 kA	1,2k V en général (1,5k V en N/PE)	275 V en général 285 V entre N/PE	parallèle	externe
		SPN 504	2 paires téléphon.	non	1,5	10 kA	5 kA	600 V	7,5 V (ligne/ligne) 60 V (paire/paire)	série	(sans objet)	SPN 505	1 paire téléphon.	non	1,5	5 kA / 2,5 kA (R <sub>U45</sub> ) 10 kA / 5 kA (vis)	600 V	170 V	série	(sans objet)	



## Comment choisir le bon parafeu ?



<b>4. Choix du bon parafeu</b>	40
4.1 Faut-il une protection parafeu ?	40
4.1.1 Les facteurs de risque	40
4.1.2 Que dit la réglementation ?	41
4.2 Comprendre la méthode d'analyse du risque du guide UTE C 15-443	43
<b>5 Utilisation des outils de choix Hager : l'exemple du catalogue général</b>	47
- étape n° 1 : parafeu de tête	48
- étape n° 2 : parafeux de protection complémentaire	51

## 4. Choix du bon parafoudre

L'efficacité d'une protection contre les effets décrits (surtensions dues à la foudre, aux commutations sur les réseaux électriques,...) dépend principalement du bon choix du ou des parafoudres.

### 4.1. Faut-il une protection parafoudre ?

#### 4.1.1 Les facteurs de risque

Un refuge en haute montagne ne présente pas les mêmes risques face à la foudre qu'un pavillon au centre ville d'une importante agglomération. Le niveau de "risque foudre" sur un site dépend principalement :

##### ■ de la nature du site :

C'est-à-dire,

- de la densité de foudroiement du site (noté  $N_g$ ) : pour une région donnée, on détermine le nombre d'impacts au sol par  $\text{km}^2$  et par an.

La norme NF C 15-100 utilise aussi le paramètre  $N_k$  (niveau céramique), ou nombre de jour d'orage par an d'un département donné ; et la relation  $N_k = 10 \times N_g$

- du type et de la longueur de la ligne d'alimentation électrique du site : une ligne aérienne de longueur importante est plus contraignante qu'une ligne enterrée. Il s'agit de la ligne BT qui alimente le bâtiment.

- de la topographie du site : un site en milieu rural ou isolé sur une hauteur sont des critères qui augmentent le risque foudre.

- de la présence de paratonnerres ou de structures élevées reliées à la terre : l'écoulement du coup de foudre à la terre provoque une montée de potentiel de celle-ci et engendre indirectement un risque supplémentaire.

Les effets sont directs en cas de présence de paratonnerre sur le bâtiment.

##### ■ de la nature des équipements à protéger :

On peut décliner quatre paramètres :

- le niveau de protection

(moteur  $\neq$  micro ordinateur)

- le prix (grille pain  $\neq$  chaîne Hi-Fi haute technologie)

- les conséquences de l'indisponibilité (cafetière domestique  $\neq$  chambre froide de supérette).

- l'impact de l'indisponibilité sur la santé ou la sécurité des personnes (médicalisation à domicile, alarme technique, ...)

#### 4.1.2 Que dit la réglementation ?

La réglementation précisant l'aspect obligatoire ou non du parafoudre et indiquant le choix à effectuer est spécifiée dans la norme NF C 15-100 du 5 décembre 2002, avec sa mise à jour de juin 2005 qui intègre une partie des compléments apportés par le guide de mise en œuvre UTE C 15-443 d'août 2004.

##### Les zones d'exposition

Réunion : 

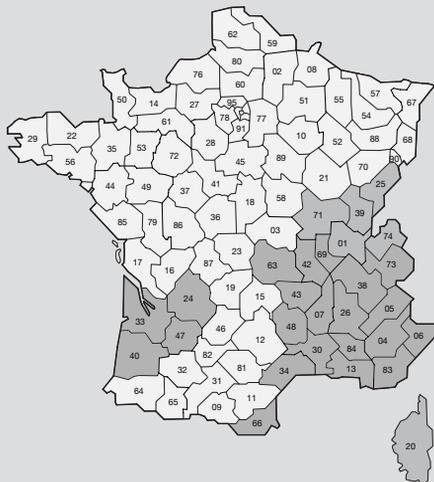
Guyane/Martinique  
Guadeloupe : 

Saint Pierre et  
Miquelon : 

Tahiti : 

Nouvelle Calédonie : 

Wallis et Futuna : 



Niveau d'exposition initiale défini par la réglementation :

 zones AQ1 avec  $NK \leq 25$

 zones AQ2 avec  $NK > 25$

Caractéristique Alimentation du bâtiment	Densité de foudroiemnt (Ng) niveau kérauniqué (Nk)	
	Ng ≤ 2,5	Ng ≥ 2,5
	Nk ≤ 25 (AQ1)	Nk > 25 (AQ2)
Bâtiment équipé d'un parafoudre	obligatoire <sup>(2) (3) (4)</sup>	obligatoire <sup>(2) (3) (4)</sup>
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne <sup>(5)</sup>	non obligatoire <sup>(6)</sup>	obligatoire <sup>(7)</sup>
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	non obligatoire <sup>(6)</sup>	non obligatoire <sup>(6)</sup>
L'indisponibilité de l'installation et/ou des matériels concerne la sécurité des personnes <sup>(1)</sup>	selon analyse du risque	obligatoire

<sup>(1)</sup> C'est le cas par exemple : de certaines installations où une médicalisation est présente ; d'installations comportant des systèmes de sécurité incendie, d'alarmes techniques, d'alarmes sociales, ...

<sup>(2)</sup> Dans le cas des bâtiments intégrant le poste de transformation, si la prise de terre du neutre du transformateur est confondue avec la prise de terre des masses interconnectées à la prise de terre du paratonnerre, la mise en œuvre de parafoudres n'est pas obligatoire.

<sup>(3)</sup> Dans le cas d'immeubles équipés de paratonnerre et comportant plusieurs installations privatives, le parafoudre de type 1 ne pouvant être mis à l'origine de l'installation est remplacé par des parafoudres de type 2 placés à l'origine de chacune des installations privatives.

<sup>(4)</sup> Lorsque le parafoudre de type 1 peut-être mis en œuvre à l'origine de l'installation et si le bâtiment est d'une hauteur supérieure à 10 m, afin de répartir les contraintes entre les étages, il est recommandé d'installer aussi des parafoudres de type 2 (à l'origine de chaque installation privative ou à chaque étage) coordination sont fournies par les constructeurs.

<sup>(5)</sup> Les lignes aériennes constituées de conducteurs isolés avec écran métallique relié à la terre sont à considérer comme équivalentes à des câbles souterrains.

<sup>(6)</sup> L'utilisation de parafoudres peut également être nécessaire pour la protection de matériels électriques ou électroniques dont le coût et l'indisponibilité peuvent être critique dans l'installation, comme indiqué par l'analyse du risque.

<sup>(7)</sup> Toutefois, l'absence de parafoudre est admise si elle est justifiée par l'analyse du risque.

Dans certains cas, les conditions de mise en œuvre de la protection contre les surtensions peuvent dépendre de la méthode d'évaluation du risque choisie afin de remplacer les conditions d'influences externes (nota : c'est-à-dire les niveaux Nk).

En France, la méthode d'évaluation du risque applicable est donnée par le guide UTE C 15-443 et résumée au chapitre suivant.

Les parafoudres qui protègent l'ensemble d'une installation doivent avoir un niveau de protection correspondant à la tension de tenue aux chocs des matériels à protéger et aux courants de décharge déterminés lors de l'évaluation du risque acceptable. Ils sont alors disposés immédiatement en aval du dispositif assurant la fonction de sectionnement en tête d'installation.

**En conclusion : il faut toujours s'interroger sur le risque.**

## 4.2 Comprendre la méthode d'analyse du risque du guide UTE C 15-443

Choix du parafoudre de tête

Quel est le niveau d'exposition de l'installation ?



Le parafoudre de tête est :

- peu utile
- utile
- obligatoire

Quelles seraient les conséquences des dégâts ?



$$\text{Risque} = \text{Niveau d'exposition} \times \text{Conséquences acceptables}$$

C'est le "risque" qui détermine le caractère obligatoire dans l'installation d'une protection par parafoudre de tête.

4.2.1.1 Quel est le niveau d'exposition de l'installation ?

$$\text{Niveau d'exposition} = \text{Exposition initiale} \times \text{Exposition du site}$$

Le niveau d'exposition est calculé via une formule mathématique, combinant l'exposition "initiale" qui est une donnée statistique liée à la zone géographique (Nk) et l'exposition "relative" au site proprement dit et qui fait intervenir précisément : la situation du bâtiment ( $\delta$ ), type d'alimentation basse tension\* ( $L_{BT}$ ), présence ou non d'un paratonnerre.

$$F = Nk \times (1,6 + 2 \times L_{BT} + \delta) \text{ hors paratonnerre}$$

F comme "foudroiement" = Niveau d'exposition

\* nota : la position de la ligne HT n'est plus examinée

C'est le "niveau d'exposition" qui détermine le type de parafoudre et son pouvoir d'écoulement à prévoir :

- type 2 de 5 kA nécessaire à minima
- type 2 de 15 kA recommandé
- type 2 de 20 kA recommandé
- type 1 parfois nécessaire en cas de présence d'un paratonnerre sur le bâtiment.

4.2.1.2 Quelles seraient les conséquences des dégâts ?

A partir d'un niveau d'exposition déterminé et en fonction de la conséquence que causerait la foudre sur les équipements raccordés à l'installation, la réglementation impose ou non la pose d'un parafoudre :

- dans le cas des effets indirects, 3 critères entrent en jeu :

- l'affectation de la santé, la sécurité médicale ou technique (oui/non)
- la nécessité de maintien opérationnel de l'installation et le coût d'une indisponibilité (nécessaire à 100 %, à moins de 100 %, maintien non nécessaire)
- le coût de remplacement des équipements (élevé, moyen, faible)

En fonction de la combinaison de ces critères, le guide précise si le parafoudre est simplement utile, peu utile ou carrément obligatoire. La formule mathématique permettant de pondérer le niveau de conséquences des dégâts est:

$$G = P + I + M$$

G comme "gravité" = conséquences

(entre parenthèses figurent les valeurs possibles pour chaque facteur)

P : affectation de la santé ou la sécurité (5 ; 0)

I : nécessité de maintien opérationnel (3 ; 2 ; 1)

M : coût de remplacement des équipements (3 ; 2 ; 1)

4.2.2 Choix de la protection complémentaire

Quelle est la sensibilité des équipements à protéger ?



Une protection complémentaire est nécessaire ou non

Sont-ils à + ou - de 30 m de la tête de l'installation ?



Sont-ils reliés à une ligne téléphonique ? (numérique ou analogique)



Une protection téléphonique est recommandée

## Une protection fine (complémentaire)

Cette protection est obligatoirement placée en aval d'un parafoudre de tête.

Elle protège un matériel ou un ensemble de matériels particulièrement sensible aux ondes de surtension (micro ordinateur, ...). De type parallèle, elle est obligatoirement associée à un disjoncteur de 32 A maximum. Elle protège aussi bien le matériel de classe I que le matériel de classe II.

réseau	parafoudre
triphasé (3 Ph + N)	SPN 408S
monophasé (Ph + N)	SPN 208S

## Une protection téléphonique

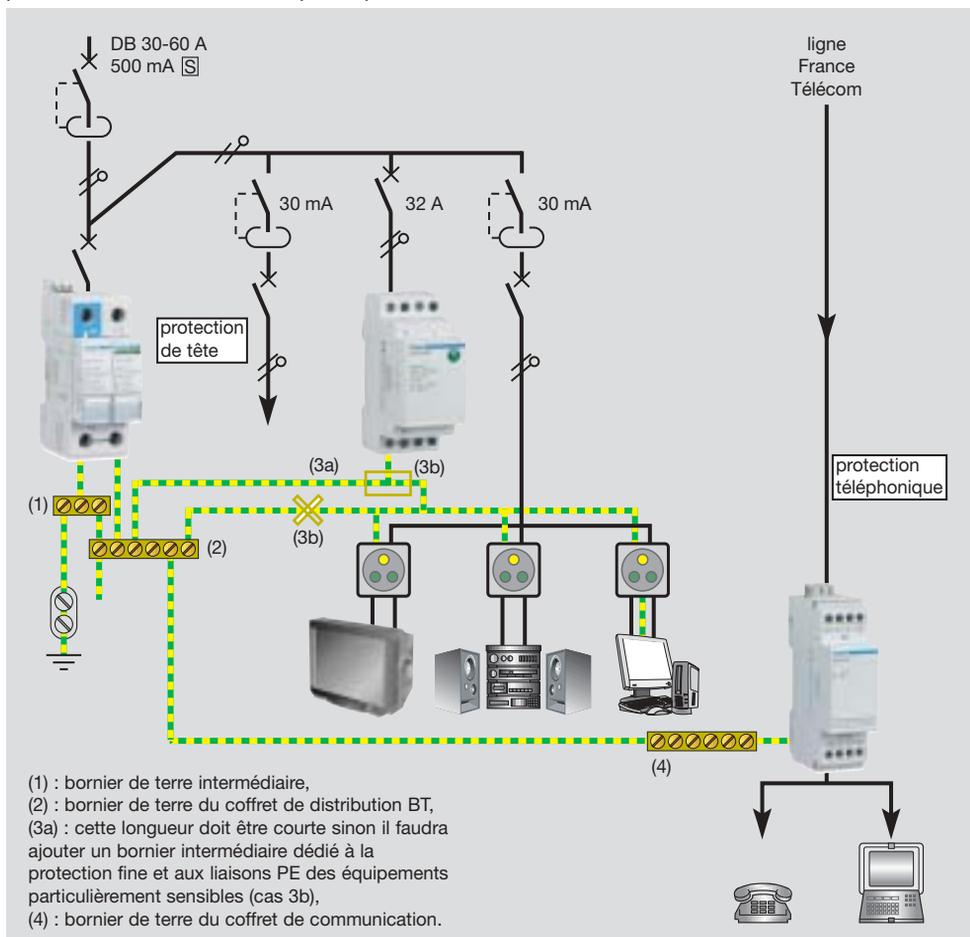
Lorsqu'un matériel sensible est connecté au réseau téléphonique (répondeur, fax...), il est recommandé de le protéger avec un parafoudre contre les surtensions pouvant provenir de la ligne téléphonique.

Les caractéristiques des réseaux téléphoniques analogiques et numériques étant différentes, Hager propose un parafoudre spécifique à chacun d'eux.

matériels connectés à une ligne téléphonique	
numérique	analogique
SPN 504	SPN 505

## Schéma de principe

protection de tête, fine et téléphonique

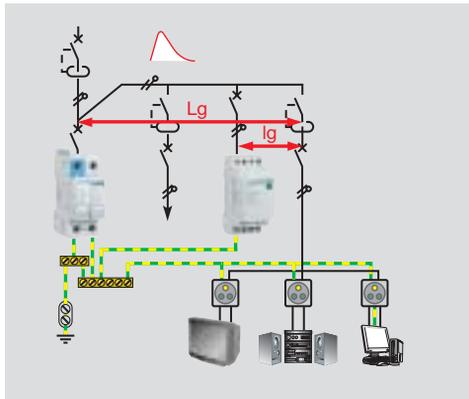


**La sensibilité des équipements à protéger est un critère pour la présence de la protection fine**

sensibilité des matériels à protéger	matériels à protéger	protection fine
<b>matériels peu sensibles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- matériel électrotechnique,</li> <li>- organe de commande et de coupure, électrique, moteur, transformateur, générateur...</li> </ul> 	Non, en règle général (oui, si variateur de vitesse)
<b>matériels sensibles</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- machine à laver,</li> <li>- congélateur,</li> <li>- four,</li> <li>- sèche linge,</li> <li>- micro-ondes,</li> <li>- lave-vaisselle,</li> <li>- réfrigérateur,</li> <li>- machine à café,</li> <li>- radio</li> </ul> 	Oui, en règle général (sauf si le matériel est suffisamment proche du parafoudre de tête)
<p><b>matériels très sensibles</b></p> <p>(*) la protection des matériels connectés à la ligne téléphonique est aussi nécessaire : SPN 505 et SPN 504</p>	<p><b>matériels de classe I et de classe II</b> </p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- micro-ordinateur,</li> <li>- modem*,</li> <li>- thermostat électronique,</li> <li>- centrale alarme,</li> <li>- caisse électronique,</li> <li>- centrale domotique,</li> <li>- fax*,</li> <li>- autocom*,</li> <li>- informatique,</li> <li>- imprimante,</li> <li>- photocopieur,</li> <li>- instrument médical,</li> <li>- équipement de laboratoire</li> <li>- répondeur*</li> <li>- minitel*,</li> <li>- télésurveillance*,</li> <li>- Hi-Fi,</li> <li>- magnétoscope,</li> <li>- réveil,</li> <li>- télévision,</li> <li>- télex*,</li> <li>- lecteur de disque laser,</li> <li>- produits modulaires Hager : programmeur, délesteur, gestionnaire d'énergie, compteur d'énergie, commande téléphonique</li> </ul> 	Oui, en règle général (sauf si le matériel est suffisamment proche du parafoudre de tête et que son niveau de protection contre les surtensions en mode différentiel Ph/N est annoncé suffisant par le constructeur.)

L'éloignement des équipements à protéger, par rapport au parafoudre de tête, est un critère pour la présence de la protection fine :

soit ( $L_g$ ) la longueur filaire qui éloigne les équipements de l'influence protectrice du parafoudre de tête, et ( $l_g$ ) la longueur filaire qui éloigne les équipements du parafoudre de protection fine



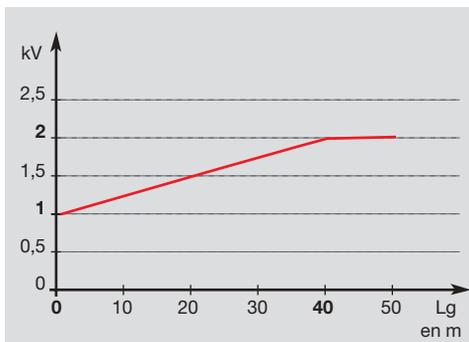
Si ( $L_g \leq 30$  m), les équipements sont protégés par l'influence du parafoudre de tête (sauf si le parafoudre de tête est de type 1).

Si ( $L_g > 30$  m), les équipements doivent être protégés par un parafoudre complémentaire (protection fine).

En effet, l'onde de surtension peut être amplifiée par l'impédance de la ligne (effets de résonance R, L, C) jusqu'à augmenter de 1 kV aux bornes du matériel : les équipements ne sont alors plus protégés par l'influence du seul parafoudre de tête.

La longueur ( $l_g$ ) doit être inférieure à 30 m. La protection fine doit être placée relativement près des équipements à protéger.

Exemple de possibilité d'évolution de la tension max (en kV) à l'extrémité du câble



Le guide de choix parafoudre Hager :

- tient compte de l'ensemble des paramètres : nature du site, nature des équipements à protéger,
- vous aide à choisir le parafoudre adéquat en fonction du risque foudre pour un site donné conformément au nouveau guide UTE C 15-443,

- permet de respecter les règles de la NF C 15-100, lorsqu'une telle protection est recommandée.

Ce guide de choix donne une idée précise des matériels à mettre en œuvre. Il pourra bien entendu être complété par une étude plus approfondie au cas par cas.

# 5. Le guide de choix du catalogue Hager

Les pages à suivre apportent un éclairage sur l'utilisation du guide de choix proposé dans le catalogue général Hager.

## Le principe du guide de choix

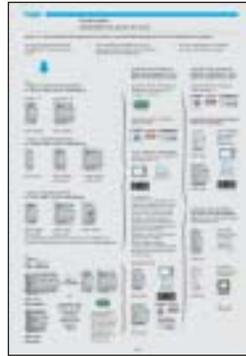
Grâce à des tableaux à entrées multiples, il suffit de repérer la case correspondant à la bonne combinaison de facteurs.



Pages dédiées au choix du parafoudre de tête

Cette case comporte 2 informations :

- une couleur correspondant à la gamme de produit adapté 
  - la présence ou non d'un astérisque pour indiquer le caractère obligatoire de l'installation du parafoudre 
- (selon le guide UTE C 15-443, en complément de la norme NF C 15-100).



Page dédiée au choix de la protection complémentaire

## La structure du guide de choix

S'appuyant sur les exigences de la norme NF C 15-100, le guide de choix du catalogue Hager comporte :

- 3 pages dédiées au choix du parafoudre de tête
- 1 page traitant du choix de la protection complémentaire.

## Etape n° 1 : le parafoudre de tête

Le parafoudre de tête est placé à l'origine de l'installation BT selon la norme NF C 15-100. Il est déterminé en fonction :

- du niveau d'exposition lié à la foudre
- des conséquences directes des dégâts de foudre sur l'installation.

Deux cas de figure majeurs se présentent, avec des conséquences différentes sur la mise en œuvre du parafoudre : soit le bâtiment comporte un paratonnerre, soit ce n'est pas le cas.

### Cas n°1 : présence d'un paratonnerre sur le bâtiment

En présence d'un paratonnerre, le choix du type de parafoudre à installer et son caractère obligatoire ou non apparaît immédiatement, en fonction du type de bâtiment et de l'emplacement du poste de transformation.

Il suffit alors, grâce au code couleur, de se reporter aux références des produits adaptés.

a) si un paratonnerre est installé :

sur un pavillon ou un immeuble (1)	sur un immeuble qui comporte plusieurs installations primitives (2)	sur un immeuble intégrant le poste de transformation et de distribution (3)
le parafoudre de tête est obligatoire (rouge)	le parafoudre de tête est obligatoire (bleu, jaune, orange)	le parafoudre de tête n'est pas obligatoire (rouge)

(1) L'origine de l'installation BT est accessible à la mise en œuvre d'un parafoudre.  
 Note : si le bâtiment est d'une hauteur supérieure à 10 mètres, afin de répartir les courants entre les étages, il est recommandé par la norme d'installer aussi des parafoudres de type 2, respectés de couleur **bleu** ou **jaune** ou **orange**, à l'origine de chaque installation primitive ou de chaque étage.

(2) L'origine de l'installation BT n'est pas accessible à la mise en œuvre d'un parafoudre, il faudra mettre en place un parafoudre à l'origine de chaque installation primitive.

(3) La prise de terre du neutre du transformateur doit être connectée avec la prise de terre des masses, elle-même interconnectée à la prise de terre du paratonnerre.

The screenshot shows the Hager website's selection tool for lightning protection. The main heading is 'Parafoudres Généralistes et guide de choix'. Below this, there are several filters and categories:

- Choix de son parafoudre de tête, selon l'emplacement de son installation (Sélectionner) - quelle couleur pour laquelle ?**
  - Installation sur pavillon
  - Immeuble de moins de 10m
  - Immeuble de plus de 10m
  - Poste de transformation
  - Poste de distribution
- Choix de son parafoudre de tête, selon l'emplacement de son installation (Sélectionner) - quelle couleur pour laquelle ?**
  - Accessible
  - Non accessible

The tool displays a grid of product images with their respective color-coded labels (red, blue, yellow, orange) and technical specifications. A red circle highlights the 'rouge' (red) label in the table on the left, and another red circle highlights the 'rouge' label in the product grid on the right, with an arrow pointing from the table to the grid.

**Cas n°2 : pas de paratonnerre sur le bâtiment**

En l'absence de paratonnerre sur le bâtiment, le choix du parafoudre et son caractère obligatoire ou non sont le résultat d'une combinaison de critères multiples.

Ces critères peuvent être résumés en 2 types de facteurs de risque majeurs : l'exposition du site et les conséquences des effets de la foudre sur l'installation.

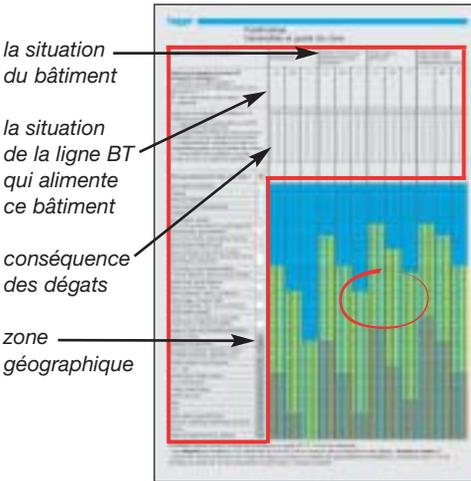
La part de risque liée à l'exposition du site est déterminée par les critères suivants :

**- la zone géographique**

- chaque département possède un indice d'exposition appelé "niveau kéraunique" Nk et indique par la norme NF C 15-100.
- certains départements présentent un niveau d'exposition important.

**- la situation du bâtiment**

- complètement entourés de structures
- inconnue ou avec quelques structures à proximité
- en terrain plat ou découvert
- sur un site remarquable (plan d'eau, crête) ou dans un rayon de 50m autour d'un paratonnerre



1 - Choix des critères (zone géographique, situation du bâtiment, situation de la ligne BT et conséquence des dégâts)

**2 - Identification**

- des couleurs correspondants à la gamme de produits adaptés et
- du caractère obligatoire (\*) ou non

et

**- la situation de la ligne BT qui alimente ce bâtiment**

- aérienne (500 m ou plus, en câble standard)
- aéro-souterraine jusqu'à 250 m)
- souterraine (enterrée)

Le risque relatif aux conséquences des dégâts prend en compte :

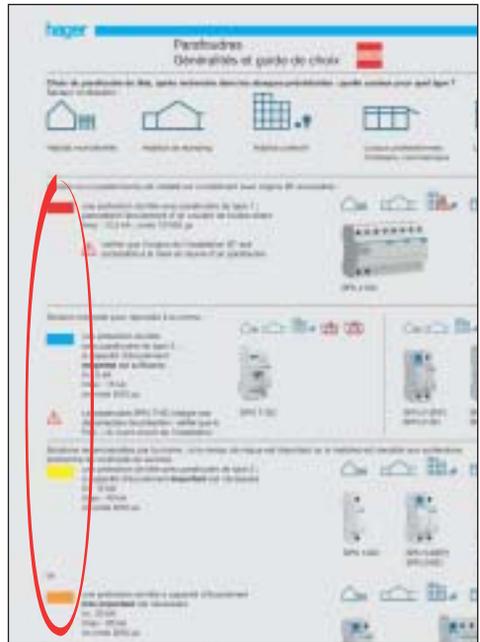
**- l'indisponibilité du matériel ou de l'installation**

- affecte la santé ou la sécurité des personnes
- économiquement inacceptable
- partielle, difficilement gérable
- non critique, gérable

**- le remplacement d'équipement**

- très coûteux (par ex. > 15 k€)
- coûteux (par ex. entre 1,5 k€ et 15 k€)
- standard (par ex. < 1,5 k€)

Cette combinaison de critères est matérialisée dans le catalogue par un tableau de choix à entrées multiples qui permet de déterminer une couleur. Il suffit alors, grâce au code couleur, de se reporter aux références des produits adaptés.



3 - Recherche des références produits correspondants aux couleurs déterminées

## La correspondance entre la couleur et les produits

Pour chaque couleur issue du tableau multi-critères précédent, la page adéquate (E.37 du catalogue général 2005) décrit la

solution produit minimale requise par la norme et les références des produits Hager adaptés à chaque type d'application.

**hager** **Parafoudres**  
**Généralités et guide de choix**

Choix de parafoudre de ligne, après consultation avec les données préliminaires, à quelle couleur pour quel type ?

Types d'installations :

- Éclairage résidentiel
- Éclairage de chantier
- Marché résidentiel
- Centres professionnels / Particulars Commerciaux
- Centres d'activités

Rechercher avec précaution les besoins de la solution avec un type BT approprié :

- une protection de ligne avec parafoudre de type T, permettant l'établissement d'un courant de fuite alternatif (10-15 kA - mode 1/1000 µs)
- un type de foudre de parafoudre BT soit accessible à distance en phase d'un parafoudre

Solutions minimales pour répondre à la norme :

- une protection de ligne avec parafoudre de type T à capacité d'élimination indépendante des surtensions (10 - 15 kA - mode 1/1000 µs, en mode 500 µs)
- un parafoudre BT soit accessible à distance en phase d'un parafoudre

Rechercher avec précaution pour le cas échéant, si le niveau de risque est supérieur au niveau minimal, à une solution :

- une protection de ligne avec parafoudre de type T à capacité d'élimination indépendante des surtensions (10 - 15 kA - mode 1/1000 µs, en mode 500 µs)
- une protection de ligne à capacité d'élimination des surtensions (10 - 15 kA - mode 10/100 µs, en mode 500 µs)

**Remarque :** L'ensemble des types de catalogues parafoudres de référence est présentée en 4 pages consécutives de téléchargement.

Présentation et schéma de liaison à la terre (selon la norme)

Types de lignes :

- réseau basse tension (BT) - 10 et système TT ou TN-C
- réseau moyenne tension (MT) - 10 et système TT ou TN-C
- système TN ou TN-C, avec ou sans mise à la terre (système en mode BT) - 10 kV

Rechercher les produits :

- BTN 423A, BTN 408E, BTN 440E, BTN 440C, BTN 410E, BTN 410C
- BTN 2 12A, BTN 202E, BTN 240E, BTN 100C, BTN 270E, BTN 270E, BTN 110E
- BTN 140C

0.37

**Remarque :** pour certains cas de figure, le tableau de choix peut faire apparaître 2 couleurs : le bleu représente le minimum réglementaire, tandis que le jaune et l'orange

correspondent à une recommandation réglementaire destinée à augmenter la durée de vie de la protection (pouvoir d'écoulement supérieur).

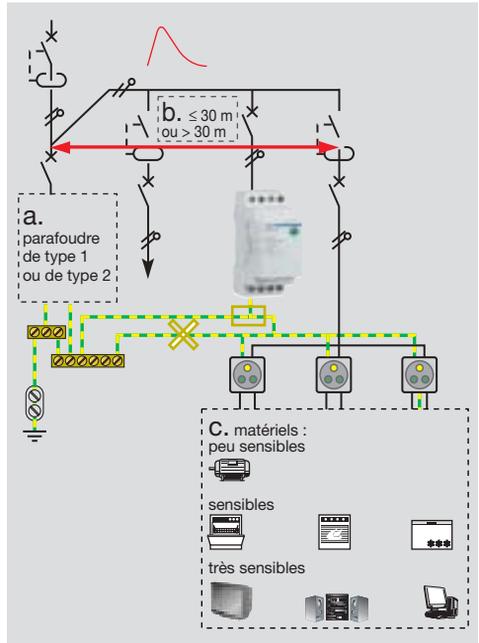
## Etape n° 2 : le choix des parafoudres de protection fine

Le choix de la protection complémentaire ou protection fine dépend de 3 paramètres :

- a. le type du parafoudre de tête d'installation BT préalablement choisi (type 1 ou type 2)
- b. la distance entre ces équipements et la protection générale en tête d'installation (plus ou moins de 30 m)
- c. le type d'équipement à protéger et leur sensibilité au risque (appareils électroménagers, informatiques, etc.).

Un tableau de choix à entrées multiples permet de déterminer la référence adaptée à chaque cas.

En présence d'un parafoudre de tête, la protection téléphonique est pour sa part toujours préconisée, quelle que soit la distance.

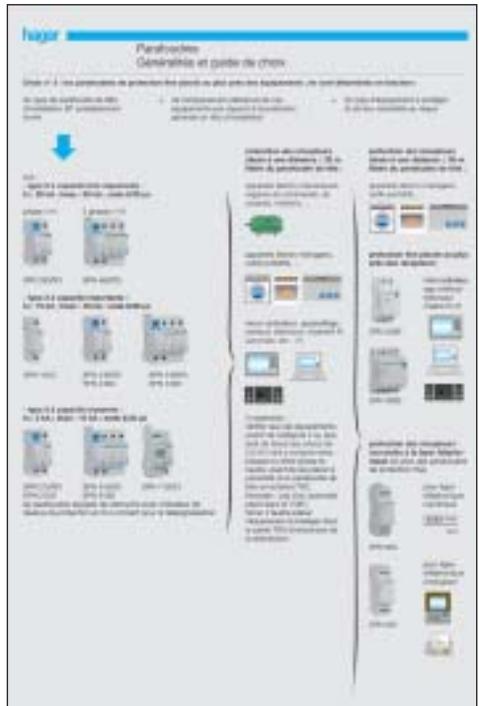


## Cas n° 1 : le parafoudre de tête est de type 2

En présence d'un parafoudre de tête de type 2, la protection fine est normalement\* nécessaire que si les récepteurs sont placés à plus de 30 mètres filaires du parafoudre de tête.

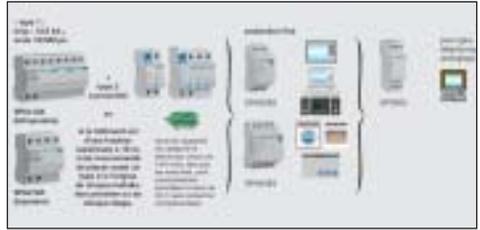
Leur choix dépendra alors du type de matériel à protéger.

\* Attention : lorsque le matériel est très sensible (Hi-Fi, vidéo, informatique, régulateur ou gestionnaire, centrale d'alarme) son niveau de protection contre les surtensions en mode différentiel Ph/N est parfois insuffisant. L'installation d'une protection complémentaire est alors recommandée quelle que soit la distance.



## Cas n° 2 : le parafoudre de tête est de type 1

En présence d'un parafoudre de tête de type 1, la protection fine est toujours recommandée, quelle que soit la distance entre le récepteur et la tête de l'installation. Attention : il est toujours recommandé d'intercaler un parafoudre intermédiaire de type 2 entre le parafoudre de type 1 et la protection fine, pour des raisons de coordination entre les protections.



### Les autres outils de choix à votre disposition

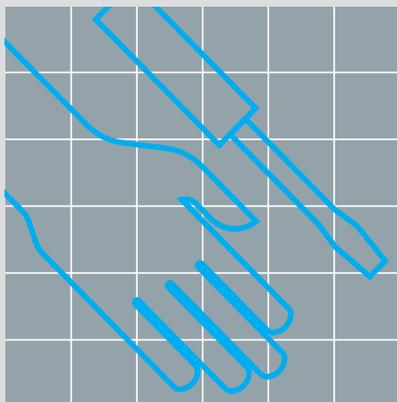
Pour vérifier si la norme exige ou recommande l'utilisation d'un parafoudre, en fonction des critères de l'installation à réaliser, et pour trouver facilement la bonne référence de parafoudre à installer, différents autres guides de choix simplifiés sont à votre disposition :

- une **réglette de choix** est à votre disposition pour définir d'un geste les produits à utiliser. Cette règlelette simplifie les préconisations en favorisant la durée de vie de la protection.

- un **guide de choix sur internet** vous permet en quelques clics de trouver la bonne référence de parafoudre et d'accéder directement à l'e-catalogue ([www.hagergroup.fr/Parafoudres](http://www.hagergroup.fr/Parafoudres)). Ce guide interactif reprend intégralement les calculs de la réglementation sans arrondis. Les recommandations "utiles" et "peu utiles" ont été rassemblées dans la mention "recommandé".



## Mise en œuvre et cas pratiques



<b>6.</b>	<b>Règles de mise en œuvre</b>	54
6.1.	Mise en œuvre des protections de tête	54
6.2.	Mise en œuvre des protections fines	61
6.3.	Mise en œuvre des protections téléphoniques	63
6.4.	Règles générales pour les prises de terre	63
<b>7.</b>	<b>Exemples d'installation en régime TT</b>	64
7.1.	Schéma type habitat (tarif bleu)	64
7.2.	Schéma type petit local professionnel (tarif jaune)	65
<b>8.</b>	<b>Exemples de choix et de mise en œuvre</b>	66
8.1.	Habitat	66
	- utilisation du guide de choix Hager	
	- schéma électrique	
	- mise en œuvre dans un coffret Gamma	
8.2.	Petit local professionnel	71
	- utilisation du guide de choix Hager	
	- schéma électrique	
8.3.	Exemple de bâtiment avec présence de paratonnerre	75
	- utilisation du guide de choix Hager	
	<b>Glossaire</b>	77

# 6. Règles de mise en œuvre

Les surtensions transitoires dues à la foudre sont des phénomènes de très courte durée. Ainsi, des précautions sont à prendre pour tenir compte du fait que les courants engendrés sont comparables à des signaux haute fréquence (500 kHz).

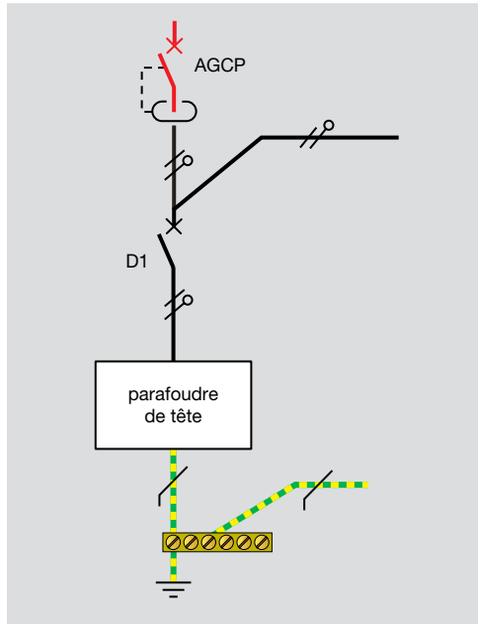
Les parafoudres Hager doivent être placés dans des enveloppes possédant des plastrons d'ouverture 45 mm.

Ce chapitre commente et décrit les articles 443 et 534 de la norme NF C 15-100 et les règles d'installation définies dans le guide pratique UTE C 15-443.

## 6.1. Mise en œuvre des protections de tête

### Règle 1 : parafoudre de tête directement en aval de l'AGCP.

Les parafoudres de tête doivent être disposés directement en aval du dispositif assurant la fonction de sectionnement en tête d'installation. En tarif bleu, ce parafoudre doit être placé immédiatement en aval de l'Appareil Général de Commande et de Protection (AGCP) qui est le disjoncteur de branchement.

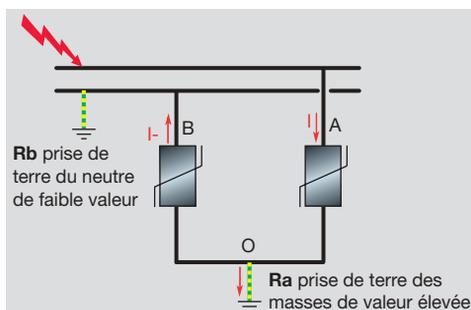


*Parafoudre de tête directement en aval de l'AGCP*

## Règle 2 : protection en mode commun au minimum en tête d'installation.

La protection de tête doit apporter au moins une protection en mode commun, c'est-à-dire entre conducteurs actifs et terre. Cependant, en cas de mauvaise prise de terre, il est conseillé de mettre en place une protection en mode différentiel (entre Ph/N) en régime TT et TN.S.

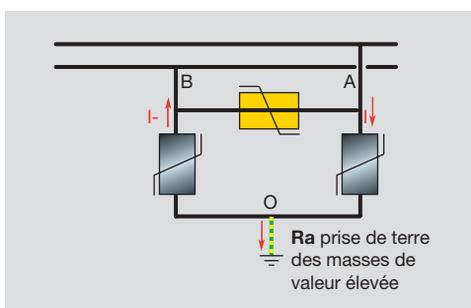
Dissymétrie due aux prises de terre car  $R_a \gg R_b$



En effet, soit un parafoudre bipolaire installé en mode commun uniquement.

La valeur de la résistance équivalente  $R_b$  de la mise à la terre du neutre au niveau du transformateur et des pylônes est généralement beaucoup plus faible que celle de la prise de terre des masses  $R_a$ . Le courant de foudre frappant le fil de phase va donc emprunter en partie le chemin (AOB) via le neutre pour se diffuser via  $R_b$  !

Les équipements seront soumis à la tension différentielle qui vaut deux fois la tension de protection du parafoudre.



Ici la varistance placée en mode différentiel va limiter à  $U_p$  la tension  $V_{ab}$ , quelle que soit la valeur  $R_a$  (\*).

Tous les parafoudres Hager assurent la protection à la fois en mode commun et différentiel.

Nota : ceci est un schéma de principe qui est indépendant de la technologie de parafoudre utilisée.

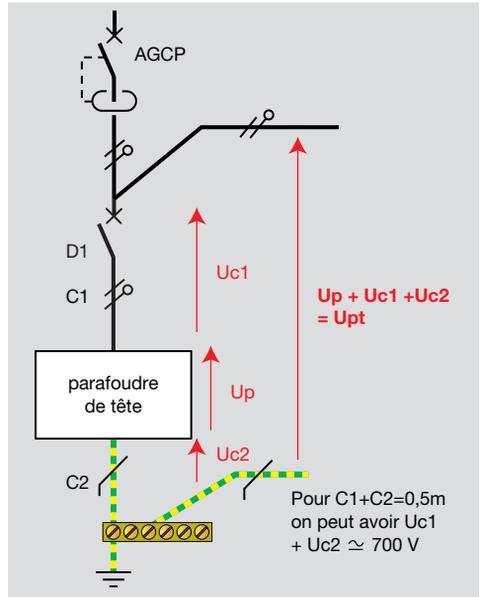
(\*) attention : voir aussi le § 6.4 "règles générales pour les prises de terre".

**Règle 3 : longueurs de connexion les plus courtes et les plus rectilignes possibles.**

Le passage de la surtension engendre une chute de tension "aux bornes" des conducteurs de connexion (C1 et C2) qui s'additionne à la tension  $U_p$  du parafoudre.

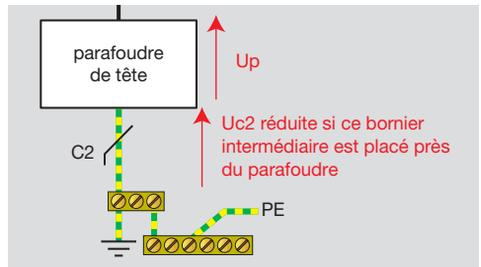
La surtension que l'on retrouvera aux bornes des appareils sera donc d'autant plus faible que ces longueurs sont courtes et rectilignes.

Les conducteurs de connexion du parafoudre doivent être d'une longueur n'excédant pas de préférence 0,5 mètre au total.



*Longueurs de connexion les plus courtes et les plus rectilignes possibles*

Le guide UTE C 15-443 démontre l'emploi si nécessaire d'un bornier de terre intermédiaire qui réduira la tension  $U_{c2}$



*Règle valable également pour les parafoudres de protection fine*

Les parafoudres de tête Hager intègrent, pour la plupart, un doublage des bornes "aval" de terre qui permettra de réduire à "quasiment zéro" la tension  $U_{c2}$ .



**Règle 4 : sections de connexion les plus importantes possibles.**

Les conducteurs de terre des parafoudres doivent avoir une section minimale de 4 mm<sup>2</sup> en cuivre. En présence d'un paratonnerre, cette section minimale est de 10 mm<sup>2</sup>.

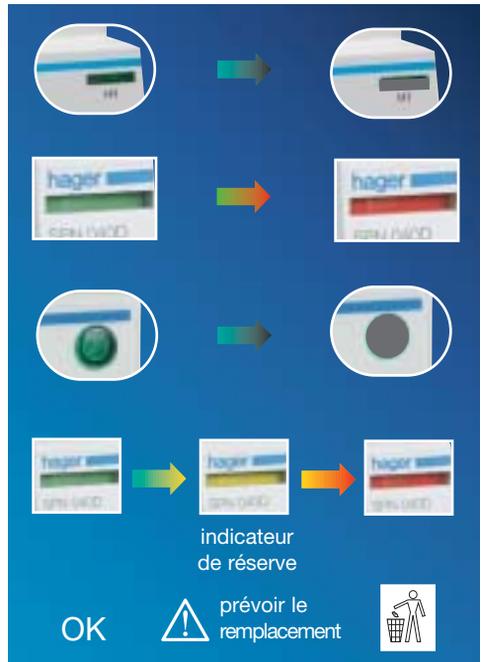
La protection de tête doit écouler la plus grande partie du courant de foudre à la terre. La section des conducteurs de connexion doit être la plus grande possible (capacité maxi des bornes du produit), et de préférence en multibrin, afin de diminuer l'impédance au passage du courant de foudre.

La NF C 15-100 indique également que la liaison entre le bornier de terre PE d'une armoire et le bornier de terre d'un coffret de communication doit être :  
- de section minimale de 6 mm<sup>2</sup>  
- la plus courte possible (de préférence ≤ 0,50 m).

**Règle 5 : dispositifs de signalisation.**

Un dispositif de signalisation doit indiquer que le parafoudre n'assure plus sa fonction de protection.

Les parafoudres Hager répondent à cette prescription par l'intermédiaire d'un voyant de fin de vie ou de l'indicateur de réserve situé sur la face avant des cartouches.



Les dispositifs de signalisation

## Règle 6 : protection du parafoudre et de son circuit.

Le parafoudre doit être déconnecté automatiquement :

- en cas d'emballement thermique (cf. a),
- en cas de court-circuit (cf. b),
- en cas de courant de défaut à la terre (cf. c).

a. Les parafoudres Hager disposent d'un déconnecteur thermique intégré qui stoppe un éventuel emballement thermique de la varistance en fin de vie et déconnecte les conducteurs actifs (Ph/N) de la terre (circuit ouvert).

Nota : les parafoudres de "type 1" possèdent une électronique sophistiquée de commande de l'éclateur, protégée par un dispositif qui intègre également un déconnecteur basé sur une mesure "thermique".

b. Le parafoudre doit être déconnecté automatiquement en cas de court-circuit par un dispositif spécifié par le constructeur. C'est pourquoi, pour répondre totalement aux essais définis dans la norme produit 61-740/95, il est nécessaire de le protéger par des disjoncteurs.

Cas des parafoudres de tête de "type 2" :

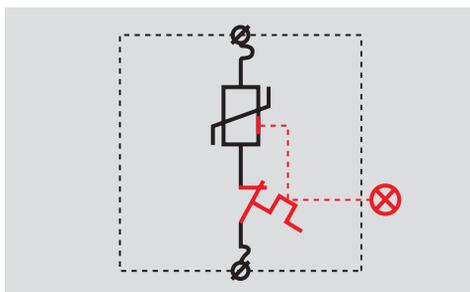
In	I <sub>max</sub> parafoudre	In disjoncteur	Tenue en court-circuit
20 kA	65 kA	32 A courbe C	20 kA
15 kA	40 kA	32 A courbe C	20 kA
5 kA	15 kA	32 A courbe C	10 kA

Cas des parafoudres de "protection fine" :  
par disjoncteur = 32 A courbe C / 6 kA

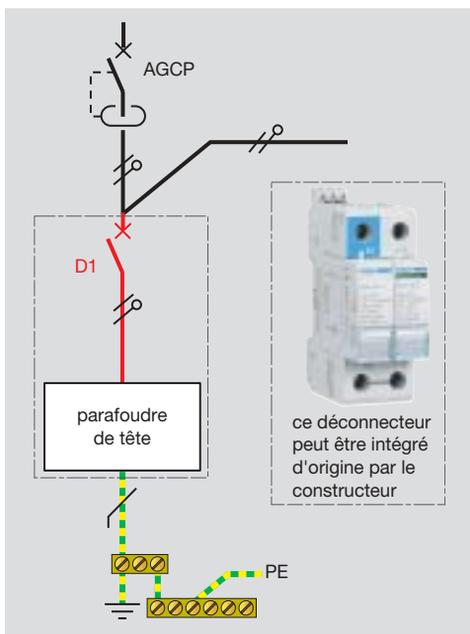
Cas des parafoudres de tête de "type 1" :  
**Le principe est identique.**

**Toutefois le branchement du déconnecteur peut varier en fonction de son calibre et du courant de court-circuit de l'installation (détails dans la notice).**

Le pouvoir de coupure du disjoncteur doit être supérieur au courant de court-circuit présumé à l'endroit où il est installé.



a. Le parafoudre se déconnecte en cas d'emballement thermique ou de choc important entraînant sa fin de vie.



b. Le parafoudre doit se déconnecter en cas de court-circuit : cas particulier d'un parafoudre auto-protégé qui intègre son déconnecteur.

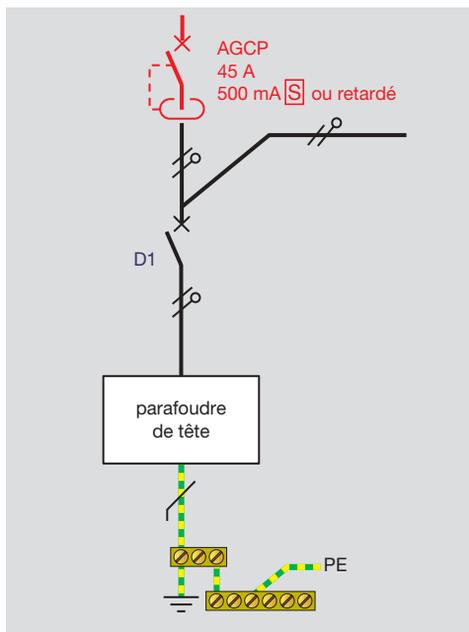
c. Des dispositifs de protection contre les courants de défaut à la terre doivent être prévus. Si le parafoudre est placé à l'origine de l'installation, en aval d'un dispositif différentiel résiduel, ce dernier doit être d'un type qui ne se déclenche pas sous l'effet d'un courant de choc de 5 kA (forme d'onde 8/20).

**En schéma TT, un DDR de type S doit être installé en amont d'un parafoudre.**

Dans le cas d'un branchement à puissance limitée (tarif bleu) ce dispositif peut être le disjoncteur de branchement (§ 7.6.3 du guide UTE C 15-443).

Il est rappelé que les DDR de type S sont immunisés contre les risques de déclenchements indésirables (onde 8/20  $\mu$ s).

Les dispositifs différentiels Hager de type S ou retardés ou anti-transitoires, répondent à cette prescription.



c. Le parafoudre se déconnecte en cas de courant de défaut à la terre.

### Règle 7 : mise en œuvre déconseillée dans les locaux spéciaux.

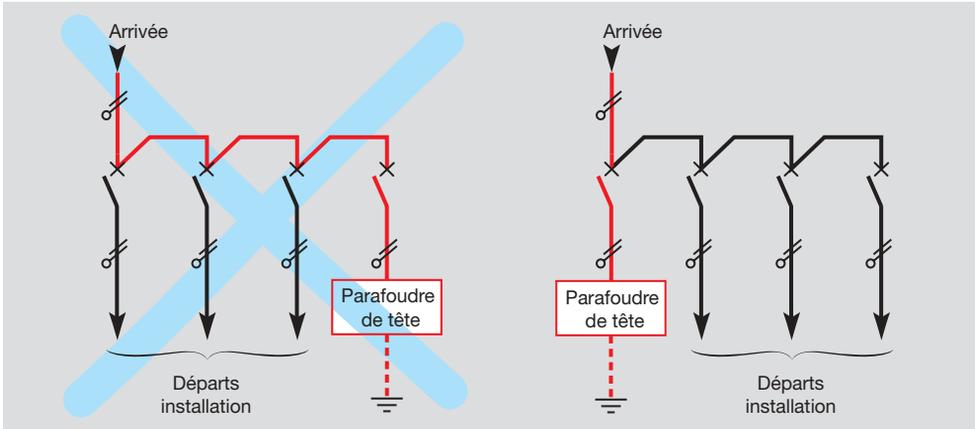
Les parafoudres ne doivent pas être installés dans des locaux où existent des risques d'incendie ou d'explosion (locaux BE2 et BE3), sauf si des précautions particulières sont prises. En règle générale, dans ce cas-là le coffret contenant le dispositif parafoudre sera placé à l'extérieur de ces locaux.

**Règle 8 : connexions perturbées séparées des conducteurs "propres".**

Il est nécessaire de bien séparer les conducteurs d'arrivée du parafoudre de ceux alimentant les départs afin d'éviter la "pollution" de ces circuits protégés.

En effet : le rôle d'un parafoudre étant de fournir "rapidement" un trajet privilégié vers

la terre à l'énergie de la surtension de foudre. Il va donc se créer un courant impulsionnel, à variation rapide, dans les conducteurs de liaison du parafoudre vers la terre. Ces conducteurs d'arrivée "perturbés" vont avoir tendance à "rayonner" et à "polluer" les conducteurs "sains" si ces derniers ne sont pas correctement séparés.

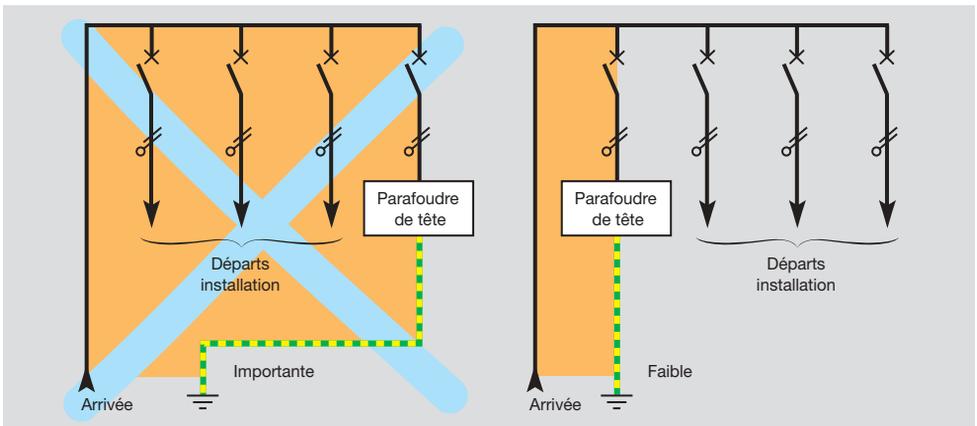


— Câbles pollués lors du passage d'un courant de foudre

**Règle 9 : limitation des surfaces de boucle de masse.**

Les conducteurs actifs (Ph/N) et les conducteurs de protection doivent être

très proches l'un de l'autre afin de limiter au maximum les surfaces de boucle de masse.



■ Surface de boucle de masse

## 6.2. Mise en œuvre des protections fines

La mise en cascade de plusieurs parafoudres est nécessaire dans au moins un des deux cas suivants :

- Le parafoudre de tête a un niveau de tension  $U_p$  trop important pour les matériels à protéger,
- Les matériels sensibles sont situés trop loin du parafoudre de tête.

Le parafoudre de tête écoule à la terre un maximum d'énergie (90%) et la protection secondaire permet de réduire le niveau de la surtension à une valeur plus faible, acceptable par du matériel sensible.

Pour cette raison, il est conseillé lorsque le parafoudre de tête est du "type 1", d'intercaler un parafoudre de tête de "type 2" à proximité du premier, avant le parafoudre de protection fine.

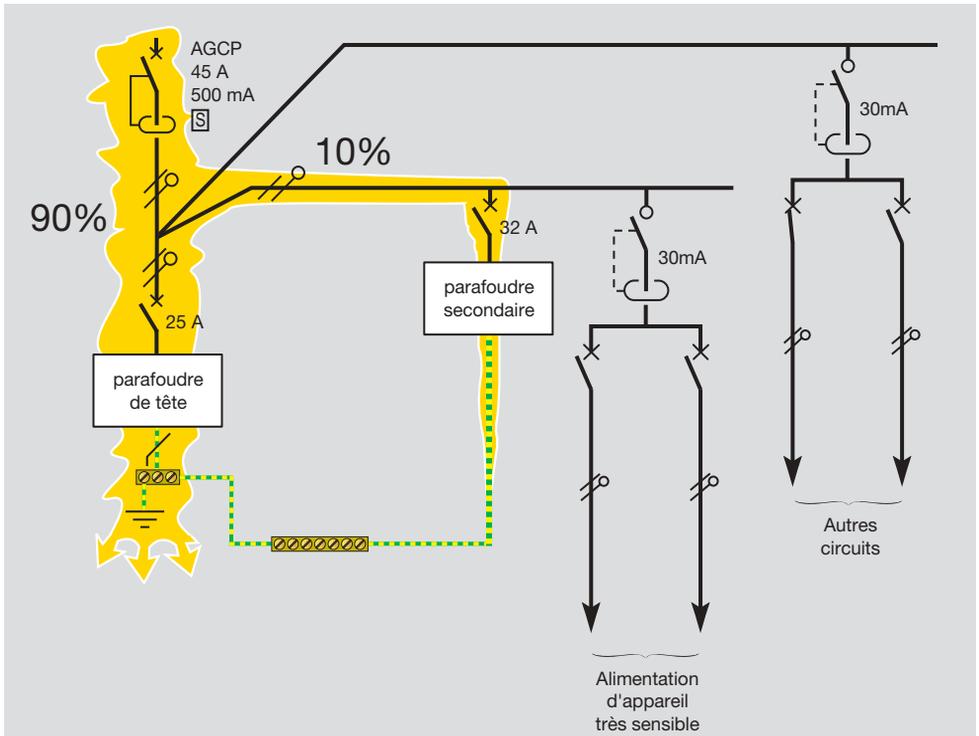


Schéma de principe : protection de tête et protection fine

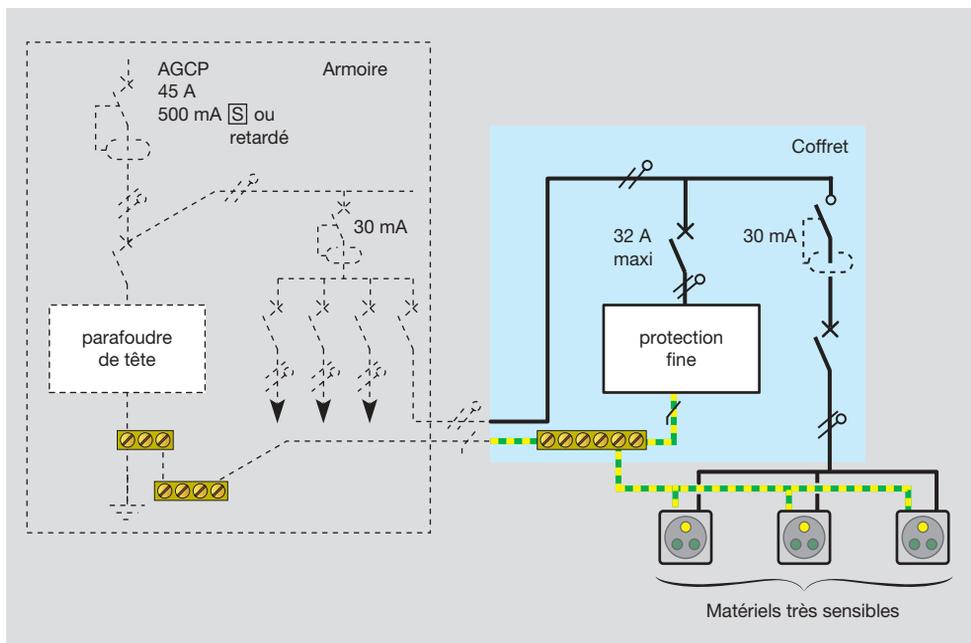
**Règle 1 : la distance entre la protection de tête et la protection fine doit être la plus grande possible (plus de 1 m si possible).**

En effet, une telle distance permet d'augmenter l'inductance, donc l'impédance et de ce fait elle assure une bonne coordination entre ces deux protections afin de répartir l'écoulement du courant de foudre à la terre (90% - 10%).

Imax parafoudre de tête "type 2"	mode commun	mode différentiel
15 kA	<b>800 V</b>	
40 kA		
65 kA		
Les valeurs sont données pour une longueur de câble minimum de 1 m entre le parafoudre de tête et les parafoudres secondaires.		

**Règle 2 : la distance protection fine - matériel sensible doit être relativement courte.**

En effet, une distance importante engendre, par un phénomène d'oscillation, une surtension supplémentaire aux bornes de l'appareil sensible que l'on cherche à protéger.



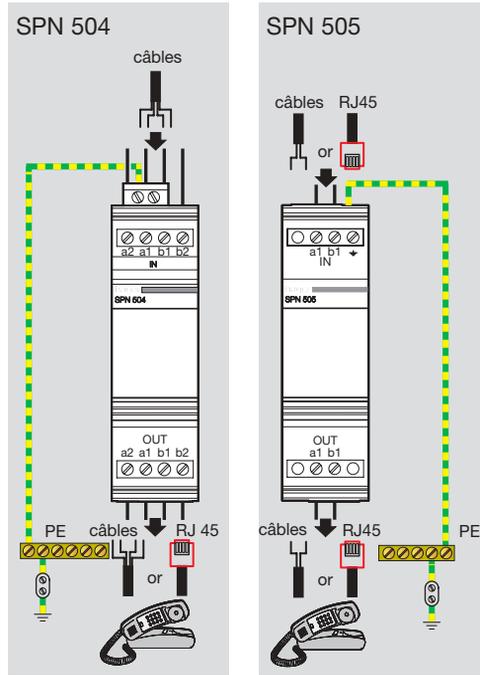
Utilisation d'un coffret divisionnaire proche du matériel à protéger.

### 6.3. Mise en œuvre des protections téléphoniques

Les récepteurs raccordés à une ligne téléphonique doivent être protégés contre les surtensions provisoires véhiculées sur ces réseaux.

En fonction du type de réseau téléphonique, on utilisera des parafoudres différents :

- **SPN 505** : protection adaptée aux réseaux numériques (nommés “RTC” : Réseau Téléphonique Commuté ou encore “PSTN” : Public Switched Telephone Network)
- **SPN 504** : protection adaptée aux réseaux analogiques (nommés “RNIS” : Réseau Numérique à Intégration de Services ou Numéris ou encore “ISDN” : Integrated Services Digital Network)



### 6.4. Règles générales pour les prises de terre

- Pour une installation neuve avec parafoudres, une terre réalisée en boucle de fond de fouille, d’une valeur inférieure à 10 Ω, est considérée comme étant une bonne prise de terre.
- Il est important de réaliser l’équipotentialité de toutes les masses des différents équipements. Cette précaution permet d’éviter les bouclages ou effets induits d’un courant de foudre d’un circuit à l’autre.

Toutefois, en pratique, il suffit de respecter les exigences de la norme NF C 15-100 en ce qui concerne la valeur **Ra** (par exemple ≤ 100 Ohms dans l’habitat, hors paratonnerre sinon 10 Ohms) et de réaliser l’équipotentialité des masses avec le bornier de terre.

Ceci permet de s’affranchir de la valeur de **Ra** et de ses fluctuations dans le temps. Dans ce cas, une seule autre précaution doit être prise : il faut que les parafoudres protègent également en mode différentiel, et c’est le cas de tous les parafoudres Hager.

#### Nota :

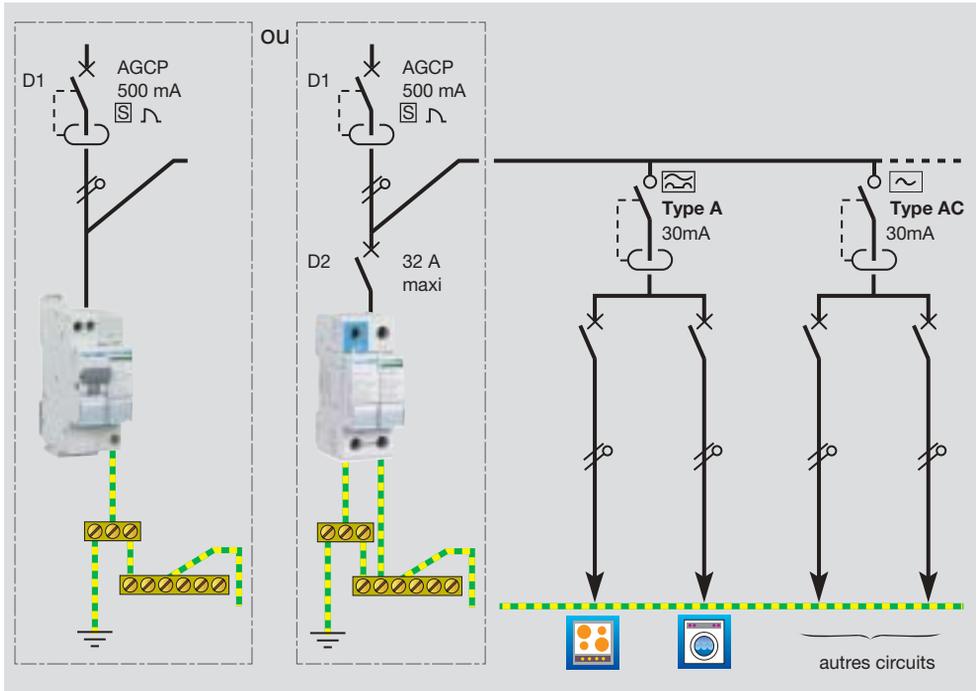
Importance de la prise de terre des masses **Ra** : si **Ra** vaut 10 Ohms en BT et BF (jusqu’à 10 kHz) alors son impédance vaut 300 Ohms de 10 kHz à 1 MHz, et 600 Ohms de 1 MHz à 10 MHz, de part la nature impulsionnelle du courant.

# 7. Exemples d'installation en régime TT

La coordination entre l'AGCP et le parafoudre muni de ses dispositifs de protection a une influence sur la continuité de l'alimentation.

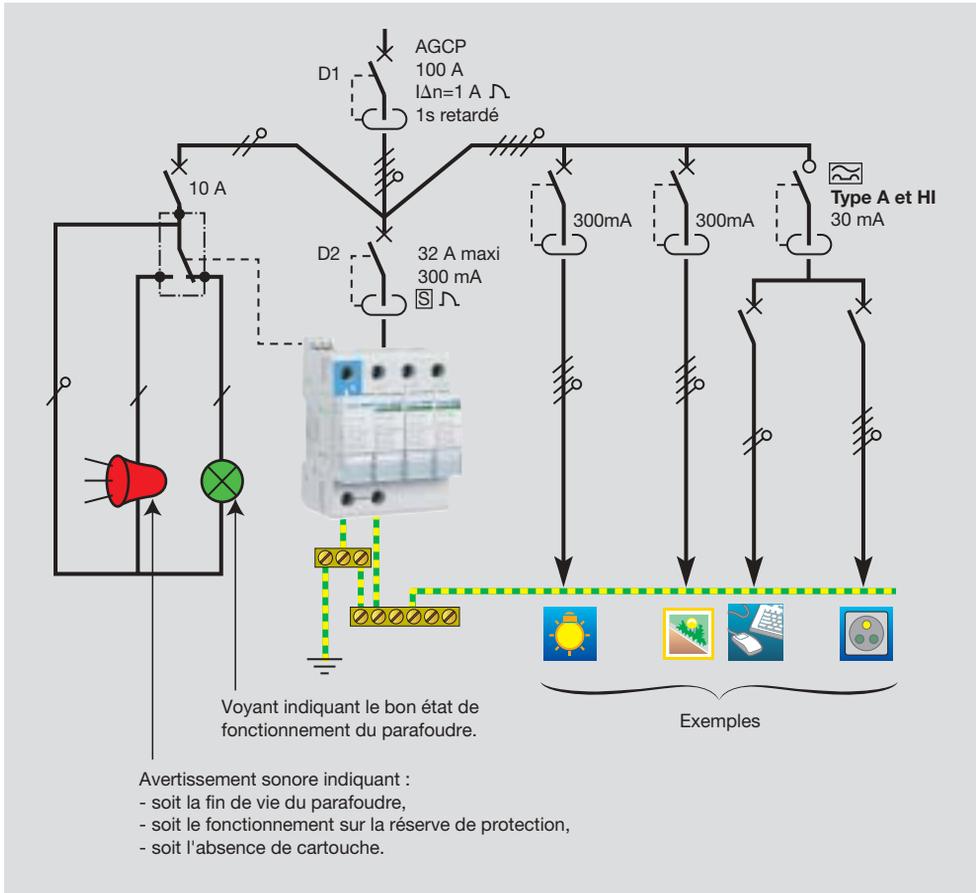
Dans tous les cas, une protection différentielle sélective  $\text{S}$  en amont du parafoudre permet d'éviter le déclenchement de l'AGCP pour un coup de foudre moyen.

## 7.1. Schéma type habitat (tarif bleu)



## 7.2. Schéma type petit local professionnel (tarif jaune)

Ce schéma assure une très bonne continuité de service. Le parafoudre avec indicateur de réserve de protection et son contact de télésignalisation est la solution idéale pour une maintenance préventive.



## 8. Exemples de choix et de mise en œuvre

L'installation de parafoudres dans une armoire ou un coffret nécessite de prêter une attention particulière au câblage. Au niveau des connexions, les distances doivent être les plus courtes possible. Les conducteurs utilisés sont de préférence en multibrin et de sections les plus grandes possibles.

### 8.1. Habitat

Une maison individuelle (tarif bleu) située en terrain découvert près de Nancy (département 54) est alimentée par une ligne aérienne BT monophasée de 300 m de long. Le poste HTA/BT est également alimenté en aérien sur 2 km.

Le matériel à protéger est une alarme avec transmission téléphonique, connectée sur un réseau analogique, et des équipements très sensibles (vidéo, ordinateur, Hi-Fi). La valeur de tous ces équipements est estimée à 10 000 €.



**Utilisation du guide de choix du catalogue Hager :**

**Choix n°1 :**

Le parafoudre de tête est placé à l'origine de l'installation BT selon NF C 15-100, il est déterminé en fonction :

- du niveau d'exposition lié à la foudre
- des conséquences directes des dégâts de foudre sur l'installation.

**Choix n°1 : le parafoudre de tête ?**

le risque est d'abord lié à la présence d'un paratonnerre sur le bâtiment ! → **NON**

Niveau d'exposition	X Conséquence
<p><b>Si le bâtiment n'est pas équipé d'un paratonnerre</b></p>  <p>- le risque est alors lié à la zone géographique :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• chaque département possède un indice de risque appelé "niveau kéraunique" Nk et indiqué par la norme NF C 15-100.</li><li>• certains départements présentent un niveau d'exposition important.</li></ul> <p>- ce risque géographique est diminué ou amplifié par :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• la situation du bâtiment<ul style="list-style-type: none"><li>→ complètement entourés de structures</li><li>→ inconnue ou avec quelques structures à proximité</li><li>→ en terrain plat ou découvert</li><li>→ sur un site remarquable (plan d'eau, crête, ...) ou dans un rayon de 50 m autour d'un paratonnerre</li></ul></li><li>et</li><li>• la situation de la ligne BT qui alimente ce bâtiment<ul style="list-style-type: none"><li>→ aérienne</li><li>→ aéro-souterraine</li><li>→ souterraine (enterrée)</li></ul></li></ul>	<p><b>- Quelles seront les conséquences des dégâts ?</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• indisponibilité du matériel ou de l'installation<ul style="list-style-type: none"><li>→ affecte la santé ou la sécurité des personnes</li><li>→ économiquement inacceptable</li><li>→ partielle, difficilement gérable</li><li>→ non critique, gérable</li></ul></li><li>• remplacement d'équipement<ul style="list-style-type: none"><li>→ très coûteux (par ex. &gt; 15 k€)</li><li>→ coûteux (par ex. entre 1,5 k€ et 15 k€)</li><li>→ standard (par ex. &lt; 1,5 k€)</li></ul></li></ul>

## Parafoudres Généralités et guide de choix

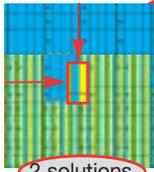
Une maison individuelle située en terrain découvert

Une ligne aérienne BT monophasée de 300 m

Matériel suffisamment coûteux pour justifier d'une alarme, mais elle n'est pas "technique"

Près de Nancy (Meurthe et Moselle)

Quelle est la situation du bâtiment ?	Toitement simple de structures			Situation normale de quelques structures à l'usage			Bâtiment plat ou terrasse			Site à risque																						
Quelle est la situation de la ligne BT au point d'installation ?	A	AS	S	A	AS	S	A	AS	S	A	AS	S																				
Quelle est la conséquence des atouts ou le matériel ou son usage ?	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3																				
Dans quel département êtes-vous situé ?	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Département</th> <th>Nb</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Saint-Pierre-et-Miquelon</td><td>1</td></tr> <tr><td>Finistère</td><td>6</td></tr> <tr><td>Mayenne, Mayotte</td><td>1</td></tr> <tr><td>Calvados</td><td>6</td></tr> <tr><td>Meurthe-et-Moselle</td><td>19</td></tr> <tr><td>Meuse, Vosges, Yonne, La Réunion</td><td>20</td></tr> <tr><td>Alsace, Ardèche, Charente, Gers, Haute-Pyrénées, Tarn, Tarn-et-Garonne</td><td>21</td></tr> <tr><td>Hauts-Saône, Vosges</td><td>22</td></tr> <tr><td>Orne, Lot, Haute-Normandie, Haut-Rhin, Haute-Saône, Territoire de Belfort</td><td>23</td></tr> </tbody> </table>												Département	Nb	Saint-Pierre-et-Miquelon	1	Finistère	6	Mayenne, Mayotte	1	Calvados	6	Meurthe-et-Moselle	19	Meuse, Vosges, Yonne, La Réunion	20	Alsace, Ardèche, Charente, Gers, Haute-Pyrénées, Tarn, Tarn-et-Garonne	21	Hauts-Saône, Vosges	22	Orne, Lot, Haute-Normandie, Haut-Rhin, Haute-Saône, Territoire de Belfort	23
Département	Nb																															
Saint-Pierre-et-Miquelon	1																															
Finistère	6																															
Mayenne, Mayotte	1																															
Calvados	6																															
Meurthe-et-Moselle	19																															
Meuse, Vosges, Yonne, La Réunion	20																															
Alsace, Ardèche, Charente, Gers, Haute-Pyrénées, Tarn, Tarn-et-Garonne	21																															
Hauts-Saône, Vosges	22																															
Orne, Lot, Haute-Normandie, Haut-Rhin, Haute-Saône, Territoire de Belfort	23																															



2 solutions



OU



### Parafoudres Généralités et guide de choix

Choix de parafoudres de tête, après recherche dans les catalogues présentés : quelle solution pour quel type ?

Secteur d'application :

- Habitat résidentiel
- Habitat de standing
- Habitat collectif
- Lieux professionnels d'affaires, commerciaux
- Lieux industriels

Solutions proposées en réponse à la norme :

- Solution 1 (Blue bar):** une protection de tête avec parafoudre de type 2 ; la capacité d'ionisation moyenne est suffisante In : 5 kA, Imax : 19 kA, en onde 800 us
- Solution 2 (Yellow bar):** Le parafoudre SPN T100 intégré sert d'connecteur de protection ; vérifier que le PNC = le seuil maximal de l'installation

Produits recommandés par la norme : si le niveau de risque est important ou si le matériel est sensible aux surtensions (nombre de courants de pointe)

- SPN T100
- SPN 2100T
- SPN 2100S
- SPN 2100P
- SPN 2100R
- SPN 2100S
- SPN 2100P
- SPN 2100R
- SPN 2100S
- SPN 2100P
- SPN 2100R

Pour des raisons de sécurité (protection du système d'alarme), la continuité de service doit être assurée. De plus, on ne souhaite pas faire fonctionner l'installation sans parafoudre. On choisira donc un parafoudre de tête équipé d'un contact de télésignalisation et d'un indicateur de réserve de protection : → **SPN 240R**

Ce choix ne répond pas à une obligation normative, mais à la simple règle de "bon sens" : la présence d'un système d'alarme attestant de la volonté des utilisateurs de préserver leur investissement et leurs équipements sensibles, la mise en place d'un dispositif à base de parafoudres est vraiment la continuité logique à ce besoin.

Le parafoudre de tête retenu, correspond à la solution "recommandée" (et non simplement "minimale") car il permet d'optimiser la continuité de service de l'installation.

### Choix n° 2 : les parafoudres de protection fine placés au plus près des équipements

Ils sont déterminés en fonction :

- du type de parafoudre de tête d'installation BT
- de l'emplacement (distance) de ces équipements par rapport à la protection générale en tête d'installation
- du type d'équipement à protéger et de leur sensibilité au risque

matériels très sensibles pour 10 000 €



Dans ce grand pavillon, les équipements sensibles seront probablement éloignés du tableau principal, voire raccordés à un coffret divisionnaire avec des extensions possibles. Mais c'est surtout la valeur et le degré de protection par alarme qui suggère la présence d'une protection fine !

parafoudre de tête préalablement choisi

protection des récepteurs situés à une distance < 30 m (Bare du parafoudre de tête) :

appareils électro-ménagers, organes de commande, de mesure, moteurs, ...

appareils électro-ménagers, outils portatifs, ...

protection des récepteurs raccordés à la ligne téléphonique (en plus des protections de protection fine)

pour ligne téléphonique numérique

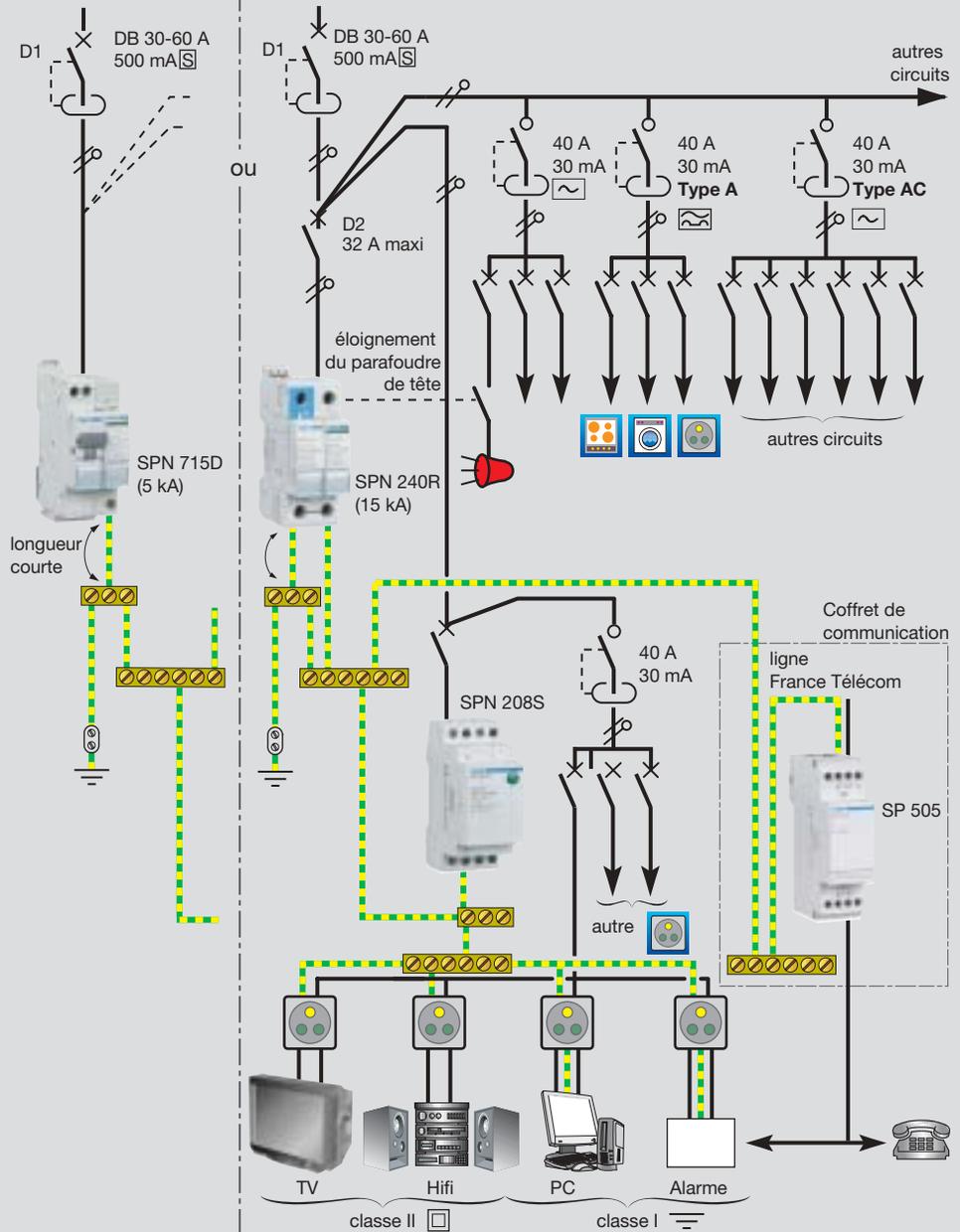
pour ligne téléphonique analogique

Il est interdit de vérifier que ces équipements sont de catégorie II ou plus haut de tension ou classés de 23 à 250 V (sauf à compter, entre autres, de votre propre et même, avant de les placer à proximité d'un parafoudre de tête en système TIC. Exemple : cas d'un automate placé dans le TGBT. Sinon il faut y penser. Il faut aussi à protéger dans le cas contraire.

Conclusion : les parafoudres à utiliser sont le **SPN 240R** + SPN 208S pour la BT, + le SPN 505 (téléphonique)

Exemple de variante mini pour répondre à la norme, si le contact de télésignalisation n'est pas nécessaire

Dans cette variante, la continuité de service de l'installation est parfaitement adaptée au besoin



L'avertisseur sonore indique :

- soit la fin de vie du parafoudre,
- soit le fonctionnement sur la réserve de protection,
- soit l'absence de la cartouche.

## 8.2. Petit local professionnel

### Exemple :

Une superette, située en banlieue d'une ville moyenne près de Bordeaux (département 33) et entourée de plusieurs immeubles collectifs, est alimentée par une ligne souterraine BT triphasée en régime TT. Le poste HTA/BT est également alimenté par une ligne souterraine.

Les équipements (environ 14 000 €) sont de type "bureautique individuelle", dont l'indisponibilité éventuelle aurait une grande incidence sur l'activité professionnelle.



### Sélection des critères et lecture du résultat

La combinaison des critères énoncés dans l'exemple aboutissent au résultat suivant :

*supérette ... entourée de plusieurs immeubles* →

*une ligne souterraine* →

*dont l'indisponibilité éventuelle aurait une grande incidence sur l'activité professionnelle* →

*près de Bordeaux (Gironde)* →

**hager** Parafoudres Généralités et guide de choix

Quelle est la situation du bâtiment ?	Totalement enterré (de structures)			Situation isolée ou quelques structures à proximité			Terrain plat ou découvert	
Quelle est la situation de la ligne BT alimentant l'installation ?	A	AG	B	A	AG	B	A	AG
A : aérien, avec câble standard sans isolation et écran métallique relié à la terre par un "BT". AG : aérien souterrain (à 200 cm min) B : souterrain								
Quelle est la conséquence des départs sur le matériel au son usage ?	1	2	3	4	1	2	3	4
1 : l'indisponibilité du matériel affecte la SANTE ou la SÉCURITÉ des personnes. 2 : l'indisponibilité de l'installation entraîne une indisponibilité partielle, mais le matériel est coûteux. 3 : l'indisponibilité de l'installation n'est pas critique, le valeur du matériel est standard.								

Dans quel département êtes-vous situé ?	Nb
Saint-Pierre-et-Miquelon	1
Paris	6
Haute-Saône, Vosges	22
Creuse, Lot, Haute-Marne, Haut-Rhin, Haute-Vienne, Territoire de Belfort	23
Auvergne-Rhône-Alpes, Pyrénées-Aquitaines	24
Guyane, Guadeloupe, La Réunion	25
Savoie, Rhône, Dordogne, Haut-Rhin, Pyrénées-Orientales, Saône-et-Loire	27
Doubs, Landes, Lot-et-Garonne	28
Lot, Loire	30
Haute-Corse, Rhône, Saône	31
Ain, Corse-du-Sud	32
Lozère, Haute-Savoie	33
Haute-Loire, Vaucluse	34



## Choix de la protection complémentaire :

Une fois le parafoudre de tête choisi (1), il reste à définir les protections fines complémentaires (2), en fonction de la distance entre les récepteurs et le parafoudre de tête et des appareils à protéger.

Pour une distance supérieure à 30 m et des appareils de type "PC" à protéger, le choix aboutit aux références SPN 208S et SPN 408S.

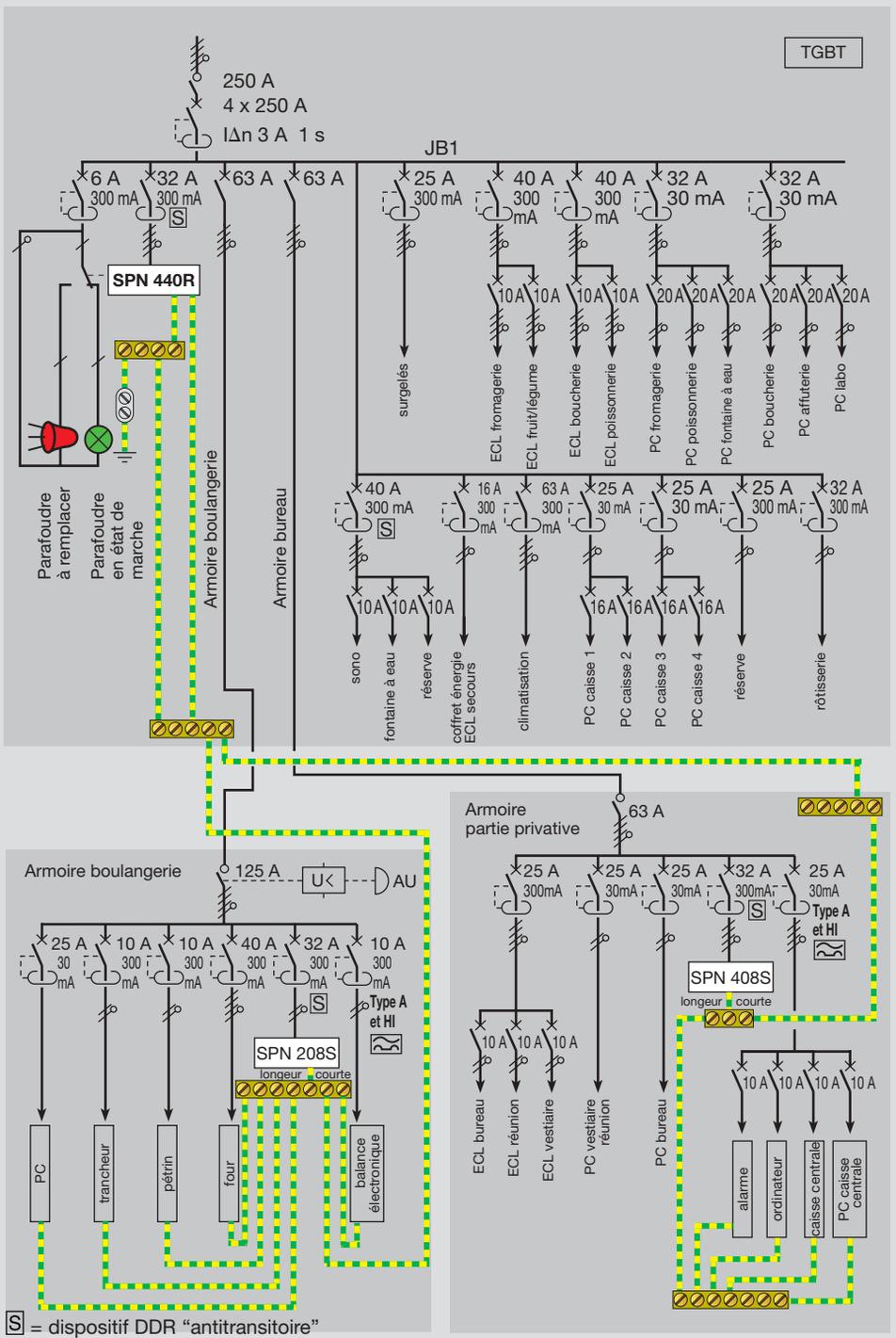
Pour ce qui est des récepteurs raccordés à une ligne téléphonique (3), supposée numérique dans notre exemple, la référence de parafoudre à utiliser est le SPN 504. Cette protection est toujours recommandée en cas d'installation d'un parafoudre BT.

La protection téléphonique est toujours recommandée, en cas d'installation d'un parafoudre BT.

## Conclusion :

les parafoudres à utiliser sont **SPN 440R obligatoire** + SPN 408S et SPN 208S pour la BT, + SPN 504 (téléphonique).

# Mise en œuvre :



### 8.3. Bâtiment avec présence d'un paratonnerre

Exemple : 

Réhabilitation d'une église dans le Morbihan. Ce lieu de culte est conforme à la réglementation, il possède déjà un paratonnerre (arrêté du 16/09/1959 - art. V21 - et du 25/06/1980: "les clochers, tours et minarets doivent être dotés de paratonnerre").

La réhabilitation devra doter le bâtiment d'une installation électrique conforme à la norme NF C 15 -100. Cette église, alimentée par une ligne triphasée souterraine (tarif bleu), est située dans le centre d'une petite ville de 25000 habitants. Elle sera pourvue d'une installation électrique communicante (technologie Tébis).

Outre l'éclairage "technique", les équipements comprennent une installation Hi-Fi moderne et de la micro-informatique. Il faudra également prévoir une protection contre les surtensions, de l'alimentation EIB-KNX du système Tébis.

#### Choix du parafoudre correspondant :

Le tableau de choix amène au choix d'un parafoudre de tête de type 1 permettant l'écoulement d'un courant de foudre direct (couleur rouge) : la référence adaptée aux immeubles est le SPA 412A.

#### Sélection des critères et lecture du résultat

La lecture des critères énoncés dans l'exemple (église assimilée à un immeuble) aboutit au résultat suivant : 

Le parafoudre est par ailleurs obligatoire (symbole \*) Dans ce cas la probabilité du risque est lié à la présence du paratonnerre, et non à la zone géographique (Nk) ou à la situation de la ligne et du bâtiment .

Attention : la mise en œuvre est obligatoire : présence du symbole \* !

si un paratonnerre est installé		
sur un paratonnerre ou un immeuble (1)	sur un immeuble qui comporte plusieurs installations privées (2)	sur un immeuble intégrant le poste de transformation et de distribution (3)
le parafoudre de tête est obligatoire	choix	le parafoudre de tête n'est pas obligatoire

non concerné

(1) L'origine de l'installation BT est accessible à la mise en œuvre d'un parafoudre.  
 Note : si le bâtiment est d'une hauteur supérieure à 10 mètres, afin de répartir les courants entre les étages, il est recommandé par la norme d'installer aussi des parafoudres de type 2, repère de couleur  ou  ou  , à l'origine de chaque installation privée si de chaque étage.

(2) L'origine de l'installation BT n'est pas accessible à la mise en œuvre d'un parafoudre, il faudra mettre en place un parafoudre à l'origine de chaque installation privée.

(3) La prise de terre du neutre du transformateur doit être confondue avec la prise de terre des masses, elle-même interconnectée à la prise de terre du paratonnerre.

**Parafoudres**  
Généralités et guide de choix 

Choix du parafoudre de tête, après recherche dans les étapes précédentes : quelle couleur pour quel type ?

Secteur d'utilisation :

				
Habitat individuel	Habitat de standing	Habitat collectif	Locaux professionnels	Locaux industriels

Solution si un paratonnerre est installé sur un bâtiment avec origine BT accessible :

 une protection de tête avec parafoudre de type 1 ; permettant l'écoulement d'un courant de foudre direct Iimp : 12,5 kA ; oncs 15/250 µs

 vérifier que l'origine de l'installation BT soit accessible à la mise en œuvre d'un parafoudre

	
SPA 412A	SPA 212A

**Choix de la protection complémentaire :**

Une fois le parafoudre de tête choisi (1), il reste à définir les protections complémentaires (2).

De part la présence d'un paratonnerre, l'éloignement des récepteurs par rapport au parafoudre de tête ne joue pas. Il y aura toujours au minimum une protection complémentaire. Pour les appareils de type "PC" et "Hi-Fi Vidéo" à protéger, le choix aboutit à la référence SPN 208S.

Pour ce qui est des récepteurs raccordés à une ligne téléphonique, de type analogique dans notre exemple, la référence de parafoudre à utiliser est le SPN 505 (3). Cette protection téléphonique est toujours recommandée en cas d'installation d'un parafoudre BT.

De part la présence du paratonnerre, l'éloignement des équipements sensibles par rapport au parafoudre de tête ne compte pas : il y aura toujours au minimum une protection complémentaire !

protection des récepteurs situés à une distance > 30 m filaire du parafoudre de tête :

protection des récepteurs situés à une distance > 30 m filaire du parafoudre de tête :

appareils électro-ménagers, organes de commande, de cuisson, moteurs, ...

appareils électro-ménagers, outils portatifs, ...

appareils électro-ménagers, outils portatifs, ...

protection fixe placée au plus près des récepteurs

(1) SPN 412A (tripolaire)

type 2

(2) SPN 208S

protection fixe

(2) SPN 412A

(3) SPN 505

pour type téléphonique analogique

si le bâtiment est d'une hauteur supérieure à 10 m, il est recommandé de placer aussi un type 2 à l'origine de chaque installation privative ou de chaque étage.

seuls les appareils de catégorie II (moins de 230V de 4 MVA), tels que les machines, sont effectivement autorisés à moins de 30 m sans protection complémentaire

La protection téléphonique est toujours recommandée, en cas d'installation d'un parafoudre BT

**Conclusion :**

SPA 412A obligatoire + SPN 415 + SPN 208S pour la BT, + SPN 505 (téléphonique)

# Glossaire

## *Cumulo-nimbus* :

masse nuageuse en forme d'enclume qui donne lieu à des orages de chaleur très localisés et de durée limitée.

## *Densité de foudroiement (Ng)* :

nombre d'impacts par km<sup>2</sup> et par an. Cette densité est déterminée scientifiquement par l'intermédiaire de capteurs répartis sur le territoire.

## *Eclair* :

décharge électrique violente d'origine atmosphérique qui se développe entre nuages ou à l'intérieur d'un même nuage.

## *Eclateur* :

dispositif limitant la tension à ses bornes par un principe d'amorçage.

## *Foudre* :

décharge électrique violente d'origine atmosphérique qui se développe entre un nuage et le sol.

## *Ic* :

courant de fonctionnement permanent. C'est le courant circulant dans le parafoudre lorsqu'il est alimenté sous sa tension maximale de régime permanent en l'absence de défaut.

## *I<sub>max</sub>* :

courant maximal de décharge. Le parafoudre doit fonctionner au minimum une fois sans se détériorer sous une onde de courant 8/20, de valeur crête égale à I<sub>max</sub>.

## *In* :

courant nominal de décharge. Le parafoudre doit fonctionner au minimum 20 fois sans se détériorer sous une onde de courant 8/20, de valeur crête égale à In.

## *limp* :

courant de choc maximal. Caractérise les parafoudres de type 1 en fonctionnement sous onde 10/350 µs (très énergétique).

## *Niveau Kéraunique (Nk)* :

nombre de jours par an où le tonnerre est entendu, en moyenne dans un département donné.

## *Orage* :

phénomène météorologique d'instabilité atmosphérique au cours duquel des turbulences développent des charges électriques dans l'air.

## *Parafoudre* :

appareil protégeant le matériel électrique contre les surtensions transitoires élevées en dérivant les ondes de courant.

## *Parafoudre de type 1* :

parafoudres répondant aux essais normatifs de "classe 1" ; notamment au test limp équivalent à un choc direct de foudre.

## *Parafoudre de type 2* :

parafoudres répondant aux essais normatifs de "classe II" ; notamment au test I<sub>max</sub>.

## *Paratonnerre* :

appareil destiné à préserver une construction des effets directs de la foudre.

## *Protection de tête* :

parafoudre qui protège l'ensemble de l'installation.

## *Protection fine* :

parafoudre qui protège les matériels particulièrement sensibles aux ondes de surtension.

## *Protection téléphonique* :

parafoudre qui protège les matériels sensibles connectés au réseau téléphonique.

## *Surtension transitoire* :

élévation de tension de courte durée, ne dépassant pas quelques millisecondes.

## *Tonnerre* :

onde de choc sonore qui accompagne la foudre.

## *U<sub>c</sub>* :

tension maximale de régime permanent. C'est la valeur admissible de la tension efficace à fréquence industrielle (50/60 Hz) qui peut être appliquée de façon continue entre les bornes du parafoudre sans affecter son fonctionnement.

## *U<sub>p</sub>* :

niveau de protection. C'est la valeur de tension qui subsiste aux bornes du parafoudre lorsque celui-ci est parcouru par son courant nominal de décharge.

## *Varistance* :

composant à base d'oxyde de zinc (ZnO) limitant la tension à ses bornes grâce à sa caractéristique courant/tension.

**hager**



---

***TEHALIT***

Hager Tehalit Systèmes SAS  
132, Boulevard d'Europe  
BP 78  
F-67212 Obernai Cedex  
[www.hagergroup.fr](http://www.hagergroup.fr)