

2019

Radio Club de l'Avesnois F6KTN

Foudre, surtensions et protections

Introduction

Cette présentation décrit le comportement de la foudre vis à vis d'installations électriques et de bâtiments et les moyens de protections associés.

Frédéric F1IWQ

Sommaire

Introduction	2
Le phénomène foudre	5
Le champ électrique	5
Description	5
Effet de pointe	6
Mesure du champ électrique	7
Formation de la foudre	7
Les différents types d’éclairs	9
Quelques chiffres	10
Quelques idées reçues	11
Les capteurs météorage	12
Exemples de coups de foudre	14
Les effets de la foudre	16
Effet thermiques	16
Effets dus aux amorçages	16
Effets électrodynamiques	16
Effets d’induction	17
Effets indirects : potentiels déphasés ou tension de pas	17
Remontées par la terre	17
Les paratonnerres	18
Paratonnerres à pointe simple	18
Paratonnerres à dispositifs d’amorçage (PDA)	20
Paratonnerres à cages maillées ou fils tendus	21
Installations de paratonnerres	21
Prise de terre	22
Caractérisation électrique du coup de foudre	23
Conséquences électriques d’un coup de foudre	24
Les parafoudres	25
Les éléments actifs des parafoudres	25
Les éclateurs	25
Les varistances	26
Les diodes transil.....	26
Mise hors service du parafoudre en fin de vie	27
Les types de parafoudre	28
type 1 :	28

type 2 :	28
type 3 :	28
Les paramètres des parafoudres	29
Choix des parafoudres	29
Règles d’implantation des parafoudres	31
Montage en amont	31
La règle de montage des 50 cm	31
Section du fil de terre.....	32
<i>Protection des stations radioélectriques</i>	<i>34</i>

Le phénomène foudre

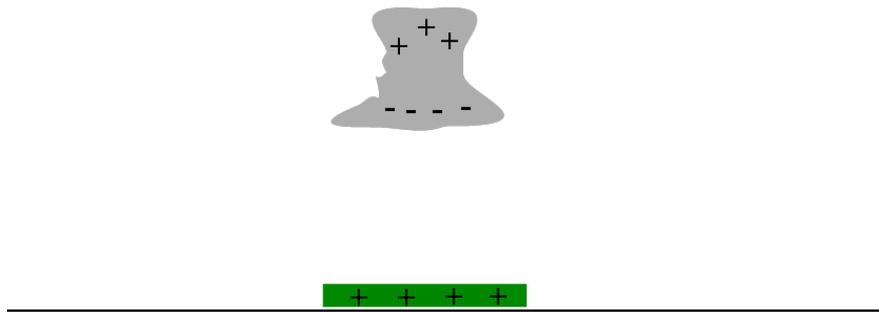
Ce phénomène d'origine électrique contribue au maintien du champ électrique de la Terre. Chaque jour on compte de 6 à 8 millions d'éclairs dont les intensités maximales peuvent dépasser 200 kA. La foudre correspond à un événement de décharge du condensateur représenté par la terre et l'atmosphère. Lorsque le champ électrique de celui-ci dépasse la tension supportable (tension de claquage), un arc se forme.

Le champ électrique

Description

Le champ électrique est une région de l'espace se trouvant entre deux conducteurs chargés électriquement de façon opposée. Habituellement, la terre représente le conducteur chargé négativement et l'atmosphère représente le conducteur chargé positivement. En temps normal, la valeur du champ électrique à proximité du sol est d'environ 100 V/m.

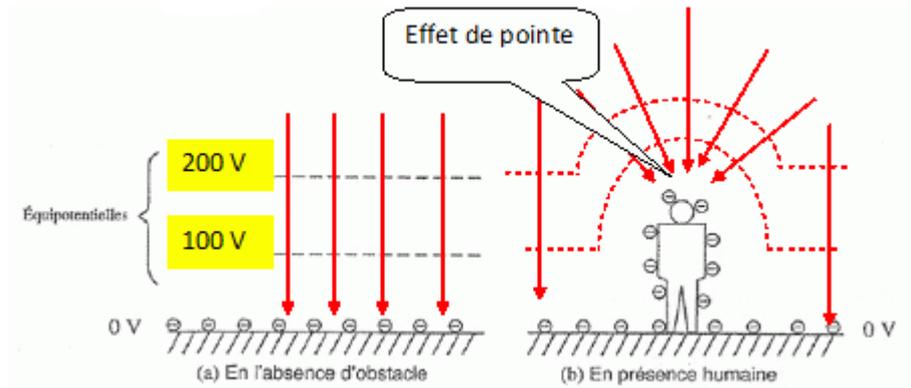
Le champ local atmosphérique s'inverse par temps orageux puis croît avec l'approche du nuage orageux.



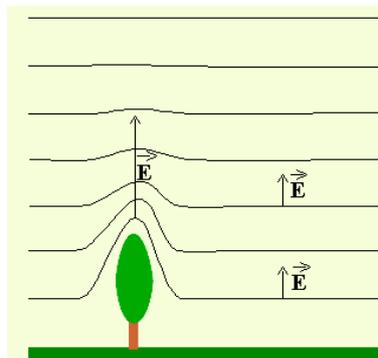
Le sol qui est normalement négatif, devient positif par influence.

Un nuage orageux se concrétise par l'apparition d'un champ électrostatique mesurable. La variation de ce champ suit l'évolution des charges dans le nuage. Au sol en raison de la création de charges d'espace dues en partie aux aspérités du terrain, ce champ ne dépasse pas 15 kV/m.

Effet de pointe



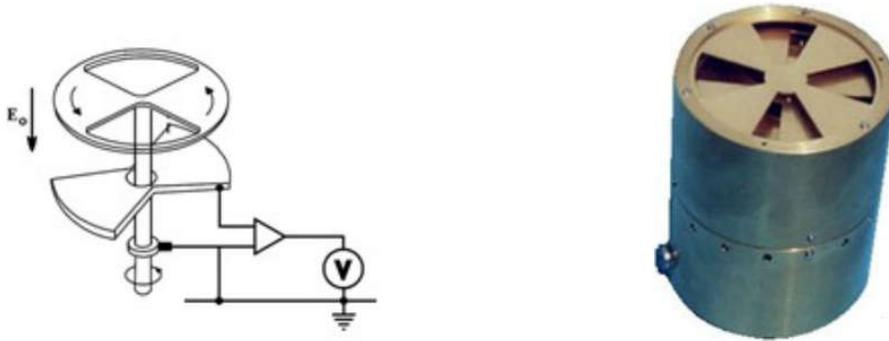
Ci-dessus en rouge, les lignes de champ électrique. En pointillé, les lignes d'équipotentiels. Par modification du relief, il y a apparition d'un effet de pointe qui resserre les lignes de champ électrique ainsi que les équipotentiels : le champ augmente.



Les lignes équipotentiels au voisinage d'une pointe suffisamment conductrice (paratonnerre, pylône électrique, arbre, etc...) vont épouser la forme de la pointe, créant ainsi une déformation locale des équipotentiels qui sont plus resserrées au voisinage de cette pointe. L'intensité du champ électrique est d'autant plus grande que les équipotentiels sont resserrées, par conséquent, le champ est localement plus intense au voisinage des pointes conductrices, ce qui facilite l'accumulation des charges en cet endroit. Si le champ est suffisamment intense, la naissance d'un traceur est alors possible.

Mesure du champ électrique

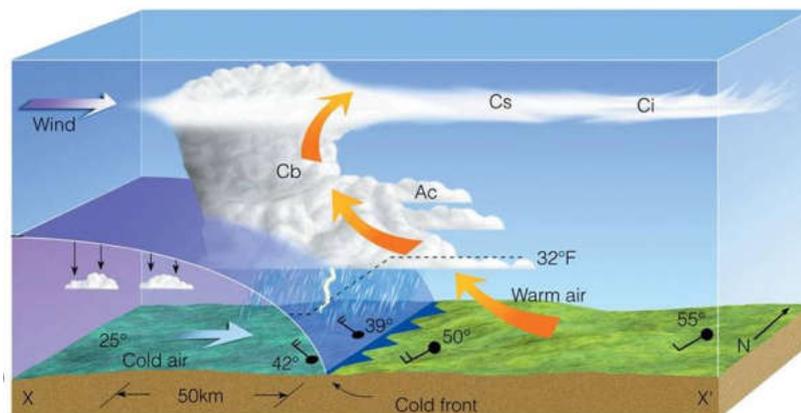
On mesure le champ électrique par un appareil appelé « moulin à champ ». Il est constitué de palettes rotatives conductrices disposées en face de palettes fixes.

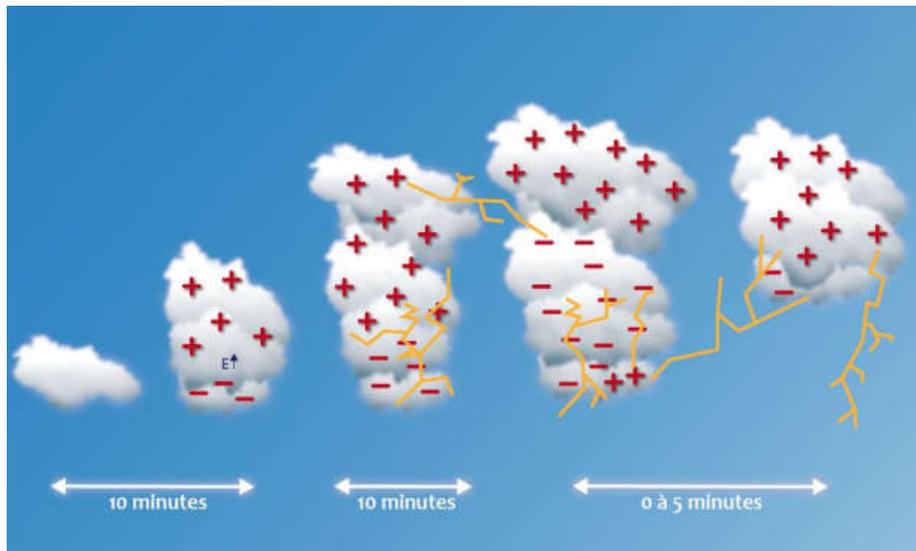


La rotation du disque à palettes dans le champ électrique terrestre constitue un condensateur variable aux bornes duquel une tension est mesurable et peut être amplifiée électroniquement par un ampli opérationnel à très haute impédance d'entrée. La valeur de cette tension dépend du champ électrique. La vitesse de rotation est d'environ 1200 tr/mn.

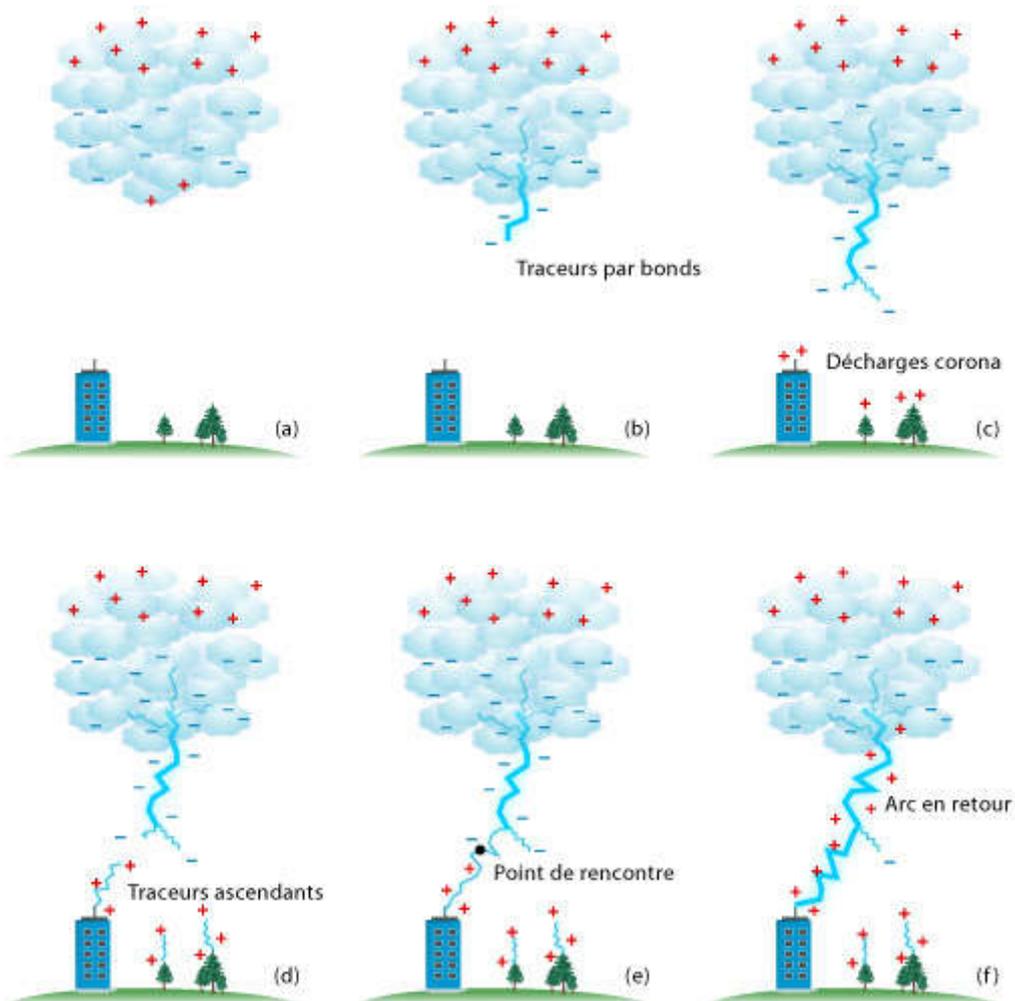
Formation de la foudre

La foudre ne se forme que dans des cumulonimbus. C'est un nuage puissant qui ne se forme qu'en présence de différences de température importantes ainsi que d'un fort taux d'humidité.

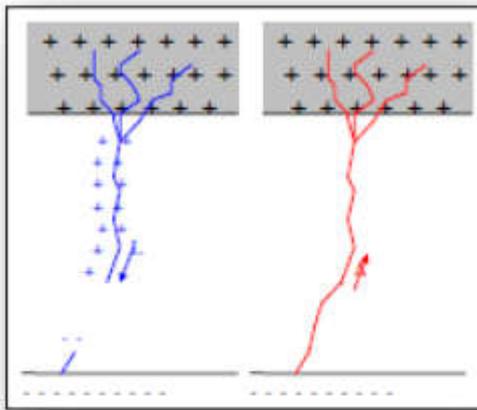




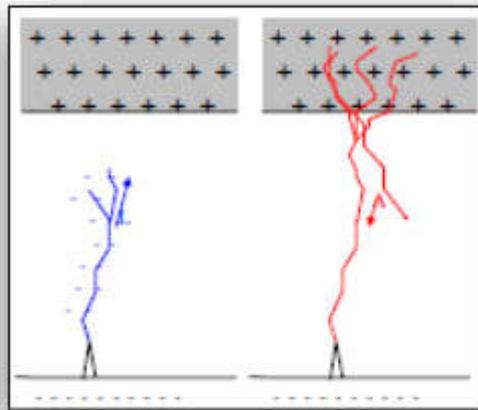
La foudre commence par l’apparition de traceurs qui se propagent à 200 km/s environ et qui ionisent l’air autour d’eux. Ces traceurs sont constitués de particules chargées, qui pour la plupart, partent du nuage. Les autres partent du sol.



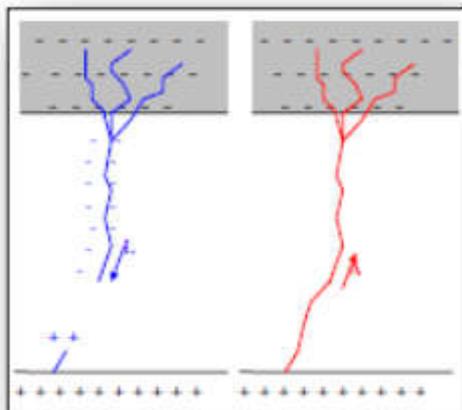
Les différents types d'éclairs



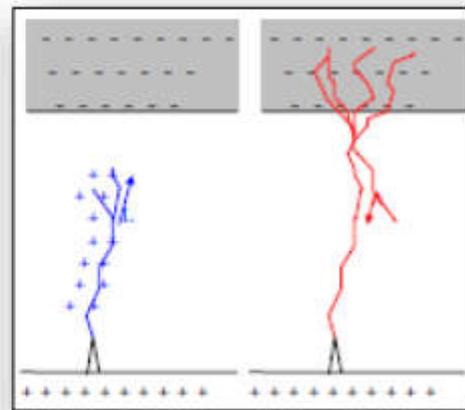
Éclair positif descendant



Éclair positif ascendant



Éclair négatif descendant



Éclair négatif ascendant



<https://youtu.be/oI9Af3eiddI>

<https://youtu.be/szAMsMa3IYw>

Quelques chiffres

(sources météorologie)

Les éclairs peuvent mesurer jusque 20 km. Leur vitesse atteint 40 000 km/s. Leur épaisseur est d'environ 3 cm. La température de l'air au passage de l'éclair est de 30000°. La différence de potentiel entre les deux points de l'éclair peut atteindre 100 millions de volts.

90% des éclairs se produisent entre les nuages.

Les 10% restants sont des éclairs au sol. Parmi ces 10% ; 90% sont des éclairs négatifs.

En France, Les éclairs négatifs ont une intensité moyenne de 22 kA
et les éclairs positifs ont une intensité moyenne de 37 kA.

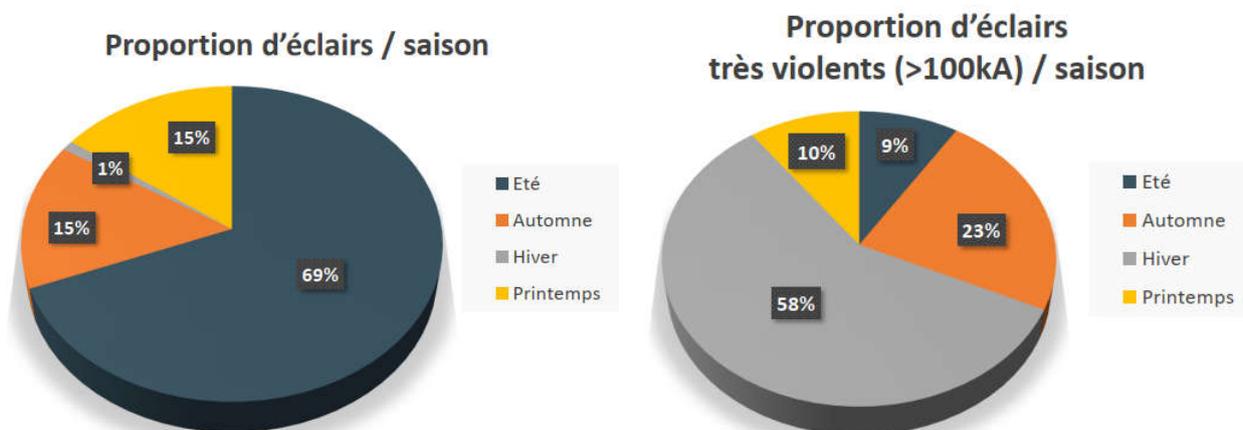
La « couleur » des éclairs renseigne sur le milieu ambiant :

Couleur de l'éclair	signification
Rouge	Pluie dans l'air
Bleu	Présence de grêle
Jaune	Présence de poussières
blanc	Air très sec

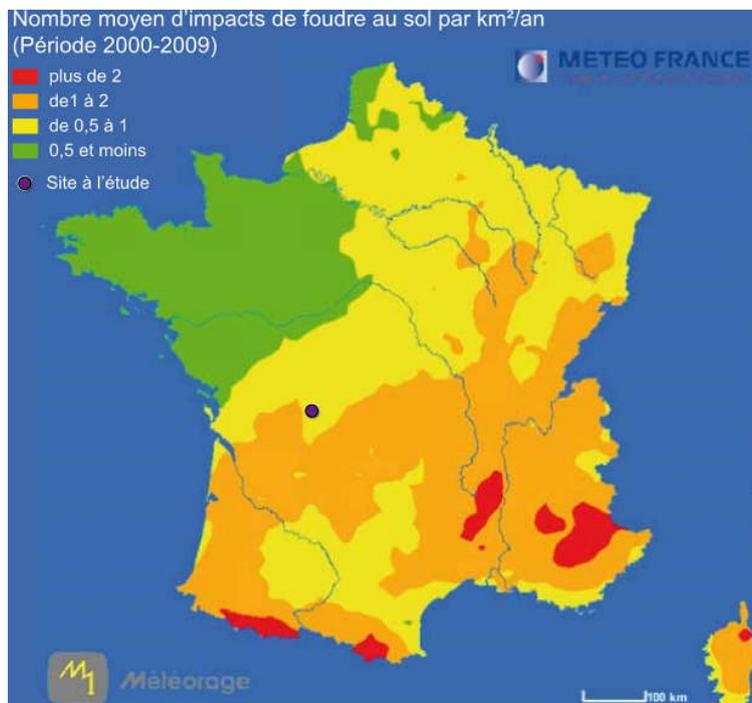
Plus de 7% des éclairs en France ont une intensité de plus de 50 kA.

Un coup de foudre exceptionnel (100 kA) est capable de percer une tôle de 2 à 3 mm.

La foudre est la 25^{ème} cause de décès dans le monde, bien devant les ouragans ou les tornades.



Conclusion : il y a davantage d'éclairs en été qu'en hiver, mais les éclairs produits en hiver sont les plus énergétiques et donc les plus dangereux.



Quelques idées reçues

Il est incorrect de croire que l'on est en sécurité dans une voiture lorsqu'elle est frappée par la foudre. Le passage de la foudre au travers du véhicule entraîne une élévation de la chaleur pouvant mettre feu à certains éléments, notamment au carburant (ceci a été observé sur certains véhicules touchés par la foudre). D'autre part, l'antenne constitue un point d'entrée délétère pour l'humain se trouvant dans l'habitacle. Enfin, les points de contacts humains avec différents points de l'habitacle peuvent se trouver à des potentiels différents, ce qui générera dans ce cas des courants non négligeables dans le corps.

<https://youtu.be/oizfYsA1e2c>

<https://youtu.be/-5aP9UsQRf8>

Il est également incorrect de prétendre que la foudre ne tombe jamais plusieurs fois au même endroit. La plupart des endroits proéminents sont des zones accumulant les charges et où les risques sont statistiquement les plus importants. D'autre part, un paratonnerre est justement l'exemple type de l'endroit sur lequel on veut systématiquement attirer la foudre.

Un paratonnerre installé sur une église ne protège pas tout le village. Selon le type de paratonnerre et sa hauteur, son rayon de protection va de 10 mètres à une centaine de mètres.

Les capteurs météorage

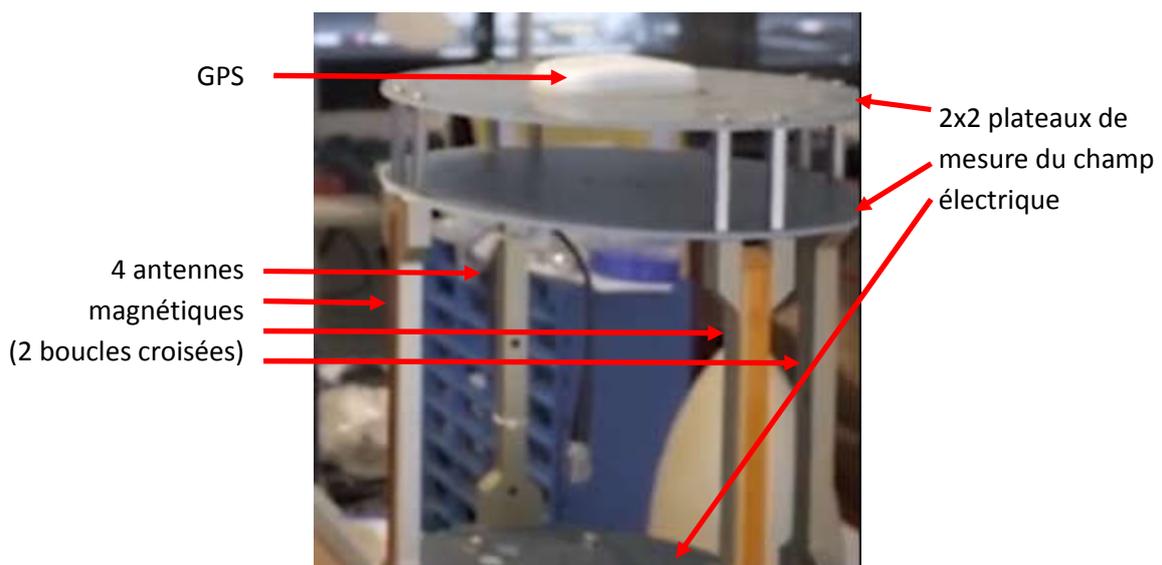
Les capteurs du réseau météorage sont d'origine Vaisala. Ils sont plus de 100 répartis sur la France et font partie d'un plus vaste réseau de capteurs compatibles intégré à l'Europe. Ces capteurs sont composés d'antennes directives réceptionnant le signal radioélectrique émis par un éclair sur une plage de fréquence de 1 à 350 kHz. Un capteur permet de déterminer la direction de l'éclair, et deux capteurs permettent sa localisation. D'autres capteurs interpolés permettent davantage de précision sur la localisation.

Ces capteurs permettent de mesurer également le champ électrique et magnétique, c'est à dire qu'il est possible de mesurer la polarité de l'éclair, l'intensité du courant crête, et le type de décharge (intra-nuage ou nuage-sol).



Capteur Vaisala LS7002

Ce réseau est capable de détecter 98% des impacts au sol avec une précision médiane de 100 mètres. L'heure GPS permet de dater un impact avec une précision du dixième de micro seconde.

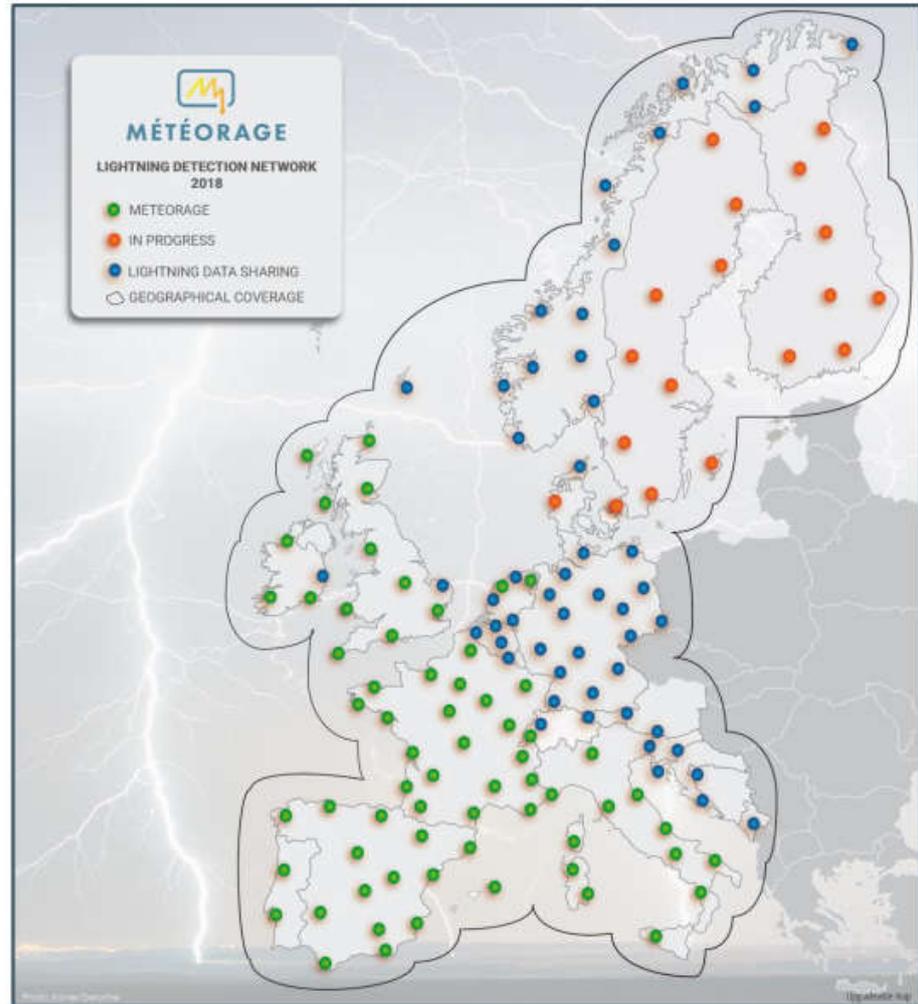


détails du capteur de foudre

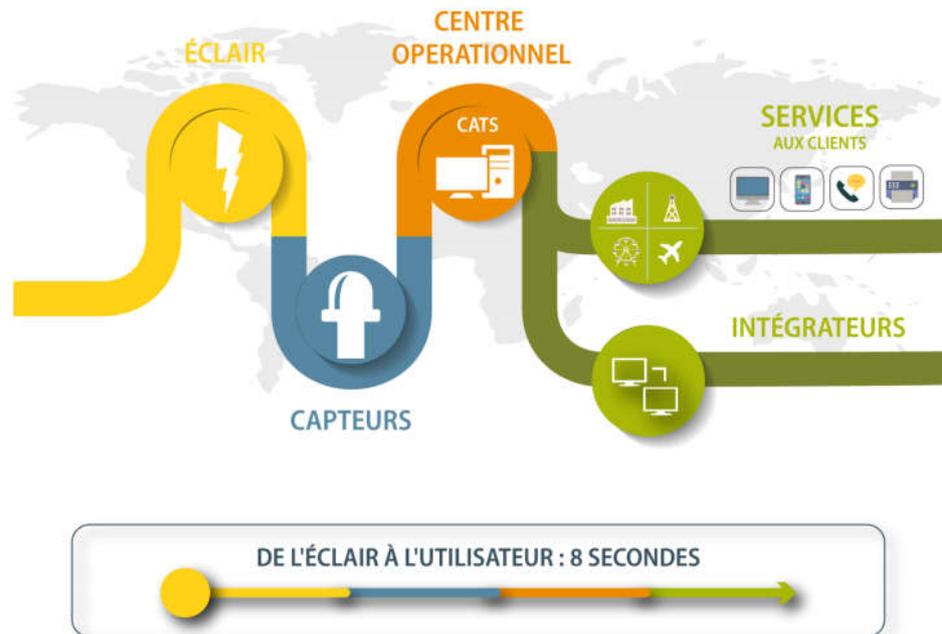
**Le LS7002
(Vaisala)**



Gamme
fréquences
0-400 kHz



Implantation des capteurs en Europe



Il faut 8 secondes pour que l’information d’impact qui vient de se produire soit transmise à l’utilisateur

Exemples de coups de foudre



Exemples de foudre tombant sur des constructions mais ne touchant pas le paratonnerre placé en leur sommet.



foudre touchant un arbre



foudre ayant touché une maison et l'ayant traversé



foudre avec 2 points d'impacts au sol



Antenne détruite par un coup direct



Tableau électrique volatilisé par la foudre câble coaxial détruit après un coup de foudre non écoulé

Les effets de la foudre

Effet thermiques



Ils se traduisent par des points de fusion plus ou moins importants au niveau des impacts lorsqu'il s'agit de matériaux plus ou moins conducteurs et par une élévation de température aux endroits de mauvais contact pour des matériaux de grande résistivité. Dans ce dernier cas, une grande énergie est libérée sous forme de chaleur (effet joule). L'humidité qu'ils contiennent éventuellement provoque alors une surpression brutale due à la vaporisation et à l'éclatement du matériau.

<https://youtu.be/szOnAUnuMLk?t=47>

arbre frappé par la foudre

Effets dus aux amorçages



La résistivité des sols fait que les prises de terre sont résistantes. De ce fait, lors du passage d'un courant de foudre, une montée brutale en potentiel apparaît. Aussi se crée-t-il des différences de potentiels entre certains éléments métalliques. D'où l'intérêt de prendre un soin particulier à la réalisation des prises de terre et à la liaison des masses métalliques jouxtant les descentes.

Effets électrodynamiques

De tels effets peuvent se produire lorsqu'une partie du chemin parcouru par le courant de foudre se trouve dans le champ magnétique d'une autre partie. Des forces de répulsion et d'attraction peuvent

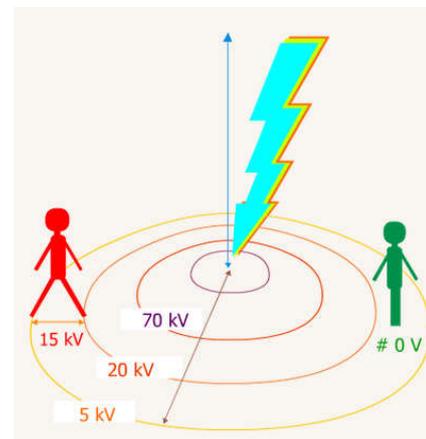
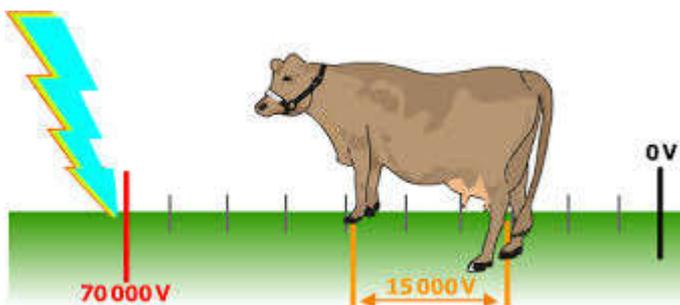
surgir par exemple sur des conducteurs très proches empruntés par la foudre. Les descentes de paratonnerre doivent donc être fixées avec soin et régulièrement (normalisation).

Effets d'induction

Ces effets sont ceux dont il est difficile de se protéger. L'approche de la foudre sur un site et son écoulement au travers des conducteurs crée un flux magnétique générateur de tensions induites élevées et parfois destructrices. Des bouclages électromagnétiques peuvent se créer entre les descentes de paratonnerres et les circuits électriques.

Effets indirects : potentiels déphasés ou tension de pas

La dispersion des courants de foudre dans le sol dépend de la nature des terrains. Dans un sol hétérogène, des différences de potentiel dangereux peuvent s'établir entre deux points voisins.



Remontées par la terre



Lors d'un coup de foudre, une surtension peut être remontée par la terre. Cela peut être en partie réglé par des liaisons équipotentielles des structures métalliques aux masses et des terres de l'ensemble de l'installation d'une structure ainsi que par une protection contre les surtensions installée sur les services.

La seule solution pour se prémunir de l'ensemble effet direct + effet indirect d'un coup de foudre est le couple paratonnerre + parafoudre.

Les paratonnerres

Un paratonnerre est un dispositif destiné à attirer la foudre atmosphérique en un point pour être capable de diriger l'énergie du coup de foudre à la terre, et de maîtriser ainsi son trajet. Il existe plusieurs types de paratonnerres : à pointe simple, à dispositif d'amorçage et à cages maillées pour les grands volumes. Le paratonnerre permet de se protéger des effets directs de la foudre, mais il implique l'utilisation de parafoudres pour se protéger des effets induits (indirects).

Paratonnerres à pointe simple

Solutions pour les petites surfaces $< 20\text{m}$ de rayon de protection (R_p) sous le paratonnerre en fonction de sa hauteur.

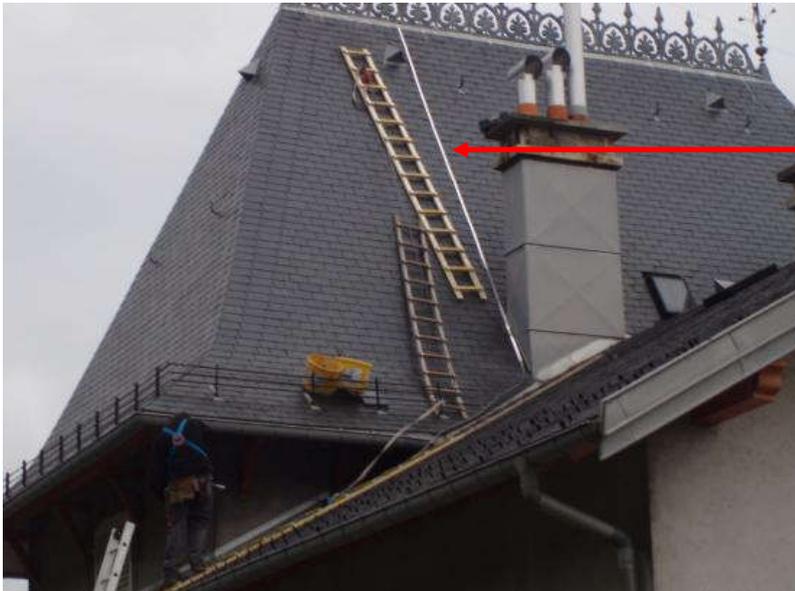


Installation sur une maison d'habitation



paratonnerre à tige simple

câble de garde



ruban de descente du paratonnerre

Paratonnerres à dispositifs d'amorçage (PDA)

Ils sont utilisés pour protéger les zones les plus grandes (jusque 100 m)

Ces paratonnerres dits « intelligents » optimisent leur efficacité par l'augmentation de la zone à protéger en anticipant et en provoquant en avance (quelques dizaines de microsecondes) le coup de foudre qui était sur le point d'éclater. Sachant qu'un traceur se déplace à la vitesse de 200 km/s, anticiper la décharge de $60\mu\text{s}$ permet de faire comme si le paratonnerre se trouvait 12 m plus haut :

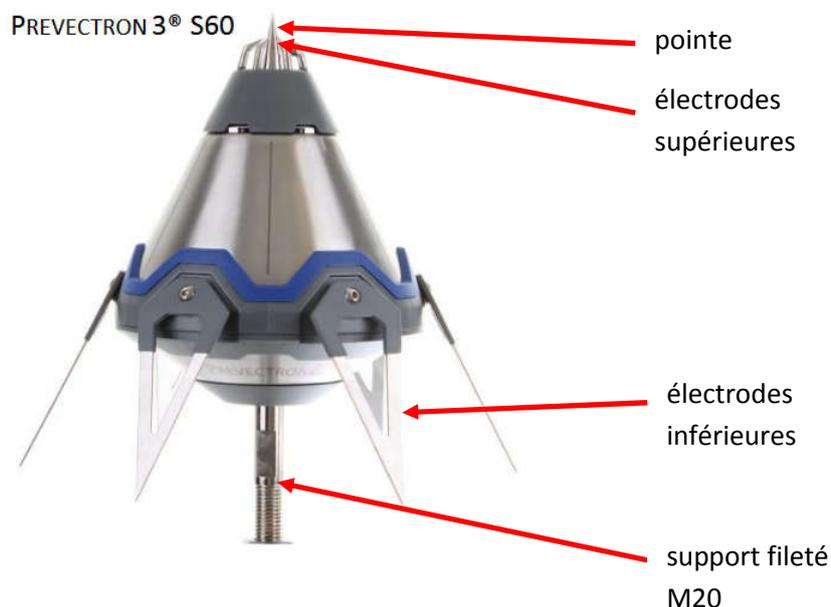
en 1 s, le traceur parcourt 200 km

en $1\mu\text{s}$, le traceur parcourt 200×10^{-6} km soit 200×10^{-3} m soit 0,2 m soit 20 cm

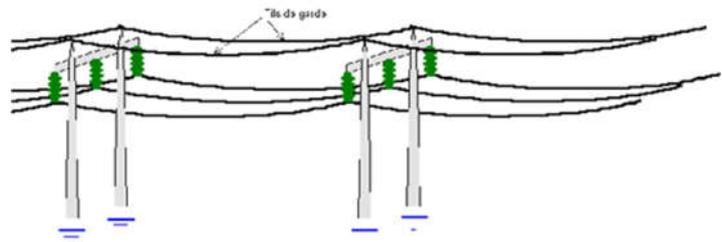
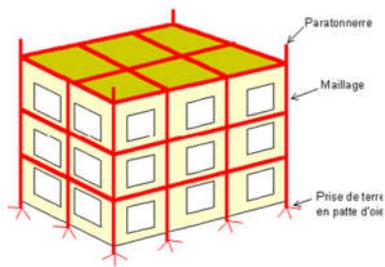
en $60\mu\text{s}$, le traceur parcourt 60×20 cm soit 12 m

De ce fait, le temps d'amorçage anticipé permet de relever virtuellement le paratonnerre, ce qui augmente son rayon de protection.

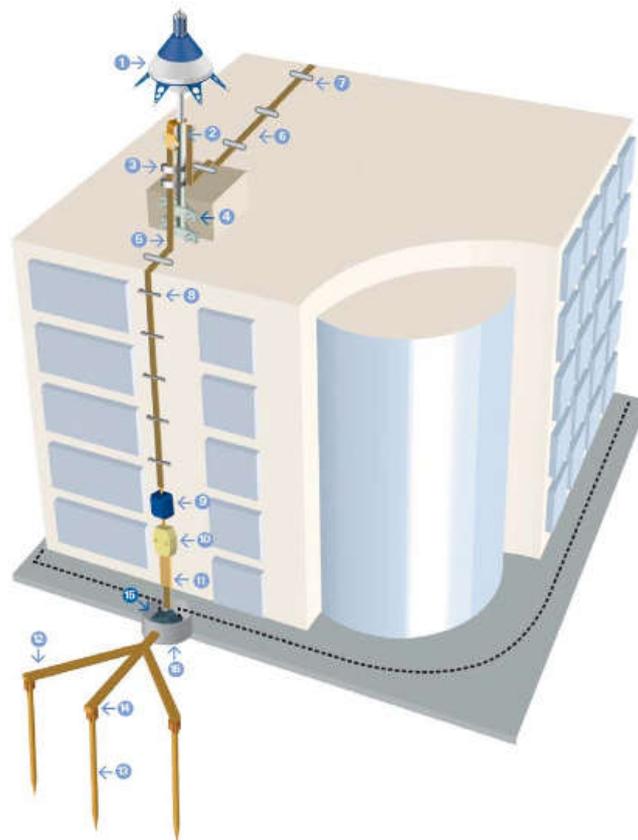
Certains paratonnerres utilisent les électrodes inférieures pour récupérer l'électricité statique pour charger les réserves en énergie du paratonnerre. Le paratonnerre détecte l'apparition de charges et neutralise celles naturellement présentes à proximité de la pointe. La brusque augmentation du champ électrique au niveau du sol est caractéristique de l'approche d'un traceur descendant du nuage d'orage. Le paratonnerre déclenche le système d'ionisation par étincelage au moment précis où le risque de claquage est imminent. L'ionisation de la pointe permet l'anticipation du traceur ascendant par rapport à toute autre aspérité.



Paratonnerres à cages maillées ou fils tendus



Installations de paratonnerres



- | | |
|---|--|
| 1 Paratonnerre Prevector ; | 9 Compteur de coups de foudre ; |
| 2 Mât rallonge ; | 10 Joint de contrôle ; |
| 3 Collier de maintien conducteur sur mât ; | 11 Gaine de protection ; |
| 4 Fixation mât rallonge ; | 12 Conducteur prise de terre ; |
| 5 1 ^{er} conducteur de descente ; | 13 Piquet de terre ; |
| 6 2 ^{em} e conducteur de descente (normatif) ; | 14 Raccordement Piquet/conducteur ; |
| 7 Maintien des conducteurs en toiture ; | 15 Liaison équipotentielle entre les prises de terre ; |
| 8 Fixation conducteur sur façade ; | 16 Regard de visite. |

Ci-dessus une installation type de paratonnerre sur un bâtiment. Point important : il faut au moins 2 descentes de terre pour le paratonnerre. Tous les éléments cités ci-dessus sont obligatoires.



Compteur de coup de foudre indelec sur la ligne de descente du paratonnerre. Il faut appuyer sur le bouton de l'écran pour afficher les informations.

Prise de terre

La résistivité de la prise de terre de l'installation doit être inférieure à 10 ohms. Elle se mesure avec un telluromètre. Le passage d'un courant de foudre de 50 kA dans une prise de terre de 5 Ω provoque en théorie la montée en potentiel de $U = 5 \times 50.10^3 = 250$ kV par rapport aux points lointains du sol, mais qui sera immédiatement écoulee selon le type de prise de terre et des caractéristiques du sol.

Les terres, mises à la terre ou pattes d'oie enterrées peuvent se vitriifier et devenir isolées électriquement, d'où l'utilité de mesurer régulièrement la prise de terre et de les vérifier.

Photo de sable vitrifié par un canal de foudre (fulgurite)



Normes

NF EN 62305 : norme relative aux dispositifs de protection contre la foudre

NF C 17-102 : norme relative au dispositif de paratonnerre à amorçage

NF EN 62561-* : normes relatives aux composants de protection contre la foudre

L'installation de paratonnerres doit être effectuée par les sociétés labellisées **qualifoudre** délivrée par l'INERIS ou certification **F2C**. C'est une certification d'une durée de 3 ans renouvelable, avec audit annuel. La liste des sociétés certifiées qualifoudre est téléchargeable sur le site

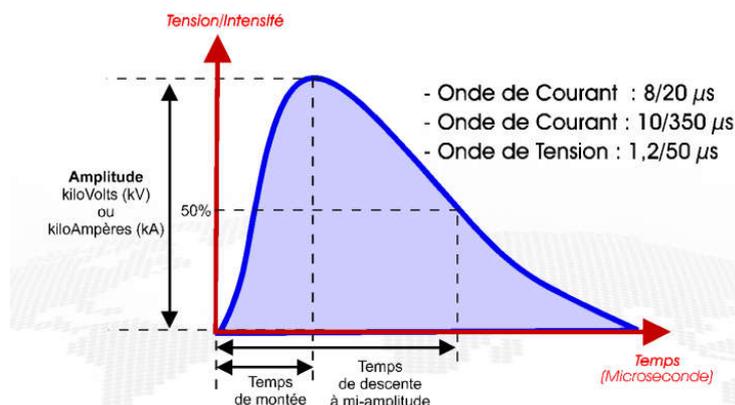
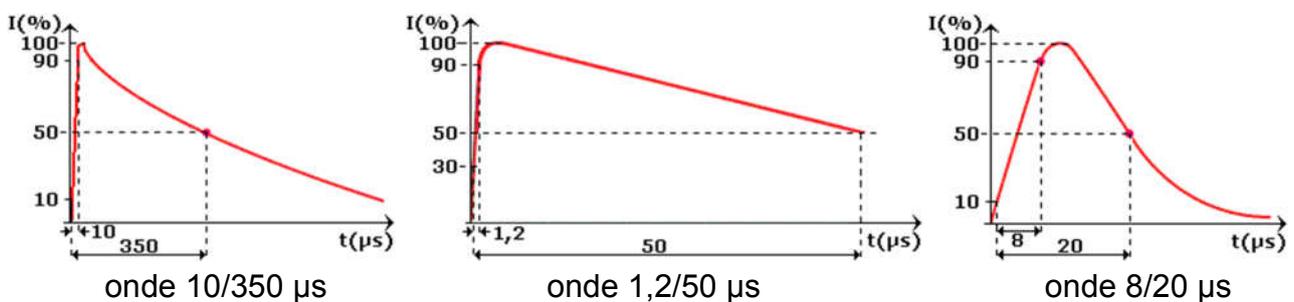
<https://www.ineris.fr/fr> à ce lien :

<https://prestations.ineris.fr/sites/prestation.ineris.fr/files/PrestaWeb/Pages-Solution/DSC/Protection%20foudre%20-%20Qualifoudre/Liste-qualifoudre-2019-06-26.xls>

vidéo installation paratonnerre

Caractérisation électrique du coup de foudre

Les coups de foudres peuvent être caractérisés par 3 ondes dont les temps de montées et de descente sont montrés ci-dessous. Ces trois courbes correspondent à un impact direct ou à des impacts indirects. Le temps de descente correspond au début de la montée jusqu'au temps correspondant à la moitié de l'amplitude à la phase descendante :



La surface en bleu de la courbe de l'onde de courant représente l'énergie de l'onde. La connaissance de ces types d'onde est fondamentale dans le choix des dispositifs de protection que constituent les parafoudres.

Chaque paramètre caractérisant l'onde foudre a ses effets destructeurs ou perturbateurs :

Temps de montée : certains composants discrets tels que les diacs ou thyristors sont détruits par des impulsions de bas niveau mais à front raide (dU/dt important)

Valeur de crête : les surtensions d'amplitude supérieure à la valeur admissible de certains éléments entraînent des destructions par claquage : c'est le cas des condensateurs, diodes et semi-conducteurs.

Temps de descente : les impulsions de longue durée endommagent la plupart des composants du fait de l'énergie qu'elles véhiculent.

L'onde de tension $1,2/50\mu s$ est une surtension probable sur le réseau basse tension (380 V).

L'onde de courant $8/20\mu s$ est un effet indirect de la foudre et peut être traitée par un parafoudre.

L'onde de courant $10/350\mu s$ est le courant direct de foudre capté par le paratonnerre. Elle ne peut être traitée que par un parafoudre de type 1.

Conséquences électriques d'un coup de foudre

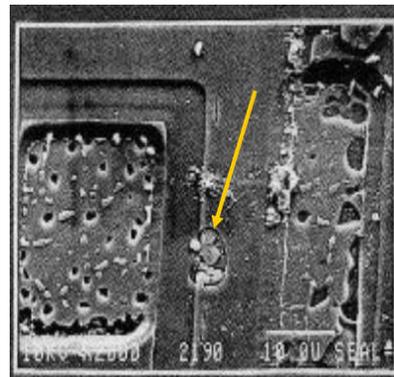
Destruction : Claquage de composants, coupure de pistes de circuits imprimés.

Perturbations de fonctionnement : commandes erronées, blocage process, erreurs de transmissions, effacement de mémoire.

Vieillessement accéléré : réduction de la durée de vie des composants.



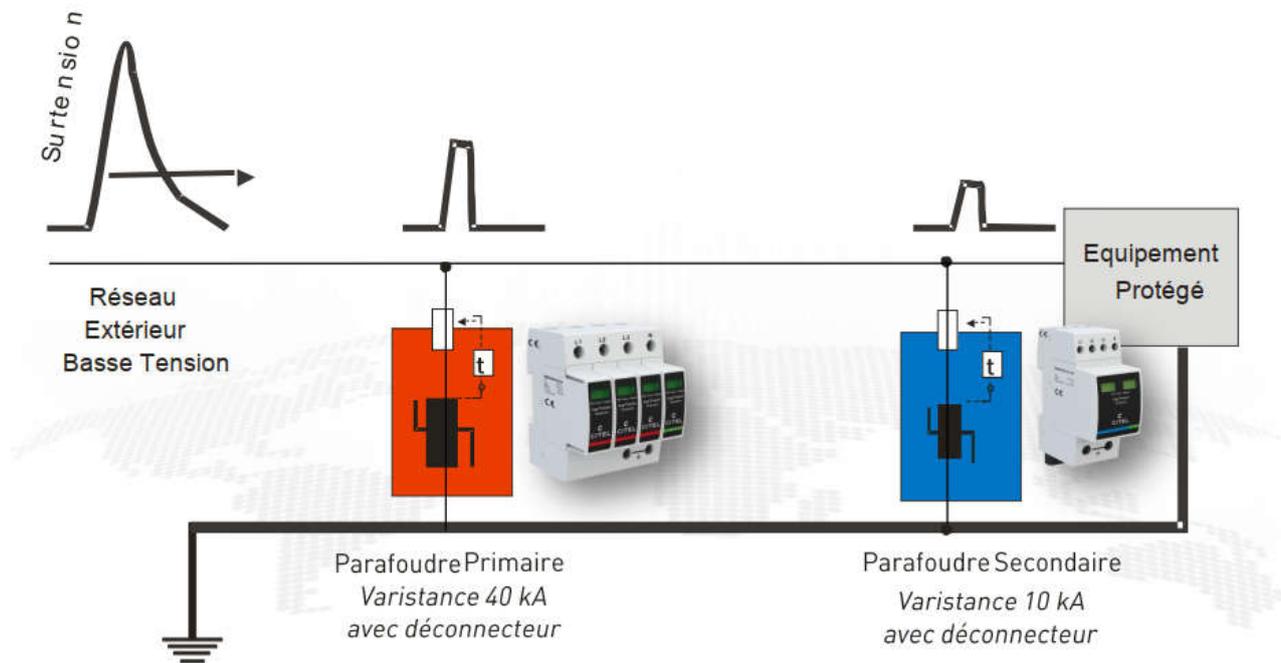
destruction de circuit imprimé



destruction de circuit intégré

Les parafoudres

Le rôle d’un parafoudre est **d’atténuer** l’onde induite par la foudre tout en continuant à alimenter les dispositifs en aval en rendant supportable l’onde de foudre par les récepteurs.



Les éléments actifs des parafoudres

Les éléments actifs des parafoudres ont tous la propriété de mettre en court-circuit si la tension à leurs bornes est supérieure à une certaine valeur.

Les éclateurs

Un éclateur prend la forme de deux électrodes rapprochées, baignant dans un gaz. Ils sont utilisés pour traiter les surtensions importantes car plus robustes, leur temps de réaction est d’environ 0,1 μ s. Leur inconvénient est l’apparition d’un éventuel courant de fuite. En cas d’amorçage de l’éclateur, un circuit électrique à basse impédance avec des tensions de plus de 24 V est en mesure de maintenir l’éclateur amorcé, ce qui entraîne sa destruction. C’est pourquoi, dans les circuits utilisant des protections contre les surtensions faisant appel à des éclateurs, on monte un fusible supplémentaire ou une varistance en série qui coupe alors rapidement le circuit dès la fin de surtension. Un éclateur peut écouler une dizaine de kA.



Les varistances

Au-delà d'une certaine tension, la résistance de la varistance chute. Son fonctionnement est réversible : lorsque la surtension disparaît, elle retrouve ses caractéristiques. Une varistance peut écouler une plusieurs dizaines de kA. Les varistances vieillissent progressivement à chaque surtension. Cela provoque un courant de fuite qui crée un échauffement du composant par la tension permanente, jusqu'à la nécessité d'être remplacé.



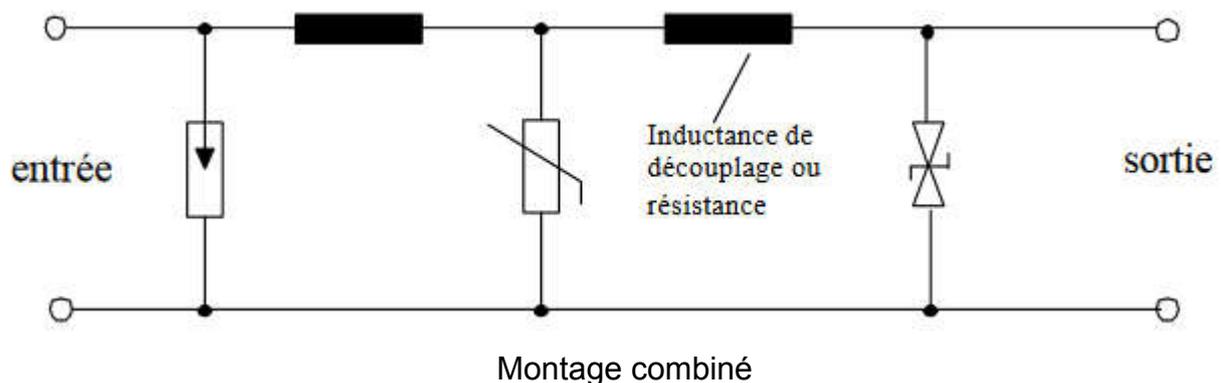
Les diodes transil

Les diodes transil peuvent être monodirectionnelles ou bidirectionnelles. Lorsqu'on applique une tension supérieure à leur tension de claquage, elles sont définitivement court-circuitées : c'est le fonctionnement inverse du fusible. Son temps de réponse est extrêmement rapide, de l'ordre de la nanoseconde. Il existe néanmoins une série qui est automatiquement réarmée, et qui retrouve ses caractéristiques lorsque la surtension a disparu : c'est la série **transzorb**.

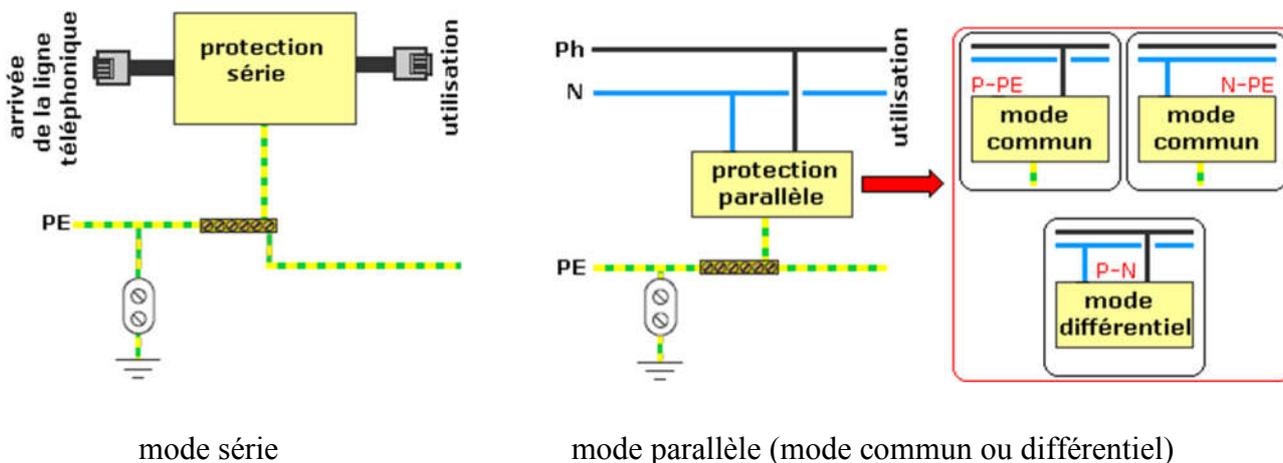
Exemple diode transil transzorb : P6KE18A : tension de claquage de 18V A=monodirectionnelle
CA= bidirectionnelle.



Les parafoudres utilisent ces 3 technologies combinées. La combinaison détermine leur classe : 1, 2 ou 3 ou bien des classes mixtes (classe 1-2, 2-3)



Les parafoudres peuvent être utilisés en série ou en parallèle (commun/différentiel) :



mode série

mode parallèle (mode commun ou différentiel)

Mise hors service du parafoudre en fin de vie

Les éléments entrant dans la construction de parafoudres sont susceptibles de se détériorer par vieillissement provoquant généralement un court-circuit. Pour que cela ne mette pas en danger le circuit et la sécurité d’exploitation, il y a lieu de prévoir une protection entraînant sa déconnexion : soit par système de déconnexion thermique interne, soit par disjoncteur ou fusibles en amont du parafoudre. Lorsque le dispositif de coupure mettant hors service le parafoudre a fonctionné, la protection contre les surtensions n’est plus assurée et le parafoudre doit être remplacé. L’utilisateur doit être informé de la situation par le fonctionnement d’un signal visuel ou par télétransmission. Certains parafoudres possèdent un dispositif reflétant l’état du parafoudre et permettant de le remplacer avant sa durée de vie afin d’assurer la continuité de la protection. La norme NF 61-740 exige des parafoudres secteur de mourir en circuit ouvert.

Les parafoudres protègent du risque foudre, mais aussi du risque lié aux manœuvres de disjonction et d’aiguillages lors du choix d’itinéraires de distributions dans les sous-stations, et qui sont beaucoup plus fréquentes que les coups de foudre.

Les types de parafoudre

Il existe 3 types de catégories de parafoudres : type 1, 2 et 3. Les catégories peuvent être hybrides : Cat 1-2, 2-3 ou même 1-2-3.

type 1 :

Parafoudre devant être placé en tête de l'installation dans le cas de la présence d'un paratonnerre.
Il supporte une onde de courant 10/350 μ s. (Iimp)

type 2 :

Parafoudre installé en entrée (dans le cas d'absence de paratonnerre) ou à l'intérieur d'une installation (sur un équipement distant)

Il supporte une onde de courant 8/20 μ s. (In)

type 3 :

Parafoudre de faible énergie

Il supporte une onde de courant 1,2/50 8/20 μ s. (Uoc)

Les paramètres des parafoudres

Niveau de protection : U_p : Tension crête sortant du parafoudre vers l'aval. C'est le principal paramètre d'un parafoudre. C'est la tension que laisse passer le parafoudre en direction du produit à protéger. Il est toujours inférieur à 2,5 kV, tension supportable par les récepteurs durant un bref instant.

Tension maximale de fonctionnement : U_c : Tension efficace maximale pouvant être appliquée en permanence avant amorçage.

Tenue aux surtensions temporaires : U_t : surtensions alternatives simulant les défauts du parafoudre

Tenue en courant de court-circuit : I_{sc} : Doit être supérieure au courant de court-circuit de l'installation (I_{cc} pouvoir de coupure)

Courant nominal de décharge : I_n : Peut être assimilée au courant foudre que peut « habituellement » écouler le parafoudre.

Choix des parafoudres

En tête d'installation : choisir un parafoudre de type 1 si présence d'un paratonnerre. Sinon, choisir un type 2.

Choix de I_n : courant nominal de décharge.

\geq à 5 kA pour une onde 8/20 μ s pour les parafoudres de type 2.

Choix de U_c et de U_t : en fonction de la tension réseau et du régime de neutre. Exemple : 275V

Choix de I_{imp} : 12,5 kA pour une onde 10/350 μ s pour les parafoudres de type 1.

Choix de la tenue aux courts-circuits (I_{sc}) : En fonction du I_{cc} calculé (pouvoir de coupure)

Choix de U_p : toujours inférieur à 2,5 kV.

Le choix du déconnecteur est imposé par le fabricant.

<http://www.paratronic.info/contenus/actualite.php?IDL=7&IDA=32>

Voici un exemple de parafoudre de type 2 monophasé 240V pour régime de neutre TT (domestique) :



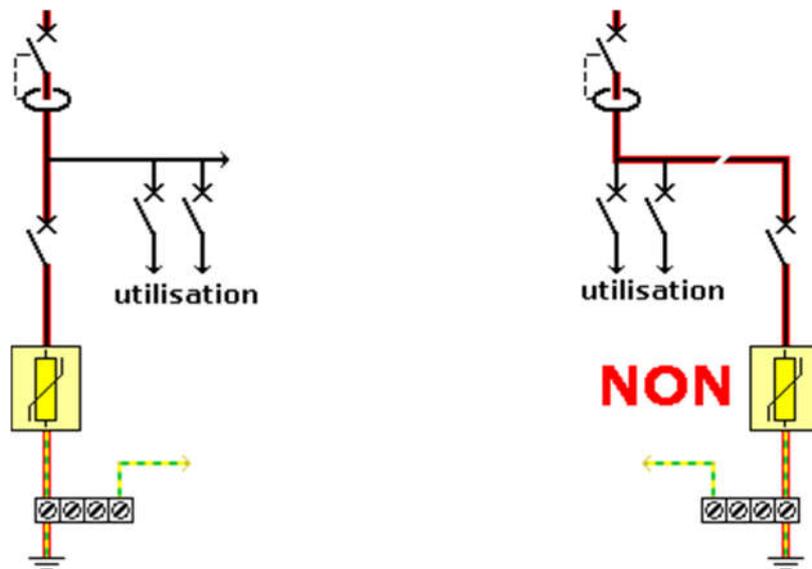
Nom du produit	Resi9 XP PF
Prix	environ 90 € TTC
Nombre de pôles	1P + N
Signalisation à distance	Sans
Type de parafoudre	Réseau de distribution électrique
Régimes de neutre	TN-S TT (domestique)
Labels qualité	NF
Classe de parafoudre	Type 2
Technologie du parafoudre	MOV + GDT
[Ue] tension assignée d'emploi	230 V +/- 10 % CA 50/60 Hz
[In] courant de décharge nominal	Mode différentiel : 5 kA (L/N) Mode commun : 10 kA (N/PE)
[Imax] courant maximum de décharge	Mode commun : 10 kA N/PE Mode différentiel : 10 kA L/N
[Uc] tension maximale de service permanent	Mode commun : 275 V N/PE Mode différentiel : 275 V L/N
[Up] niveau de protection en tension maximal (en cas de surtension)	Mode commun <1,5 kV type 2 N/PE Mode différentiel <1,5 kV type 2 L/N
[Ut] surtension temporaire	337 V L/N 5 s tenue 1200 V N/PE 200 ms mode de défaillance en sécurité
[If] courant de fuite	442 V L/PE 5 s tenue
type de sectionneur	0,1 kA mode commun N/PE
[Iscer] short-circuit current rating	Disjoncteur intégré - Icu 4,5 kA
mode d'installation	4,5 kA Encliquetable sur rail

Règles d'implantation des parafoudres

Il existe quelques règles fondamentales à connaître avant l'installation d'un parafoudre :

Montage en amont

Le circuit du parafoudre doit être séparé des circuits d'utilisation afin de ne pas les **polluer** lors du passage du courant de foudre :



<https://sitelec.org/cours/abati/foudre/foudre.htm>

La règle de montage des 50 cm

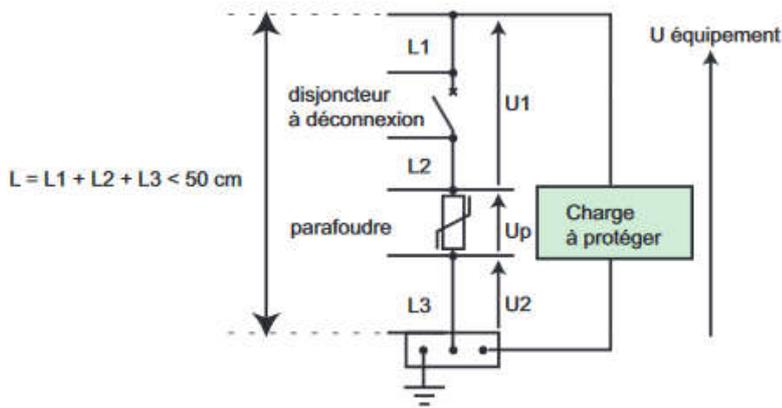
Pour les courants impulsionnels comme un coup de foudre, un fil s'apparente à une bobine. L'impédance linéique de cette connexion est de l'ordre de $1 \mu\text{H}/\text{m}$. D'où, en appliquant la loi de Lenz à cette connexion :

$$U = L \frac{di}{dt} \quad (U = Z I)$$

L'onde courant normalisée 8/20 μs , avec une amplitude de courant de 8 kA, crée de ce fait une élévation de tension par mètre de câble de 1000 V :

$$U = 1 \cdot 10^{-6} \times \frac{8 \cdot 10^3}{8 \cdot 10^{-6}} = 1000 \text{ V}$$

Donc : **1 m de câble supplémentaire élève la tension aux bornes de l'ensemble de 1000 V** et ce, quelle que soit la section du câble.



La longueur cumulée
 $L = L1 + L2 + L3$
 doit impérativement être
 inférieure à 50 cm pour limiter
 la dégradation de U_p du
 parafoudre.

$U_{\text{équipement}}$ = tension reçue par l'équipement (à ses bornes)

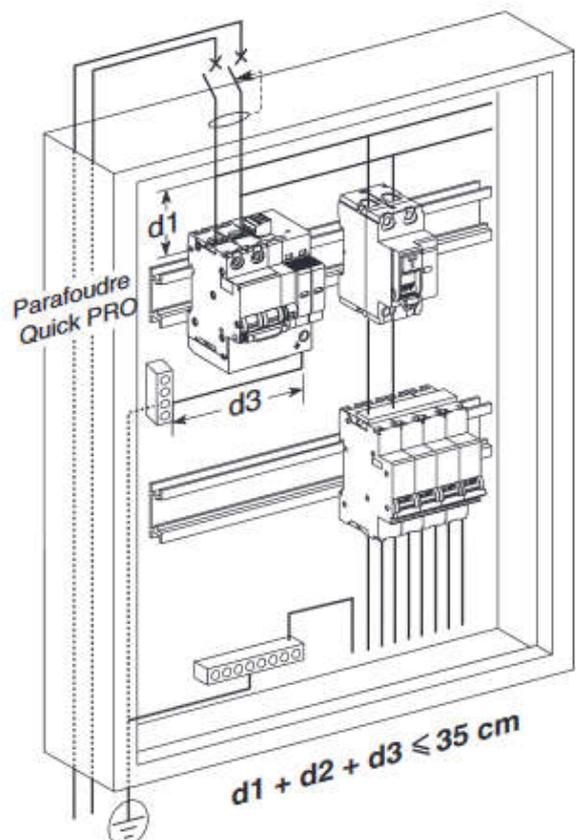
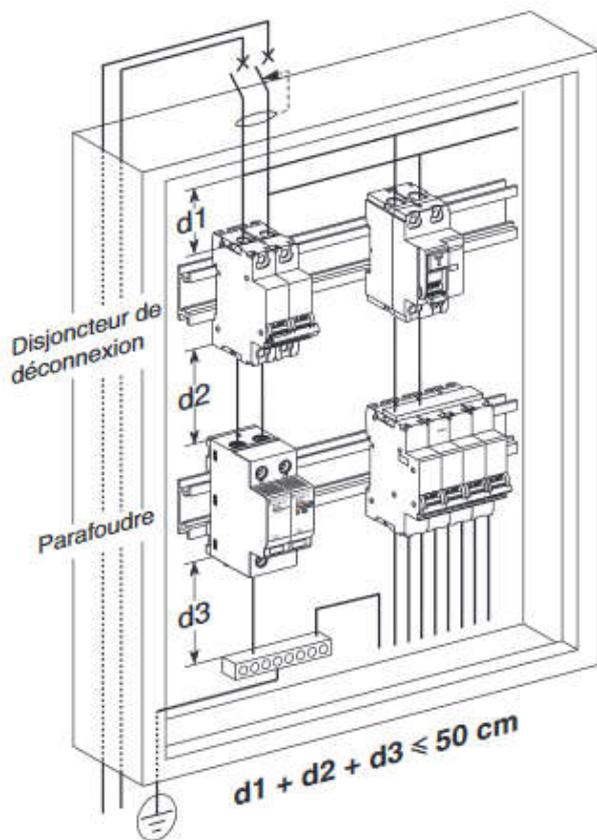
On a : $U_{\text{équipement}} = U_p + U1 + U2$

Si $L1 + L2 + L3 = 50$ cm avec une onde 8/20 μs d'une amplitude de 8 kA, la tension aux bornes de l'équipement sera de $U_p + 500$ V

Section du fil de terre

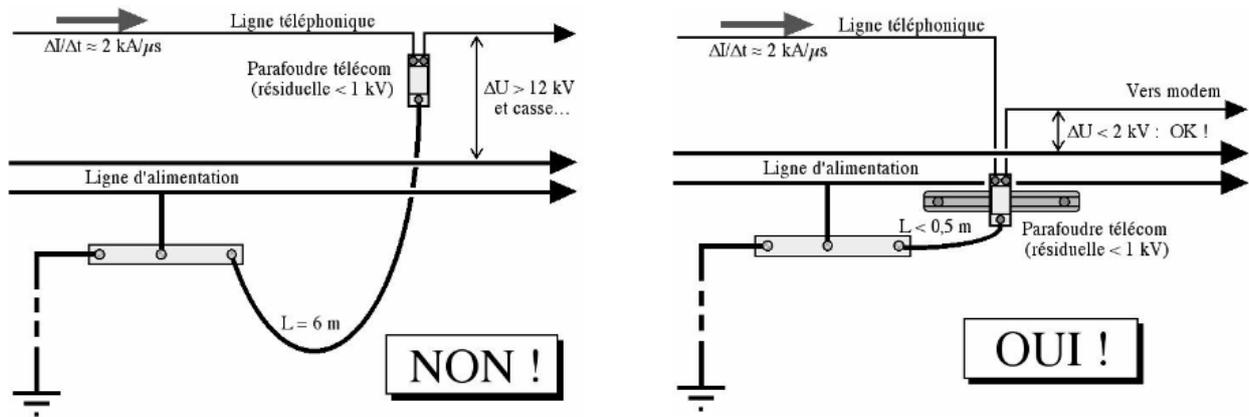
La section du fil de terre doit être au minimum de :

- 4 mm² (Cu) pour le raccordement des parafoudres de type 2
- 16 mm² (Cu) pour le raccordement des parafoudres de type 1 (présence de paratonnerre)



Parafoudre avec dispositif de déconnexion séparé (à gauche) ou intégré (à droite)

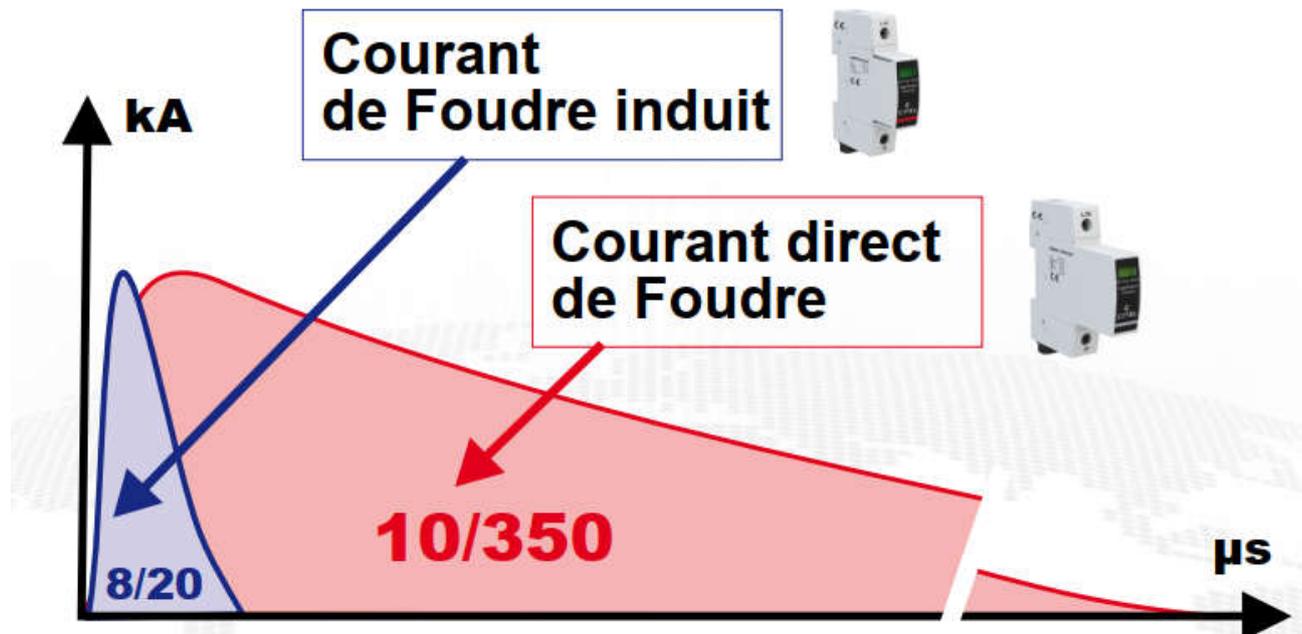
Il y a lieu de prendre des précautions pour la mise en œuvre de la protection foudre des modems sur la ligne téléphonique. En effet, une liaison supérieure à 50 cm entre le parafoudre téléphone et la masse rend la protection inefficace



Source : <http://projet.solaire.drome.free.fr>

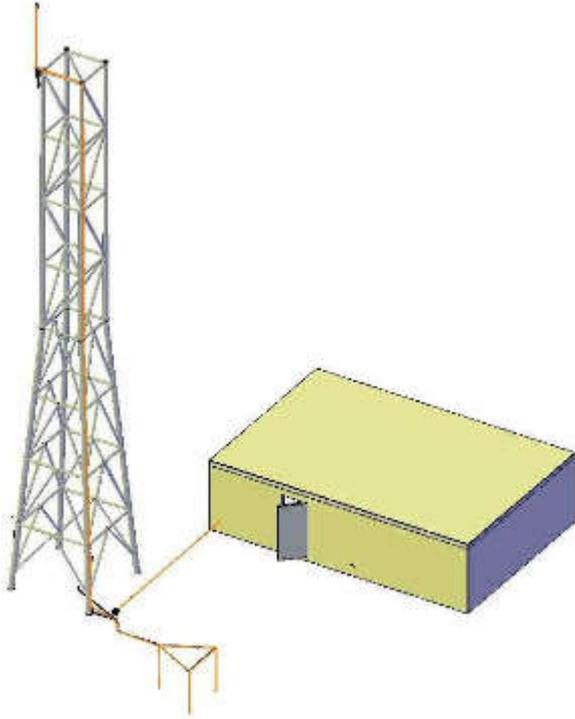
vidéo de montage d'un parafoudre dans un tableau BT :

<https://youtu.be/6sQjrSwFIJM>



Protection des stations radioélectriques

La protection d'une station radioélectrique contre les effets de la foudre nécessite la présence d'un paratonnerre et de parafoudres de protection sur les lignes d'alimentation BT et TBT et sur les lignes de descente des antennes. La présence d'un paratonnerre implique de ce fait l'utilisation d'un parafoudre de type 1 pour protéger la ligne d'alimentation.



Le paratonnerre est installé en tête de mât ou pylône. Les antennes sont installées sous le paratonnerre.

Les descentes de coaxial provenant des antennes doivent être protégées par des parafoudres coaxiaux reliés à la terre par un câble de 16².



Parafoudre coaxial



Protection des émetteurs et des récepteurs par des parafoudres coaxiaux, avec écoulement à la terre.

Liste des plaquettes :

1. Introduction au DMR
2. Composants radio-électriques passifs particuliers
3. Mesures complexes en hautes fréquences
4. Adaptations d'impédances
5. Réseaux Ethernet et connectivités
6. Complément sur les adaptations d'impédances
7. Lignes de transmissions
8. Foudres, surtensions et protections