

## PROTECTION CONTRE LA Foudre

Toutes les protections utilisées contre la foudre consistent à dévier le courant vers la terre. Notons que les perturbations dues aux coups de foudre directs (déclenchement et réenclenchement des disjoncteurs) sont beaucoup plus fréquentes que les dégâts eux-mêmes dont on a appris à se prémunir.

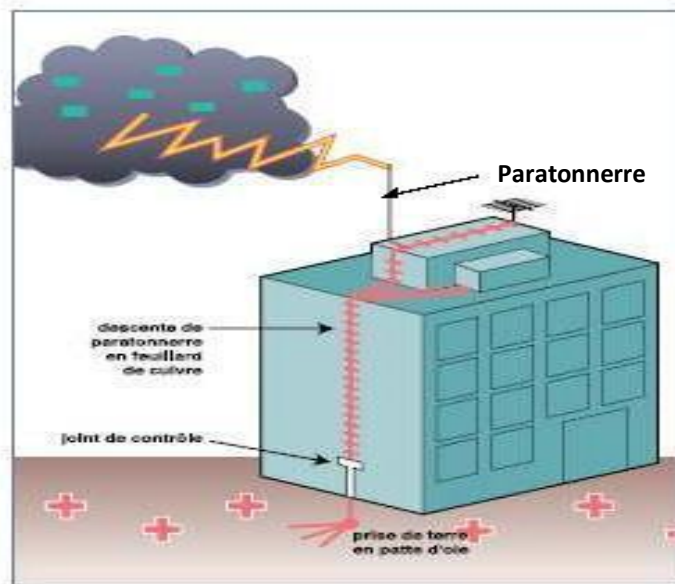
### 1. Paratonnerre

Le Paratonnerre est un conducteur relié à la terre qui présente au sommet une forme pointue. Il est placé sur ou près de l'installation à protéger.

#### a) Principe de fonctionnement :

Grâce au pouvoir de pointe, une décharge créée au sommet du paratonnerre progresse à la rencontre et la capture du traceur de la foudre pour dévier le courant vers la terre.

Remarque : Lorsque le traceur s'approche du sol, le champ électrique à la verticale de la pointe du traceur s'accroît et atteint en certains endroits des valeurs pouvant atteindre 300 à 400 kV/m.



Principe du paratonnerre à tige.

#### b) Zones de protection contre la foudre :

La zone de capture est définie comme un volume bien déterminé pour lequel l'entrée en contact d'un canal ionisé, provoquera à coup sur l'amorçage du coup de foudre sur le sommet de la tige. L'expérience montre que pour un paratonnerre en forme de mat (tige), l'intérieur d'un cône ( $\alpha = 45^\circ$ ), centré sur la tige, présente une bonne probabilité de protection (voir figure).

#### c) Distance critique d'amorçage $d_c$ :

Elle représente la distance de capture (saut final) entre le traceur et le sommet de la tige. Elle est donnée par la formule empirique

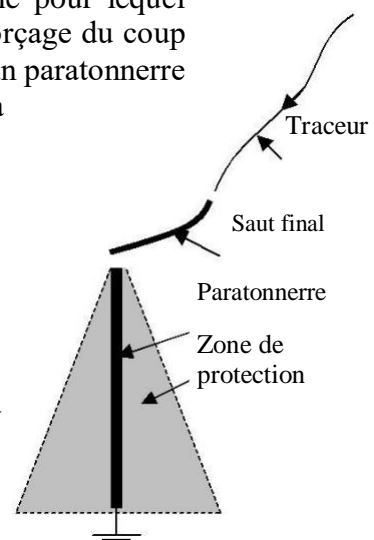
$$d_c = 6,7 I^{0,8}$$

$I$  : courant de crête de la foudre.

On constate que la zone de capture est d'autant plus grande que la foudre est intense. Par contre, si la foudre est faible la protection est moins sûre.

Il est donc clair que pour des courants de foudre :

- élevés et moyens, la protection est très bonne ;
- faibles, la protection est moins bonne car le dernier trajet du traceur principal est très court.



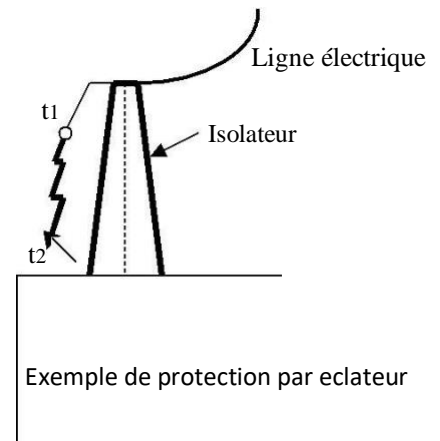
## 2. Eclateur

L'éclateur est généralement placé en parallèle avec l'isolateur, il est formé de deux électrodes-pointes, dont l'une est reliée à la terre et l'autre à l'installation à protéger.

### a) Principe de fonctionnement :

Quand l'onde de tension frappe l'installation, la grande surtension qui apparaît aux bornes de l'éclateur produit un arc électrique qui dévie le courant vers la terre, car le courant

choisit le chemin le moins résistant.

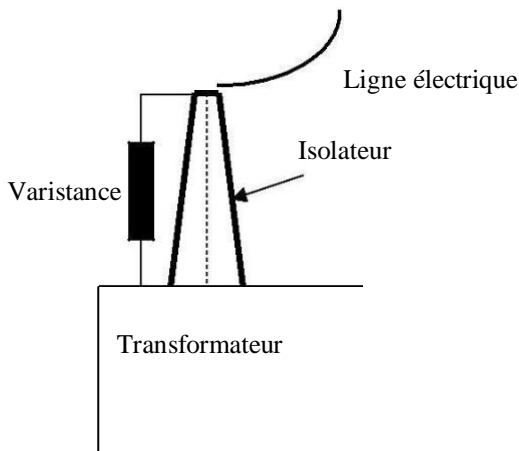


## 3. PARAFoudre (Varistance)

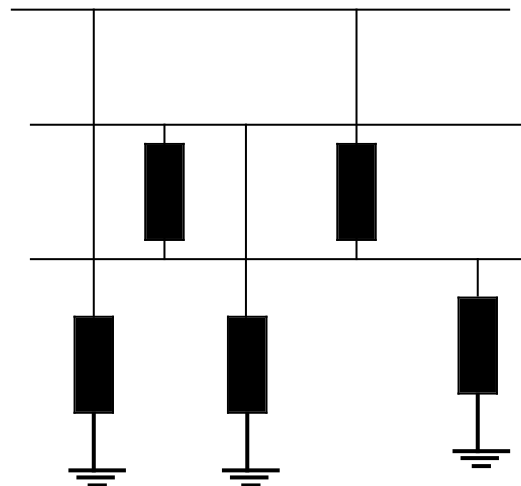
### a) Principe de fonctionnement :

La varistance est une résistance non linéaire qui chute considérablement lorsque la tension augmente. En fonctionnement normal en l'absence de surtension, la résistance de la varistance est très élevée et empêche le passage du courant de la ligne vers la terre. Par contre, en régime de surtension la résistance chute subitement pour dévier le courant, et donc la surtension, vers la terre.

Quand l'onde de tension arrive par la ligne électrique, le courant de la foudre choisit le chemin le moins résistant, celui de la varistance, et dévie ainsi vers la terre. C'est pratiquement le même principe de fonctionnement que l'éclateur, car dans les deux cas c'est la résistance de l'équipement de protection qui chute : pour l'éclateur grâce au claquage, pour la varistance grâce à la résistance non linéaire.



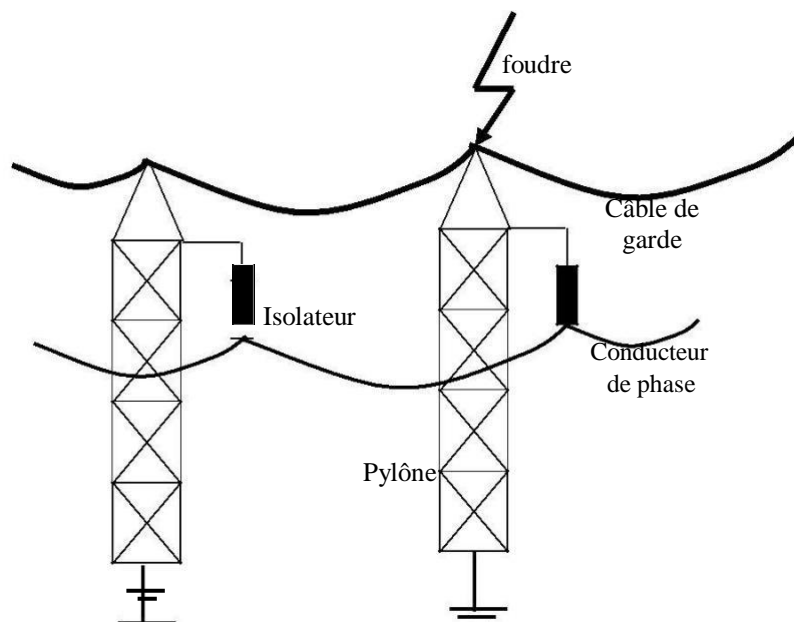
exemple de protection d'un Transformateur par varistance



Protection du réseau par des varistances

## 4. Câbles de garde

Le câble de garde protège contre la foudre car il est placé juste au dessus des conducteurs, en cas de coup de foudre c'est lui qui est touché en premier. Après l'impact de la foudre il transfère le courant vers la terre à travers le pylône. La présence des câbles de garde n'empêche pas à coup sur d'éviter les coups de foudre, ils sont néanmoins utiles dans la mesure où leur présence fait diminuer leur probabilité dans un rapport de 1,5 à 5 environ, selon l'activité orageuse de la région.



### Remarques :

Il y a une dizaine d'années, pour des raisons économiques, les câbles de garde sont placés généralement à l'entrée et la sortie des postes. Mais actuellement, comme il est utilisé pour les communications HF par SONELGAZ, le câble de garde tend à relier tout le réseau national.

Le câble de garde a un diamètre inférieur ou égal au conducteur de phase. En plus du rôle de protection, il contribue à l'amortissement des ondes de surtension de foudre par abaissement de l'impédance caractéristique des conducteurs de phase ainsi que le blindage possible des lignes des télécommunications.

Signalons que la majorité des coups de foudre sur conducteur provoque un amorçage pour les réseaux de tensions inférieures à 400 kV. L'amorçage de la ligne lors d'un coup direct étant certain, on cherche à s'en protéger en plaçant les câbles de garde.

## 5. Cage maillée

Protection utilisée dans les bâtiments (nouveaux) sensibles et importants (Electronique, informatique, militaire...). Le blindage externe protège contre les ondes de la foudre.

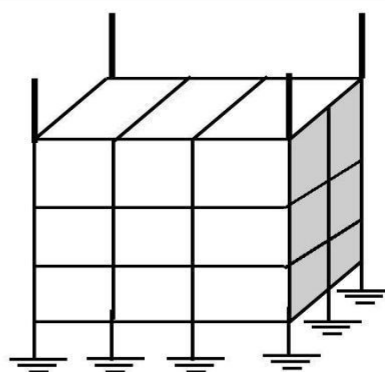
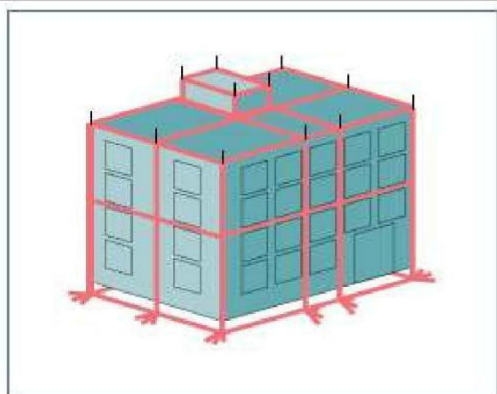


Figure 8. Principe d'une cage maillée (cage de Faraday).

Ce principe est utilisé pour les bâtiments très sensibles et importants (militaire, tours de contrôle...), abritant du matériel informatique ou des circuits intégrés. Il consiste à multiplier les descentes du bâtiment de façon symétrique. On ajoute des liaisons horizontales si le bâtiment est haut. Les conducteurs de descente sont reliés à la terre par des pattes d'oies. L'effet résulte en une meilleure équipotentialité du bâtiment et la division des courants de foudre, réduisant ainsi fortement les champs et inductions électromagnétiques.

## QUELQUES CHIFFRES

- ✓ Entre 2000 et 5000 orages se produisent en permanence autour de la terre
  - ✓ La terre reçoit en moyenne un coup de foudre par seconde ;
  - ✓ Un million de coups de foudre frappent la France chaque année ;
  - ✓ Nombre record d'impacts en une journée en France : 74000 le 28 juillet 1994 et 70000 le 5 août 1997.
  - ✓ 80000 impacts sur les réseaux EDF chaque année.
  - ✓ Un orage produit une centaine de décharges par seconde.
  - ✓ La densité moyenne de foudroiement en France est de 2 coups de foudre par km<sup>2</sup> et par an.
  - ✓ I<sub>max</sub> va jusqu'à 200 000 Ampères ;
  - ✓ La température de l'arc électrique de la foudre est d'environ 30 000°C.
  - ✓ Le risque moyen de foudroiement en France est de : \*1 tous les 100 ans pour un grand bâtiment ;  
\*1 tous les 100 ans pour un arbre ;  
\*1 tous les 100 ans pour un homme.
- Une soixantaine de personnes sont foudroyées chaque année en France, dont une quinzaine mortellement foudroyées.

Courant très fort mais l'énergie insuffisante pour être utilisée, car le coup de foudre est très bref. Question : est-il intéressant de capter l'énergie apportée par la foudre lors de son impact. Non : car malgré que la puissance instantanée de la foudre soit considérable, elle est de durée très brève. L'énergie apportée est donc faible.

En France deux millions de coups de foudre causent chaque année la mort de :

- 40 personnes et de 20 000 animaux ;
- 15 000 incendies ;
- 50 000 coupures sur les réseaux électriques et téléphoniques,
- destruction de nombreux transformateurs et de milliers d'appareils électroménagers.