

Annexe A19.5.

Les dispositifs de protection contre les surtensions

A19.5.1. Généralités

En HT, les éclateurs et les parafoudres sont les dispositifs de protection contre les surtensions utilisés de manière large : pour écrêter et limiter les surtensions transitoires de forte amplitude. Ils sont généralement dimensionnés pour intervenir sur les surtensions de foudre. Les éclateurs sont les dispositifs les moins coûteux et les plus rustiques. Ils sont utilisés exclusivement sur les réseaux aériens.

Les parafoudres offrent une protection plus performante, mais pour un coût notablement plus élevé.

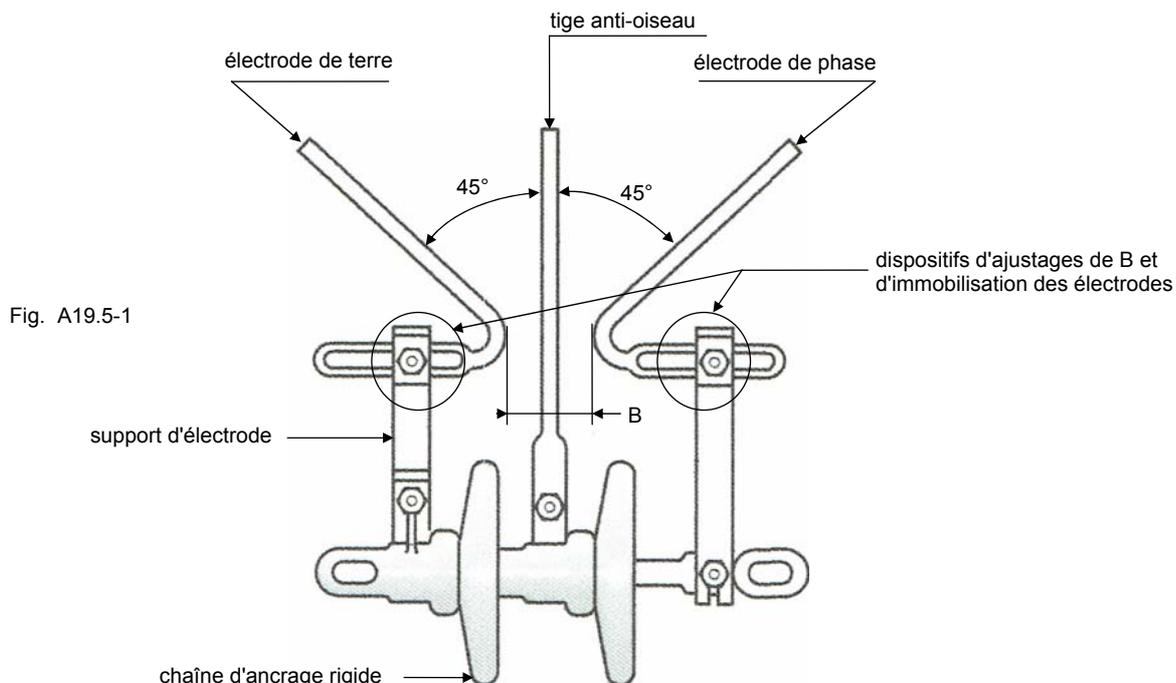
A19.5.2. Les éclateurs

Utilisés en HTA et HT les éclateurs sont des dispositifs simples constitués de deux électrodes dans l'air. Les modèles actuels les plus courants comportent deux « cornes » permettant d'allonger l'arc, de faciliter le rétablissement de qualités diélectriques par désionisation de l'intervalle d'amorçage et d'aboutir, dans certains cas, à l'extinction.

La distance B entre les deux électrodes permet d'ajuster le niveau de protection (par exemple, sur les réseaux EDF 24kV, B = 25 mm).

Certains ont en plus, entre ces deux électrodes, une tige destinée à éviter le « court-circuitage » intempestif par les oiseaux (cf. fig. A19.5-1) et leur électrocution.

Exemple d'éclateur HTA avec tige anti-oiseau



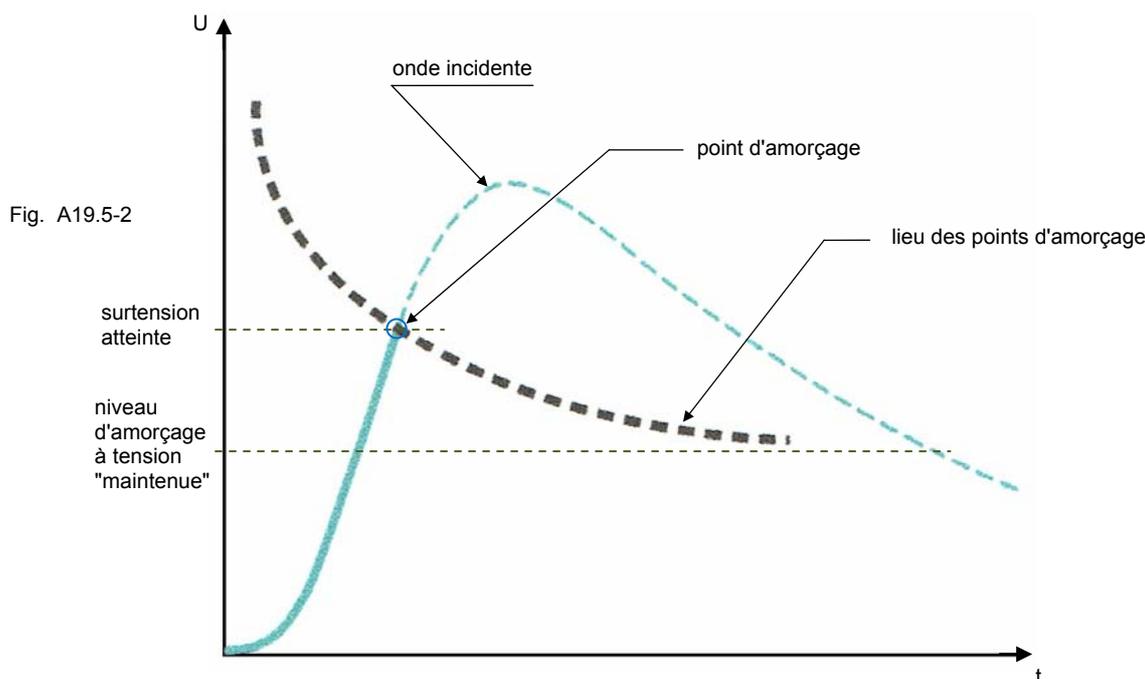
Ils sont placés sur les points des réseaux particulièrement exposés et à l'entrée des postes MT/BT. Leur rôle est de constituer un point faible maîtrisé dans l'isolement du réseau, afin qu'un amorçage éventuel se produise systématiquement là.

Ce mode de fonctionnement présente un certain nombre d'inconvénients :

- une forte dispersion du niveau de la tension d'amorçage en résulte, fonction des conditions d'environnement (humidité, poussière, corps étrangers...), des variations de plus de 40% ont pu être observées;
- le niveau de protection dépend de la raideur du front de la surtension. En effet, l'air présente un comportement « retard à l'amorçage » qui fait qu'une surtension importante à front très raide entraîne l'amorçage à une valeur de crête notablement supérieure au niveau de protection souhaité (cf. fig. A19.5-2).
- un courant de défaut à la terre apparaît lors de l'intervention de l'éclateur. Ce courant « de suite », dont l'intensité dépend du mode de mise à la terre du neutre du réseau, ne peut généralement pas s'éteindre spontanément et impose l'intervention d'une protection en amont. Un réenclenchement réalisé quelques centaines de millisecondes plus tard permet la reprise du service. Des dispositifs comme le disjoncteur shunt, pour des réseaux à neutre impédant, réalisent l'extinction de l'arc et la suppression du défaut sans entraîner de coupure de fourniture.
- enfin l'amorçage provoque l'apparition d'une onde coupée à front raide susceptible d'endommager les enroulements (transformateurs et moteurs) situés à proximité.

Encore en place sur les réseaux, les éclateurs sont aujourd'hui de plus en plus remplacés par les parafoudres.

La figure suivante montre le comportement d'un éclateur à pointes sur un choc de foudre. Plus le front est raide (dV/dt élevé), plus la surtension atteinte est élevée.



A19.5.3. Les parafoudres

Les parafoudres permettent de se débarrasser du comportement néfaste des éclateurs car ils présentent un comportement réversible. Ce sont des résistances fortement non-linéaires qui présentent une diminution importante de leur résistance interne au-dessus d'une certaine valeur de tension aux bornes. La reproductibilité de fonctionnement est bien meilleure que pour les éclateurs et le phénomène de retard est inexistant.

Leur avantage est de ne pas présenter de courant de suite et d'éviter que le réseau soit mis en court-circuit, puis hors tension après amorçage.

Différents modèles ont été conçus : parafoudre à filet d'eau, parafoudre à gaz. Seuls les types les plus utilisés sur les réseaux HTA et HTB sont présentés dans cet ouvrage.

A19.5.3.1. Les parafoudres à résistances variables et éclateurs

Ce type de parafoudre associe en série des éclateurs et des résistances non linéaires (varistances) capables de limiter le courant après le passage de l'onde de choc.

Après l'écoulement de l'onde de courant de décharge, le parafoudre n'est plus soumis qu'à la tension du réseau. Celle-ci maintient un arc sur l'éclateur, mais le courant correspondant, dit «courant de suite», traverse la résistance dont la valeur est maintenant élevée. Il est donc assez faible, pour ne pas endommager l'éclateur, et être interrompu lors du premier passage à zéro du courant (extinction naturelle de l'arc).

La non linéarité des résistances permet de conserver une tension résiduelle, qui apparaît aux bornes de l'ensemble, proche du niveau d'amorçage car, plus le courant augmente, plus la résistance décroît.

Diverses techniques ont été utilisées pour la réalisation des parafoudres à varistances et éclateurs. La plus classique et ancienne utilise une résistance au carbure de silicium (SiC).

Certains parafoudres comportent également des systèmes répartiteurs de tension (diviseurs résistifs ou capacitifs) et des systèmes de soufflage de l'arc (aimants ou bobines pour un soufflage magnétique).

Ce type de parafoudre est caractérisé par :

- sa tension d'extinction, ou tension assignée, qui est la tension à fréquence industrielle la plus élevée sous laquelle le parafoudre peut se désamorcer spontanément. Elle doit être supérieure à la plus forte surtension temporaire à fréquence industrielle susceptible d'apparaître sur le réseau.
- ses tensions d'amorçage suivant les formes d'onde (fréquence industrielle, choc de manœuvre, choc de foudre...); elles sont définies statistiquement.
- son pouvoir d'écoulement de courant de choc, c'est-à-dire la capacité de dissipation d'énergie. On traduit généralement la capacité d'absorption par la tenue à des ondes rectangulaires de courant.

A19.5.3.2. Les parafoudres à oxyde de zinc (ZnO)

Les modèles plus récents à l'oxyde de zinc ZnO remplacent de plus en plus les parafoudres à résistances variables et éclateurs. Ils présentent une non-linéarité beaucoup plus accentuée, qui leur permet d'avoir un courant de fuite à la tension de service très faible (de l'ordre de 10 mA).

De ce fait, il est possible de maintenir les parties actives en permanence sous tension. Leur très forte non-linéarité améliore également l'efficacité de la protection aux forts courants.

Leur principe de fonctionnement est très simple et repose sur la caractéristique fortement non linéaire des varistances à ZnO.

Cette non-linéarité est telle que la résistance passe de 1,5 M Ω à 15 Ω entre la tension de service et la tension au courant nominal de décharge.

La figure A19.5-3 illustre un exemple de caractéristique d'un parafoudre à oxyde de zinc (ZnO) utilisable sur réseau 20kV, isolement 125 kV « choc ».

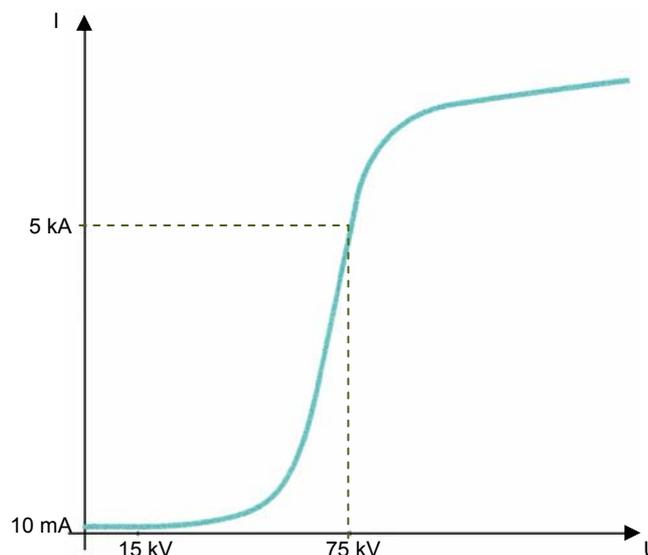


Fig. A19.5-3

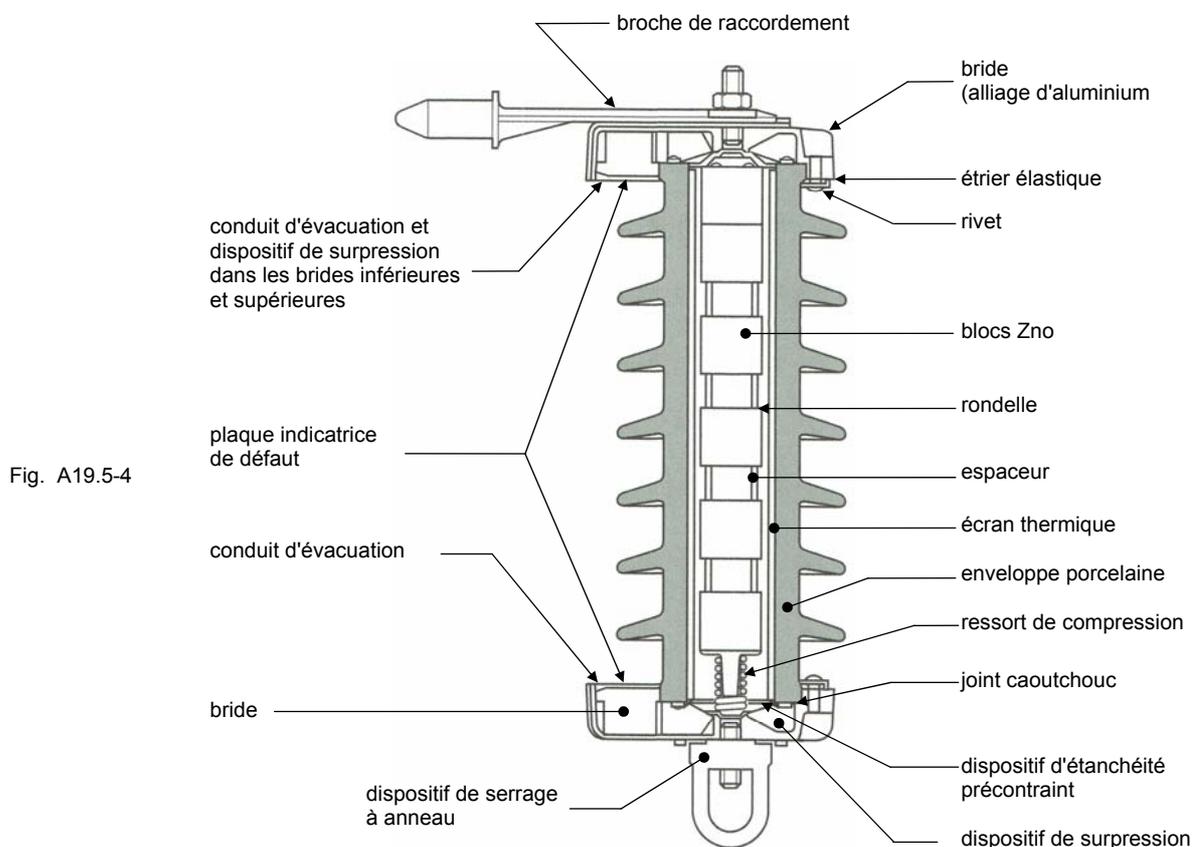
Ces parafoudres ont pour avantages des performances de limitation et une fiabilité accrues par rapport aux parafoudres à carbure de silicium.

Un parafoudre à ZnO est caractérisé par :

- sa tension maximale de service permanent ;
- sa tension assignée qui peut être liée, par analogie avec les parafoudres à carbure de silicium, à la tenue aux surtensions temporaires ;
- le niveau de protection, défini arbitrairement comme la tension résiduelle du parafoudre soumis à un choc de courant donné (5, 10 ou 20 kA selon la classe), onde 8/20 μ s ;
- le courant nominal de décharge ;
- la tenue au courant de choc. (elle traduit le besoin de tenue à des ondes longues entraînant une dissipation d'énergie importante et non la nécessité d'écouler de tels courants en exploitation).

Du point de vue technologique, les parafoudres à oxyde de zinc sont constitués uniquement de varistances.

La figure A19.5-4 illustre un exemple de la structure d'un parafoudre ZnO avec une enveloppe porcelaine électrochimique pour le réseau.



A19.5.3.3. Enveloppes des parafoudres à oxyde de zinc

Les parafoudres à oxyde de zinc sont disponibles :

- en enveloppes porcelaines pour à peu près toutes les tensions de service,
- en enveloppes synthétiques (fibre de verre plus résine) pour les réseaux de distribution.

Cette deuxième technique, plus récente, permet d'obtenir des parafoudres notablement plus légers, moins fragiles au vandalisme et dont les éléments actifs sont mieux protégés contre l'humidité car étant totalement surmoulés. L'humidité est en effet la principale cause de défaillance identifiée sur les ZnO. L'extérieur de ces parafoudres est généralement constitué de polymère silicone assurant la tenue à l'environnement et la reconstitution de lignes de fuite suffisantes. Ces parafoudres, de par leur constitution interne et leurs enveloppes silicones, sont beaucoup plus tolérants sur les positions d'installation et permettent également d'optimiser la mise en œuvre (par exemple : montage à l'horizontale).