

LES ORAGES

La présence de masses d'air instable, humides et chaudes, aboutit à la formation de nuages orageux : les cumulo-nimbus. Ce type de nuage est très développé, tant horizontalement (environ 10 km de diamètre) que verticalement (jusqu'à 15 km). Sa forme, très caractéristique, est souvent comparée au profil d'une enclume, dont il possède les plans inférieurs et supérieurs horizontaux. L'existence dans un cumulo-nimbus de gradients de température très importants (la température peut descendre à -65°C en partie supérieure),

entraîne des courants d'air ascendants très rapides ; il s'ensuit une électrisation des particules d'eau.

Dans un nuage orageux typique, la partie supérieure, constituée de cristaux de glace, est chargée généralement positivement, tandis que la partie inférieure, constituée de gouttelettes d'eau est chargée négativement. Par influence, la partie inférieure du nuage entraîne le développement de charges de signes opposés (donc positives sur la partie du sol qui se trouve à proximité).

Le cumulo-nimbus implique donc la mise en place d'un gigantesque condensateur plan nuage-sol, dont la distance atteint souvent 1 à 2 km. Le champ électrique atmosphérique au sol, qui est de l'ordre de la centaine de volts par mètre par beau temps, est alors inversé et peut atteindre en valeur absolue 15 à 20 kV/m lorsqu'une décharge au sol est imminente (c'est le coup de foudre).

Avant et pendant l'apparition du coup de foudre, on peut observer des décharges intra nuage (au sein d'un même nuage) ou inter nuage (entre deux nuages distincts).

LA Foudre

Selon le sens de développement de la décharge électrique (descendant ou ascendant), et selon la polarité des charges qu'il développe (négative ou positive), on peut distinguer quatre catégories de coups de foudre

nuage-sol. Pratiquement, les coups de foudre du type descendant et négatif sont de loin les plus fréquents : on considère qu'ils représentent en plaine et dans nos régions tempérées globalement 96 % des claquages nuage-sol.



MÉCANISME DU COUP DE Foudre

La simple observation à l'œil ne permet pas de discerner les différentes phases de l'éclair : il faut faire appel à des dispositifs photographiques performants. On dégage alors les phénomènes suivants dans la plupart des coups de foudre : d'un point du nuage part un trait lumineux qui s'avance rapidement par bonds d'environ 50 m à une vitesse de l'ordre de 50 000 km/s.

Un second trait part ensuite du même point, suit le chemin précédent avec une vitesse comparable, dépasse le point d'arrêt du

premier d'une distance à peu près identique et disparaît à son tour.

Le phénomène marque un temps d'arrêt entre chaque bond, ce qui pondère la vitesse moyenne (voir figure 1 page 6).

Le processus se renouvelle ainsi jusqu'à ce que la tête du dernier traceur arrive à quelques dizaines de mètres, voire quelques mètres du sol.

La liaison s'établit alors avec une des effluves qui montent à sa rencontre, et il se produit

dans le canal ionisé ainsi formé un trait de retour du sol vers le nuage : c'est le phénomène d'amarçage dit arc en retour et pendant lequel un courant circule : la rencontre des deux phénomènes constitue la décharge principale, qui peut être suivie d'une série de décharges secondaires parcourant d'un seul trait le canal ionisé par la décharge principale.

Dans un coup de foudre négatif moyen, la valeur maximale de l'intensité du courant est voisine de 35 000 ampères.

Il y a deux grands types d'accidents dûs à la foudre :

- Ceux causés par un coup direct lorsque la foudre frappe un bâtiment ou une zone déterminée. La foudre peut alors entraîner de nombreux dégâts dont l'incendie est le plus courant. Contre ce fléau, les moyens de protection sont les systèmes de paratonnerres.
- Ceux causés indirectement, par exemple lorsque la foudre frappe ou induit des surtensions dans les câbles d'énergie ou les liaisons de transmission. Il faut alors protéger les appareils susceptibles d'être atteints contre les surtensions et les courants indirects ainsi créés.

I- LA PROTECTION CONTRE L'ATTEINTE DIRECTE DE LA Foudre

Pour protéger une structure contre les coups de foudre directs, il convient de privilégier un point d'impact possible afin d'épargner le reste de la structure et de faciliter l'écoulement

du courant électrique vers le sol en minimisant l'impédance du parcours utilisé par la foudre. Quatre familles de protection répondent à ces préoccupations.

Systèmes de protection	Normes françaises
Paratonnerres à dispositif d'amorçage	NF C 17-102
Paratonnerres à tige simple	NF C 17-100
Cages maillées	NF C 17-100
Fils tendus	NF C 17-100

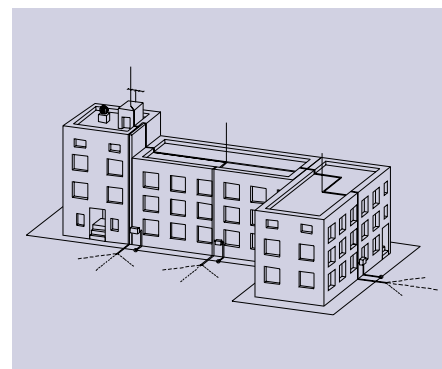
I-1 Les paratonnerres à tige simple

Par leur géométrie dominante, ils favorisent le déclenchement des amorçages ascendants et s'imposent ainsi comme le point d'impact préférentiel des coups de foudre qui surviendraient dans un voisinage très proche.

Ce type de protection est particulièrement conseillé pour les stations hertziennes et les mâts d'antenne lorsque le volume à protéger est faible.

Une installation de paratonnerre à tige simple comporte :

- un paratonnerre à tige et son mât rallonge,
- un ou deux conducteurs de descente,
- une barrette de coupure ou joint de contrôle par descente permettant la vérification de la résistance de la prise de terre paratonnerre,
- un tube de protection protégeant les deux derniers mètres de chaque descente,
- une liaison équipotentielle déconnectable entre chaque prise de terre et le circuit de terre général de la structure.



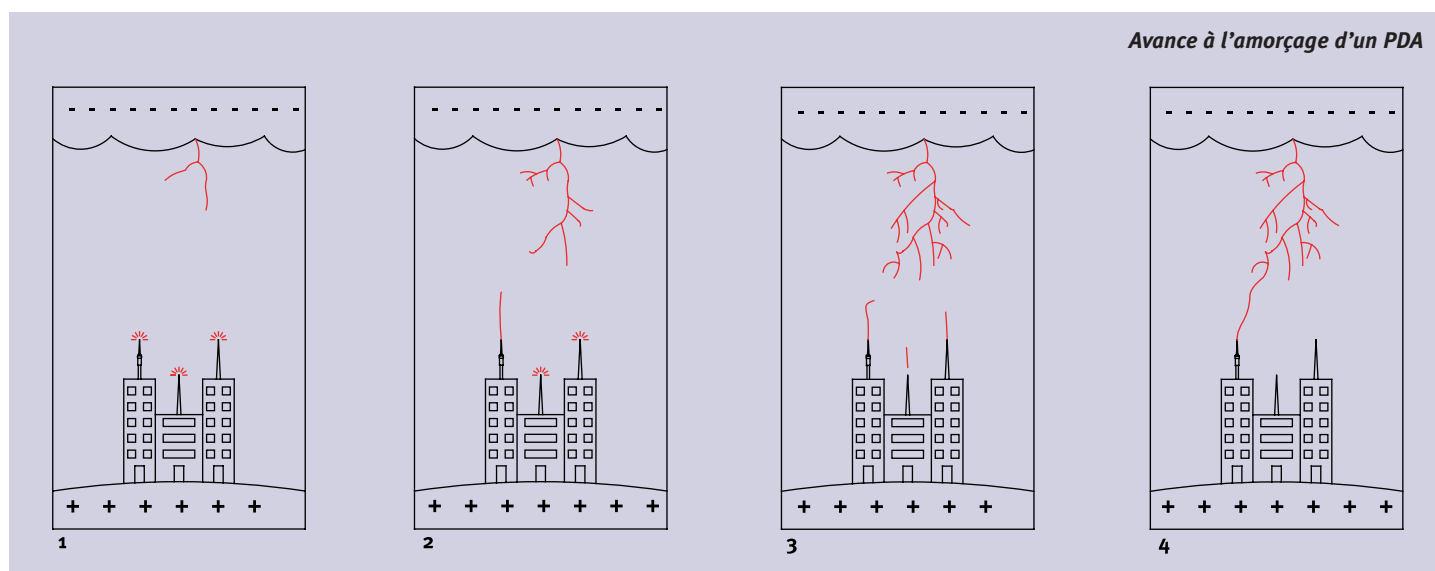
I-2/ Les paratonnerres à dispositif d'amorçage

Ces technologies modernes de protection ont été conçues à partir de plusieurs brevets déposés conjointement par le CNRS et la société HELITA.

Le PULSAR est pourvu d'une électronique qui lui permet d'émettre un signal haute tension

de fréquence et d'amplitude déterminées et contrôlées permettant la formation anticipée du traceur ascendant à sa pointe et la propagation de celui-ci de façon continue vers le traceur descendant. Il puise l'énergie dont il a besoin dans le champ électrique

existant lors de l'orage. Après avoir capté la foudre, le PULSAR la conduit vers la descente de paratonnerre et vers la terre où elle va se disperser.



Le concept de l'avance à l'amorçage

Au cours d'un orage, lorsque les conditions de champ de propagation sont réunies, le Pulsar crée, le premier, un traceur ascendant. Le traceur ascendant issu de la pointe du paratonnerre se propage vers le traceur descendant du nuage à la vitesse moyenne de $1\text{m}/\mu\text{s}$.

L'avance à l'amorçage, $\Delta T(\mu\text{s})$, est définie comme le gain moyen en instant d'amorçage (instant de propagation continue du traceur ascendant) du traceur ascendant du paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) par rapport à celui d'un paratonnerre à tige

simple (PTS) situé dans les mêmes conditions. ΔT est mesurée en laboratoire haute tension selon l'annexe C de la norme NF C 17-102.

Au gain en instant d'amorçage ΔT , correspond un gain en distance d'amorçage appelé ΔL .

$\Delta L = v \cdot \Delta T$, avec :

ΔL (m) : gain en distance d'initiation ou gain en distance d'amorçage.

v (m/ μs) : vitesse moyenne du traceur descendant ($1\text{m}/\mu\text{s}$).

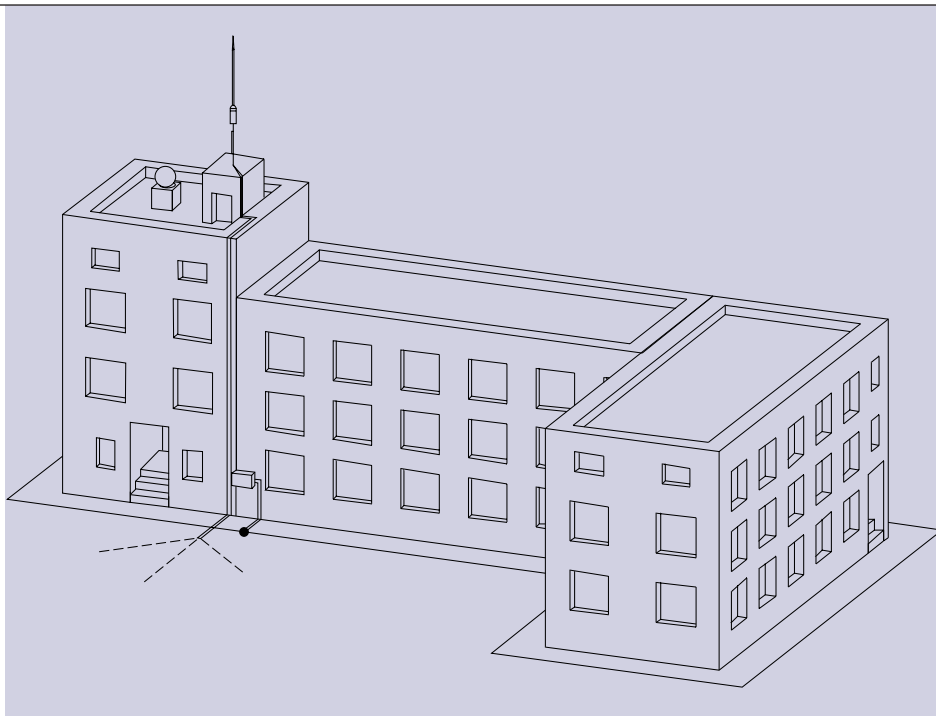
ΔT (μs) : gain en temps d'initiation du traceur ascendant mesuré en laboratoire.

Le domaine d'application privilégié de la gamme des PULSAR est la protection des sites industriels classés, des bâtiments administratifs ou recevant du public, les monuments historiques et les sites ouverts tels que terrains de sport à ciel ouvert.

Conditions d'installation

Une installation PDA comporte :

- un paratonnerre à dispositif d'amorçage et son mât rallonge,
- un ou deux conducteurs de descente,
- une barrette de coupure ou joint de contrôle par descente permettant la vérification de la résistance de la prise de terre paratonnerre,
- un tube de protection protégeant les deux derniers mètres de chaque descente des chocs mécaniques,
- une prise de terre destinée à évacuer les courants de foudre au pied de chaque descente,
- une liaison équipotentielle déconnectable entre chaque prise de terre et le circuit de terre général de la structure.



I-3 / Les cages maillées

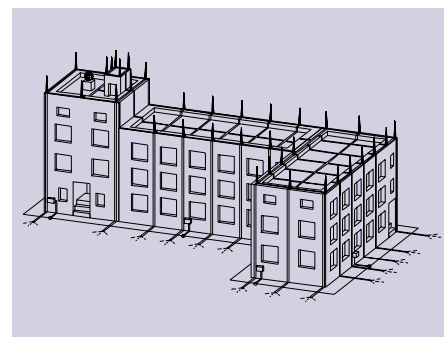
Leur principe consiste à favoriser la répartition et l'évacuation vers le terre du courant de foudre par un ensemble de conducteurs et prises de terre.

Une installation par cage maillée impose un nombre de descentes important et constitue de ce fait une solution intéressante lorsque le matériel situé à l'intérieur du bâtiment est sensible aux perturbations électromagnétiques. En effet, le courant de foudre est divisé par le nombre de descentes et la faible valeur du courant circulant dans les mailles crée peu de

perturbation par induction.

Une installation de cage maillée comporte :

- des dispositifs de capture des décharges atmosphériques constitués par des pointes de choc,
- des conducteurs de toiture,
- des conducteurs de descente,
- des prises de terre,
- une liaison équipotentielle déconnectable entre chaque prise de terre et le circuit de terre général de la structure.



I-4 / Les fils tendus

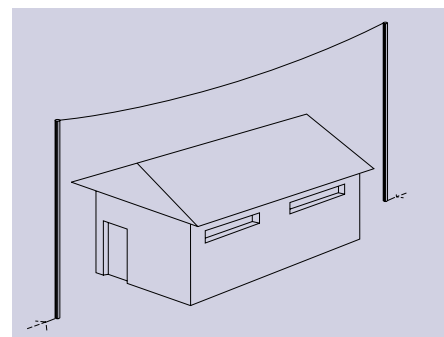
Ce système est composé d'un ou de plusieurs fils conducteurs tendus au-dessus des installations à protéger. La zone de protection se détermine par application du modèle électrostatométrique.

Les conducteurs doivent être reliés à la terre à chacune de leur extrémité.

L'installation de fils tendus nécessite une étude particulière tenant compte notamment

de la tenue mécanique, de la nature de l'installation, des distances d'isolement.

Cette technologie est très utilisée pour protéger les dépôts de munition et en règle générale lorsqu'il n'est pas possible d'utiliser la structure du bâtiment comme support des conducteurs qui évacuent les courants de foudre à la terre.



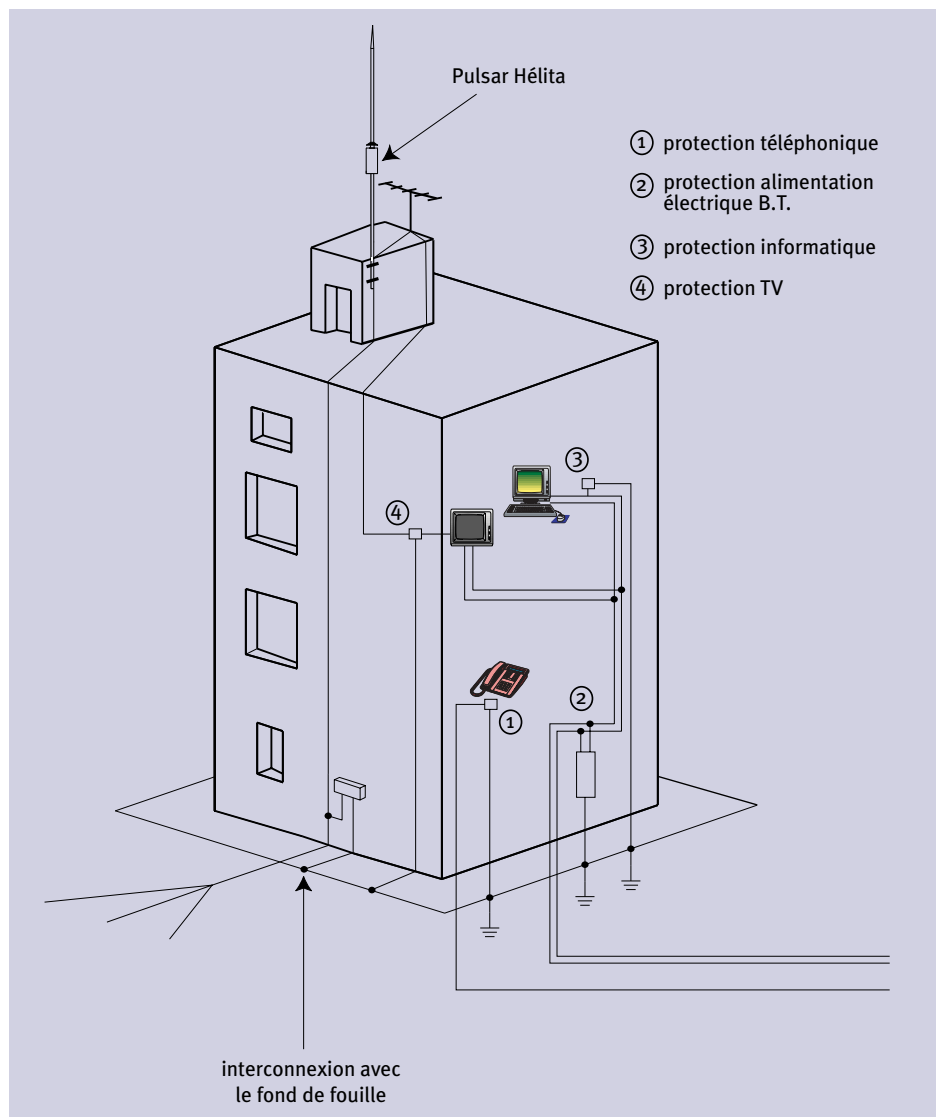
II- LA PROTECTION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre

Lorsque la foudre frappe des câbles ou des liaisons de transmission (coaxial H.F., câbles de télécommunications, câbles d'énergie), une surtension se propage alors et se transmet éventuellement jusqu'aux appareils situés en amont ou en aval. Cette surtension peut également être générée par induction due au rayonnement électromagnétique de l'éclair.

Les conséquences peuvent être multiples : vieillissement prématuré des composants, destruction de pistes de circuits imprimés, destruction des métallisations des composants, mauvais fonctionnement des équipements, perte des données, blocage des programmes, dégradation de lignes, etc. Il convient donc de protéger les appareils susceptibles d'être atteints par des parafoudres.

Il est recommandé de prévoir des parafoudres dès qu'il y a présence d'au moins un paratonnerre sur le bâtiment.

Une valeur de 65 kA est dans ce cas recommandée.



III- LES DÉFAUTS D'ÉQUIPOTENTIALITÉ

Lors d'une atteinte directe de la foudre ou même en présence d'effets indirects, les défauts d'équipotentialité peuvent provoquer par différence de potentiel des amorçages générateurs de courants parasites particulièrement destructeurs.

Aussi une bonne équipotentialité par interconnexion de l'ensemble des prises de terre d'un

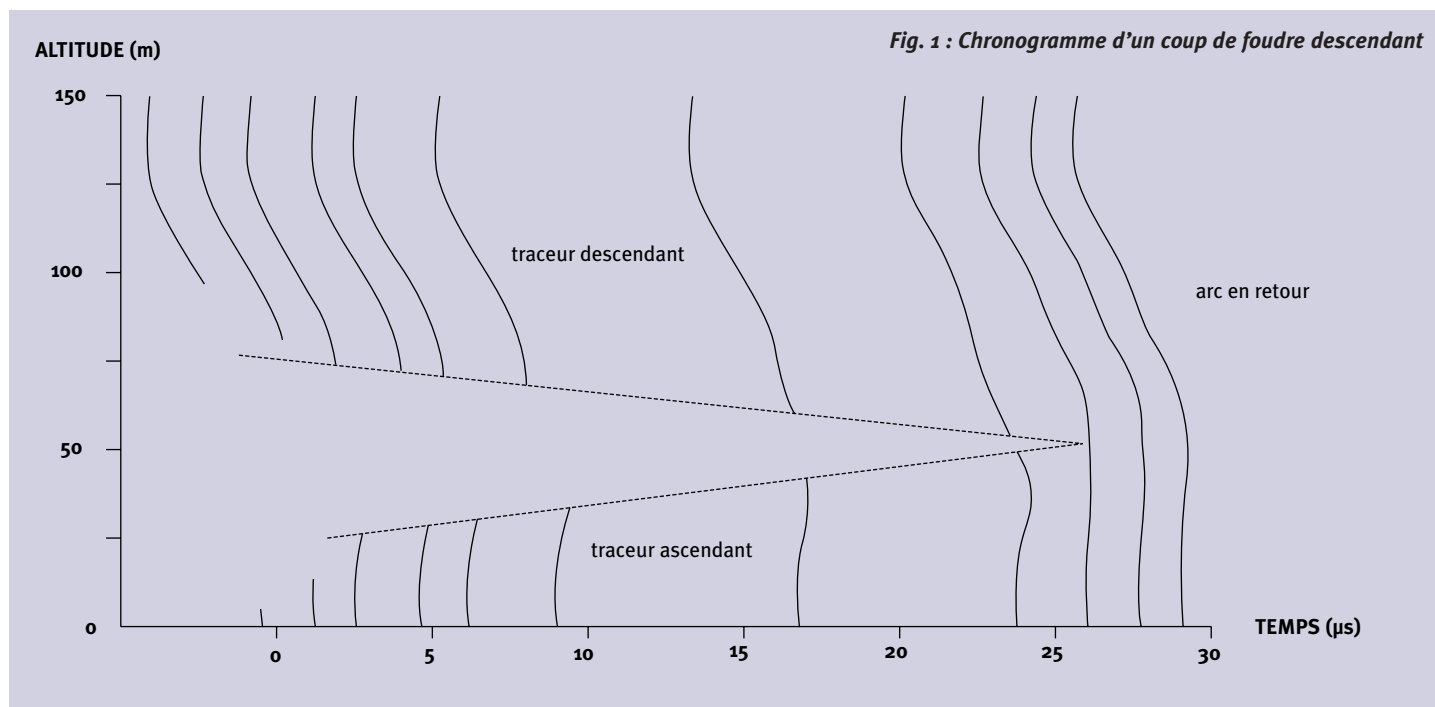
même site est indispensable à l'efficacité d'une installation de protection.

Il en est de même de l'interconnexion des masses métalliques situées dans l'environnement proche d'équipements sensibles (autocommutateurs, UC informatiques).

LES EFFETS DE LA Foudre

Ce sont ceux d'un courant impulsionnel de forte intensité se propageant d'abord dans un milieu gazeux (l'atmosphère), puis dans un milieu solide plus ou moins conducteur (le sol) :

- **effets visuels (éclairs)** : dûs au mécanisme de l'avalanche de Townsend ;
- **effets acoustiques** : dus à la propagation d'une onde de choc (élévation de pression) dont l'origine est le canal de décharge ; la perception de cet effet est limitée à une dizaine de kilomètres ;
- **effets thermiques** : dégagements de chaleur par effet Joule dans le canal ionisé ;
- **effets électrodynamiques** : ce sont les forces mécaniques dont sont l'objet les conducteurs placés dans le champ magnétique créé par cette circulation de courant intense. Ils peuvent avoir pour résultat des déformations ;
- **effets électrochimiques** : relativement mineurs, ces effets se traduisent par une décomposition électrolytique par application de la loi de Faraday ;
- **effets d'induction** : dans un champ électromagnétique variable, tout conducteur est le siège de courants induits ;
- **effets sur un être vivant (humain ou animal)** : le passage d'un courant d'une certaine intensité, pendant une courte durée suffit à provoquer des risques d'électrocution par arrêt cardiaque ou arrêt respiratoire. A cela s'ajoutent les dangers de brûlures.



Les normes NF C 17-100 et NF C 17-102 préconisent une étude préalable.

Cette étude comprend trois parties :

- évaluation du risque de foudroiement,
- sélection d'un niveau de protection,
- définition du dispositif de protection.

ÉVALUATION DU RISQUE DE Foudroiement

Cette évaluation se fait selon la méthode suivante :

1 - Fréquence attendue Nd de coups de foudre directs sur une structure

La fréquence annuelle moyenne Nd de coups directs sur une structure est évaluée à partir de l'expression :

Nd = Ng max. Ae.C1 10⁻⁶/an où :

Ng max. = 2 Ng

Ng : densité annuelle moyenne de foudroiement concernant la région où se situe la structure

(nombre d'impacts/an/km²) qui peut être déterminée par :

- la consultation de la carte au verso (Ng),
- l'utilisation du niveau kéraunique Nk :
Ng max = 0,04 Nk 1,25 soit environ Nk/10

Ae : est la surface de capture équivalente de la structure seule (en m²), elle est définie comme

la surface au sol qui a la même probabilité annuelle de coups de foudre directs que la structure.

Les formules de calculs sont définies dans l'annexe B des normes NFC 17-100 et NF C 17-102.

C1 : coefficient environnemental (défini dans le tableau B2 de la norme NF C 17-102).

2 - Fréquence acceptée Nc de coups de foudre sur une structure

La fréquence acceptée Nc est évaluée à partir de l'expression :

Nc = 5,5 · 10³ / C2 x C3 x C4 x C5

Où C2 représente le type de construction,

C3 représente le contenu de la structure,

C4 représente l'occupation de la structure,

C5 représente les conséquences d'un foudroiement.

Les coefficients sont définis dans les tableaux B5 à B8 de la norme NF C 17-102.

SÉLECTION D'UN NIVEAU DE PROTECTION

On compare les valeurs Nc et Nd.

Si Nd ≤ Nc, le système de protection contre la foudre n'est pas systématiquement nécessaire.

Si Nd > Nc, un système de protection contre la foudre d'efficacité $E \geq 1 - Nc / Nd$ doit être installé.

Le niveau de protection détermine le rayon de protection des paratonnerres, la distance de sécurité (interconnexion des masses) et la périodicité des vérifications.

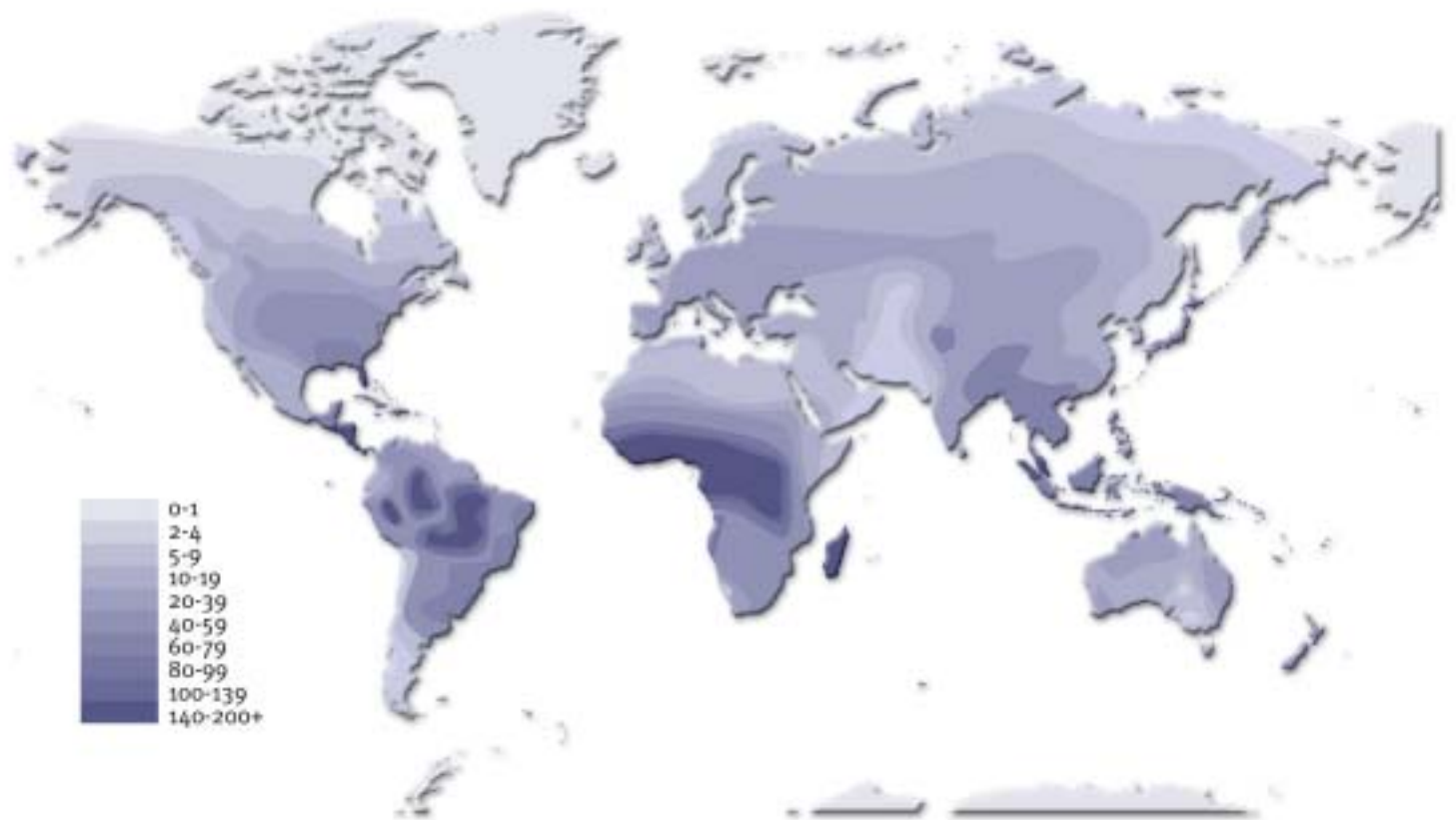
Si nécessaire, des mesures de protection complémentaires visant à limiter les tensions de pas, la propagation du feu ou les effets de surtensions induites peuvent être mises en œuvre.

Effacité calculée	Niveau de protection correspondant NFC 17-100 Décembre 1997	Niveau de protection correspondant NFC 17-102 Juillet 1995
$E > 0,98$	Niveau 1 + mesures complémentaires	Niveau 1 + mesures complémentaires
$0,95 < E \leq 0,98$	Niveau 1	Niveau 1
$0,90 < E \leq 0,95$	Niveau 2	Niveau 2
$0,80 < E \leq 0,90$	Niveau 3	Niveau 2
$0 < E \leq 0,80$	Niveau 4	Niveau 3

DÉFINITION DU DISPOSITIF DE PROTECTION

Il convient de positionner les différents éléments constitutifs du dispositif de protection en intégrant les contraintes techniques et architecturales.

Pour faciliter vos études préalables, Hélipta met à votre disposition un questionnaire regroupant l'ensemble des informations minimales nécessaires ainsi qu'un logiciel de calcul.



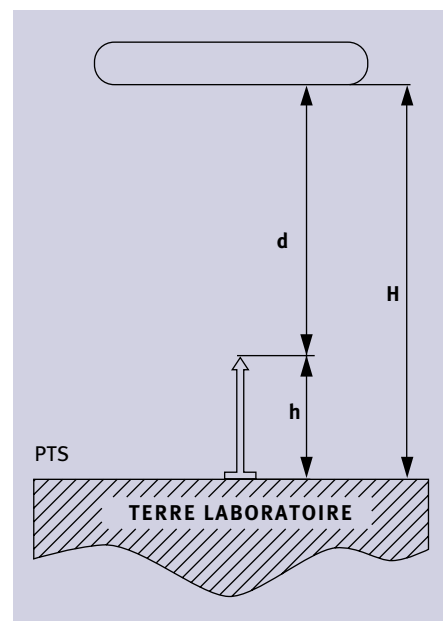
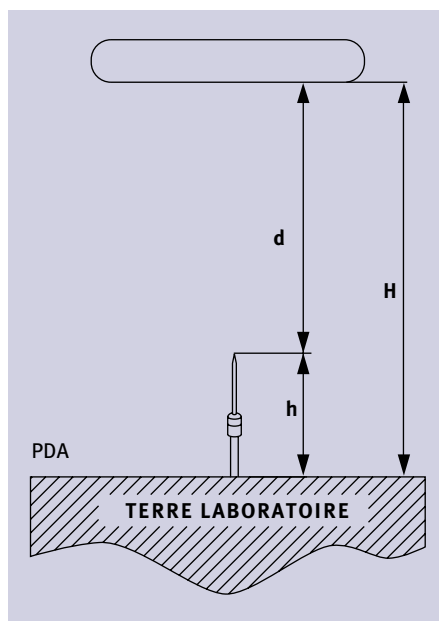
4 PROCÉDURE D'ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ D'UN PARATONNERRE A DISPOSITIF D'AMORÇAGE SELON LA NF C 17-102 - ANNEXE C

Cette procédure d'essai consiste à évaluer en laboratoire haute tension, l'avance à l'amorçage d'un paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) par rapport à un paratonnerre à tige simple (PTS) situé dans les

mêmes conditions. 100 chocs de manœuvre sont appliqués au Pulsar lors de sa première configuration, puis au paratonnerre à tige simple lors de la deuxième configuration.

SIMULATION DES CONDITIONS NATURELLES

Les conditions naturelles peuvent être simulées en laboratoire par la superposition d'un champ permanent et d'un champ impulsionnel associé à un espace plateau supérieur/sol (H). Le paratonnerre à tester est situé au sol, centré sous le plateau. Dans cette expérience, $H = 6$ m. Le paratonnerre a la hauteur $h = 1,5$ m.



CONDITIONS ÉLECTRIQUES

Le champ permanent dû à la répartition des charges dans le nuage est représenté par une tension continue (qui simule un champ de l'ordre de 15 à 20 kV/m) appliquée au plateau supérieur.

Le champ impulsionnel dû à l'approche du traceur descendant est simulé par une onde de manœuvre de polarité négative appliquée au plateau. Le temps de montée T_m de l'onde est de 650 μ s. La pente de l'onde, aux points d'intérêt se situe autour de 10° V/m/s.

CONDITIONS GÉOMÉTRIQUES

Le volume utilisé pour l'expérience doit être suffisamment grand pour permettre à la décharge ascendante d'évoluer librement :

- distance d plateau supérieur/pointe ≥ 2 m,
- diamètre plateau supérieur \geq distance plateau supérieur/sol

Les paratonnerres sont testés l'un après l'autre dans des conditions géométriques strictement identiques : même hauteur, même emplacement, même distance pointe/plateau supérieur.



Laboratoire IREQ (Canada - 2000)

4 PROCÉDURE D'ÉVALUATION DE L'EFFICACITÉ D'UN PARATONNERRE A DISPOSITIF D'AMORÇAGE SELON LA NF C 17-102 - ANNEXE C

DÉTERMINATION DE L'AVANCE À L'AMORÇAGE D'UN PDA

Conditions générales

- Nombre de chocs : environ 100 chocs par configuration (doit être suffisant pour une analyse précise de la transition streamer / leader).
- Périodicité entre deux chocs : la même pour chaque configuration.

Enregistrements

- Temps d'amorçage (TB) : obtenus directement de la lecture des moyens de diagnostic. Cette donnée n'est pas caractéristique, mais elle permet de vérifier de visu, si un choc est exploitable ou non.
- Lumière émise par le traceur à la pointe du paratonnerre (photomultiplicateurs) : cette donnée permet une détection très précise de l'instant de propagation continue du traceur.
- Courant de pré-décharges (shunt coaxial) : les courbes obtenues permettent de confirmer le diagnostic précédent.
- Développement spatio-temporel de la décharge (convertisseur d'images) : les camérogrammes obtenus sont un moyen supplémentaire d'analyse des résultats.

Autres enregistrements ou mesures

- Courant de court-circuit (shunt coaxial).
- Caractéristiques de temps de la tension pour quelques chocs.
- Distance d pointe / plateau supérieur avant et après chaque configuration.
- Paramètres climatiques : pression, température, humidité absolue.



Avance à l'amorçage d'un paratonnerre à tige simple



Avance à l'amorçage d'un paratonnerre Pulsar

CALCUL DE ΔT

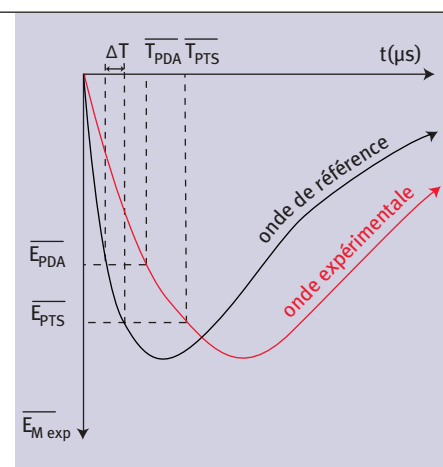
Les instants d'amorçage, ou instants de propagation continue du traceur ascendant, sont obtenus par analyse des différents diagnostics décrits plus haut. On en fait alors la moyenne pour chaque paratonnerre testé et la différence des moyennes donne l'avance à l'amorçage du PDA.

$$\Delta T = \overline{T_{PTS}} - \overline{T_{PDA}}$$

Hélita possède dans le domaine un savoir-faire et une expérience uniques.

Hélita a réalisé plus de 40 000 étincelles avec cette procédure d'essai dans les laboratoires haute tension suivants :

- Laboratoire THT de Bazet - **SEDIVER** (France)
- Laboratoire HT Volta - **MERLIN GERIN** (France)
- L.G.E. Les Renardières - **ELECTRICITE DE FRANCE**
- Le laboratoire HT de Bagnères de Bigorre - **LEHTM** (France)
- Le laboratoire **IREQ** de Varennes (Canada)



OBJECTIFS

HELITA investit depuis de nombreuses années dans la recherche sur les moyens de protection contre la foudre, afin d'améliorer sans cesse les performances de ses produits.

Les recherches in situ que mène aujourd'hui HELITA en France et à l'étranger ont trois objectifs :

- améliorer les modèles de protection,
- mesurer in situ l'efficacité des PDA déterminée en laboratoire,
- valider le dimensionnement des matériels en conditions réelles de foudroiement.

SITE D'EXPÉRIMENTATION DE Foudre NATURELLE

- Site situé dans les Hautes-Pyrénées (65)
- Niveau céramique : 30 jours d'orage par an

Objet de l'expérimentation :

- confirmer l'avance à l'amorçage des Pulsar par rapport à un paratonnerre à tige simple,
- favoriser l'écoulement des courants de foudre captés par les paratonnerres vers des parafoudres basse tension via un réseau de terre adapté,

- tester la tenue des matériels aux chocs de foudre et aux contraintes climatologiques.

SITES D'EXPÉRIMENTATIONS DE Foudre DÉCLENCHÉE

La foudre étant un phénomène naturel et aléatoire, des techniques de "déclenchement artificiel" de coups de foudre ont été mises au point pour accélérer les procédures de recherche.

Ces techniques de déclenchement consistent à envoyer vers le nuage orageux, lorsque les conditions de foudroiement sont atteintes, une fusée déroulant un fil permettant de provoquer un impact de foudre sur le site d'expérimentation.

Ce fil peut comporter une partie isolante, de façon à créer le plus possible de coups de foudre exploitables.

- Site situé à St Privat d'Allier (43)

- Niveau céramique : 30

Objet de l'expérimentation :

- valider in situ le fonctionnement des compteurs de coups de foudre et des parafoudres basse tension,
- valider la tenue des matériels soumis à des tirs de foudre déclenchés.



- Site situé à Camp Blanding (Floride/USA)

- Niveau céramique : 80

Objet de l'expérimentation :

- confirmer l'avance l'amorçage des Pulsar par rapport à un paratonnerre à tige simple,
- acquérir des données permettant d'améliorer les modèles de protection.



HÉLITA DANS LE MONDE



FORMATION

La Société Héliita effectue auprès de ses installateurs et également auprès d'autres sociétés des stages de formation dans le cadre de sa formation continue.

Cette formation a pour but principal d'évaluer la technicité ainsi que la qualité des prestations et de permettre de se sensibiliser au maximum

aux différentes solutions de protection contre la foudre.

Ces spécialistes de la foudre animent également tous les ans des forums consacrés à leurs installateurs mais peuvent également intervenir durant des journées "Portes Ouvertes" organisées par nos partenaires.

Les personnes qui animent ces formations ont une compétence et une expérience reconnues au niveau national et international et peuvent également intervenir dans des conférences sur la foudre.

UN LOGICIEL SPÉCIFIQUE NF C 17-102

Héliita a développé un logiciel (PC WINDOWS 2000, 98 ou 95, sur CD ROM) permettant de définir :

- l'évaluation du risque de foudre,
- la sélection du niveau de protection,
- la définition du dispositif de protection,
- le calcul des distances de sécurité,
- l'édition de descriptifs techniques et de nomenclatures de matériels : Héliita met gratuitement ce logiciel à votre disposition.

UN SERVICE ÉTUDES À VOTRE DISPOSITION

Héliita met à votre disposition un service études. Il vous suffit de nous adresser les plans de la structure à protéger (vues en coupe ou de côté et vues des toitures et de nous donner des détails sur le type de matériaux utilisés.

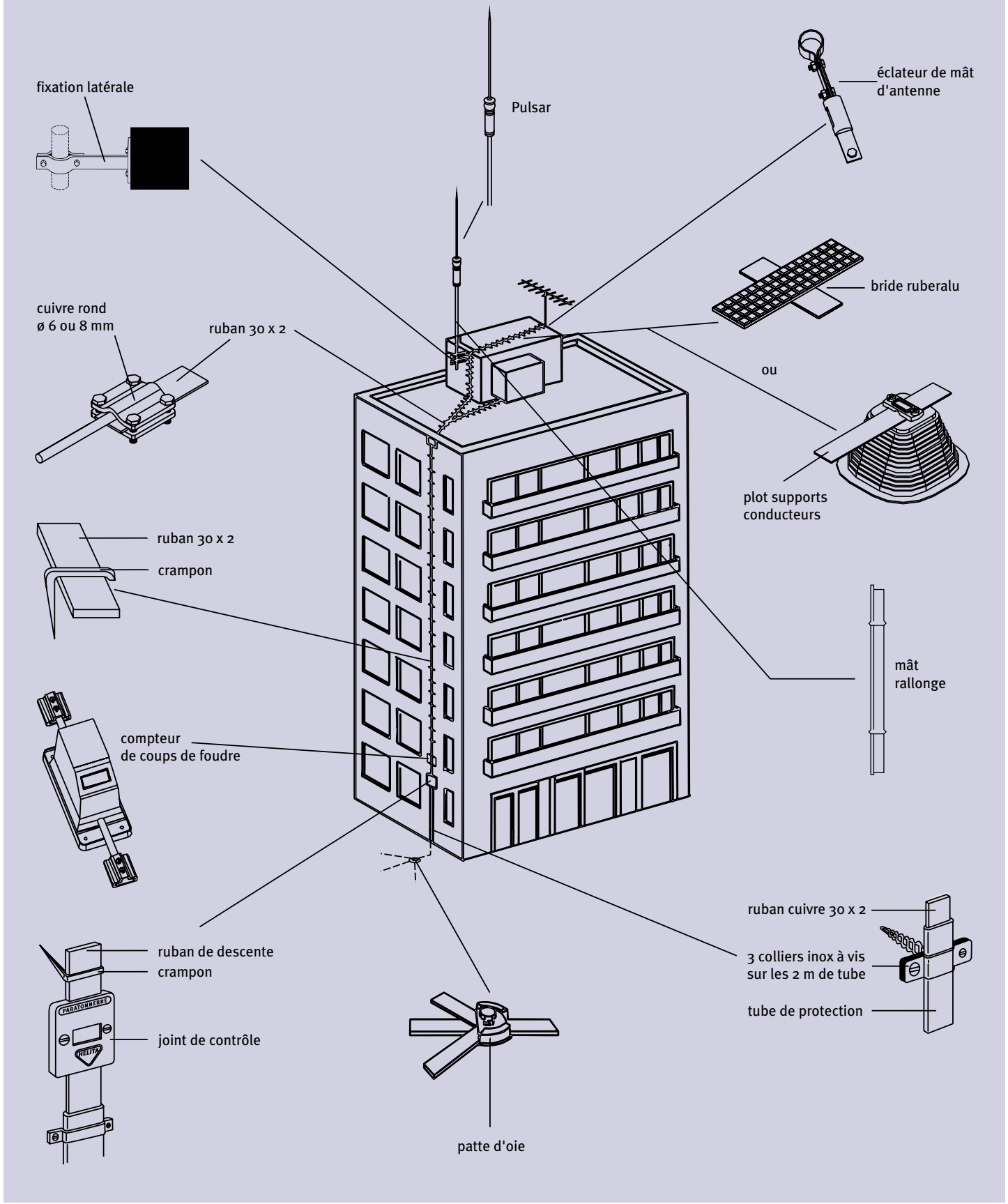
Nous vous ferons parvenir un devis détaillé du matériel nécessaire à la protection de la structure.

DES INSTALLATEURS PARTENAIRES DANS TOUTE LA FRANCE, UN RÉSEAU MONDIAL DE DISTRIBUTION

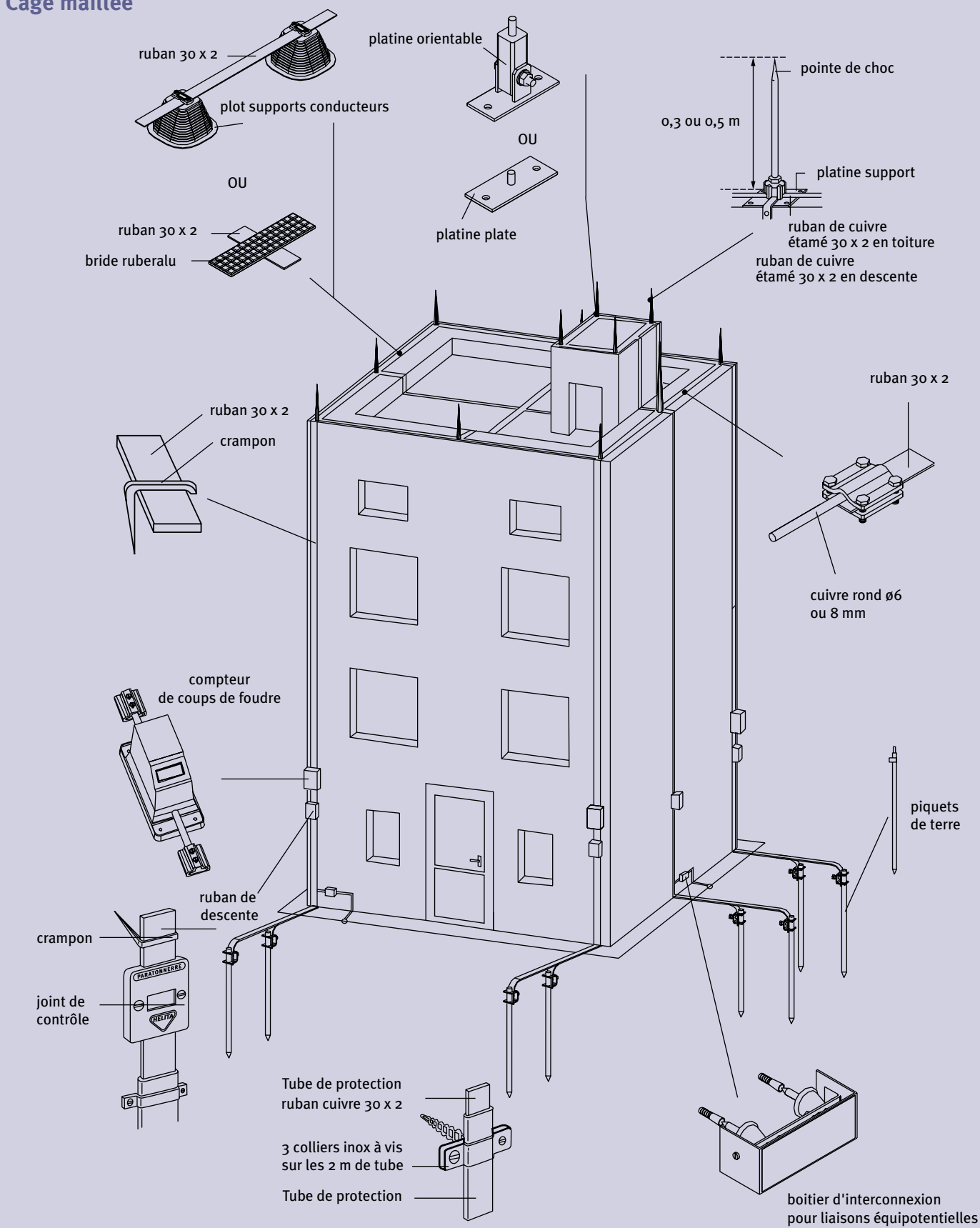
Vous pouvez bénéficier de ce même service auprès de nos installateurs agréés en France, ainsi que de nos agents exclusifs dans plus de 60 pays.

Ils sont formés à nos techniques, sont à votre service pour vous établir des devis adaptés et mettent leur expérience à votre disposition.

Paratonnerre à dispositif d'amorçage



Cage maillée



PARATONNERRES

Paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) ou paratonnerres à tige simple (PTS)

Le paratonnerre doit d'une façon générale, dépasser les points hauts du ou des bâtiments à protéger de 2 mètres minimum.

Son implantation devra donc être déterminée en fonction des superstructures des bâtiments : cheminées, locaux techniques, mâts porte-drapeau, pylônes ou antennes. On choisira de préférence ces points vulnérables comme points d'implantation.

Le paratonnerre peut être éventuellement surélevé par un mât rallonge.

Les mâts rallonge Hélipta emboîtables en acier inoxydable permettent d'atteindre une hauteur hors tout de 5,75 mètres soit 7,50 mètres avec le paratonnerre. Conçus spécialement, ils offrent l'avantage de ne

pas nécessiter de haubans. Si un haubanage s'avère indispensable (ex. fixation par platine posée sur étanchéité, exposition à des vents particulièrement violents) celui-ci devra être réalisé en fibre de verre \varnothing 5,6 mm. Au cas où le haubanage serait réalisé par des câbles métalliques, les points d'ancrage bas des haubans doivent être interconnectés au conducteur de descente par un matériau de même nature. Hélipta propose une gamme de fixations adaptées à la plupart des besoins.

Les spécifications d'installation sont précisées dans les fiches produits.

Si l'installation extérieure comprend plusieurs paratonnerres (PDA ou PTS) pour une même structure, ceux-ci sont reliés par

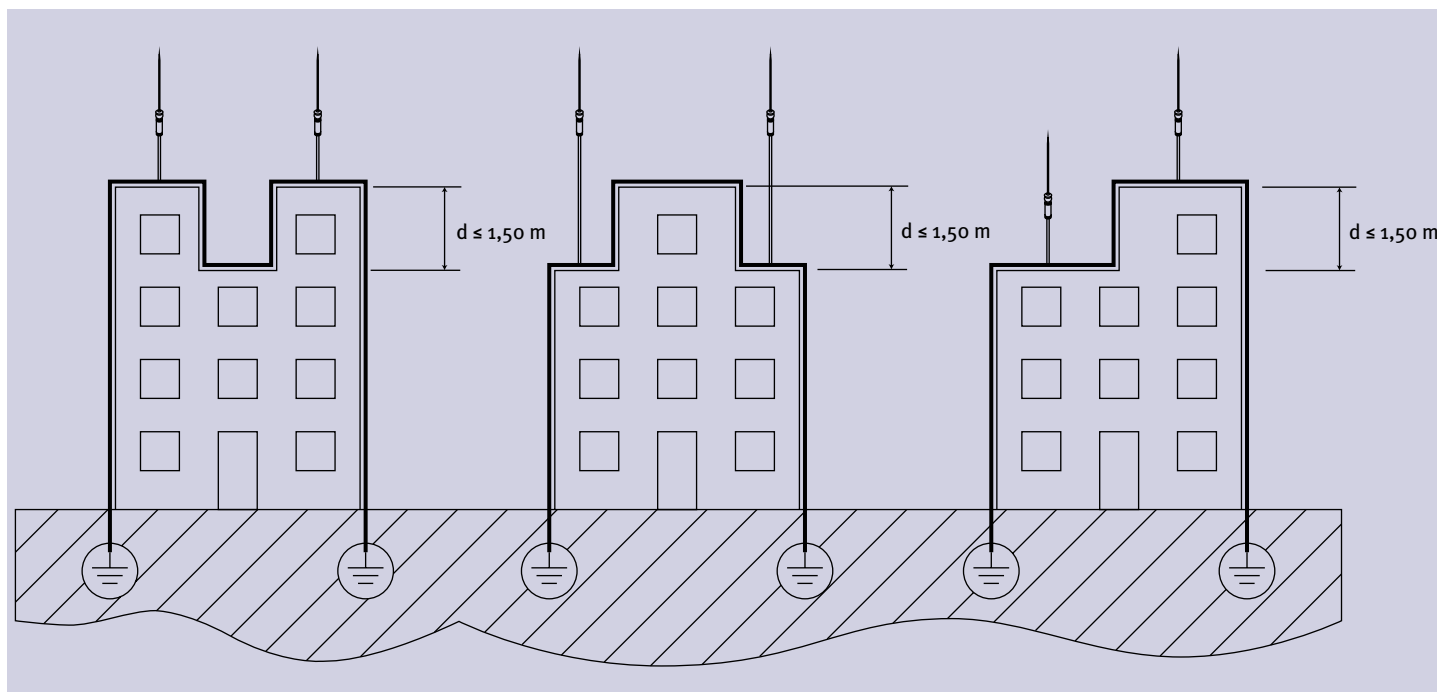
un conducteur, sauf éventuellement si celui-ci doit franchir un obstacle de hauteur supérieure à 1,5 mètre.

$D \leq 1,50$ m : relier les paratonnerres

$D \geq 1,50$ m : ne pas relier les paratonnerres

Lorsqu'ils protègent des zones ouvertes telles que terrains de sport, terrains de golf, piscines, campings, les PDA sont installés sur des supports spécifiques tels que mâts d'éclairage, pylônes, ou toutes autres structures voisines permettant au PDA de couvrir la zone à protéger.

Le logiciel développé par Hélipta permet d'éditer une note de calcul des rayons de protection des PDA et d'évaluer le besoin d'interconnexion.



CAS PARTICULIERS

Antenne de télévision ou d'émission réception

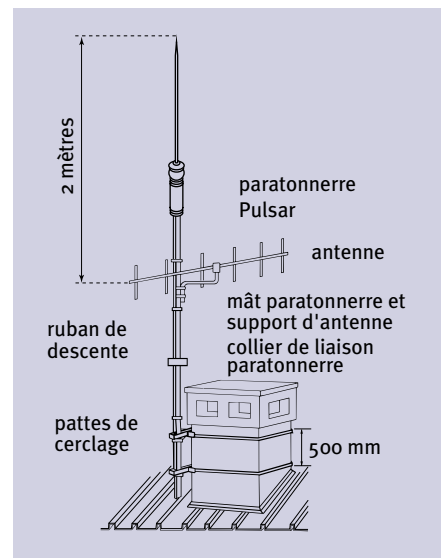
On pourra en accord avec l'utilisateur de l'antenne, disposer l'appareil sur le mât support d'antenne en respectant toutefois un certain nombre de considérations telles que :

- la pointe du paratonnerre doit dépasser l'antenne d'au moins 2 m,
- le câble coaxial passera à l'intérieur du mât paratonnerre et de ses supports,
- le mât support commun ne nécessitera pas de haubanage,

- la liaison à la descente se fera à l'aide d'un collier fixé au pied du mât.

Ce procédé aujourd'hui courant présente un triple avantage :

- technique (mise à la terre de l'antenne elle-même),
- esthétique (un seul mât)
- économique.



Cheminée industrielle

Paratonnerre à dispositif d'amorçage

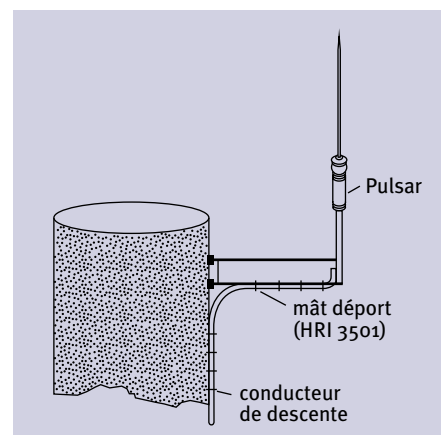
- Le paratonnerre devra être placé sur un mât déport HRI 3501 de façon à être éloigné au maximum des fumées et vapeurs corrosives.
- Le mât devra être fixé en 2 points comme représenté sur le schéma.

Paratonnerre à tige simple

Les paratonnerres (HPF 1001 ou 2001) devront être fixés sur des supports inox HPS 2630 permettant une fixation inclinée de 30°. Ils seront interconnectés par un conducteur de ceinturage placé à 50 cm du sommet.

Dans le cas d'utilisation de pointes de 1 mètre (HPF.1001) celle-ci seront réparties sur le pourtour à raison d'une pointe par 2 m de périmètre (deux au minimum).

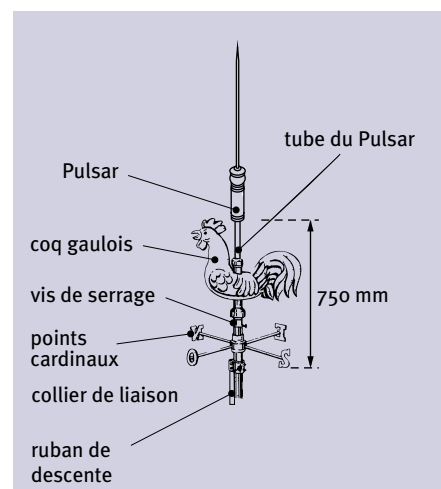
Dans le cas d'utilisation de pointes de hauteur supérieure ou égale à deux mètres, leur nombre sera défini en fonction du rayon de protection à assurer.



Clocher

Les paratonnerres sont prévus pour recevoir les ornements de toiture (coq, girouette, points cardinaux, etc...) disponibles dans notre catalogue.

Le ruban de descente sera alors fixé en dessous des ornements.



CAGES MAILLÉES

On réalise en toiture des mailles dont la largeur dépend du niveau de protection et ne doit pas être supérieure à 15 m de la façon suivante :

- on constitue d'abord un polygone fermé dont le périmètre est voisin du pourtour de la toiture,
- ce polygone est ensuite complété par des transversales de façon à satisfaire la condition sur la largeur maximale des mailles,
- s'il y a un faîtage, celui-ci est suivi par un conducteur.

Des pointes sont placées verticalement aux points les plus élevés et les plus vulnérables des bâtiments (faîtages, parties saillantes, arêtes, angles, etc...).

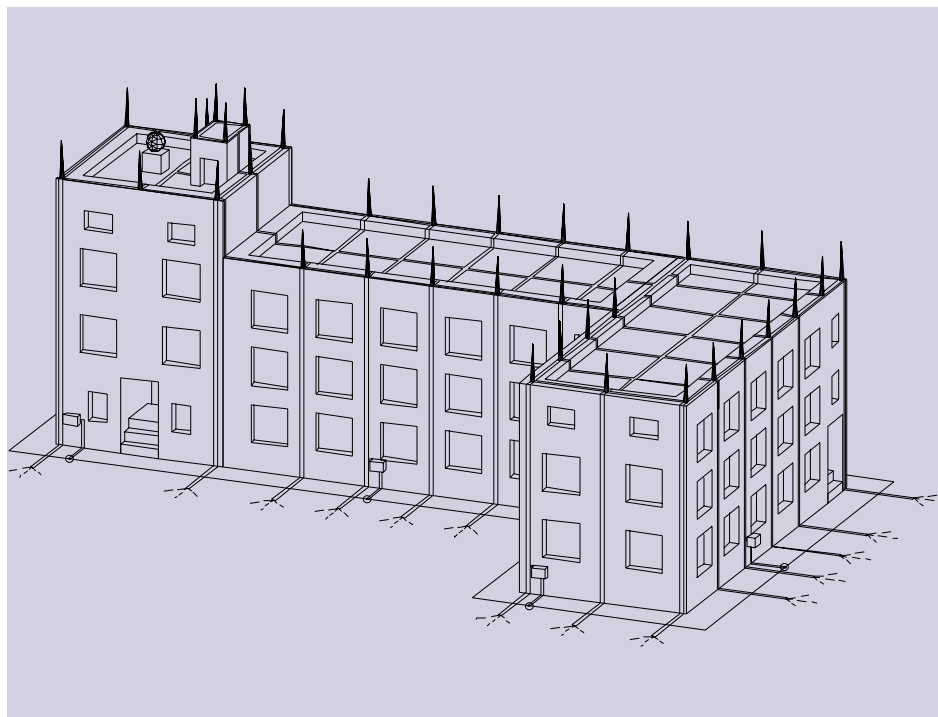
Elles sont notamment disposées régulièrement sur la périphérie de la toiture :

- deux pointes de 30 cm ne doivent pas être distantes de plus de 10 m,
- deux pointes de 50 cm ne doivent pas être distantes de plus de 15 m,

■ les pointes de choc non situées sur le polygone extérieur lui sont reliées :

- soit par un conducteur en excluant toute remontée si la pointe est à moins de 5 m du polygone,
- soit par deux conducteurs de direction opposée formant une transversale si la pointe est à plus de 5 m du polygone.

Niveau de protection NF C 17-100	Taille des mailles
I	5 x 5
II	10 x 10
III	15 x 15
IV	20 x 20



GÉNÉRALITÉS

La ou les descente(s) seront de préférence réalisées en ruban de cuivre rouge étamé de 30 mm de largeur et de 2 mm d'épaisseur.

La foudre est un courant haute fréquence qui circule sur la périphérie des conducteurs. À section égale, un conducteur plat a une périphérie supérieure.

Une exception est faite pour le cas de bâtiment en bardage d'aluminium où la

descente cuivre pourrait engendrer un phénomène de couple électrolytique et où il est donc nécessaire de prévoir un ruban d'aluminium 30 x 3 mm.

Dans certains cas d'impossibilité de fixer le ruban de cuivre, il pourra être utilisé du conducteur rond Ø 8 mm en cuivre étamé ou de la tresse souple en cuivre étamé 30 x 3 mm.

TRACÉ

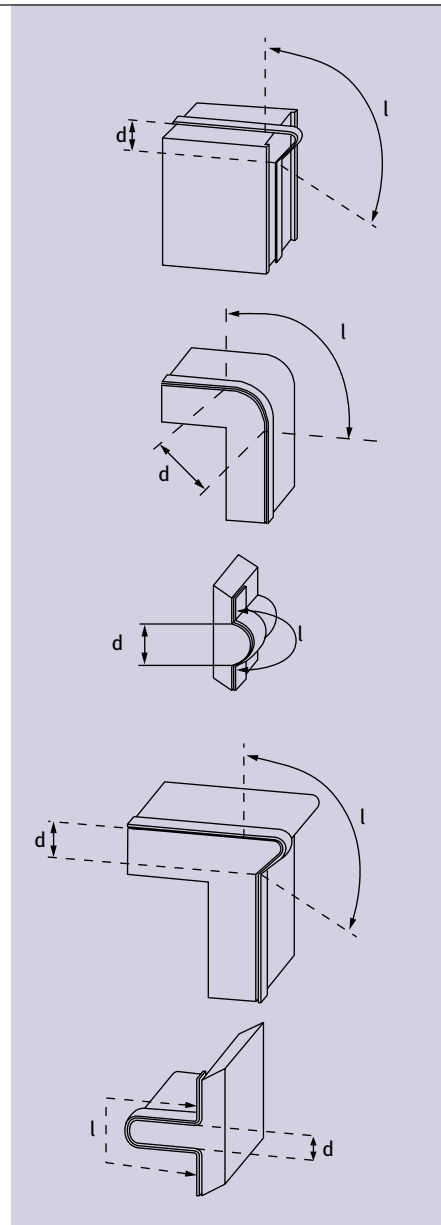
Le tracé tient compte de l'emplacement de la prise de terre. Il doit être le plus rectiligne possible en empruntant le chemin le plus court, évitant tout coude brusque ou remontée. Les rayons de courbure ne sont pas inférieurs à 20 cm. Pour les dérivations latérales, on utilisera des coudes préformés en cuivre rouge étamé de 30 x 2 mm.

Le tracé des descentes doit être choisi de manière à éviter la proximité des canalisations électriques et leur croisement. Toutefois, lorsqu'un croisement ne peut être évité, la canalisation doit être disposée à l'intérieur d'un blindage métallique qui se prolonge de 1 m de part et d'autre du croisement. Le blindage doit être relié à la descente.

Toutefois, dans le cas exceptionnel où il est impossible de réaliser une descente extérieure, la descente pourra emprunter une gaine technique à condition que celle-ci reçoive exclusivement la descente considérée (accord préalable des services de sécurité et des organismes de contrôle).

Le conducteur de descente peut être également fixé sur une façade béton située derrière un mur rideau.

Il convient alors de relier à la descente les supports conducteurs des murs rideaux.

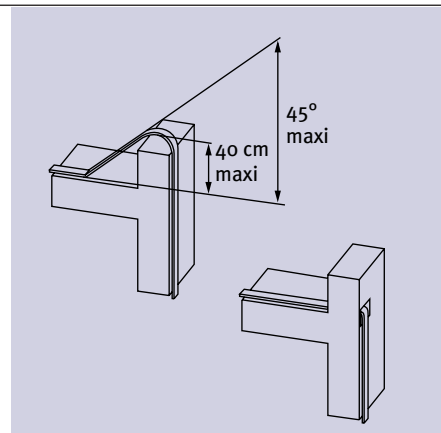


ACROTÈRES

Lorsque la remontée de l'acrotère est inférieure ou égale à 40 cm, une remontée du conducteur de descente sur une pente inférieure ou égale à 45° est autorisée. Pour les acrotères de remontée supérieure à 40 cm, il y aura lieu de faire une réservation ou un percement prévoyant la mise en place d'un fourreau de

diamètre minimum 50 mm afin d'éviter le contournement. L'étanchéité de la terrasse sera alors assurée au moyen de procédés classiques.

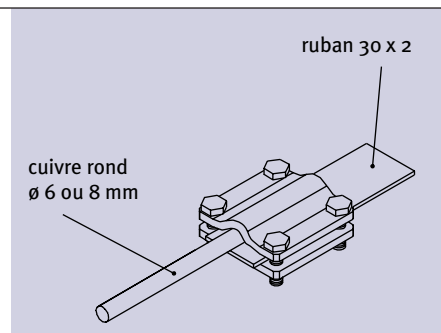
En cas d'impossibilité, il faudra prévoir des supports à hauteur égale de l'acrotère afin d'éviter toute remontée.



LIAISON-RACCORDEMENT

Le paratonnerre est relié à la descente à l'aide du collier de liaison qui doit être parfaitement serré sur son mât.

Le long des mâts rallonges, le ruban sera maintenu par des colliers inox. Les conducteurs peuvent être raccordés entre eux au moyen de barrettes de raccordement.



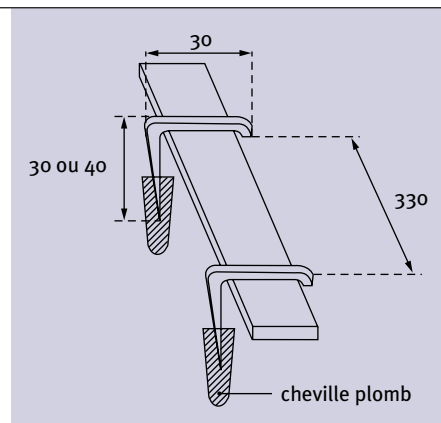
FIXATIONS

Quel que soit le support considéré, le conducteur de descente doit être fixé à raison de 3 fixations minimum par mètre linéaire.

Il est à noter que l'emploi d'isolateurs est illusoire en matière de courant de foudre. Toutefois, des isolateurs sont utilisés pour éloigner les conducteurs et éviter le contact

direct avec des matières aisément inflammables (chaume, bois, par exemple).

Les fixations doivent être appropriées au support et mises en place de façon à ne pas nuire à l'étanchéité et permettre la dilatation du conducteur.



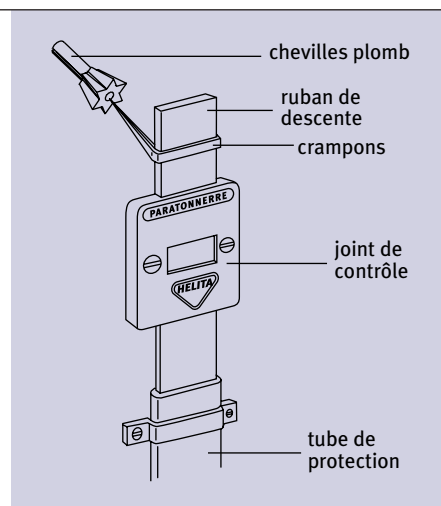
JOINT DE CONTRÔLE

Toute descente de paratonnerre doit être munie d'un joint de contrôle ou barrette de coupure, de façon à permettre la mesure de la résistance de la prise de terre et celle de la continuité électrique de la descente.

D'une façon générale, le joint de contrôle est situé à 2 m au dessus du sol de manière à n'être accessible que pour les vérifications.

Le joint de contrôle devra porter la mention "paratonnerre" et le symbole "prise de terre" pour être conforme.

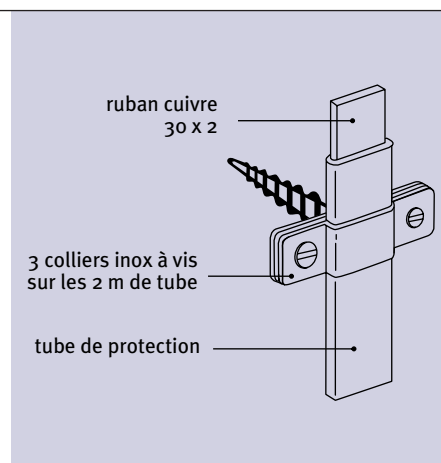
Dans le cas de pylônes, charpentes ou bardages métalliques, le joint de contrôle doit être placé au sol dans un regard de visite à environ 1 m du pied de la paroi métallique, ceci afin d'éviter de fausser la mesure de la résistance de la prise de terre en mesurant inévitablement la résistance électrique des masses métalliques.



TUBE DE PROTECTION

Entre le sol et le joint de contrôle, le ruban est protégé par un tube de protection constitué par un feuillard plat en tôle galvanisée : ce tube est d'une hauteur de 2 m et se fixe à l'aide de 3 colliers fournis avec le tube.

Il est déconseillé d'utiliser du tube en acier, en raison de la détérioration prématurée pouvant être due au couple électrolytique créée par le contact de l'acier avec le cuivre. Il est à noter que le feuillard peut être coudé pour épouser la structure du bâtiment.

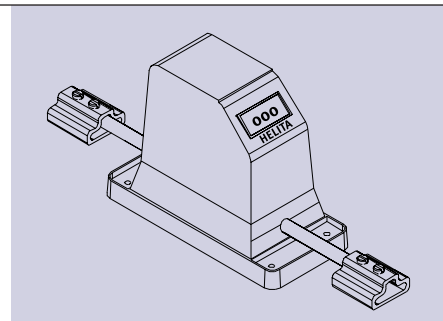


COMPTEUR DE COUPS DE Foudre

Lorsque la réglementation impose la mise en place de compteurs de coups de foudre, il convient d'en prévoir 1 par paratonnerre dans le cas de paratonnerre à tige simple ou paratonnerre à dispositif d'amorçage et 1 toutes les 4 descentes dans le cas de cages maillées.

Le compteur coups de foudre doit être installé au-dessus du joint de contrôle, à 2 mètres environ au-dessus du sol.

Le compteur est raccordé en série sur le conducteur de descente.



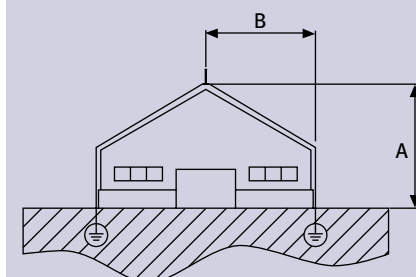
CONDITIONS PARTICULIÈRES

Paratonnerres à dispositif d'amorçage

Chaque paratonnerre à dispositif d'amorçage est relié à la terre par au moins une descente. Une autre descente située sur une façade différente est nécessaire dans les cas suivants :

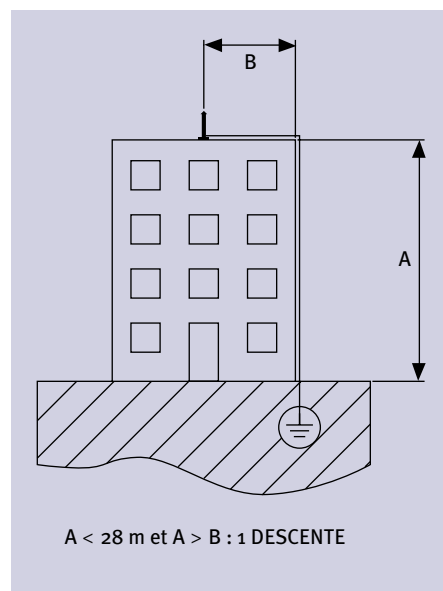
- projection du parcours horizontal du conducteur supérieure à la projection du parcours vertical,

- dans le cas de réalisation d'installation sur des structures de hauteur supérieure à 28 mètres (cette hauteur est portée à 40 mètres dans le cas de cheminées industrielles et d'églises).



$A < B : 2$ DESCENTES

A : projection verticale de la descente
B : projection horizontale de la descente



$A < 28 \text{ m et } A > B : 1$ DESCENTE

Paratonnerres à tige simple

Chaque paratonnerre à tige simple est relié à la terre par au moins une descente.

Au moins deux conducteurs sont nécessaires par PTS pour une longueur de parcours supérieure à 35 m. Ces conducteurs de descentes doivent être installés sur 2 façades différentes.

Dans le cas des églises, il est systématiquement réalisé 2 descentes depuis le sommet du clocher dont une empruntant le faîtage de la nef.

Cages maillées

Les descentes sont posées aux angles et parties saillantes du bâtiment avec une disposition symétrique et régulière si possible. La distance moyenne entre 2 descentes voisines dépend du niveau de protection requis.

En cas d'absence d'interconnexion enterrée des prises de terre, les conducteurs de descente doivent être interconnectés au niveau du sol.

Niveau de protection NF C 17-100	Distance entre les descentes (m)
I	10
II	15
III	20
IV	25

GÉNÉRALITÉS

Lors de l'écoulement du courant de foudre dans un conducteur, des différences de potentiel apparaissent entre celui-ci et les masses métalliques reliées à la terre qui se trouvent à proximité. Des étincelles dangereuses peuvent alors se former entre les deux extrémités de la boucle ainsi créée.

Il y a deux solutions pour éviter le problème :

- assurer l'équipotentialité par interconnexion,**
- assurer une distance de sécurité entre les deux éléments.**

Il est souvent difficile d'assurer l'isolement lors de l'installation du système de protection contre la foudre, ou de l'assurer dans le temps (modification sur la structure, travaux...). On préfère donc souvent réaliser l'équipotentialité.

La distance de sécurité est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente écoulant le courant de foudre et une masse conductrice voisine liée à la terre.

Cependant, dans certains cas, on ne réalise pas d'équipotentialité (conduite inflammable ou explosive). On fait alors cheminer le ou les conducteurs de descente au-delà de la distance de sécurité "s".

Calcul de la distance de sécurité

$$S \text{ (m)} = \frac{n \cdot k_i \cdot L}{k_m}$$

avec :

"n" coefficient dépendant du nombre de descentes par PDA avant le point de contact considéré :

- n = 1 quand il y a une descente,
- n = 0,6 quand il y a deux descentes,
- n = 0,4 quand il y a trois descentes et plus

"k_i" dépend du niveau de protection :

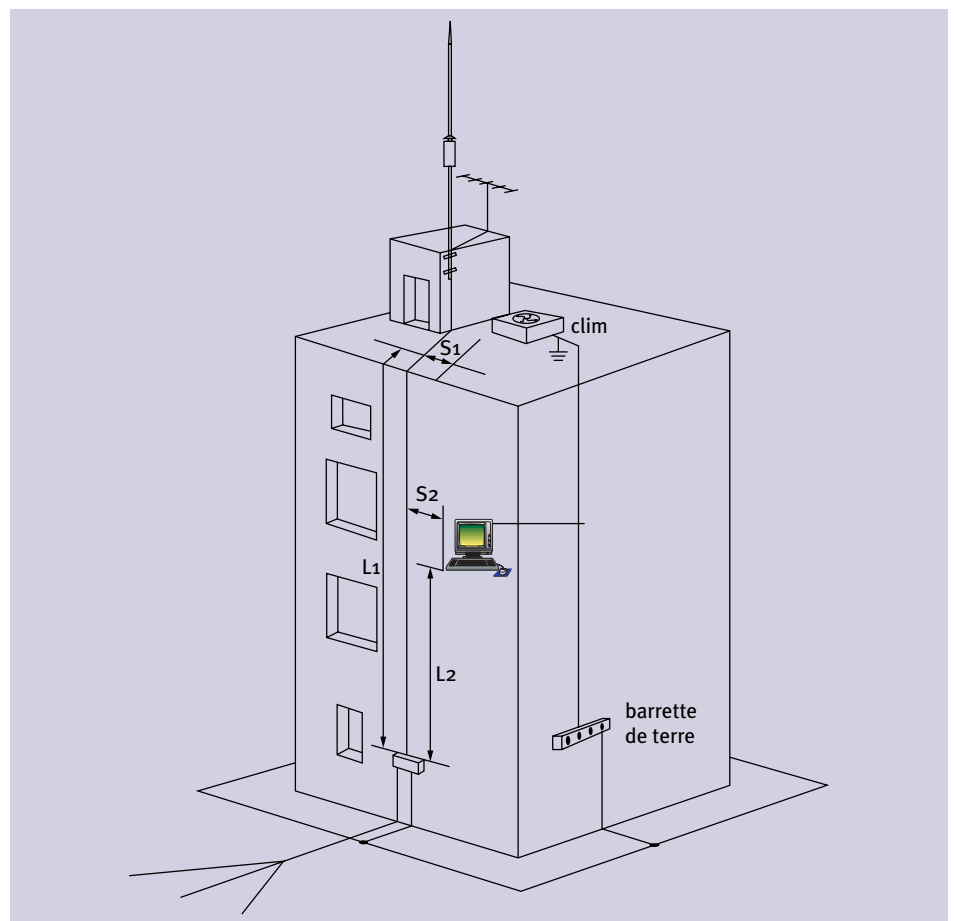
- k_i = 0,1 pour le niveau 1 (haute protection, bâtiment très exposé ou stratégique)
- k_i = 0,075 pour le niveau 2 (protection renforcée, bâtiment exposé)
- k_i = 0,05 pour le niveau 3 (protection standard).

"k_m" dépend du matériau entre les deux extrémités de la boucle :

- k_m : 1 pour l'air
- k_m = 0,52 pour un matériau plein en dehors du métal

"L" distance verticale entre le point où la proximité est prise en compte et la prise de terre de la masse métallique ou la liaison équipotentielle la plus proche.

- Dans le cas de colonne de gaz montante, S = 3 m.



Exemple : un paratonnerre équipé d'une descente protège un bâtiment de hauteur 20 mètres en niveau de protection I.

Question 1 : doit-on interconnecter un échangeur de climatisation situé en toiture à 3 mètres de la descente avec L₁ = 25 mètres ?

Réponse 1 : $S_1 = 1 \times \frac{0,1}{1} \times 25 = 2,5 \text{ m.}$

L'écartement (3 mètres) étant supérieur à la distance de sécurité (2,5 mètres), il n'est pas nécessaire d'interconnecter cet échangeur.

Question 2 : doit-on interconnecter un ordinateur situé dans le bâtiment à une distance de 3 mètres de la descente avec L₂ = 10 mètres ?

Réponse 2 : $S_2 = 1 \times \frac{0,1}{0,52} \times 10 = 1,92 \text{ m.}$

L'écartement (3 mètres) étant supérieur à la distance de sécurité (1,92 mètres), il n'est pas nécessaire d'interconnecter cet ordinateur.

Le logiciel développé par Hélipta permet un calcul rapide des distances de sécurité.

ÉQUIPOTENTIALITÉ DES MASSES EXTÉRIEURES

L'équipotentialité des masses extérieures fait partie intégrante de l'IEPF (Installation extérieure de protection contre la foudre) au même titre que les descentes ou prises de terre.

Toutes les masses métalliques conductrices situées à une distance inférieure à s (distance de sécurité) d'un conducteur doivent lui être reliées par un conducteur de section identique.

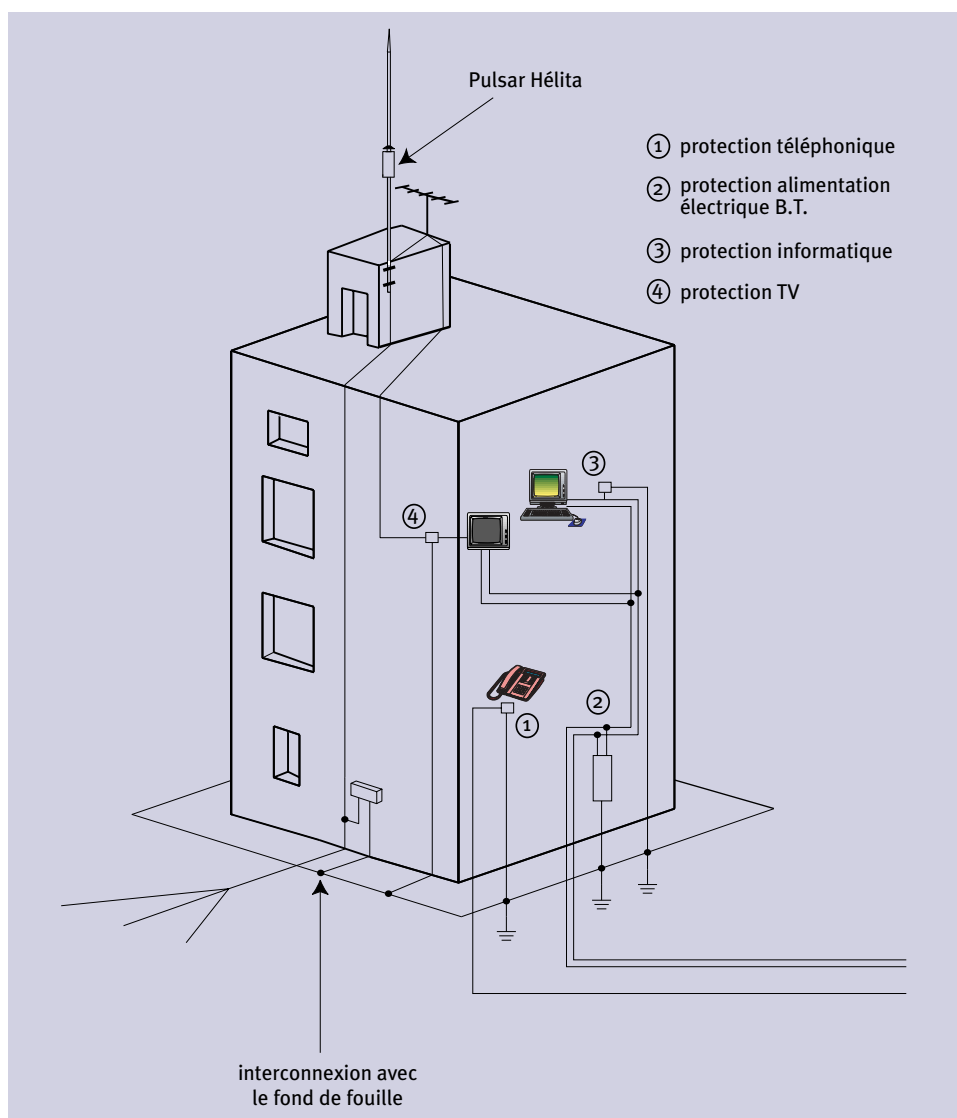
Les mâts supports d'antennes et les potelets supportant des lignes électriques doivent être reliés au travers d'un éclateur. Les masses métalliques noyées dans les parois doivent être reliées dans la mesure ou des bornes de connexion ont été prévues.

ÉQUIPOTENTIALITÉ DES MASSES INTÉRIEURES

L'équipotentialité des masses intérieures fait partie de l'IIPF (installation intérieure de protection foudre).

L'ensemble des masses métalliques de la structure (charpentes, conduites, blindages ou supports de canalisations électriques ou télécoms... etc) doit être relié par des conducteurs d'équipotentialité de section minimum 16 mm^2 cuivre ou 50 mm^2 acier à des barres d'équipotentialité disposées à l'intérieur de la structure et raccordé au plus court du circuit de terre.

Les conducteurs électriques ou télécoms non blindés sont reliés au système de protection contre la foudre par l'intermédiaire de parafoudres.



ÉQUIPOTENTIALITÉ DES PRISES DE TERRE

Voir chapitre prises de terre.

GÉNÉRALITÉS

Toute descente de paratonnerre doit être reliée à une prise de terre. Son but est l'écoulement et la dispersion du courant de foudre.

Cette prise de terre réunit 3 conditions indissociables :

■ Valeur ohmique de la prise de terre

Selon les normes françaises et étrangères ainsi que les spécifications techniques des diverses administrations, la valeur ohmique de la résistance de la prise de terre doit être inférieure à 10 ohms.

Cette valeur doit être mesurée sur la prise de terre isolée de tout autre élément de nature conductrice.

Si la valeur de 10 ohms n'est pas atteinte, on considère la prise de terre conforme si elle est constituée d'au moins 100 m de conducteurs ou d'électrodes, chaque élément ne dépassant pas 20 m.

PARATONNERRES

Patte d'oie

La prise de terre minimale est constituée par 25 mètres de ruban de cuivre étamé 30 x 2 mm, répartis en 3 brins enfouis dans 3 tranchées de 60 à 80 cm de profondeur, creusées en éventail formant une patte d'oie ; le plus long brin a

Piquets

Dans le cas où la topographie des lieux ne permet pas le développement d'une patte d'oie telle que décrit ci-dessus, on pourra réaliser une prise de terre à l'aide d'au moins 3 piquets de cuivre de longueur minimum de

Mixtes

Au cas où la prise de terre en patte d'oie serait jugée insuffisante en raison de la nature défavorable du sol, la combinaison patte d'oie/piquets de terre permettra d'obtenir

■ Capacité d'écoulement

Cette notion souvent négligée est primordiale en matière de courant de foudre. Afin de minimiser la valeur d'impédance d'onde, il est très fortement recommandé de placer 3 électrodes en parallèle plutôt qu'une électrode unique de trop grande longueur.

■ Équipotentialité

Les normes imposent la mise en équipotentialité des prises de terre paratonnerres avec les prises de terre existantes des structures protégées.

■ Regard de visite

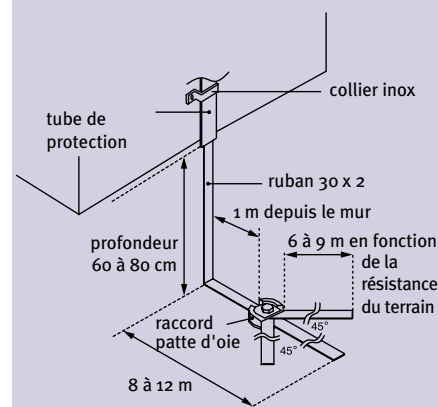
Les éléments de connexion d'une prise de terre peuvent être accessibles dans un regard de visite (raccord patte d'oie, piquets, joints de contrôle).

une extrémité reliée au joint de contrôle, les deux autres brins lui sont reliés à l'aide d'un raccord spécial appelé raccord patte d'oie.

2 m au moins, enfouis verticalement dans le sol ; ceux-ci seront distants les uns des autres d'environ 2 m ; une distance d'éloignement des fondations de 1 m à 1,50 m devra être respectée.

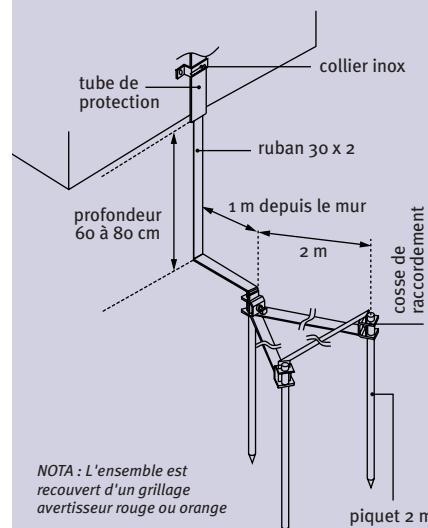
une amélioration certaine. Dans ce cas, chaque extrémité des brins de la patte d'oie est reliée à un piquet de terre.

TERRE PARATONNERRE EN PATTE D'OIE



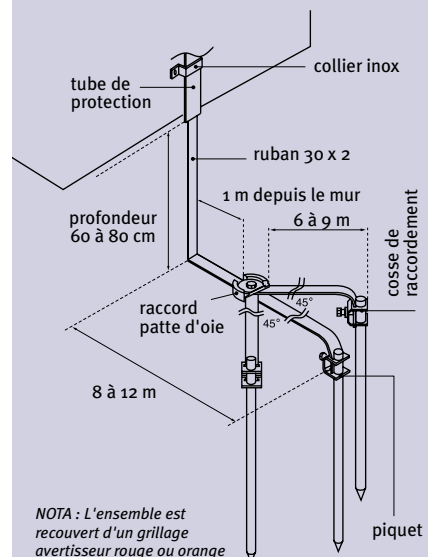
NOTA : L'ensemble est recouvert d'un grillage avertisseur rouge ou orange

PRISE DE TERRE PARATONNERRE PAR PIQUETS EN TRIANGLE



NOTA : L'ensemble est recouvert d'un grillage avertisseur rouge ou orange

PRISE DE TERRE PARATONNERRE EN PATTE D'OIE AVEC PIQUETS



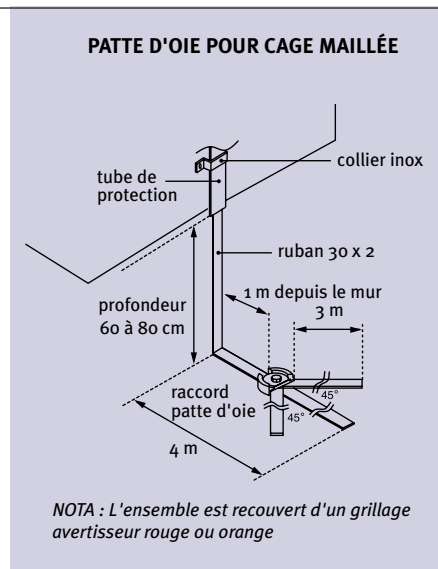
NOTA : L'ensemble est recouvert d'un grillage avertisseur rouge ou orange

CAGES MAILLÉES

Patte d'oie

La prise de terre est constituée par 3 conducteurs de 3 m de longueur, enfouis horizontalement de 60 à 80 cm de profondeur. L'un des brins est relié à une extrémité au joint de contrôle ; les

deux autres sont disposés à 45° de part et d'autre de ce brin central et lui sont reliés à l'aide d'un raccord spécial appelé raccord patte d'oie.



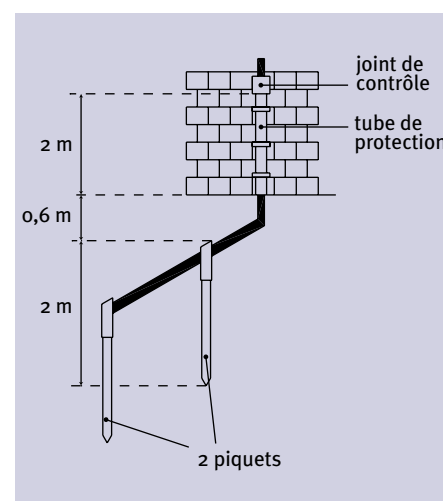
Piquets

La prise de terre est constituée par 2 piquets verticaux de 2 m au moins, reliés entre eux et à la descente, et distants l'un de l'autre d'au moins 2 m. Une distance d'éloignement des fondations de 1 m à 1,5 m devra être respectée.

Il convient de connecter entre elles les différentes prises de terre d'un même bâtiment

par un conducteur de même section et de même nature que les conducteurs de descente.

Lorsqu'il existe une prise de terre à fond de fouille pour les installations électriques du bâtiment, il n'est pas nécessaire de créer une nouvelle boucle : il suffit de lui relier chacune des prises de terre par un ruban de cuivre étamé 30 x 2 mm.



ÉQUIPOTENTIALITÉ DES PRISES DE TERRE

Lorsque le bâtiment ou le volume protégé comporte une prise de terre à fond de fouille pour les masses des installations électriques, les prises de terre des paratonnerres doivent lui être reliées.

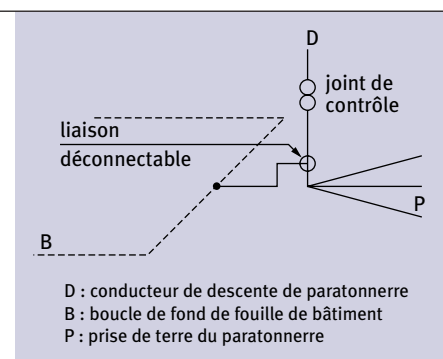
Cette interconnexion est réalisée de préférence sur le circuit de terre en fond de fouille directement au droit de la descente.

En cas d'impossibilité (bâtiment existant) l'interconnexion sera réalisée sur la plaque de terre. Dans ce cas, le cheminement du

conducteur de liaison doit être réalisé de façon à éviter une éventuelle induction sur les câbles des matériels situés à proximité.

Dans tous les cas, l'interconnexion doit être réalisée par un dispositif permettant sa déconnexion lors des mesures de résistance des prises de terre paratonnerres.

Ce dispositif peut être constitué soit par un boîtier de liaison équipotentielle fixé en façade, soit par une barre d'équipotentialité placée dans un regard de visite.



CONDITIONS DE PROXIMITÉ TERRE Foudre / SERVICES ENTERRÉS

Les normes NF C 17-102 et NF C 17-100 indiquent les distances minimales à respecter entre les

éléments constitutifs des paratonnerres et les services enterrés.

Ces distances ne sont applicables que dans le cas de canalisations qui ne sont pas électriquement connectées à la liaison équipotentielle principale du bâtiment.

Dans le cas de canalisations non métalliques, il n'y a pas lieu de respecter une distance minimale.

Services enterrés	Distances minimales (m)	
	Résistivité du sol $\leq 500 \Omega.m$	Résistivité du sol $\geq 500 \Omega.m$
Canalisation électrique HTA	0,5	0,5
Canalisation électrique BT sans prise de terre	2	5
Prise de terre / Réseau de distribution BT	10	20
Conduites métalliques de gaz	2	5

Les normes en vigueur préconisent des vérifications périodiques régulières des installations de protection contre la foudre.

Elles recommandent les périodicités suivantes :

	Périodicité normale	Périodicité renforcée
NIVEAU I	2 ANS	1 AN
NIVEAU II	3 ANS	2 ANS
NIVEAU III	3 ANS	2 ANS
NIVEAU IV	4 ANS	3 ANS

Dans le cas d'atmosphère corrosive, il est conseillé d'utiliser la périodicité renforcée.

De plus, un système de protection contre la foudre doit être vérifié lors de toute modification ou réparation de la structure protégée ou après

tout impact de coup de foudre enregistré sur la structure.

Un tel enregistrement peut se faire par un compteur de coups de foudre installé sur une des descentes.

Perche de contrôle des paratonnerres Pulsar, une solution unique

Fort de ses développements sur les paratonnerres à dispositif d'amorçage et sur leurs procédés particuliers de test, Hélipta propose une solution simple et complète : une perche télescopique de 8 mètres

associée à une valise de tests pour vous permettre de procéder à des contrôles in situ en toute facilité. Le démontage du Pulsar n'est pas nécessaire dans ce cas.

La vérification devra porter sur les points suivants (cf NF C 17-102 paragraphe 7.2.2 & NFC 17-100 paragraphe 4.2.2)

Une inspection visuelle doit être réalisée pour s'assurer que :

- aucune extension ou modification de la structure protégée n'impose la mise en place de dispositions complémentaires de protection,
- la continuité électrique des conducteurs visibles est bonne,
- la fixation des différents composants et les protections mécaniques sont en bon état,
- aucune partie n'est affaiblie par la corrosion,
- les distances de sécurité sont respectées et les liaisons équipotentielles sont suffisantes et en bon état.

Des mesures doivent être réalisées pour vérifier :

- la continuité électrique des conducteurs non visibles,
- la résistance des prises de terre (toute évolution doit être analysée)

Chaque vérification périodique doit faire l'objet d'un rapport détaillé reprenant l'ensemble des constatations et précisant les mesures correctives à prendre.

Lorsqu'une vérification périodique fait apparaître des défauts dans le système de protection contre la foudre, il convient d'y remédier dans les meilleurs délais afin de maintenir l'efficacité optimale du système de protection contre la foudre.

Une telle vérification doit être également réalisée lors de l'achèvement d'une installation neuve de protection contre la foudre.

