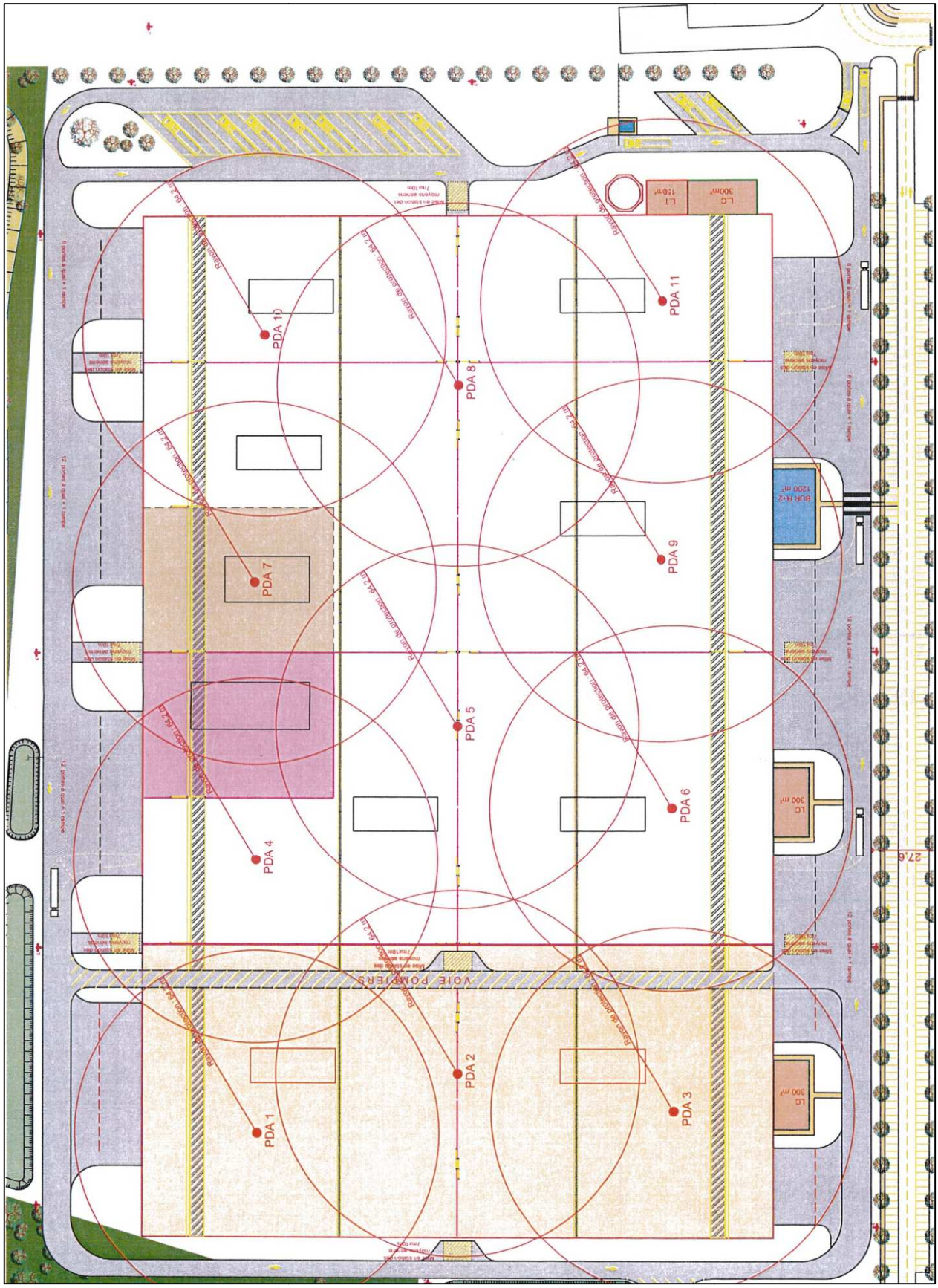
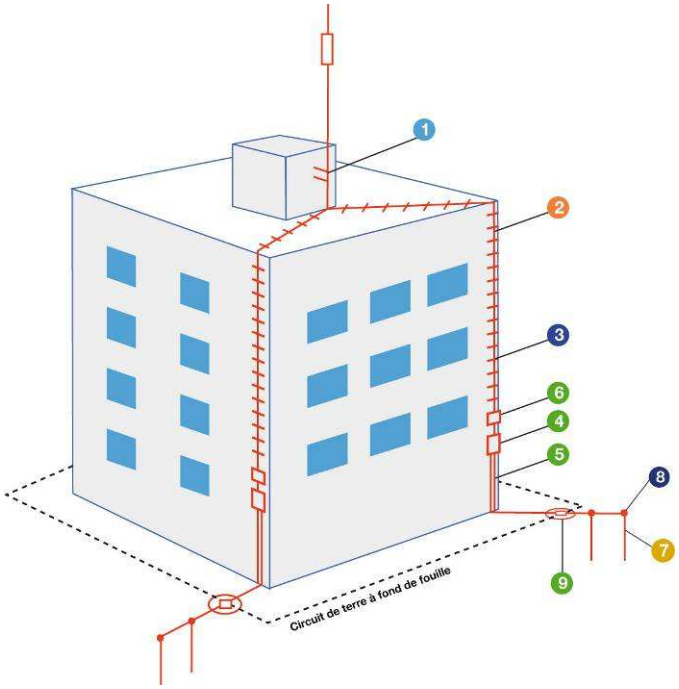
Plan d'implantation des paratonnerres



3.4. Principe d'une installation type par paratonnerre à dispositif d'amorçage

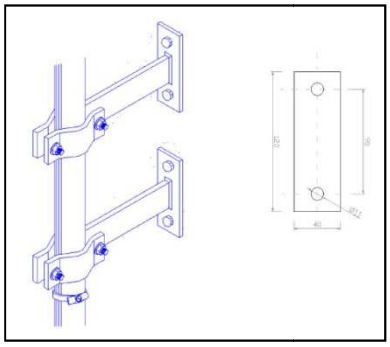
L'installation permet de capter et d'écouler à la terre le courant de foudre sans pénétrer à l'intérieur du bâtiment.

Les différents éléments composant l'Installation Extérieure de Protection Foudre doivent répondre à la série des normes CEI 62561, 1-7.

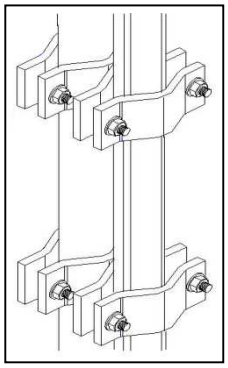


1 <u>Implantation et fixation du paratonnerre</u>

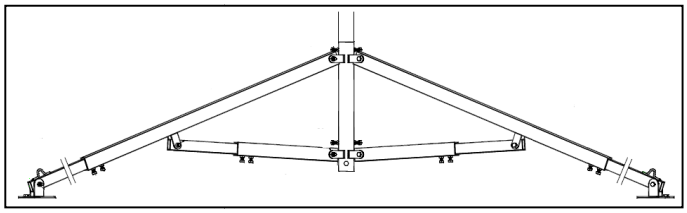
Le paratonnerre doit, d'une façon générale, dépasser les points hauts du bâtiment. Il doit être solidement fixé avec le type de fixation adapté au support et de manière à ne pas nuire à l'étanchéité de la toiture.



Pattes déport



Colliers de déport en X



Trépied auto-stable

2 Circuit de liaison à la terre

L'écoulement des courants de foudre, compte tenu de leur fréquence, se fait d'autant mieux sur des conducteurs offrant la plus grande surface latérale.

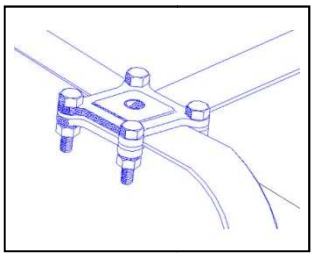
Conformément à la norme NF C 17-102 (septembre 2011), chaque paratonnerre sera relié à la terre par un circuit de descente. Ces circuits, constitués par du conducteur normalisé (cf. annexe 4), seront positionnés à l'extérieur du bâtiment et fixés à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.
Lorsque plusieurs PDA se trouvent sur le même bâtiment, les conducteurs de descente peuvent être mutualisés à condition que la distance de séparation calculée pour le système complet le permette.

Ces circuits sont destinés à canaliser le courant de foudre du dispositif de capture vers les prises de terre, le tracé est le plus rectiligne possible en empruntant le chemin le plus court et en évitant tout coude brusque ou remontée éventuelle. Les rayons de courbure sont supérieurs à 20 cm.

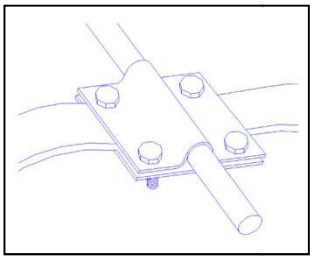
En cas d'installation de conducteurs de descente sur des murs en matériaux combustibles et de risque d'élévation dangereuse de température de la descente, une des exigences suivantes devra être respectée :
1ère exigence : respecter un écartement minimal de 0,10 m
2ème exigence : porter la section du conducteur à 100 mm².

Le tracé des descentes doit être choisi de manière à éviter la proximité des canalisations électriques et leur croisement. Dans la mesure du possible, les descentes doivent être éloignées des portes et accès du bâtiment.

Le raccordement des différents conducteurs entre eux s'opère par serrage à l'aide de pièces de raccordement et brasure.

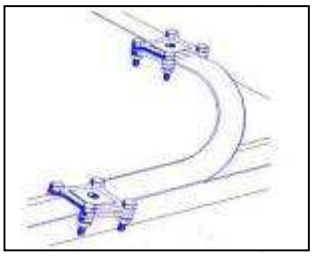


Raccord plat/plat



Raccord plat/rond

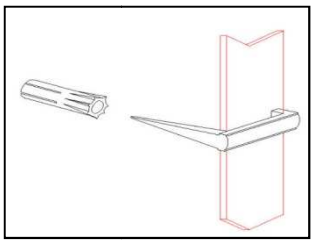
Pour le dévoiement des rubans de descente, des coudes formés sur chant sont utilisés. Les éléments métalliques extérieurs importants situés à moins d'un mètre des escentes leur sont reliés électriquement. Les éléments métalliques continus sur la hauteur du bâtiment sont interconnectés en partie haute et en partie basse.



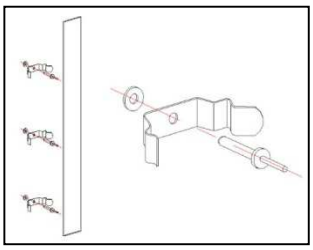
Coude sur chant

3 Fixation du conducteur

La fixation du conducteur est assurée par des attaches appropriées au support, à raison de trois au mètre.



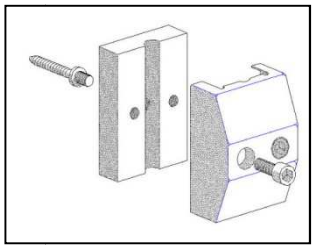
Fixation crampons et cheville pour béton



Fixation clips inox pour bardage

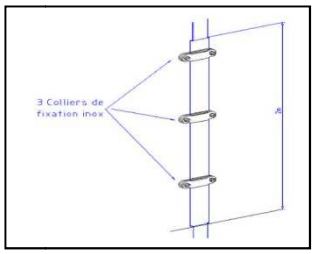
4 Joint de contrôle

Le bas de la descente est muni d'un joint de contrôle de très faible impédance en cupro alu permettant la mesure de la prise de terre. Celui-ci porte la mention paratonnerre et le repère prise de terre ; il est intercalé à 2 mètres au-dessus du sol.



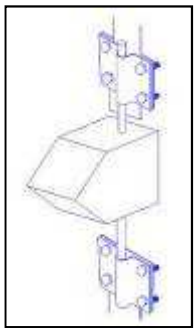
5 Tube de protection

Sous la borne, le conducteur de descente est protégé sur une hauteur de 2 m contre d'éventuels chocs mécaniques à l'aide d'un tube de protection en acier galvanisé.



6 Comptage des coups de foudre

Conformément aux dispositions définies dans l'application de l'arrêté, un dispositif de comptage de coups de foudre est intercalé sur la descente au-dessus de la borne de coupure.



7 Prise de terre paratonnerre

La prise de terre est le lieu de contact électrique entre le sol et l'installation de protection. De la qualité de ce contact dépend le bon écoulement des charges électriques vers le sol.

La prise de terre doit répondre aux exigences suivantes :
- résistance inférieure à 10 Ω
- valeur d'impédance d'onde la plus faible possible.

Afin de minimiser la force contre électromotrice qui vient s'ajouter à la montée en potentiel ohmique, il convient de ne pas réaliser des prises de terre constituées par un seul brin horizontal enterré ou par un seul piquet vertical.

En pratique, les prises de terre des installations paratonnerre sont réalisées en type « patte d'oie » ou « piquets triangulés » ou « piquets alignés »

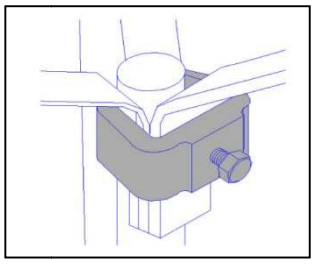
Patte d'oie

Piquets alignés

Piquets triangulés
(ensemble de 3 piquets)

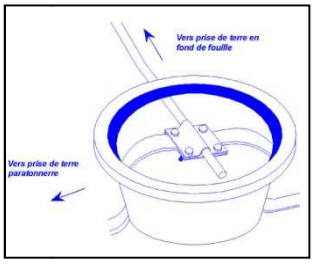
8 Connexion sur les piquets de terre

Le raccordement du conducteur sur les piquets est réalisé à l'aide de colliers de serrage.

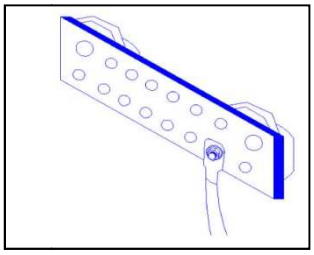


9 Regard de visite

Si le bâtiment comporte un circuit de terre à fond de fouille pour les masses des installations électriques, les prises de terre paratonnerre lui sont reliées par du conducteur en cuivre section 50mm².



Dans le cas où le circuit à fond de fouille ne serait pas identifiable lors des travaux de terrassement, la prise de terre paratonnerre est interconnectée sur la barrette de terre la plus proche.



D'une façon générale, les différentes prises de terre sur le site doivent être interconnectées entre elles et les structures métalliques reliées à la terre, l'objectif recherché étant lorsque le bâtiment est directement atteint par la foudre d'éviter l'apparition de différences de potentiel dangereuses susceptibles de provoquer des incendies ou des explosions.

- **Chronologie des travaux d'installation d'un paratonnerre**

Étape 1
- Réalisation des tranchées nécessaires à la réalisation des prises de terre.
- Un permis de fouille est nécessaire pour s'assurer qu'il n'existe pas de réseaux enterrés (câbles électriques, canalisations d'eau, gaz, etc…) susceptibles d'être endommagés.

Étape 2
- Création des prises de terre par fonçage de piquets et mise en place du circuit en cuivre étamé 50mm^2 reliant les piquets de terre entre eux.
- La valeur des prises de terre doit être inférieure à 10 Ω.
- Mise en place des regards de visite permettant d'interconnecter les prises de terre paratonnerre avec la terre des masses du bâtiment.

Étape 3
- Pose du tube de protection et du joint de contrôle dans le bas de chaque descente.
- Raccordement du compteur de coups de foudre au-dessus du joint de contrôle.

Étape 4
- Mise en place des circuits de descente en cuivre étamé 50mm^2, fixés à raison de trois attaches au mètre.
- L'installation peut être réalisée à la corde avec harnais de sécurité et stop chute ou nacelle élévatrice.

Étape 5
- Mise en place du circuit de toiture, fixé au moyen d'attaches adaptées au support et de façon à ne pas nuire à l'étanchéité (tous les 33 cm).

Étape 6
- Installation du paratonnerre et raccordement aux circuits de descente à la terre.

- **Qualification de l'entreprise**

La mise en œuvre des préconisations doit être réalisée par une société spécialisée et agréée *Qualifoudre*. La qualité de l'installation des systèmes de protection est essentielle pour assurer une efficacité de la protection foudre. L'entreprise devra fournir son attestation *Qualifoudre* à la remise de son offre.

- **La marque *Qualifoudre***

La marque *Qualifoudre* identifie les sociétés compétentes dans le domaine de la foudre. Ce label garantit la qualité des services fournis liés à la protection et la prévention contre la foudre. Il peut être attribué aux fabricants, aux bureaux d'études, aux installateurs et aux bureaux de contrôle.

L'INERIS vérifie, selon les exigences définies dans le référentiel, que les moyens mis en œuvre par l'entreprise qualifiée sont appropriés et suffisants.

4. INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE (IIPF)

4.1. Rappel

Les surtensions transitoires peuvent être définies comme des élévations rapides élevées et souvent imprévisibles du potentiel d'un point donné.

Les parafoudres sont des appareils de sécurité dont le rôle est d'empêcher que la tension ne dépasse un seuil compatible avec le bon fonctionnement des équipements. Ils sont raccordés en parallèle ou en série sur la ligne qui alimente l'équipement à protéger et permettent d'écrêter puis d'écouler à la terre une surtension apparaissant aux bornes de l'équipement.

Les modules parafoudres sont constitués par l'association de composants tels que varistances et diodes permettant d'obtenir les caractéristiques essentielles à leur fonction qui sont entre autres, temps de réponse court, pouvoir d'écoulement important.

Rappel sur les catégories de tenue aux chocs des matériels :

- catégorie 1 — Composants électroniques dont la tension de tenue aux chocs est faible. Cette tension de tenue aux chocs est spécifiée par le constructeur
- catégorie 2 — Matériels d'utilisation destinés à être connectés à l'installation électrique fixe du bâtiment. Leur tenue aux chocs est au moins égale à 2 kV
- catégorie 3 — Matériels appartenant à l'installation fixe et d'autres matériels pour lesquels un plus haut niveau de fiabilité est demandé. Leur tenue aux chocs est au moins égale à 4 kV
- catégorie 4 — Matériels utilisés à l'origine ou au voisinage de l'origine de l'installation en amont du tableau de distribution. Leur tenue aux chocs est au moins égale à 6 kV.

Les installations Basse Tension peuvent être soumises à des surtensions d'origine atmosphérique dans les cas suivants :

- coup de foudre direct sur le réseau HTA : un tel coup de foudre engendre une surtension qui se transmet partiellement sur le réseau BT, par couplage des enroulements du transformateur HTA/BT ou par couplage des prises de terre
- coup de foudre direct sur le réseau BT
- coup de foudre à proximité d'un réseau HTA : une surtension induite sur le réseau HTA est transmise au réseau BT ; elle est moins énergétique qu'un coup de foudre direct
- coup de foudre à proximité d'un réseau BT : une surtension est induite sur ce réseau par couplage électromagnétique
- coup de foudre au sol dans le voisinage immédiat d'un bâtiment ou sur un bâtiment équipé d'un paratonnerre : le potentiel de la terre de l'installation s'élève.

Nota : la norme NF C 15-100 impose l'installation d'un parafoudre (type 1) sur l'alimentation principale d'un bâtiment équipé d'un paratonnerre.

4.2. Equipements recensés importants pour la sécurité sur le site

Dans cette étude, nous avons opté pour une démarche ciblée visant à prendre en compte la protection contre les effets indirects de la foudre des équipements importants pour la sécurité et dont la perte serait à l'origine d'un risque potentiel ou dégraderait le niveau de sécurité.

On considère comme fonction, équipement et paramètre de fonctionnement important pour la sécurité, des installations dont le dysfonctionnement les placerait en situation dangereuse ou susceptible de le devenir, en fonctionnement normal, en fonctionnement transitoire ou en situation accidentelle.

Certains autres équipements peuvent contribuer à assurer sur le site un niveau de sécurité mais pour lesquels, cependant, un défaut n'entraînerait pas une situation à risque majeur.

Les équipements recensés importants pour la sécurité qui pourraient, en cas de destruction ou de dysfonctionnement, nuire à la sécurité d'une manière générale sont :

- **la détection incendie**
- **l'alarme anti-intrusion**
- **la détection gaz (chaufferie)**
- **les motopompes sprinkler.**

Cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site.

5. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION INTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IIPF)

5.1. Généralités sur le principe de protection contre les surtensions transitoires

La protection a deux objectifs :

- éviter qu'une surtension ne soit à l'origine d'un dysfonctionnement d'un équipement important pour la sécurité
- éviter qu'une surtension ne soit à l'origine d'un amorçage dans une zone à risque.

Il est donc nécessaire d'assurer une continuité de service du matériel important pour la sécurité vis-à-vis des risques foudre. Par conséquent, une protection est à mettre en place sur les équipements concernés.

Dans tous les cas et pour chaque élément, le niveau de fiabilité déterminé comme nécessaire par cette étude vis-à-vis du risque foudre devra être atteint.

5.2. Les types de parafoudres

- Définitions :
  - Iimp (kA) : courant impulsionnel foudre de forme d'onde 10/350 µs pouvant être écoulé par le parafoudre sans destruction
  - Imax (kA) : courant maximal de décharge : valeur du courant impulsionnel de forme d'onde 8/20 µs pouvant être écoulé par le parafoudre avant d'être détruit
  - In (kA) : courant nominal de décharge : valeur du courant impulsionnel de forme d'onde 8/20 µs pouvant être écoulé par le parafoudre au moins 15 fois avant d'être détruit
  - Up (kV) : niveau de protection : valeur indiquant la tension résiduelle maximale qui sera transmise au matériel à protéger après fonctionnement du parafoudre. C'est la tension disponible à ses bornes lors de l'écoulement d'un courant de décharge
  - Uoc : tension de décharge combinée utilisée pour les parafoudres de type 3.

- Parafoudres de type 1 (classe d'essai 1 selon la norme NF EN 61643-11)
  - Niveau de protection Up : ≤ 2,5 kV
  - Courant de choc Iimp (onde 10/350) µs) ≥ 12,5 kA
  - Préconisations : tableau général BT en particulier si présence de paratonnerre sur le bâtiment ou à moins de 50 mètres du paratonnerre.

- Parafoudres de type 2 (classe d'essai 2 selon la norme NF EN 61643-11)
  - Niveau de protection Up : ≤ 2,5 kV
  - Courant nominal In (onde 8/20) µs) : ≥ 5 kA
  - Préconisations : tableaux et circuits divisionnaires.

- Parafoudres de type 3 (classe d'essai 3 selon la norme NF EN 61643-11)
  - Niveau de protection Up en mode commun et mode différentiel : ≤ 1,5 kV (le mode commun étant la protection entre conducteurs de terre, le mode différentiel étant la protection entre conducteurs)
  - Courant nominal In (onde 8/20) µs) : 1 kA
  - Préconisations : protection fine des appareils terminaux.

- Parafoudres de type 1+2 : parafoudres qui satisfont aux essais de parafoudres de type 1 et de type 2.

Nota : le dispositif de protection des courants de défaut et les surintensités est défini par le fabricant du parafoudre.

5.3. Protection à réaliser sur l'alimentation électrique du réseau BT

La protection IIPF sera réalisée comme suit :

Type de parafoudre	Localisation
1 parafoudre Type 1 Tri + N - Iimp 12,5 kA	TGBT du bâtiment B
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant la détection incendie
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant l'alarme anti-intrusion
1 parafoudre Type 2 Tri + N - Up 1,5 kV	Armoire alimentant la détection fuite de gaz (chaufferie)
1 parafoudre Type 2 Tri + N - Up 2 kV	Armoire alimentant les motopompes sprinkler

Nota : cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site.

Remarque :
La configuration retenue pour le bâtiment est la suivante : 1 TGBT principal alimente les armoires divisionnaires de chaque cellule.
Dans le cas où chaque cellule serait alimentée en direct par une ligne BT extérieure, un parafoudre de type 1 devra être installé dans chaque armoire divisionnaire.

5.4. Détermination des caractéristiques du parafoudre type 1

Détermination du courant limp que doit pouvoir écouler le parafoudre sans destruction : le parafoudre doit pouvoir écouler au minimum 50 % du courant de foudre direct en onde 10/350 µs.

Niveau de protection	Courant de foudre direct maxi (kA)
I	200
II	150
III	100
IV	100

Le niveau de protection calculé dans l'Analyse du Risque Foudre conduit à déterminer le courant foudre que doit pouvoir écouler le parafoudre. Ce courant est donné par la formule suivante :

$$limp = \frac{Imax\ direct}{2} \times \frac{1}{m.n}$$

(m = nombre de lignes)
(n = nombre de pôles)

Caractéristiques des parafoudres type 1 en fonction du niveau de protection :

- niveau de protection Up : ≤ 2,5 kV

Courant de choc limp (onde 10/350 µs) : ≥ 12,5 kA. (cf. tableau ci-dessous)

Niveau de protection	IT avec neutre (4 pôles) limp (kA)	IT sans neutre (3 pôles) limp (kA)	TN-C (3 pôles) limp (kA)	TN-S (4 pôles) limp (kA)
I	25	33,3	33,3	25
II	18,75	25	25	18,75
III	12,5	16,7	16,7	12,5
IV	12,5	16,7	16,7	12,5

Nota : les lignes de télécommunication ne sont pas prises en compte.

Les travaux doivent être réalisés par une société spécialisée, certifiée QUALIFOUDRE. L'emplacement et le type de parafoudre (coffret ou module) sera défini par l'installateur en concertation avec le service technique du site en fonction de la place disponible dans les tableaux.

5.5. Règles pour le raccordement des parafoudres

5.5.1. Parafoudre type 1 dans un Tableau Général Basse Tension (TGBT)

La protection Type 1 doit être raccordée au niveau du jeu de barres principal de chaque TGBT, conformément à la norme NF C 15-100 et au guide UTE C 15-443.

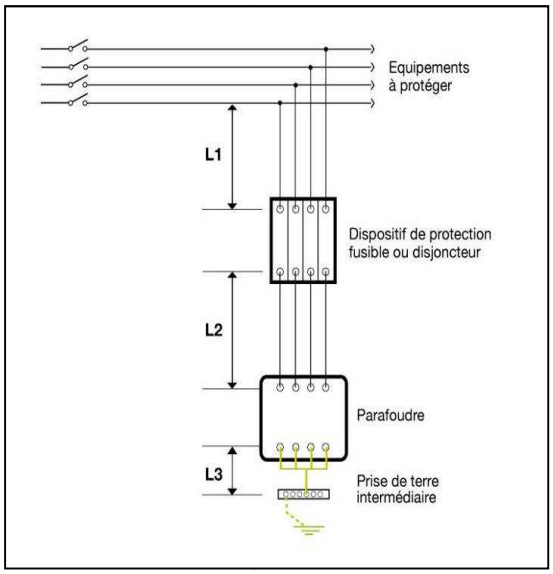
Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (ex : HPC125 A, disjoncteur 250 A…).

Le parafoudre doit permettre une bonne tenue aux chocs de foudre, ainsi qu'une résistance aux courants de court-circuit adaptée. Il doit également garantir la protection contre les contacts indirects en cas de destruction du parafoudre.

Il est conseillé de prévoir la signalisation du déclenchement du dispositif de protection.

Le raccordement doit être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible. La longueur de câble cumulée L1+L2+L3 ne devra pas excéder 0,50 mètre.

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au guide UTE C 15-443.



5.5.2. Parafoudre type 2 dans une armoire divisionnaire

La protection Type 2, est dédiée à la protection contre les effets indirects de la foudre et a pour but de limiter la tension résiduelle de la protection primaire.

La protection de type 2 doit être raccordée dans les armoires divisionnaires alimentant les équipements recensés importants pour la sécurité.

Le niveau de protection est inférieur à 1,5 kV (tenue aux chocs réduite) pour les matériels connectés à une installation fixe et dont la tenue aux chocs ne dépasse pas 1,5 kV suivant NF C 15-100.

La protection Type 2 doit être raccordée au niveau de l'armoire en amont du matériel classé important pour la sécurité, conformément à la NF C 15-100 et du guide UTE C 15-443.

La protection est débrochable afin de faciliter les opérations de maintenance.

Une signalisation par voyant mécanique indiquera le défaut (en option un contact inverseur pourra assurer le report d'alarme à distance).

Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (ex : fusible 50 AgG, disjoncteur 32 A courbe C…).

Le dispositif de protection doit permettre une bonne tenue aux chocs de foudre, ainsi qu'une résistance aux courants de court-circuit adaptée. Il doit également garantir la protection contre les contacts indirects après destruction du parafoudre.

Le raccordement doit être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible. La longueur de câble cumulée, du parafoudre/barres et parafoudre/terre, ne devra pas excéder 0,50 mètre.

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au guide UTE C 15-443 (les règles de raccordement sont identiques à celles du parafoudre type 1 indiquées sur le schéma ci-dessus).

6. MOYENS DE PREVENTION

6.1. Protection contre les tensions de contact à proximité des conducteurs de descente

Les risques sont réduits à un niveau tolérable si une des conditions suivantes est satisfaite :

- la probabilité pour que les personnes s'approchent et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible
- les conducteurs naturels de descente sont constitués de plusieurs colonnes de la structure métallique de la structure ou de plusieurs poteaux en acier interconnectés, assurant leur continuité électrique
- la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres vivants en raison des tensions de contact telles que:

- l'isolation des conducteurs de descente est assurée pour 100 kV, sous une impulsion de choc 1,2/50 µs, par exemple par une épaisseur minimale de 3 mm en polyéthylène réticulé
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes (voir ISO 3864-1).

Des pancartes d'avertissement seront installées sur les descentes cheminant à proximité des zones de passage du personnel.

6.2. Mesures de protection contre les tensions de pas

Les risques pour les personnes peuvent être considérées comme négligeables si les conditions suivantes sont satisfaites :

- la probabilité pour que les personnes s'approchent et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible
- la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres vivants en raison des tensions de pas telles que :

- équipotentialité au moyen d'un réseau de terre maillé
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes (voir ISO 3864-1).

6.3. Mesures actives

Le danger est effectif lorsque l'orage est proche et, par conséquent, la sécurité des personnes en période d'orage doit être garantie.

Les personnels doivent être informés du risque consécutif soit à un foudroiement direct, soit à un foudroiement rapproché :

- un homme sur une toiture représente un pôle d'attraction
- lorsque le terrain est dégagé à environ 15 mètres du bâtiment ou d'un pylône d'éclairage par exemple, il y a risque de foudroiement direct ou risque de choc électrique par tension de pas
- toute intervention sur un réseau électrique (même un réseau de capteurs) présente des risques importants de choc électrique par surtensions induites.

Les formations, les procédures, les instructions lors des permis de feu ou de travail doivent par conséquent informer ou rappeler ce risque.

En période d'orage proche, on ne doit pas

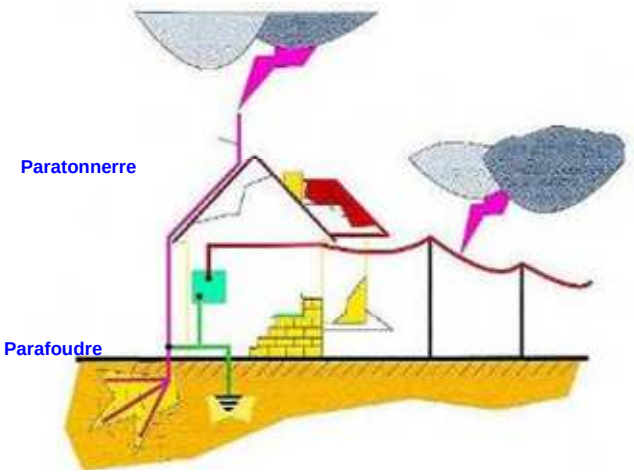
- entreprendre de tournée d'inspection
- travailler en hauteur
- rester dans les endroits dégagés ou à risques tels que définis précédemment.

7. ÉQUIPOTENTIALITE DES PRISES DE TERRE ET DES STRUCTURES METALLIQUES (GENERALITES)

La protection des réseaux locaux contre les phénomènes électriques dangereux fait appel à un nombre important de mises à la terre, dont la qualité de réalisation conditionne pour une grande part l'efficacité de la protection recherchée, et en particulier celle des parafoudres.

La construction des mises à la terre de protection revêt donc une importance particulière car, bien que non indispensable le plus souvent au fonctionnement des équipements, elles en complètent la protection, fonction essentielle pour la qualité de service et la limitation des coûts de maintenance.

D'une façon générale, les différentes prises de terre sur le site doivent être interconnectées entre elles et les structures métalliques reliées à la terre ; l'objectif recherché étant, lorsque le bâtiment est directement atteint par la foudre, d'éviter l'apparition de différences de potentiel dangereuses susceptibles de provoquer des incendies ou des explosions.



8. ÉQUIPOTENTIALITE DES CANALISATIONS / TUYAUTERIES AVEC LA TERRE (GENERALITES)

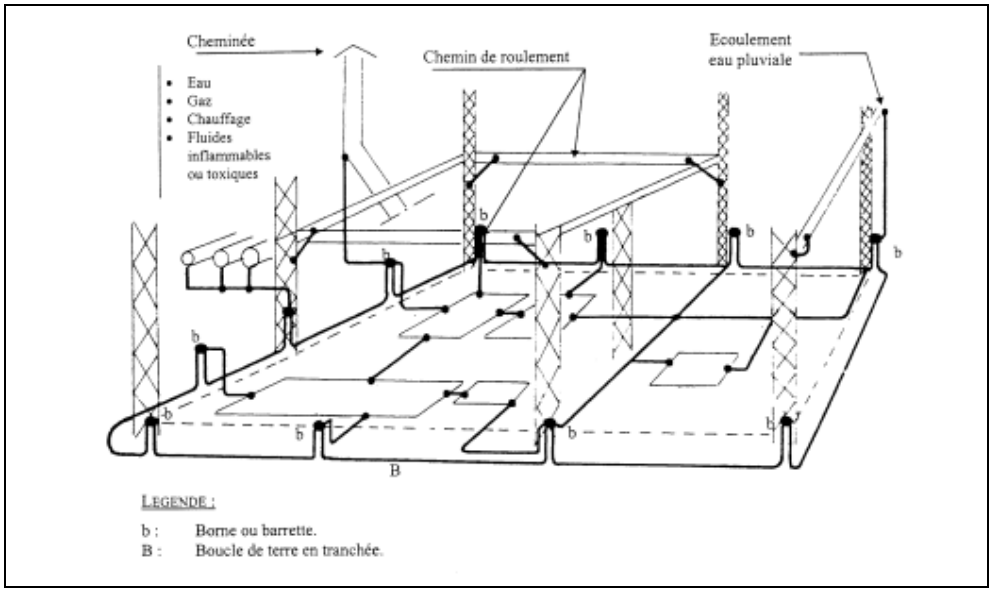
Suivant les recommandations du rapport GESIP n°2009/01, si l'épaisseur des différentes canalisations éventuellement existantes sur le site est supérieure à 4 mm, celle-ci peut assurer la capture et l'écoulement de courant de foudre sans risque de perçage ou de point chaud.

Il faut pour autant s'assurer d'une mise à la terre correcte des différentes tuyauteries.

Les masses métalliques telles que charpentes, armatures, chemins de roulement des ponts roulants, châssis de machines, réservoirs, silos, évents, chemins de câbles, etc… doivent être interconnectées et reliées électriquement à la terre. On crée ainsi dans chaque structure, en prenant en compte les composants conducteurs naturels, un ensemble équipotentiel et maillé relié au réseau de terre.

Dans sa mise en œuvre et en particulier pour les tuyauteries de toute nature, l'équipotentialité sera d'autant plus rigoureuse que la zone considérée sera dangereuse.

Réseau équipotentiel - Plan de masse



Extrait du rapport GESIP n°2009/01

9. PROCEDURES DE VERIFICATION PERIODIQUE

Il convient que l'inspection d'un système de protection soit menée par un spécialiste. Les vérifications ont pour objet de s'assurer que :

- l'installation de protection contre la foudre est conforme à la conception de l'étude technique
- tous les composants de l'installation de protection contre la foudre sont en bon état et peuvent assurer les fonctions auxquelles ils sont destinés et qu'il n'y a pas de corrosion
- toutes les dispositions ou constructions récemment ajoutées sont intégrées dans le système de protection contre la foudre.

La norme NFC 17-102 de septembre 2011 fixe les périodicités suivantes :

- **vérification complète au plus tard 6 mois après l'installation des protections sur le site**
- **vérification visuelle tous les 2 ans**
- **vérification complète tous les 4 ans.**

De plus, il convient d'inspecter le système de protection lors de toute modification ou réparation de la structure protégée.

En cas de coup de foudre enregistré, une vérification visuelle des dispositifs de protection doit être réalisée dans un délai maximum d'un mois.

Si l'une de ces vérifications fait apparaître la nécessité d'une remise en état, celle-ci doit être réalisée dans un délai maximum d'un mois.

Lors des inspections périodiques, les points suivants doivent être particulièrement contrôlés :

- vérification de la documentation technique pour s'assurer de la conformité à la norme et de la cohérence avec les plans d'exécution
- aucune extension de la structure protégée n'impose de protection complémentaire
- la détérioration et la corrosion des dispositifs de capture, des conducteurs et des connexions
- la corrosion des prises de terre
- la résistance globale de la prise de terre (excepté pour la vérification visuelle)
- les connexions, les équipotentialités et les fixations
- aucun dommage du système de protection des parafoudres et des fusibles n'est relevé.

Des vérifications régulières constituent le principe même d'un entretien fiable d'une installation de protection contre la foudre. Toute défectuosité constatée doit être réparée sans retard.

9.1. Procédure de vérification périodique des installations paratonnerre

Les points de vérification sont les suivants :

- Niveau de protection
  Contrôle du rayon de protection offert par le paratonnerre en vérifiant que les différents points protégés n'ont pas fait l'objet de modifications pouvant entraîner une diminution de la protection.

- Etat des dispositifs de capture
  Examen du paratonnerre proprement dit et test du dispositif d'amorçage, de la qualité de la liaison du conducteur au dispositif, de la bonne tenue de la fixation sur le support.

- Continuité électrique du circuit en toiture
  Examen visuel du conducteur.

- Equipotentialité des masses métalliques
  Vérification de l'interconnexion des différentes masses métalliques au conducteur de toiture.

- Etat des conducteurs de descente
  Contrôle visuel du conducteur.

- Fixation des circuits de descente
  Le conducteur doit être maintenu sur le support à raison de trois fixations au mètre. Le contrôle est visuel ou manuel en fonction de l'accessibilité.

- Tube de protection et joint de contrôle
  Vérification de la continuité du joint de contrôle et de l'état du tube destiné à la protection mécanique du conducteur dans le bas de la descente.

- Comptage des coups de foudre
  Relevé des indications enregistrées sur le compteur de coups de foudre intercalé sur la descente paratonnerre.

- Valeur ohmique des prises de terre paratonnerre (excepté pour la vérification visuelle)
  L'efficacité de la protection est directement liée à la résistance de la prise de terre qui doit être inférieure à 10 Ohms. Celle-ci peut évoluer dans le temps, c'est pourquoi elle doit être vérifiée.
  La mesure est faite avec un appareil type Téluohmètre par la méthode des trois points.

- Equipotentialité des prises de terre
  D'une façon générale, les différentes prises de terre sur un site doivent être interconnectées entre elles et toutes les masses métalliques reliées à la terre. L'objectif recherché étant lorsque le bâtiment est directement atteint par la foudre d'éviter l'apparition de différences de potentiel dangereuses.

- Rapport de vérification
  A l'issue de la mission de vérification périodique, il sera rédigé les documents de contrôle et le descriptif technique concernant les éventuels travaux de remise en conformité. Cette prestation fait l'objet d'un contrat de vérification.

9.2. Procédure de maintenance des installations paratonnerres

Une personne responsable doit être désignée par le chef d'établissement pour répondre aux exigences de l'arrêté ministériel.

Une procédure définira les conditions d'action de cette personne qui doit, lors de tous travaux sur la structure protégée ou sur le voisinage, s'assurer :

- qu'il n'est pas porté préjudice à l'installation de protection foudre
- que tous les éléments naturellement conducteurs sont convenablement reliés aux conducteurs de l'installation de protection foudre.

Après une activité orageuse locale, chaque impact enregistré par un compteur de coups de foudre doit être daté et consigné dans le carnet de bord. L'incrémentation d'un compteur déclenche obligatoirement une vérification de l'installation.

On peut également, en complément, organiser un relevé trimestriel des impacts affichés par les compteurs de coups de foudre.

Le carnet de bord est un document qui doit être tenu à disposition de l'inspection des installations classées (cf. § 11). Dans ce document sont consignés tous les évènements survenus dans l'installation de protection foudre :

- modification
- vérification
- coup de foudre
- opération de maintenance.

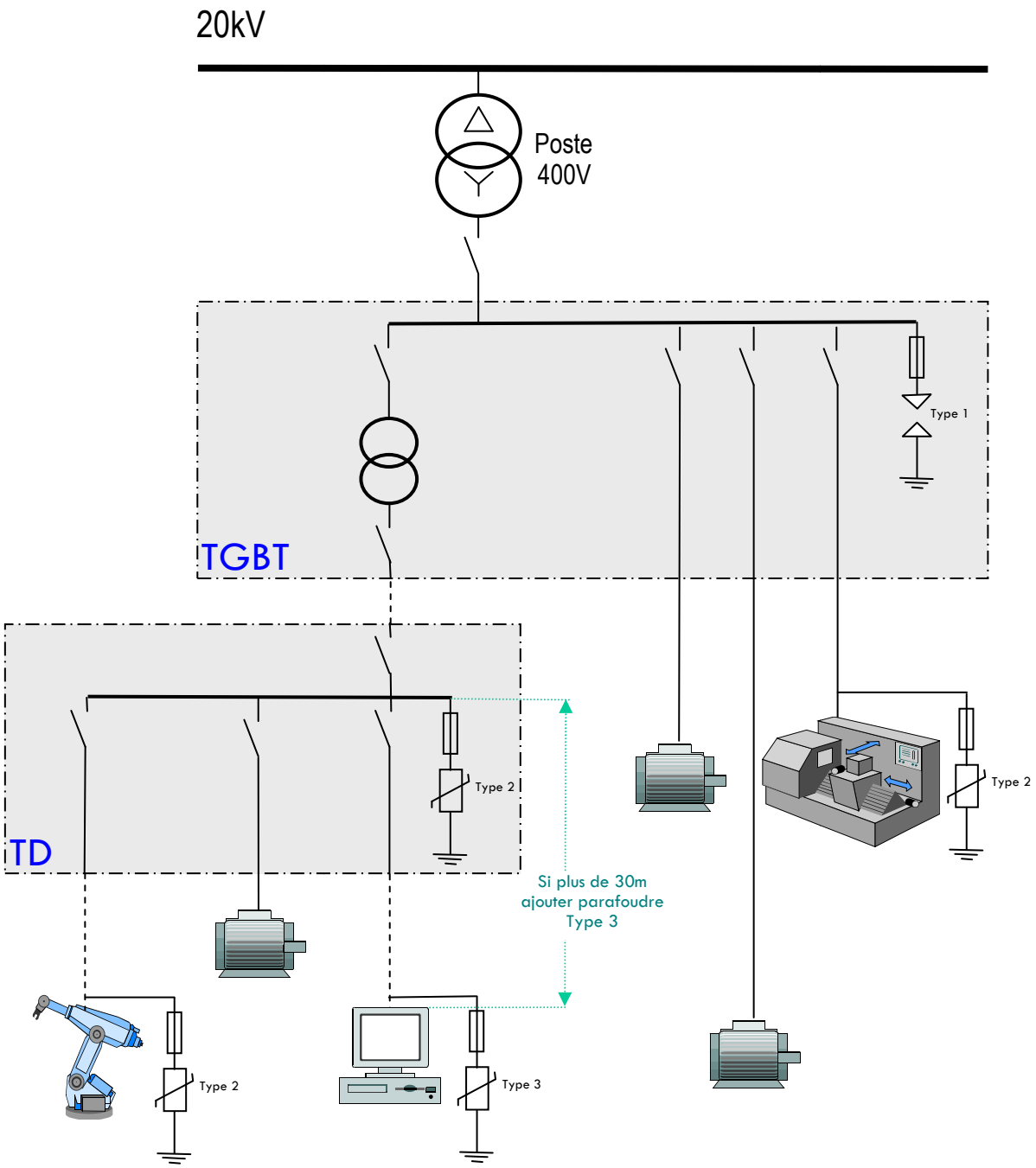
9.3. Procédure de vérification et maintenance des parafoudres

Lors des inspections périodiques, les points suivants doivent être vérifiés :

- l'état de fonctionnement du parafoudre visualisé par un voyant éventuel
- l'état des fusibles sur le circuit d'alimentation du parafoudre
- la conformité du raccordement du parafoudre (règle des 50 cm respectée)
- les connexions sont serrées et aucune rupture de conducteur ou de jonction n'existe
- aucune partie du système n'est fragilisé par la corrosion
- il n'existe pas d'ajouts ou de modification nécessitant une protection complémentaire
- le cheminement des câbles est maintenu.

ANNEXES :
FICHES TECHNIQUES

Annexe 1 : Schéma type d'une protection par parafoudres



Annexe 2 : Règles d'installation des parafoudres

(Extrait du guide UTE C 15-443)

1) Emplacement du parafoudre dans l'installation

Le parafoudre (et ses dispositifs de protection) destiné à protéger une installation doit être installé le plus près possible de l'origine de l'installation. Le parafoudre complémentaire destiné à protéger un matériel particulièrement sensible est installé à proximité de ce matériel.

2) Raccordement des parafoudres dans un tableau électrique

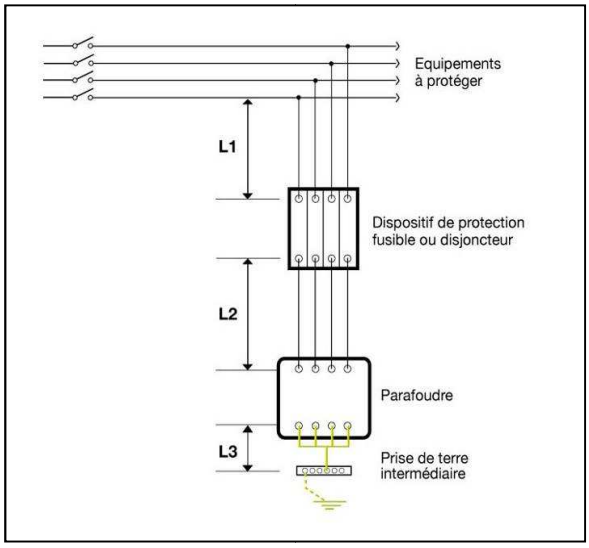
Les conducteurs de raccordement sont ceux reliant les conducteurs actifs au parafoudre et reliant le parafoudre à la liaison équipotentielle ou au conducteur de protection ou au PEN. Ils doivent avoir une section minimale de 4 mm2 en cuivre. En cas de présence d'un paratonnerre, cette section minimale est de 10 mm2.

Règle 1 : la longueur L (L1+L2+L3) doit être inférieure à ,50 m en utilisant des borniers de raccordement intermédiaires si nécessaire.

Règle 2 : réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE en les regroupant ensemble d'un même côté du tableau.

Règle 3 : séparer les câbles d'arrivée (en provenance du réseau) et les câbles de départ (vers installation) pour éviter de mélanger les câbles perturbés et les câbles protégés. Ces câbles ne doivent pas non plus traverses la boucle (règle 2).

Règle 4 : plaquer les câbles contre la structure métallique du tableau lorsqu'elle existe afin de minimiser la boucle de masse et de bénéficier de l'effet réducteur des perturbations.



3) Mise à la terre de l'installation

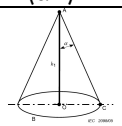
L'installation de parafoudre n'entraîne pas d'exigence particulière en ce qui concerne la valeur de la résistance de la prise de terre des masses. Les valeurs des prises de terre des masses qui résultent de l'application de la norme NF C 15-100 sont satisfaisantes pour l'installation de parafoudres. Dans le cas d'une installation comportant un paratonnerre, la valeur de la résistance de la prise de terre du paratonnerre connectée à la prise de terre des masses doit être inférieure ou égale à 10 Ohms. Si différentes prises de terre existent pour un même bâtiment, elles doivent être interconnectées. Dans le cas d'une installation desservant plusieurs bâtiments, il est aussi recommandé d'interconnecter les prises de terre de ces bâtiments si la distance est courte.

4) Maintenance/Remplacement

Il convient de vérifier régulièrement leur état. Ceci consiste à vérifier l'indicateur du parafoudre ainsi que celui des dispositifs de protection associés. En cas de défaut signalé par l'un de ces indicateurs, il convient de changer le ou les éléments défectueux.

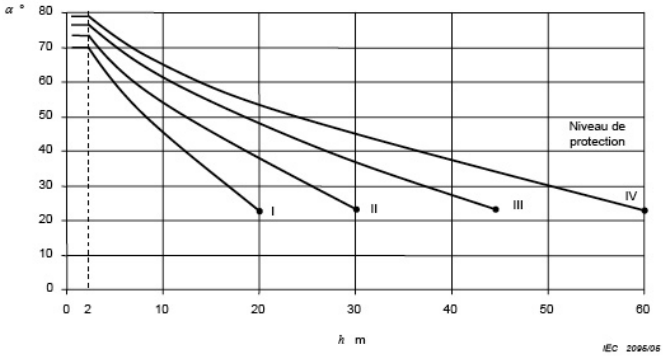
Annexe 3 : Méthode de positionnement des systèmes de protection foudre

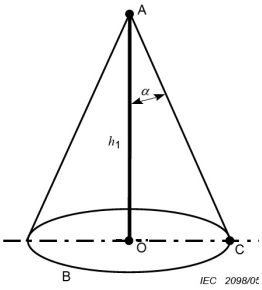
En fonction du niveau de protection défini dans l'Analyse du Risque Foudre, les valeurs de l'angle de protection, du rayon de la sphère fictive, des dimensions des mailles et des rayons de protection des paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) sont données dans le tableau ci-dessous :

	Méthode de protection				
Niveau de protection	Courant de foudre direct maxi (kA)	Rayon de la sphère fictive (m)	Dimension des mailles (m)	Angle de protection (α °)	Rayon de protection du PDA
I	200	20	5 x 5		Cf. page suivante
II	150	30	10 x 10		
III	100	45	15 x 15		
IV	100	60	20 x 20		

Méthode de l'angle de protection

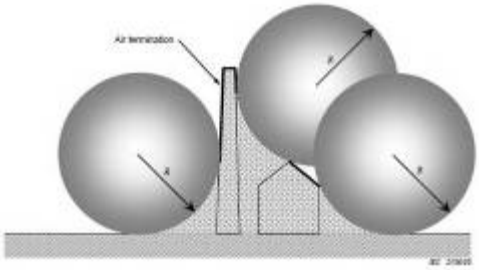
Conformément au tableau ci-dessous, l'angle de protection α varie en fonction du niveau de protection et selon les différentes hauteurs du dispositif de capture au-dessus de la surface à protéger. Le volume protégé par une tige de capture verticale est censé avoir la forme d'un cône droit ayant pour axe la tige de capture, de demi-angle α fonction du type de SPF, et de la hauteur de la tige de capture.





Note 1 : non applicable au-delà des valeurs marquées •. Seules les méthodes de la sphère fictive et des mailles sont applicables en ce cas.
Note 2 : *H* est la hauteur du dispositif de capture au-dessus de la zone à protéger.
Note 3 : l'angle ne changera pas pour des valeurs de *H* inférieures à 2 m.

Méthode de la sphère fictive



Niveau de protection	Rayon de la sphère fictive (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

En appliquant cette méthode, le positionnement du dispositif de capture est approprié si aucun point du volume à protéger n'est en contact avec le rayon de la sphère *r* roulant sur le sol, autour et sur la structure dans toutes les directions possibles. C'est pourquoi il convient que la sphère ne touche que le sol et/ou le dispositif de capture.
Il y a lieu que le rayon *r* de la sphère fictive soit conforme au niveau de protection choisi du système de protection selon le tableau ci-dessus.

Annexe 3 : Méthode de positionnement des systèmes de protection foudre (suite)

Méthode du maillage

Pour la protection de surfaces planes, un maillage est considéré comme protégeant l'ensemble de la surface si les conditions suivantes sont satisfaites :

- les conducteurs de capture sont :
  - sur des extrémités de toitures
  - sur des débords de toitures
  - sur des bords de toitures si la pente dépasse 1/10
  - sur les surfaces latérales de la structure pour des hauteurs supérieures à 60 m et pour les 20 % supérieurs de la hauteur lesquels sont équipés de dispositifs de capture
- les dimensions des mailles du réseau de capture ne sont pas supérieures aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous
- le réseau de capture est réalisé de manière que le courant de foudre se répartisse toujours entre au moins deux chemins métalliques distincts vers la terre et qu'aucune installation métallique ne dépasse le volume protégé par le dispositif de capture
- les conducteurs de capture suivent des chemins aussi directs et courts que possible.

Largeur des mailles et distances habituelles
entre les descentes et le ceinturage en fonction du niveau de protection

Niveau de protection	Taille des mailles en toiture (m)	Distance moyenne entre 2 descentes (m)
I	5 x 5	10
II	10 x 10	10
III	15 x 15	15
IV	20 x 20	20

Méthode de protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA)

La protection offerte dépend de l'avance à l'amorçage, de l'implantation et de l'émergence.
Les paratonnerres à dispositif d'amorçage comportant un système d'émission et de génération d'ions et d'électrons offrent une zone de protection plus étendue.
La norme NF C 17-102 de septembre 2011 définit la méthode d'essai permettant d'évaluer l'avance à l'amorçage et, par voie de conséquence, le rayon de protection offert par ce type de paratonnerre.

Rayon de protection des PDA en fonction de la hauteur du paratonnerre,
de l'avance à l'amorçage et du niveau de protection
(avec coefficient de réduction de 40 % appliqué aux rayons de protection des PDA, conformément à la circulaire du 24 Avril 2008 concernant les ICPE)

Rayons de protection des PDA												
H *	I			II			III			IV		
	30	45	60	30	45	60	30	45	60	30	45	60
2	11,4	15	19,2	13,2	16,8	21	15	19,2	24	16,8	21,6	26,4
3	16,8	22,8	28,8	19,8	25,2	31,2	22,8	28,8	35,4	25,2	34,2	39
4	22,8	30,6	38,4	26,4	34,2	41,4	30	39	46,8	34,2	43,2	52,2
5	28,8	37,8	47,4	33	42,6	51,6	31,8	48,6	58,2	42,6	53,4	64,2
6	28,8	37,8	47,4	33	42,6	52,2	38,4	48,6	58,2	43,2	54	64,8
8	29,4	38,4	47,4	33,6	43,2	52,2	39,6	49,8	59,4	45	55,2	65,4

* H = Hauteur de la pointe (m) au dessus de la surface à protéger

Annexe 4 : Les conducteurs de descente (NF C 17-102)

Les conducteurs de descente sont constitués par des rubans, tresses ou ronds. Leur section, de 50 mm^2 minimum, est définie dans le tableau ci-dessous :

Conducteurs de descente		
Matière	Observations	Dimensions minimales
Cuivre électrolytique nu ou étamé (1)	Recommandé pour sa bonne conductibilité électrique et sa tenue à la corrosion	Ruban 30 x 2 mm Rond ∅ 8 mm (2) Tresse 30 x 3,5 mm
Acier inoxydable 18/10, 304	Recommandé dans certaines atmosphères corrosives	Ruban ∅ 30 x 2 Rond ∅ 8 mm (2)
Aluminium A 5/L	Doit être utilisé sur des surfaces en aluminium (bardages, murs, rideaux)	Ruban 30 x 3 mm Rond ∅ 10 mm (2)
(1) Compte tenu de ses propriétés physiques, mécaniques et électriques (conductibilité, malléabilité, tenue à la corrosion, etc…) le cuivre étamé est recommandé. (2) Etant donné le caractère impulsionnel du courant de foudre, le conducteur plat, offrant à section identique une plus grande surface extérieure, est préféré au conducteur rond.		

L'utilisation de câbles coaxiaux isolés comme descentes de paratonnerres n'est pas admise. L'emploi de gaines ou revêtements isolants autour des conducteurs n'est pas admis (épaisseur inférieure ou égale à 0,5 mm tolérée).

Annexe 5 : Les prises de terre

Généralités

Afin d'assurer l'écoulement du courant de foudre dans la terre (comportement à haute fréquence) en minimisant des surtensions, la forme et les dimensions des prises de terre sont les critères importants. Une résistance de terre inférieure à 10 Ω (mesure à basse fréquence) est généralement recommandée.

Prises de terre selon la norme NF C 17-102 (septembre 2011) : elles peuvent être constituées par :

- des conducteurs en cuivre étamé 50mm², longueur 8 mètres, disposés en patte d'oie et enfouis horizontalement à au moins 50 cm de profondeur
- ou un ensemble de plusieurs piquets de terre verticaux disposés en ligne ou en triangle espacés de 2 mètres environ et reliés entre eux par un conducteur en cuivre étamé 50mm².

Patte d'oie

Piquets alignés

Piquets triangulés

Les prises de terre doivent être interconnectées, l'équipotentialité est réalisée par l'interconnexion de l'installation extérieure de protection contre la foudre avec :

- l'ossature métallique de la structure
- les installations métalliques
- les systèmes intérieurs
- les éléments conducteurs extérieurs et les lignes connectées à la structure.

Les matériaux et les dimensions minimales des électrodes de terre sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Électrodes de terre		
Matière	Observations	Dimensions minimales
Cuivre électrolytique nu ou étamé (1)	Recommandé pour sa bonne conductibilité électrique et sa tenue à la corrosion	Ruban 30 x 2 mm Rond ∅ 8 mm (2) Grille en fil de section mini de 10 mm² Piquet plein : ∅ 15 mm, L : 1 m Piquet tubulaire : ∅ 25 ext, L : 1 m
Acier cuivré (250 µ)	/	Piquet plein ∅ 15 mm, L : 1 m
Acier inoxydable 18/10, 304	Recommandé dans certains types de sols corrosifs	Ruban ∅ 30 x 2 Rond ∅ 10 mm Piquet plein : ∅ 15 mm, L : 1 m Piquet tubulaire : ∅ 25 mm, L : 1 m
Acier galvanisé à chaud (50 µ)	Réservé aux installations provisoires et de courte durée de vie compte tenu de sa mauvaise tenue à la corrosion	Ruban 30 x 3,5 mm Rond ∅ 10 mm Piquet plein : ∅ 19 mm, L : 1 m Piquet tubulaire : ∅ 21 mm, L : 1 m
(1) Compte tenu de ses propriétés physiques, mécaniques et électriques (conductibilité, malléabilité, tenue à la corrosion, etc…) le cuivre étamé est recommandé.		

Annexe 6 : Distances de séparation

La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas de formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente et une masse conductrice voisine. Elle est définie par la formule suivante :

$$S(m) = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

où :

k_i dépend du type de SFP choisi (cf. tableau 1)

k_c dépend du courant de foudre s'écoulant dans les conducteurs de descente (cf. tableau 3)

k_m dépend du matériau de séparation (cf. tableau 2)

l est la longueur, en mètres, le long des dispositifs de capture ou des conducteurs de descente entre le point où la distance de séparation est prise en considération et le point de la liaison équipotentielle la plus proche.

Tableau 1 : Valeur du coefficient k_i

Type de SPF	k_i
I	0,08
II	0,06
III et IV	0,04

Tableau 2 : Valeur du coefficient k_m

Matériaux	K_m
Air	1
Béton, briques	0,5

Si plusieurs matériaux isolants sont en série, une bonne pratique est de choisir la valeur la plus faible de k_m. L'utilisation d'autres matériaux isolants est à l'étude

Dans le cas de lignes ou de parties conductrices extérieures pénétrant dans la structure, il est toujours nécessaire de réaliser une équipotentialité de foudre (directe ou par parafoudre) au point de pénétration dans la structure.
Dans des structures en béton armé avec armatures métalliques interconnectées, une distance de séparation n'est pas requise.

Le coefficient de répartition K_c du courant de foudre entre les conducteurs de descente dépend du nombre n de ceux-ci, de leur position, de la présence des ceinturages, du type du dispositif de capture et du type de prise de terre (cf. tableau ci-dessous).
Pour une prise de terre de type A, et sous la condition que la résistance de chacune des électrodes a la même valeur, et pour une prise de terre de type B le tableau ci-dessous est applicable.

Tableau 3 : Valeur du coefficient k_c

Nombre de conducteurs de descente n	k_c	
	Disposition de terre type A	Disposition de terre type B
1	1	1
2	0,75 (d)	1 … 0,5 (a)
4 et +	0,60 (d)	1 … 1/n (b)
4 et +, connectés par un ceinturage horizontal	0,41 (d)	1 … 1/n (c)

(a) Voir l'Annexe E
(b) Si les conducteurs de descente sont connectés horizontalement par un ceinturage, la distribution de courant est plus homogène dans la partie inférieure et k_c est réduit. Cela est particulièrement applicable aux structures élevées.
(b) Ces valeurs sont valables pour de simples électrodes présentant des valeurs comparables de résistance. Si ces résistances sont très différentes, il est pris $k_c = 1$

Note : d'autres valeurs de k_c peuvent être utilisées si des calculs détaillés sont effectués

Annexe 7 : Composants « naturels »

Les éléments suivants de la structure peuvent être considérés comme des descentes « naturelles » :

a) Les installations métalliques, à condition que :

- la continuité électrique entre les différents éléments soit réalisée de façon durable, conformément aux exigences du § 5.5.2. de la norme NF EN en 62305-3
- leurs dimensions soient au moins égales à celles qui sont spécifiées pour les descentes normales dans le tableau 6 de la norme NF EN 62305-3 (voir page suivante).
  Les canalisations transportant des mélanges inflammables ou explosifs ne doivent pas être considérées comme des composants naturels de descente si le joint entre brides n'est pas métallique ou si les brides ne sont pas connectées entre elles de façon appropriée.
  Note 1 : les installations métalliques peuvent être revêtues de matériau isolant.

b) L'ossature métallique de la structure présentant une continuité électrique.
Note 2 : pour les éléments préfabriqués en béton armé, il est important de réaliser des points d'interconnexion entre les éléments de renforcement. Il est aussi essentiel que le béton armé intègre une liaison conductrice entre ces points. Il est recommandé de réaliser ces interconnexions « in situ » lors de l'assemblage.
Note 3 : dans le cas de béton précontraint, il convient de veiller au risque d'effets mécaniques inadmissibles dus, pour une part aux courants de décharge atmosphérique et, d'autre part, au raccordement de l'installation de protection contre la foudre.

c) Les armatures armées en acier interconnectés de la structure en béton.
Note 4 : les ceinturages ne sont pas nécessaires si l'ossature métallique ou si les interconnexions des armatures du béton sont utilisées comme conducteur de descente.

d) Les éléments de façade, profilé et support des façades métalliques, à condition que :

- leurs dimensions soient conformes aux exigences relatives aux descentes et que leur épaisseur ne soit pas inférieure à 0,5 mm
- leur continuité électrique dans le sens vertical soit conforme aux exigences du § 5.2.2. de la norme NF EN 62305-3.

Les parties suivantes de structures peuvent être considérées comme dispositifs de capture « naturels » et constituer des parties du SPF :

a) Les tôles métalliques recouvrant la structure à protéger, sous réserve que :

- la continuité électrique entre les différentes parties soit réalisée de façon durable (par exemple par brassage, soudage, sertissage, vissage ou boulonnage)
- l'épaisseur des tôles métalliques ne soit pas inférieure à la valeur *t'* figurant dans le tableau 3 de la norme NF EN 62305-3 (ci-après), de façon à empêcher la performation des tôles ou à prendre en compte l'inflammabilité des matériaux placés dessous
- l'épaisseur des tôles métalliques ne soit pas inférieure à la valeur *t* figurant dans le tableau 3 la norme NF EN 62305-3 (ci-après) de façon à les protéger contre les perforations ou à éviter les problèmes de points chauds
- elles ne soient pas revêtues de matériau isolant.

b) Les éléments métalliques de construction du toit (fermes, armatures d'acier interconnectées, etc…) recouverts de matériaux non métalliques, à condition que ces derniers puissent être exclus de la structure à protéger

c) Les parties les parties métalliques du type gouttières, décorations, rambardes, etc… dont la section n'est pas inférieure à celle qui est spécifiée pour les composants normaux du dispositif de capture

d) Les tuyaux et réservoirs métalliques sur la toiture si l'épaisseur et la section de leur matériaux est conforme au tableau 6 (ci-dessous)

e) Les tuyaux et réservoirs métalliques de mélanges combustibles et explosifs, s'ils sont réalisés en un matériau d'épaisseur non inférieure à la valeur appropriée de *t* figurant dans le tableau 3 (ci-dessous) et si l'élévation de température de la surface intérieure au point d'impact ne constitue pas un danger.

Si les conditions d'épaisseur ne sont pas satisfaites, les canalisations et réservoirs doivent être intégrés dans la structure à protéger.

Les canalisations écoulant des mélanges combustibles ou explosifs ne doivent pas être considérées comme des dispositifs de capture si le joint des brides n'est pas métallique ou si les brides ne son pas connectées entre elles de façon appropriée.

Tableau 3
Epaisseur minimale des tôles ou canalisations métalliques du dispositif de capture

Niveau de protection	Matériau	Épaisseur [a] *t* mm	Épaisseur [b] *t'* mm
I à IV	Plomb	-	2,0
	Acier (inox galvanisé)	4	0,5
	Titanium	4	0,5
	Cuivre	5	0,5
	Aluminium	7	0,65
	Zinc	-	0,7

[a] *t* en cas de problème de performation, de point chaud ou d'inflammation
[b] *t'* seulement pour les feuilles métalliques s'il n'est pas nécessaire de protéger contre les problèmes de perforation, de point chaud ou d'inflammation