

Direction Générale de l'Aviation Civile

*Direction des Services de la Navigation Aérienne
Direction de la Technique et de l'Innovation
Déploiement et Support opérationnel*

Guide

Référence : GPF20_Fiche3_V1R0
Rédacteur : DTI/DSO/IGC
Tél. +33 (0)5 62 14 58 70 – Fax : +33 (0) 562 14 50 06

Installations de la DGAC

Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3

Protection foudre des bâtiments

Projet / Opération : Installations de la DGAC

Version : V1R0 du 09/06/2020

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

DIFFUSION INITIALE

DESTINATAIRE(S)	COPIE(S) POUR INFORMATION

Toute reproduction ou communication de ce document, de son contenu ou de sa nature, même partielle, exceptés les usages internes des Services de la Direction Générale de l'Aviation Civile, est strictement interdite sans le consentement écrit de la Direction de la Technique et de l'Innovation

Objet de la diffusion (facultatif) :

VERIFICATION _(V) / APPROBATION _(A)

Nom	Fonction / Entité	V / A	Visa
Jean Claude COURTAY	Rédacteur	V	
Arnaud MARTICHON	Adjoint chef de pôle IGC	V	
Philippe PANABIERE	Chef de pôle IGC	A	

MAITRISE DOCUMENTAIRE

Référence : GPF20_Fiche3_V1R0	
Affaire / Projet / Opération : Installations de la DGAC	
Classement et archivage du document	
Stockage : GEODé	
Fichier : GPF20_Fiche3_V1R0.docx	
Support / Format : DOC ou PDF	

Contenu personnalisable

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

Historique du document

<i>Version du document</i>	<i>Date de rédaction</i>	<i>Raison de l'évolution</i>	<i>Auteur</i>
V0R0	14/01/19	Version initiale	JC COURTAY
V0R1	28/02/20	Version de diffusion	JC COURTAY
V1R0	09/06/20	Version publiée	JC COURTAY

Table des illustrations

Figure 1 : système de protection – méthode de l'angle de protection	6
Figure 2 : Simulation de l'efficacité du système de protection (Exemple 1)	7
Figure 3 : Simulation de l'efficacité du système de protection (Exemple 2)	8
Figure 4 : Simulation d'une sphère sur un pylône.....	8
Figure 5 : équipement de maintien des plats de cuivre en toiture	10
Figure 6 : Positionnement du conducteur sur les acrotères	11
Figure 7 : Fil tendu.....	12
Figure 8 : Circulation des plats de cuivre avec les acrotères.....	16
Figure 9 : forme et coudes acceptables de descente de paratonnerre	17

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

Sommaire

1	GENERALITE DE LA FICHE.....	5
1.1	Objet de la fiche	5
1.2	Principe général de réalisation	5
2	SIMULATION ET EVALUATION DU SYSTEME DE PROTECTION	6
2.1	Méthode de l'angle de protection	6
2.2	Méthode du modèle électro géométrique	7
2.2.1	Principe	7
2.2.2	Simulation d'un système de protection	7
2.3	Méthode de la cage maillée	9
2.4	Paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA)	9
3	MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION	10
3.1	Dispositions générales de pose	10
3.2	Conducteurs de toiture	11
3.2.1	Cheminement sur acrotère	11
3.2.2	Pointes caprices sur cage maillée	12
3.2.3	Protection par fil tendu	12
3.3	Protection par paratonnerre	13
3.3.1	Généralités	13
3.3.2	Fixation des paratonnerres	14
3.3.3	Pose des paratonnerres autoportants	14
3.4	Conducteurs de Descente	15
3.4.1	Dispositions générales	15
3.4.2	Mise en œuvre des descentes	15
3.4.3	Cheminement	17
3.5	Raccordement des douilles	18
3.6	Protection des antennes radars	18
3.7	Equipotentialité	19
3.7.1	Raccordement des gouttières	19
3.7.2	Raccordement des huisseries	19
3.8	Descente derrière un bardage	19
3.8.1	Extrait de la norme NFC 17-102	19
3.8.2	Dispositions générales	20
3.9	Protection contre les tensions de pas	20
3.10	Distance de séparation	21
3.11	Compteur de coup de foudre	22
3.12	Conducteurs isolés	22

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

1 GENERALITE DE LA FICHE

1.1 OBJET DE LA FICHE

La présente fiche décrit la façon dont doit être mis en œuvre le Système de Protection Foudre (SPF) de tout bâtiment de la DGAC, nouveau ou en rénovation, pour se protéger des impacts directs de la foudre.

La fiche fournit également les méthodes d'installation du système de protection avec :

- les règles d'installation en toiture,
- les règles d'installation des descentes et des équipotentialités avec les douilles,
- les règles d'installation des descentes sous un bardage.

1.2 PRINCIPE GENERAL DE REALISATION

Pour réduire les risques de pénétration de coup de foudre dans les structures à protéger, la présence d'un dispositif de capture convenablement conçu doit être mise en œuvre.

Les dispositifs de capture peuvent être constitués par une combinaison quelconque des composants suivants:

- tiges simples (y compris les mâts séparés) ;
- fils tendus ;
- conducteurs maillés ;
- composants naturels (garde-corps en terrasse, bardage, etc...) ;
- dans certains cas, PDA (Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage).

Les dispositifs de capture installés sur une structure doivent être situés aux coins, aux points exposés et sur les arêtes (particulièrement aux points hauts de toutes façades) conformément à l'une ou à plusieurs des méthodes suivantes.

Les méthodes acceptables de détermination de l'emplacement du dispositif de capture sont:

- la méthode de l'angle de protection ;
- la méthode de la sphère fictive ou électro-géométrique ;
- la méthode des mailles.

La méthode de la sphère fictive est appropriée dans tous les cas et sera donc à privilégier pour les études de réalisation.

La mise en œuvre sera conforme à la norme NF EN 62305-3 et les matériaux et éléments à mettre en œuvre pour réaliser les travaux seront de préférence conformes aux normes :

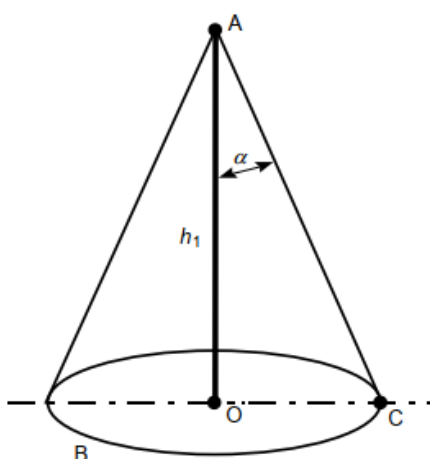
- NF EN 62561-1 : Exigences pour les composants de connexion ;
- NF EN 62561-2 : Caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre ;
- NF EN 62561-3 : Exigences pour les éclateurs d'isolement ;
- NF EN 62561-4 : Exigences pour les fixations de conducteur ;
- NF EN 62561-5 : Exigences pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre ;
- NF EN 62561-6 : Exigences pour les compteurs de coups de foudre (LSC) ;
- NF EN 62561-7 : Exigences pour les enrichisseurs de terre.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

2 SIMULATION ET EVALUATION DU SYSTEME DE PROTECTION

2.1 METHODE DE L'ANGLE DE PROTECTION

Le volume protégé par une tige verticale est supposé avoir la forme d'un cône circulaire droit ayant pour axe la tige de capture, de demi-angle de pointe α , selon le niveau de protection et selon la hauteur du dispositif de capture comme indiqué au tableau 2 de la norme NF EN 62305-3.



Légende

- A pointe d'une tige de capture
- B plan de référence
- OC rayon de la surface protégée
- h_1 hauteur de la tige de capture au-dessus du plan de référence de la surface à protéger
- α angle de protection selon la classe du SPF tel que défini dans la norme NF EN 62303-3

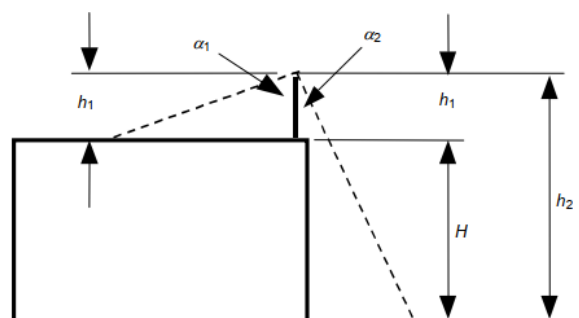
Figure 1 : système de protection – méthode de l'angle de protection

Pour les sites opérationnels exploités par la DGAC, le niveau de protection du SPF le plus élevé, à savoir le niveau 1 au titre de la norme NF EN 62305, sera pris en compte.

Selon la courbe donnée au chapitre 5.2 de la norme NF EN 62305-3, pour un niveau de protection de 1, l'angle α ira de

- 70° pour h_1 de 0 à 2m ;
- jusqu'à 22° pour h_1 de 20m ;
- au-delà de 20m seule la méthode par les sphères fictives s'appliquera.

Si la pointe est posée en bordure d'un bâtiment, la hauteur à prendre en compte définira un angle différent côté toiture et côté sol. Par exemple, une pointe de 2m sur un bâtiment de 16m de hauteur donnera un angle α de 70° sur la terrasse et de 30° vers le sol.



DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

2.2 METHODE DU MODELE ELECTROGEOMETRIQUE

2.2.1 Principe

Le coup de foudre descendant est représenté par un traceur qui part du nuage pour aller vers le sol. Ce traceur va se ramifier et avancer par bonds de 30 à 50 m. Cette avance du traceur va former un canal ionisé dont l'extrémité est la tête du traceur. Des charges du nuage vont descendre par le canal ionisé et s'accumuler à son extrémité, formant ainsi une sphère dont le centre est la tête du traceur. A l'approche du sol, le premier objet qui touchera la sphère déterminera le point d'impact du coup de foudre.

Selon le modèle électro-géométrique, le point d'impact de la foudre se détermine par l'objet au sol qui se trouvera, le premier, à la distance d'amorçage R du traceur descendant, même si cet objet est le sol plat lui-même.

2.2.2 Simulation d'un système de protection

D'où le procédé : on imagine que la sphère fictive de rayon R est roulée au sol, dans toutes les directions, sans jamais perdre le contact soit avec le sol, soit avec l'objet proéminent.

—, au cours de ce mouvement, la sphère entre en contact avec les dispositifs de protection (tige verticale, fil horizontal, nappe de fils, maillage, ...) sans jamais pouvoir toucher l'un des objets à protéger, alors la protection de ceux-ci est assurée.

—, au cours de ce mouvement, la sphère entre en contact avec l'un des objets, alors celui-ci n'est pas protégé correctement par le dispositif de protection.

Le système de protection à installer sur un bâtiment ou sur une tour sera déterminé et évalué par le principe de la sphère électro géométrique (voir Figure 2, Figure 3, et Figure 4).

Pour les sites opérationnels exploités par la DGAC, le niveau de protection le plus élevé, à savoir le niveau 1, sera pris en compte. La sphère pour simuler et évaluer un système aura 20 m de rayon (soit un courant de 3 kA).

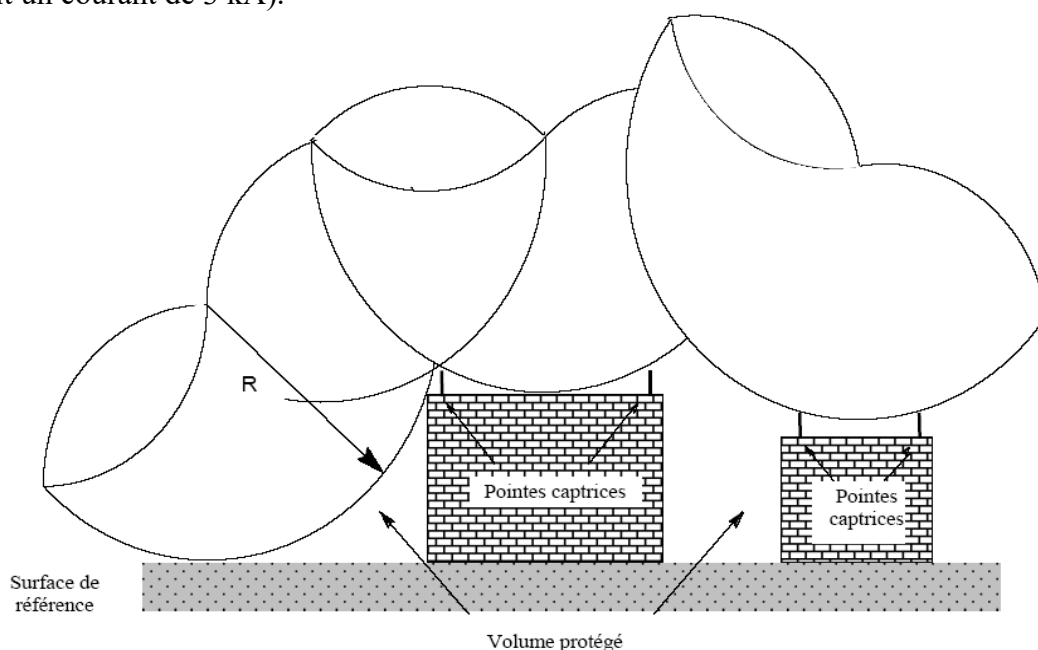


Figure 2 : Simulation de l'efficacité du système de protection (Exemple 1)

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

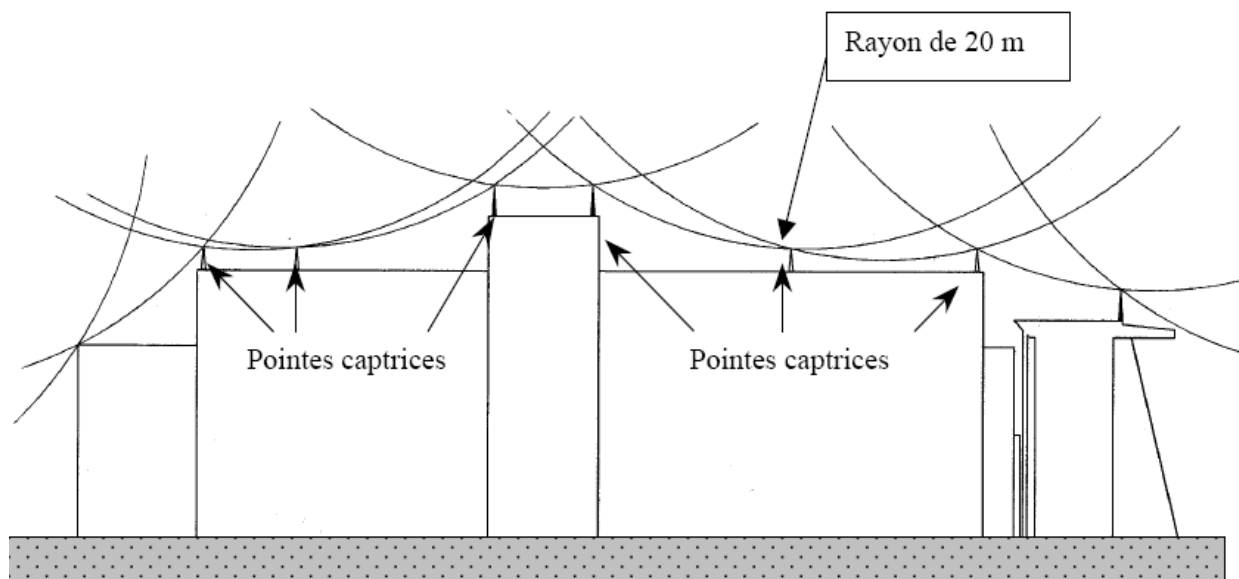


Figure 3 : Simulation de l'efficacité du système de protection (Exemple 2)

Pour des structures de hauteur supérieure à 60 m, des éclairs peuvent frapper la partie latérale, notamment les points exposés, les coins et les arêtes des surfaces. Des dispositifs de capture doivent être mis en place sur les surfaces latérales supérieures de l'édifice pour les 20 % le plus haut de la structure.

Les moyens de protection peuvent être des dispositifs naturels correctement raccordés au SPF ou les dispositifs raccordés sur les descentes foudre.

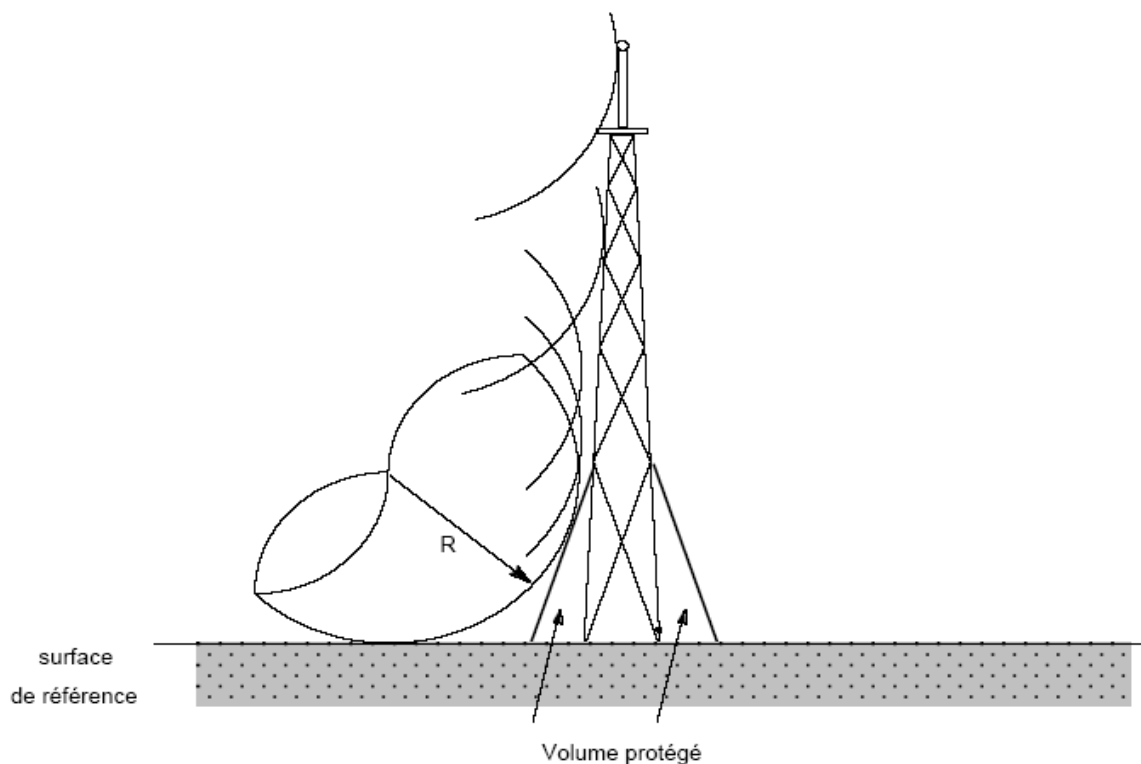


Figure 4 : Simulation d'une sphère sur un pylône

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

2.3 METHODE DE LA CAGE MAILLEE

Cette méthode de protection est adaptée aux bâtiments ayant des surfaces planes et des toitures horizontales ou inclinées sans courbure. Il est également adapté pour protéger les surfaces planes latérales.

Un maillage est considéré comme protégeant l'ensemble de la surface si les conditions suivantes sont satisfaites :

- les conducteurs de capture sont placés sur
 - les extrémités de toitures ;
 - les débords de toitures ;
 - les bords de toiture si la pente dépasse 1/10 ;
 - les surfaces latérales de la structure pour des hauteurs supérieures à 60 m et au-delà de 80% de la hauteur de la structure (20% de la partie supérieure sera protégée).
- les dimensions des mailles du réseau de capture ne sont pas supérieures à 5x5m pour satisfaire **le niveau de protection le plus élevé, à savoir le niveau 1** ;
- le réseau des dispositifs de capture est réalisé de manière à ce que le courant de foudre se répartisse toujours entre au moins deux conducteurs distincts vers la terre et qu'aucune installation métallique ne dépasse le volume protégé par les dispositifs de capture. Un plus grand nombre de conducteurs de descente entraîne une réduction de la distance de séparation et du champ électromagnétique dans le bâtiment ;
- les conducteurs de capture suivent des chemins aussi directs et courts que possible.

En incorporant des pointes sèches aux nœuds des mailles, il est possible d'augmenter la taille des mailles. Dans ce cas la méthode d'étude par les sphères fictives permettra de vérifier le maintien du bon niveau de protection.

2.4 PARATONNERRE A DISPOSITIF D'AMORÇAGE (PDA)

Ce système de protection n'est en général pas prescrit pour les installations de la DGAC, hormis pour la protection des radomes ou objet de grande taille (Antenne radar ou VSAT).

L'emploi de ce type de paratonnerre peut trouver sa place sur les tours de contrôle équipées de nombreuses antennes.

Dans ce cas la norme NFC 17102 s'appliquera également en complément de la norme EN NF 62305.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3 MISE EN ŒUVRE DE LA PROTECTION

Pour les sites opérationnels exploités par la DGAC, le niveau de protection le plus élevé, à savoir le niveau 1, sera pris en compte dans les études techniques foudre.

Le principe de base choisi pour assurer la protection des bâtiments opérationnels de la DGAC sera la méthode de la cage maillée avec une maille de 5m, validée par la méthode du modèle électro géométrique avec la sphère de 20m de rayon.

3.1 DISPOSITIONS GENERALES DE POSE

Le percement des plats de cuivre est proscrit.

Les conducteurs devront être solidement fixés, de manière à éviter toute rupture ou tout desserrage des conducteurs, du fait des forces électrodynamiques ou des efforts accidentels (vibration, expansion thermique, travaux à proximité, etc.).

Les conducteurs devront être maintenus :

- sur les supports métalliques (bardage, couverture,...), avec des clips métalliques fixés par rivet étanche ou vis auto-foreuse sur les supports épais ;
- sur les murs en béton, par crampons fixés par chevilles ;
- sur les terrasses, maintien au sol avec des plots béton spécifiques espacés entre eux de 30cm avec une surface de contact préservant les revêtements d'étanchéité ;
- aux endroits de passage, notamment dans les circuits d'évacuations ou sur les acrotères ayant reçu un revêtement d'étanchéité, les plats de cuivre seront fixés au sol par des bandes collantes de type « Ruberalu » ou équivalent.



Figure 5 : équipement de maintien des plats de cuivre en toiture

Les bandes collantes seront chauffées, puis collées tous les 30cm sur le revêtement. Aux endroits de passage, des plaques collantes plus larges pourront être mise en œuvre pour éviter l'arrachement des plats de cuivre lors des passages répétés.

Des collages à froid pourront être réalisés sur les supports fragiles ou ne pouvant pas être chauffés. Ils seront proscrits sur les revêtements humides ou granuleux.

Dans les régions pouvant subir des vents violents, des plots lourds (3kg au moins) devront être mis en œuvre.

Les équipements de fixation en plastique seront à éviter ou leur résistance aux UV devra être démontrée.

Le nombre des raccords sur un conducteur doit être réduit au maximum. Ces raccords seront fixés par assemblages mécaniques, de préférence au soudage pour faciliter la maintenance ou les modifications ultérieures.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3.2 CONDUCTEURS DE TOITURE

Sauf spécifications contraires, un maillage réalisé en méplat de cuivre étamé 30x2 mm, mis en place selon les prescriptions du chapitre 3.1, sera posé sur la toiture du local à protéger.

Le maillage sera composé :

- d'un ceinturage périphérique ;
- d'un maillage au pas de 5 m sur toute la surface de la toiture;
- des pointes sèches placées aux endroits non protégés par les mailles.

Les méplats seront raccordés entre eux par assemblage mécanique visibles pour permettre leurs vérifications ultérieures.

3.2.1 Cheminement sur acrotère

Pour réaliser le ceinturage sur les terrasses délimitées par des acrotères, les conducteurs seront placés sur le dessus ou sur le haut de la face extérieure de l'acrotère, jamais sur sa face intérieure.

Le conducteur périphérique sera obligatoirement fixé mécaniquement. Toutes les précautions seront prises pour maintenir l'intégrité de la structure (étanchéité, risque d'éclatement du béton lors de la pose des crampons).

Si des garde-corps métalliques sont installés sur les acrotères, ceux-ci seront raccordés au ceinturage par ses montants verticaux, avec des conducteurs et dispositifs de raccordement adaptés. Le maximum de raccordement est souhaitable, au minimum un pour chaque élément (tube) horizontal composant la rambarde.

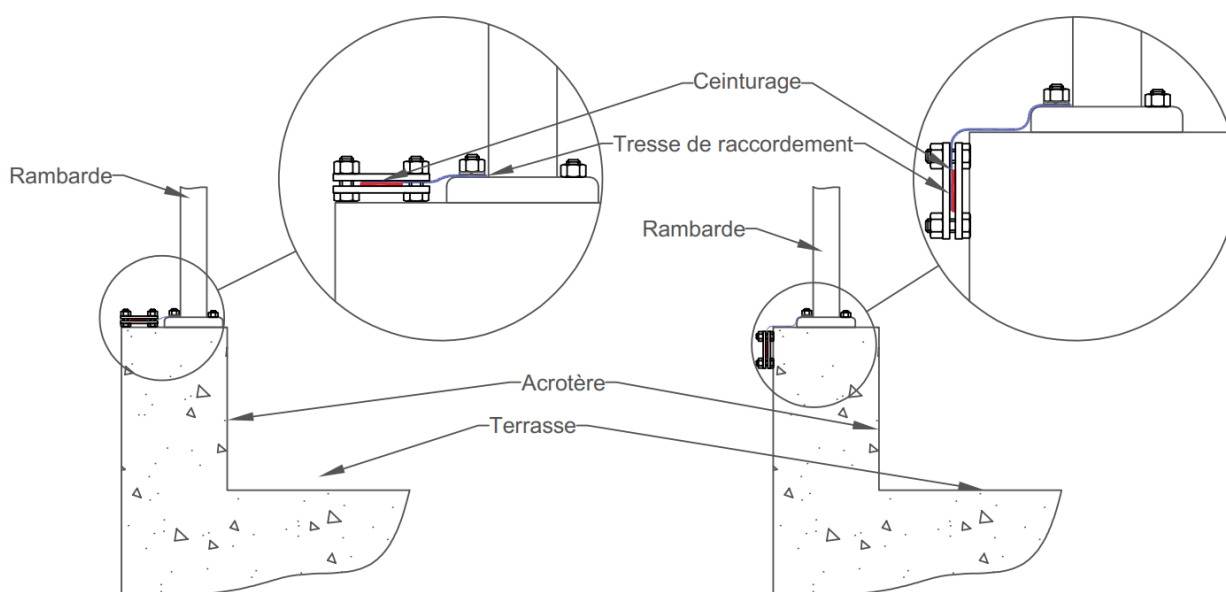


Figure 6 : Positionnement du conducteur sur les acrotères

Dans le cas d'utilisation de couvertines métalliques recouvrant les acrotères, la mise en place de clips métalliques permettra de raccorder chaque élément au ceinturage. Ainsi, tous les éléments seront reliés électriquement entre eux.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3.2.2 Pointes caprices sur cage maillée

Comme indiqué au paragraphe 2.3, des pointes peuvent être installées au niveau du nœud des mailles pour améliorer le niveau de protection ou augmenter la taille des mailles.

Les pointes caprices utilisées auront des longueurs comprises entre 30cm et 1m et seront en inox. Un dispositif de fixation rigide fixé mécaniquement sur la structure du bâtiment ou une masse de lest (plot béton) devra être mis en œuvre pour chaque pointe. **Le simple maintien par le poids des plats de cuivre ou le collage sont proscrits.**

Les pointes pourront être disposées tous les 10 m, à l'aplomb des descentes, au nœud des mailles sur les terrasses de grande surface et sur les points hauts de la terrasse (édicule ascenseur, groupe froid,...). Elles seront toujours raccordées vers les conducteurs de descente, directement ou par le réseau maillé de toiture.

Sur les terrasses accessibles, les pointes caprices seront installées de manière à garantir la sécurité des personnes pouvant circuler sur celles-ci. Leurs longueurs devront être adaptées pour protéger correctement les personnels.

Les antennes sont traitées dans la fiche *Protection des liaisons d'antennes*.

La structure des éléments métalliques en toiture (CTA, skydome, col de cygne, éclairage...) ne sera pas utilisée comme conducteur naturel pour évacuer la foudre. Chacun de ces éléments devra être protégé par une pointe caprice associée, raccordée à une descente foudre ou au maillage en toiture. Pour éviter les arcs lors d'un coup de foudre, ces éléments métalliques devront néanmoins être raccordés au réseau d'équipotentialité.

3.2.3 Protection par fil tendu

Le volume protégé par un fil tendu est défini par la composition du volume protégé par des tiges verticales ou virtuelles attachées au fil tendu de capture, dont le sommet repose sur le fil. Pour l'exemple ci-dessous, le volume protégé est donné par la surface B.

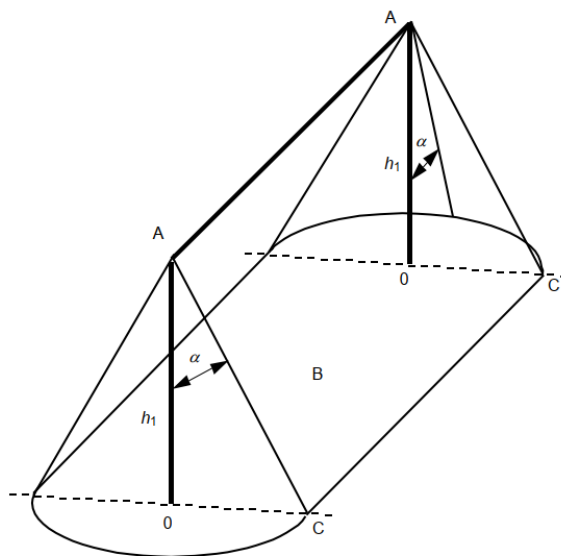


Figure 7 : Fil tendu

(La légende est identique à celle de la Figure 1)

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

Au moins un conducteur devra être raccordé à chaque extrémité du fil tendu, unique ou en réseau.

Les sommets « A » sont déterminés par des pointes conductrices ou des supports isolants.

Un espace recevant plusieurs équipements de grande taille peut ainsi être délimité par un réseau de fils. L'extrémité de chacun des fils sera raccordée à une descente.

Ce dispositif peut également être utilisé pour protéger un alignement d'équipements ou une toiture fragile.

3.3 PROTECTION PAR PARATONNERRE

3.3.1 Généralités

On entend par paratonnerre un mode de protection utilisant une tige simple, raccordée au réseau de terre et venant en général en complément d'un mode protection de la structure par cage maillée. On l'utilisera avantageusement pour protéger une partie de bâtiment de plus grande hauteur ou un ensemble d'antennes posées sur une terrasse (tour de contrôle par exemple).

Ce mode de protection peut également être mis en œuvre sur les bâtiments de petite taille ou être installé au sommet d'un pylône.

Si un paratonnerre est utilisé pour protéger un réseau d'antennes, il devra dépasser le point le plus haut de la zone à protéger d'une hauteur d'au moins 2 m.

Un paratonnerre peut être fixé en façade ou sur une cheminée, posé sur une terrasse, monté à l'extrémité d'un pylône, etc....

Les paratonnerres seront fixés ou maintenus de telle sorte qu'ils résistent aux conditions météorologiques locales, notamment sera pris en compte les forces de vents tempétueux, raisonnablement prévisibles sur le site.

Pour les grandes hauteurs, la mise en place de haubans en kevlar peut s'avérer nécessaire.

Les spécifications de tenue au vent, données par les fabricant de paratonnerre, sera prise en compte.

Pour chaque pointe de paratonnerre installée sur un bâtiment, au moins deux conducteurs seront mis en place à leur base pour être raccordés aux descentes. Ils seront dirigés sur deux façades différentes de la structure.

Pour les pointes installées au sommet des pylônes métalliques un seul conducteur est requis, sous réserve que sa structure soit conductrice sur toute sa longueur et que la conductibilité soit assurée entre chaque éléments par des conducteurs de 50mm² de section minimum. Les embases du pylône seront également raccordées au réseau de terre.

Un seul conducteur sera également requis si la pointe est installée sur un simple poteau bois ou béton.

Les conducteurs seront raccordés avec des assemblages mécaniques adaptés et si possible homologués selon NF EN 62561-(1+2)

Les mâts seront démontables ou basculant pour faciliter les contrôles périodiques.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3.3.2 Fixation des paratonnerres

Les considérations de prise au vent et la nature des matériaux devant supporter les fixations des paratonnerres seront prises en compte pour définir, avec le Service National d'Ingénierie Aéroportuaire (SNIA) ou le responsable du site, la meilleure solution de fixation à mettre en place.

Les moyens de fixation seront adaptés au support et à la pointe qui sera mise en place.

3.3.3 Pose des paratonnerres autoportants



Les paratonnerres autoportants de grande hauteur peuvent être mis en œuvre sur une terrasse pour protéger des éléments qui ne le seraient pas par la cage maillée (CTA, machinerie d'ascenseur, antennes satellites, etc...).

Des ensembles comprenant la pointe, le module de raccordement aux plats de cuivre et son dispositif support servant de socle lesté sont proposés par certains fabricants. Pour résister aux vents plus violents, des empilages supplémentaires de masses sont possibles.

Dans les zones à risque cyclonique, ces équipements seront à éviter ou un haubanage de la pointe sera requis.

Le revêtement d'étanchéité devra être préservé et la résistance de la toiture vérifiée.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3.4 CONDUCTEURS DE DESCENTE

3.4.1 Dispositions générales

Les conducteurs de descentes seront, sauf spécification contraire, réalisés avec des plats de cuivre étamé de 30x2mm de section.

Le percement des conducteurs est proscrit

Chaque descente comprendra :

- un fourreau de protections inoxydable, installé sur la remontée du plat de cuivre, l'enveloppant du sol jusqu'à une hauteur de 2m ;
- une borne de déconnexion qui permettra d'ouvrir le circuit et permettre les mesures. Elle sera positionnée à 2m du sol au-dessus du fourreau de protection ;
- une plaque signalétique indiquant le risque de foudroiement installée à proximité du conducteur.

Le mode de pose des conducteurs sera identique à celui décrit au chapitre 3.1.

3.4.2 Mise en œuvre des descentes

Sur un bâtiment au moins deux descentes seront posées.

Les descentes seront positionnées de préférence aux angles du bâtiment et en façade. Elles seront espacées d'un espace moyen de **10m pour répondre au niveau de protection 1 demandé pour les bâtiments opérationnels de la DGAC.**

Les descentes seront raccordées par des assemblages mécaniques adaptés, autant que possible en continuité directe avec les conducteurs de toiture :

- aux pointes caprices situées sur l'acrotère ;
- au ceinturage, en correspondance au maillage et en respectant le pas de 10m si aucune pointe n'est installée ;
- aux paratonnerres ou aux fils tendus posés en toiture.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

Les descentes :

- ne devront pas être positionnées à proximité des portes d'accès ou d'évacuation ;
- seront réalisées d'un seul tenant du point de raccordement en toiture au module de déconnexion à la base ;
- ne devront pas être installées dans les gouttières ou tuyau de descente, même si elles sont recouvertes d'un matériau isolant ;
- seront positionnées à une distance d'au-moins 5cm des gouttières et des descentes métalliques auxquelles elles seront raccordées par des liens d'équipotentialité ;
- seront installées de façon rectiligne et verticale, en suivant le trajet le plus court et le plus direct à la terre ;
- respecteront les distances de séparation vis-à-vis des fenêtres ou des portes, à défaut une liaison équipotentielle sera faite ;
- seront raccordées vers le réseau de terre ;
- seront espacées d'au moins 10cm des supports combustibles, en cas d'impossibilité, le doublement du plat de cuivre ou l'utilisation d'un conducteur de section supérieure à 100mm² sera requis.

Les descentes passeront à travers les acrotères via les fourreaux prédisposés si ceux-ci ont une hauteur supérieure à 40cm (cf. fiche *Continuité électrique des fers à béton et des structures dans la construction des bâtiments*).

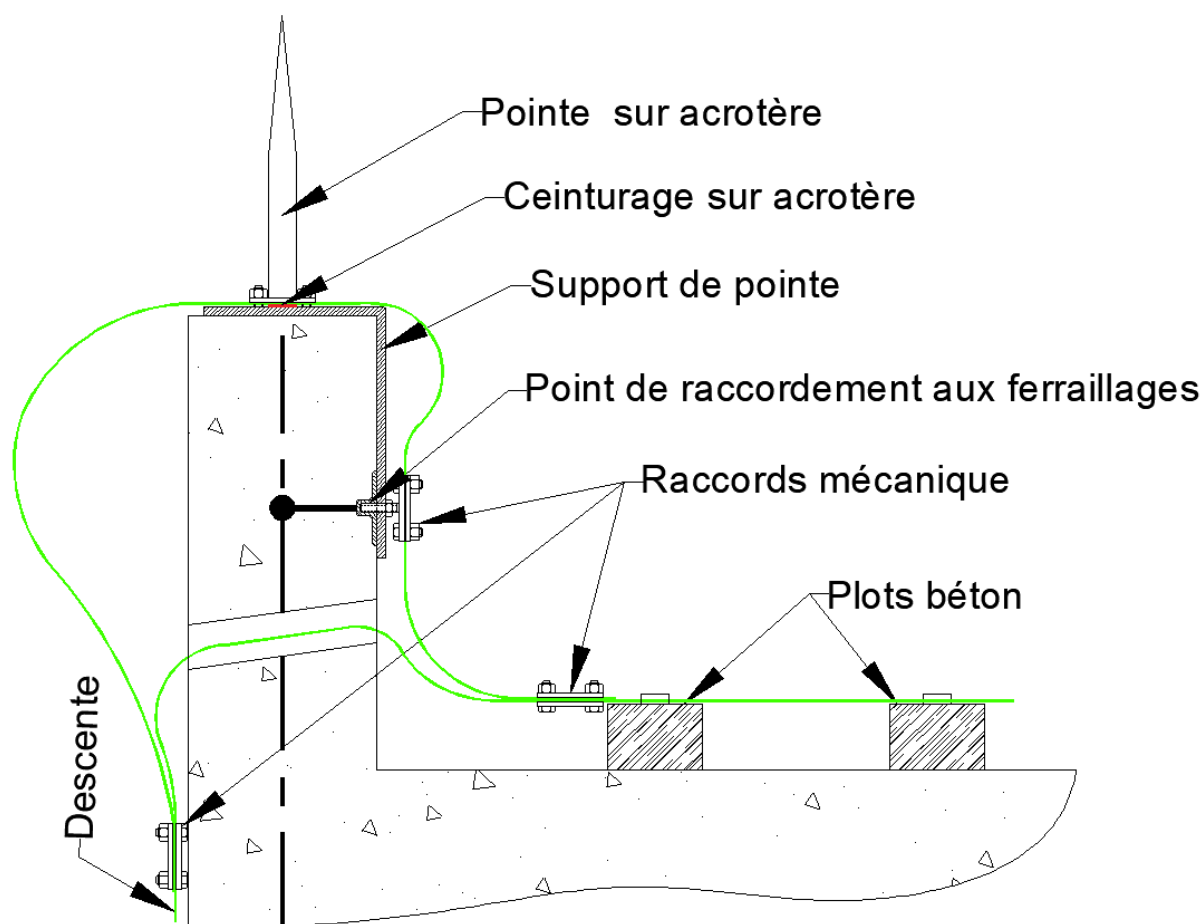


Figure 8 : Circulation des plats de cuivre avec les acrotères

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

La Figure 8 représente le cheminement du plat de cuivre à mettre en œuvre pour contourner un acrotère de plus de 40cm recevant un ceinturage, une pointe caprice et un raccordement aux ferrailages béton.

3.4.3 Cheminement

Le tracé des descentes doit être le plus rectiligne possible en empruntant le chemin le plus court pour rejoindre les prises de terre, évitant toute courbe brusque ou remontée éventuelle. Les rayons de courbure, s'ils ne peuvent être évités, seront supérieurs à 20 cm.

De plus, pour qu'il n'y ait pas de danger de claquage diélectrique, la règle suivante doit être respectée : si l est la longueur de la boucle et d sa corde alors, $d > l/20$.

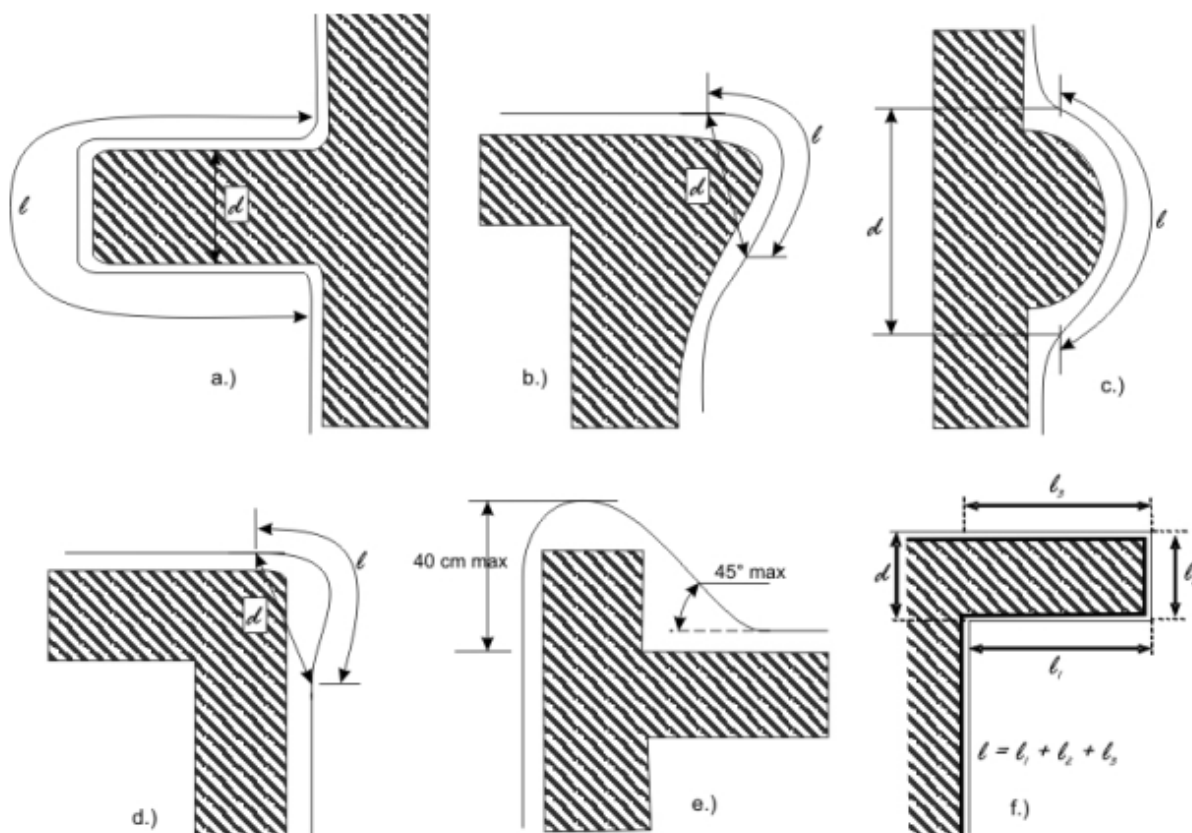


Figure 9 : forme et coudes acceptables de descente de paratonnerre

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3.5 RACCORDEMENT DES DOUILLES

Des douilles de raccordement sont prévues d'être installées sur les bâtiments à protéger (voir chapitres 2.5.2 et 2.9 de la fiche 1 *Continuité électrique des fers à béton et des structures dans la construction des bâtiments*).

Ces douilles ont été raccordées aux fers à béton et réparties sur les façades et sur l'acrotère du bâtiment afin d'assurer l'équipotentialité entre le ferrailage et la cage maillée.

Les douilles et les méplats formant la cage maillée devront être reliés ensemble.

Chaque douille sera connectée au plat de cuivre du maillage par l'intermédiaire d'une borne de raccordement à tige filetée (M10 de type 478 141 ou M12 478 149 de chez DEHN ou équivalent) si celui-ci passe à l'aplomb de la douille (voir Figure 7 de la fiche n°1). Dans le cas contraire elle sera raccordée à une tresse plate en cuivre étamé de 50mm² de section, elle-même reliée au plat de cuivre le plus proche par un assemblage mécanique.

En cas de montage de douille non inox, le filetage de la douille sera protégé par un joint en silicone de haute performance.

3.6 PROTECTION DES ANTENNES RADARS

Les antennes des stations radar ont une grande envergure, ce qui rend le positionnement des pointes paratonnerre difficile, voire impossible sans une adaptation lourde et inesthétique du site.

En général, les constructeurs d'antennes refusent que l'on utilise leurs structures comme conducteurs naturels pour l'évacuation de la foudre. S'ils ne proposent pas de pointes foudre spécifiques sur les antennes, une protection indépendante devra être mise en place.

Sur les antennes radôme de grande taille telle que pour les radars mono-pulse, l'expérience a montré que le montage au sommet du radôme d'une protection par PDA à la place d'une simple pointe évite les impacts aux extrémités des antennes. Ce mode de protection raccordée à trois descentes réalisées en trolley de cuivre de 50mm² de section est acceptable. La pointe PDA devra être certifiée selon la norme NFC 17102 et son fabricant devra produire des fiches d'essais conformes. Le dispositif PULSAR 60 Inox fabriqué par HELITA répond à ces critères.

Pour les autres antennes, de tailles inférieures et en général non radôme, il est difficile de faire une prescription. Si la surface de la plateforme de l'antenne permet le montage d'au moins trois pointes dépassant le point le plus haut de l'antenne de 2m en assurant ainsi sa protection dans tous les cas, cette solution sera adoptée.

Dans le cas contraire, un ou de préférence deux PDA diamétralement opposés seront installés sur des mâts supports non magnétiques. Le sommet des PDA dépasseront le point le plus haut de l'antenne de 2m. Chaque PDA sera raccordé à 2 descentes séparées d'au moins 2m sur 95% de la longueur totale du cheminement et de préférence sur des faces opposées du bâtiment. Les descentes de chaque PDA pourront néanmoins être mutualisées si les distances de séparations avec les équipements internes sont satisfaisantes, en maintenant toutefois le nombre minimal de deux descentes sur la structure à protéger.

La norme NFC 17102 sera à appliquer pour la réalisation des travaux d'installation.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3.7 EQUIPOTENTIALITE

Les installations métalliques, les parties conductrices extérieures, les masses, les blindages des lignes de puissance et de communication et d'autres câbles positionnés à l'intérieur des zones protégées par un SPF peuvent être reliés à ce dispositif de protection pour éviter les risques de claquage.

Selon la nature des matériaux réalisant les équipotentialités, les sections minimales suivantes des conducteurs seront à appliquer :

Matériau	Section en mm ²
Cuivre	16
Aluminium	25
Acier	50

Les raccordements pourront se faire autant en toiture qu'au niveau des descentes.

Chaque palier de repos d'un pylône possèdera un ceinturage liant chaque descente.

3.7.1 Raccordement des gouttières

Les gouttières seront cerclées en partie basse et en partie haute puis raccordées aux descentes à proximité (distance de séparation inférieure à 1 m) par des méplats de cuivre étamé 30x2mm. Chaque méplat sera relié côté descente par un raccord de type plat / plat.

3.7.2 Raccordement des huisseries

Les huisseries (portes ou fenêtres) seront raccordées via des méplats en cuivre étamé 30x2mm aux descentes. Ces méplats seront fixés :

- aux huisseries par des rivets inox à tête pleine ou par des brasures en argent,
- aux descentes par des raccords de type plat/plat exclusivement.

L'équipotentialité ne sera effectuée que pour des distances de séparation inférieures à 1m.

3.8 DESCENTE DERRIERE UN BARDAGE

3.8.1 Extrait de la norme NFC 17-102

« Lorsqu'un bâtiment possède un revêtement extérieur métallique ou un parement en pierres ou en verre ou si une partie de couverture de la façade est fixe, le conducteur de descente peut être installé sur la façade en béton ou sur la structure principale, sous le revêtement.

Dans ce cas, les parties conductrices du revêtement doivent être connectées au conducteur de descente dans ses parties supérieure et inférieure.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

Le conducteur de descente, s'il n'est pas en cuivre, doit se trouver à plus de 10 cm derrière le matériau inflammable du revêtement extérieur si la surface de sa section transversale est inférieure à 100 mm². Pour une surface de section transversale de 100 mm² ou plus, il n'est pas recommandé de maintenir une distance précise entre le conducteur de descente et le matériau isolant. »

3.8.2 Dispositions générales

Les descentes derrière un bardage doivent être continues depuis le haut du bâtiment jusqu'au regard de terre.

Aucun matériau ne sera plaqué directement sur les conducteurs de la cage maillée ayant pour fonction d'écouler la foudre.

Derrière un bardage, il ne sera pas nécessaire de mettre une protection mécanique sur les descentes à 2 m du sol.

Les conducteurs de descente derrière un bardage en aluminium doivent être constitués avec du méplat 30x3mm aluminium. En revanche, l'aluminium enterré est interdit. Il est donc nécessaire d'installer des raccords bimétal (aluminium/cuivre) afin de réaliser la mise à la terre en cuivre étamé.

3.9 PROTECTION CONTRE LES TENSIONS DE PAS

Dans certaines conditions, en bas des descentes, la proximité des conducteurs peut être dangereuse même si le SPF a été conçu et construit conformément aux règles décrites plus haut.

Le danger est réduit à un niveau tolérable si l'une des conditions suivantes est satisfaite :

- dans les conditions normales de fonctionnement, personne ne se trouve à moins de 3 m des conducteurs de descente;
- un réseau d'au moins 10 conducteurs de descente sont en place sur la structure ;
- la résistance de contact de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m du conducteur de descente, n'est pas inférieure à 100 kΩ.

NOTE : Une couche en matériau isolant, par exemple, une couche d'asphalte de 5 cm d'épaisseur (ou une couche de gravier de 15 cm d'épaisseur) réduit généralement le danger à un niveau tolérable.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les blessures d'êtres vivants dues aux tensions de pas de la manière suivante :

- équipotentialité au moyen d'un réseau de prises de terre par double ceinturage (voir chapitre 2.2.2 de la fiche 2 « Réseau de terre »)
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité d'accès à la zone dangereuse, à une distance de 3 m du conducteur de descente.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3.10 DISTANCE DE SEPARATION

La distance de séparation est définie dans la norme NF EN 62305-3 paragraphe 6.3 dont l'extrait est donné ci-après :

« L'isolation électrique entre le dispositif de capture ou le conducteur de descente et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les réseaux internes peut être réalisée par une distance de séparation S , entre les éléments. L'équation générale utilisée pour le calcul de S est donnée par la formule suivante :

$$S = \frac{k_i}{k_m} \times k_c \times l$$

Où,

- k_i dépend de la classe de SPF choisie (voir Tableau 10) ;
- k_m dépend du matériau d'isolation électrique (voir Tableau 11) ;
- k_c dépend du courant de foudre (partiel) s'écoulant dans le dispositif de capture et le conducteur de descente (voir Tableau 12 et Annexe C) ce coefficient dépend du nombre de descentes sur le bâtiment ;
- l est la longueur, en mètres, le long du dispositif de capture et du conducteur de descente entre le point où la distance de séparation est à prendre en considération et le point de liaison équipotentielle le plus proche (voir E.6.3 de l'Annexe E). »

Les tableaux 10,11 et E 6.3 de l'annexe E sont consultables dans la norme précitée.

Les distances relevées entre les dispositifs de capture ou les descentes foudre et les structures métalliques du bâtiment, les équipements ou les réseaux électriques devront être supérieures à la distance « S » calculées par la formule donnée ci-dessus.

Pour les installations de la DGAC, les bâtiments ayant au moins 4 descentes, on peut évaluer une distance de séparation moyenne en considérant que :

$$k_i = 0.08, k_c = 0.44$$

Soit $S = 3,5\text{cm}$ en air libre et 7cm à travers le béton, par mètre longeant le dispositif de capture ou le conducteur de descente.

DTI/DSO/IGC	Projet	Installations de la DGAC	Version	V1R0
NOTE	Titre	Guide d'aide à la protection contre la foudre : Fiche n°3 Protection foudre des bâtiments	Du	09/06/2020

3.11 COMPTEUR DE COUP DE FOUDRE

Afin d'effectuer un suivi correct des installations, au moins un compteur de coup de foudre sera installé sur la descente correspondant à la zone la plus exposée aux impacts de foudre.

Cet équipement sera conforme à la norme NF EN 62561-6.

Il sera facilement accessible et devra pouvoir dater l'heure et le jour du coup de foudre.

Sur les sites comportant plusieurs bâtiments, un compteur sera installé sur chacun d'eux.

3.12 CONDUCTEURS ISOLÉS

Dans les cas où la mise en place de descentes à l'extérieur du bâtiment ne peut pas être réalisée et l'utilisation des composants naturels extérieurs n'est pas possible ou si la distance de séparation avec des structures ou des conducteurs actifs ne peut pas être respectée, l'utilisation de conducteurs isolés (type HVI de chez DEHN par exemple) pourra favorablement être mise en œuvre. Ces conducteurs pourront circuler dans des zones protégées à l'intérieur des bâtiments en respectant les distances de séparations prescrites par le fabricant de ces conducteurs isolés.

Les modes de pose et de raccordement de ces conducteurs isolés devront être conformes aux spécifications du constructeur.