ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

Parc Logistique MATZIM
Bâtiment B

RD 82

RESSONS / MATZ (60)

Réf. : ARF	Réalisée par : Fabrice POLO	Vérifiée par : D. BRAZZALE
N° 19.05.7249		
Le : 05 Juin 2019		

ETUDES • INSTALLATIONS PARATONNERRES & PARAFOUDRES • VERIFICATIONS

70 Avenue du Général de Gaulle - 94000 Créteil - Tél. : 01 60 18 20 10 - Fax : 01 60 18 20 11

E-mail : contact@energiefoudre.com - Internet : http://www.energie-foudre.com

SASU au capital 10.000 €. - R.C.S Créteil B 397 672 593 - Siret 397 672 593 00043 - Code APE 4321 A - N° TVA : FR 47 397 672 593

SOMMAIRE

1. PREAMBULE 1
1.1. Rappel sur le phénomène foudre 1
1.2. Définitions des différents coups de foudre 2

2. PRESENTATION DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE (A.R.F.) 4
2.1. Objet de l'Analyse du Risque Foudre 4
2.2. Méthode 4
2.3. Limites de l'Analyse du Risque Foudre 5
2.4. Principaux paramètres influents dans la méthode d'analyse du risque foudre 5
2.5. Quelques termes et définitions utilisés 8
2.6. Normes et réglementations 10
2.7. Présentation du document 10
2.8. Limites d'intervention 11
2.9. Documents à disposition 11

3. CARACTERISTIQUES DU SITE ETUDIE 12
3.1. Adresse 12
3.2. Activité 12
3.3. Liste des rubriques 12
3.4. Type de zone d'implantation 12
3.5. Densité de foudroiement sur le site 12
3.6. Identification des événements redoutés 12
3.7. Structures et zones objet de l'étude 13
3.8. Nature du sol extérieur 13

4. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SUR LE BATIMENT B 14

5. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE 16

ANNEXE : DONNEES DU LOGICIEL JUPITER & CARTE DE DENSITE DE FOUDROIEMENT 18

SYNTHESE DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

L'analyse du risque foudre sur le site est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « Jupiter - version 1.3.0 ».

Le résultat de l'analyse du risque foudre sur le Bâtiment B du Parc Logistique MATZIM de Ressons/Matz pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^{-5} (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) est le suivant :

Le niveau de protection défini dans l'analyse du risque foudre est le niveau II

EIPS : les équipements importants pour la sécurité doivent être protégés par des dispositifs adaptés ; ces équipements à prendre en considération sont les suivants :

- ***la détection incendie***
- ***l'alarme anti-intrusion***
- ***les motopompes sprinkler.***

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

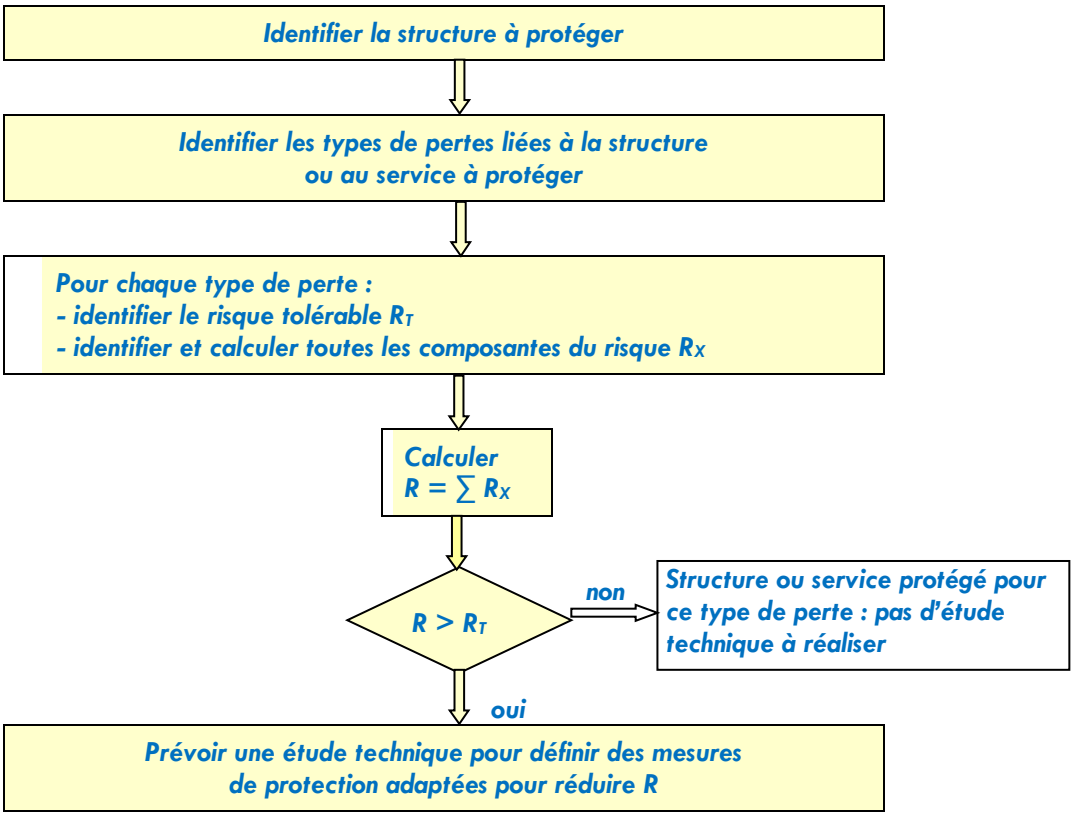
Moyen de prévention : aucun système de prévention n'a été recensé sur le site.

Conformément à l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié, une étude technique doit être réalisée par un organisme compétent et définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu d'implantation ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance.

Une notice de vérification et de maintenance est rédigée lors de l'étude technique puis complétée, si besoin, après la réalisation des dispositifs de protection.

Un carnet de bord doit être tenu par l'exploitant. Les chapitres qui y figurent sont rédigés lors de l'étude technique.

Les systèmes de protection contre la foudre prévus dans l'étude technique sont conformes aux normes françaises ou à toute norme équivalente en vigueur dans un Etat membre de l'Union Européenne.

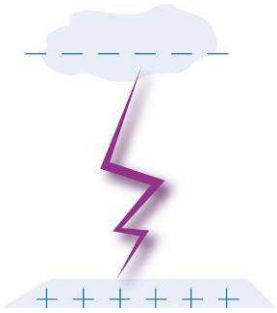


1. PREAMBULE

1.1. Rappel sur le phénomène foudre

Les orages naissent de la confrontation d'un air chaud et humide avec un air froid et sec. L'air chaud se condense au contact de l'air froid pour former de multiples nuages qui vont rapidement s'agglomérer et former parfois des cellules convectives géantes.

Dans ces nuages orageux appelés cumulo-nimbus, la partie supérieure est constituée de cristaux de glace et est généralement chargée positivement, tandis que la partie inférieure constituée de gouttelettes d'eau est chargée négativement. Par influence, la partie inférieure du nuage entraîne le développement de charges de signe opposé (donc positives sur la partie du sol qui se trouve à proximité).



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

Le courant écoulé lors d'un éclair peut atteindre de 15 000 à 100 000 Ampères dans nos régions. On peut enregistrer jusqu'à 250 000 Ampères à l'équateur ou dans certaines régions du globe.

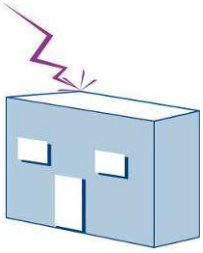
Quant au bruit du tonnerre il est dû à la subite dilatation de l'air qui laisse passer l'éclair. En un temps très court, le canal passe de 20-25° à 14 000, l'onde de choc liée à cette variation provoque le bruit du tonnerre.

Il faut rappeler que si la foudre est à l'origine de nombreux incendie, l'orage peut créer aussi des dégâts par d'autres phénomènes (vent violent, abondance des pluies, grêle).

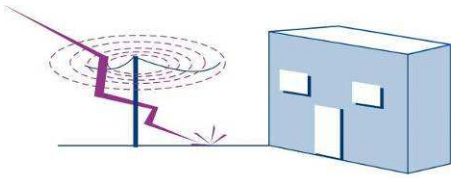
1.2. Définitions des différents coups de foudre

Les différents coups de foudre :

- Effets directs :
  - effets thermiques : effets de fusion liés à la quantité de charges électriques au point d'impact, effets de dégagement de chaleur par effet Joule
  - effets dus aux amorçages : impédances différentes (canalisations, bâtiments…) = différence de potentiel
  - effets d'induction : champs rayonnés : électriques et magnétiques
  - effets électrodynamiques : décomposition galvanique
  - effets acoustiques : tonnerre
  - effets lumineux : éclairs.


impact direct

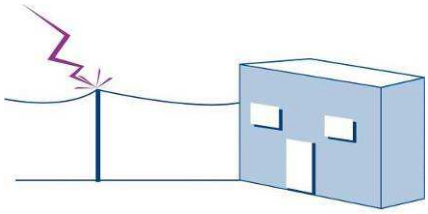
- Effets indirects : effets des champs électriques et magnétiques rayonnés sur les installations, dont les principaux modes de propagation sont : le couplage ohmique, le couplage inductif et le couplage capacitif.

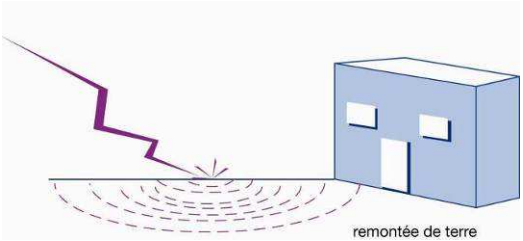

induction

Les coups de foudre à la terre peuvent être dangereux pour les personnes, les structures et les services :

- le danger pour la structure peut donner lieu à :
  - des dommages affectant la structure et son contenu
  - des défaillances des réseaux électriques et électroniques associés
  - des blessures sur des êtres vivants dans la structure ou à proximité.

  Les effets consécutifs à des dommages et à des défaillances peuvent s'étendre à la proximité immédiate de la structure ou peuvent impliquer son environnement
- le danger pour les services peut donner lieu à :
  - des dommages affectant le service lui-même
  - des défaillances des équipements électriques et électroniques associés.


conduction


remontée de terre

Les coups de foudre impliquant une structure peuvent être divisés en :

- coups de foudre directs sur la structure
- coups de foudre à proximité de la structure et/ou à proximité des services connectés (réseaux d'énergie, réseaux de communication, autres services).

Les coups de foudre impliquant un service peuvent être divisés en :

- coups de foudre directs sur le service
- coups de foudre à proximité du service ou coups de foudre directs sur une structure connectée au service.

À titre d'illustration, le tableau suivant présente de façon simplifiée les principaux effets d'un coup de foudre sur une installation.

Effets de coups de foudre	Phénomènes physiques	Conséquences	Risques potentiels
Effets thermiques	Effets de fusion liés à la quantité de charges électriques au point d'impact. Effets de dégagement de chaleur par effet Joule.	Échauffement suite au passage de l'énergie de foudre.	Perçage de capacité = incendie. Allumage d'une atmosphère suroxygénée ou explosible.
Effets d'amorçage	Impédances différentes (canalisations, bâtiments…) = différence de potentiel.	Liés à la mise en œuvre des paratonnerres. Liés aux différences de potentiel. Liés à l'onde de choc sur les circuits électriques et électroniques. Liés aux champs électriques ou champs magnétiques rayonnés.	Allumage d'une atmosphère suroxygénée ou explosible. - Etincelles. - Arcs électriques. - Risque d'électrocution.
Effets électrodynamiques	Apparition de forces.	Liés aux passages de courants importants.	Déformation ou rupture d'éléments : - descente paratonnerre - canalisations - câbles électriques.
Coupure de tension	/	Destruction de sources d'énergie.	Arrêt de certaines fonctions de sécurité.
Surtension transitoires générées par les décharges atmosphériques	Augmentation de la tension aux bornes des équipements due aux surtensions véhiculées par les lignes d'alimentation. Ces surtensions sont créées par conduction induction ou remontée de terre	Destruction du matériel sensible et de commande du process par surtension causée par l'onde de chocs ou par des IEMF (Impulsions Electro Magnétiques de Foudre). Mauvaise information des capteurs locaux. Dysfonctionnement de la supervision du process. Destruction de tout ou partie du système de sécurité. Destruction des moyens de communication.	Arrêt de certaines fonctions. Destruction du matériel. Ordres intempestifs (rejets non contrôlés…). Non prise en compte d'informations de « sécurité ». Isolement par rapport aux services de secours.

2. PRESENTATION DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE (A.R.F.)

2.1. Objet de l'Analyse du Risque Foudre

Par ses multiples effets, la foudre est susceptible d'engendrer dans les installations industrielles des sinistres sur les structures des bâtiments et des perturbations au niveau des équipements et des moyens de production. Les conséquences dues à ces phénomènes peuvent entraîner directement ou indirectement des risques graves pour la sécurité du personnel, la sûreté du matériel et la qualité de l'environnement.

L'Analyse du Risque Foudre permet de définir s'il y a nécessité de mettre en place un système de protection contre la foudre et, si oui, quel est le niveau de protection à atteindre.

Elle est réalisée conformément à l'arrêté du 04 Octobre 2010 modifié et la circulaire d'application du 24 Avril 2008.

2.2. Méthode

L'Analyse du Risque Foudre est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre Partie 2 : Analyse du risque ».

La méthode d'évaluation de la norme NF EN 62305-2 prend en compte différent critères influents tels que la densité de foudroiement, les dimensions et la structure du bâtiment, l'activité qu'il abrite et les dommages que peut engendrer la foudre en cas de foudroiement sur ou à proximité des bâtiments concernés.

Les coups de foudre directs sur la structure ou les services connectés peuvent causer des dommages physiques et mettre en danger la vie des personnes. Les coups de foudre indirects à proximité d'une structure ou d'un service, comme les coups de foudre directs, peuvent causer des défaillances des réseaux électriques et électroniques en raison des surtensions dues à un couplage résistif ou inductif entre ces matériels et le courant de foudre.

La probabilité des dommages dus à la foudre dépend de la structure, du service et des caractéristiques du courant de foudre ainsi que du type et de l'efficacité des mesures de protection appliquées.

La norme NF EN 62305-2 fixe la limite supérieure du risque tolérable à 10^{-5}. Le risque de dommages causés par la foudre est calculé et comparé à cette valeur. Lorsque la valeur est supérieure au risque acceptable des solutions de protection et/ou de prévention sont introduites dans les calculs pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

Le résultat obtenu fournit le niveau de protection à atteindre pour chaque bâtiment ou zone étudié. Le niveau de protection peut aller de I pour le plus sévère à IV pour le moins sévère. Cette méthode permet d'optimiser les différentes solutions de protection à mettre en œuvre à l'aide de système paratonnerre et ou parafoudre.

La méthode d'analyse du risque NF EN 62305-2 est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « **Jupiter - Version 1.3.0** » qui est utilisé dans les calculs qui suivent.

2.3. Limites de l'Analyse du Risque Foudre

L'Analyse du risque Foudre est établie à partir des connaissances existantes au jour de son élaboration. Elle peut être sujette à des modifications en fonction de l'évolution des normes, des techniques et des réglementations.

La foudre est un phénomène naturel et aléatoire ; la présente Analyse du Risque Foudre ne peut garantir l'efficacité totale des résultats obtenus. En conséquence, en cas de foudroiement des installations étudiées, la responsabilité de la société Energie Foudre ne saurait être engagée au-delà du montant de l'étude.

Les protections existantes ne sont pas prises en compte dans l'Analyse du Risque Foudre. L'Etude Technique traitera des moyens de protection à mettre en œuvre et de la mise en conformité des protections existantes si nécessaire.

2.4. Principaux paramètres influents dans la méthode d'analyse du risque foudre

En fonction de la configuration du site, certains bâtiments peuvent être découpés en différentes zones afin de tenir compte de la diversité des risques et d'optimiser l'analyse de risque et les protections qui en découlent.

Les critères pris en compte dans les calculs de l'analyse du risque seront choisis, entre autres, en fonction des paramètres suivants :

- <u>Densité de foudroiement sur le site</u>
  La densité de foudroiement Ng prise en compte dans l'étude correspond au nombre d'impacts par an au km^2 sur le département concerné. Cette valeur est issue de la carte du niveau kéraunique présente dans le logiciel Jupiter.

- <u>Dimensions du bâtiment</u>
  Le risque foudre sur un bâtiment dépend de ses dimensions (longueur, largeur et hauteur).

- <u>Facteur d'emplacement</u>
  L'emplacement relatif de la structure dépend des objets environnants ou de l'exposition de la structure. Différents cas peuvent se présenter :
  - bâtiment entouré par des structures plus hautes
  - bâtiment entouré par des structures de même hauteur ou plus petites
  - bâtiment isolé (pas d'autres structures à proximité)
  - bâtiment isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule.

- Dangers particuliers
  - pas de risque de panique
  - faible niveau de panique : structures limitées à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100
  - niveau de panique moyen : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes compris entre 100 et 1 000
  - difficulté d'évacuation : structures avec personnes immobilisées, hôpitaux
  - niveau de panique élevé : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000
  - danger pour l'environnement : émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans le périmètre immédiat de la structure ou du site
  - contamination de l'environnement : émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans une zone débordant largement du périmètre immédiat de la structure ou du site au-delà des valeurs autorisées.

- Risque d'incendie
  Le risque d'incendie est lié à la charge calorifique de la structure et de son contenu Elle s'exprime en Mégajoule par m² (MJ/m²). Les définitions sont données ci-après :
  - pas de risque : structure concernée par aucun des cas ci-dessous
  - risque faible : charge calorifique inférieure à 400 MJ/m²
  - risque ordinaire : charge calorifique comprise entre 400 MJ/m² et 800 MJ/m²
  - risque élevé : charge calorifique supérieure à 800 MJ/m²
  - risque d'explosion : structure contenant des mélanges explosifs.

- Protection anti-incendie
  La présence ou non de moyens de lutte contre l'incendie est pris en compte. Les définitions sont données ci-après :
  - pas de protection : aucune des dispositions indiquées ci-dessous
  - protection manuelle : une des dispositions suivantes : extincteurs, installations d'extinction fixes déclenchées manuellement, installations manuelles d'alarme, prises d'eau, compartiments étanches, voies d'évacuation protégées
  - protection automatique : une des dispositions suivantes : installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques
    * seulement si elles sont protégées contre les surtensions ou d'autres dommages et si le temps d'intervention des pompiers est inférieur à 10 minutes.

- Type de sol
  - béton
  - bois
  - moquette
  - etc…

- Facteur d'environnement de la ligne entrante dans le bâtiment
  L'emplacement relatif de la ligne dépend des objets environnants. Différents cas peuvent se présenter :
  - urbain avec bâtiments dont la hauteur est supérieure à 20 mètres
  - urbain avec bâtiments dont la hauteur est comprise entre 10 et 20 mètres
  - suburbain avec bâtiments dont la hauteur est inférieure à 10 mètres
  - rural pour des zones présentant une faible densité de bâtiment (ex : la campagne).

- <u>Résistivité du terrain</u>
  Pour les lignes enterrées, lorsque la résistivité du terrain est inconnue, il convient d'estimer la valeur maximale de 500 Ωm

- <u>Longueur de la ligne entrante</u>
  Lorsque la longueur de la ligne est inconnue on estime une valeur maximale de celle-ci égale à 1000 mètres.

- <u>Type de câblage</u>
  - câble non écranté $K_{s3} = 1$: pas de précaution de cheminement afin d'éviter les boucles
  - câble non écranté $K_{s3} = 0,2$: précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille
  - câble non écranté $K_{s3} = 0,02$: précaution de cheminement afin d'éviter les boucles
  - câble écranté avec résistance d'écran $K_{s3} = 0,001$: $5 < R_s \leq 20$ Ω/km
  - câble écranté avec résistance d'écran $K_{s3} = 0,0002$: $1 \leq R_s < 5$ Ω/km
  - câble écranté avec résistance d'écran $K_{s3} = 0,0001$: $R_s < 1$ Ω/km

- <u>Tension de tenue</u>
  - 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.

2.5. Quelques termes et définitions utilisés

- Structures à protéger
  Structure pour laquelle une protection contre les effets de la foudre est exigée.
- Structures dangereuses pour l'environnement
  Structures qui peuvent être à l'origine d'émissions biologiques, chimiques ou radioactives à la suite d'un foudroiement, par exemple les installations chimiques, nucléaires, etc…
- Environnement urbain
  Zone présentant une forte densité de bâtiments, avec une population importante et des immeubles élevés (ex : centre-ville).
- Environnement suburbain
  Zone présentant une densité moyenne de bâtiment (ex : les zones à la périphérie immédiate des villes).
- Environnement rural
  Zone présentant une faible densité de bâtiments (ex : campagne).
- Réseau interne
  Réseaux électriques et électroniques à l'intérieur d'une structure.
- Service à protéger
  Service pénétrant dans une structure pour lequel la protection contre les effets de la foudre est exigée, conformément à la présente norme.
- Système de protection contre la foudre (SPF)
  Installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent une structure. Elle comprend à la fois des installations extérieures et intérieures de protection contre la foudre (IEPF et IIPF).
- Installation Extérieure de Protection Foudre (IEFP)
  Partie du système de protection contre la foudre comprenant un dispositif de capture, des conducteurs de descente et une prise de terre.
- Installation Intérieure de Protection Foudre (IIPF)
  Partie du système de protection contre la foudre comprenant des liaisons équipotentielles de foudre et des parafoudres.
- Parafoudre coordonné
  Parafoudre dont les caractéristiques sont choisies de façon cordonnée (coordination en énergie) et qui est installé de manière appropriée pour réduire les défaillances des réseaux électriques et électroniques.
- Liaison équipotentielle de foudre
  Interconnexion des parties métalliques d'une installation de SPF par des connexions directes ou par des parafoudres réduisant les différences de potentiel engendrés par le courant de foudre.

Types d'impacts

- S1 : impact sur une structure
- S2 : impact à proximité d'une structure
- S3 : impact sur un service
- S4 : impact à proximité d'un service.

Impacts sur la structure

- RA : composante du risque lié aux blessures sur les êtres vivants
- RB : composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure
- RC : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

Impacts à proximité de la structure

- RM : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

Impacts sur le service connecté

- RU : composante du risque lié aux blessures sur les êtres vivants
- RV : composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure
- RW : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

Impacts à proximité d'un service

- RZ : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

Risques de pertes

- R1 : Risque de perte de vie humaine dans une structure
- R2 : risque de perte de service public dans une structure
- R3 : risque de perte d'héritage culturel dans une structure
- R4 : Risque de perte de valeur économique dans une structure.

2.6. Normes et réglementations

Les principaux documents de référence sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Normes

NF EN 62305-1	*Juin 2006*	Protection contre la foudre, Partie 1 : principe généraux
NF EN 62305-2	*Déc 2006*	Protection contre la foudre, Partie 2 : analyse du risque

Textes officiels

ARRETE DU 4 OCTOBRE 2010	Protection contre la foudre de certaines installations classées
CIRCULAIRE DU 24 AVRIL 2008	Circulaire relative à l'arrêté du 15 janvier 2008
ARRETE DU 5 AOUT 2002	Prévention des sinistres dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510
ARRETE DU 23 DECEMBRE 2008	Prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à déclaration sous la rubrique 1510 (article 4.3)

Nota : l'arrêté du 4 Octobre 2010 a été modifié par l'arrêté du 19 Juillet 2011.

2.7. Présentation du document

L'Analyse du Risque Foudre est décomposée comme suit :

- l'identification des risques liés à une agression foudre
  Cette analyse est faite à partir des renseignements qui nous ont été communiqués afin d'identifier les activités et processus pour lesquelles une agression foudre et les effets qui s'en suivent peuvent devenir des facteurs déclenchants.

- l'analyse du risque
  L'analyse du risque foudre sur le site est établie conformément à la norme NF EN 62305-2. Cette analyse prend en compte différents critères influents qui permettent de déterminer les risques de pertes dus à la foudre et s'il y a nécessité de protection.
  Cette analyse permet de déterminer, pour chaque bâtiment (ou zone) étudié, le niveau de protection approprié afin de réduire le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable fixée à 10^{-5}. Le niveau de protection peut aller de I pour le plus sévère à IV pour le moins sévère.

2.8. Limites d'intervention

L'Analyse du Risque Foudre concerne les risques liés à un impact direct et indirect de la foudre sur le site.

2.9. Documents à disposition

L'analyse est réalisée à partir des éléments en notre possession :

- étude de dangers : non
- zonage Atex : non
- plan de masse du site : oui
- plan des façades des bâtiments : non
- plan des réseaux (VRD, terre, électrique…) : non
- liste des équipements importants pour la sécurité : oui
- schéma de distribution BT et TBT : onon
- liste des renseignements communiquée par BIGS : oui.

3. CARACTERISTIQUES DU SITE ETUDIE

3.1. Adresse

Parc Logistique MATZIM - Bâtiment B - RD 82 - RESSONS / MATZ (60).

3.2. Activité

Bâtiment logistique.

3.3. Liste des rubriques

Rubriques n° : 1510 ; 1530 ; 1532 ; 2662 ; 2663 ; 4331 ; 4320.
Le classement ICPE du site sous les rubriques listées ci-dessus, impose la réalisation d'une ARF conformément à l'arrêté du 04 Octobre 2010.

3.4. Type de zone d'implantation

Le site est implanté en zone industrielle.

3.5. Densité de foudroiement sur le site

La densité de foudroiement prise en compte dans l'étude correspond au nombre d'impacts par an au km^2 sur le département de **l'Oise.**
Cette valeur est issue de la carte présente dans la norme NFC 17-102 F11 de Mai 2015 (cf. annexe).
Ng retenue dans l'étude : Ng = **1,5**

3.6. Identification des événements redoutés

Le risque principal pour le bâtiment B du Parc Logistique Matzim est l'incendie.

L'origine de cet incendie peut être diverse :

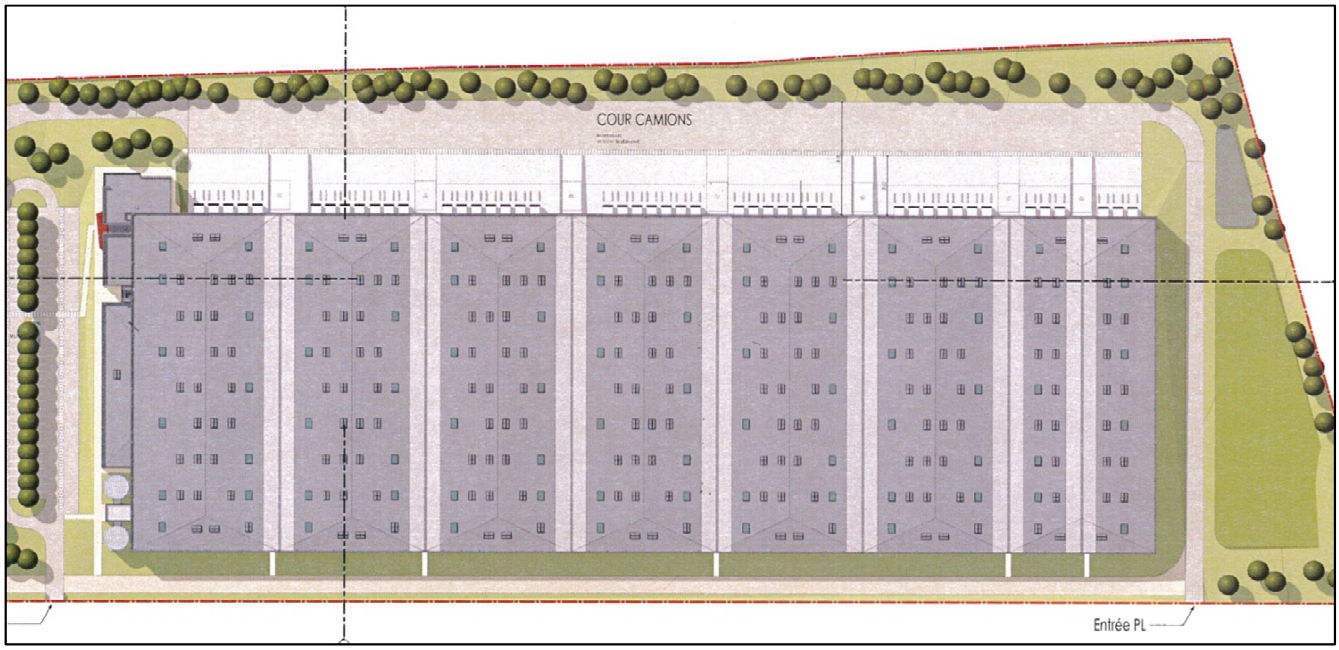
- acte de malveillance
- étincelle initiée par un équipement électrique
- problème électrique
- travail par point chaud
- l'impact direct ou indirect de la foudre sur le bâtiment ou sur les services peut être aussi à l'origine d'un départ de feu.

Les conséquences sont principalement des risques pour les personnes et/ou des dégâts matériels. Cependant, ils peuvent influencer fortement la pérennité et la continuité de service de la société.

3.7. Structures et zones objet de l'étude

La structure projetée objet de l'étude, est le bâtiment B.

Nota : nous considérerons comme risque majeur l'incendie en cas d'impact sur les structures.



3.8. Nature du sol extérieur

Terre végétale engazonnée et zone de circulation avec enrobés bitumineux.

Le tableau ci-dessous indique à titre indicatif la valeur de la résistivité en fonction de la nature du terrain rencontré.

Désignation	Nature du terrain (exemple)	Résistivité en Ω/m
Très faible	Terrain marécageux	< 100
Faible	Marnes - Argiles	30 à 200
Moyenne	Sable, Sol pierreux	200 à 500
Forte	Calcaire	500 à 1000
Très forte	Granit	> 1000

Nota : nous retiendrons, par défaut, une résistivité de 500 Ω/m, qui correspond à une valeur standard.

4. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SUR LE BATIMENT B

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement (dépend des structures environnantes)	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente (bâtiment voisin)
Surface équivalente d'exposition du bâtiment (Ad = L x l + 6H (L+l) + 9π.H^2)	L max : 337,00 m ; l max : 115,00 m ; H max : 14,20 m →Ad = 41 483,32 m^2
Type de construction	Charpente : béton ; Façade : bardage métallique/ béton ; Toiture : bac acier
Type de sol à l'intérieur	Béton

Description de la zone concernée	
Dangers particuliers Risque de panique en cas d'évacuation	Compte tenu des caractéristiques de la structure et de l'effectif, le risque de panique est considéré comme faible (moins de 2 étages et moins de 100 personnes)
Dangers particuliers Risque pour l'environnement pouvant créer un risque de perte de vie humaine	Compte tenu de l'activité, il n'y a pas de danger pour l'environnement en cas de sinistre
Risque d'incendie *	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, le risque d'incendie est considéré comme élevé
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique (installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques)
Protection tension de contact	Terre équipotentielle

EIPS	
Liste des Equipements Importants Pour la Sécurité reliés au bâtiment	Détection incendie, alarme anti-intrusion, motopompes sprinkler

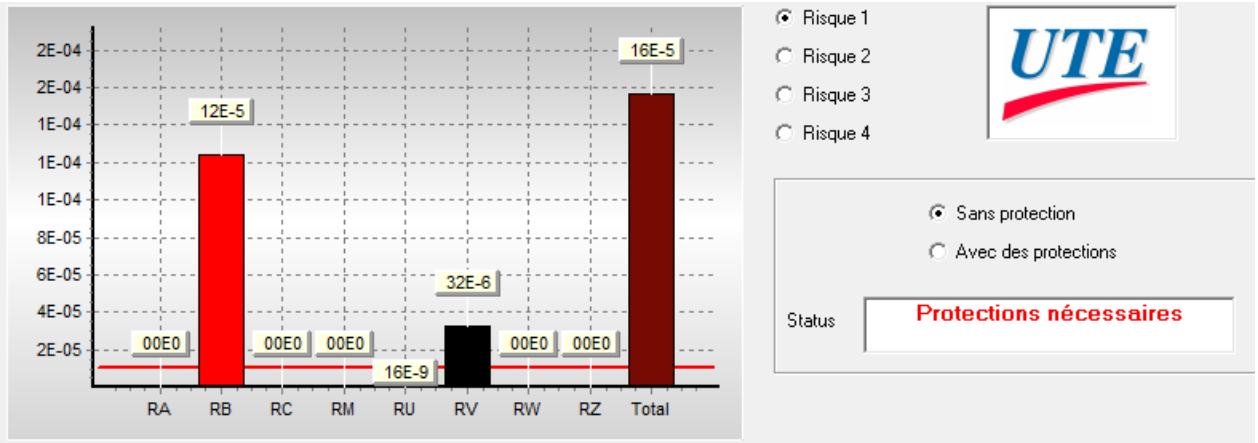
Ligne d'alimentation énergie Basse Tension	
Provenance de la ligne BT alimentant le bâtiment	TGBT
Type de ligne	Souterrain sans transformateur HT/BT
Longueur estimée de la ligne entre l'origine de l'alimentation et l'équipement *	1 000 mètres
Position relative de la ligne	Entourée par des structures plus hautes
Tenue aux surtensions de l'équipement *	2,5 kV

Ligne téléphonique	
Désignation de l'équipement relié dans la structure	Autocommutateur
Type de ligne	Souterrain
Longueur estimée de la ligne entre l'origine et l'équipement *	1 000 mètres
Position relative de la ligne	Entourée par des structures plus hautes

* En l'absence de données précises, nous avons retenu des valeurs par défaut.
Nota 1 : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec BIGS et suivant les paramètres définis au § 2.3.
Nota 2 : l'ensemble des données d'entrée est détaillé en annexe (cf. données Jupiter).

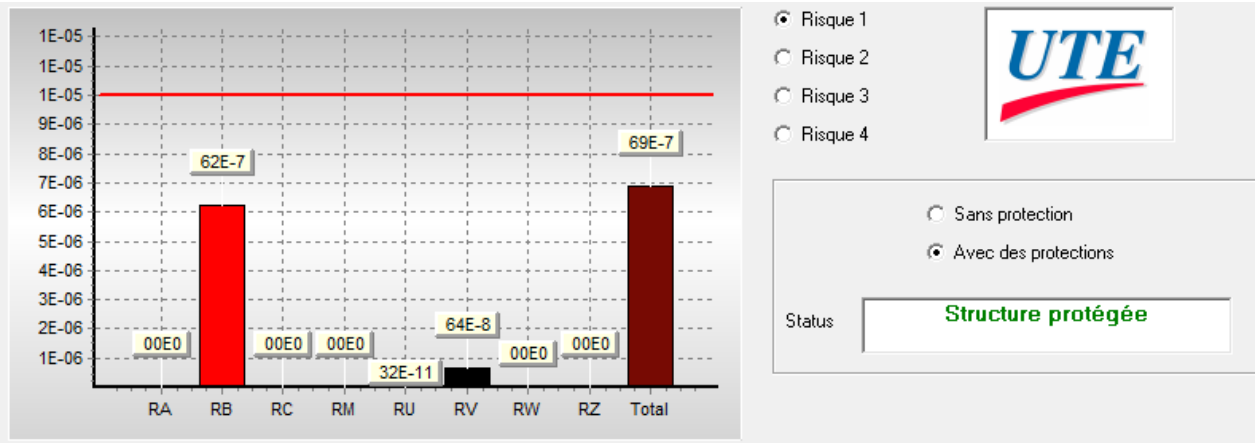
Résultats de l'analyse du risque foudre sur le bâtiment B

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à 16.10^{-5}, est supérieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à $10.^{-5}$.

Bâtiment avec protection



Le diagramme ci-dessus montre que la mise en œuvre d'un système de protection contre la foudre, de niveau II minimum, abaisse le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur égale à $0,69.10^{-5}$; valeur inférieure au risque tolérable RT fixée à 10^{-5}.

<u>Conclusion</u> : le bâtiment B du Parc Logistique Matzim doit être équipé d'un système de protection contre la foudre de niveau II minimum.

5. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

L'analyse du risque foudre sur le site est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « Jupiter - version 1.3.0 ».

Le résultat de l'analyse du risque foudre sur le Bâtiment B du Parc Logistique MATZIM de Ressons/Matz pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^{-5} (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) est le suivant :

Le niveau de protection défini dans l'analyse du risque foudre est le niveau II

EIPS : les équipements importants pour la sécurité doivent être protégés par des dispositifs adaptés ; ces équipements à prendre en considération sont les suivants :

- la détection incendie
- l'alarme anti-intrusion
- les motopompes sprinkler.

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

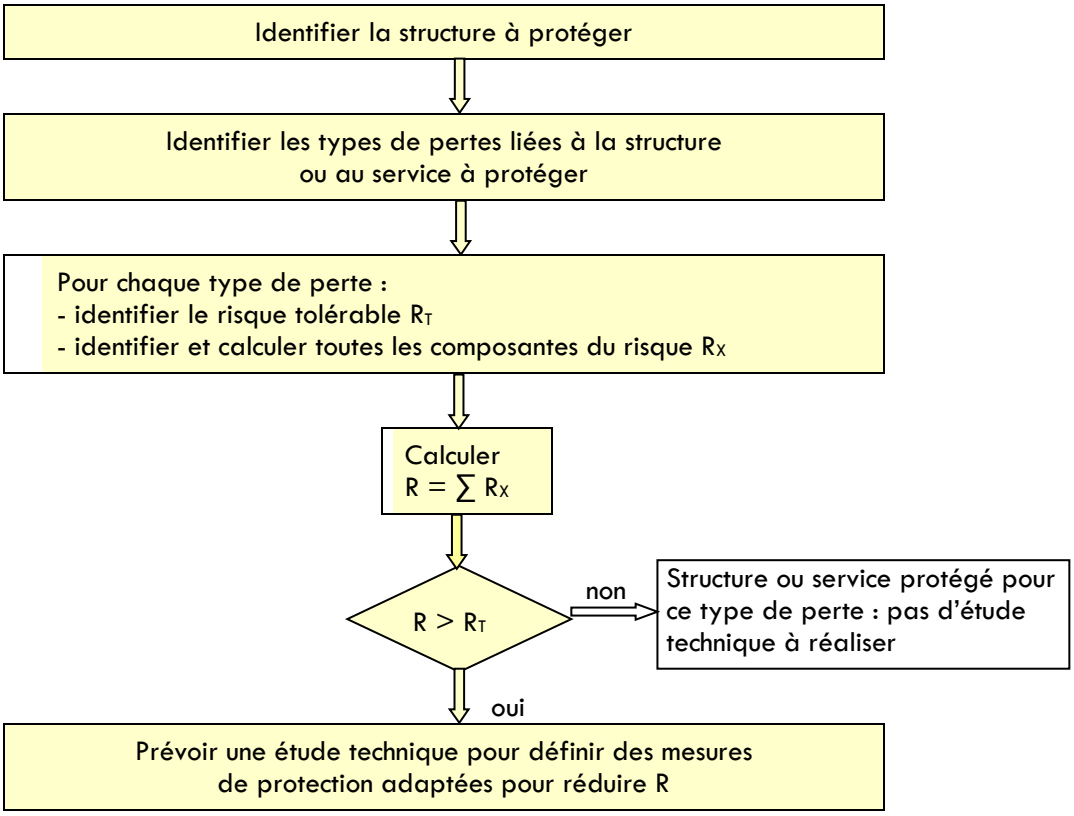
Moyen de prévention : aucun système de prévention n'a été recensé sur le site.

Conformément à l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié, une étude technique doit être réalisée par un organisme compétent et définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu d'implantation ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance.

Une notice de vérification et de maintenance est rédigée lors de l'étude technique puis complétée, si besoin, après la réalisation des dispositifs de protection.

Un carnet de bord doit être tenu par l'exploitant. Les chapitres qui y figurent sont rédigés lors de l'étude technique.

Les systèmes de protection contre la foudre prévus dans l'étude technique sont conformes aux normes françaises ou à toute norme équivalente en vigueur dans un Etat membre de l'Union Européenne.



ANNEXE :
DONNEES DU LOGICIEL JUPITER
& CARTE DE DENSITE DE FOUDROIEMENT

Données logiciel Jupiter

BIGS - MATZIM - Bâtiment B
Adresse: RD82
Commune: RESSONS/MATZ

Structure
- Fréquence de foudroiement
  Ng: 1,5
- Utilisation principale: industriel
- Type: entouré d'objets plus petits
- Blindage: absent
- Surface équivalente d'exposition
  A (m): 337
  B (m): 115
  H (m): 14,2
  Hmax (m):
  Surface (m²): 41483,32
- Particularité : pas applicable

Lignes externes
Ligne1: energie BT
  Type: énergie - souterrain
  Caractéristique de la ligne
    Ligne de longueur (m): 1000
    Résistivité (ohm x m): 500
    Blindage (ohm/km): pas de protection
  Position relative
    entouré d'objets plus hauts
  Facteur d'environnement
    urbain (10 < h < 20 m)
  Système intérieur: TGBT
    Type de câblage: boucle 50 m²
    Tension de tenue: 2,5 kV
    Parafoudres coordonnés: Absent
    Parafoudres arrivée ligne: Absent

Ligne2: telephone
  Type: signal - souterrain
  Caractéristique de la ligne
    Ligne de longueur (m): 1000
    Résistivité (ohm x m): 500
    Blindage (ohm/km): pas de protection
  Position relative
    entouré d'objets plus hauts
  Facteur d'environnement
    urbain (10 < h < 20 m)
  Système intérieur: autocom
    Type de câblage: boucle 50 m²
    Tension de tenue: 1,5 kV
    Parafoudres coordonnés: Absent
    Parafoudres arrivée ligne: Absent

Zone
Zone Z1: BATIMENT B
Dangers particuliers: risque de panique faible
Risque d'incendie: élevé
Protections anti-incendie: automatique
Blindage (ohm/km): absent
Type de sol: béton
Protections contre les tensions de pas et de contact: terre équipotentielle
Systèmes intérieurs présents dans la zone:
TGBT - Le système est relié à la ligne: energie BT
autocom - Le système est relié à la ligne: telephone

Risque tolérable
En prenant en compte la destination d'utilisation de la structure, sont présents les risque de :
Perte de vie humaine
La valeur Ra du risque tolérable est :
Ra1 = 0,00001 pour le risque de type 1

Analyse du risque
L'analyse des risques présents dans la structure, conduites sur la base des valeurs relatives des composantes du risque, a mise en évidence:
Perte de vie humaine
Le risque total R1 n'est pas plus grand que le risque tolérable Ra1.

Protections
Protections communes:
SPF de niveau: II
Zone Z1: BATIMENT B
Aucune protection présente
Ligne1: energie BT
Parafoudres arrivée ligne: II
Ligne2: telephone
Parafoudres arrivée ligne: II

Conclusions
SELON LE GUIDE UTE 17-100-2 LA STRUCTURE EST PROTEGEE CONTRE LA FOUDRE APRES MISE EN PLACE DES MESURES DE PROTECTION.

Carte de densité de foudroiement

ETUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

Parc Logistique MATZIM
Bâtiment B

RD 82

RESSONS / MATZ (60)

Réf. : ET	Réalisée par : Fabrice POLO	Vérifiée par : D. BRAZZALE
N° 19.05.7249		
Le : 05 Juin 2019		

ETUDES • INSTALLATIONS PARATONNERRES & PARAFOUDRES • VERIFICATIONS

70 Avenue du Général de Gaulle - 94000 Créteil - Tél. : 01 60 18 20 10 - Fax : 01 60 18 20 11

E-mail : contact@energiefoudre.com - Internet : http://www.energie-foudre.com

SASU au capital 10.000 €. - R.C.S Créteil B 397 672 593 - Siret 397 672 593 00043 - Code APE 4321 A - N° TVA : FR 47 397 672 593

SOMMAIRE

ETUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE 1
1. PRESENTATION DE L'ETUDE TECHNIQUE 1
2. INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE (IEPF) 3
2.1. Normes et réglementations 3
2.2. Type de Système de Protection Foudre (SPF) 4
2.3. Choix du type de l'Installation Extérieure de Protection Foudre 4
2.4. Principes d'Installations Extérieures de Protection Foudre 4
2.5. Paratonnerre à tige simple (protection non isolée) 6
2.6. Conducteurs maillés (protection non isolée) 6
2.7. Paratonnerre à dispositif d'amorçage - PDA (protection non isolée) 7
2.8. Fils tendus (protection isolée) 7
3. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IEPF) 8
3.1. Niveau de protection calculé dans l'analyse du risque foudre 8
3.2. Mode de protection préconisé 8
3.3. Installations à réaliser sur le bâtiment B 10
3.4. Principe d'une installation type par paratonnerre à dispositif d'amorçage 13
4. INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE (IIPF) 18
4.1. Rappel 18
4.2. Equipements recensés importants pour la sécurité sur le site 19
5. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION INTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IIPF) 20
5.1. Généralités sur le principe de protection contre les surtensions transitoires 20
5.2. Les types de parafoudres 20
5.3. Protection à réaliser sur l'alimentation électrique du réseau BT 22
5.4. Détermination des caractéristiques du parafoudre type 1 23
5.5. Règles pour le raccordement des parafoudres 24
6. MOYENS DE PREVENTION 25
6.1. Protection contre les tensions de contact à proximité des conducteurs de descente 25
6.2. Mesures de protection contre les tensions de pas 25
6.3. Mesures actives 26
7. ÉQUIPOTENTIALITE DES PRISES DE TERRE ET DES STRUCTURES METALLIQUES (GENERALITES) 27
8. PROCEDURES DE VERIFICATION PERIODIQUE 28
8.1. Procédure de vérification périodique des installations paratonnerre 29
8.2. Procédure de maintenance des installations paratonnerres 30
8.3. Procédure de vérification et maintenance des parafoudres 30
ANNEXES : FICHES TECHNIQUES 31
CARNET DE BORD SELON LE MODELE QUALIFOUDRE 43
NOTICE DE VERIFICATION SELON LE MODELE QUALIFOUDRE 51

SYNTHESE DE L'ETUDE TECHNIQUE

Conformément à l'arrêté du 4 Octobre 2010 (modifié le 19 Juillet 2011), une étude technique est réalisée par un organisme compétent et définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu d'implantation ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance.
Les installations, dans les normes en vigueur, des dispositifs de protection contre la foudre préconisées dans la présente étude ne peuvent assurer de façon absolue la protection sans faille des personnes ou des biens.
Cependant, la mise en œuvre des préconisations doit réduire de façon significative les dégâts susceptibles d'être causés par la foudre sur les structures et équipements protégés, et diminuer le risque de perte de vie humaine jusqu'à la valeur fixée par la norme NF EN 62305-2.
Les installations suivantes doivent être réalisées.

➔ INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IEPF)

Nous préconisons une Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) qui sera réalisée au moyen de neuf paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) :

- *Dispositif de capture : 9 PDA 60 µs en inox - Niveau de protection : II - Rayon de protection : 51,60 m (réduit de 40 %)*
- *Les PDA seront reliés entre eux en toiture afin de mutualiser les circuits de descente (PDA 1+2, PDA 3+4, PDA 5+6, PDA 7+8+9)*
- *Circuit de liaison à la terre : un circuit de descente par paratonnerre*
- *Distance de séparation : les conducteurs de toiture seront éloignés d'au moins 0,51 m de toutes masses métalliques*
- *Joint de contrôle - Tube de protection : sur le bas de chaque descente*
- *Comptage des coups de foudre : sur la descente de chaque paratonnerre*
- *Pancarte d'avertissement : sur le bas de chaque descente*
- *Prise de terre : chaque descente sera reliée à une prise de terre (< 10 Ω), raccordée dans un regard de visite pour permettre son interconnexion sur le circuit de terre général.*

➔ INSTALLATION INTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IIPF)

Caractéristiques du parafoudre	Localisation
1 parafoudre Type 1 Tri + N - Iimp 18,75 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 2 kV	Armoire alimentant les motopompes sprinkler

➔ PERIODICITE DE VERIFICATION DES INSTALLATIONS PARATONNERRES

L'arrêté du 4 Octobre 2010 fixe, quel que soit le niveau de protection, les périodicités suivantes :

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

Les travaux doivent être réalisés par une société spécialisée, agréée Qualifoudre. L'installateur pourra proposer à Energie Foudre des modifications sur l'emplacement des circuits de descente des paratonnerres en fonction des contraintes présentes sur le site. Ces modifications devront être soumises à l'approbation d'Energie Foudre.
Les solutions proposées représentent un des moyens d'atteindre l'objectif fixé. D'autres solutions techniquement équivalentes peuvent être adoptées.
L'installateur devra fournir un DOE et mettra à jour le carnet de bord.

1. PRESENTATION DE L'ETUDE TECHNIQUE

La présente étude technique fait suite à l'Analyse du Risque Foudre réalisée par nos soins, le 05 Juin 2019, sous la référence ARF 19.05.7249.

Le but de l'étude est de définir les dispositions à prendre contre les coups de foudre directs et indirects pour obtenir, dans l'état actuel des connaissances de la technique et de la réglementation en vigueur, un système de protection satisfaisant des personnes et des structures :

- Installation Extérieure de Protection contre la Foudre (IEPF) : Protection contre les effets directs de la foudre.
  L'étude tient compte des risques inhérents du site.
  La solution proposée sera adaptée aux spécificités de chaque bâtiment ou structure étudié.

- Installation Intérieure de Protection contre la Foudre (IIPF) : Protection contre les effets indirects de la foudre.
  Les coups de foudre sur le site ou à proximité peuvent provoquer des effets de claquage et des courants vagabonds qui sont des facteurs déclenchants dans les zones à risque ou bien destructeurs pour les équipements électroniques.
  Les réseaux de terre doivent être réalisés de manière à s'assurer une montée en potentiel uniforme des terres et des masses sur le site.
  Par ailleurs, il faut vérifier que les surtensions transitoires susceptibles d'être transmises par des lignes électriques ne soient pas un éventuel facteur déclenchant dans les zones à risque et prévoir, s'il y a lieu, des parafoudres.

Une partie sera consacrée aux procédures et notices de vérification :
L'inspection d'un système de protection doit être menée par une entreprise spécialisée et qualifiée. 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.

Une dernière partie sera consacrée au carnet de bord :
Le carnet de bord est un document dans lequel est consigné l'historique de l'installation de protection contre la foudre ; il doit être tenu à disposition de l'organisme d'inspection des installations classées.

Limites de l'étude technique

L'Etude Technique est établie à partir des connaissances existantes au jour de son élaboration. Elle peut être sujette à des modifications en fonction de l'évolution des normes, des techniques et des réglementations.

La foudre est un phénomène naturel et aléatoire ; la présente Etude Technique ne peut garantir l'efficacité totale des moyens de protection proposés. En conséquence, en cas de foudroiement des installations étudiées, la responsabilité de la société Energie Foudre ne saurait être engagée au-delà du montant de l'étude.

Documents à disposition

L'étude technique est réalisée à partir des éléments en notre possession :

- étude de dangers : non
- zonage Atex : non
- plan de masse du site : oui (dwg)
- plan des façades des bâtiments : non
- plan des réseaux (VRD, terre, électrique…) : non
- liste des équipements importants pour la sécurité : oui
- schéma de distribution BT et TBT : non
- liste des renseignements communiquée par BIGS : oui.

2. INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE (IEPF)

2.1. Normes et réglementations

Les principaux documents de référence sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Normes

NF EN 62305-1	*Juin 2006*	Protection contre la foudre, Partie 1 : principe généraux
NF EN 62305-3	*Déc. 2006*	Protection contre la foudre, Partie 3 : dommages physiques sur les structure et risques humain
NF EN 62305-4	*Déc. 2006*	Protection contre la foudre, Partie 4 : réseaux de puissance et de communication dans les structures
NF C 17-102	*Sept. 2011*	Protection contre la foudre : protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage
NF C 15-100	*Juin 2005*	Installations électriques à basse tension
CEI 62561-1	*Mars 2017 Ed. 2.0*	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 1 : prescriptions pour les composants de connexion
CEI 62561-2	*Janv. 2018 Ed. 2.0*	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 2 : caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre
CEI 62561-3	*Juin 2017 Ed. 2.0*	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 3 : prescriptions pour les éclateurs d'isolement
CEI 62561-4	*Juillet 2017 Ed. 2.0*	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 4 : prescriptions pour les fixations de conducteur
CEI 62561-5	*Juin 2011*	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 5 : prescriptions pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre
CEI 62561-6	*Juin 2011 Ed. 1*	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 6 : compteurs de coups de foudre
CEI 62561-7	*Nov. 2011 Ed. 1*	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 7 : prescription pour les enrichisseurs de terre

Guides

GUIDE UTE C 15-443	*Août 2004*	Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres

Textes officiels

ARRETE DU 4 OCTOBRE 2010	Protection contre la foudre de certaines installations classées
CIRCULAIRE DU 24 AVRIL 2008	Circulaire relative à l'arrêté du 15 janvier 2008 (dans l'attente de la parution d'une nouvelle circulaire)
ARRETE DU 5 AOUT 2002	Prévention des sinistres dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510
ARRETE DU 23 DECEMBRE 2008	Prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à déclaration sous la rubrique 1510 (article 4.3)

Nota : l'arrêté du 4 Octobre 2010 a été modifié par l'arrêté du 19 Juillet 2011.

2.2. Type de Système de Protection Foudre (SPF)

Les types de Systèmes de Protection Foudre sont déterminés en fonction des caractéristiques de la structure à protéger et des niveaux de protection définis dans l'Analyse du Risque Foudre.

Les correspondances entre les niveaux de protection et les types de SPF sont les suivantes :

Niveaux de protection	Types de SPF
I	I
II	II
III	III
IV	IV

2.3. Choix du type de l'Installation Extérieure de Protection Foudre

Une installation extérieure de protection foudre permet de protéger une structure contre les impacts directs de la foudre ; elle peut être isolée ou non de la structure à protéger.

- Installation non isolée : dans la plupart des cas, le système de protection extérieur peut être fixé sur la structure à protéger
- Installation isolée : il est recommandé qu'une installation isolée soit utilisée si l'écoulement du courant de foudre dans les parties conductrices internes peut entraîner des dommages pour la structure. Les SPF isolés sont réalisés avec des tiges ou des mâts de capture installés à proximité de la structure à protéger ou par des fils tendus entre les mâts.

2.4. Principes d'Installations Extérieures de Protection Foudre

La foudre est un phénomène électrique qui véhicule des courants forts avec un spectre de fréquences étendu. Pour assurer une bonne protection contre l'atteinte directe, il faut respecter les principes de base suivants :

- capter et canaliser les courants de foudre vers la terre à travers des conducteurs de faible impédance
- l'installation de protection est conçue de telle manière que le chemin de liaison à la terre soit le plus direct possible
- la valeur des prises de terre paratonnerre recommandée est inférieure à 10 ohms
- l'équipotentialité des différentes prises de terre est réalisée
- les masses métalliques sont reliées à la terre
- l'installation de protection contre la foudre doit permettre un contrôle et un entretien aisés.

Une installation IEPF comporte, reliés entre eux :

- le système de capture
- le système d'écoulement à la terre
- les prises de terre.

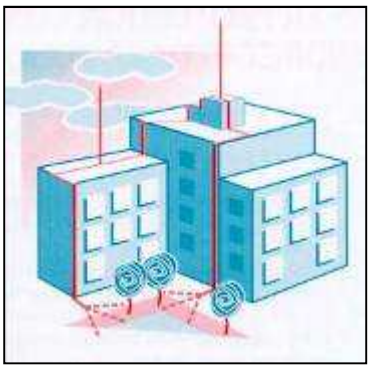
La probabilité de pénétration d'un coup de foudre dans la structure à protéger est considérablement réduite par la présence d'un dispositif de capture convenablement conçu.

Il existe des systèmes de protection qui diffèrent en fonction des dispositifs de capture et du principe d'écoulement des courants de foudre à la terre. Ces dispositifs de capture peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :

- paratonnerre à tige simple
- conducteurs maillés
- paratonnerre à dispositif d'amorçage
- fils tendus
- composants naturels, etc...

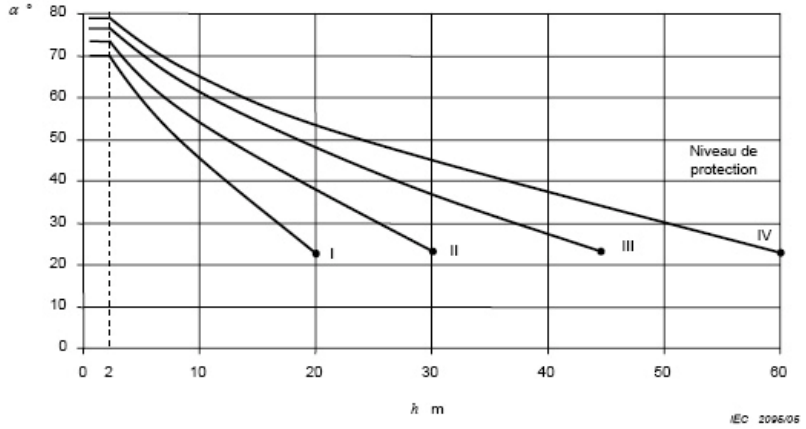
Nota : les dispositifs de capture radioactifs éventuellement existants sur un site doivent être déposés avant le 1er janvier 2012.

2.5. Paratonnerre à tige simple (protection non isolée)

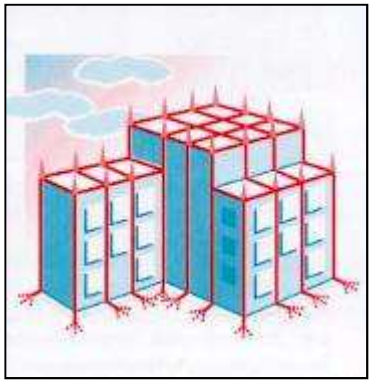


Ce type d'installation consiste en la mise en place d'un ou plusieurs paratonnerres à tiges, érigés en partie haute des structures à protéger.
L'angle de protection concernant la zone protégée par ces tiges dépend du niveau de protection requis sur le bâtiment concerné et de la hauteur du dispositif de capture au-dessus du volume à protéger.

Détermination de l'angle de protection en fonction de la hauteur de la tige du paratonnerre et du niveau de protection



2.6. Conducteurs maillés (protection non isolée)

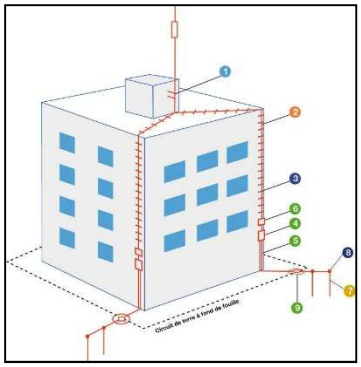


La protection par cage maillée consiste en la réalisation sur le bâtiment d'une cage à mailles reliées à des prises de terre.
Le système à cage maillée répartit l'écoulement des courants de foudre entre les diverses descentes, et ceci d'autant mieux que les mailles sont plus serrées.
La largeur des mailles en toiture et la distance moyenne entre deux descentes dépendent du niveau de protection requis sur le bâtiment.

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

2.7. Paratonnerre à dispositif d'amorçage - PDA (protection non isolée)



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 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.

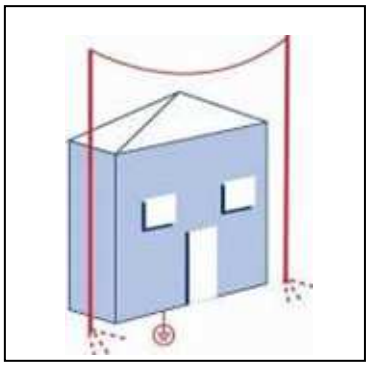
Rayon de protection des PDA en fonction de la hauteur du paratonnerre, de l'avance à l'amorçage et du niveau de protection

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	37,8	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

Nota : le tableau ci-dessus tient compte du coefficient de réduction de 40 % appliqué aux rayons de protection des PDA, conformément à la circulaire du 24 Avril 2008 concernant les ICPE.

2.8. Fils tendus (protection isolée)



Ce système est composé d'un ou plusieurs fils conducteurs tendus au-dessus des installations à protéger.
La zone de protection se détermine par application du modèle électro géométrique.
Les conducteurs doivent être reliés à la terre à chacune de leur extrémité.
L'installation de fils tendus nécessite une étude particulière tenant compte notamment de la tenue mécanique, de la nature de l'installation et des distances d'isolement.

Nota : la protection isolée peut également être réalisée au moyen d'un ou plusieurs paratonnerres (tige simple ou paratonnerre à dispositif d'amorçage) positionnés sur des mâts situés à proximité de la zone à protéger.

3. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IEPF)

3.1. Niveau de protection calculé dans l'analyse du risque foudre

Le niveau de protection déterminé dans l'analyse du risque foudre sur bâtiment B du Parc Logistique Matzim pour obtenir une valeur du risque de perte de vie R1 inférieure à 10^{-5} est le suivant :

Niveau de protection II

3.2. Mode de protection préconisé

Les différentes méthodes de positionnement du dispositif de capture sont les suivantes (cf. annexe 3) :

- méthodes issues de la norme NF EN 62305-3 :
  - angle de protection
  - sphère fictive
  - mailles
- méthode issue de la norme NF C 17-102 (septembre 2011) : rayon de protection des paratonnerres en fonction du niveau de protection, de l'avance à l'amorçage et de la hauteur du paratonnerre.

Différents types de protection contre les effets directs de la foudre peuvent être envisagés (cf. § 2.5. à 2.8.) :

- protection par paratonnerre à tige simple
- protection par dispositif type cage maillée (utilisation des composants naturels et/ou maillage)
- protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage
- protection par fil tendu.

Sous certaines conditions, les composants naturels en matériaux conducteurs qui resteront toujours dans la structure et qui ne seront pas modifiés (ex : armatures en acier, structures métalliques, etc…) peuvent être utilisés comme une partie de l'installation de protection (cf. annexe 7).

Dans le cas présent, cette méthode ne peut pas être retenue pour les raisons suivantes :

- la section du circuit de terre existant est inférieure à 50 mm^2
- continuité approximative entre les éléments de structure
- structure en béton armé : aucune garantie sur la continuité des fers à béton.

Nous avons retenu le système de protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA), issu de la norme NF C 17-102 (septembre 2011).

Ce type d'installation, adapté à la configuration du site, offre les avantages suivants :

- mise en œuvre aisée
- nombre de dispositifs de capture et de conducteurs de descente diminués
- travaux de terrassement moins conséquents
- vérification et maintenance simplifiées
- coût des travaux moindre par rapport aux autres SPF cités ci-dessus.

L'implantation des dispositifs de protection est définie de telle manière que les rayons de protection permettent de protéger le bâtiment et les zones concernées. Les rayons de protection des paratonnerres à dispositif d'amorçage sont réduits de 40 %. L'application de cette disposition vise à obtenir une protection optimale vis-à-vis des effets directs de la foudre, conformément à la circulaire du 24 Avril 2008.

Les paratonnerres installés devront avoir subi les tests d'essai et répondre aux impositions de la norme NF C 17-102 (septembre 2011). Par ailleurs, le dispositif d'amorçage devra être testable, de préférence, à distance.

Nota : Les solutions proposées dans ce rapport visent à augmenter l'immunité du site face à la foudre sans toutefois obtenir une garantie d'efficacité à 100 %.
Cependant, la mise en œuvre des dispositions préconisées doit réduire de façon significative les dégâts susceptibles d'être causés par la foudre sur les structures et les équipements et diminuer le risque de perte de vie humaine jusqu'à la valeur fixée par la norme NF EN 62305-2.

Les travaux doivent être réalisés par une société spécialisée, agréée Qualifoudre. L'installateur pourra proposer à Energie Foudre des modifications sur l'emplacement des circuits de descente des paratonnerres en fonction des contraintes présentes sur le site. Ces modifications devront être soumises à l'approbation d'Energie Foudre.
Les solutions proposées représentent un des moyens d'atteindre l'objectif fixé. D'autres solutions techniquement équivalentes peuvent être adoptées.
L'installateur devra fournir un DOE et mettra à jour le carnet de bord.

3.3. Installations à réaliser sur le bâtiment B

Mode de protection

La protection contre la foudre du bâtiment sera réalisée par l'installation de neuf paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA), conformes à la norme NF C 17-102 (sept. 2011). Les PDA installés devront être testables, de préférence à distance (type Active 2D Franklin France ou équivalent).

Dispositif de capture

- 9 PDA 60 µs en inox, hauteur 5 mètres y compris mât rallonge
- Niveau de protection : II - Rayon de protection : 51,6 mètres (le rayon de protection est réduit de 40 %, conformément à la circulaire d'Avril 2008)
- Implantation : en toiture (cf. plan page 12)
- Les paratonnerres seront reliés entre eux en toiture, par un circuit section 50 mm^2, afin de mutualiser leur descente (PDA 1+2, PDA 3+4, PDA 5+6, PDA 7+8+9).
- Fixation : pattes en acier galvanisé / trépied auto-stable.

Circuit de liaison à la terre

Chaque paratonnerre sera relié à la terre par un circuit de descente constitué par du conducteur normalisé (cf. annexe 4) et fixé à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.
Prévoir des réservations dans les acrotères pour le passage du conducteur si les remontées sont supérieures à 40 cm.

Calcul de la distance 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 (cf. annexe 6). Distance de séparation = $S(m) = k_i \times \frac{k_c}{k_m} \times l$

$$S(m) = 0{,}06 \times \frac{0{,}6}{1} \times 14{,}2 = 0{,}51 \text{ mètre}$$

k_i	dépend du type de SFP choisi (annexe 6 - cf. tableau 1)
k_c	dépend du courant de foudre s'écoulant dans les conducteurs de descente (annexe 6 - cf. tableau 3)
k_m	dépend du matériau de séparation (annexe 6 - 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.

Joint de contrôle - Tube de protection

Le bas de chaque descente sera muni d'un joint de contrôle permettant la mesure de la prise de terre. Sous chaque borne, le conducteur sera protégé sur une hauteur de 2 mètres contre d'éventuels chocs mécaniques à l'aide d'un tube de protection en acier galvanisé.

Comptage des coups de foudre

Afin de comptabiliser le nombre d'impacts réels sur l'installation et conformément aux dispositions définies dans l'application de l'arrêté ministériel, un dispositif de comptage de coups de foudre sera intercalé sur la descente de chaque paratonnerre, au-dessus du joint de contrôle.

Pancarte d'avertissement

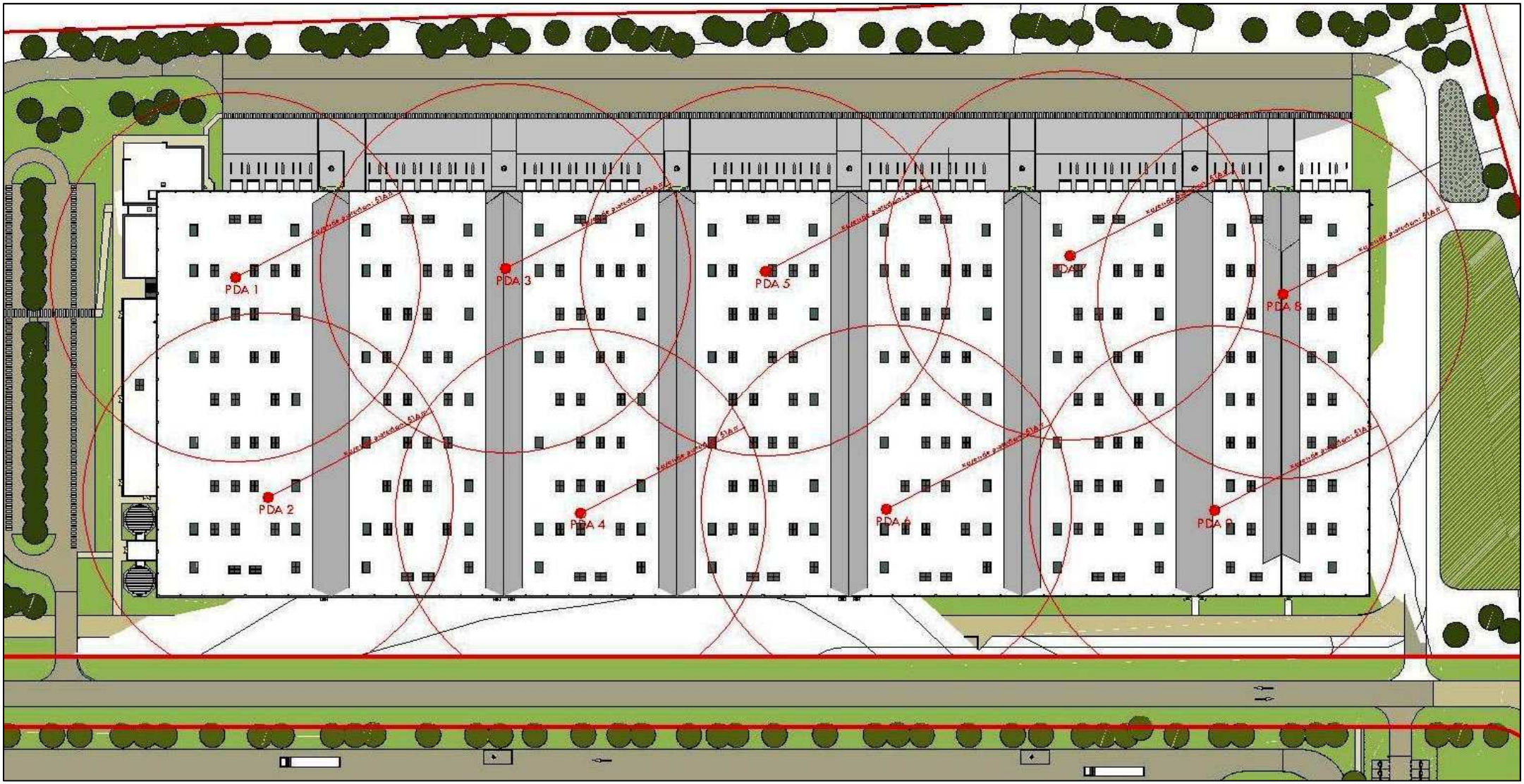
Une pancarte d'avertissement sera installée au bas de chaque circuit de descente afin de réduire les risques de lésions dus aux tensions de contact et de pas.

Prise de terre

Chaque descente sera reliée à une prise de terre (dont la valeur sera inférieure à 10 Ω) constituée d'un ensemble de piquets en acier auto-allongeables diamètre 20 mm, longueur 1 m reliés entre eux par du conducteur normalisé.

Chaque prise de terre paratonnerre sera raccordée dans un regard de visite pour permettre l'interconnexion sur le circuit de terre général. Le conducteur d'équipotentialité peut être de même nature et de même section que le conducteur de descente ou être un câble normalisé.

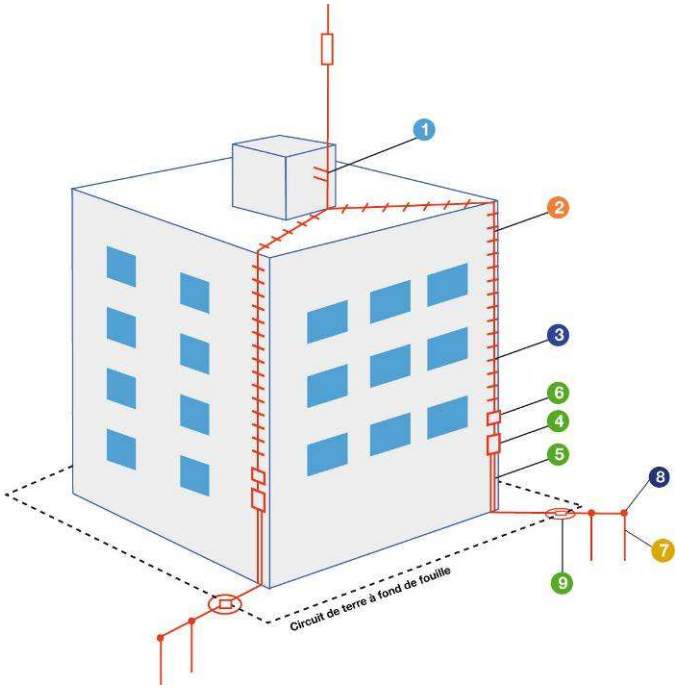
Plan d'implantation des paratonnerres



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

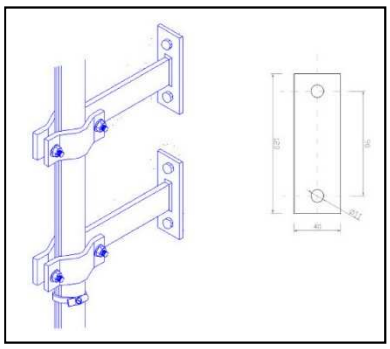
L'installation permet de capter et d'écouler à la terre le courant de foudre sans pénétrer à l'intérieur du bâtiment.

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

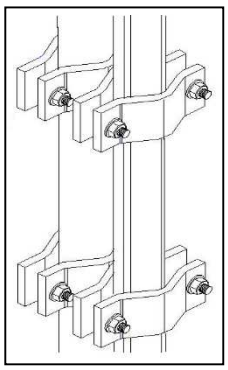


1 <u>Implantation et fixation du paratonnerre</u>

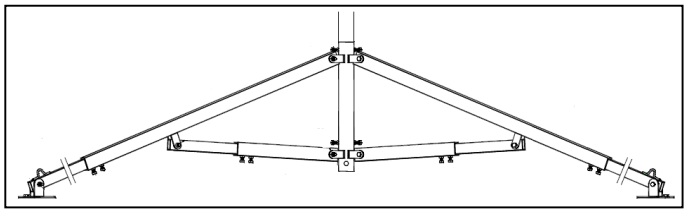
Le paratonnerre doit, d'une façon générale, dépasser les points hauts du bâtiment. Il doit être solidement fixé avec le type de fixation adapté au support et de manière à ne pas nuire à l'étanchéité de la toiture.



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.

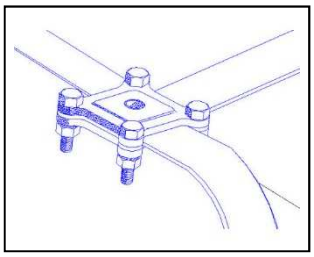
Conformément à la norme NF C 17-102 (septembre 2011), chaque paratonnerre sera relié à la terre par un circuit de descente. Ces circuits, constitués par du conducteur normalisé (cf. annexe 4), seront positionnés à l'extérieur du bâtiment et fixés à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.
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.

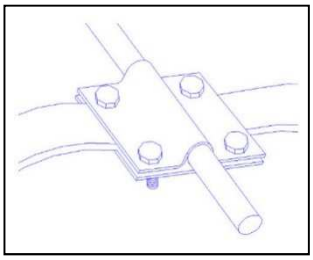
En cas d'installation de conducteurs de descente sur des murs en matériaux combustibles et de risque d'élévation dangereuse de température de la descente, une des exigences suivantes devra être respectée :
1ère exigence : respecter un écartement minimal de 0,10 m
2ème exigence : porter la section du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

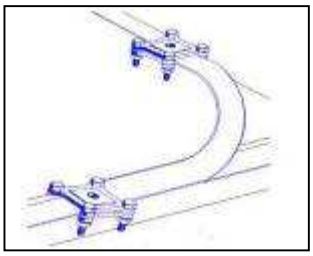


Raccord plat/plat



Raccord plat/rond

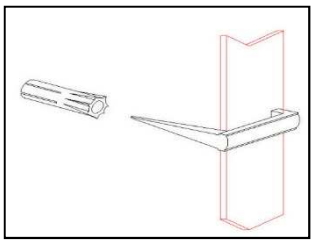
Pour le dévoiement des rubans de descente, des coudes formés sur chant sont utilisés. Les éléments métalliques extérieurs importants situés à moins d'un mètre des escentes leur sont reliés électriquement. Les éléments métalliques continus sur la hauteur du bâtiment sont interconnectés en partie haute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



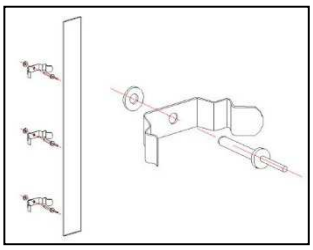
Coude sur chant

3 Fixation du conducteur

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



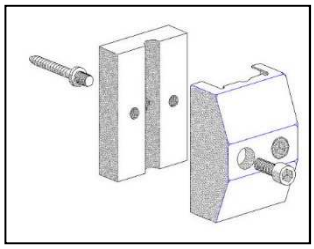
Fixation crampons et cheville pour béton



Fixation clips inox pour bardage

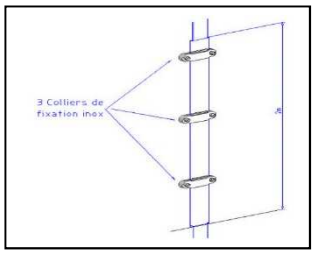
4 Joint de contrôle

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.



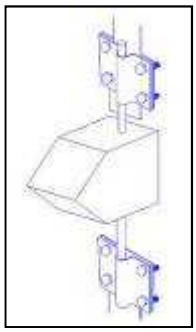
5 Tube de protection

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 »

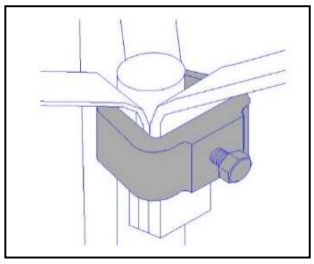
Patte d'oie

Piquets alignés

Piquets triangulés
(ensemble de 3 piquets)

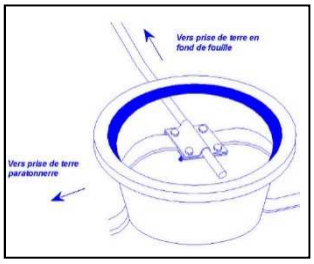
8 Connexion sur les piquets de terre

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

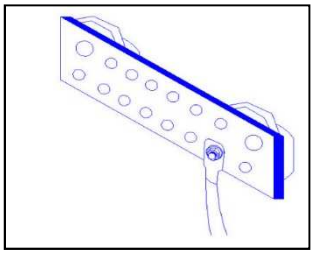


9 Regard de visite

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**
- **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 18,75 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 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) : ≥ 18,75 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.

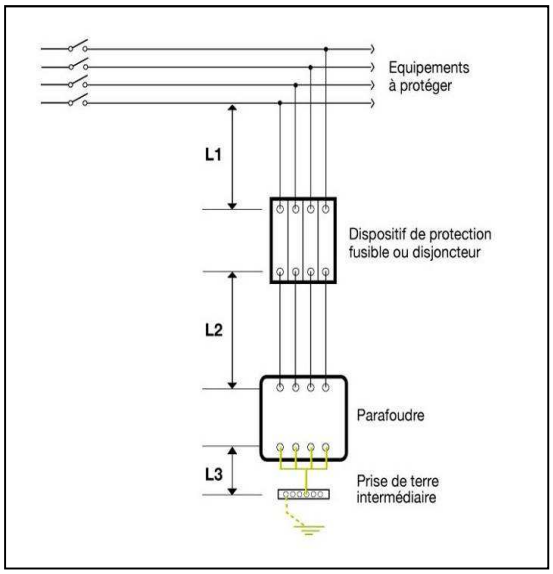
Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (ex : HPC125 A, disjoncteur 250 A…).

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

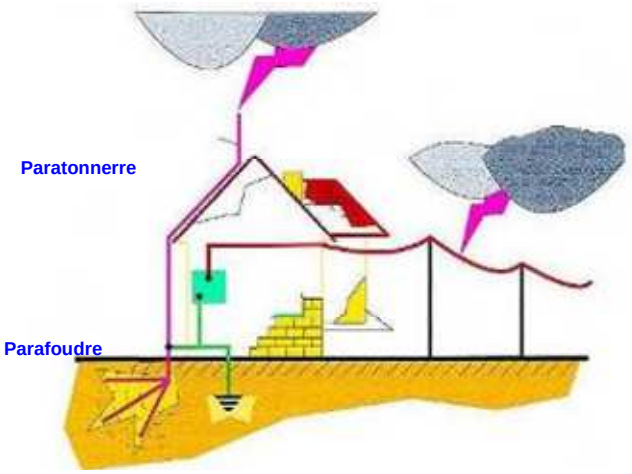
- entreprendre de tournée d'inspection
- travailler en hauteur
- rester dans les endroits dégagés ou à risques tels que définis précédemment.

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. 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 ans**
- **vérification complète tous les 2 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.

8.1. 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.

8.2. 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.

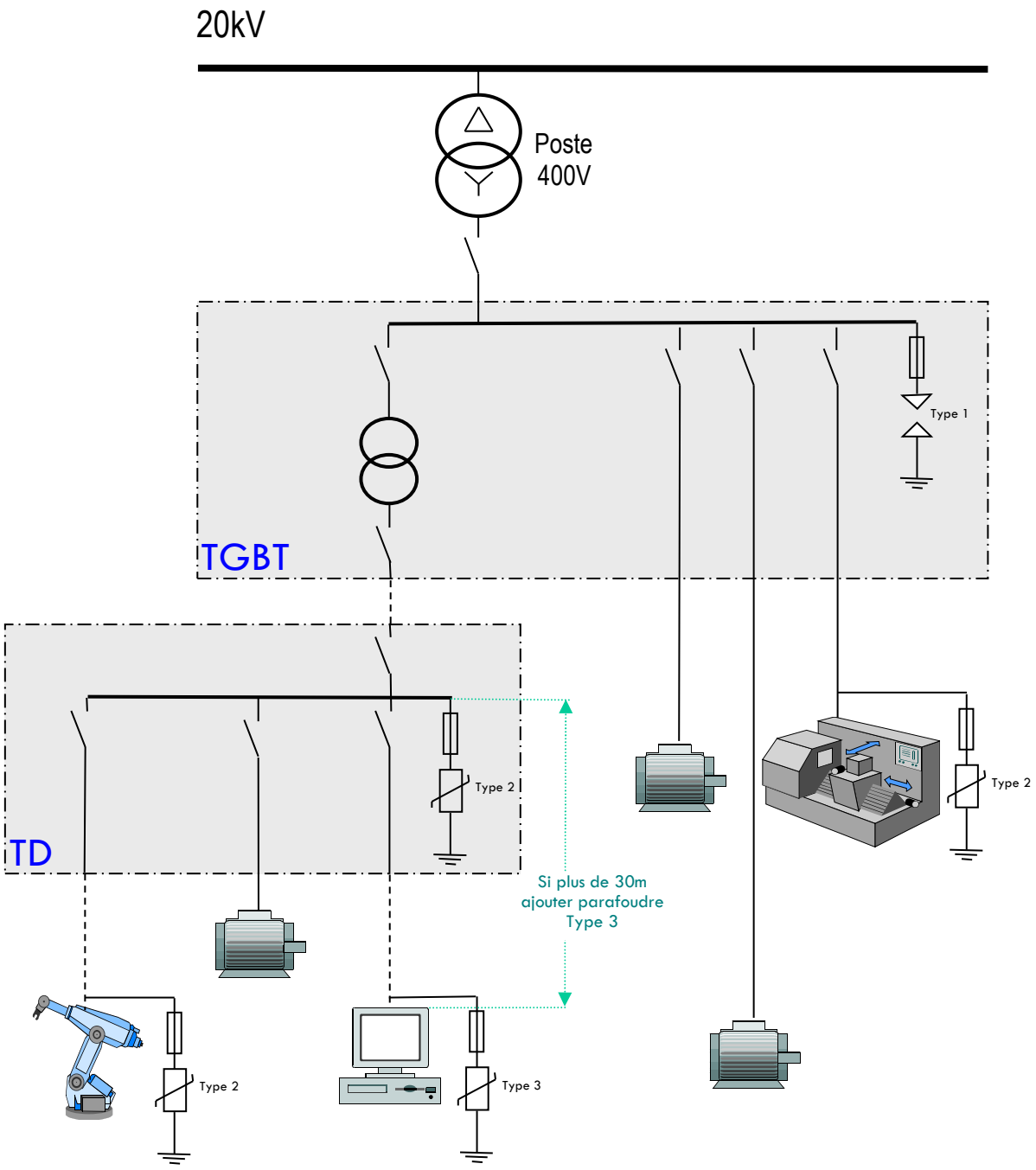
8.3. Procédure de vérification et maintenance des parafoudres

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

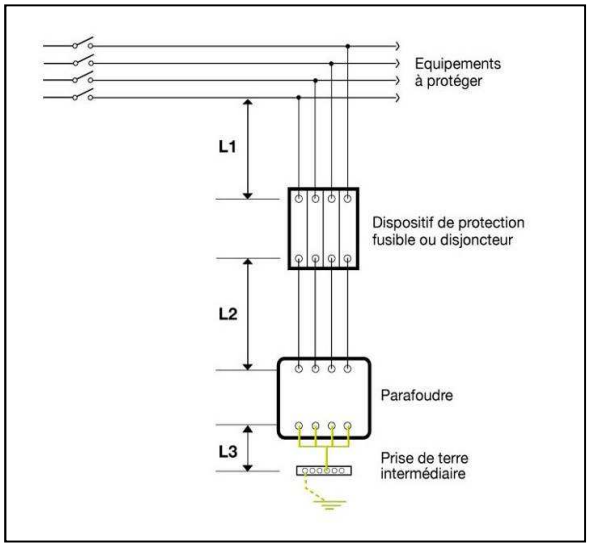
Les conducteurs de raccordement sont ceux reliant les conducteurs actifs au parafoudre et reliant le parafoudre à la liaison équipotentielle ou au conducteur de protection ou au PEN. Ils doivent avoir une section minimale de 4 mm2 en cuivre. En cas de présence d'un paratonnerre, cette section minimale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

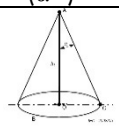
L'installation de parafoudre n'entraîne pas d'exigence particulière en ce qui concerne la valeur de la résistance de la prise de terre des masses. Les valeurs des prises de terre des masses qui résultent de l'application de la norme NF C 15-100 sont satisfaisantes pour l'installation de parafoudres. 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.

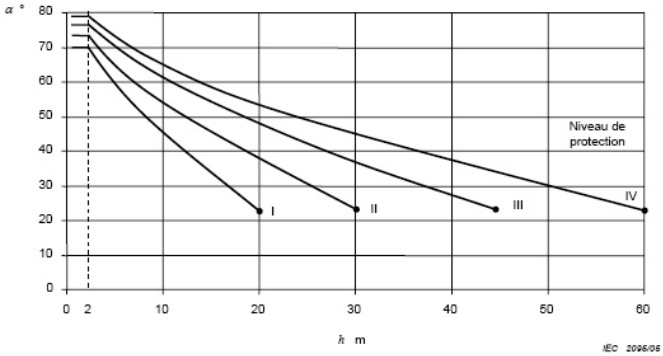
Annexe 3 : Méthode de positionnement des systèmes de protection foudre

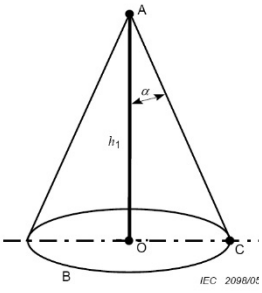
En fonction du niveau de protection défini dans l'Analyse du Risque Foudre, les valeurs de l'angle de protection, du rayon de la sphère fictive, des dimensions des mailles et des rayons de protection des paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) sont données dans le tableau ci-dessous :

	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

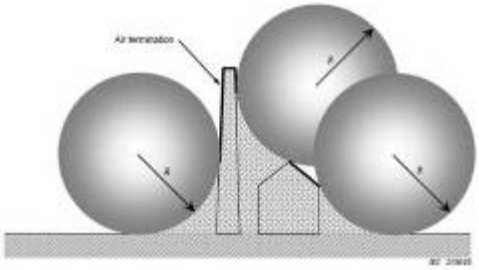
Conformément au tableau ci-dessous, l'angle de protection α varie en fonction du niveau de protection et selon les différentes hauteurs du dispositif de capture au-dessus de la surface à protéger. Le volume protégé par une tige de capture verticale est censé avoir la forme d'un cône droit ayant pour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

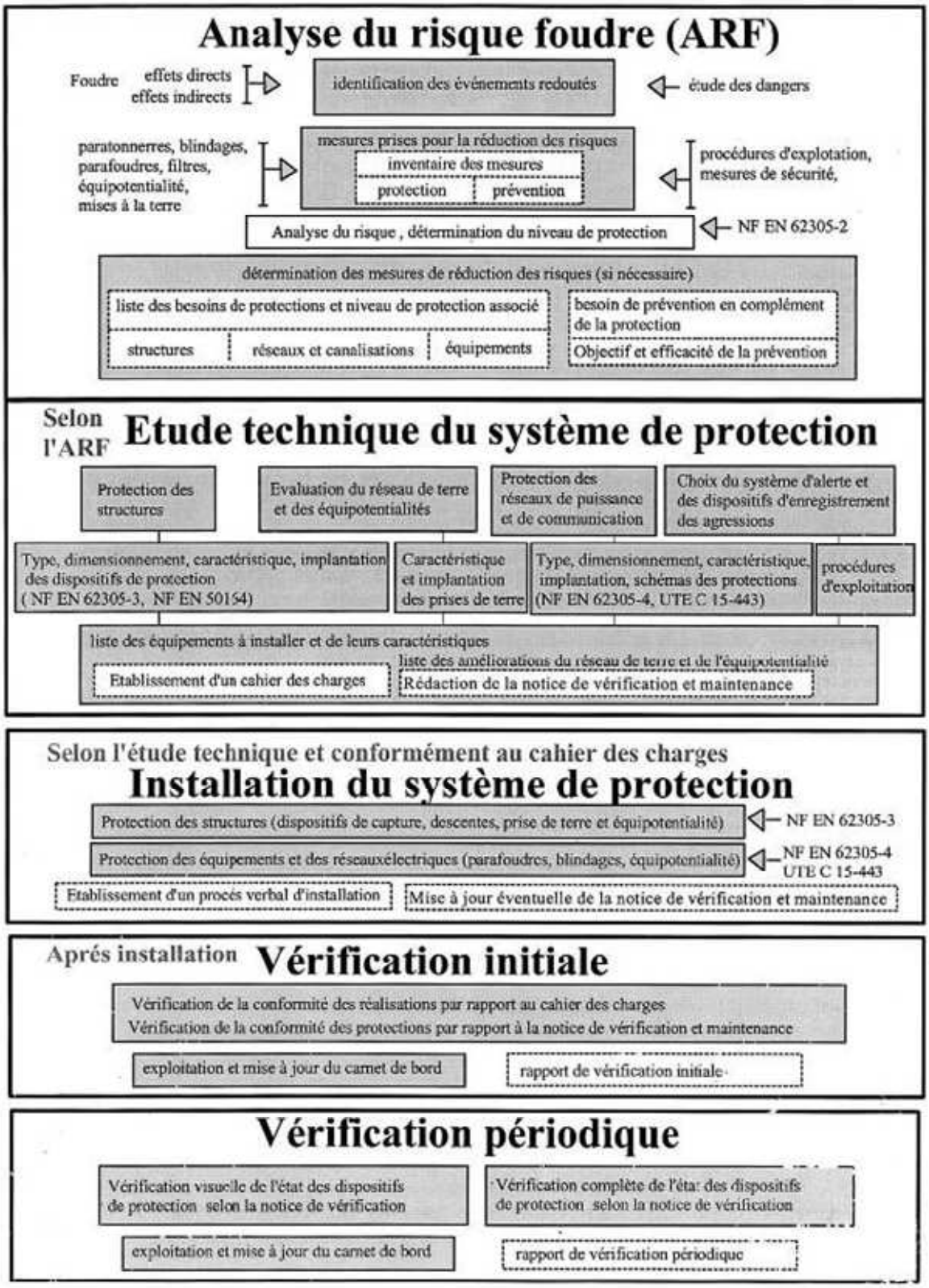
[a] *t* en cas de problème de performation, de point chaud ou d'inflammation
[b] *t'* seulement pour les feuilles métalliques s'il n'est pas nécessaire de protéger contre les problèmes de perforation, de point chaud ou d'inflammation

Tableau 6
Matériau, configuration et section minimale des conducteurs de capture, des tiges et des conducteurs de descente

Matériau	Configuration	Section mini (mm^2)	Commentaires
Cuivre	Plaque pleine Rond plein (7) Torsadé Rond plein (3-4)	50 (8) 50 (8) 50 (8) 200 (8)	Épaisseur mini 2 mm ∅ 8 mm ∅ mini d'une torsade 1,7 mm ∅ 16 mm
Cuivre étamé (1)	Plaque pleine Rond plein (7) Torsadé	50 (8) 50 (8) 50 (8)	Épaisseur mini 2 mm ∅ 8 mm ∅ mini d'une torsade 1,7 mm
Aluminium	Plaque pleine Rond plein Torsadé	70 50 (8) 50 (8)	Épaisseur mini 2 mm ∅ 8 mm ∅ mini d'une torsade 1,7 mm
Alliage d'aluminium	Plaque pleine Rond plein (7) Torsadé Rond plein (3-4)	50 (8) 50 50 (8) 200 (8)	Épaisseur mini 2,5 mm ∅ 8 mm ∅ mini d'une torsade 1,7 mm ∅ 16 mm
Acier galvanisé à chaud (2)	Plaque pleine Rond plein (9) Torsadé Rond plein (3-4-9)	50 (8) 50 50 (8) 200 (8)	Épaisseur mini 2,5 mm ∅ 8 mm ∅ mini d'une torsade 1,7 mm ∅ 16 mm
Acier inoxydable (5)	Plaque pleine Rond plein (6) Torsadé Rond plein (3-4)	50 (8) 50 70 (8) 200 (8)	Épaisseur mini 2 mm ∅ 8 mm ∅ mini d'une torsade 1,7 mm ∅ 16 mm

1) Galvanisé à chaud ou épaisseur galvanique ou d'électrolyte de 1 µm.
2) Il convient que le revêtement soit doux, continu et sans flus d'étain avec une épaisseur minimale de 50 µm.
3) Applicable seulement aux tiges. Pour les applications soumises à des contraintes mécaniques non critiques telles que le vent, un ∅ de 10 mm, une tige de longueur maxi de 1 m et une fixation complémentaire peuvent être mise en œuvre.
4) Applicable seulement aux électrodes de terre guidées.
5) Chrome ≥ 16 %, nickel ≥ 8 %, carbone ≤ 0,07 %.
6) Pour l'acier inox enfoui dans du béton et/ou en contact direct avec des matériaux inflammables, il convient d'augmenter les dimensions à 78 mm^2 (∅ 10 mm) pour les ronds pleins et à 75 mm^2 (épaisseur minimale de 3 mm) pour les plaques pleines.
7) 50 mm^2 (∅ 8 mm) peut être réduit à 28 mm^2 (∅ 6 mm) dans certains cas om les contraintes mécaniques ne sont pas essentielles. Il convient alors de prendre en compte la réduction des fixations.
8) Si les aspects thermiques et mécaniques sont importants, ces dimensions peuvent être augmentées jusqu'à 60 mm^2 pour une plaque pleine et 78 mm^2 pour un rond plein.
9) La section minimale pour éviter la fusion est de 16 mm^2 (cuivre), 25 mm^2 (aluminium, 50 mm^2 (acier) et 50 mm^2 (acier inox) pour une énergie spécifique de 10 000 Kj/Ω. Pour des informations complémentaires.
10) Epaisseur, largeur et ∅ sont définis à ± 10 %.

Annexe 8 : Extrait de la circulaire du 24 Avril 2008



Démarche globale de protection contre la foudre

CARNET DE BORD
SELON LE MODELE QUALIFOUDRE

Parc Logistique MATZIM
Bâtiment B

RD 82

RESSONS / MATZ (60)

Réf. : Carnet de Bord	Réalisée par : Fabrice POLO	Vérifiée par : D. BRAZZALE
N° 19.05.7249		
Le : 05 Juin 2019		

ETUDES • INSTALLATIONS PARATONNERRES & PARAFOUDRES • VERIFICATIONS
70 Avenue du Général de Gaulle - 94000 Créteil - Tél. : 01 60 18 20 10 - Fax : 01 60 18 20 11
E-mail : contact@energiefoudre.com - Internet : http://www.energie-foudre.com
SASU au capital 10.000 €. - R.C.S Créteil B 397 672 593 - Siret 397 672 593 00043 - Code APE 4321 A - N° TVA : FR 47 397 672 593

INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

CARNET DE BORD

Raison sociale : _____

Désignation de l'Établissement : _____

Adresse de l'Établissement : _____

Adresse du Siège Social : _____

CARNET DE BORD

Ce carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection foudre et doit être tenu à jour sous la responsabilité du Chef d'Établissement.
Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Établissement.
Il ne peut sortir de l'Établissement ni être détruit lorsqu'il est remplacé par un autre carnet de bord.

RENSEIGNEMENTS SUR L'ÉTABLISSEMENT

Nature de l'activité :

……

N° de classification INSEE :

……

Classement de l'Établissement
- À la date du :…..…….Type :……..….Catégorie :…….
- À la date du :…..…….Type :……..….Catégorie :…….
- À la date du :…..…….Type :……..….Catégorie :…….

Pouvoirs publics exerçant le contrôle de l'établissement :

Inspection du travail
- ……
- ……

Commission de sécurité
- ……
- ……

DRIEE (Ile de France) Ou DREAL (hors Ile de France
- ……
- ……

PERSONNES RESPONSABLES DE LA SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS

NOM	QUALITE	DATE D'ENTREE EN FONCTION

HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

I - Définition des besoins de protection contre la foudre

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N°QUALIFOUDRE

II - Étude technique des protections et notice de contrôle / maintenance

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N°QUALIFOUDRE

III - Installations des protections

Les installations de protection sont décrites dans le rapport initial, leurs modifications sont signalées dans les rapports suivants.

DATE DE RECEPTION	INTITULE DU DOCUMENT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N°QUALIFOUDRE

IV - Vérifications périodiques

DATE	NATURE DE LA VERIFICATION Mesure de continuité, de la résistance des terres. Vérification à la suite d'un accident. Vérification simplifiée ou complète.	RESULTATS DE LA VERIFICATION Indiquer les valeurs obtenues ou les constations faites. Référence des rapports	NOM ET QUALITE de la personne qui a effectué la vérification ou N°QUALIFOUDRE

NOTICE DE VERIFICATION SELON LE MODELE QUALIFOUDRE

Parc Logistique MATZIM
Bâtiment B

RD 82

RESSONS / MATZ (60)

Réf. : Notice de vérification	Réalisée par : Fabrice POLO	Vérifiée par : D. BRAZZALE
N° 19.05.7249		
Le : 05 Juin 2019		

ETUDES • INSTALLATIONS PARATONNERRES & PARAFOUDRES • VERIFICATIONS
70 Avenue du Général de Gaulle - 94000 Créteil - Tél. : 01 60 18 20 10 - Fax : 01 60 18 20 11
E-mail : contact@energiefoudre.com - Internet : http://www.energie-foudre.com
SASU au capital 10.000 €. - R.C.S Créteil B 397 672 593 - Siret 397 672 593 00043 - Code APE 4321 A - N° TVA : FR 47 397 672 593

I - Notice de vérification des Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA)

- Description de l'équipement à vérifier
  Le PDA est un type de dispositif actif de capture de la foudre ; il est relié à la terre par deux circuits de descente. La partie contrôlée selon cette notice est comprise entre la pointe de l'élément de capture et la connexion au conducteur de descente. La mention du fabricant est généralement indiquée sur le produit.

- Document de référence
  Norme NF C 17-102 de septembre 2011.

- Matériel utilisé
  Télé-testeur.

- Compétence particulière pour le vérificateur
  Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre : niveau de compétence C.
  Conditions d'accès particulières :
  - plan de prévention
  - l'accès aux toitures doit faire l'objet d'une procédure particulière ; l'accès dans les zones non équipées de protection collective est réservé à des personnes formées aux travaux en hauteur.

- Mode opératoire : la vérification initiale comprend les étapes suivantes :
  - vérifier la partie active du paratonnerre à l'aide du boîtier de test. Ce test est réalisé lors que chaque vérification complète. Pour l'utilisation du boîtier de test, se référer au mode d'emploi
  - vérifier que le PDA domine d'au moins 2 mètres l'ensemble de la zone protégée
  - vérifier que le nombre de conducteurs de descente respecte les critères de la norme
  - vérifier la bonne fixation mécanique du conducteur de descente au PDA
  - vérifier la continuité électrique entre le PDA et le conducteur de descente.

  Pour la vérification périodique, les vérifications de la situation du PDA et du nombre de descente sont remplacées par :
  - un contrôle fonctionnel de la tête active
  - un contrôle de la bonne fixation mécanique du mât sur l'installation et du PDA sur le mât.

- Critères de conformité
  Le PDA est conforme s'il satisfait à l'ensemble des critères suivants :
  - le PDA doit être en bon état
  - le nombre de conducteurs de descente est conforme
  - les conducteurs de descente sont correctement fixés au PDA
  - la tête active est fonctionnelle.

II - Notice de vérification des conducteurs de descente

- Description de l'équipement à vérifier
  Un conducteur de descente relie le paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) à la prise de terre. La partie contrôlée est comprise entre l'élément de capture et la borne de coupure.

- Document de référence
  Norme NF C 17-102 de septembre 2011.

- Matériel utilisé
  Ohmmètre et jumelles.

- Compétence particulière pour le vérificateur
  Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre.

  Conditions d'accès particulières :
  - plan de prévention
  - l'accès aux toitures doit faire l'objet d'une procédure particulière ; l'accès dans les zones non équipées de protection collective est réservé à des personnes formées aux travaux en hauteur.

- Mode opératoire
  La vérification initiale comprend les étapes suivantes :
  - vérifier la fixation du conducteur (nombre de fixations suffisant)
  - vérification de la section et du type de matériau
  - vérification du cheminement du conducteur
  - mesure de la continuité des parties du conducteur non visible
  - vérifier que le bas de la descente est muni d'un joint de contrôle et d'un fourreau de protection contre les chocs mécaniques sur une hauteur de 2 mètres
  - vérifier l'enregistrement du compteur de coups de foudre intercalé sur la descente
  - indication de la conformité ou non du conducteur dans une fiche de contrôle.

  Pour la vérification périodique, les vérifications de la section et du type de matériau sont remplacées par une inspection de l'état de corrosion.

- Critères de conformité
  Le conducteur de descente est conforme s'il satisfait à l'ensemble des critères suivants :
  - le conducteur doit être en bon état
  - le conducteur doit être correctement fixé
  - le cheminement du conducteur doit respecter les règles de l'art.

III - Notice de vérification de l'équipotentialité

- Description de l'équipement à vérifier
  Le conducteur d'équipotentialité relie différents éléments métalliques en vue de réduire les différences de potentiel électrique entre ces derniers (réduction du risque d'étincelage et de perturbation électrique). Il peut être de même nature qu'un conducteur de descente ou être un conducteur électrique (le conducteur doit être nu).

- Documents de référence
  Norme NF C 17-102 de septembre 2011
  Norme NF EN 62 305-3 de décembre 2006.

- Matériel utilisé
  Ohmmètre.

- Compétence particulière pour le vérificateur
  Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre : niveau de compétence C.
  Condition d'accès particulière : plan de prévention.

- Mode opératoire
  La vérification initiale comprend les étapes suivantes :
  - vérifier la fixation du conducteur
  - vérification de la section et du type de matériau
  - vérification du cheminement du conducteur (le plus court possible)
  - mesure de la continuité des parties du conducteur non visible
  - indication de la conformité ou non du conducteur dans une fiche de contrôle.

  Pour la vérification périodique, les vérifications de la section et du type de matériau sont remplacées par une inspection de l'état de corrosion.

- Critères de conformité :
  Le conducteur d'équipotentialité est conforme s'il satisfait à l'ensemble des critères suivants :
  - le conducteur doit être en bon état
  - le conducteur doit être correctement fixé
  - le cheminement du conducteur doit respecter les règles de l'art.

IV - Notice de vérification de la prise de terre (hors vérification visuelle)

- Description de l'équipement à vérifier
  Les prises de terre selon la norme NF C 17-102 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

- Document de référence
  Norme NF C 17-102 de septembre 2011.

- Matériel utilisé
  Mesureur de terre type Tellurohm, outillage pour l'ouverture du joint de contrôle, décamètre.

- Compétence particulière pour le vérificateur
  Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre.

  Condition d'accès particulière : plan de prévention.

- Mode opératoire
  La vérification initiale comprend les étapes suivantes :
  - inspection visuelle des éléments visibles (section, état et fixation des éléments)
  - mesure de la prise de terre avec le joint de contrôle ouvert)
  - report du résultat de la vérification dans une fiche de contrôle.

  La vérification périodique est identique à la vérification initiale.

- Critères de conformité
  La prise de terre est conforme si elle satisfait à l'ensemble des critères suivants :
  - la valeur de résistance de la prise de terre (déconnectée de la terre du bâtiment) doit être inférieure ou égale à 10 Ω
  - les éléments visibles sont en bon état et sont correctement fixés
  - la section des conducteurs est conforme à la norme listée dans les documents de référence.

V - Notice de vérification du parafoudre (type 1 ou type 2)

- Description de l'équipement à vérifier
  Le parafoudre est généralement installé dans un coffret électrique. Il est relié électriquement entre le conducteur de terre et un ou plusieurs conducteurs de distribution électrique. Il est associé à un système de protection contre les courts circuits situé en amont (disjoncteur ou fusible).

- Documents de référence
  Norme NF EN 62305-4 de décembre 2006
  Guide UTE C 15-443 concerne l'installation.

- Matériel utilisé
  Voltmètre.

- Compétence particulière pour le vérificateur
  Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre.
  Condition d'accès particulière : plan de prévention.

- Mode opératoire
  La vérification initiale comprend les étapes suivantes :
  - vérifier que les caractéristiques du parafoudre et du déconnecteur associé sont celles indiquées dans l'étude technique
  - vérifier la section et la longueur des conducteurs de connexions du parafoudre à l'installation
  - vérifier que l'indicateur n'indique pas le remplacement du parafoudre
  - vérifier que le déconnecteur est en ordre de marche

  La vérification périodique est identique à la vérification initiale.

- Critères de conformité :
  Le parafoudre est conforme s'il satisfait à l'ensemble des critères suivants :
  - les caractéristiques du parafoudre sont celles prévues dans l'étude technique
  - le câblage du parafoudre et du déconnecteur respecte les règles de l'art
  - le déconnecteur est fermé et l'indicateur n'indique pas de défaillance.