ETUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

KUEHNE+NAGEL

9 rue Baranfosse
60330 LAGNY LE SEC

Réf. : E.T. 10.01.1243	E.T. réalisée par : A. SANCHEZ	Vérifiée par : B. PHILIPPE	Le : 10/09/2010

SOMMAIRE

1. PRESENTATION DE L'ETUDE TECHNIQUE 1

2. INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE (IEPF) 2

2.1. Normes et réglementations 2
2.2. Type de Système de Protection Foudre (SPF) 3
2.3. Choix du type de l'Installation Extérieure de Protection Foudre 3
2.4. Principes d'Installations Extérieures de Protection Foudre 3
2.5. Paratonnerre à tige simple (protection non isolée) 5
2.6. Conducteurs maillés (protection non isolée) 5
2.7. Paratonnerre à dispositif d'amorçage - PDA (protection non isolée) 6
2.8. Fils tendus (protection isolée) 6

3. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IEPF) 7

3.1. Niveau de protection calculé dans l'analyse du risque foudre 7
3.2. Mode de protection existant sur le site 7
3.3. Mode de protection préconisé 11
3.4. Principe de l'installation à réaliser sur l'entrepôt 13
3.5. Mise en conformité des paratonnerres existants (PDA 1 à PDA 4) 14
3.6. Equipotentialité des prises de terre et des structures métalliques 16

4. RECOMMANDATIONS POUR L'INSTALLATION DES PARATONNERRES A DISPOSITIF D'AMORÇAGE (NORME NF C 17-102 - TIRAGE JANVIER 2009) 17

5. INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE (IIPF) 23

5.1. Rappel 23
5.2. Equipements recensés importants pour la sécurité sur le site 24

6. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION INTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IIPF) 25

6.1. Généralités sur le principe de protection contre les surtensions transitoires 25
6.2. Les types de parafoudres 25
6.3. Protection à réaliser sur l'alimentation électrique du réseau BT 26
6.4. Règles pour le raccordement des parafoudres 28

7. PROCEDURES DE VERIFICATION PERIODIQUE 29

7.1. Procédure de vérification périodique des installations paratonnerre 30
7.2. Procédure de maintenance des installations paratonnerres 31
7.3. Procédure de vérification et maintenance des parafoudres 31
7.4. Mesures actives 32

8. NOTICES DE VERIFICATION 33

8.1. Notices de vérification des paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) 33
8.2. Notice de vérification des conducteurs de descente 34
8.3. Notice de vérification de l'équipotentialité 35
8.4. Notice de vérification de la prise de terre 36
8.5. Notice de vérification du parafoudre (type 1 ou type 2) 37

9. CARNET DE BORD SELON LE MODELE QUALIFOUDRE 38

ANNEXES : FICHES TECHNIQUES 41

SYNTHESE DE L'ETUDE TECHNIQUE

L'installation, dans les normes en vigueur des dispositifs de protection contre la foudre, préconisée dans la présente étude ne peut 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 norme NF EN 62305-2.

➔ *INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IEPF)*

Compte tenu de la configuration du site, du type de bâtiment et des zones à protéger, nous avons utilisé la méthode de positionnement du dispositif de capture, issue de la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009). Les installations seront réalisées conformément à norme NF EN 62305-3.

Nous préconisons une Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) qui sera réalisée au moyen de <u>quatre paratonnerres à dispositif d'amorçage supplémentaires</u> (PDA 5, PDA 6, PDA 7 et PDA 8) :

- ***Dispositif de capture : 4 PDA 60 µs en inox - Niveau de protection : III - Rayon de protection : 58,2 m (réduits de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008)***
- ***Les paratonnerres seront reliés entre eux en toiture.***
- ***Circuit de liaison à la terre : deux circuits de descente par paratonnerre***
- ***Liaisons équipotentielles en toiture : interconnexion des masses métalliques situées à moins de 0,50 m avec chaque conducteur de toiture***
- ***Joint de contrôle - Tube de protection : sur le bas de chaque descente***
- ***Comptage des coups de foudre : sur l'une des deux descentes de chaque paratonnerre***
- ***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.***

<u>Les installations existantes seront mises en conformité (PDA 1 à PDA 4)</u> :

- ***déplacement des paratonnerres pour respecter les contraintes de rayon de protection***
- ***création d'un deuxième circuit de mise à la terre positionné sur une façade différente***
- ***Interconnexion des masses métalliques en toiture***

266 Avenue Daumesnil - 75012 PARIS - Tél. 01 48 98 96 56 - Fax : 01 48 98 95 59
http://www.neusis.fr e-mail : neusis@neusis.fr
Siren : R.C.S. Paris B 477 966 451 – Siret 477 966 451 00015 - Code APE : 741 G - N° TVA FR 66 477 966 451

➔ *INSTALLATION INTERIEURE DE PROTECTION FOUDRE (IIPF)*

- ***Raccordement d'une protection par parafoudre type 1 au niveau de chaque tableau général basse tension (2 TGBT).***
- ***Raccordement d'une protection par parafoudre type 2 au niveau de chaque armoire divisionnaire alimentant les équipements suivants : alarme anti-intrusion, report d'alarme sprinkler. (Nota : cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site).***
- ***S'assurer que les masses métalliques (charpentes, chemins de câbles…) à l'intérieur et pénétrant dans le bâtiment sont reliées électriquement à la terre.***

➔ *PERIODICITE DE VERIFICATION DES INSTALLATIONS PARATONNERRES*

L'article 5 de l'arrêté du 15 Janvier 2008 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 de niveau C. L'emplacement des circuits de descente des paratonnerres et l'implantation des parafoudres sera défini par l'installateur en concertation avec le service technique du site.

266 Avenue Daumesnil - 75012 PARIS - Tél. 01 48 98 96 56 - Fax : 01 48 98 95 59
http://www.neusis.fr e-mail : neusis@neusis.fr
Siren : R.C.S. Paris B 477 966 451 – Siret 477 966 451 00015 - Code APE : 741 G - N° TVA FR 66 477 966 451

1. PRESENTATION DE L'ETUDE TECHNIQUE

Le but de l'étude technique 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.

266 Avenue Daumesnil - 75012 PARIS - Tél. 01 48 98 96 56 - Fax : 01 48 98 95 59
http://www.neusis.fr e-mail : neusis@neusis.fr
Siren : R.C.S. Paris B 477 966 451 – Siret 477 966 451 00015 - Code APE : 741 G - N° TVA FR 66 477 966 451

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 62305-2	*Nov. 2006*	Protection contre la foudre, Partie 2 : analyse du risque
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	*Tirage janv. 2009*	Protection contre la foudre : protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage
NF C 17-102 001	*Déc. 2001*	Fiche d'interprétation : coefficient de sécurité
NF C 17-102 002	*Déc. 2001*	Fiche d'interprétation : "A t maxi"
NF C 17-102 003	*Avril 2004*	Fiche d'interprétation : conducteurs de descente
NF C 17-102 004	*Avril 2006*	Fiche d'interprétation : remplacement de l'annexe B de la norme NF C 17 102
NF C 17-102 005	*Sept. 2006*	Fiche d'interprétation : conservation du coefficient de sécurité
NF C 17-108	*Janv. 2006*	Guide pratique, méthode d'évaluation du risque foudre analyse simplifiée
NF C 17-100 2 001	*Sept. 2006*	Fiche d'interprétation. Question 1 : différence entre danger et contamination de l'environnement. Question 2 : protection de zone
NF C 15-100	*Juin 2005*	Installations électriques à basse tension
UIC	*Oct. 2000*	Document DT 67 : Recommandation pour la protection des installations industrielles contre les effets de la foudre et des surtensions
RAPPORT GESIP N°2009/01	*Oct. 2009*	Protections des installations industrielles contre les effets de la foudre

Textes officiels

ARRETE DU 15 JANVIER 2008	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 15/01/08 (paru au JO du 24/04/08) abroge, pour les installations existantes, l'arrêté du 28/01/93 depuis le 24/08/08. Pour les nouvelles installations, il est applicable à la date de parution.

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.

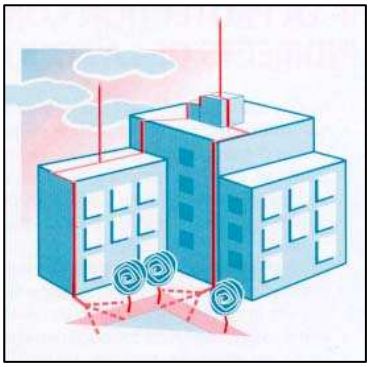
Il existe des systèmes de protection qui diffèrent en fonction des dispositifs de capture et du principe d'écoulement des courants de foudre à la terre. Ces dispositifs de capture peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :

- 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.

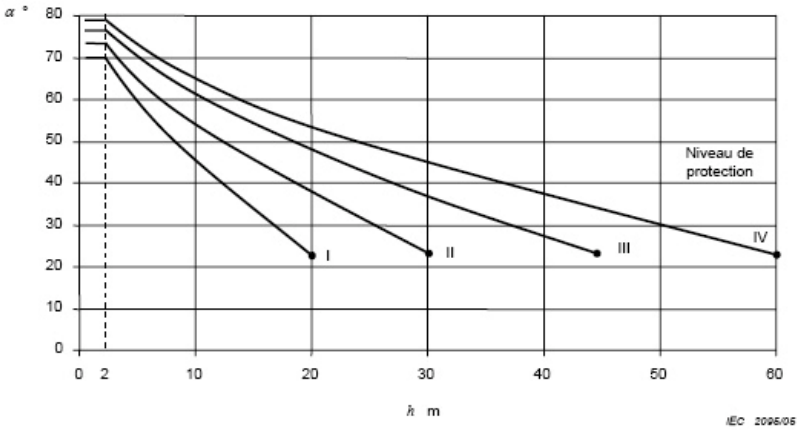
266 Avenue Daumesnil - 75012 PARIS - Tél. 01 48 98 96 56 - Fax : 01 48 98 95 59
http://www.neusis.fr e-mail : neusis@neusis.fr
Siren : R.C.S. Paris B 477 966 451 – Siret 477 966 451 00015 - Code APE : 741 G - N° TVA FR 66 477 966 451

2.5. Paratonnerre à tige simple (protection non isolée)

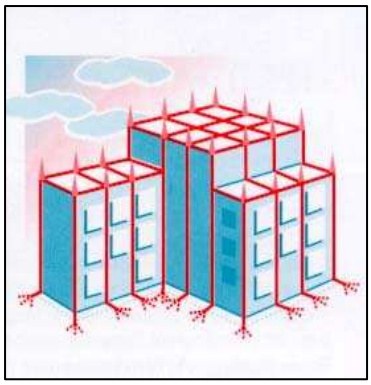


Ce type d'installation consiste en la mise en place d'un ou plusieurs paratonnerres à tiges, érigés en partie haute des structures à protéger.
L'angle de protection concernant la zone protégée par ces tiges dépend du niveau de protection requis sur le bâtiment concerné et de la hauteur du dispositif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

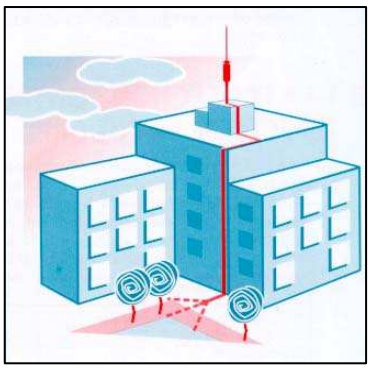


La protection par cage maillée consiste en la réalisation sur le bâtiment d'une cage à mailles reliées à des prises de terre.
Le système à cage maillée répartit l'écoulement des courants de foudre entre les diverses descentes, et ceci d'autant mieux que les mailles sont plus serrées.
La largeur des mailles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

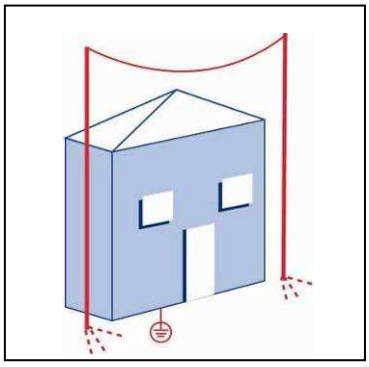
Rayon de protection des PDA en fonction de la hauteur du paratonnerre, de l'avance à l'amorçage et du niveau de protection

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 relative à l'arrêté du 15 Janvier 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 KUEHNE+NAGEL à Lagny le Sec pour obtenir une valeur du risque de perte de vie R1 inférieure à 10^{-5} est le suivant :

Niveau de protection III

3.2. Mode de protection existant sur le site

L'installation extérieure de protection foudre existante sur le site est de type paratonnerre à dispositif d'amorçage :

- 4 paratonnerres à dispositif d'amorçage type Pulsar 60 µs
- Niveau de protection : III – Rayon de protection : 58,2
- Chaque paratonnerre est relié à la terre par un seul circuit de descente en cuivre étamé 50 mm² fixés à raison de 3 attaches au mètre au moyen de clips inox en descente. Les conducteurs de descente cheminent derrière le bardage.
- les 4 paratonnerres ne sont pas reliés entre eux en toiture par un circuit en cuivre étamé 50 mm²
- chaque installation est équipée d'un compteur de coups de foudre (affichage 000). Les compteurs sont dans les regards de visite.
- chaque descente de terre est reliée à une prise de terre dont la configuration est inconnue (la valeur doit être inférieure à 10 Ω).
- Les puits de terre sont interconnectés au réseau de terre du site dans un regard de visite situé au pied de chaque descente.
- Pas de liaison équipotentielle entre le conducteur de toiture et les passerelles mur coupe feu.

PDA 1

regard de visite PDA 1

PDA 2

regard de visite PDA 2

PDA 3

regard de visite PDA 3

PDA 4

regard de visite PDA 4

Constat et observations sur les installations paratonnerres existantes

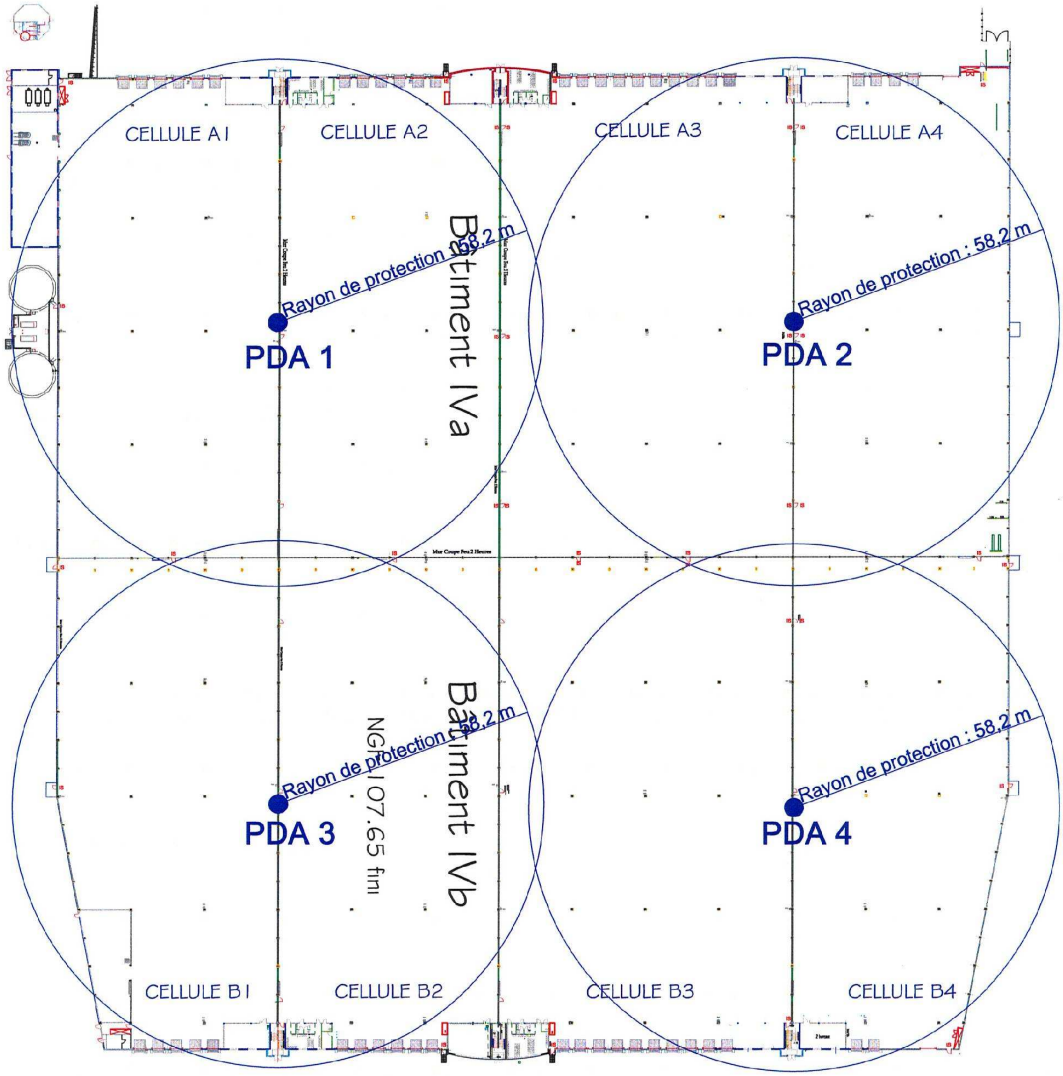
L'implantation et les caractéristiques des Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF) existantes sur le site ont été définies selon les exigences de l'arrêté du 28 janvier 1993 et conformément à la norme NF C 17-102 de Juillet 1995 en vigueur à l'époque des installations.

L'arrêté du 15 Janvier 2008 qui abroge l'arrêté du 28 janvier 1993 fait référence à la norme européenne NF EN 62305-3.

Dans un souci d'harmonisation avec celle-ci, la norme NF C 17-102 a fait l'objet d'un 2ème tirage en Janvier 2009 ; elle impose deux circuits de descente par paratonnerre, quelque soit le linéaire du circuit de mise à la terre. Par ailleurs, l'application de la réduction de 40 % des rayons de protection des paratonnerres à dispositifs d'amorçage est imposée dans l'arrêté du 15 Janvier 2008.

Conclusion : l'implantation des paratonnerres existants (PDA 1, PDA 2, DPA 3 et PDA 4) ne permet pas d'assurer la protection complète du bâtiment en niveau III. En conséquence les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF) existantes sur le site seront complétées et mises en conformité.

Zones de protection offertes pas les PDA existants en considérant le niveau de protection définis dans l'ARF et en appliquant la réduction de 40% sur les rayons de protection.



3.3. 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 (tirage janvier 2009) : 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. § 1.4. à 1.7.) :

- protection par paratonnerre à tige simple
- protection par dispositif type cage maillée
- protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage
- protection par fil tendu.

Compte tenu de la configuration du site, du type de bâtiment et des zones à protéger, nous avons utilisé la méthode de positionnement du dispositif de capture, issu de la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009). Cette méthode offre les avantages suivants :

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

Nous préconisons une Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) qui sera réalisée au moyen de <u>quatre paratonnerres à dispositif d'amorçage supplémentaires</u> (PDA 5, PDA 6, PDA 7 et PDA 8) :

- ***Dispositif de capture : 4 PDA 60 µs en inox - Niveau de protection : III - Rayon de protection : 58,2 m (réduits de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008)***
- ***Les paratonnerres seront reliés entre eux en toiture.***
- ***Circuit de liaison à la terre : deux circuits de descente par paratonnerre***
- ***Liaisons équipotentielles en toiture : interconnexion des masses métalliques situées à moins de 0,50 m avec chaque conducteur de toiture***
- ***Joint de contrôle - Tube de protection : sur le bas de chaque descente***
- ***Comptage des coups de foudre : sur l'une des deux descentes de chaque paratonnerre***
- ***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.***

<u>Les installations existantes seront mises en conformité (PDA 1 à PDA 4)</u> :

- ***déplacement des paratonnerres pour respecter les contraintes de rayon de protection***
- ***création d'un deuxième circuit de mise à la terre positionné sur une façade différente***
- ***Interconnexion des masses métalliques en toiture.***

L'implantation des dispositifs de protection est définie de telle manière que les rayons de protection permettent de protéger le bâtiment et la zone concernée. 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 relative à l'arrêté du 15 Janvier 2008.

Les paratonnerres installés devront avoir subi les tests d'essai et répondre aux impositions de la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009). Par ailleurs, le dispositif d'amorçage devra être testable.

<u>Nota</u> : 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 de niveau C. L'emplacement des circuits de descente des paratonnerres sera défini par l'installateur en concertation avec le service technique du site afin de respecter les contraintes techniques architecturales.

3.4. Principe de l'installation à réaliser sur l'entrepôt

Mode de protection

La protection contre la foudre du bâtiment sera réalisée par l'installation de quatre paratonnerres à dispositif d'amorçage supplémentaires (PDA 5, PDA 6, PDA 7 et PDA 8), conformes à la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009).
Chaque installation comportera reliés entre eux le dispositif de capture, les circuits de liaison à la terre et les prises de terre.

Dispositif de capture

- 4 PDA 60 µs en inox, hauteur 6 mètres y compris mât rallonge
- Niveau de protection : III - Rayon de protection : 58,2 mètres (le rayon de protection est réduit de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008)
- Les paratonnerres seront reliés entre eux en toiture par un conducteur en cuivre étamé 50 mm².
- Implantation : (cf : plan page 16)
- Fixation : pattes en acier galvanisé et trépieds en inox.

Circuit de liaison à la terre

Conformément à la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009), chaque paratonnerre sera relié à la terre par deux circuits de descente. Ces circuits constitués par du conducteur en cuivre étamé section 50 mm² minimum seront positionnés sur deux façades différentes et fixés 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 sécurité

La distance de sécurité 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 liée à la terre (cf. annexe 7). Distance de sécurité = 0,50 mètres.

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 du 15 Janvier 2008, un dispositif de comptage de coups de foudre sera intercalé sur une des deux descentes du de chaque paratonnerre, au-dessus du joint de contrôle.

Prise de terre

Chaque descente sera reliée à une prise de terre, dont la valeur sera inférieure à 10 Ω, conforme à la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009). Chaque prise de terre sera constituée d'un ensemble de piquets en acier auto-allongeables diamètre 20 mm, longueur 1 m reliés entre eux par du conducteur cuivre étamé section 50 mm².

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 câble cuivre nu section 50 mm²).

Nota : des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente peuvent être utilisés comme moyens d'avertissement. Cette disposition est mise en place si la probabilité pour que les personnes s'approchent et que la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente ne peut être considérée comme très faible.

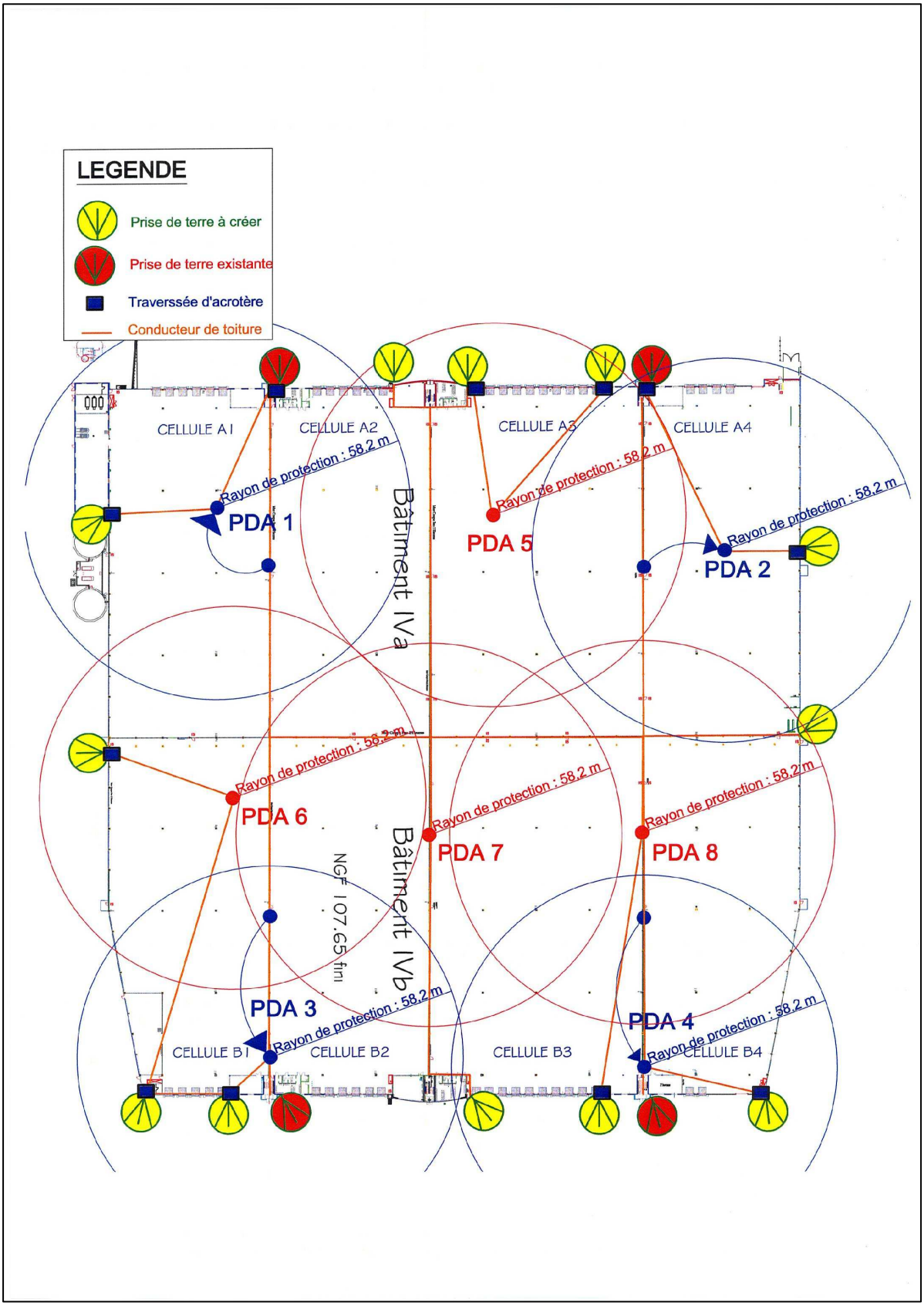
3.5. Mise en conformité des paratonnerres existants (PDA 1 à PDA 4)

Après application de la réglementation en vigueur (norme NF C 17-102 de Juillet 1995, 2ème tirage Janvier 2009 qui impose que les paratonnerres à dispositif d'amorçage soient reliés à deux circuits de mise à la terre), les installations existantes doivent être mises en conformité.

Les travaux à réaliser sont les suivants :

- déplacement des paratonnerres pour respecter les contraintes de rayon de protection
- création d'un deuxième circuit de mise à la terre positionné sur une façade différente et fixé à raison de trois attaches au mètre adaptées au support
- le bas de chaque nouvelle 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
- chaque nouvelle descente sera reliée à une prise de terre inférieure à 10 Ω. La prise de terre sera constituée d'un ensemble de piquets en acier auto-allongeables diamètre 20 mm, longueur 1 m reliés entre eux par du ruban cuivre étamé 50mm²
- chaque prise de terre paratonnerre sera raccordée dans un regard de visite pour permettre son interconnexion sur le circuit de terre général.
- Interconnexion des masses métalliques en toiture.

Plan d'implantation paratonnerres

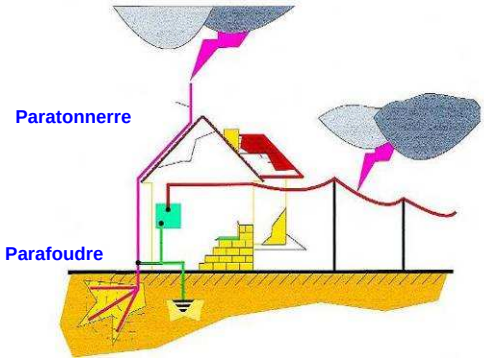


3.6. Equipotentialité des prises de terre et des structures métalliques

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.

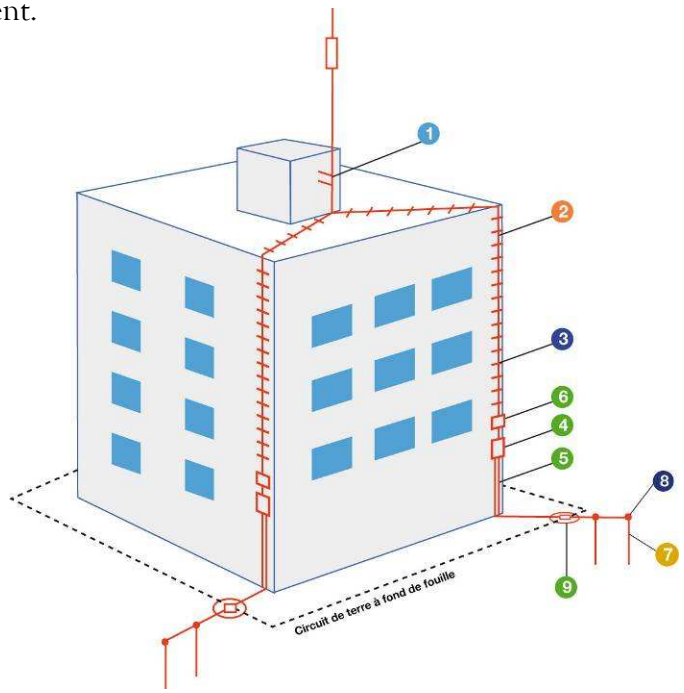
La construction des mises à la terre de protection revêt donc une importance particulière car, bien que non indispensable le plus souvent au fonctionnement des équipements, elles en complètent la protection, fonction essentielle pour la qualité de service et la limitation des coûts de maintenance.

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.



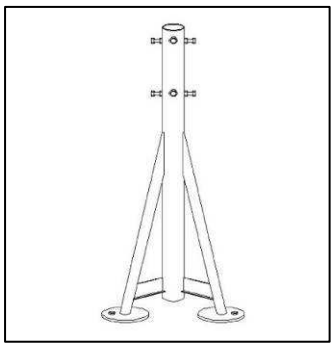
4. RECOMMANDATIONS POUR L'INSTALLATION DES PARATONNERRES A DISPOSITIF D'AMORÇAGE (NORME NF C 17-102 - TIRAGE JANVIER 2009)

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

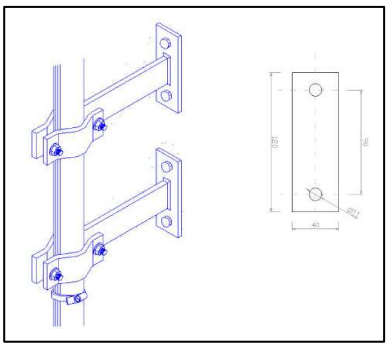


1 Implantation et fixation du paratonnerre

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.



Trépied



Pattes déport

2 Circuit de liaison à la terre

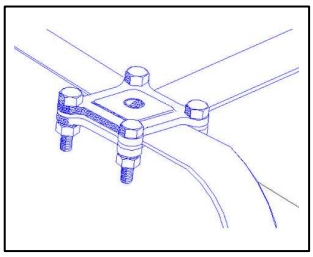
L'écoulement des courants de foudre, compte tenu de leur fréquence, se fait d'autant mieux sur des conducteurs offrant la plus grande surface latérale.

Conformément à la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009), le paratonnerre sera relié à la terre par deux circuits de descente. Ces circuits constitués par du conducteur en cuivre étamé de section 50 mm² minimum seront positionnés à l'extérieur du bâtiment sur deux façades différentes et fixés à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.

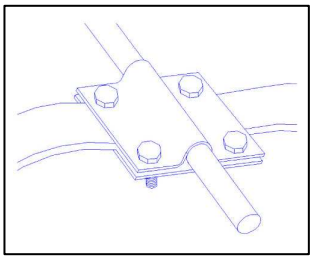
Ces circuits sont destinés à canaliser le courant de foudre du dispositif de capture vers les prises de terre, le tracé est le plus rectiligne possible en empruntant le chemin le plus court et en évitant tout coude brusque ou remontée éventuelle. Les rayons de courbure sont supérieurs à 20 cm.

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.

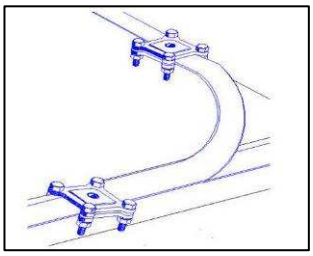


Raccord Plat/plat



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.

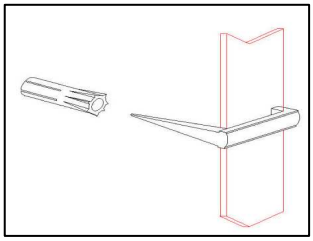


Coude sur chant

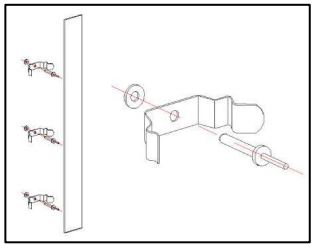
Les conducteurs de descente doivent se trouver à plus de trois mètres de toute colonne montante extérieure de gaz et ne doivent pas lui être reliés.

3 Fixation du conducteur

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



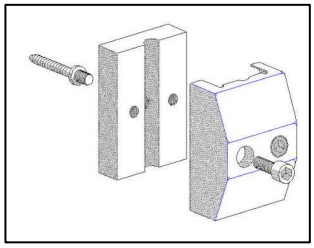
Fixation crampons et cheville pour béton



Fixation clips inox pour bardage

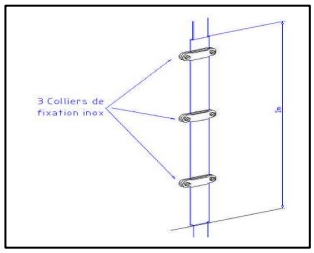
4 Joint de contrôle

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.



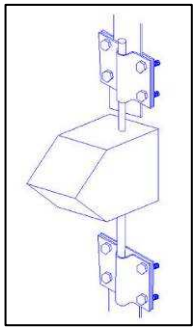
5 Tube de protection

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 ministériel du 15/01/2008, 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 »

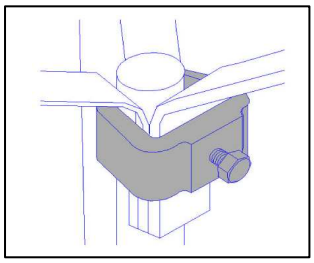
Patte d'oie

Piquets alignés

Piquets triangulés
(ensemble de 3 piquets)

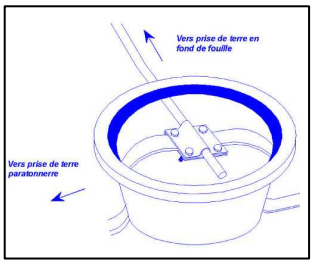
8 Connexion sur les piquets de terre

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

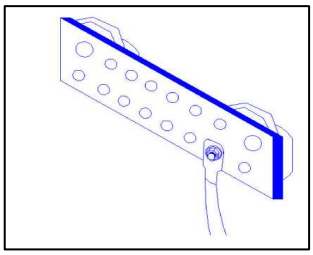


9 Regard de visite

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 30x2.



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.

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).

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).

Réalisation des travaux

- 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 30x2 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 30x2, 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* de niveau C. 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.

5. INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE (IIPF)

5.1. 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.

5.2. 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 :

- Alarme anti-intrusion
- Report d'alarme sprinkler

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

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

6.1. 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.

6.2. Les types de parafoudres

- Définitions :
  - Iipm (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.

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

- ***Raccordement d'une protection <u>par parafoudre type 1</u> au niveau de chaque tableau général basse tension (2 TGBT).***
- ***Raccordement d'une protection par <u>parafoudre type 2</u> au niveau de chaque armoire divisionnaire alimentant les équipements suivants : alarme anti-intrusion, report d'alarmes sprinkler. (Nota : cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site).***

Détail de la protection à réaliser :

- <u>Raccordement d'une protection par parafoudre type 1 au niveau de chaque tableau général basse tension (2 TGBT)</u>.

  Détermination du courant Iimp 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 :

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

(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 Iimp (onde 10/350 µs) : ≥ 12,5 kA. (cf. tableau ci-dessous)

Niveau de protection	IT avec neutre (4 pôles) Iimp (kA)	IT sans neutre (3 pôles) Iimp (kA)	TN-C (3 pôles) Iimp (kA)	TN-S (4 pôles) Iimp (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.

Caractéristiques du parafoudre type 1 à raccorder au niveau de chaque TGBT: Niveau de protection Up ≤ 2,5 kV / Courant de choc Iimp ≥ 12,5 kA (onde 10/350 µs).

- Raccordement d'une protection par parafoudre type 2, coordonnée avec le parafoudre type 1, au niveau de chaque armoire divisionnaire alimentant les équipements recensés importants pour la sécurité:
  - Alarme anti-intrusion
  - Report d'alarme sprinkler

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

Caractéristiques des parafoudres type 2 à raccorder au niveau des armoires divisionnaires : Niveau de protection Up ≤ 2,5 kV / Courant nominal In ≥ 5 kA (onde 8/20 µs).

Les travaux doivent être réalisés par une société spécialisée, agréée QUALIFOUDRE de niveau C. 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.

6.4. Règles pour le raccordement des parafoudres

6.4.1. 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.

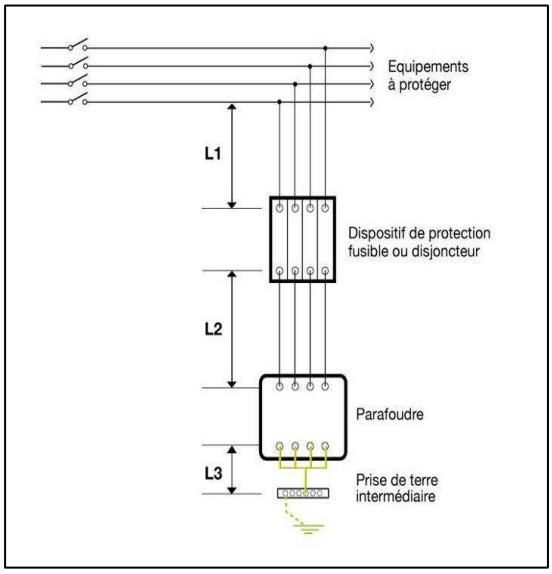
Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (ex : HPC125 A, disjoncteur 250 A…).

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.



6.4.2. 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.

7. 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.

L'article 5 de l'arrêté du 15 Janvier 2008 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.**

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
- 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.

7.1. 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
  L'efficacité de la protection est directement liée à la résistance de la prise de terre qui doit être inférieure à 10 ohm. Celle-ci peut évoluer dans le temps, c'est pourquoi elle doit être vérifiée.
  La mesure est faite avec un appareil type Electra 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.

7.2. 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 du 15 Janvier 2008.

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. annexe 8). Dans ce document sont consignés tous les évènements survenus dans l'installation de protection foudre :

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

7.3. 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.

7.4. 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.

Nota : un système de détection et d'alerte d'orage peut éventuellement être mis en place sur le site. Dans cette éventualité, il peut permettre de suivre l'évolution des orages et prendre des dispositions visant à garantir la sécurité des personnes sur le site.

8. NOTICES DE VERIFICATION

8.1. Notices 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 juillet 1995 (2ème tirage janvier 2009).

- Matériel utilisé
  Matériel de test de la partie active (tête).

- 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 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.

8.2. 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.

- Documents de référence
  Norme NF C 17-102 de juillet 1995 (2ème tirage janvier 2009)
  Norme NF EN 62 305-3 de décembre 2006.

- 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 : 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 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.

8.3. 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 juillet 1995 (2ème tirage janvier 2009)
  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.

8.4. Notice de vérification de la prise de terre

- Description de l'équipement à vérifier
  Les prises de terre selon la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009) peuvent être constituées par :
  - des conducteurs en cuivre étamé 30x2, 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 30x2.

Patte d'oie

Piquets alignés

Piquets triangulés

- Documents de référence
  Norme NF C 17-102 de juillet 1995 (2ème tirage janvier 2009)
  Norme NF EN 62 305-3 de décembre 2006.

- 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 : niveau de compétence C.
  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.

8.5. 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 : niveau de compétence C.
  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.

9. CARNET DE BORD SELON LE MODELE QUALIFOUDRE

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
- .....
- .....

DRIRE
- .....
- .....

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 - Etude 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.

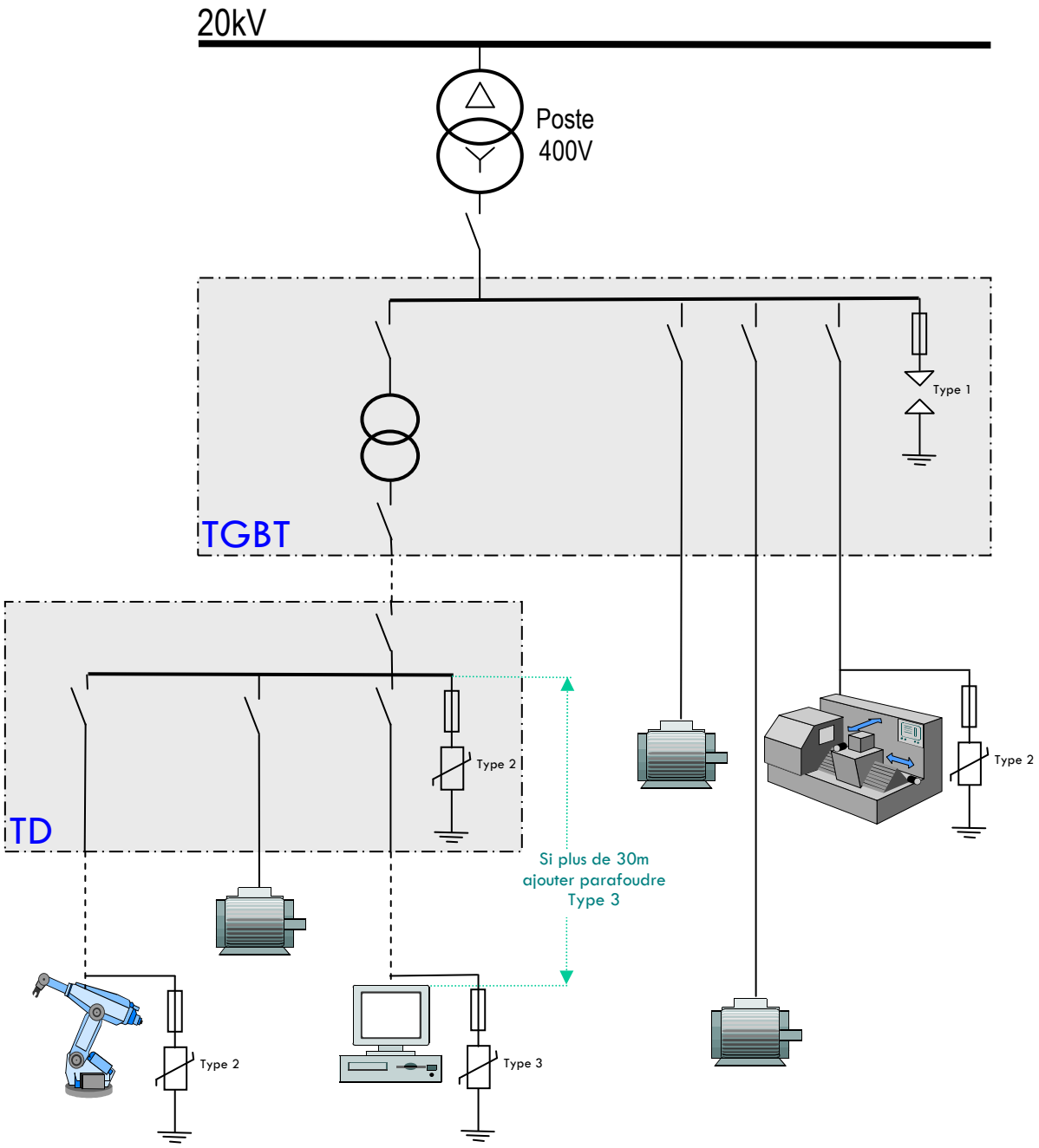
DATE DE RECEPTION	INTITULE DU DOCUMENT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N°QUALIFOUDRE

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 constatations faites Référence des rapports	NOM ET QUALITE de la personne qui a effectué la vérification ou N°QUALIFOUDRE

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

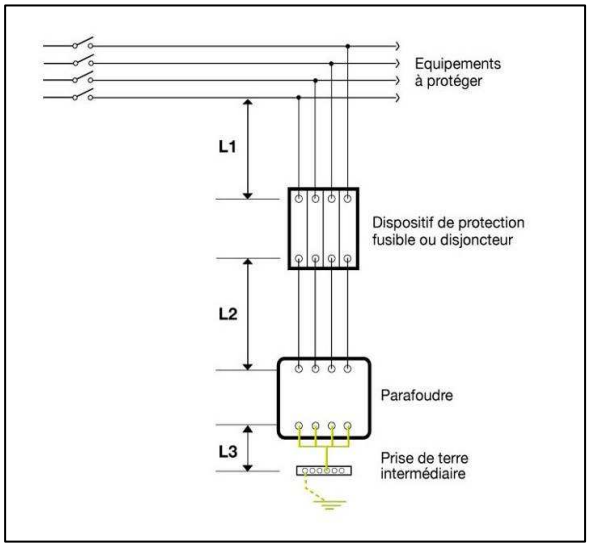
Les conducteurs de raccordement sont ceux reliant les conducteurs actifs au parafoudre et reliant le parafoudre à la liaison équipotentielle ou au conducteur de protection ou au PEN. Ils doivent avoir une section minimale de 4 mm2 en cuivre. En cas de présence d'un paratonnerre, cette section minimale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

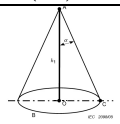
L'installation de parafoudre n'entraîne pas d'exigence particulière en ce qui concerne la valeur de la résistance de la prise de terre des masses. Les valeurs des prises de terre des masses qui résultent de l'application de la norme NF C 15-100 sont satisfaisantes pour l'installation de parafoudres.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

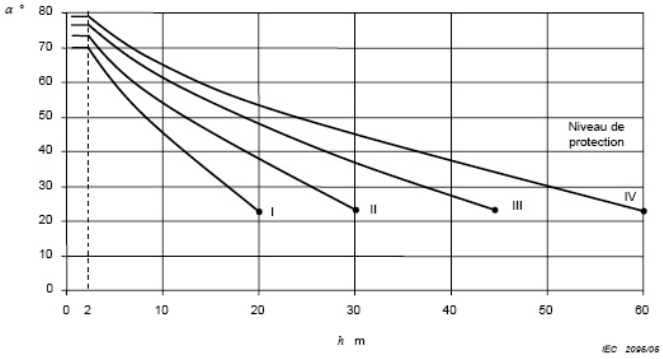
Annexe 3 : Méthode de positionnement des systèmes de protection foudre

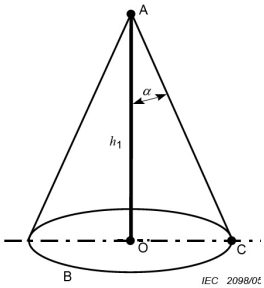
En fonction du niveau de protection défini dans l'Analyse du Risque Foudre, les valeurs de l'angle de protection, du rayon de la sphère fictive, des dimensions des mailles et des rayons de protection des paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) sont données dans le tableau ci-dessous :

	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

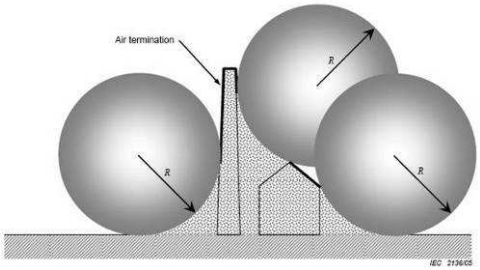
Conformément au tableau ci-dessous, l'angle de protection α varie en fonction du niveau de protection et selon les différentes hauteurs du dispositif de capture au-dessus de la surface à protéger. Le volume protégé par une tige de capture verticale est censé avoir la forme d'un cône droit ayant pour 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 (tirage janvier 2009) 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 relative à l'arrêté du 15/01/08 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 dispositifs de capture (NF EN 60305-3)

Dispositif de capture non isolé

Les dispositifs de capture d'une installation de protection non isolée peuvent être installés comme suit :

- si la toiture est en matériau non combustible, les conducteurs de capture peuvent être installés sur la surface ou sur la toiture
- si la toiture est en matériau combustible, une attention doit être prise pour la distance entre les parties inflammables de la toiture et les conducteurs de capture. Pour des toits en chaume, cette distance ne doit pas être inférieure à 0,15 m. Pour d'autres matériaux combustibles, une distance non inférieure à 0,10 m est considérée comme appropriée.

Nota : l'eau est susceptible de s'accumuler sur une toiture plate, il convient donc de disposer les dispositifs de capture au-dessus de la hauteur d'eau maximale.

Il est recommandé que les conducteurs de capture et les conducteurs de descente soient interconnectés au moyen de conducteurs de toiture afin d'assurer une distribution de courant suffisante entre les conducteurs.

Les conducteurs de toiture et les connexions des tiges de capture peuvent être fixés sur la toiture par des séparateurs et des fixations conducteurs ou non.

Les points de fixation recommandés pour les conducteurs sont indiqués dans le tableau de ci-dessous.

Disposition	**Points de fixation pour conducteurs torsadés ou ruban (mm)**	**Points de fixation pour conducteur pleins (mm)**
Conducteurs horizontaux sur surfaces horizontales	500	1 000
Conducteurs horizontaux sur surfaces verticales	500	1 000
Conducteurs verticaux du sol jusqu'à 20 mètres	1 000	1 000
Conducteurs verticaux au-dessus de 20 mètres	500	1 000
Note 1 : ce tableau ne s'applique pas à des fixations préfabriquées qui ne nécessitent pas d'études particulières. *Note 2* : il convient que la détermination des conditions d'environnement (par exemple la force du vent) soit considérée et il se peut que des points de fixation différents de ceux recommandés se révèlent nécessaires.		

Selon la norme NF C 17-102 (tirage janvier 2009), la fixation du conducteur se fait sur la base de trois attaches au mètre.

Nota : dans certaines conditions, et sous réserve que la continuité électrique soit assurée, des parties de la structure peuvent être considérées comme composants naturels de capture.

Annexe 5 : Les conducteurs de descente (NF EN 62305-3)

Généralités

Pour réduire les risques de dommage dus à la circulation du courant de foudre dans les SPF, des conducteurs de descente doivent être disposés de manière que, entre le point d'impact et la terre :

- le courant suive plusieurs trajets en parallèle
- la longueur de ces trajets soit réduite au minimum
- une équipotentialité entre les parties conductrices de la structure soit réalisée partout où cela est nécessaire.

Dans tous les cas, le nombre de conducteurs de descente ne doit pas être inférieur à deux et ils sont distribués autour du périmètre de la structure à protéger, en fonction des contraintes architecturales et pratiques. Il est recommandé qu'un conducteur de descente soit installé, autant que possible, à chaque angle de la structure.

Dispositions pour les installations isolées

- Si le dispositif de capture est constitué de tiges sur des mâts séparés (ou un seul mât), au moins une descente est nécessaire par mât. Si les mâts sont en métal ou s'il existe une armature d'acier interconnectée, aucune descente supplémentaire n'est nécessaire.
- Si le dispositif de capture est constitué de conducteurs horizontaux séparés (ou d'un seul conducteur), au moins une descente est nécessaire à l'extrémité de chacun des conducteurs.
- Si le dispositif de capture constitue un réseau de conducteurs, au moins une descente est nécessaire pour chaque structure porteuse.

Dispositions pour les installations non isolées

Les descentes des installations non isolées de la structure à protéger peuvent être installées de la manière suivante :

- si le mur est réalisé en matériau non combustible, les descentes peuvent être fixées directement sur la surface du mur ou dans le mur
- si le mur est réalisé en matériau combustible, les descentes peuvent être fixées directement sur la surface des murs, pour autant que l'élévation de température due à l'écoulement du courant de décharge atmosphérique ne soit pas dangereuse pour le matériau du mur
- si le mur est réalisé en matériau combustible et si l'élévation de température des descentes est dangereuse, les descentes doivent être placées de manière que la distance entre ces dernières et la structure à protéger soit toujours supérieure à 0,1 m.

Nota : dans certaines conditions, et sous réserve que la continuité électrique soit assurée, des parties de la structure peuvent être considérées comme composants naturels de descente.

Annexe 6 : 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 (tirage janvier 2009) : elles peuvent être constituées par :

- des conducteurs en cuivre étamé 30x2, 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 30x2.

Patte d'oie

Piquets alignés

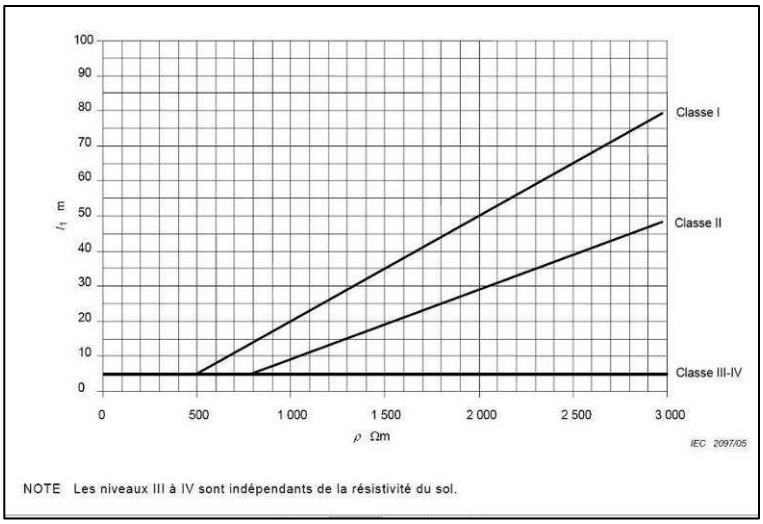
Piquets triangulés

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.

Prise de terre selon la norme NF EN 62305-3 : deux dispositions sont utilisées :

- Disposition A
  Ce type de disposition comporte des électrodes de terre radiales ou verticales, installées à l'extérieur de la structure à protéger, connectées à chacune des descentes.
  Pour une disposition A, le nombre minimal d'électrodes de terre doit être de deux.



Annexe 6 : Les prises de terre (suite)

Les prises de terre (disposition A) doivent être installées et réparties aussi uniformément que possible, à au moins 0,5 m de profondeur et en les espaçant de manière à réduire au minimum les effets de couplage électrique dans le sol.

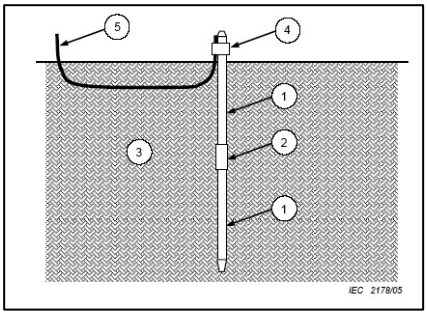
La longueur minimale de chaque électrode de terre à la base de chaque conducteur de descente est :

- $l1$ pour une électrode radiale
- 0,5 $l1$ pour une électrode verticale (ou inclinée)

… où $l1$ est la longueur minimale d'une électrode radiale telle qu'indiquée dans le diagramme de la page précédente.

En cas d'électrodes combinées (radiales et verticales), la longueur totale doit être prise en compte.

Prise de terre avec deux piquets verticaux



Légende :

① Piquet de terre extensible
② Tige de couplage
③ Sol
④ Serrage du conducteur
⑤ Conducteur de terre

- Disposition B

  Ce type de disposition comporte, soit une boucle extérieure à la structure à protéger enterrée à au moins 0,50m et au moins à 1 m des murs extérieurs. Elle est en contact avec le sol sur au moins 80 % de sa longueur, soit une boucle à fond de fouille. Ces prises de terre peuvent aussi être maillées. Pour une prise de terre en boucle (ou une prise de terre à fond de fouille), le rayon géométrique moyen re de la surface intéressée par la prise de terre ne doit pas être inférieur à la valeur de $l1$: $re > l1$ (1) où $l1$ est représentée sur la Figure 2 en fonction, respectivement, des niveaux de protection I, II, III et IV.

  Il est recommandé de connecter les électrodes complémentaires à la prise de terre en boucle au niveau des conducteurs de descente et, si possible, de manière équidistante.

  Pour des structures avec systèmes électroniques ou à risque d'incendie élevé (voir CEI 62305-2), une disposition B est préférée.

Annexe 7 : Distances de sécurité

La distance de sécurité 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 liée à la terre. Elle est définie par la formule suivante :

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

où :

k_j 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_j

Type de SPF	k_j
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.

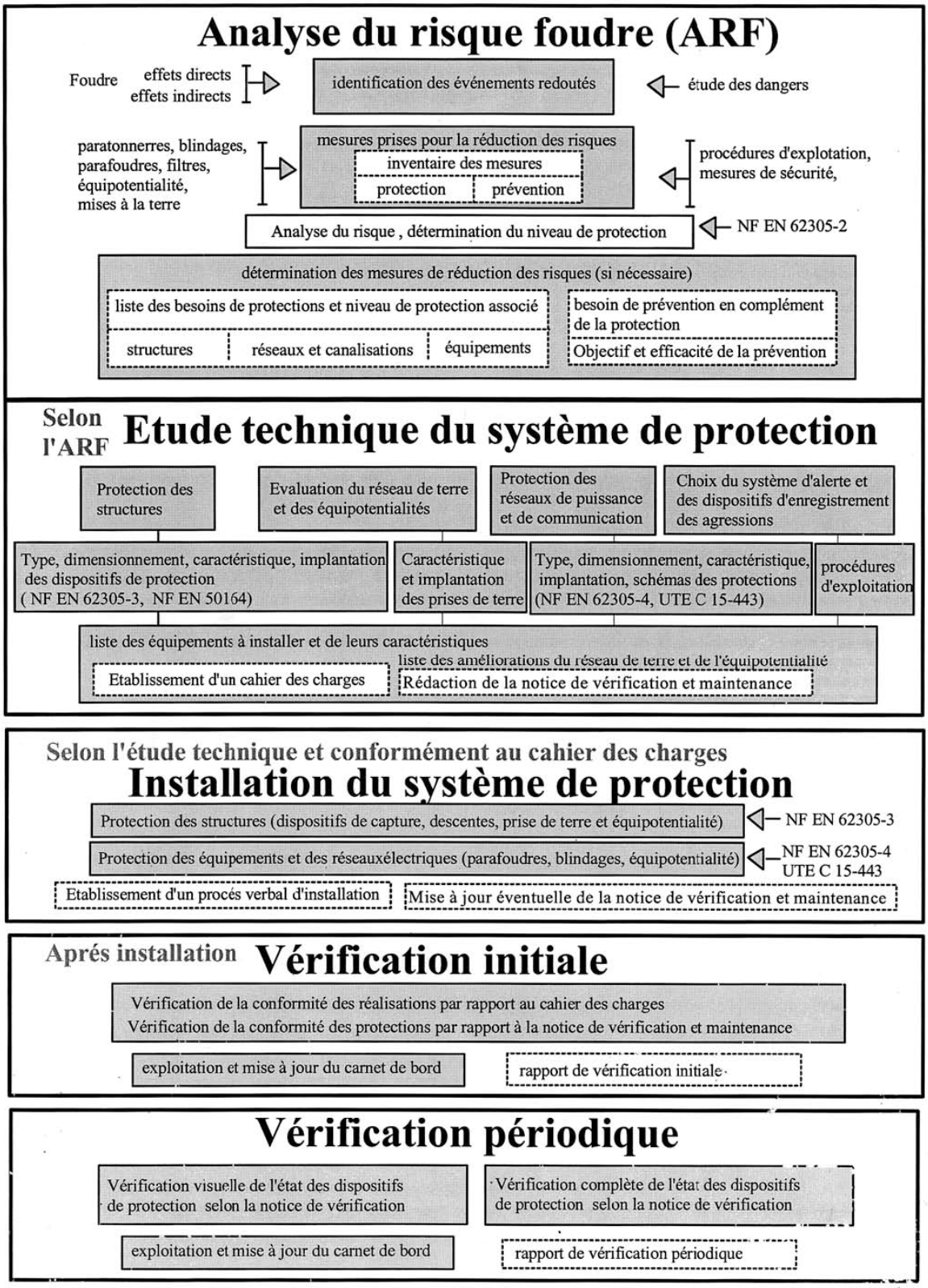
Tableau 3 : Valeur du coefficient k_c

Type de dispositif de capture	Nombre de conducteurs de descente n	k_c	
		Disposition de terre type A	Disposition de terre type B
Tige simple	1	1	1
Fils tendus	2	0,66 (d)	0,5 (a)
Maille	4 et +	0,44 (d)	0,25 (b)
Maille	4 et +, connectés par un ceinturage horizontal	0,44 (d)	1 *ln* 0, 5 (c)

(a) Domaine des valeurs de k_c = 0,5 où $c \ll h$ à k_c = 1 avec $h \ll c$.
(b) L'équation pour K_c est une approximation pour des formes cubiques et pour n ≥ 4. Les valeurs de h, c_s et c_d sont supposées être dans la gamme de 5 m à 20 m.
(c) 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.
(d) 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 8 : Extrait de la circulaire du 24 Avril 2008



Démarche globale de protection contre la foudre