

**Prevost Environnement
ZAC des Grands Camps
46090 MERCUES**

**ÉTUDE TECHNIQUE DE PROTECTION
CONTRE LA Foudre**
n° 09.03.9921 / 1

Étude réalisée par Bernard PHILIPPE et Vérifiée par Daniel BRAZZALE (Mars 2009)
Nouvelle Version : Octobre 2013

SOMMAIRE

| | |
|---|-----------|
| INTRODUCTION | 3 |
| 1. PRÉAMBULE | 4 |
| 1.1. <i>Objet de l'étude technique</i> | <i>4</i> |
| 1.2. <i>Rappel sur le phénomène foudre.....</i> | <i>4</i> |
| 1.3. <i>Définitions des différents coups de foudre</i> | <i>5</i> |
| 2. PRÉSENTATION DU DOCUMENT | 7 |
| 2.1. <i>Présentation de l'étude technique.....</i> | <i>7</i> |
| 2.2. <i>Limites d'intervention</i> | <i>7</i> |
| 2.3. <i>Documents fournis</i> | <i>7</i> |
| 2.4. <i>Normes et réglementations</i> | <i>8</i> |
| ÉTUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre | 9 |
| PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre INSTALLATION EXTÉRIEURE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (IEPF)..... | 10 |
| 1. PRINCIPE DE PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre..... | 11 |
| 1.1. <i>Type de système de protection foudre</i> | <i>11</i> |
| 1.2. <i>Choix du type de l'Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF).....</i> | <i>11</i> |
| 1.3. <i>Les dispositifs de capture</i> | <i>11</i> |
| 1.4. <i>Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF).....</i> | <i>12</i> |
| 1.5. <i>Paratonnerre à tige simple (protection non isolée).....</i> | <i>13</i> |
| 1.6. <i>Conducteurs maillés (protection non isolée).....</i> | <i>13</i> |
| 1.7. <i>Paratonnerre à dispositif d'amorçage - PDA (protection non isolée).....</i> | <i>14</i> |
| 1.8. <i>Fils tendus (protection isolée)</i> | <i>14</i> |
| 2. DISPOSITIONS PRÉCONISÉES CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre | 15 |
| 2.1. <i>Méthode de positionnement du dispositif de capture.....</i> | <i>15</i> |
| 2.2. <i>Niveaux de protection déterminés dans l'analyse du risque foudre.....</i> | <i>15</i> |
| 2.3. <i>Mode de protection préconisé.....</i> | <i>15</i> |
| 2.4. <i>Principe de l'installation à réaliser sur le bâtiment déchets dangereux</i> | <i>17</i> |
| 2.5. <i>Équipotentialité des structures métalliques.....</i> | <i>19</i> |
| 2.6. <i>Canalisations / tuyauteries</i> | <i>20</i> |
| 3. RECOMMANDATIONS POUR L'INSTALLATION DU PARATONNERRE À DISPOSITIF D'AMORÇAGE | 21 |
| 4. PROCÉDURE DE VÉRIFICATION ET DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION PARATONNERRE..... | 25 |
| 4.1. <i>Procédure de vérification périodique.....</i> | <i>25</i> |
| 4.2. <i>Procédure de maintenance des installations paratonnerres</i> | <i>27</i> |
| 4.3. <i>Mesures actives</i> | <i>28</i> |
| PROTECTION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre INSTALLATION INTÉRIEURE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (IIPF)..... | 29 |
| 1. PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS CONTRE LES SURTENSIONS | 30 |
| 1.1. <i>Équipotentialité des prises de terre et des masses.....</i> | <i>31</i> |
| 1.2. <i>Risque lié aux effets indirects de la foudre</i> | <i>32</i> |
| 2. DISPOSITIONS PRÉCONISÉES CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre..... | 33 |
| 2.1. <i>Équipements importants pour la sécurité (EIPS).....</i> | <i>33</i> |
| 2.2. <i>Les types de parafoudres</i> | <i>33</i> |
| 2.3. <i>Protection à réaliser sur l'alimentation électrique du réseau BT.....</i> | <i>35</i> |
| 2.4. <i>Raccordement des parafoudres.....</i> | <i>37</i> |
| ANNEXES : PLAN & FICHES TECHNIQUES..... | 38 |

SYNTHÈSE DE L'ÉTUDE 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 EXTÉRIEURE DE PROTECTION Foudre (IEPF)

Rappel : les niveaux de protection déterminés dans l'analyse du risque foudre établie par SOCOTEC sur les bâtiments du site pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^{-5} sont :

| Bâtiment ou zone | Niveau de protection |
|----------------------------|------------------------|
| Bâtiments bureaux | Protection optionnelle |
| Atelier mécanique | Protection optionnelle |
| Bâtiment déchets dangereux | II |
| Bâtiment réception métaux | Protection optionnelle |
| Bungalow chef de chantier | Protection optionnelle |
| Bâtiment dépollution | Protection optionnelle |

Seul le bâtiment déchets dangereux doit être équipé d'une protection contre la foudre. Compte tenu de la configuration et du type de bâtiment, nous avons utilisé la méthode de positionnement du dispositif de capture, issu de la norme NF C 17-102).

Nous préconisons, sur le bâtiment déchets dangereux, une Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) qui sera réalisée au moyen d'un paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) :

- Dispositif de capture : 1 PDA 30 μ s en inox - Niveau de protection : II - Rayon de protection : 33 m (réduits de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008).
- Circuit de liaison à la terre : le paratonnerre sera relié à deux circuits de descente en cuivre étamé 30x2.
- Liaisons équipotentielles en toiture : les masses métalliques situées à moins de 0,30 mètres du conducteur de toiture lui seront reliées.
- Joint de contrôle - Tube de protection : sur le bas de chaque descente
- Comptage des coups de foudre : sur l'une des deux descentes du paratonnerre
- Prise de terre : chaque descente sera reliée à une prise de terre, dont la valeur sera inférieure à 10 Ω , raccordée dans un regard de visite pour permettre son interconnexion sur le circuit de terre général.

➔ INSTALLATION INTÉRIEURE DE PROTECTION Foudre (IIPF)

- Raccordement d'une protection par parafoudre type 1 au niveau du tableau général basse tension.
- Raccordement d'une protection par parafoudre type 2 au niveau du tableau divisionnaire du bâtiment déchets dangereux.
- S'assurer que les différentes prises de terre sur le site sont interconnectées entre elles et que les masses métalliques (telles que charpentes, chemins de câbles, etc...) sont reliées électriquement à la terre.

➔ **PÉRIODICITÉ DE VÉRIFICATION 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.

INTRODUCTION

1. PRÉAMBULE

1.1. Objet de l'étude technique

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

L'Etude Technique (ET) permet de définir, si nécessaire, les moyens techniques auxquels doit satisfaire le système de protection contre la foudre sur le site Paprec Prevost Environnement pour répondre à l'arrêté du 15 Janvier 2008 paru au JO le 24 Avril 2008.

L'analyse du risque foudre est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2.

1.2. Rappel sur le phénomène foudre

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

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

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

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

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

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

1.3. Définitions des différents coups de foudre

- Effets directs :
 - effets thermiques : effets de fusion liés à la quantité de charges électriques au point d'impact, effets de dégagement de chaleur par effet Joule
 - effets dus aux amorçages : impédances différentes (canalisations, bâtiments...) = différence de potentiel
 - effets d'induction : champs rayonnés : électriques et magnétiques
 - effets électrodynamiques : décomposition galvanique
 - effets acoustiques : tonnerre
 - effets lumineux : éclairs.
- Effets indirects : effets des champs électriques et magnétiques rayonnés sur les installations, dont les principaux modes de propagation sont : le couplage ohmique, le couplage inductif et le couplage capacitif.

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

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

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

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

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

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

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

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

2. PRÉSENTATION DU DOCUMENT

2.1. Présentation de l'étude technique

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

- Installation Extérieure de Protection contre la Foudre (IEPF) : Protection contre les effets directs de la foudre.

L'étude tient compte des risques inhérents du site.

La solution proposée sera adaptée aux spécificités de chaque bâtiment ou structure étudié.

- Installation Intérieure de Protection contre la Foudre (IIPF) : Protection contre les effets indirects de la foudre.

Les coups de foudre sur le site ou à proximité peuvent provoquer des effets de claquage et des courants vagabonds qui sont des facteurs déclenchants dans les zones à risque ou bien destructeurs pour les équipements électroniques.

Les réseaux de terre doivent être réalisés de manière à s'assurer une montée en potentiel uniforme des terres et des masses sur le site.

Par ailleurs, il faut s'assurer 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.

2.2. Limites d'intervention

L'étude de protection foudre du risque foudre concerne les risques liés à un impact direct et indirect de la foudre sur le site.

2.3. Documents fournis

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

- plan de masse du site
- analyse du risque foudre SOCOTEC.

2.4. Normes et réglementations

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

Normes

| | | |
|------------------|---------------|--|
| NF EN 62305-1 | Juin 2006 | Protection contre la foudre, Partie 1 : principe généraux |
| NF EN 62305-3 | Déc. 2006 | Protection contre la foudre, Partie 3 : dommages physiques sur les structure et risques humain |
| NF EN 62305-4 | Déc. 2006 | Protection contre la foudre, Partie 4 : réseaux de puissance et de communication dans les structures |
| NF C 17-102 | Sept. 2011 | Protection contre la foudre : protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage |
| NF C 15-100 | Juin 2005 | Installations électriques à basse tension |
| NF EN 50164-1 | Août 2008 | Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 1 : prescriptions pour les composants de connexion |
| NF EN 50164-2 | Novembre 2008 | Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 2 : caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre |
| NF EN 50164-3/A1 | Mars 2009 | Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 3 : prescriptions pour les éclateurs d'isolement |
| NF EN 50164-4 | Novembre 2008 | Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 4 : prescriptions pour les fixations de conducteur |
| NF EN 50164-5 | Avril 2009 | Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 5 : prescriptions pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre |
| NF EN 50164-6 | Avril 2009 | Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 6 : compteurs de coups de foudre |
| NF EN 50164-7 | Novembre 2008 | Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 7 : prescription pour les enrichisseurs de terre |

Guides

| | | |
|-------------------------|-----------|---|
| GUIDE UTE C 15-443 | Juin 2004 | Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres |
| RAPPORT GESIP N°2009/01 | Oct. 2009 | Protection des installations industrielles contre les effets de la Foudre |

Textes officiels

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

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

ÉTUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre

INSTALLATION EXTÉRIEURE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (IEPF)

ÉTUDES • INSTALLATIONS PARATONNERRES & PARAFoudRES • VÉRIFICATIONS

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

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

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



1. PRINCIPE DE PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre

1.1. Type de système de protection foudre

Les types de Systèmes de Protection Foudre sont déterminés par les caractéristiques de la structure à protéger et par les niveaux de protection définis dans l'ARF.

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 |

1.2. Choix du type de l'Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF)

Une installation extérieure de protection foudre 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.

1.3. Les dispositifs de capture

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. Les 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.

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

1.4. Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF)

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 :

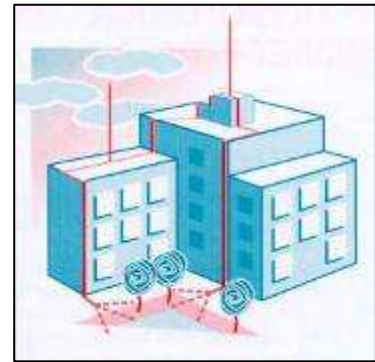
- le système de capture
- le système d'écoulement à la terre
- les prises de terre.

Il existe des systèmes de protection qui diffèrent par les dispositifs de capture et le principe d'écoulement des courants de foudre à la terre.

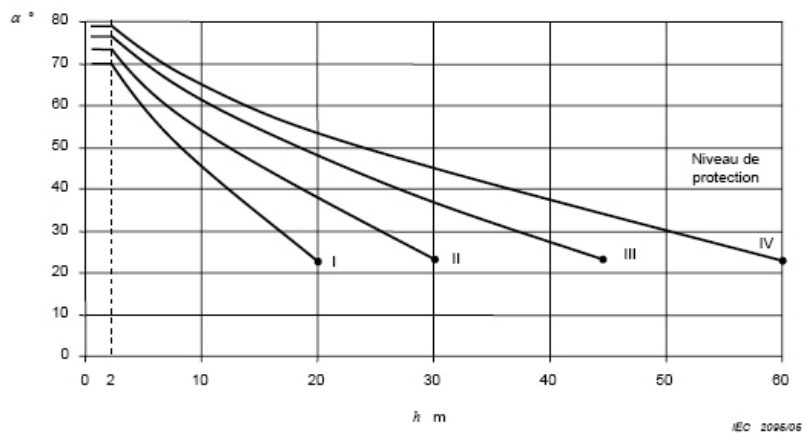
1.5. Paratonnerre à tige simple (protection non isolée)

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

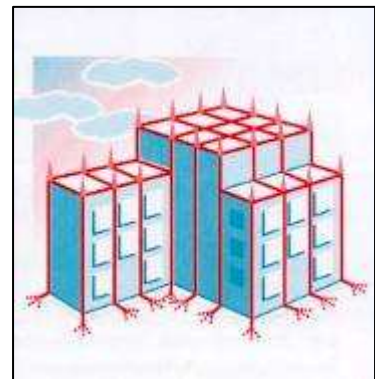


1.6. Conducteurs maillés (protection non isolée)

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

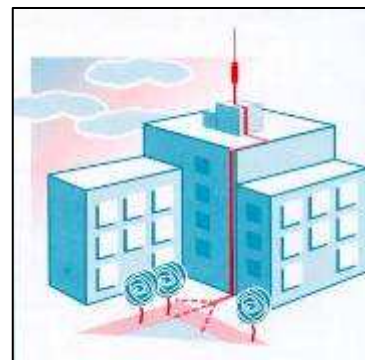
| Niveau de protection | Taille des mailles en toiture (m) | Distance moyenne entre 2 descentes (m) |
|----------------------|-----------------------------------|--|
| I | 5 x 5 | 10 |
| II | 10 x 10 | 10 |
| III | 15 x 15 | 15 |
| IV | 20 x 20 | 20 |

1.7. 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 | 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

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.

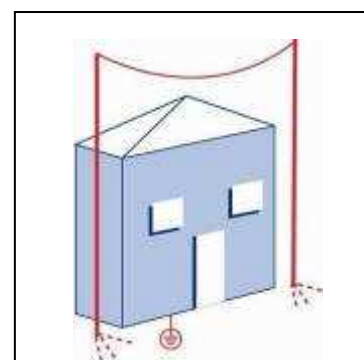
1.8. Fils tendus (protection isolée)

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.

2. DISPOSITIONS PRÉCONISÉES CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre

2.1. Méthode de positionnement du dispositif de capture

Les différentes méthodes de positionnement du dispositif de capture sont les suivantes (cf. annexe 6) :

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

2.2. Niveaux de protection déterminés dans l'analyse du risque foudre

L'activité du site est un centre de stockage, de traitement et de transit de déchets.

Rubriques soumis à autorisation : 167a, 322a, 286.

Rubriques soumis à déclaration : 98 bis c, 1434-1b, 1530, 2260, 2662.

Les niveaux de protection déterminés dans l'analyse du risque foudre établie par SOCOTEC sur les bâtiments du site pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^{-5} sont :

| Bâtiment ou zone | Niveau de protection |
|----------------------------|------------------------|
| Bâtiments bureaux | Protection optionnelle |
| Atelier mécanique | Protection optionnelle |
| Bâtiment déchets dangereux | II |
| Bâtiment réception métaux | Protection optionnelle |
| Bungalow chef de chantier | Protection optionnelle |
| Bâtiment dépollution | Protection optionnelle |

2.3. Mode de protection préconisé

Différents types de protection contre les effets directs de la foudre peuvent être envisagés (cf. § 1.5. à 1.8.) :

- 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.

Nous préconisons une Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) qui sera réalisée au moyen d'un paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA), positionné sur le bâtiment déchets dangereux.

L'implantation du dispositif de protection est définie de telle manière que le rayon de protection permette de protéger le bâtiment et les zones concernées. Le rayon de protection du paratonnerre à dispositif d'amorçage est réduit 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.

Le paratonnerre installé devra avoir subi les tests d'essai et répondre aux impositions de la norme NF C 17-102. Par ailleurs, le dispositif d'amorçage devra être testable.

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

2.4. Principe de l'installation à réaliser sur le bâtiment déchets dangereux

Mode de protection

La protection contre la foudre du bâtiment sera réalisée par l'installation d'un paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA), conforme à la norme NF C 17-102.

L'installation comportera reliés entre eux le dispositif de capture, les circuits de liaison à la terre et les prises de terre.

Dispositif de capture

- 1 PDA 30 μ s en inox, hauteur 6 mètres y compris mât rallonge
- Niveau de protection : II - Rayon de protection : 33 mètres (le rayon de protection est réduit de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008)
- Implantation : en déport sur la façade Ouest

Circuit de liaison à la terre

Conformément à la norme NF C 17-102, le paratonnerre sera relié à la terre par deux circuits de descente. Ces circuits constitués par du conducteur en cuivre étamé de section 30x2 seront positionnés sur deux façades différentes et fixés à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.

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 10). Distance de sécurité = 0,30 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.

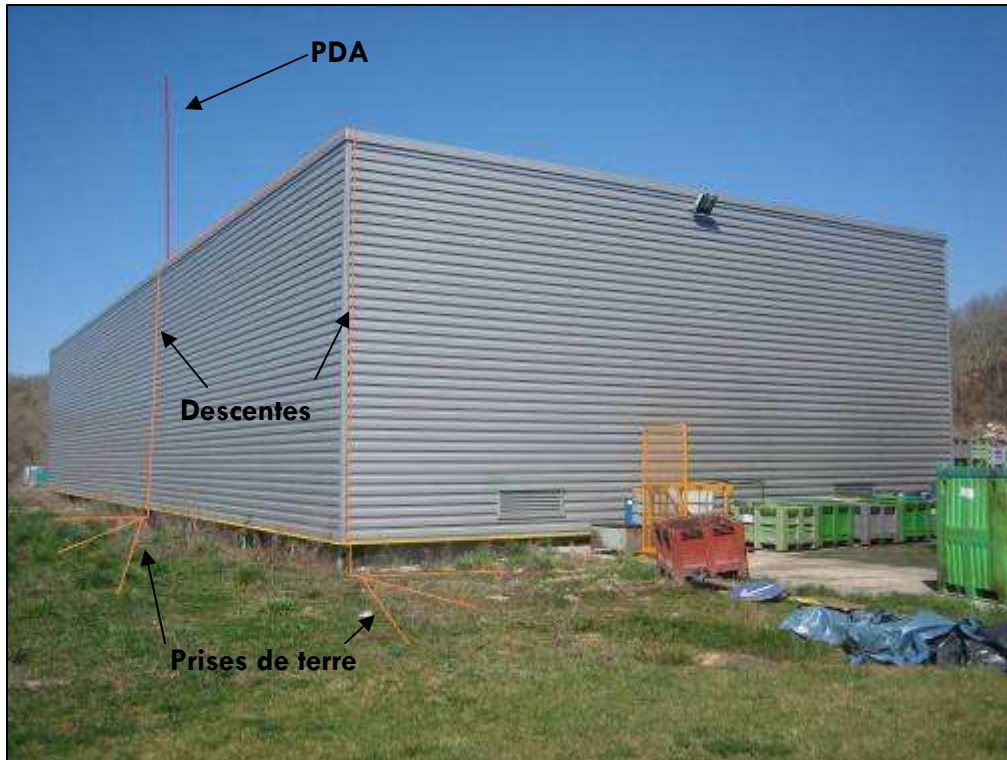
Comptage des coups de foudre

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 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. 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 ruban cuivre étamé 30x2.

Chaque prise de terre paratonnerre sera raccordée dans un regard de visite pour permettre leur interconnexion sur le circuit de terre général du bâtiment via la charpente métallique elle-même reliée à un circuit de terre à fond de fouille existant.



Façade ouest sur laquelle le paratonnerre sera implanté



Façade Est du bâtiment produits dangereux

ÉTUDES • INSTALLATIONS PARATONNERRES & PARAFOUDRES • VÉRIFICATIONS

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

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

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

2.5. Équipotentialité 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.

Nota

Les poteaux de la structure métallique du bâtiment déchets dangereux sont interconnectés à un circuit de terre à fond de fouille (cf. photo ci-dessous).

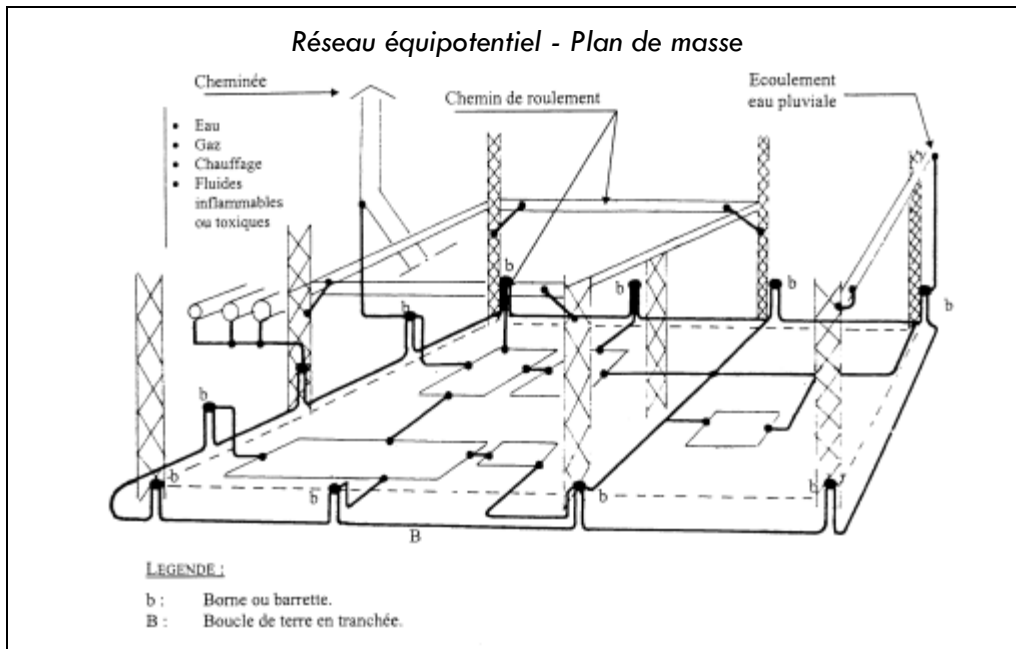


Boucle du fond de fouille

2.6. Canalisations / tuyauteries

Les masses métalliques du bâtiment telles que les chemins de câbles doivent être interconnectées et reliées électriquement à la terre. On crée ainsi dans la structure, en prenant en compte les composants conducteurs naturels, un ensemble équipotentiel et maillé relié au réseau de terre.

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



Exemple de plan masse (Extrait du rapport GESIP 94/02)

3. RECOMMANDATIONS POUR L'INSTALLATION DU PARATONNERRE À DISPOSITIF D'AMORÇAGE (NORME NF C 17-102)

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

- 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.

- Circuit de liaison à la terre

Conformément à la norme NF C 17-102, le paratonnerre sera relié à la terre par deux circuits de descente. Ces circuits constitués par du conducteur en cuivre étamé de section 30x2 seront positionnés sur deux façades différentes.

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.

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 descentes leur sont reliés électriquement. Les éléments métalliques continus sur la hauteur du bâtiment sont interconnectés en partie haute et en partie basse.

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.

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

- Joint de contrôle

Le bas de chaque 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.

- Tube de protection

Sous chaque 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.

- 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 une des deux descentes au-dessus de la borne de coupure.

- Prise de terre paratonnerre

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. 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 ».

La prise de terre type « piquets triangulés » est constituée d'un ensemble de trois piquets verticaux de 2 m reliés entre eux par du ruban cuivre étamé 30x2. L'ensemble est disposé en triangle de 2 m de côté environ. La liaison sur les piquets se fait par colliers de raccordement.

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

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 k Ω m.

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 μ s, 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 k Ω m.

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).

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 de chaque prise 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 de la prise de terre doit être inférieure à 10 Ω .
 - Mise en place du regard de visite permettant d'interconnecter la prise 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 sur une des deux descentes au-dessus du joint de contrôle.
- Étape 4
- Mise en place des circuits de descente en cuivre étamé 30x2, fixé 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.

4. PROCÉDURE DE VÉRIFICATION ET DE MAINTENANCE DE L'INSTALLATION PARATONNERRE

4.1. Procédure de vérification périodique

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.**

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 vérifiés :

- 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.

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.

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

4.2. 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 5). Dans ce document sont consignés tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre :

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

4.3. Mesures actives

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

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

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

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

En période d'orage proche, on ne doit pas

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

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.

PROTECTION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre

INSTALLATION INTÉRIEURE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (IIPF)

1. PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS CONTRE LES SURTENSIONS

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 :

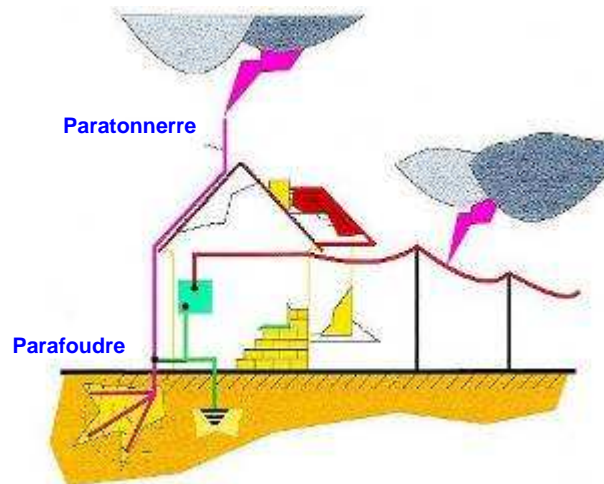
- catégorie 1 Composants électroniques dont la tension de tenue aux chocs est faible. Cette tension de tenue aux chocs est spécifiée par le constructeur
- catégorie 2 Matériels d'utilisation destinés à être connectés à l'installation électrique fixe du bâtiment. Leur tenue aux chocs est au moins égale 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.

1.1. Équipotentialité des prises de terre et des masses

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 constitution des mises à la terre de protection revêt donc une importance particulière car, bien que non indispensable le plus souvent au fonctionnement des équipements, elle complète 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 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.



1.2. Risque lié aux effets indirects de la foudre

1.2.1. Origine des surtensions transitoires

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.

1.2.2. 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.

2. DISPOSITIONS PRÉCONISÉES CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre

2.1. Équipements importants pour la sécurité (EIPS)

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 de l'installation.

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.

L'équipement recensé importants pour la sécurité qui pourrait, en cas de destruction ou de dysfonctionnement, nuire à la sécurité d'une manière générale est l'alarme anti-intrusion

Nota : cet équipement n'est pas exhaustif et peut être complété par le département Sécurité Environnement du site.

2.2. Les types de parafoudres

- Définitions :

- I_{lim} (kA) : courant impulsionnel foudre de forme d'onde 10/350 μ s pouvant être écoulé par le parafoudre sans destruction
- I_{max} (kA) : courant maximal de décharge : valeur du courant impulsionnel de forme d'onde 8/20 μ s pouvant être écoulé par le parafoudre avant d'être détruit
- I_n (kA) : courant nominal de décharge : valeur du courant impulsionnel de forme d'onde 8/20 μ s pouvant être écoulé par le parafoudre au moins 15 fois avant d'être détruit
- U_p (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
- U_{oc} : 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 U_p : $\leq 2,5$ kV
 - Courant de choc I_{imp} (onde 10/350) μs : $\geq 12,5$ 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 U_p : $\leq 2,5$ kV
 - Courant nominal I_n (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 U_p en mode commun et mode différentiel : $\leq 1,5$ kV (le mode commun étant la protection entre conducteurs de terre, le mode différentiel étant la protection entre conducteurs)
 - Courant nominal I_n (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.

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

La protection contre les surtensions transitoires sur le site Paprec de Mercues sera réalisée en raccordant deux parafoudres sur le réseau Basse Tension :

- un parafoudre de type 1 au niveau du TGBT.
- un parafoudre de type 2 au niveau du tableau divisionnaire du bâtiment déchets dangereux

- Raccordement d'une protection par parafoudre type 1 au niveau du TGBT.

Détermination du courant I_{limp} que doit pouvoir écouler le parafoudre sans destruction : le parafoudre doit pouvoir écouler 50 % du courant de foudre direct en onde 10/350 μ s.

| 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 est le niveau II, ce qui conduit à écouler un courant de foudre direct I_{max} de 150 kA.

Le courant foudre I_{limp} que doit pouvoir écouler le parafoudre est :

$$I_{limp} = \frac{I_{max \text{ direct}}}{2} \times \frac{1}{m.n} \quad \begin{array}{l} (m = \text{nombre de lignes ; dans notre cas } m = 1) \\ (n = \text{nombre de pôles ; dans notre cas } n = 4) \end{array}$$

$$I_{limp} = \frac{150}{2} \times \frac{1}{1 \times 4} = 18,75 \text{ kA}$$

Caractéristiques du parafoudre type 1 à raccorder en aval du disjoncteur du TGBT :

- niveau de protection U_p : $\leq 2,5$ kV
- courant de choc I_{limp} (onde 10/350 μ s) : $\geq 18,75$ kA.



Armoire TGBT



Disjoncteur arrivée BT

- Raccordement d'une protection par parafoudre type 2, coordonnée avec le parafoudre type 1, en aval du disjoncteur d'arrivée du tableau divisionnaire alimentant le bâtiment déchets dangereux.



Tableau divisionnaire du bâtiment déchets dangereux

2.4. Raccordement des parafoudres

2.4.1. Raccordement du parafoudre type 1 dans le tableau général BT

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

Il sera 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, du parafoudre/barres et parafoudre/terre, ne devra pas excéder 0,50 mètre.

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

2.4.2. Raccordement du parafoudre type 2 dans le tableau divisionnaire du bâtiment déchets dangereux.

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 devra être raccordée dans les armoires divisionnaires alimentant les équipements recensés importants pour la sécurité.

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

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

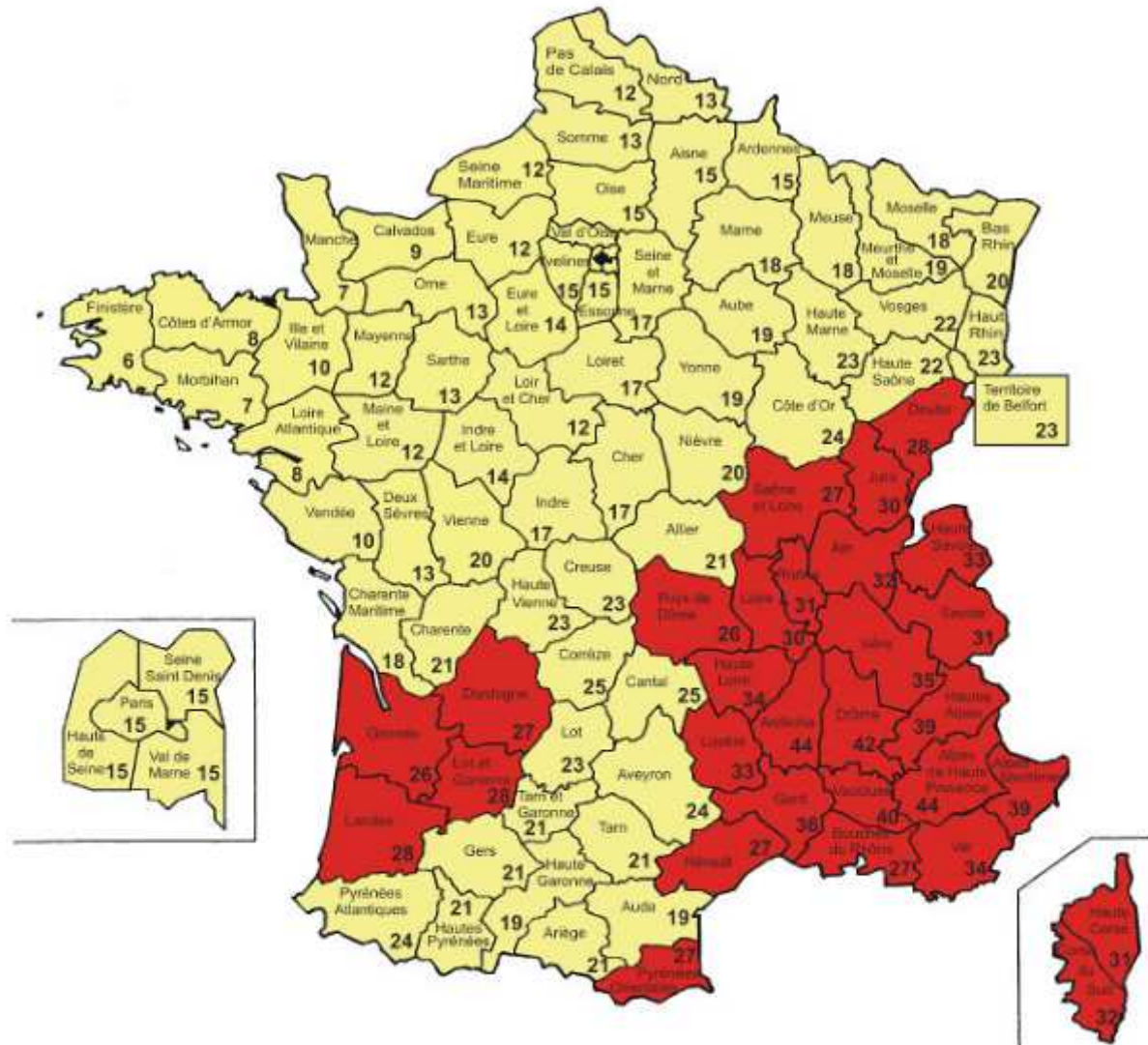
Le raccordement doit être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible. La longueur de câble cumulée, du parafoudre/barres et parafoudre/terre, ne devra pas excéder 0,50 mètre.

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

ANNEXES :

PLAN & FICHES TECHNIQUES

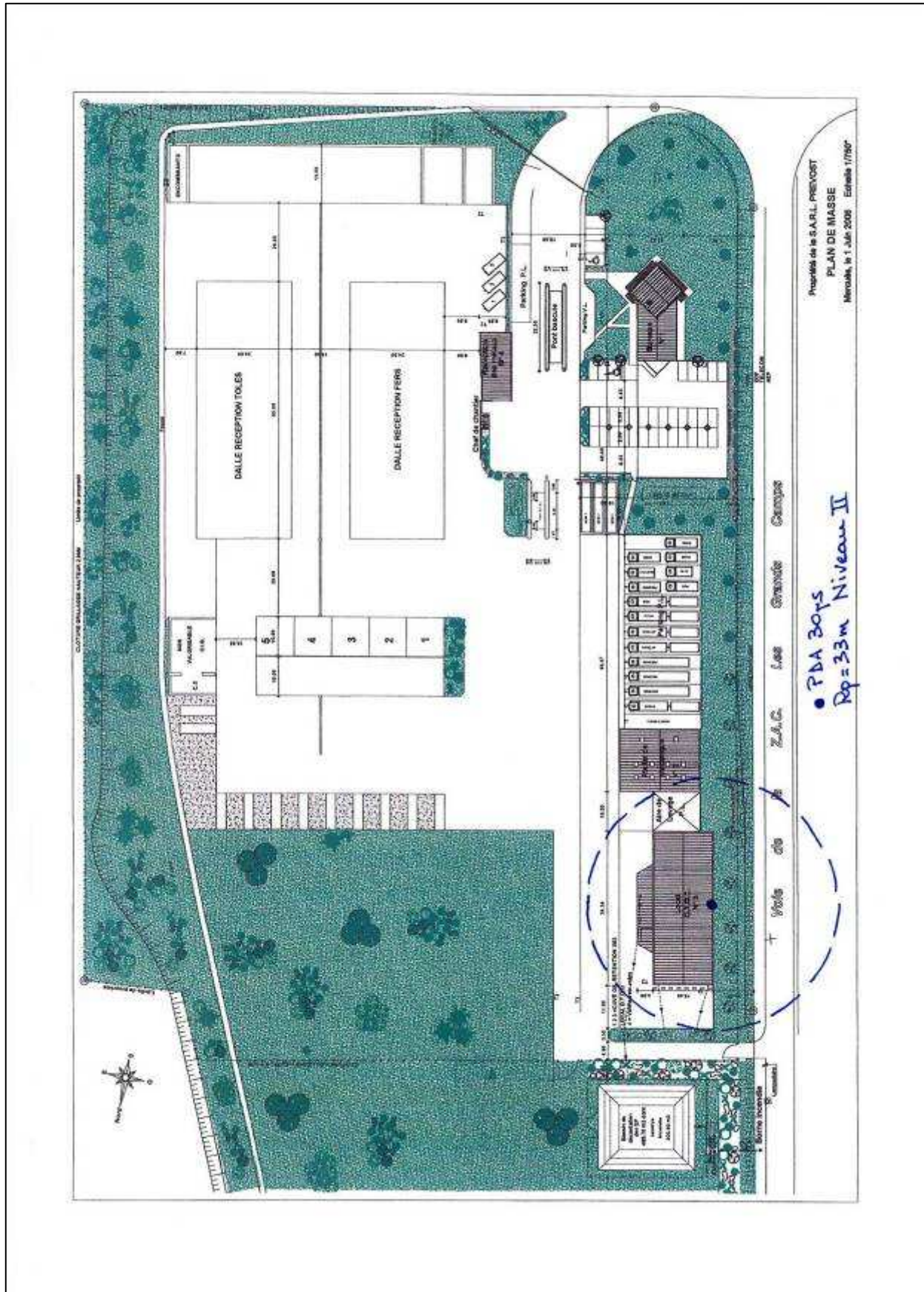
Annexe 1 : Carte de niveau kéraunique



Réunion : Nk = 20
 Guyane/Martinique/Guadeloupe : Nk = 40
 Saint-Pierre et Miquelon : Nk = 1

>25 (AQ2)
 ≤25 (AQ1)

Annexe 2 : Plan implantation paratonnerre



ÉTUDES • INSTALLATIONS PARATONNERRES & PARAFODRES • VÉRIFICATIONS

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

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

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



Annexe 3 : Fiches techniques produits

Paratonnerre à dispositif d'amorçage : principe de fonctionnement

Le dispositif d'amorçage permet de réduire le temps nécessaire à la formation et à la propagation continue de la décharge ascendante et lui assure ainsi une plus grande efficacité pour la capture de la foudre qu'une tige de type Franklin. Le dispositif d'amorçage, totalement autonome, fonctionne dès que le champ ambiant dépasse une valeur seuil qui correspond au risque minimum de foudroiement. Les paratonnerres peuvent être rehaussés par des mâts rallonge en inox. Ils sont autoportants jusqu'à une hauteur maximum de 10 m.

Rayons de protection des paratonnerres à dispositif d'amorçage (avec 40 % de réduction)

| | Niveau I (D=20m) | | | Niveau II (D=30m) | | | Niveau III (D=45m) | | | Niveau IV (D=60m) | | |
|----------|------------------|------|------|-------------------|------|------|--------------------|------|------|-------------------|------|------|
| | P30 | P45 | P60 | P30 | P45 | P60 | P30 | P45 | P60 | P30 | P45 | P60 |
| 4 mètres | 22,8 | 30,6 | 38,4 | 26,4 | 34,2 | 41,4 | 30 | 39 | 46,8 | 34,2 | 43,2 | 52,2 |
| 5 mètres | 28,8 | 37,8 | 47,4 | 33 | 42,6 | 51,6 | 31,8 | 48,6 | 58,2 | 42,6 | 53,4 | 64,2 |
| 6 mètres | 28,8 | 37,8 | 47,4 | 33 | 42,6 | 52,2 | 38,4 | 48,6 | 58,2 | 43,2 | 54 | 64,8 |
| 8 mètres | 29,4 | 38,4 | 47,4 | 33,6 | 43,2 | 52,2 | 39,6 | 49,8 | 59,4 | 45 | 55,2 | 65,4 |



Fixation des paratonnerres : pattes de départ

Les pattes de départ en acier galvanisé permettent la fixation d'un mât sur une paroi verticale par boulonnage. Diamètre des trous de fixations : 11 mm. Entraxe des trous de fixations : 120 mm.



Conducteur

Ruban en cuivre étamé 30x2 assurant l'écoulement du courant de foudre entre le paratonnerre et la prise de terre.



Fixation des conducteurs en toiture : brides ruberalu

La fixation des conducteurs doit se faire sur la base de trois attaches au mètre sans nuire à l'étanchéité du support. Les brides ruberalu permettent la fixation du conducteur en cuivre étamé 30x2 par collage sous action de la chaleur.



Fixation des conducteurs en descente : crampons pour maçonnerie

Fixation du conducteur cuivre étamé 30x2 sur maçonnerie par tamponnage et cheville plomb.



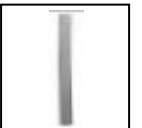
Joint de contrôle

Permet la déconnexion des conducteurs pour isolement et mesure des prises de terre. Se fixe à l'aide de pattes à vis à bois, à métaux, etc... Repère conforme aux normes NFC 17.100 et NFC 17-102.



Tube de protection

Méplat en acier galvanisé, longueur 2m, destiné à la protection mécanique du conducteur de descente. Placé entre le joint de contrôle et le sol, il est maintenu au moyen de trois colliers de fixation.







Compteur de coups de foudre

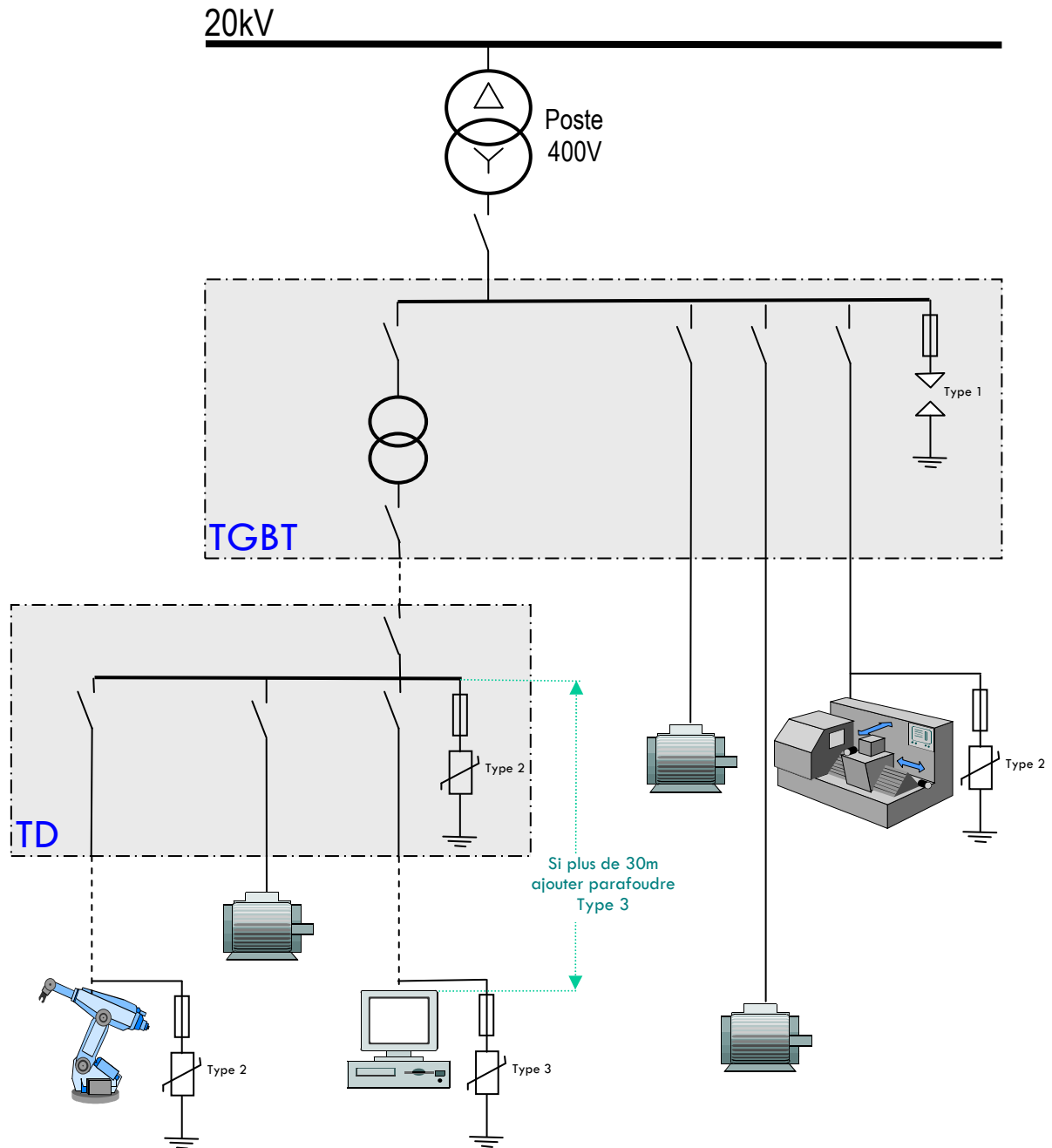
Ce compteur se raccorde en série sur une descente de paratonnerre et enregistre chaque passage de courant de foudre d'intensité comprise entre 0,4 kA et 150 kA. Le compteur se connecte sur le conducteur au-dessus du joint de contrôle et dans tous les cas environ 2 m au-dessus du sol. Chaque utilisateur de compteur de coups de foudre doit tenir à jour un registre où doit figurer l'affichage du compteur à la date de mise en service ainsi que les résultats des relevés périodiques.



Annexe 3 : Fiches techniques produits (suite)

| | |
|--|---|
| <p>Constitution des prises de terre paratonnerre</p> |  |
| <p>Toute descente de paratonnerre est reliée à une prise de terre. Son rôle est d'écouler le courant de foudre en terre. La prise de terre doit avoir une valeur d'impédance d'onde la plus faible possible et une résistance inférieure à 10 ohms. Une borne de mesure intercalée sur la descente à deux mètres au-dessus du sol permet la mesure de la prise de terre. Conformément à la norme NF C 17-102, les prises de terre sont constituées pour chaque conducteur de descente par un ensemble de plusieurs piquets de terre verticaux disposés en ligne, espacés de 2 mètres environ et reliés entre eux par un conducteur en cuivre étamé 30x2.</p> | |
| <p>Regard de visite</p> |  |
| <p>Utilisé pour le logement du raccord qui permet de déconnecter la prise de terre paratonnerre du circuit de terre des masses.</p> | |
| <p>Piquet auto-allongeable</p> |  |
| <p>Piquet, diamètre 20 mm, en acier haute résistance galvanisé à chaud. Le système d'emmanchement permet un emboîtement direct sans manchon de plusieurs piquets l'un sur l'autre.</p> | |
| <p>Cosse de raccordement</p> |  |
| <p>Amovible sur les piquets. La cosse permet le croisement de deux rubans sur le piquet.</p> | |

Annexe 4 : Schéma type d'une protection par parafoudres



Annexe 5 : Règles d'installation des parafoudres

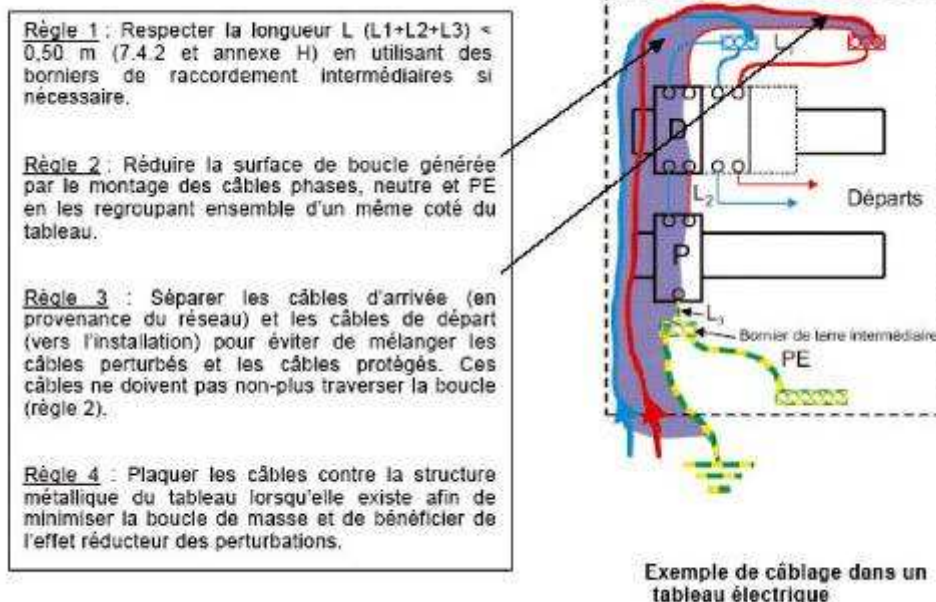
(Extrait du guide UTE C 15-443)

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.



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 (voir annexe G). 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.

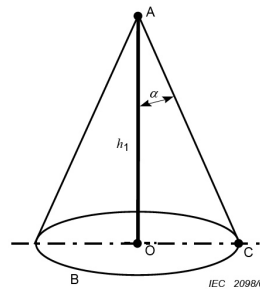
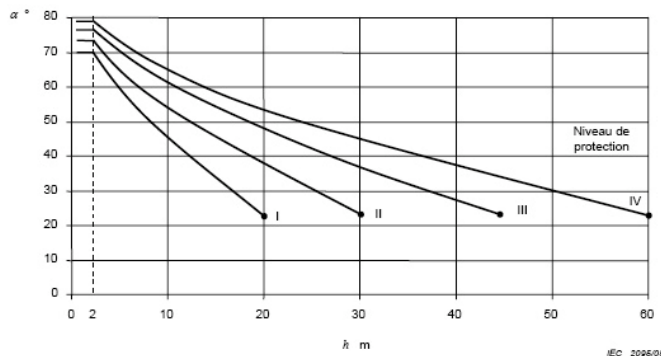
Annexe 6 : Méthode de positionnement des systèmes de protection foudre

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 :

| Niveau de protection | Méthode 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. Annexe 3 |
| 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.

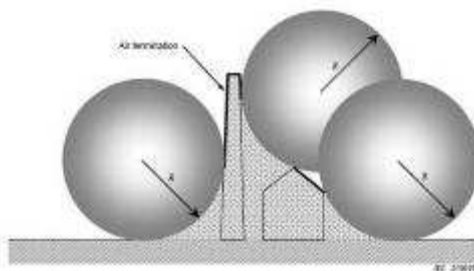


Note 1 : non applicable au-delà des valeurs marquées *. Seules les méthodes de la sphère fictive et des mailles sont applicables en ce cas.

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 6 : 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 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 Janvier 2008 concernant les ICPE)

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

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

Annexe 7 : 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 : 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 :

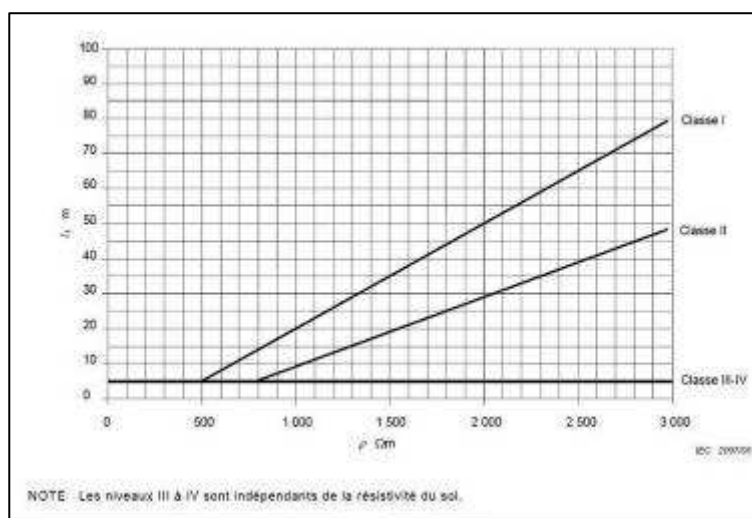
- l'ossature métallique de la structure
- les installations métalliques
- les systèmes intérieurs
- les éléments conducteurs extérieurs et les lignes connectées à la structure.

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 7 : 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.

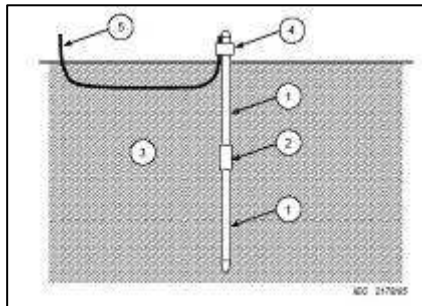
La longueur minimale de chaque électrode de terre à la base de chaque conducteur de descente est :

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

... où l 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 r_e de la surface intéressée par la prise de terre ne doit pas être inférieure à la valeur de l : $r_e > l$ (1) où l 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 8 : 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 :

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

où :

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

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

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

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

Tableau 1 : Valeur du coefficient k_i

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

Tableau 2 : Valeur du coefficient k_m

| Matériaux | K_m |
|----------------|-------|
| Air | 1 |
| Béton, briques | 0,5 |

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

Dans le cas de lignes ou de parties conductrices extérieures pénétrant dans la structure, il est toujours nécessaire de réaliser une équipotentialité de foudre (directe ou par parafoudre) au point de pénétration dans la structure.

Dans des structures en béton armé avec armatures métalliques interconnectées, une distance de séparation n'est pas requise.

Le coefficient de répartition K_c du courant de foudre entre les conducteurs de descente dépend du nombre n de ceux-ci, de leur position, de la présence des ceinturages, du type du dispositif de capture et du type de prise de terre (cf. tableau ci-dessous).

Pour une prise de terre de type A, et sous la condition que la résistance de chacune des électrodes a la même valeur, et pour une prise de terre de type B le tableau ci-dessous est applicable.

Tableau 3 : Valeur du coefficient k_c

| 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 $n \geq 4$. 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 9 : Carnet de bord selon le modèle Qualifoudre

Le carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection et doit être tenu à jour sous la responsabilité du chef d'établissement. Il doit être tenu 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.

Raison sociale :

Désignation de l'établissement :

Adresse de l'établissement :

Nature de l'activité :

Personne responsable de la surveillance des installations :

Définition des besoins de protection

| Date de rédaction | Intitulé du rapport | Société | Nom du rédacteur |
|-------------------|---------------------|---------|------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Étude technique des protections et notices de contrôle et de maintenance

| Date de rédaction | Intitulé du rapport | Société | Nom du rédacteur |
|-------------------|---------------------|---------|------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

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

Installation des protections

| Date de réception | Intitulé du rapport | Société | Nom du rédacteur |
|-------------------|---------------------|---------|------------------|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Annexe 10 : Vérifications périodiques

| Date | Nature de la vérification | Résultats de la vérification | Nom et qualité de la personnes qui a effectué la vérification ou n° Qualifoudre |
|------|---|---|---|
| | Mesure de continuité de la résistance des terres. Vérification à la suite d'un accident. Vérification simplifiée ou complète. | Indiquer les valeurs obtenues ou les constatations faites. Référence des rapports. | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |