

3CA
Route Départementale N°2
62111 MONCHY AU BOIS

ÉTUDE DE PROTECTION
CONTRE LA FOUDRE
n° 09.06.1180/NE

Étude réalisée par Antony VIEIRA
Vérifiée par Bernard PHILIPPE
(Juin 2009)

SOMMAIRE

SYNTHÈSE DES PRINCIPALES DISPOSITIONS PRÉCONISÉES DANS L'ÉTUDE DE PROTECTION Foudre	1
INTRODUCTION	4
1. PRÉAMBULE	5
1.1. Objet de l'étude de protection foudre	5
1.2. Rappel sur le phénomène foudre.....	5
1.3. Définitions des différents coups de foudre	6
2. PRÉSENTATION DU DOCUMENT.....	8
2.1. Présentation de l'étude de protection foudre	8
2.2. Limites d'intervention.....	9
2.3. Documents fournis.....	9
2.4. Normes et réglementations	10
PREMIÈRE PARTIE : ANALYSE DU RISQUE Foudre	11
1. ANALYSE DU RISQUE Foudre.....	12
1.1. Méthode.....	12
1.2. Paramètres influents dans la méthode d'analyse du risque foudre	13
1.3. Quelques termes et définitions utilisés	14
2. CARACTÉRISTIQUES DU SITE 3CA À MONCHY AU BOIS	15
2.1. Adresse	15
2.2. Activité.....	15
2.3. Liste des rubriques	15
2.4. Type de zone d'implantation.....	15
2.5. Densité de foudroiement sur le site.....	15
2.6. Identification des événements redoutés.....	16
2.7. Structures et zones objet de l'étude	16
2.8. Nature du sol extérieur	17
3. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LA TURBINE CHAUDIÈRE	18
4. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT ÉLECTRIQUE ET ZONE POMPES DIVERS.....	20
5. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT GROUPE DIESEL	22
6. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LA ZONE TRANSFORMATEURS.....	24
7. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT TRAITEMENT D'EAU DÉMINÉRALISÉE-MAGASIN LOCAL 2 ...	26
8. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE RÉSERVOIR D'EAU BRUTE	28
9. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE RÉSERVOIR D'EAU DÉMINÉRALISÉE.....	30
10. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE RÉSERVOIR EFFLUENTS EAU PROCESS	32
11. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE RÉSERVOIR CONDENSATS CHAUDIÈRE	34
12. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE LOCAL POMPES INCENDIE	36
13. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE LOCAL COMPRESSION GAZ ET DÉTENTE DE GAZ NATUREL.....	38
14. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT DE BUREAUX ET SALLE DE CONTRÔLE	40
15. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE MAGASIN LOCAL 1	42
16. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT AÉROCONDENSEUR.....	44

17. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LA CHAUDIÈRE AUXILIAIRE	46
18. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT REFROIDISSEMENT DES AUXILIAIRES	48
19. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre	50

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre.....51

PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre INSTALLATION EXTÉRIEURE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (IEPF).....52

1. PRINCIPE DE PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre	53
1.1. Type de système de protection foudre	53
1.2. Choix du type de l'Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF)	53
1.3. Les dispositifs de capture	53
1.4. Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF).....	54
1.5. Paratonnerre à tige simple (protection non isolée)	55
1.6. Conducteurs maillés (protection non isolée).....	55
1.7. Paratonnerre à dispositif d'amorçage - PDA (protection non isolée).....	56
1.8. Fils tendus (protection isolée).....	56
2. DISPOSITIONS PRÉCONISÉES CONTRE LES EFFETS DIRECTS DE LA Foudre	57
2.1. Méthode de positionnement du dispositif de capture.....	57
2.2. Niveaux de protection calculés dans l'analyse du risque foudre.....	57
2.3. Mode de protection préconisé	58
2.4. Principe de l'installation à réaliser sur le bâtiment turbines / chaudière à récupération de chaleur.....	59
2.5. Principe de l'installation à réaliser sur le bâtiment chaudière auxiliaire	61
2.6. Principe de l'installation à réaliser sur le local de compression / détente de gaz naturel	63
2.7. Équipotentialité des structures métalliques (généralités)	66
2.8. Canalisations / tuyauteries (généralités).....	66
3. RECOMMANDATIONS D'INSTALLATION DES PARATONNERRES À DISPOSITIF D'AMORÇAGE (NORME NF C 17-102- RÉVISION JANVIER 2009).....	67
4. PROCÉDURE DE VÉRIFICATION ET MAINTENANCE DES INSTALLATIONS PARATONNERRES	73
4.1. Procédure de vérification périodique	73
4.2. Procédure de maintenance des installations paratonnerres	75
4.3. Mesures actives	76

PROTECTION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre INSTALLATION INTÉRIEURE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (IIPF)77

1. PROTECTION DES ÉQUIPEMENTS CONTRE LES SURTENSIONS	78
1.1. Rappel.....	78
1.2. Équipements recensés importants pour la sécurité sur le site.....	79
2. PRÉCONISATIONS CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre	80
2.1. Généralités sur le principe de protection contre les surtensions transitoires	80
2.2. Les types de parafoudres	80
2.3. Protection à réaliser sur l'alimentation électrique du réseau BT.....	81
2.4. Raccordement des parafoudres	83

ANNEXES : PLAN & FICHES TECHNIQUES84

SYNTHÈSE DES PRINCIPALES DISPOSITIONS PRÉCONISÉES DANS L'ÉTUDE DE PROTECTION Foudre

SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

L'analyse du risque foudre sur le site est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « **Jupiter - version 1.3.0** » et a permis d'obtenir les résultats qui suivent.

- **Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) :**

Les résultats de l'analyse du risque foudre sur le site 3CA à Monchy au Bois pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^5 (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) sont les suivants :

Les niveaux de protection définis dans l'analyse du risque foudre sont les suivants :

<i>Bâtiment</i>	<i>Niveau de protection</i>
Bâtiment turbines /Chaudière à récupération de chaleur	II
Bâtiment électrique / Zone pompes diverses	Protection optionnelle
Groupe diesel de secours	Protection optionnelle
Zone transformateurs	Protection optionnelle
Bâtiment traitement d'eau déminéralisée / Magasin local 2	Protection optionnelle
Réservoir eau brute	Protection optionnelle
Réservoir eau déminéralisée	Protection optionnelle
Réservoir effluents eaux process	Protection optionnelle
Réservoir condensats chaudière	Protection optionnelle
Local des pompes incendie	Protection optionnelle
Local compression/détente de gaz naturel	IV
Bureaux et salle de contrôle	Protection optionnelle
Magasin local 1	Protection optionnelle
Aérocondenseur	Protection optionnelle
Bâtiment chaudière auxiliaire	III
Refroidissement des auxiliaires	Protection optionnelle

- **Installation intérieure de Protection Foudre (IIPF) :**

La norme NF C 15.100 applicable depuis le 06 Juin 2003, impose en cas de protection contre les effets directs de la foudre le raccordement de parafoudre de type 1 à l'origine de l'installation électrique.

Des parafoudres type 2 peuvent être associés afin de protéger les équipements sensibles et stratégiques pour la sécurité du site (EIPS).

Une liste de ces équipements doit être établie en concertation avec le département sécurité environnement du site (se reporter à l'étude technique).

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 la norme NF EN 62305-2.

➔ INSTALLATION EXTÉRIEURE 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 (révision Janvier 2009). Les installations seront réalisées conformément à la norme NF EN 62305-3.

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

- Dispositif de capture :
 - 2 PDA 60 μ s le bâtiment turbines/chaudière à récupération de chaleur (Niveau II – Rayon de protection : 51,60 m) ;
 - 1 PDA 30 μ s sur le bâtiment chaudière auxiliaire (Niveau : III – Rayon de protection : 37,8 m) ;
 - 1 PDA 30 μ s sur le local de compression/ détente de gaz naturel (Niveau : IV - Rayon : 42,6 m).
 - Les rayons de protection sont réduits de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008.
- Circuit de liaison à la terre : deux circuits de descente par paratonnerre.
- Liaisons équipotentielles en toiture : les masses métalliques situées à moins de 0,80 mètre de chaque 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 de chaque 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 de chaque tableau général basse tension (2 TGBT sur le bâtiment turbines / chaudière à récupération de vapeur, 1 TGBT sur le bâtiment chaudière auxiliaire, 1 TGBT sur le local compression / détente gaz naturel).
- Raccordement d'une protection par parafoudre type 2 au niveau de chaque armoire divisionnaire alimentant les équipements recensés importants pour la sécurité : détection incendie et détection gaz. (Nota : cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site).
- 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 de protection foudre

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

L'étude de protection foudre consiste à réaliser l'Analyse du Risque Foudre (ARF) et l'Étude Technique (ET) qui permet de définir, si nécessaire, les moyens techniques auxquels doit satisfaire le système de protection contre la foudre sur le site 3CA à Monchy au Bois 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 chocs ou par des IEMF (Impulsions Electro Magnétiques de Foudre). Mauvaise information des capteurs locaux. Dysfonctionnement de la supervision du process. Destruction de tout ou partie du système de sécurité. Destruction des moyens de communication.	Arrêt de certaines fonctions. Destruction du matériel. Ordres intempestifs (rejets non contrôlés...) Non prise en compte d'informations de « sécurité ». Isolement par rapport aux services de secours.

2. PRÉSENTATION DU DOCUMENT

2.1. Présentation de l'étude de protection foudre

La présente étude de protection contre la foudre comprend deux parties :

- une Analyse du Risque Foudre (ARF) qui définit les besoins
- une Étude Technique (ET) qui définit les moyens.

2.1.1. Première partie : Analyse du Risque Foudre (ARF)

- Identification des risques liés à une agression foudre

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

- Analyse du risque foudre

L'analyse du risque foudre sur le site est établie conformément à la norme NF EN 62305-2 et suivant les critères définis dans le guide pratique UTE C 17-100-2 de Janvier 2005 : « Protection contre la foudre Partie 2 : Évaluation des risques ». Cette analyse prend en compte différents critères influents qui permettent de déterminer les risques de pertes dus à la foudre et s'il y a nécessité de protection.

Cette analyse permet de déterminer, pour chaque bâtiment (ou zone) étudié, le niveau de protection approprié afin de réduire le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable fixée à 10^{-5} . Le niveau de protection peut aller de I pour le plus sévère à IV pour le moins sévère.

2.1.2. Deuxième partie : Étude Technique (ET)

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
- projet d'étude de dangers
- liste des renseignements communiquée par Mr Bryan DHAVELOOSE.

2.4. Normes et réglementations

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

Normes

IEC EN 62305-1	Juin 2006	Protection contre la foudre, Partie 1 : principe généraux
IEC EN 62305-2	Nov. 2006	Protection contre la foudre, Partie 2 : analyse du risque
IEC EN 62305-3	Déc. 2006	Protection contre la foudre, Partie 3 : dommages physiques sur les structure et risques humain
IEC EN 62305-4	Déc. 2006	Protection contre la foudre, Partie 4 : réseaux de puissance et de communication dans les structures
NF C 17-102	Révision 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°94/02	Version 2000	Recommandation pour la protection des installations industrielles contre les effets de la foudre et des surtensions (installations classées)

Textes officiels

ARRÊTÉ 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

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.

PREMIÈRE PARTIE : ANALYSE DU RISQUE Foudre

1. ANALYSE DU RISQUE Foudre

1.1. Méthode

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

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

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

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

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

Le résultat obtenu fournit le niveau de protection à atteindre (I à IV). Cette méthode permet d'optimiser les différentes solutions de protection à mettre en œuvre à l'aide de système paratonnerre et ou parafoudre.

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

1.2. Paramètres influents dans la méthode d'analyse du risque foudre

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

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

- Dangers particuliers :
 - pas de risque de panique
 - faible niveau de panique : structures limitées à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100
 - niveau de panique moyen : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes compris entre 100 et 1 000
 - difficulté d'évacuation : structures avec personnes immobilisées, hôpitaux
 - niveau de panique élevé : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000
 - danger pour l'environnement : émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans le périmètre immédiat de la structure ou du site
 - contamination de l'environnement : émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans une zone débordant largement du périmètre immédiat de la structure ou du site au-delà des valeurs autorisées
- Risque d'incendie : le risque d'incendie est lié à la nature des matériaux constituant la structure, à la charge calorifique de la structure et à la présence de matériaux combustibles :
 - pas de risque
 - risque faible
 - risque ordinaire
 - risque élevé
 - risque d'explosion
- protection anti-incendie : la présence ou non de moyens de lutte contre l'incendie est pris en compte :
 - pas de protection
 - protection manuelle
 - protection automatique
- type de sol :
 - béton
 - bois
 - moquette
 - etc...

1.3. Quelques termes et définitions utilisés

- Structures à protéger
Structure pour laquelle une protection contre les effets de la foudre est exigée, conformément au guide UTE C 17-102-2.
- Structures dangereuses pour l'environnement
Structures qui peuvent être à l'origine d'émissions biologiques, chimiques ou radioactives à la suite d'un foudroiement, par exemple les installations chimiques, nucléaires, etc...
- Environnement urbain
Zone présentant une forte densité de bâtiments, avec une population importante et des immeubles élevés (ex : centre-ville).
- Environnement suburbain
Zone présentant une densité moyenne de bâtiment (ex : les zones à la périphérie immédiate des villes).
- Environnement rural
Zone présentant une faible densité de bâtiments (ex : campagne).
- Réseau interne
Réseaux électriques et électroniques à l'intérieur d'une structure.
- Service à protéger
Service pénétrant dans une structure pour lequel la protection contre les effets de la foudre est exigée, conformément à la présente norme.
- Système de protection contre la foudre (SPF)
Installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent une structure. Elle comprend à la fois des installations extérieures et intérieures de protection contre la foudre (IEPF et IIPF).
- Système de protection contre la foudre (SPF)
Installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent une structure. Elle comprend à la fois des installations extérieures et intérieures de protection contre la foudre (IEPF et IIPF).
- Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF)
Partie du système de protection contre la foudre comprenant un dispositif de capture, des conducteurs de descente et une prise de terre.
- Installation Intérieure de Protection Foudre (IIPF)
Partie du système de protection contre la foudre comprenant des liaisons équipotentielle de foudre et des parafoudres.
- Parafoudre coordonné
Parafoudre dont les caractéristiques sont choisies de façon coordonnée (coordination en énergie) et qui est installé de manière appropriée pour réduire les défaillances des réseaux électriques et électroniques.
- Liaison équipotentielle de foudre
Interconnexion des parties métalliques d'une installation de SPF par des connexions directes ou par des parafoudres réduisant les différences de potentiel engendrés par le courant de foudre.

2. CARACTÉRISTIQUES DU SITE 3CA À MONCHY AU BOIS

2.1. Adresse

3CA - Route départementale n°2 - 62111 Monchy au Bois.

2.2. Activité

Centrale de Production électrique Cycle Combiné gaz.

2.3. Liste des rubriques

Rubriques classées à autorisation n° : 2910-A et 2920-1.

2.4. Type de zone d'implantation

Le site sera implanté en zone rurale.

2.5. Densité de foudroisement sur le site

La densité de foudroisement N_g prise en compte dans l'étude correspond au nombre d'impacts par an au km^2 sur le département du Pas de Calais. Cette valeur est issue de la carte du niveau kéraunique présente dans le logiciel Jupiter (cf. annexe 1).

Niveau kéraunique dans le département du Pas de Calais : $N_k = 12$

La densité de foudroisement N_g est obtenue en divisant N_k par 10.

N_g retenue dans l'étude : $N_g = 1,2$

2.6. Identification des événements redoutés

Le risque principal pour le site 3CA à Monchy au Bois est l'incendie.

L'origine de cet incendie peut être diverse :

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

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

2.7. Structures et zones objet de l'étude

Les structures projetées sur le site sont :

- Bâtiment chaudière auxiliaire (+ cheminée)
- Groupe diesel de secours
- Local compression/détente de gaz naturel (+ cheminée chaudières de démarrage)
- Bâtiment turbines /Chaudière à récupération de chaleur (+ cheminée)
- Bâtiment électrique / Zone pompes diverses
- Zone transformateurs
- Bâtiment traitement d'eau déminéralisée / Magasin local 2
- Réservoir eau brute
- Réservoir eau déminéralisée
- Réservoir effluents eaux process
- Réservoir condensats chaudière
- Local des pompes incendie
- Bureaux et salle de contrôle
- Magasin local 1
- Aérocondenseur
- Refroidissement des auxiliaires.

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

2.8. Nature du sol extérieur

Terre végétale et zone de circulation avec enrobés bitumineux.

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

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

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

3. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LA TURBINE CHAUDIÈRE

Activité du bâtiment : production d'énergie.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures plus petites
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 115,00 m ; l max : 40,00 m ; H max : 34,00 m → $A_d = 50\,893\text{ m}^2$
Type de construction	Charpente : métallique ; Façade : métallique; Toiture : bac acier
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

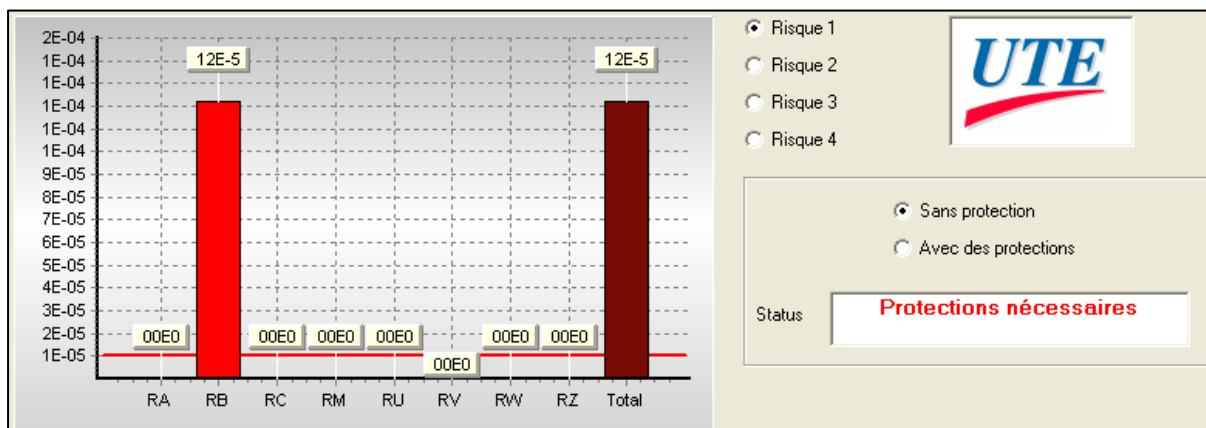
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie élevé
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain avec transformateur HT/BT
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	50 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

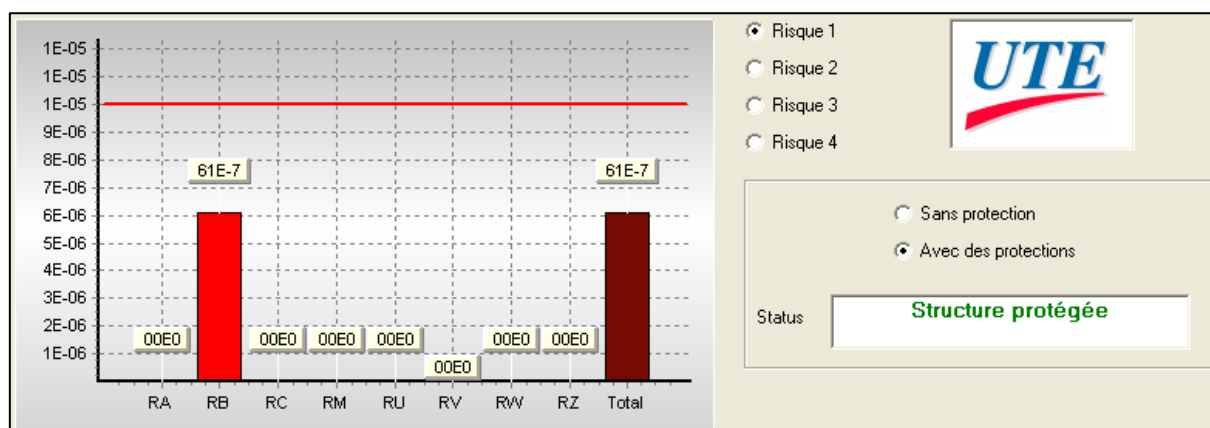
Résultats de l'analyse du risque foudre sur la turbine chaudière

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $12 \cdot 10^{-5}$, est supérieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Bâtiment avec protection



Le diagramme ci-dessus montre que la mise en œuvre d'un système de protection contre la foudre, de niveau II, abaisse le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur égale à $0,61 \cdot 10^{-5}$; valeur inférieure au risque tolérable RT fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la turbine chaudière doit être équipée d'un système de protection contre la foudre de niveau II.

4. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT ÉLECTRIQUE ET ZONE POMPES DIVERS

Activité du bâtiment : électrique.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H (L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 105,00 m ; l max : 20,00 m ; H max : 8,00 m $\rightarrow A_d = 4\,955\,m^2$
Type de construction	Charpente : métallique ; Façade : métallique ; Toiture : bac acier
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

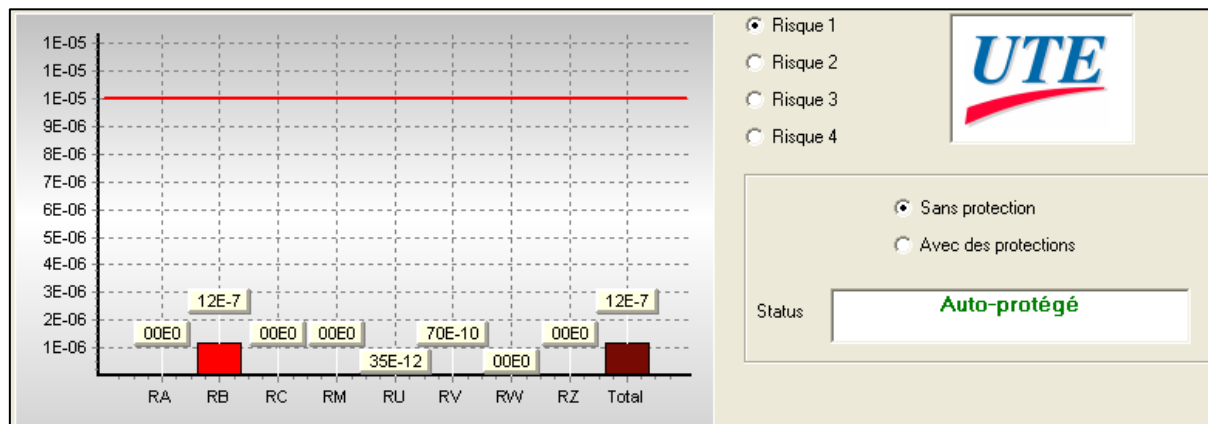
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie ordinaire
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain avec transformateur HT/BT
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	50 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le bâtiment électrique et zone pompes divers

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,12 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le bâtiment électrique et zone pompes divers est optionnelle.

5. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT GROUPE DIESEL

Activité du bâtiment : Groupe de secours.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 12,00 m ; l max : 3,00 m ; H max : 4,00 m $\rightarrow A_d = 424 \text{ m}^2$
Type de construction	Charpente : béton ; Façade : béton; Toiture : béton
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

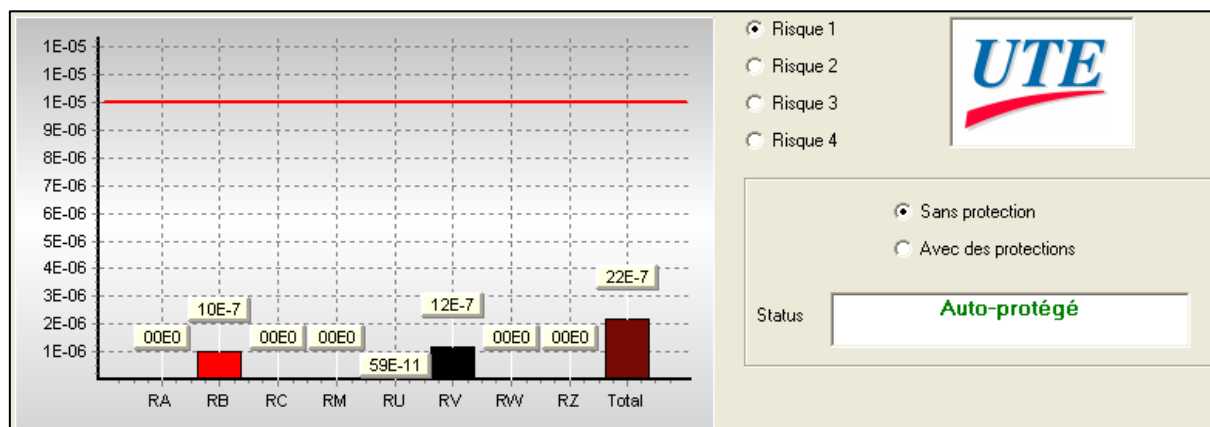
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie élevé
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le bâtiment groupe diesel

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,22 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le bâtiment groupe diesel est optionnelle.

6. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LA ZONE TRANSFORMATEURS

Activité du bâtiment : électrique.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures plus hautes
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 25,00 m ; l max : 23,00 m ; H max : 3,00 m $\rightarrow A_d = 423 \text{ m}^2$
Type de construction	Non renseigné
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

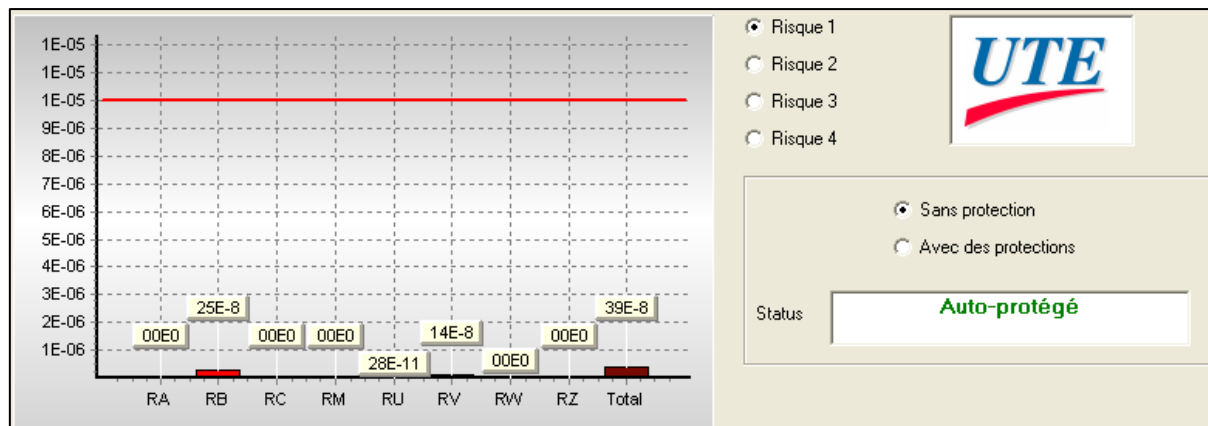
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie ordinaire
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection manuelle
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain avec transformateur HT/BT
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	50 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur la zone transformateurs

Zone sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,039.10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur la zone transformateurs est optionnelle.

7. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SUR LE BÂTIMENT TRAITEMENT D'EAU DÉMINÉRALISÉE ET LE MAGASIN LOCAL 2

Activité du bâtiment : traitement d'eau.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Sans objet

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($Ad = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 41,00 m ; l max : 24,00 m ; H max : 6,00 m $\rightarrow Ad = 2\,171\,m^2$
Type de construction	Charpente : métallique ; Façade : métallique ; Toiture : bacs aciers
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

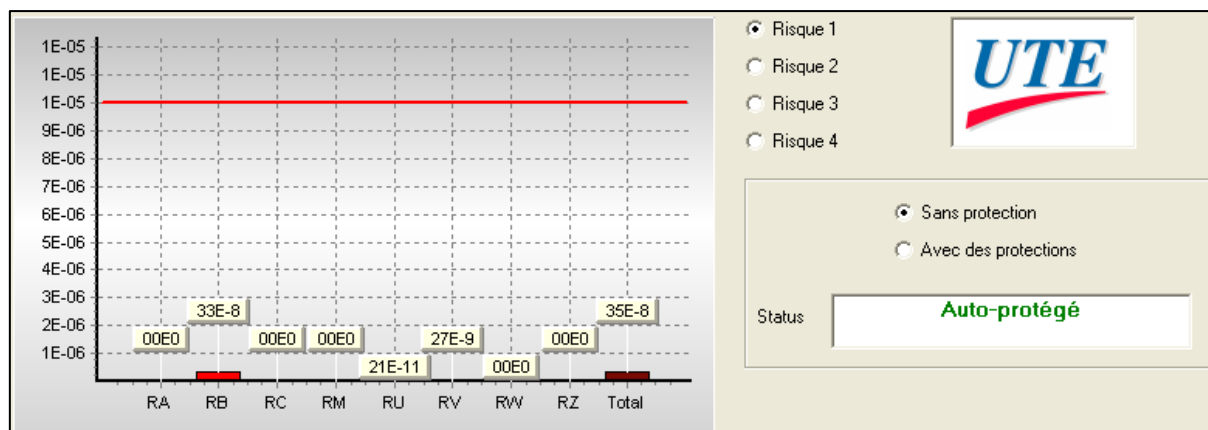
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique moyen en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie faible
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain avec transformateur HT/BT
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	50 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le bâtiment traitement d'eau déminéralisée et le magasin local 2

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,035 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le bâtiment traitement d'eau déminéralisée et le magasin local est optionnelle.

8. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE RÉSERVOIR D'EAU BRUTE

Activité du bâtiment : réservoir d'eau.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Aucune
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Sans objet

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	Ø max : 14,00 m H max : 15,00 m
Type de construction	Non renseigné
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

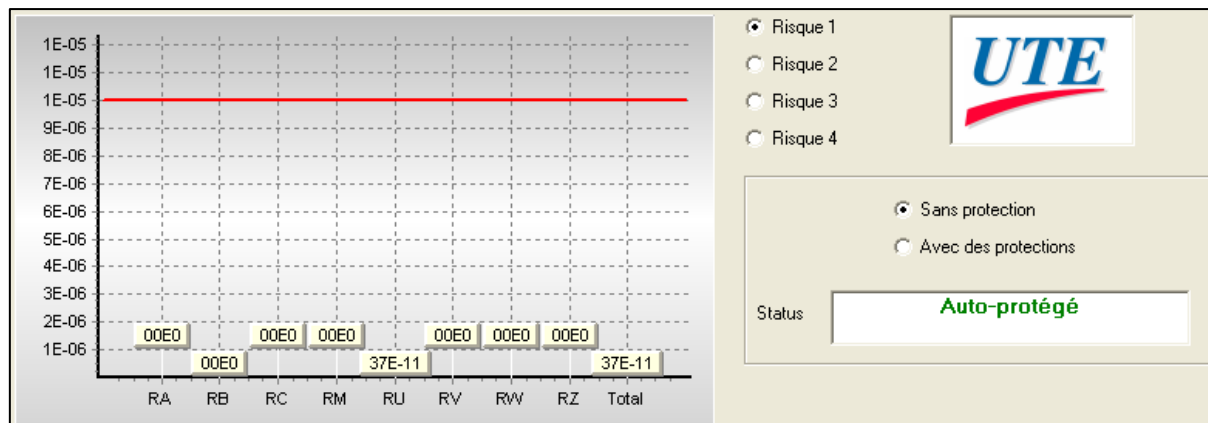
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il n'existe pas de risque de panique en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il n'existe pas de risque d'incendie
Moyens de lutte contre l'incendie	Pas de protection
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le réservoir d'eau brute

Réservoir sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,037 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le réservoir d'eau brute est optionnelle.

9. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE RÉSERVOIR D'EAU DÉMINÉRALISÉE

Activité du bâtiment : réservoir d'eau.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Aucune
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Sans objet

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	Ø max : 11,00 m H max : 10,00 m
Type de construction	Non renseigné
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

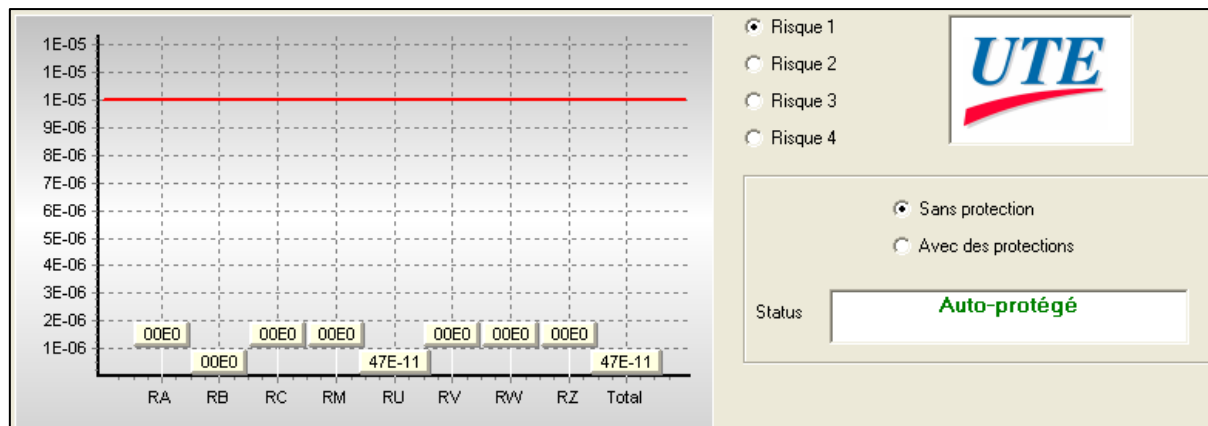
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il n'existe pas de risque de panique en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il n'existe pas de risque d'incendie
Moyens de lutte contre l'incendie	Pas de protection
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le réservoir d'eau déminéralisée

Réservoir sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,0000047 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le réservoir d'eau déminéralisée est optionnelle.

10. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE RÉSERVOIR EFFLUENTS EAU PROCESS

Activité du bâtiment : réservoir d'eau.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Aucune
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Sans objet

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	Ø max : 7,00 m H max : 6,00 m
Type de construction	Non renseigné
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

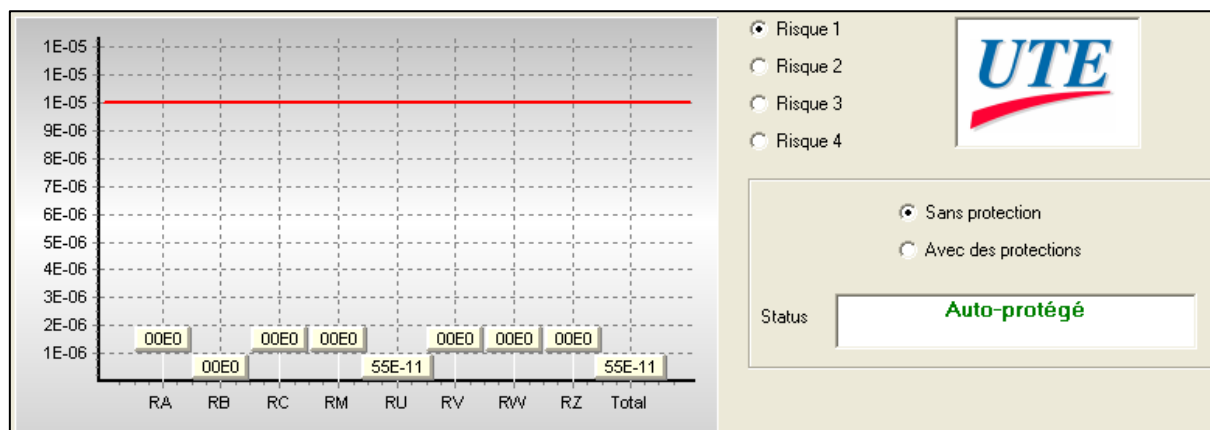
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il n'existe pas de risque de panique en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il n'existe pas de risque d'incendie
Moyens de lutte contre l'incendie	Pas de protection
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le réservoir effluents eau process

Réservoir sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,0000055 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le réservoir effluents eau process est optionnelle.

11. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SUR LE RÉSERVOIR CONDENSATS CHAUDIÈRE

Activité du bâtiment : réservoir d'eau.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Aucune
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Sans objet

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	\varnothing max : 5,00 m H max : 5,00 m
Type de construction	Non renseigné
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

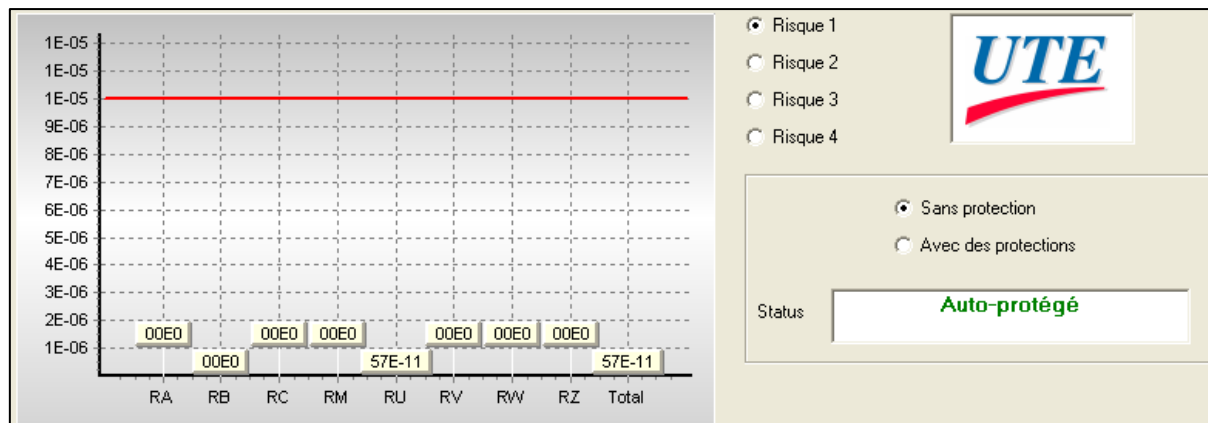
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il n'existe pas de risque de panique en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il n'existe pas de risque d'incendie
Moyens de lutte contre l'incendie	Pas de protection
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le réservoir condensats chaudière

Réservoir sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,0000057 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le réservoir condensats chaudière est optionnelle.

12. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE LOCAL POMPES INCENDIE

Activité du bâtiment : local incendie.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de la sécurité de l'installation
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures plus petites
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 18,00 m ; l max : 7,00 m ; H max : 3,00 m $\rightarrow A_d = 415 \text{ m}^2$
Type de construction	Charpente : béton; Façade : métallique; Toiture : bacs aciers
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

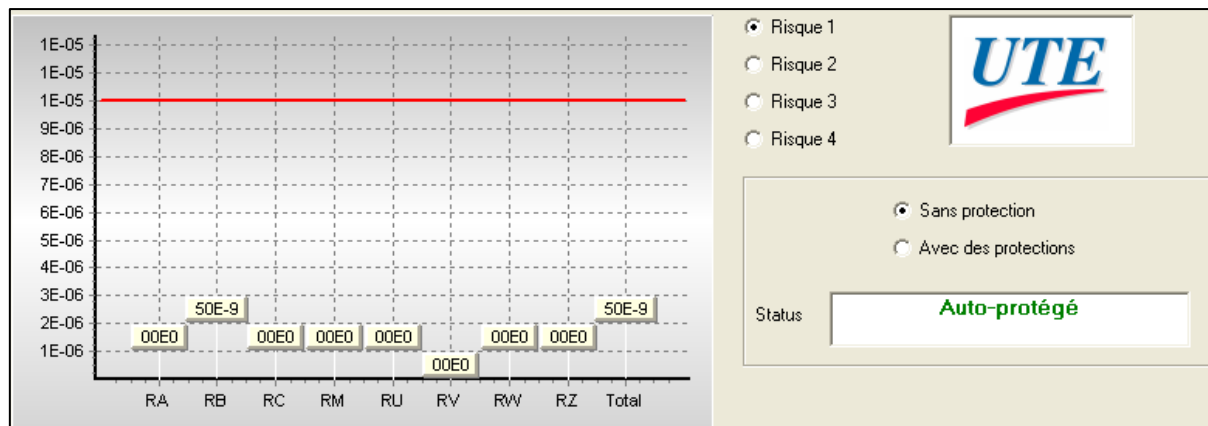
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, / il existe un risque d'incendie faible
Moyens de lutte contre l'incendie	Pas de protection
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le local pompes incendies

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,0005 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le local pompes incendies est optionnelle.

13. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SUR LE LOCAL COMPRESSION GAZ ET DÉTENTE DE GAZ NATUREL

Activité du bâtiment : local gaz.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie et gaz

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($Ad = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 36,00 m ; l max : 15,00 m ; H max : 20,00 m $\rightarrow Ad = 5\,655\,m^2$
Type de construction	Charpente : béton ; Façade : béton ; toiture : Béton
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

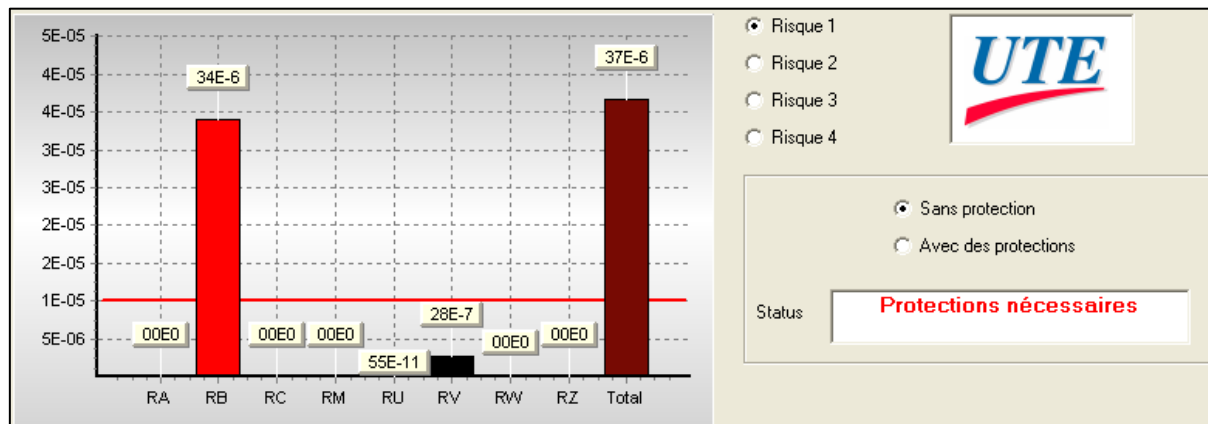
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie élevé
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection manuelle
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

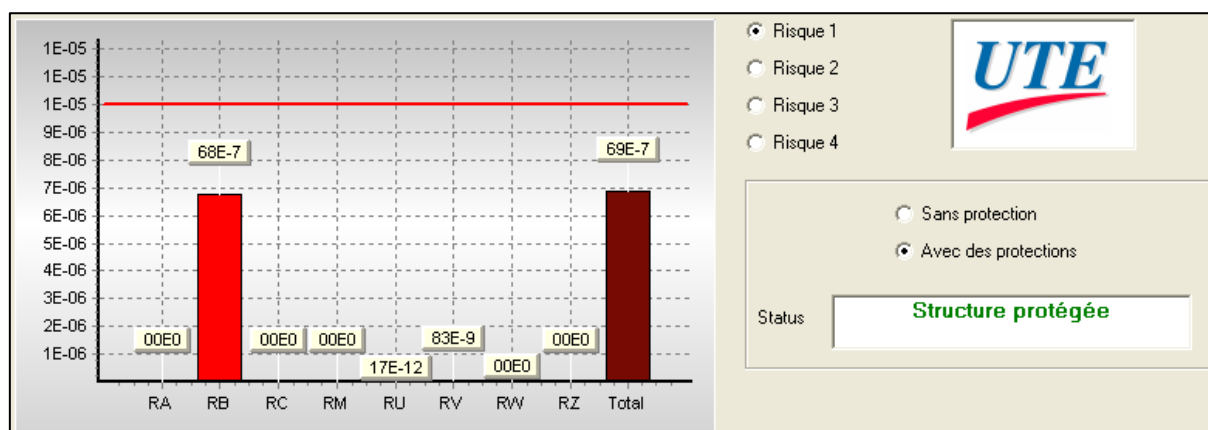
Résultats de l'analyse du risque foudre sur le local compression gaz et détente de gaz naturel

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $3,7 \cdot 10^{-5}$, est supérieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Bâtiment avec protection



Le diagramme ci-dessus montre que la mise en œuvre d'un système de protection contre la foudre, de niveau IV, abaisse le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur égale à $0,69 \cdot 10^{-5}$; valeur inférieure au risque tolérable RT fixée à 10^{-5} .

Conclusion : le bâtiment local compression gaz et détente de gaz naturel doit être équipé d'un système de protection contre la foudre de niveau IV.

14. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SUR LE BÂTIMENT DE BUREAUX ET SALLE DE CONTRÔLE

Activité du bâtiment : bureaux.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi H^2$)	L max : 33,00 m ; l max : 29,00 m ; H max : 8,00 m $\rightarrow A_d = X \text{ m}^2$
Type de construction	Charpente : béton ; Façade : béton ; Toiture : béton
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

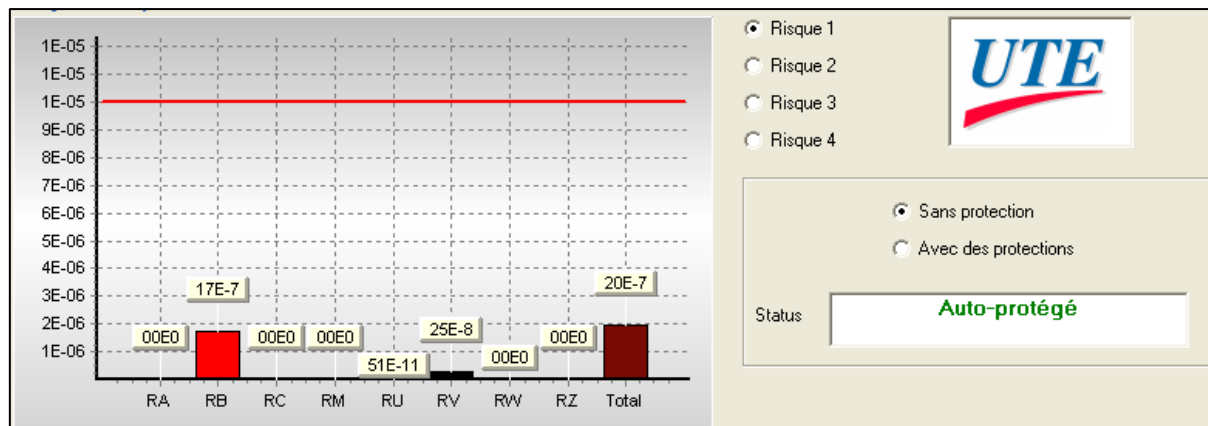
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique moyen en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie ordinaire
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le bâtiment de bureaux et salle de contrôle

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,2 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le bâtiment de bureaux et salle de contrôle est optionnelle.

15. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE MAGASIN LOCAL 1

Activité du bâtiment : stockage.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Aucune
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 18,00 m ; l max : 11,00 m ; H max : 6,00 m $\rightarrow A_d = 1\,130\,m^2$
Type de construction	Charpente : béton ; Façade : métallique ; Toiture : bacs aciers
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

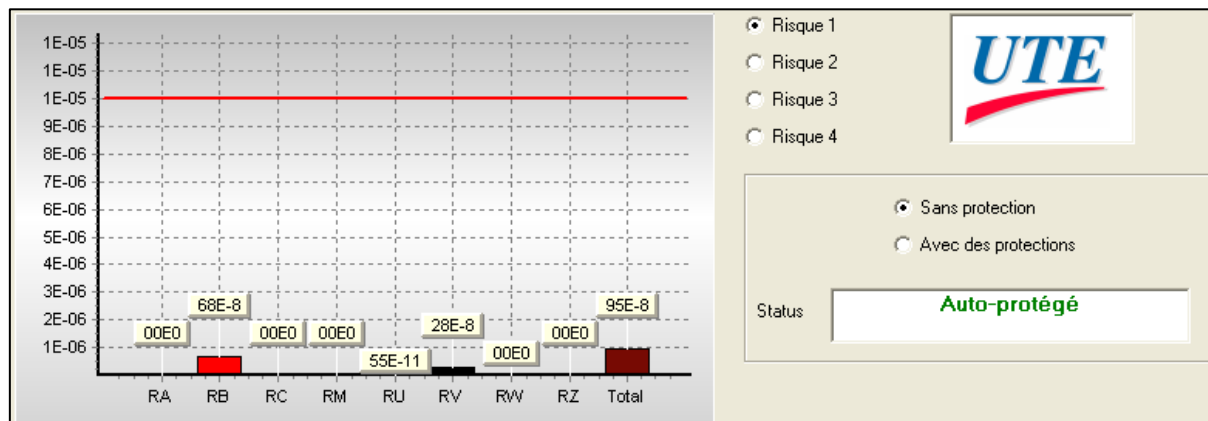
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie ordinaire
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection manuelle
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain avec transformateur HT/BT
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le magasin local 1

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,095 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le magasin local 1 est optionnelle.

16. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BÂTIMENT AÉROCONDENSEUR

Activité du bâtiment : aérocondenseur.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures plus petites
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 78,50 m ; l max : 57,50 m ; H max : 30,00 m $\rightarrow A_d = 27\,220\text{ m}^2$
Type de construction	Charpente : métallique; Façade : métallique ; Toiture : bacs aciers
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

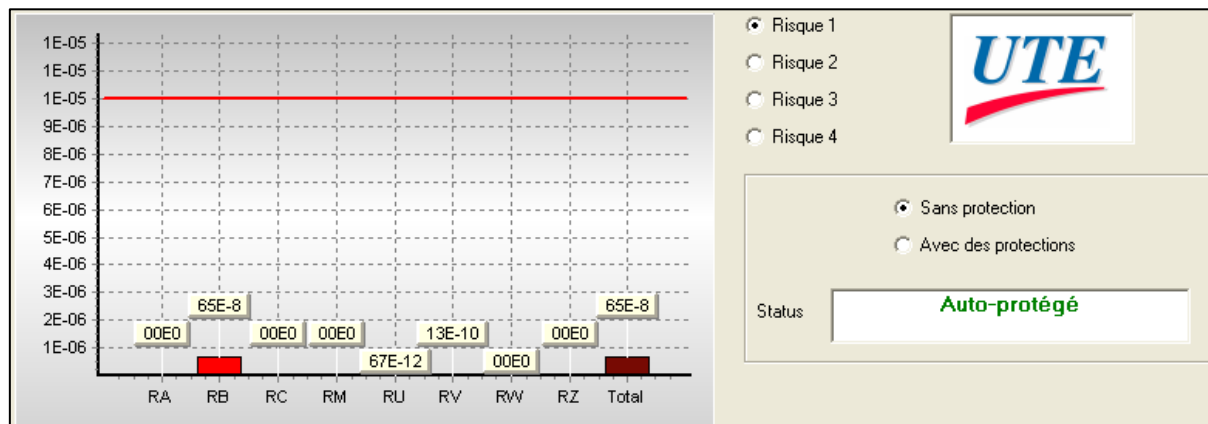
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie faible
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

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

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,065 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le bâtiment aérocondenseur est optionnelle.

17. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LA CHAUDIÈRE AUXILIAIRE

Activité du bâtiment : chaudière.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures plus petites
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($Ad = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 19,00 m ; l max : 14,00 m ; H max : 40,00 m → $Ad = 22\,620\,m^2$
Type de construction	Charpente : métallique ; Façade : métallique ; Toiture : bacs aciers
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

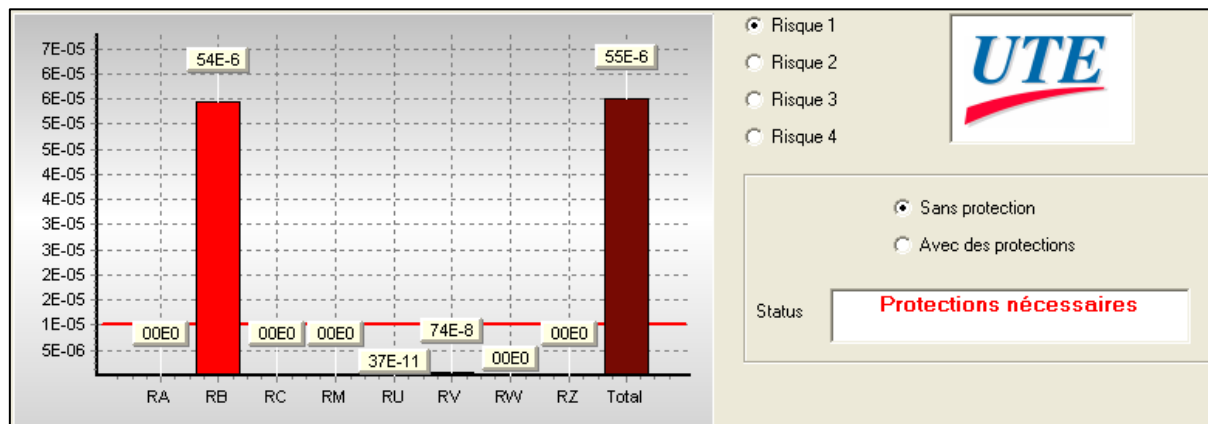
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie élevé
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique
Protection tension de contact	Pas de protection / Terre équipotentielle

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	100 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

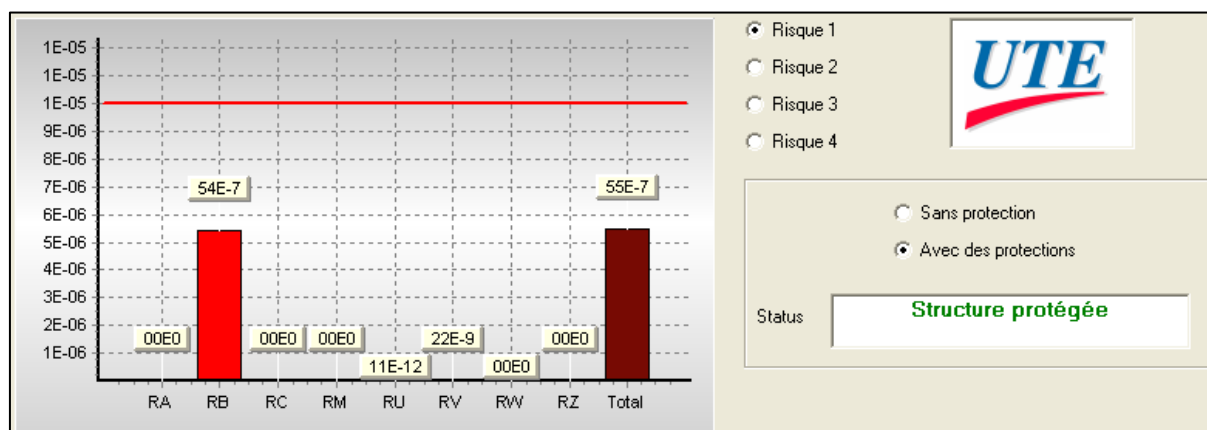
Résultats de l'analyse du risque foudre sur la chaudière auxiliaire

Chaudière sans protection



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

Bâtiment avec protection



Le diagramme ci-dessus montre que la mise en œuvre d'un système de protection contre la foudre, de niveau III, abaisse le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur égale à $0,55 \cdot 10^{-5}$; valeur inférieure au risque tolérable RT fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la chaudière auxiliaire doit être équipée d'un système de protection contre la foudre de niveau III.

18. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SUR LE BÂTIMENT REFROIDISSEMENT DES AUXILIAIRES

Activité du bâtiment : refroidissement.

Dangers	
Conséquence d'une coupure d'alimentation du bâtiment	Perte de productivité
Liste des équipements électriques IPS reliés par une ligne électrique au bâtiment	Centrale détection incendie

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($A_d = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi H^2$)	L max : 24,00 m ; l max : 16,20 m ; H max : 15,00 m $\rightarrow A_d = 5\,184\,m^2$
Type de construction	Non renseigné
Type de sol à l'intérieur	Béton
Circuit de terre à fond de fouille	Oui
Équipotentialité des masses	Oui
Particularité	Aucune

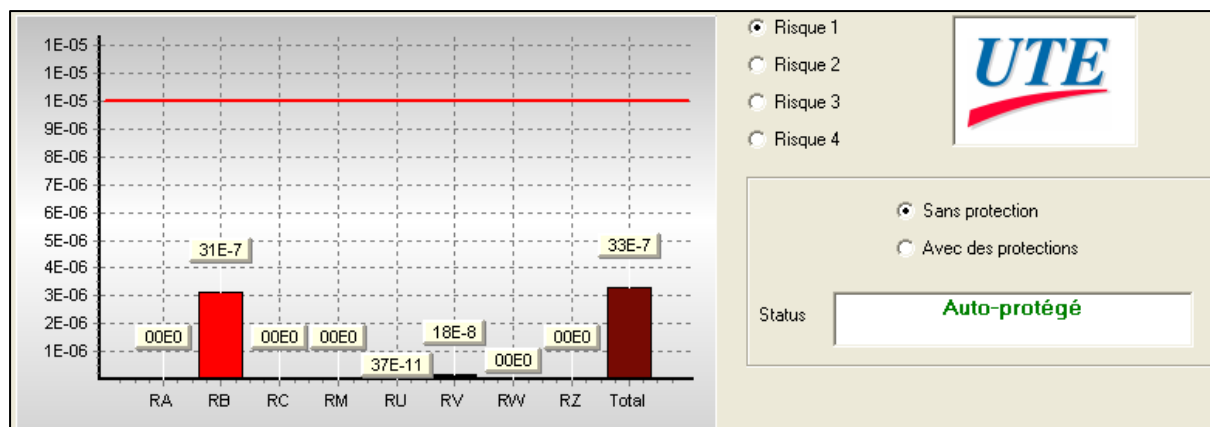
Description de la zone concernée	
Dangers particuliers	Il existe un risque de panique faible en cas de sinistre
Risque d'incendie	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, il existe un risque d'incendie ordinaire
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection manuelle
Protection tension de contact	Pas de protection

Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)	
Désignation de la ligne	Alimentation Énergie Basse Tension
Type de ligne	Souterrain avec transformateur HT/BT
Tenue aux surtensions de l'équipement	2,5 kV
Désignation de l'équipement relié dans la structure	TGBT
Longueur estimée de la ligne entre l'équipement et le poste HT/BT	50 mètres

Nota : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec Mr Bryan DHAVELOOSE de la société KALIES.

Résultats de l'analyse du risque foudre sur le bâtiment refroidissement des auxiliaires

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $0,33 \cdot 10^{-5}$, est inférieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Conclusion : la protection contre la foudre sur le bâtiment refroidissement des auxiliaires est optionnelle.

19. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

L'analyse du risque foudre sur le site est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « **Jupiter - version 1.3.0** » et a permis d'obtenir les résultats qui suivent.

- **Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) :**

Les résultats de l'analyse du risque foudre sur le site 3CA à Monchy au Bois pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^{-5} (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) sont les suivants :

Les niveaux de protection définis dans l'analyse du risque foudre sont les suivants :

Bâtiment	Niveau de protection
Bâtiment turbines /Chaudière à récupération de chaleur	II
Bâtiment électrique / Zone pompes diverses	Protection optionnelle
Groupe diesel de secours	Protection optionnelle
Zone transformateurs	Protection optionnelle
Bâtiment traitement d'eau déminéralisée / Magasin local 2	Protection optionnelle
Réservoir eau brute	Protection optionnelle
Réservoir eau déminéralisée	Protection optionnelle
Réservoir effluents eaux process	Protection optionnelle
Réservoir condensats chaudière	Protection optionnelle
Local des pompes incendie	Protection optionnelle
Local compression/détente de gaz naturel	IV
Bureaux et salle de contrôle	Protection optionnelle
Magasin local 1	Protection optionnelle
Aérocondenseur	Protection optionnelle
Bâtiment chaudière auxiliaire	III
Refroidissement des auxiliaires	Protection optionnelle

- **Installation intérieure de Protection Foudre (IIPF) :**

La norme NF C 15.100 applicable depuis le 06 Juin 2003, impose en cas de protection contre les effets directs de la foudre le raccordement de parafoudre de type 1 à l'origine de l'installation électrique.

Des parafoudres type 2 peuvent être associés afin de protéger les équipements sensibles et stratégiques pour la sécurité du site (EIPS).

Une liste de ces équipements doit être établie en concertation avec le département sécurité environnement du site (se reporter à l'étude technique).

DEUXIÈME PARTIE : ÉTUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

PROTECTION CONTRE LES
EFFETS DIRECTS DE LA FOUDRE

INSTALLATION EXTÉRIEURE DE
PROTECTION CONTRE LA FOUDRE
(IEPF)

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 :

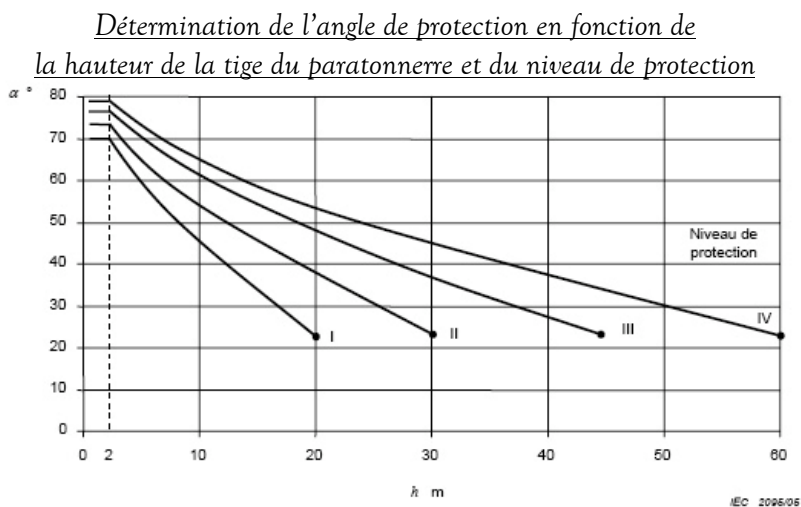
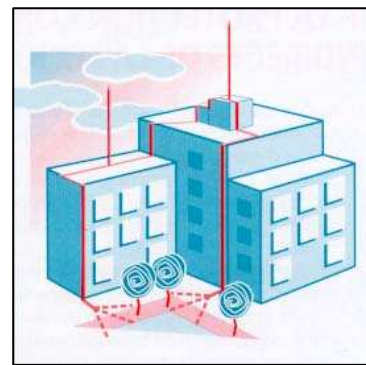
- le système de capture
- le système d'écoulement à la terre
- les prises de terre.

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.

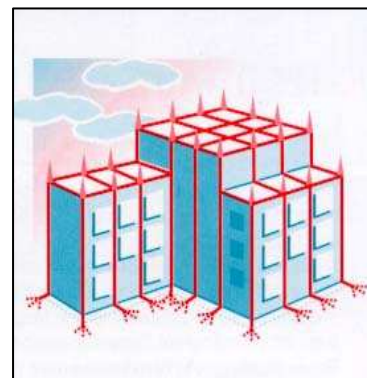


1.6. Conducteurs maillés (protection non isolée)

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

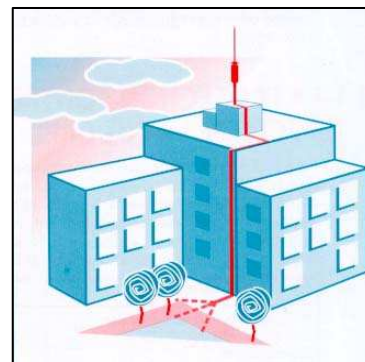
Niveau de protection	Taille des mailles en toiture (m)	Distance moyenne entre 2 descentes (m)
I	5 x 5	10
II	10 x 10	10
III	15 x 15	15
IV	20 x 20	20

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 (révision 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*

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.

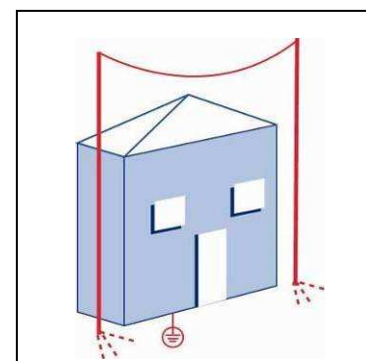
1.8. Fils tendus (protection isolée)

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 (révision 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.

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

Les niveaux de protection requis dans l'analyse du risque foudre sur les bâtiments du site 3CA à Monchy au Bois pour obtenir une valeur du risque de perte de vie R1 inférieure à 10^{-5} sont :

Bâtiment	Niveau de protection
Bâtiment turbines /Chaudière à récupération de chaleur	II
Bâtiment électrique / Zone pompes diverses	Protection facultative
Groupe diesel de secours	Protection facultative
Zone transformateurs	Protection facultative
Bâtiment traitement d'eau déminéralisée / Magasin local 2	Protection facultative
Réservoir eau brute	Protection facultative
Réservoir eau déminéralisée	Protection facultative
Réservoir effluents eaux process	Protection facultative
Réservoir condensats chaudière	Protection facultative
Local des pompes incendie	Protection facultative
Local compression/détente de gaz naturel	IV
Bureaux et salle de contrôle	Protection facultative
Magasin local 1	Protection facultative
Aérocondenseur	Protection facultative
Bâtiment chaudière auxiliaire	III
Refroidissement des auxiliaires	Protection facultative

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 (tirage Janvier 2009).

Nous préconisons une Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) qui sera réalisée au moyen de 4 paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA), positionnés sur les structures suivantes :

- 2 PDA 60 μ s le bâtiment turbines / chaudière à récupération de chaleur
- 1 PDA 30 μ s sur le bâtiment chaudière auxiliaire
- 1 PDA 30 μ s sur le local de compression / détente de gaz naturel.

L'implantation des dispositifs de protection est définie de telle manière que les rayons de protection permettent de protéger les bâtiments et les zones concernées. Les rayons de protection des paratonnerres à dispositif d'amorçage sont réduits de 40 %. L'application de cette disposition vise à obtenir une protection optimale vis-à-vis des effets directs de la foudre, conformément à la circulaire du 24 Avril 2008 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 (révision Janvier 2009). 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 turbines / chaudière à récupération de chaleur

Mode de protection

La protection contre la foudre du bâtiment sera réalisée par l'installation de deux paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA), conformes à la norme NF C 17-102 (révision Janvier 2009).

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

Dispositifs de capture

- 2 PDA 60 μ s en inox, hauteur 6 mètres y compris mât rallonge
- Niveau de protection : II - Rayon de protection : 51,6 mètres (le rayon de protection est réduit de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008)
- Implantation : 1 PDA sur la cheminée côté chaudière, 1 PDA sur la cheminée côté turbines (température maximum admissible par les PDA est de 110°C)
- Fixation : pattes en acier galvanisé.

Circuit de liaison à la terre

Conformément à la norme NF C 17-102 (révision Janvier 2009), chaque 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.

Nota :

Le conduit de cheminée peut être considéré comme descentes « naturelles », à condition que :

- la continuité électrique entre les différents éléments soit réalisée de façon durable
- leurs dimensions soient au moins égales à celles qui sont spécifiées pour les descentes normales dans le tableau de l'annexe 11.

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 = 0,80 mètre.

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 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 (révision 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 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.

2.5. Principe de l'installation à réaliser sur le bâtiment chaudière auxiliaire

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 (révision Janvier 2009).

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 : III - Rayon de protection : 37,8 mètres (le rayon de protection est réduit de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008)
- Implantation : en déport sur la cheminée (température maximum admissible par le PDA est de 110°C)
- Fixation : pattes en acier galvanisé.

Circuit de liaison à la terre

Conformément à la norme NF C 17-102 (révision 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 30x2 seront positionnés sur deux façades différentes et fixés à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.

Nota :

Le conduit de cheminée peut être considéré comme descentes « naturelles », à condition que :

- la continuité électrique entre les différents éléments soit réalisée de façon durable
- leurs dimensions soient au moins égales à celles qui sont spécifiées pour les descentes normales dans le tableau de l'annexe 11.

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 = 0,80 mètre.

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 $10\ \Omega$, conforme à la norme NF C 17-102 (révision 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 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.

2.6. Principe de l'installation à réaliser sur le local de compression / détente de gaz naturel

Mode de protection

La protection contre la foudre du bâtiment sera réalisée par l'installation d'un paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA), conformes à la norme NF C 17-102 (révision Janvier 2009).

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 : IV - Rayon de protection : 42,6 mètres (le rayon de protection est réduit de 40 %, conformément à l'arrêté du 15 Janvier 2008)
- Implantation : en déport sur la cheminée (température maximum admissible par le PDA est de 110°C)
- Fixation : pattes en acier galvanisé.

Circuit de liaison à la terre

Conformément à la norme NF C 17-102 (révision 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 30x2 seront positionnés sur deux façades différentes et fixés à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.

Nota :

Le conduit de cheminée peut être considéré comme descentes « naturelles », à condition que :

- la continuité électrique entre les différents éléments soit réalisée de façon durable
- leurs dimensions soient au moins égales à celles qui sont spécifiées pour les descentes normales dans le tableau de l'annexe 11.

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 = 0,80 mètre.

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

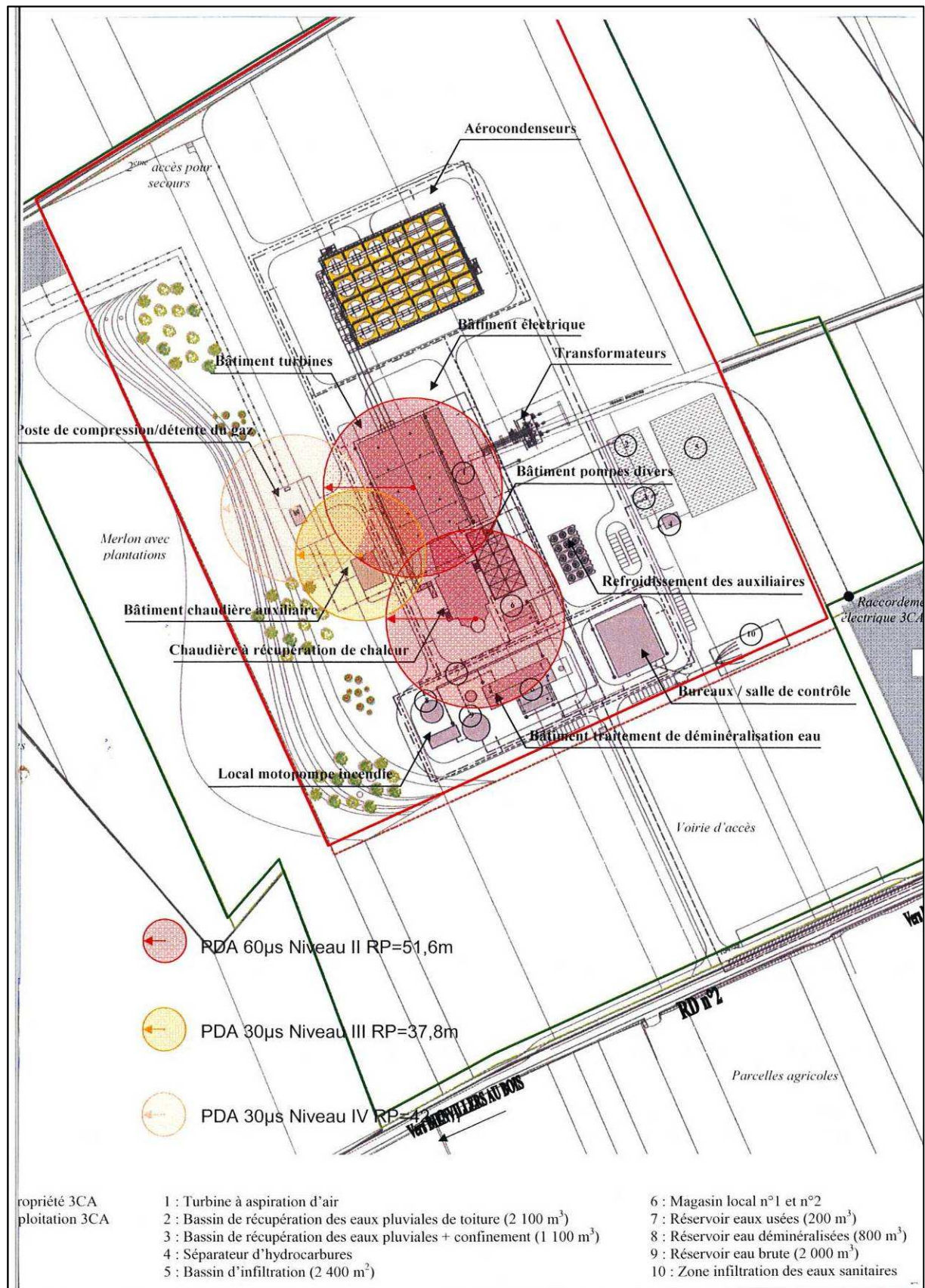
Afin de comptabiliser le nombre d'impacts réels sur l'installation et conformément aux dispositions définies dans l'application de l'arrêté ministériel du 15 Janvier 2008, un dispositif de comptage de coups de foudre sera intercalé sur une des deux descentes du paratonnerre, au-dessus du joint de contrôle.

Prise de terre

Chaque descente sera reliée à une prise de terre, dont la valeur sera inférieure à $10\ \Omega$, conforme à la norme NF C 17-102 (révision 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 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.

Plan de principe de l'implantation des paratonnerres



2.7. Équipotentialité des structures métalliques (généralités)

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.

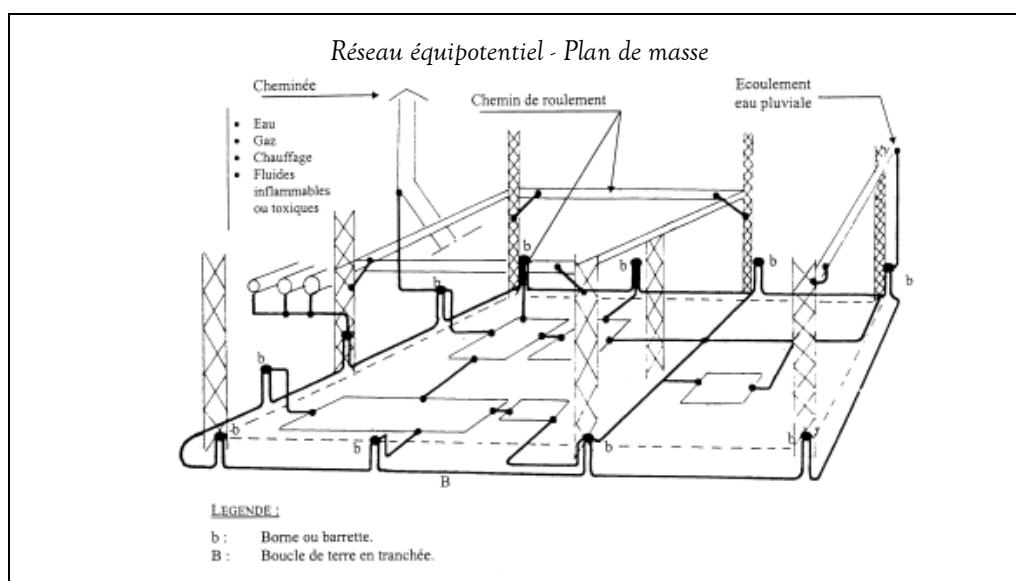
2.8. Canalisations / tuyauteries (généralités)

Suivant les recommandations du rapport GESIP n°94/02, si l'épaisseur des différentes canalisations éventuellement existantes sur le site est supérieure à 4 mm, celle-ci peut assurer la capture et l'écoulement de courant de foudre sans risque de perçage ou de point chaud.

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

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

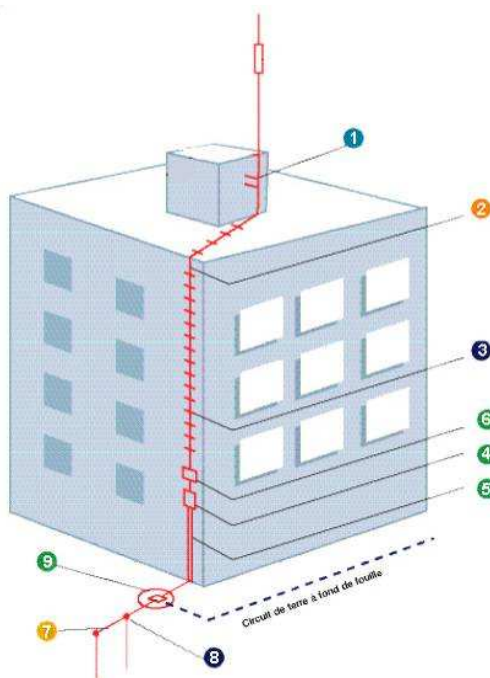
Dans sa mise en œuvre et en particulier pour les tuyauteries de toute nature, l'équipotentialité sera d'autant plus rigoureuse que la zone considérée sera dangereuse.



Extrait du rapport GESIP 94/02

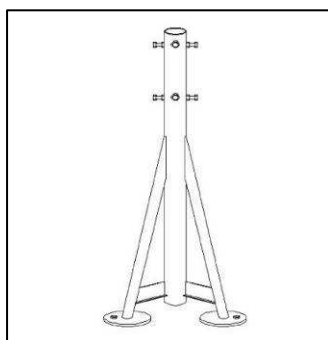
3. RECOMMANDATIONS D'INSTALLATION DES PARATONNERRES À DISPOSITIF D'AMORÇAGE (NORME NF C 17-102- RÉVISION JANVIER 2009)

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

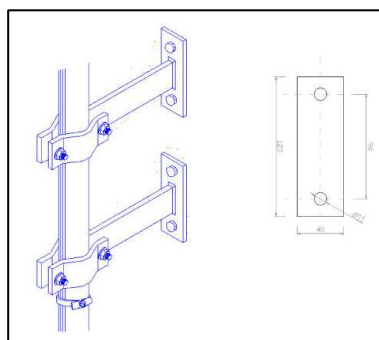


1 Implantation et fixation du paratonnerre

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

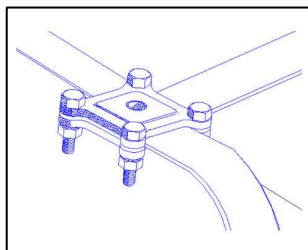
L'écoulement des courants de foudre, compte tenu de leur fréquence, se fait d'autant mieux sur des conducteurs offrant la plus grande surface latérale.

Le circuit de mise à la terre est constitué par du conducteur cuivre étamé section 30x2, disposé à l'extérieur du bâtiment.

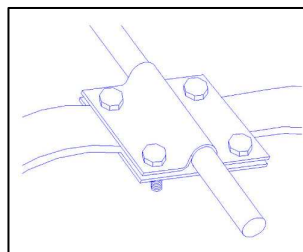
Ce circuit est destiné à canaliser le courant de foudre du dispositif de capture vers les prises de terre, son tracé est le plus rectiligne possible en empruntant le chemin le plus court et en évitant tout coude brusque ou remontée éventuelle. Les rayons de courbure sont supérieurs à 20 cm.

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.

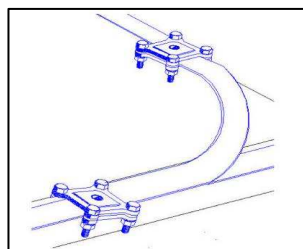


Raccord Plat/plat



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

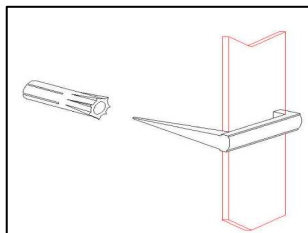


Coude sur chant

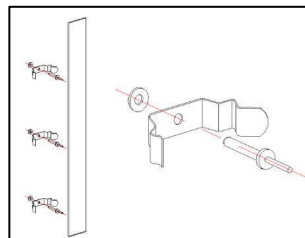
Les conducteurs de descente doivent se trouver à plus de trois mètres de toute colonne montante extérieure de gaz et ne doivent pas lui être reliés.

3 Fixation du conducteur

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



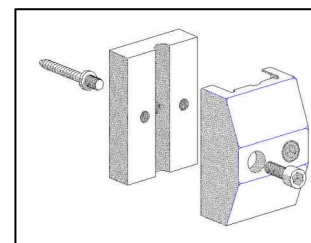
Fixation crampons et
cheville pour béton



Fixation clips inox pour
bardage

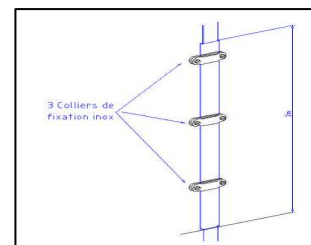
4 Joint de contrôle

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.



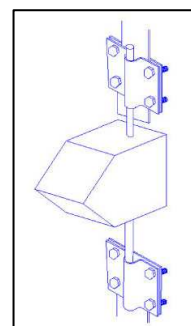
5 Tube de protection

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 $10\ \Omega$
- 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 alignés » ou « piquets alignés »



Patte d'oie



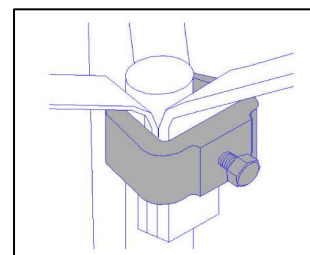
Piquets alignés



Piquets triangulés (constituée d'un ensemble de 3 piquets)

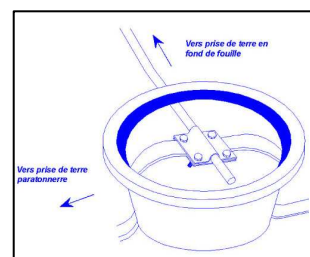
8 Connexion sur les piquets de terre

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

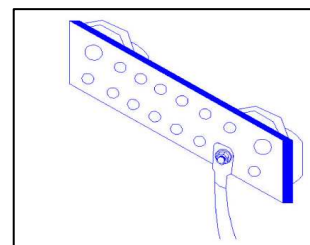


9 Regard de visite

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 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 la 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 la descente.
 - Raccordement du compteur de coups de foudre au-dessus du joint de contrôle.
- Étape 4
- Mise en place du circuit 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 au circuit de descente à la terre.

4. PROCÉDURE DE VÉRIFICATION ET MAINTENANCE DES INSTALLATIONS PARATONNERRES

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'incréméntation 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 évènements 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

1.1. 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'écarter 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.

1.2. Équipements 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.

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 :

- centrale détection incendie
- détection fuite de gaz.

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

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.

2. PRÉCONISATIONS CONTRE LES EFFETS INDIRECTS DE LA FOUDRE

2.1. 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.

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_{lim} (onde 10/350) μ s $\geq 12,5$ kA minimum
 - 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) μ s : ≥ 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) μ s : 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

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

Détermination du courant I_{imp} 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** pour le bâtiment Turbines et chaudière, ce qui conduit à écouler un courant de foudre direct I_{max} de **18,8 kA** pour un régime de neutre TN-S (à confirmer).

Le niveau de protection calculé dans l'Analyse du Risque Foudre est le **niveau III/IV** pour le bâtiment Groupes Diesel de Secours et Local Compression Gaz, ce qui conduit à écouler un courant de foudre direct I_{max} de **12,5 kA** pour un régime de neutre TN-S (à confirmer).

Le courant foudre que doit pouvoir écouler le parafoudre est donné par la formule suivante :

$$I_{imp} = \frac{I_{max \text{ direct}}}{2} \times \frac{1}{m.n} \quad \begin{array}{l} (m = \text{nombre de lignes}) \\ (n = \text{nombre de pôles}) \end{array}$$

Niveau de protection	IT avec neutre (4 pôles) I_{imp} (kA)	IT sans neutre (3 pôles) I_{imp} (kA)	TN-C (3 pôles) I_{imp} (kA)	TN-S (4 pôles) I_{imp} (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 : dans le tableau ci-dessus les lignes de télécommunication ne sont pas prises en compte

- ➔ **Préconisations : raccordement d'un parafoudre type 1 au niveau des TGBT suivants :**
- 2 TGBT sur le bâtiment turbines / chaudière à récupération de vapeur.
 - 1 TGBT sur le bâtiment chaudière auxiliaire
 - 1 TGBT sur le local compression / détente gaz naturel.

- 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.

➔ **Préconisations : raccordement d'un parafoudre type 2 au niveau des armoires divisionnaires suivantes :**

- centrale détection incendie
- détection fuite de gaz.

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

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 de chaque 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 de parafoudre type 2 dans les armoires divisionnaires.

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 débouchable 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.

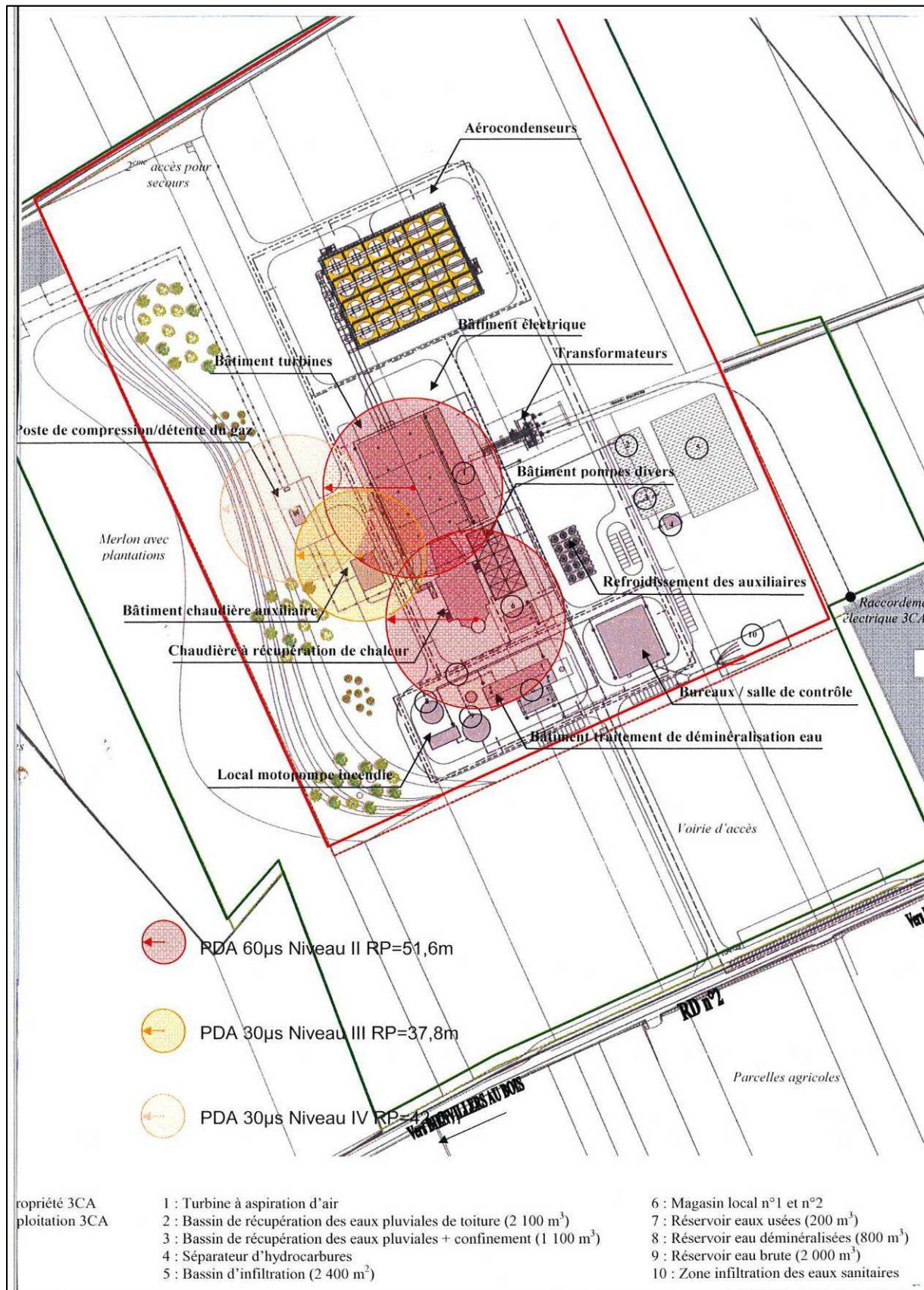
ANNEXES :

PLAN & FICHES TECHNIQUES

Saint-Pierre et Miquelon : $N_k = 1$

 >25 (AQ2)
 ≤25 (AQ1)

Annexe 2 : Plan implantation paratonnerres



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	37,8	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 déport

Les pattes de déport 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)

Constitution des prises de terre paratonnerre

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.



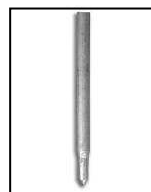
Regard de visite

Utilisé pour le logement du raccord qui permet de déconnecter la prise de terre paratonnerre du circuit de terre des masses.



Piquet auto-allongeable

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.

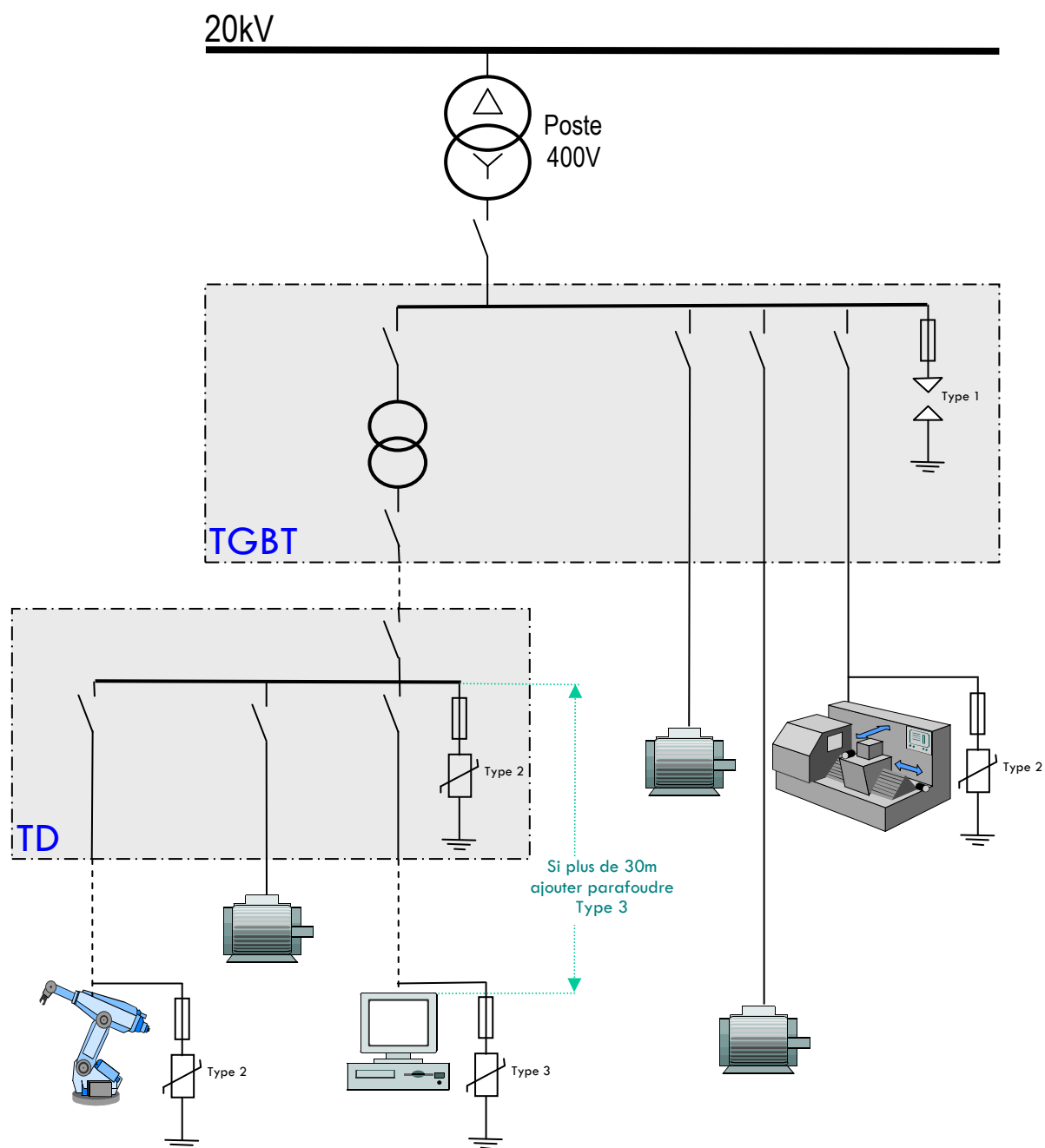


Cosse de raccordement

Amovible sur les piquets. La cosse permet le croisement de deux rubans sur le piquet.



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

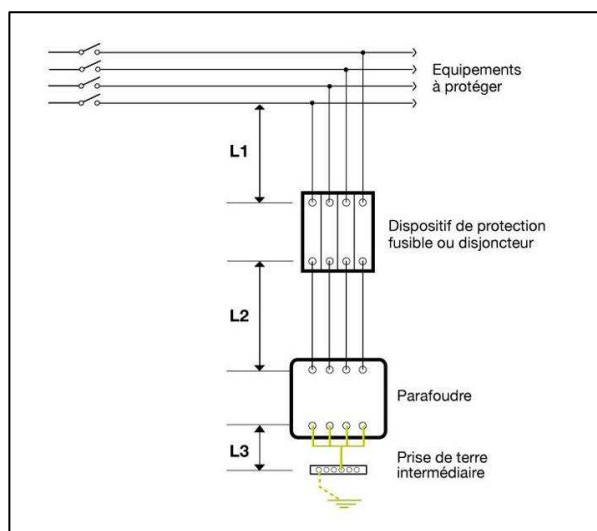
Les conducteurs de raccordement sont ceux reliant les conducteurs actifs au parafoudre et reliant le parafoudre à la liaison équipotentielle ou au conducteur de protection ou au PEN. Ils doivent avoir une section minimale de 4 mm² en cuivre. En cas de présence d'un paratonnerre, cette section minimale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

Règle 1 : la longueur L ($L_1 + L_2 + L_3$) 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 traverser 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

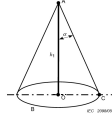
L'installation de parafoudre n'entraîne pas d'exigence particulière en ce qui concerne la valeur de la résistance de la prise de terre des masses. Les valeurs des prises de terre des masses qui résultent de l'application de la norme NF C 15-100 sont satisfaisantes pour l'installation de parafoudres.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

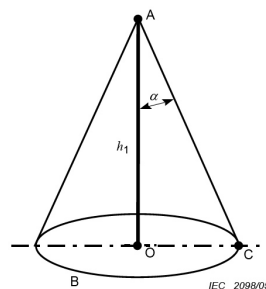
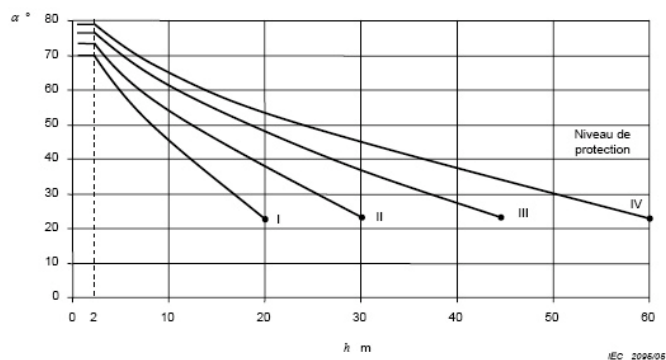
Annexe 6 : Méthode de positionnement des systèmes de protection foudre

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.

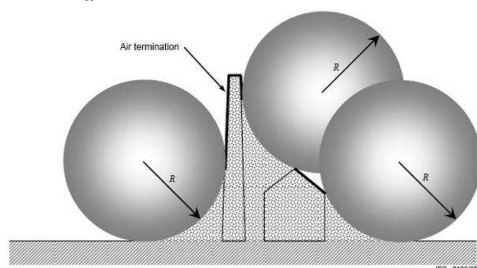


Note 1 : non applicable au-delà des valeurs marquées *. Seules les méthodes de la sphère fictive et des mailles sont applicables en ce cas.

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 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
<i>Note 1</i> : ce tableau ne s'applique pas à des fixations préfabriquées qui ne nécessitent pas d'études particulières.		
<i>Note 2</i> : 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 (révision 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 8 : 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 9 : 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 10Ω (mesure à basse fréquence) est généralement recommandée.

Prises de terre selon la norme NF C 17-102 (révision 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 :

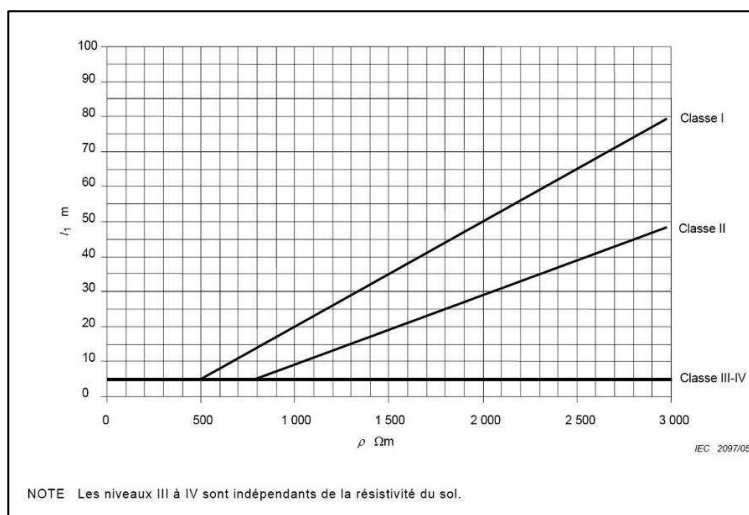
- l'ossature métallique de la structure
- les installations métalliques
- les systèmes intérieurs
- les éléments conducteurs extérieurs et les lignes connectées à la structure.

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 9 : 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.

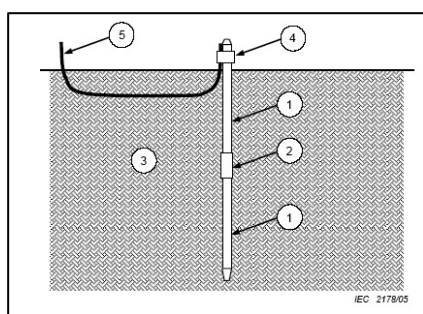
La longueur minimale de chaque électrode de terre à la base de chaque conducteur de descente est :

- l_1 pour une électrode radiale
- $0,5 l_1$ pour une électrode verticale (ou inclinée)

... où l_1 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 inférieur à la valeur de l_1 : $r_e > l_1$ (1) où l_1 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 10 : 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 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_j

Type de SFP	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 $n \geq 4$. Les valeurs de h , c , 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 11 : Matériaux, configuration et section minimale
des conducteurs de capture, des tiges et des conducteurs de descente**

Matériaux	Configuration	Section mini- male (mm ²)	Commentaires (10)
Cuivre	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur min. 2 mm
	Rond plein (7)	50 (8)	Diamètre de 8 mm
	Torsadé	50 (8)	Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein (3) (4)	200 (8)	Diamètre 16 mm
Cuivre étamé (1)	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur min. 2 mm
	Rond plein (7)	50 (8)	Diamètre de 8 mm
	Torsadé	50 (8)	Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
Aluminium	Plaque pleine	70	Épaisseur min. 3 mm
	Rond plein	50 (8)	Diamètre de 8 mm
	Torsadé	50 (8)	Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
Alliage d'aluminium	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur min. 2,5 mm
	Rond plein (7)	50	Diamètre de 8 mm
	Torsadé	50 (8)	Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein (3) (4)	200 (8)	Diamètre 16 mm
Acier galvanisé à chaud (2)	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur min. 2,5 mm
	Rond plein (9)	50	Diamètre de 8 mm
	Torsadé	50 (8)	Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein (3) (4) (9)	200 (8)	Diamètre 16 mm
Acier inoxydable (5)	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur min. 2 mm
	Rond plein (6)	50	Diamètre de 8 mm
	Torsadé	70 (8)	Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein (3) (4)	200 (8)	Diamètre 16 mm
<p>(1) Galvanisé à chaud ou épaisseur galvanique ou d'électrode de 1 µ m.</p> <p>(2) Il convient que le revêtement soit doux, continu et sans flux d'étain avec une épaisseur minimale de 50 µ m.</p> <p>(3) Applicable seulement aux tiges. Pour des applications soumises à des contraintes mécaniques non-critiques telles que le vent, un diamètre de 10 mm, une tige de longueur maximale de 1 m et une fixation complémentaire peuvent être mise en œuvre.</p> <p>(4) Applicable seulement aux électrodes de terre guidées.</p> <p>(5) Chrome ≥ 16 %, nickel ≥ 8 %, carbone ≤ 0,07 %.</p> <p>(6) Pour l'acier inox enfoui dans du béton et/ou en contact direct avec des matériaux inflammables, il convient d'augmenter les dimensions à 78 mm² (diamètre de 10 mm) pour les ronds pleins et à 75 mm² (épaisseur minimale de 3 mm) pour les plaques pleines.</p> <p>(7) 50 mm² (diamètre de 8 mm) peut être réduit à 28 mm² (diamètre de 6 mm) dans certains cas où les contraintes mécaniques ne sont pas essentielles. Il convient alors de prendre en compte la réduction des fixations.</p> <p>(8) Si les aspects thermiques et mécaniques sont importants, ces dimensions peuvent être augmentées jusqu'à 60 mm² pour une plaque pleine et 78 mm² pour un rond plein.</p> <p>(9) La section minimale pour éviter la fusion est de 16 mm² (cuivre), 25 mm² (aluminium), 50 mm² (acier) et 50 mm² (acier inox) pour une énergie spécifique de 10 000 kJ/Ω.</p> <p>(10) Épaisseur, largeur et diamètre sont définis à ± 10 %.</p>			

Annexe 12 : 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 13 : 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.	
