

Annexe 3
Analyse risque foudre

Etude Technique Foudre

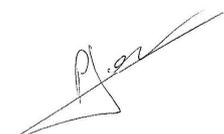


Isover Saint Gobain *Orange (84)*

Rédacteur : B. Wartel

Date : 2 août 2019

1. HISTORIQUE DES EVOLUTIONS

Indice de révision	date	Objet de l'évolution	Nom et signature	
			Rédacteur	Vérificateur
1	12/06/2014	Version initiale : Indice 1	BW 	PJ 
2	30/03/2015	Modification de l'emplacement des prises de terre du bâtiment fabrication	BW 	PJ 
3	10/08/2016	Mise à jour des armoires nécessitant un parafoudre de type 1 et Type 2	BW 	PJ 
4	02/08/2019	Prise en compte des panneaux solaire du Bâtiment Entretien	BW 	PJ 

2. TABLE DES MATIERES

1. HISTORIQUE DES EVOLUTIONS.....	2
2. TABLE DES MATIERES	3
3. GLOSSAIRE.....	3
4. PREAMBULE	5
5. INTRODUCTION.....	6
5.1. BASE DOCUMENTAIRE.....	6
5.2. DEROULEMENT DE LA MISSION	7
5.2.1. Références réglementaires et normatives.....	7
5.2.2. Définition de l'étude technique.....	8
6. PRESENTATION DU SITE	9
6.1. ADRESSE DU SITE.....	9
6.2. PLAN DE MASSE SU SITE.....	9
6.3. LISTE DES INSTALLATIONS REPERTORIEES SOUMISES A REGLEMENTATION DES INSTALLATIONS CLASSEES A LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT.	10
7. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre	11
8. ETUDE TECHNIQUE DU SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA Foudre.....	12
8.1. PRINCIPES DE PROTECTION : IEPF ET IIPF	12
8.1.1. Les Installations Extérieures de Protection Foudre (I.E.P.F).....	12
8.1.2. Les Installations Intérieures de Protection Foudre (I.I.P.F).....	13
8.2. PRECONISATIONS	22
8.2.1. Protections : Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF)	22
8.2.1.1. IEPF existantes.....	22
8.2.1.2. Préconisations : IEPF à installer	24
8.2.1.3. Calcul de la distance de séparation.....	34
8.2.2. Protection : Les Installations Intérieures de Protection Foudre (IIPF).....	35
8.2.2.1. IIPF existantes	35
8.2.2.2. Energie : Parafoudre de type I à modifier	40
8.2.2.3. Energie : Parafoudres de type II à installer.....	52
8.2.2.4. Les liaisons téléphoniques	55
8.3. LES EQUIPEMENTS A SECURISER HORS CADRE DE LA REGLEMENTATION	55
8.4. LIAISON EQUIPOTENTIELLE DE Foudre	55
8.5. OBSERVATIONS.....	56
9. Notice de vérification et de maintenance	57
9.1. LISTE DES PROTECTIONS CONTRE LA Foudre	57
9.2. LOCALISATION DES PROTECTIONS	57
9.3. NOTICE DE VERIFICATION DES DIFFERENTS TYPES DE PROTECTION	57
9.4. REALISATION.....	58
9.4.1.1. Qualification de l'entreprise	58
9.4.1.2. La certification.....	59
9.5. CONTRÔLE PERIODIQUE	60
10. LA PROTECTION DES PERSONNES.....	61
10.1. TEXTES ET NORMES REGLEMENTAIRES	62
10.2. CONTRÔLE PERIODIQUE	63
10.3. TENSION DE PAS ET DE CONTACT	64
11. ANNEXES.....	67

3. GLOSSAIRE

Installation Extérieure de Protection contre la Foudre (IEPF) :

Son rôle est de capter et de canaliser le courant de foudre vers la terre par le chemin le plus direct (en évitant la proximité des équipements sensibles). L'IEPF est composée :

- du système de capture : il est constitué de paratonnerres stratégiquement placés et de dispositifs naturels de capture ;
- des conducteurs de descente destinés à écouler le courant de foudre vers la terre ;
- du réseau des prises de terre ;
- du réseau d'équipotentialité (un maillage métallique des masses et des éléments conducteurs complété éventuellement par la mise en place de parafoudres et d'éclateurs).

Installation Intérieure de Protection contre la Foudre (IIPF) :

Son rôle principal est de limiter les perturbations électriques à l'intérieur des installations à des valeurs acceptables pour les équipements. L'IIPF est composé :

- du réseau d'équipotentialité : Il est obtenu par un maillage métallique des masses et des éléments conducteurs ;
- de parafoudres, de filtres, etc. spécifiquement conçus pour chaque type de signal à transmettre ;

Niveau de protection (N_p) :

Nombre lié à un ensemble de valeurs de paramètres du courant de foudre quant à la probabilité selon laquelle les valeurs de conception associées maximales et minimales ne seront pas dépassées lorsque la foudre apparaît de manière naturelle.

Parafoudre

Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à écouler les courants de choc. Il comprend au moins un composant non linéaire.

Parafoudres coordonnés

Parafoudres coordonnés choisis et installés de manière appropriée pour réduire les défaillances des réseaux électriques et électroniques.

Zone de protection foudre (ZPF)

Zone dans laquelle l'environnement électromagnétique de foudre est défini.

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.

4. PREAMBULE

Avant d'entamer précisément le dossier d'étude préalable du risque foudre, il est nécessaire de rappeler quelques principes fondamentaux sur la foudre et ses effets destructeurs.

La foudre est un courant de forte intensité, 30 kA en moyenne avec des maxima de l'ordre de 100 kA, se propageant avec des fronts de montée extrêmement raides entre deux masses nuageuses ou entre une masse nuageuse et le sol.

Ce courant de foudre peut avoir des conséquences très dommageables pour les structures même des bâtiments lorsqu'elles sont directement frappées, auquel cas la parade est relativement simple à trouver : l'installation de paratonnerres ou la prise en compte d'éléments constitutifs (naturel) du bâtiment en tant que tel.

Mais elle peut aussi causer d'innombrables dégâts aux équipements électriques, électroniques et informatiques qui se trouvent à proximité du point d'impact, en cherchant à s'écouler à la terre par tous les éléments conducteurs qu'elle rencontre sur son chemin. Elle rayonne également un champ électromagnétique très intense, lui-même générateur de courants parasites sur les câbles qu'il illumine. Enfin, elle crée des phénomènes dits de "couplage de terre" lors de son écoulement à la terre.

La parade contre ces effets secondaires est plus difficile à mettre en place dans la mesure où le danger peut avoir des origines multiples. Néanmoins, les progrès de ces dernières années sur la connaissance de ces phénomènes nous permettent aujourd'hui de nous en protéger grâce aux mesures suivantes :

- Réalisation d'une parfaite équipotentialité des terres du site dont le but est de limiter les conséquences des phénomènes de couplage de terre, complétée en surface par l'interconnexion des masses métalliques tels que chemins de câbles en acier, structure métallique, tuyauteries et conduits divers à proximité des équipements sensibles. Ce réseau en surface, encore appelé "Plan de Masse", a pour effet de réduire les courants vagabonds qui circulent habituellement dans ces éléments conducteurs.
- Cette mesure de mise en équipotentialité peut être complétée par l'installation de parafoudres sur les lignes provenant de l'extérieur des bâtiments et reliées aux équipements importants pour la sécurité ou aux électroniques fragiles, pour les protéger contre les surtensions transitoires dont l'origine a été expliquée précédemment.

5. INTRODUCTION

5.1. Base documentaire

Cette Etude Technique se base sur les résultats de l'Analyse de Risque Foudre, sur les documents ci dessous et sur les informations fournies par Monsieur Riboullon, Monsieur Raoux et Monsieur Duval :

Référence du document	
Titre	Numéro(s) ou date
Analyse de Risque Foudre Etude technique – TECFOUDRE	Ref : TF 0312.09 Date : 21/12/2009
Analyse de Risque Foudre Etude technique – Bâtiment Entretien	Dat 2 août 2019
Plan des réseaux enterrés	/

NB : Synthèse de l'Analyse de Risque Foudre : pages 11 de ce document

5.2. Déroulement de la mission

5.2.1. Références réglementaires et normatives

L'étude est réalisée dans le respect des règles de l'art, conformément aux prescriptions, normes, décrets et textes officiels en vigueur à ce jour, et plus particulièrement aux documents suivants :

❖ Normes françaises

Norme	Désignation
NF C 17-102 (septembre 2011)	Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage
NF C 15-100 (décembre 2002)	Installations électriques Basse Tension § 443 et § 543
NF EN 62305-1 (Juin 2006)	Protection contre la foudre, Partie 1 : Principes généraux
NF EN 62305-2 (Novembre 2006)	Protection contre la foudre, Partie 2 : Evaluation du risque
NF EN 62305-3 (Décembre 2006)	Protection contre la foudre, Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains
NF EN 62305-4 (Décembre 2006)	Protection contre la foudre, Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures

❖ Documents officiels

Document	Désignation
Circulaire du 24 Avril 2008	Application de l'arrêté du 19 juillet 2011
Arrêté du 19 juillet 2011	Modification de l'arrêté du 4 octobre 2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumis à autorisation

❖ Guides pratiques

Document	Désignation
UTE C 15-443 (Août 2004)	Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres
UIC / GESIP (vers 6 Octobre 2009)	Protection des installations industrielles contre les effets de la foudre

5.2.2. Définition de l'étude technique

L'objet de cette étude, conformément à l'arrêté du 19 juillet 2011, est de valider une solution de protection foudre pour le bâtiment principal. L'Etude Technique s'effectue comme suit :

❖ Protection des effets directs (Installation Extérieure de Protection contre la Foudre)

Le but de cette étude est d'indiquer les dispositions à prendre pour obtenir, dans l'état actuel des connaissances de la technique et de la réglementation en vigueur, une protection satisfaisante des bâtiments et installations fixes, contre les coups de foudre directs.

Cette étude tient compte des risques inhérents à votre site.

Nous proposons pour chaque bâtiment, la solution de protection la mieux adaptée possible à la situation rencontrée.

❖ Protection des effets indirects (Installation Intérieure de Protection contre la Foudre)

Il y a lieu d'assurer une montée en potentiel uniforme des terres et des masses en cas de choc foudre sur le site.

Cette montée en potentiel uniforme permet de limiter les effets de claquage et les courants vagabonds, pouvant être des facteurs déclenchant dans les zones à risque ou bien destructeurs pour les équipements électroniques. Pour cela, l'examen des réseaux de terre est réalisé.

Les lignes électriques seront aussi examinées afin de limiter les surtensions qu'elles peuvent transmettre et devenir un éventuel facteur déclenchant dans les zones à risques à l'intérieur du site.

6. PRESENTATION DU SITE

6.1. Adresse du site

SAINT GOBAIN ISOVER

BP202 ZI du Coudoulet
84107 ORANGE

6.2. Plan de Masse su site



Source : <http://www.geoportail.gouv.fr>

6.3. Liste des installations répertoriées soumises à réglementation des Installations classées à la protection de l'environnement.

Liste des rubriques des installations classées prises en compte lors de la réalisation de l'Analyse de Risque Foudre.

N°	Désignation de la rubrique	Capacité réelle	Classement
2525	Fusion de matières minérales, y compris pour la production de fibres minérales La capacité de fusion étant supérieure à 20 t/j	359 t/j	A
2530-2a	Verre (fabrication et travail du), la capacité de production des fours de fusion et de ramollissement étant : 2. pour les autres verres : a) supérieure à 500 kg/j	359 t/j	A
2662-a	Polymères (matières plastiques, caoutchoucs, élastomères, résines et adhésifs synthétiques) (stockage de) Le volume susceptible d'être stocké étant : a) Supérieur ou égal à 1 000 m ³	2440 m ³	A
1510-1	Entrepôts couverts (stockage de matières, produits ou substances combustibles en quantité supérieure à 500 t dans des) à l'exclusion des dépôts utilisés au stockage de catégories de matières, produits ou substances relevant par ailleurs de la présente nomenclature, des bâtiments destinés exclusivement au remisage de véhicules à moteur et de leur remorque et des établissements recevant du public. Le volume des entrepôts étant : 1. supérieur ou égal à 50 000 m ³	200 000 m ³	A
2920-2a	Réfrigération ou compression (installations de) fonctionnant à des pressions effectives supérieures à 10 Pa, 2. dans tous les autres cas : a) supérieure à 500 kW	7250 kW	A
2921-1a	Refroidissement par dispersion d'eau dans un flux d'air (installations de) 1. Lorsque l'installation n'est pas du type « circuit primaire fermé » : a) la puissance thermique évacuée maximale étant supérieure ou égale à 2000 kW	20342 kW	A
2940-2a	Vernis, peinture, apprêt, colle, enduit, etc. (application, cuisson, séchage de) sur support quelconque (métal, bois, plastique, cuir, papier, textile) 2. Lorsque l'application est faite par tout procédé autre que le « trempé » (pulvérisation, enduction). Si la quantité maximale de produits susceptible d'être mise en œuvre est : a) supérieure à 100 kg/j	35,54 t/j	A

Extrait de l'ARF de TECFOUDRE du 21/12/2009 (page 7)

7. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

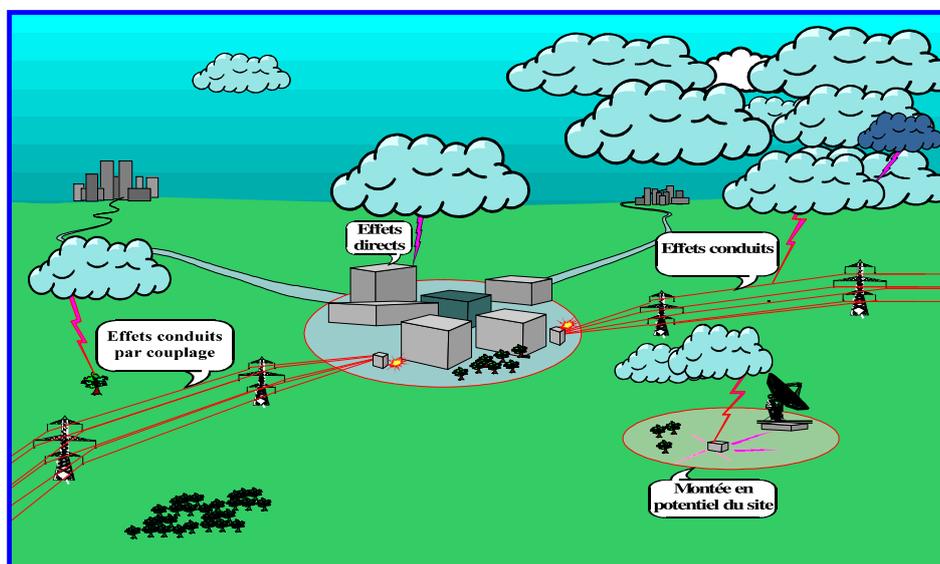
Nous avons repris les conclusions de l'Analyse de Risque Foudre TECFOUDRE du 21/12/2009

Atelier Fabrication	Protection de niveau 1+ et préconisations associées
Magasin Produits Finis	Protection de niveau 1 et préconisations associées
Services Généraux	Protection de niveau 4 et préconisations associées
Stockage Résine	Protection de niveau 1+ et préconisations associées
Bâtiment Déchets (Oxymelt)	Protection de niveau 2 et préconisations associées
tour aéroréfrigérante	Protection satisfaisante
tour aéroréfrigérante AlphaLaval	Protection satisfaisante
Poste de Garde	Protection satisfaisante
Bâtiment Administratif	Protection satisfaisante
Ferme	Protection satisfaisante
Ancien Magasin	Protection satisfaisante
Atelier Entretien	Protection de niveau 4 et préconisations associées
Hangar 9	Protection satisfaisante
Puits Eau Brut	Protection satisfaisante
Bureau Service Technique	Protection satisfaisante
Restaurant	Parafoudres obligatoires
Château d'eau	Protection satisfaisante
Local Electrique	Protection satisfaisante
Stockage Fioul	Protection satisfaisante
Stockage Fioul Domestique	Protection satisfaisante
Déchargement	Parafoudres obligatoires
Stockage produits de bases	Protection satisfaisante
Alimentation Gaz	Protection satisfaisante
Dépoussiérage	Protection satisfaisante
Stockage Bitume	Protection satisfaisante
Cuve	Protection satisfaisante
Bureau Fibrage	Protection satisfaisante
Vestiaire	Protection satisfaisante
Bureau d'Exploitation	Protection satisfaisante
Cheminée	Protection de niveau 4 et préconisations associées
Cuve en acier galvanisé	Protection satisfaisante
Cuve Linde Oxygène Liquide	Protection satisfaisante
Local Electrique P2HT	Protection satisfaisante

Extrait de l'ARF de TECFOUDRE du 21/12/2009 (page 99)

8. ETUDE TECHNIQUE DU SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

8.1. Principes de protection : IEPF et IIPF



8.1.1. Les Installations Extérieures de Protection Foudre (I.E.P.F)

Il y a lieu de maîtriser le cheminement d'un éventuel courant de foudre et d'empêcher le foudroiement direct des bâtiments ou structures concernées. Pour le cas où le bâtiment ne bénéficie pas d'une auto-protection satisfaisante (sur les plans technique et réglementaire), la solution consiste en la mise en place judicieuse d'un système de paratonnerre permettant de capter un éventuel coup de foudre se dirigeant sur les installations.

L'écoulement du courant de foudre doit être alors réalisé par des conducteurs reliant le plus directement possible ce captage à des prises de terre spécifiques. Les prises de terre paratonnerre doivent être reliées de façon équipotentielle au réseau de terre générale du site. Les masses métalliques situées à proximité des conducteurs de descente leur sont reliées en respectant les distances de sécurité indiquées dans les normes françaises NF EN 62305-3 et NF C 17 102, afin de ne générer aucun arc d'amorçage.

Toutes les parties métalliques doivent être raccordées à une liaison équipotentielle les reliant à la terre pour éviter les décharges électrostatiques et les risques d'amorçage.

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.

Dans certains cas, la structure naturelle des bâtiments peut-être utilisée comme élément de protection contre la foudre selon NF EN 62035-3.

Nous n'utiliserons donc pas la structure naturelle comme élément de protection contre la foudre.

Les dispositifs de capture peuvent être constitués par une combinaison des composants ci-dessous.

- a) tiges simples (compris les mâts séparés),
- b) fils tendus,
- c) conducteurs maillés,
- d) paratonnerre à dispositif d'amorçage.

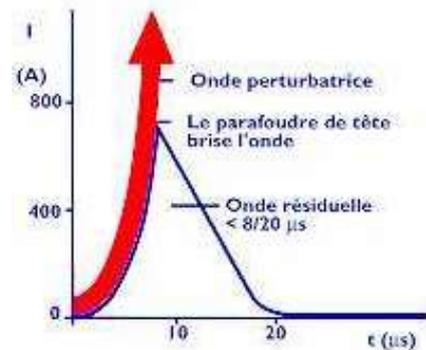
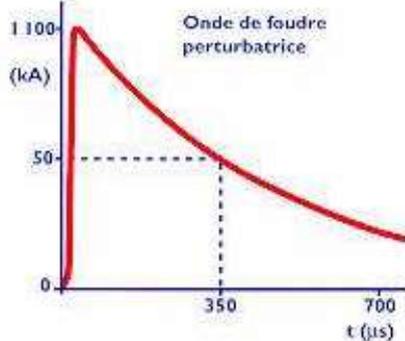
Pour les cas a, b et c, les principaux inconvénients sont soit le coût de l'installation ou le rayon de protection trop faible par rapport au paratonnerre à dispositif d'amorçage (en moyenne trois à dix fois plus élevé pour la cage maillée).

8.1.2. Les Installations Intérieures de Protection Foudre (I.I.P.F)

a) Réseau basse tension

Les points de livraison EDF se trouvent au niveau des postes de transformation.

Une protection de tête d'installation, disposée dans les TGBT, permet de briser l'onde de foudre venant du réseau EDF, et de supprimer une grande partie de son énergie.



Cette protection en tête d'installation est obligatoire suivant le texte de la norme NFC 15-100 partie 7-771. Ci dessous la synthèse.

771.443 Protection contre les surtensions d'origine atmosphérique (parafoudre)

Les conditions dans lesquelles les parafoudres doivent être mis en œuvre sont définies en 443.

Le tableau 771D ci-dessous résume ces conditions.

Tableau 771D – Conditions de mise en œuvre des parafoudres

Alimentation du bâtiment	Niveau kéraunique (Nk)	
	Nk ≤ 25 (AQ1)	Nk > 25 (AQ2)
Bâtiment équipé d'un paratonnerre	Obligatoire	Obligatoire
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne ⁽¹⁾	Non obligatoire	Obligatoire ⁽²⁾
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Non obligatoire	Non obligatoire

⁽¹⁾ Cette disposition n'est pas applicable lorsque les lignes aériennes sont constituées de conducteurs isolés avec écran métallique relié à la terre ou comportant un conducteur relié à la terre.

⁽²⁾ Toutefois, l'absence d'un parafoudre est admise si elle est justifiée par l'analyse du risque définie dans le guide UTE C 15-443.

Lorsque le parafoudre n'est pas obligatoire, une analyse du risque peut être effectuée qui, si le coût des matériels mis en œuvre et leur indisponibilité sont vitaux dans l'installation, pourra le justifier.

Lorsqu'un parafoudre est mis en œuvre sur le circuit de puissance, il est recommandé d'en installer aussi sur le circuit de communication (voir analyse du risque dans le guide UTE C 15-443).

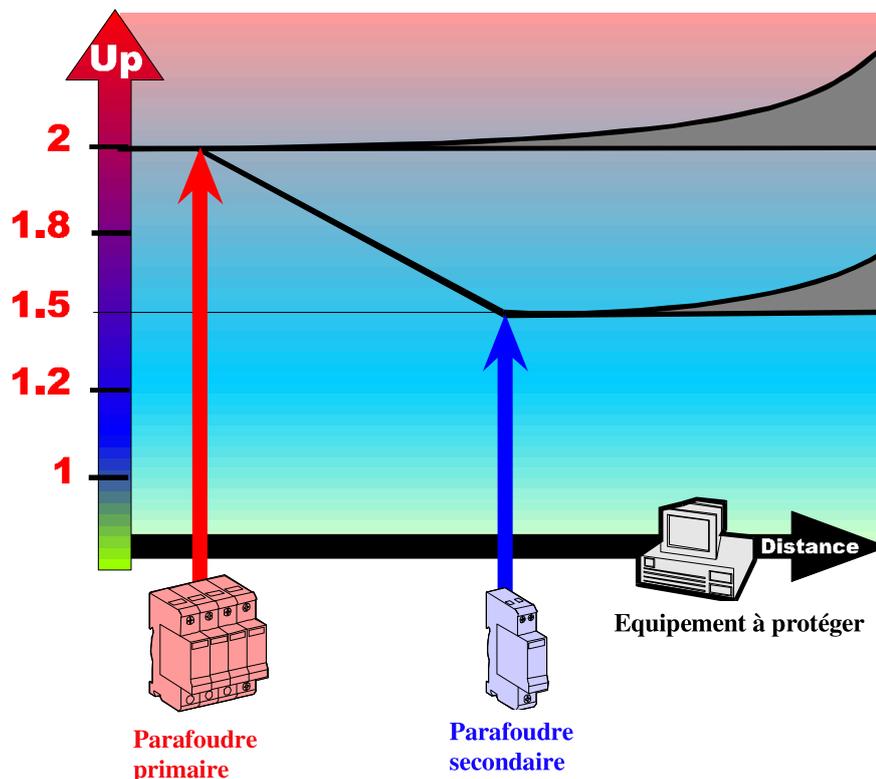
Lorsque des parafoudres sont mis en œuvre dans des réseaux de communication, ils doivent être reliés à la prise de terre des masses de l'installation.

D'autres équipements, jugés particulièrement sensibles, ou pour lesquels la perte de continuité de service serait critique (exemple : Ascenseurs, systèmes informatiques et téléphoniques...) peuvent également être protégés par l'intermédiaire d'un second niveau de protection.

Ce second niveau est réalisé par des parafoudres dont la tension résiduelle, très basse, est adaptée à la sensibilité du matériel à protéger.

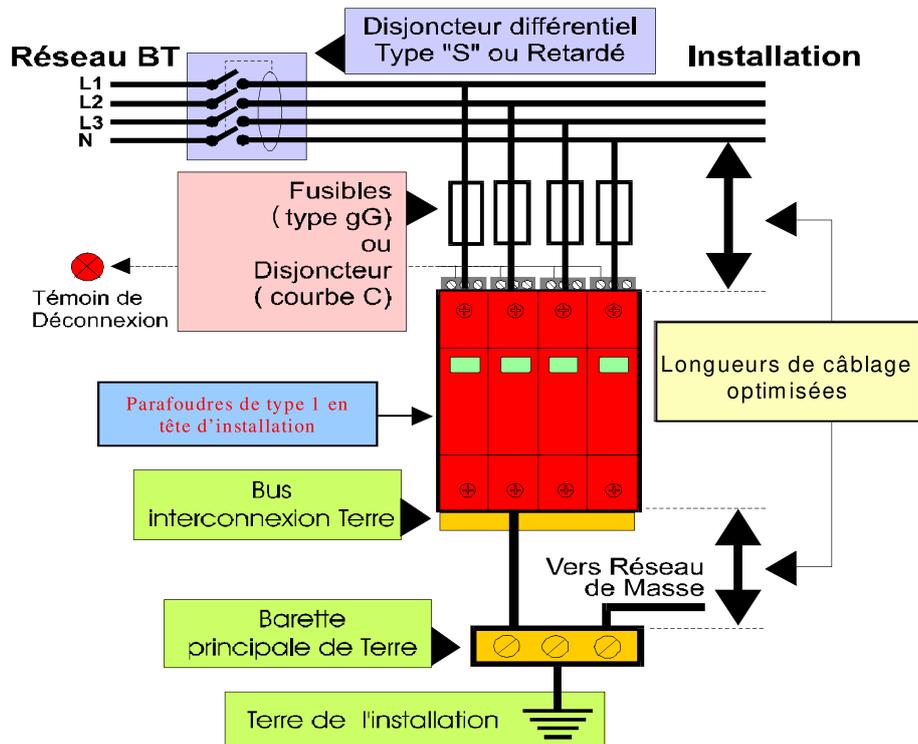
Ce concept s'appelle la « cascade » de parafoudres.

La « cascade » dans la pratique :



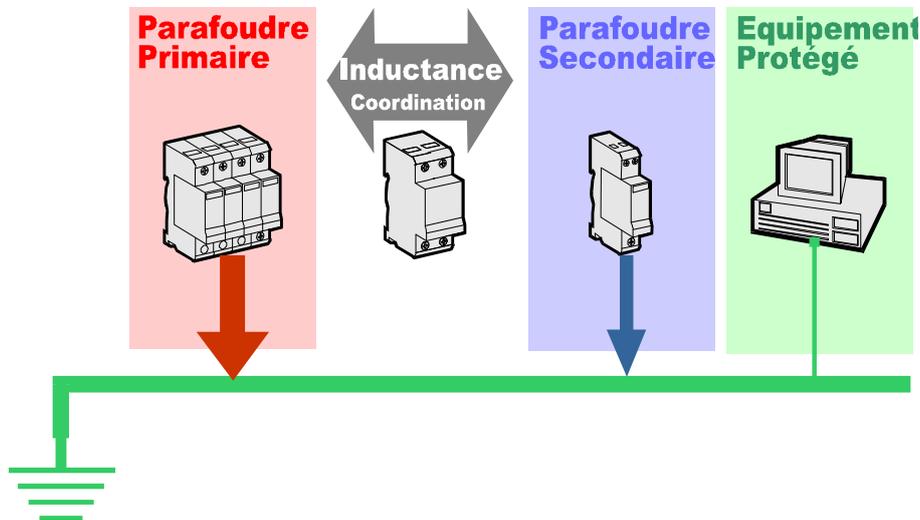
Le choix des parafoudres doit être fait en fonction de leur pouvoir d'écoulement en courant de décharge (facteur retenu pour les parafoudres primaires), de leur tension résiduelle (facteur important pour les parafoudres secondaires), de la tension nominale du réseau (généralement 400V triphasé), et du schéma de distribution du neutre (TN, TT, IT).

Le choix des sectionneurs fusibles ou disjoncteurs, doit être fait en fonction du type des parafoudres et de leur positionnement dans l'installation, de manière à assurer le pouvoir de coupure en courant de court circuit (Icc).



Une longueur de câble minimum entre les deux étages de protection doit être respectée de manière à assurer le découplage nécessaire au bon fonctionnement de la protection cascade.

Dans le cas contraire, une inductance de découplage doit être adaptée au courant nominal au point considéré, pour assurer une bonne coordination de l'ensemble.



Les parafoudres sont installés selon les recommandations du guide UTE 15-443.

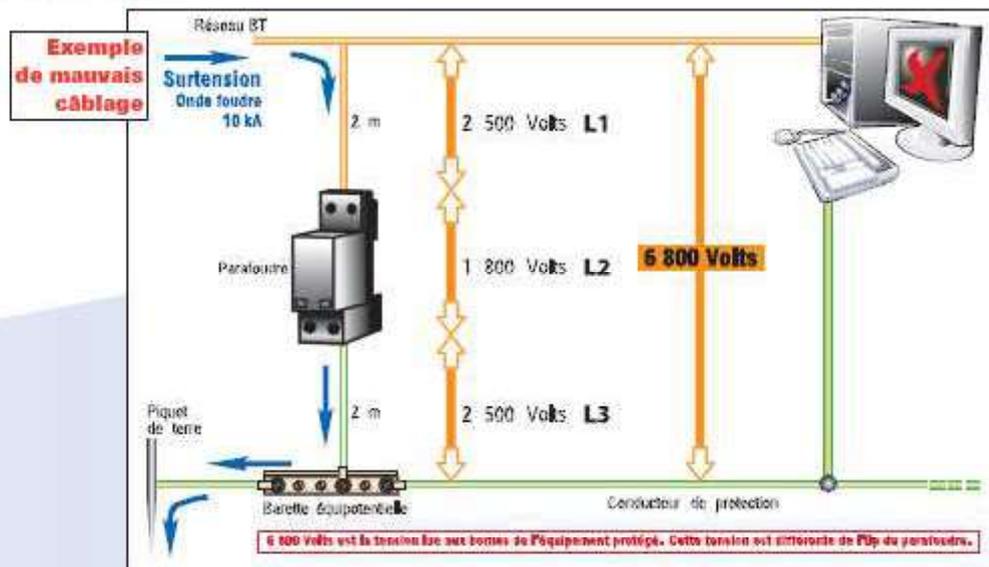
Le branchement des parafoudres doit obligatoirement respecter la règle des 50cm :

La Règle des 50 cm

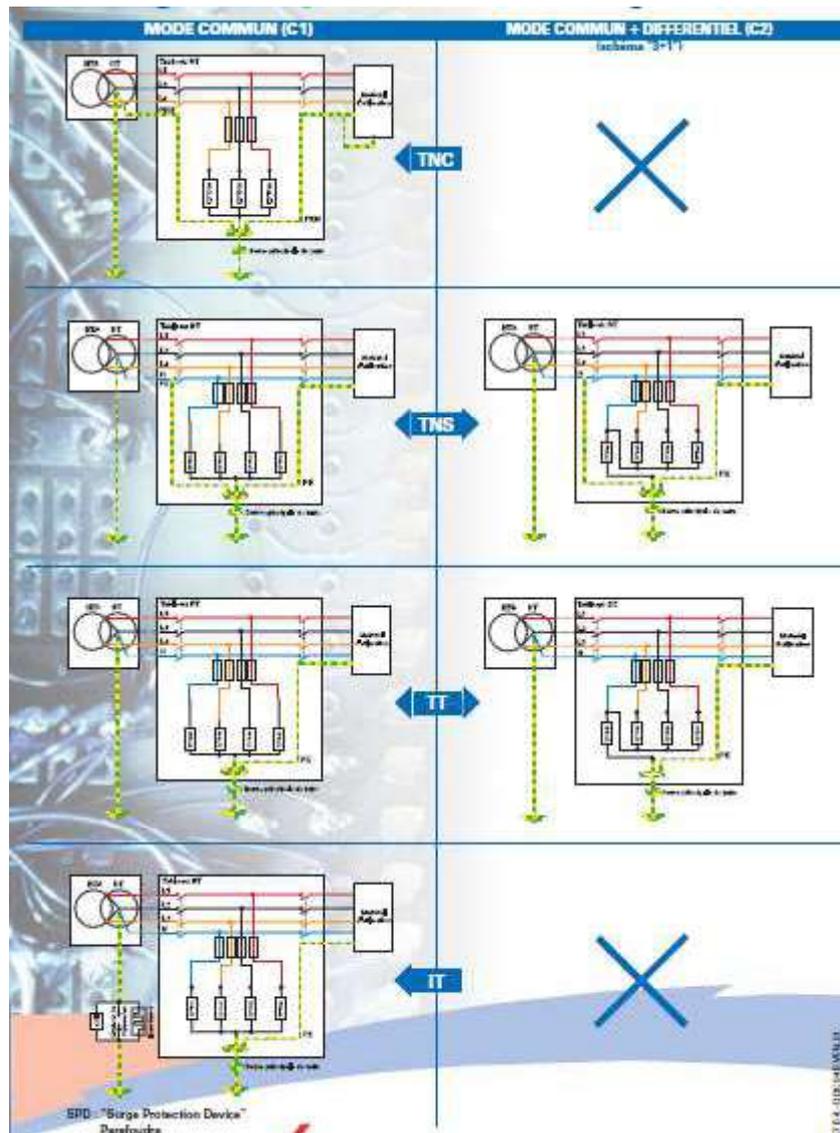
La longueur cumulée L1 + L2 + L3 doit être inférieure à 50 cm, pour limiter la dégradation du niveau Up du parafoudre.

En cas d'impossibilité :

- Réduire cette longueur en déportant les bornes de raccordement.
- Sélectionner un parafoudre avec un Up inférieur (à In égal...).
- Utiliser un montage en coordination.



Configurations possibles suivant le régime de neutre :



Rappel 1 : DIMENSIONNEMENT DES PARAFOUDRES DE TYPE I

Selon la NF EN 62305-1 de juin 2006, les caractéristiques des parafoudres sont issues du niveau de protection préalablement calculé selon la NF EN 62305-2 de novembre 2006.

1. ECOULEMENT DU COURANT DE Foudre

L'annexe E de la NF EN 62305-1 précise que lorsque le courant de foudre I s'écoule à la terre, il se divise entre :

- ❖ les différentes prises de terre (50% de I),
- ❖ et les éléments conducteurs et les lignes extérieures à hauteur d'une valeur I_f (50% de I)

Référence page 62 et 63 de la NF EN 62305-1, annexe E :

E.1 Chocs dus à des impacts sur la structure (source de dommage S1)

E.1.1 Ecoulement dans les éléments conducteurs extérieurs et les lignes connectées à la structure

Lorsque le courant de foudre s'écoule à la terre, il se divise entre les diverses prises de terre, les éléments conducteurs et les réseaux pénétrant dans la structure directement ou par des parafoudres.

$$\text{Si} \quad I_f = k_e I \quad (\text{E.1})$$

En supposant en première approximation que la moitié du courant de foudre s'écoule à la terre et que $Z_2 = Z_1$, la valeur de k_e peut être évaluée pour un élément conducteur extérieur par:

$$k_e = 0,5 / (n_1 + n_2) \quad (\text{E.4})$$

2. DIMENSIONNEMENT DES PARAFOUDRES

Les parafoudres protégeant les lignes extérieures doivent avoir une tenue en courant compatible avec les valeurs maximales de la partie du courant de foudre qui va s'écouler à travers ces lignes

Ce courant ne dépassera pas la moitié du courant crête du coup de foudre, défini selon les niveaux de protection dans le tableau 5 page 23 de la NF EN 62-305-1

Tableau 5 – Valeurs maximales des paramètres de foudre correspondant aux niveaux de protection contre la foudre

Premier choc court			Niveau de protection			
Paramètres du courant	Symbole	Unité	I	II	III	IV
Courant crête	I	kA	200	150	100	

Soit 50% de I

100

75

50

3. GUIDE DE CHOIX

Le courant impulsionnel I_{imp} des modules parafoudres doit être supérieur ou égal à la valeur donnée par les formules ci-dessous fonction du niveau de protection défini pour le bâtiment:

$$Np=I : I_{imp} \geq 100/(n_1+n_2)$$

$$Np=II : I_{imp} \geq 75/(n_1+n_2)$$

$$Np=III \text{ et IV} : I_{imp} \geq 50/(n_1+n_2)$$

n_1 = nombre total des éléments conducteurs extérieurs ou lignes extérieures enterrées

n_2 = nombre total des éléments conducteurs extérieurs ou lignes extérieures aériennes

Rappel :

n1 et n2 doivent tenir compte :

- a) du nombre de lignes de l'alimentation électrique extérieure du bâtiment (donc selon régime du neutre, de leur nombre de fils respectifs)
- b) des éventuelles autres lignes extérieures (telles que les alimentations d'éclairages extérieurs)
- c) des éventuels autres éléments extérieurs conducteurs (tels que canalisations métalliques, eau, gaz...)

Concernant le a), les valeurs de n1 et n2 en fonction du régime de neutre de la ligne d'alimentation électrique sont les suivantes :

	Nombre de fils par ligne	Niveau de Protection			
		I	II	III	IV
		I _{imp} mini du parafoudre (en kA), sans prise en compte d'autres lignes ou éléments conducteurs			
IT avec neutre (Tri + neutre)	4	25	18.8	12.5	
IT sans neutre (Tri)	3	33.3	25	16.7	
TNC	3	33.3	25	16.7	
TNS (Tri + neutre)	4	25	18.8	12.5	
TNS (Mono)	2	50	37.5	25	
TT (Tri + neutre)	4	25	18.8	12.5	
TT (Mono)	2	50	37.5	25	

Rappel 2 : Définition des EIPS

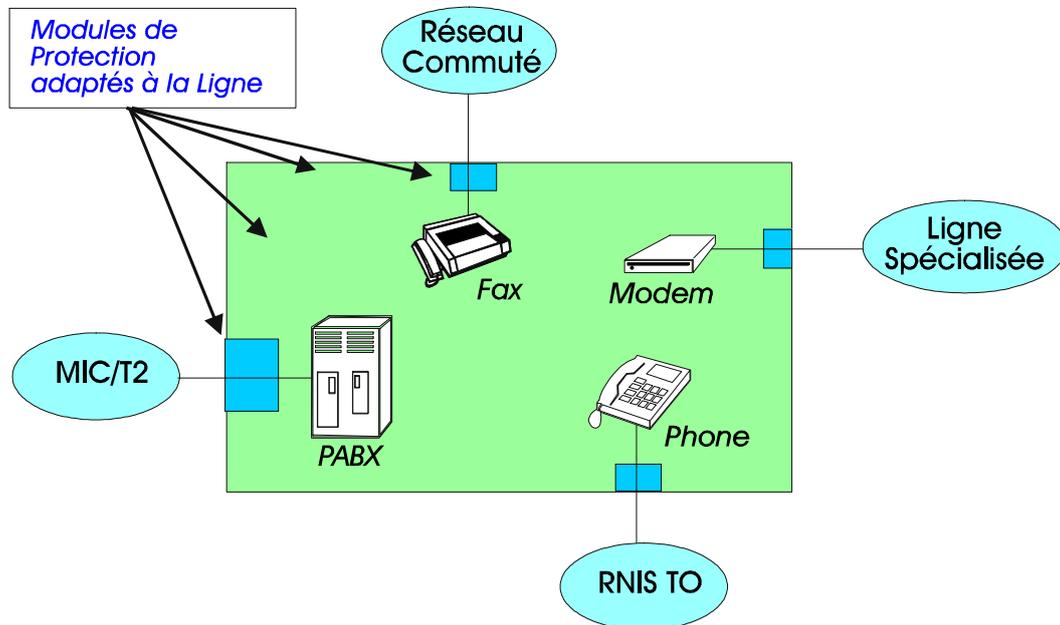
Pour être qualifié **d'éléments important pour la sécurité** (EIPS), un élément (opération ou équipement) doit être choisi parmi les **barrières de sécurité** destinées à prévenir l'occurrence ou à limiter les conséquences d'un événement redouté central susceptible de conduire à un **accident majeur**.

(Définition document DRIRE PACA – INERIS 2001)

b) Réseau téléphonique

L'interface FRANCE TELECOM/privé doit être équipée de parafoudres adaptés au type de ligne téléphonique (RTC, Numéris, MIC,LS...).

Ces parafoudres sont câblés « côté privé » et sont de technologie éclateur/diode pour offrir des performances satisfaisantes.



Les renseignements nécessaires à la bonne définition du matériel sont disponibles sur le « listing des têtes d'amorces » tenu à jour par France Télécom.

8.2. PRECONISATIONS

8.2.1. Protections : Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF)

8.2.1.1. *IEPF existantes*

Nous avons constaté la présence de 3 paratonnerres à sources radioactive :

- Poste P2HT



- Bâtiment fabrication



- Bâtiment résine



Conformément à la Circulaire du 24/04/2008 : Les paratonnerres à sources radioactive sont déposés avant le 1^{er} janvier 2012 et remis à la filière de traitement des déchets

Nous avons constaté la présence d'un paratonnerre à dispositif d'amorçage de marque HELITA de type Pulsar 25 installé sur le château d'eau :



**Conformément à la réglementation en vigueur, il sera nécessaire de surélever le PDA afin qu'il soit 2 m au dessus minimum du château d'eau.
De plus il sera nécessaire d'ajouter un joint de contrôle afin de permettre le contrôle de la prise de terre ainsi qu'un compteur d'impact foudre.**

8.2.1.2. Préconisations : IEPF à installer

La structure métallique des bâtiments permettra la capture et l'écoulement d'un courant de foudre seulement de façon partielle. En effet, aucun plan ne démontre la mise à la terre régulière en conducteur 50mm² ; la visite du site n'a pas permis de visualiser ces liaisons. Certaines liaisons sont néanmoins visibles ; elles participent à la protection générale du site.

La présence sur le site d'un système de protection foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage ainsi que la nature de la structure du bâtiment, nous conduit pour des raisons d'efficacité et des raisons économiques à opter pour une protection par l'ajout de paratonnerres à dispositif d'amorçage. D'autant plus que le risque de perforation de la toiture n'a pas été accepté.

En fonction des résultats de l'ARF et des conclusions précédentes, **et afin de protéger efficacement le site contre les impacts directs de la foudre, il sera nécessaire de respecter les préconisations listées ci-dessous.**

- **POSTE P2HT :**

- Conformément à l'article 10 de la circulaire de 24/04/2008, le paratonnerre à source radioactive doit être déposé avant le 01/01/2012 par un organisme autorisé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire au titre de la Santé Publique.

- **BATIMENT ENTRETIEN :**

- Installation 2 paratonnerres à dispositif d'amorçage testables avec une avance à l'amorçage de 60 μ s. (L'option de test à distance par télécommande radio facilitera la maintenance)
- Depuis ces paratonnerres, réalisation de deux descentes en conducteur normalisé, fixées à raison de 3 attaches au mètre linéaire.
- En partie basse de chaque descente, mise en place de :
 - Un joint de contrôle en laiton matricé à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
 - Un compteur de coup de foudre (sur une seule descente)
 - Un fourreau de protection mécanique en inox de 2 mètres,
 - une pancarte d'avertissement (pour la protection des personnes contre les tensions de contact et de pas)
 - Un regard de visite au niveau du sol pour l'accès au raccordement à la terre électrique du bâtiment.
- Réalisation au pied de chaque descente, d'une terre paratonnerre dissipatrice d'énergie Type A2 (conformément à la norme NFC 17-102) de forme triangulaire ou en ligne. Si la valeur de 10 ohms n'est pas obtenue, des dispositions complémentaires doivent être mises en œuvre (conformément à la norme NFC 17-102). La prise de terre sera enterrée au minimum à 50 cm.

Documents joints => Schéma IEPF (annexe 1)

• **BATIMENT SERVICE GENERAUX :**

- Installation 1 paratonnerre à dispositif d'amorçage testable avec une avance à l'amorçage de 60 μ s. (L'option de test à distance par télécommande radio facilitera la maintenance)
- Depuis ce paratonnerre, réalisation de deux descentes en conducteur normalisé (*), fixées à raison de 3 attaches au mètre linéaire.
- En partie basse de chaque descente, mise en place de :
 - Un joint de contrôle en laiton matricé à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
 - Un compteur de coup de foudre (sur une seule descente)
 - Un fourreau de protection mécanique en inox de 2 mètres,
 - une pancarte d'avertissement (pour la protection des personnes contre les tensions de contact et de pas)
 - Un regard de visite au niveau du sol pour l'accès au raccordement à la terre électrique du bâtiment.
- Réalisation au pied de chaque descente, d'une terre paratonnerre dissipatrice d'énergie Type A2 (conformément à la norme NFC 17-102) de forme triangulaire ou en ligne. Si la valeur de 10 ohms n'est pas obtenue, des dispositions complémentaires doivent être mises en œuvre (conformément à la norme NFC 17-102). La prise de terre sera enterrée au minimum à 50 cm.

Documents joints => Schéma IEPF (annexe 1)

• **BATIMENT STOCKAGE RESINE :**

- Conformément à l'article 10 de la circulaire de 24/04/2008, le paratonnerre à source radioactive doit être déposé avant le 01/01/2012 par un organisme autorisé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire au titre de la Santé Publique.
- Installation 1 paratonnerre à dispositif d'amorçage testable avec une avance à l'amorçage de 60 μ s. (L'option de test à distance par télécommande radio facilitera la maintenance)
- Depuis ce paratonnerre, réalisation de deux descentes en conducteur normalisé, fixées à raison de 3 attaches au mètre linéaire.
- En partie basse de chaque descente, mise en place de :
 - Un joint de contrôle en laiton matricé à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
 - Un compteur de coup de foudre (sur une seule descente)
 - Un fourreau de protection mécanique en inox de 2 mètres,
 - une pancarte d'avertissement (pour la protection des personnes contre les tensions de contact et de pas)
 - Un regard de visite au niveau du sol pour l'accès au raccordement à la terre électrique du bâtiment.
- Réalisation au pied de chaque descente, d'une terre paratonnerre dissipatrice d'énergie Type A2 (conformément à la norme NFC 17-102) de forme triangulaire ou en ligne. Si la valeur de 10 ohms n'est pas obtenue, des dispositions complémentaires doivent être mises en œuvre (conformément à la norme NFC 17-102). La prise de terre sera enterrée au minimum à 50 cm.

Documents joints => Schéma IEPF (annexe 1)

- **Château d'eau : (remise en conformité de l'existant)**

- Surélever le PDA existant afin qu'il soit 2 m au dessus de tout ce qu'il doit protéger
- Installer un compteur de coup de foudre
- Installer un joint de contrôle

- **BATIMENT OXYMELT :**

- Installation 1 paratonnerre à dispositif d'amorçage testable avec une avance à l'amorçage de 60 μ s. (L'option de test à distance par télécommande radio facilitera la maintenance)
- Depuis ce paratonnerre, réalisation de deux descentes en conducteur normalisé, fixées à raison de 3 attaches au mètre linéaire.
- En partie basse de chaque descente, mise en place de :
 - Un joint de contrôle en laiton matricé à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
 - Un compteur de coup de foudre (sur une seule descente)
 - Un fourreau de protection mécanique en inox de 2 mètres,
 - une pancarte d'avertissement (pour la protection des personnes contre les tensions de contact et de pas)
 - Un regard de visite au niveau du sol pour l'accès au raccordement à la terre électrique du bâtiment.
- Réalisation au pied de chaque descente, d'une terre paratonnerre dissipatrice d'énergie Type A2 (conformément à la norme NFC 17-102) de forme triangulaire ou en ligne. Si la valeur de 10 ohms n'est pas obtenue, des dispositions complémentaires doivent être mises en œuvre (conformément à la norme NFC 17-102). La prise de terre sera enterrée au minimum à 50 cm.

Documents joints => Schéma IEPF (annexe 1)

- **BATIMENT FABRICATION :**

- Conformément à l'article 10 de la circulaire de 24/04/2008, le paratonnerre à source radioactive doit être déposé avant le 01/01/2012 par un organisme autorisé par l'Autorité de Sûreté Nucléaire au titre de la Santé Publique.
- Installation 10 paratonnerres à dispositif d'amorçage testables avec une avance à l'amorçage de 60 μ s. (L'option de test à distance par télécommande radio facilitera la maintenance)
- Depuis ces paratonnerres, réalisation de deux descentes en conducteur normalisé, fixées à raison de 3 attaches au mètre linéaire. Conformément à la NF 17-102 de septembre 2011 la mutualisation des descentes paratonnerres est possible (voir implantation annexe 1)
- En partie basse de chaque descente, mise en place de :
 - Un joint de contrôle en laiton matricé à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
 - Un compteur de coup de foudre (sur une seule descente)
 - Un fourreau de protection mécanique en inox de 2 mètres,
 - une pancarte d'avertissement (pour la protection des personnes contre les tensions de contact et de pas)
 - Un regard de visite au niveau du sol pour l'accès au raccordement à la terre électrique du bâtiment.
- Réalisation au pied de chaque descente, d'une terre paratonnerre dissipatrice d'énergie Type A2 (conformément à la norme NFC 17-102) de forme triangulaire ou en ligne. Si la valeur de 10 ohms n'est pas obtenue, des dispositions complémentaires doivent être mises en œuvre (conformément à la norme NFC 17-102). La prise de terre sera enterrée au minimum à 50 cm.

Documents joints => Schéma IEPF (annexe 1)

- **LES CHEMINEES :**

- Interconnexion au réseau foudre paratonnerre ou d'une terre paratonnerre dissipatrice d'énergie Type A2 (conformément à la norme NFC 17-102) de forme triangulaire ou en ligne. Si la valeur de 10 ohms n'est pas obtenue, des dispositions complémentaires doivent être mises en œuvre (conformément à la norme NFC 17-102). La prise de terre sera enterrée au minimum à 50 cm.

N.B : Les futs des cheminées sont entièrement métallique et leurs épaisseurs suffisantes pour être utilisés comme conducteur naturel de descente (épaisseur < 2 mm). Le risque de perforation est toléré sur le haut des cheminées afin qu'ils soient utilisés comme dispositif de capture également.

Documents joints => Schéma IEPF (annexe 1)

- **BATIMENT MAGASIN PRODUIT FINIS:**

- Installation 9 paratonnerres à dispositif d'amorçage testables avec une avance à l'amorçage de 60 μ s. (L'option de test à distance par télécommande radio facilitera la maintenance)
- Depuis ces paratonnerres, réalisation de deux descentes en conducteur normalisé, fixées à raison de 3 attaches au mètre linéaire. Conformément à la NF 17-102 de septembre 2011 la mutualisation des descentes paratonnerres est possible (voir implantation annexe 1)
- En partie basse de chaque descente, mise en place de :
 - Un joint de contrôle en laiton matricé à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
 - Un compteur de coup de foudre (sur une seule descente)
 - Un fourreau de protection mécanique en inox de 2 mètres,
 - une pancarte d'avertissement (pour la protection des personnes contre les tensions de contact et de pas)
 - Un regard de visite au niveau du sol pour l'accès au raccordement à la terre électrique du bâtiment.
- Réalisation au pied de chaque descente, d'une terre paratonnerre dissipatrice d'énergie Type A2 (conformément à la norme NFC 17-102) de forme triangulaire ou en ligne. Si la valeur de 10 ohms n'est pas obtenue, des dispositions complémentaires doivent être mises en œuvre (conformément à la norme NFC 17-102). La prise de terre sera enterrée au minimum à 50 cm.

Documents joints => Schéma IEPF (annexe 1)

8.2.1.3. Calcul de la distance de séparation

Calcul de la distance de séparation et extrait de la NF EN 62305-3 en annexe 3.

Remarque 1 : Les travaux devront être effectués par un professionnel agréé  , si possible **Niveau C** (obligatoire pour les ICPE).

Remarque 2 : L'Etude Technique ne pourra être modifiée que par une personne agréé  (Etude).

8.2.2. Protection : Les Installations Intérieures de Protection Foudre (IIPF)

8.2.2.1. IIPF existantes

Le site comporte des installations intérieures de protection foudre :

- Bâtiment Château d'eau:

Le parafoudre Type 2 existant sera à déposer car il n'est pas conforme aux normes en vigueur.



Forming :

Le parafoudre Type 2 existant est conforme aux normes en vigueur.



Bâtiment informatique :

Le parafoudre Type 2 existant est conforme aux normes en vigueur.



Poste de garde :

Le parafoudre Type 2 existant est conforme aux normes en vigueur.



Chaîne logistique :

Le parafoudre Type 2 existant est conforme aux normes en vigueur.



Zone Palettisé A et B :

Le parafoudre Type 2 existant est conforme aux normes en vigueur.



Composition :

Le parafoudre Type 2 existant est conforme aux normes en vigueur.



Four 3^E :

Le parafoudre Type 2 existant est conforme aux normes en vigueur.



Services généraux :

Le parafoudre Type 2 existant est conforme aux normes en vigueur.



8.2.2.2. Energie : Parafoudre de type I à modifier

La réglementation oblige la mise en place d'un parafoudre de **Type I adapté** sur les arrivées BT des bâtiments.

Régime de neutre : IT sans neutre (tout le site)

- Bâtiment Entretien:



1 arrivée

$$I_{imp} = (100/2) \times (1/3) = 16.67 \text{ kA}$$

Pour cette raison, les parafoudres devront respecter les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement de $U_c = 440 \text{ Vac}$
- Une tension résiduelle (à I_{imp}) de 1.5 kV
- un I_{imp} minimum de 16.67kA
- Courant de court-circuit admissible $> 90 \text{ kA}$
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusible ou disjoncteur conformément aux recommandations du fabricant).

Pour la partie des Panneaux Photovoltaïque :

Pour protéger les lignes des puissances des panneaux solaire sur la toiture du Bâtiment entretien, il sera nécessaire d'installer un parafoudre de type 1 sur :

- TD d'alimentation des PV dans le bâtiment Entretien
- A l'onduler côté AC
- A l'onduler côté DC
- Au boîtier de jonction s'ils sont à plus de 10 m de l'onduleur

- Bâtiment Service Généraux :



4 arrivées (2 BT et 2 RBT)

$$I_{imp} = (100/2) \times (1/12) = 4.167 \text{ kA (Mini 12,5 kA)}$$

Pour cette raison, les parafoudres devront respecter les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement de $U_c = 440 \text{ V}$
- Une tension résiduelle (à I_{imp}) de 1.5 kV
- un I_{imp} minimum de 12,5 kA
- Courant de court-circuit admissible $> 90 \text{ kA}$
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusible ou disjoncteur conformément aux recommandations du fabricant).

- Bâtiment Château d'eau:



2 arrivées (WPE1 et WP2)

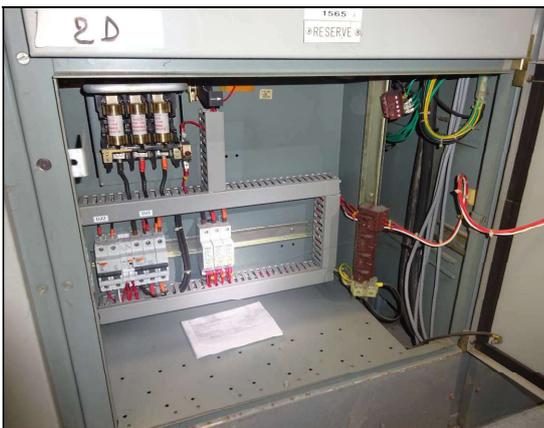
$$I_{imp} = (100/2) \times (1/6) = 8.33 \text{ kA (Mini 12,5 kA)}$$

Pour cette raison, les parafoudres devront respecter les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement de $U_c = 440 \text{ Vac}$
- Une tension résiduelle (à I_{imp}) de 1.5 kV
- un I_{imp} minimum de 12.5 kA
- Courant de court-circuit admissible $> 90 \text{ kA}$
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusible ou disjoncteur conformément aux recommandations du fabricant).

Remarque :

Le Parafoudre Type 2 existant sera à déposer car il n'est pas conforme aux normes en vigueur.



- Bâtiment Résine :



3 arrivées (K2DM, K2PM et 50BT01)

$$I_{imp} = (200/2) \times (1/9) = 11.11 \text{ kA (Mini 12,5 kA)}$$

Pour cette raison, les parafoudres devront respecter les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement de $U_c = 440 \text{ V}$
- Une tension résiduelle (à I_{imp}) de 1.5 kV
- un I_{imp} minimum de $12,5 \text{ kA}$
- Courant de court-circuit admissible $> 90 \text{ kA}$
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusible ou disjoncteur conformément aux recommandations du fabricant).

- Bâtiment Production :

25BT01



31BT01



31BT06



31BT05



84DEP01



20BT11



20BT01



16BT01



20BT02



27BT01



28BT02



28BT01



12 arrivées (25BT01, 31BT01, 31BT06, 31BT05, 84DEP01, 20BT11, 20BT01, 16BT01, 20BT02, 27BT01, 28BT02 et 28BT01)

$$I_{imp} = (200/2) \times (1/36) = 2.78 \text{ kA (Mini 12,5 kA)}$$

Pour cette raison, les parafoudres devront respecter les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement de $U_c = 440 \text{ V}$
- Une tension résiduelle (à I_{imp}) de 1.5 kV
- un I_{imp} minimum de $12,5 \text{ kA}$
- Courant de court-circuit admissible $> 90 \text{ kA}$
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusible ou disjoncteur conformément aux recommandations du fabricant).

- Bâtiment Oxymelt :



1 arrivée (86BT60)

$$I_{imp} = (150/2) \times (1/3) = 25 \text{ kA}$$

Pour cette raison, les parafoudres devront respecter les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement de $U_c = 440 \text{ V}$
- Une tension résiduelle (à I_{imp}) de 1.5 kV
- un I_{imp} minimum de 25 kA
- Courant de court-circuit admissible $> 60 \text{ kA}$
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusible ou disjoncteur conformément aux recommandations du fabricant).

8.2.2.3. Energie : Parafoudres de type II à installer

Aucun Equipements Importants pour la Sécurité EIPS n'est mentionné dans l'Analyse de Risque Foudre. Cependant les équipements suivants nous été décrits comme étant des EIPS :

- Détection incendie

Rappel règle générale : il est nécessaire de protéger le départ des armoires électriques alimentant les EIPS par des Parafoudres de type II.

Il reste à protéger par des parafoudres de type 2 avec les caractéristiques :

- o Une tension maximum de fonctionnement de $U_c = 400 \text{ V}$
- o Un courant nominal de décharge (en onde 8/20) I_n de 5 kA,
- o Un niveau de protection (tension résiduelle sous I_n) U_p de 1.5 kV.

Zone vitesse ligne 3 :



Zone Encapsuler :



Sous station DSX :



Ligne 5 (1^{er} étage) :



Poste de commande général :



8.2.2.4. Les liaisons téléphoniques

La ligne téléphonique n'est pas considérée comme EIPS ; les mobiles peuvent être utilisés pour appeler les secours.

8.3. Les équipements à sécuriser hors cadre de la réglementation

Il est souhaitable de protéger les équipements industriels sensibles (continuité de service) et possédant une électronique « sensible » (exemple : automates, serveurs informatiques...) aux effets de courants impulsionnels avec des dispositifs de protection de niveau II.

8.4. Liaison équipotentielle de foudre

Afin de maîtriser les différences de potentiel, il faut optimiser l'équipotentialité et le maillage des masses.

Différents moyens peuvent réduire l'amplitude des effets de champs magnétiques rayonnés (surtensions induites) :

- l'écran spatial : cage de faraday, tôles métalliques

- l'écran métallique en grille ou continu : blindage et écrans de câbles, chemin de câbles métalliques
- utilisation de composants naturels de la structure (cf. NF EN 62305-3)

Toutes les canalisations entrantes et génératrices de différentiel de potentiel à l'intérieur des bâtiments devront être mises à la terre à leur pénétration dans les bâtiments. Il n'y a pas d'arrivée de gaz sur le site.

Document joint => Exemple de schéma explicatif de mise en équipotentialité (Annexe 4)

8.5. Observations

Nous nous sommes attachés dans ce rapport à mettre en évidence les meilleurs critères de protection.

Nous avons appliqué les méthodes de protection telles que le prévoit la réglementation en vigueur élaborée à partir des recherches les plus récentes en matière de foudre.

Toutefois, il ne faut pas oublier que la foudre est un phénomène naturel non totalement maîtrisé par l'homme et qu'aucun dispositif ne saurait garantir une protection sans faille.

Les solutions telles que nous vous les avons proposées ci-dessus ont pour vocation d'augmenter l'immunité du site face aux problèmes de foudre, sans toutefois pouvoir se prévaloir d'une efficacité à 100 %.

Néanmoins, outre le besoin de mise en conformité avec les normes et les décrets actuels, on peut attendre des performances très satisfaisantes d'une installation réalisée selon les indications de ce rapport.

9. Notice de vérification et de maintenance

9.1. Liste des protections contre la foudre

La liste des protections directes est reprise de manière exhaustive dans l'étude technique.

9.2. Localisation des protections

Document joint : les IEPF sont repérées sur le plan (annexe 1)

9.3. Notice de vérification des différents types de protection

➤ Vérification des Installations Extérieures de Protection contre la Foudre (IEFP)

- De la pointe (examen oculaire si vérification visuelle),
- du conducteur de descente (cheminement et continuité électrique),
- du joint de contrôle (vérification et nettoyage),
- de la gaine de protection,
- du respect des distances de sécurité et / ou présence des liaisons équipotentiels, des fixations mécaniques des différents éléments de l'installation,
- de l'équipotentialité des terres paratonnerres avec la terre du réseau électrique du bâtiment,
- qu'aucune extension ou modification de la structure protégée (ou de son voisinage direct) n'impose la mise en place de dispositions complémentaires de protection,

➤ **Mesure de la résistance des prises de terre avec telluromètre :**

- Ouverture du joint de contrôle intercalé sur le conducteur de descente à environ 2 mètres du sol,
- Désolidarisation de l'ensemble gaine/conducteur de la structure sur laquelle elle est fixée, si celle-ci est conductrice,
- Séparation au niveau de regard de visite du conducteur méplat de la prise de terre du paratonnerre et du conducteur de terre en cuivre nu du réseau électrique du bâtiment,
- Mise en oeuvre de la méthode de mesure de la résistance (voir ci-dessous)
- Remontage de l'ensemble ;

➤ **Méthode de mesure de la résistance :**

Celle-ci s'effectue avec un appareil de mesure type Métrix MX435B conforme à la norme de sécurité NF EN 61010-1 de 1993, relative aux instruments de mesures électroniques et permet :

- la mesure de résistance des prises de terre de 0 à 20 Ω et de 20 à 2000 Ω ,
- la mesure de continuité de 0 à 20 Ω .

La mesure de la valeur ohmique de la prise de terre isolée des autres circuits est réalisée à l'aide de deux autres prises de terre auxiliaires.

C'est une mesure différentielle entre deux points :

- la source de tension (1er piquet de terre Z situé à une distance d de la prise de terre à mesurer),
- la mesure de tension (2ème piquet Y situé à 62 % de d).

La chute de tension entre ces deux points indique la résistance de terre à mesurer (x).

➤ **Les Installations Intérieures de Protection contre la Foudre (IIFP)**

Rappel sur les parafoudres :

Conformément aux normes « parafoudre Basse Tension », les parafoudres seront équipés de sécurité de type thermique internes qui déconnecteront la fonction protection du réseau en cas de fonctionnement anormal (échauffement excessif dû à un dépassement des caractéristiques techniques du produit).

Dans ce cas, l'utilisateur sera averti du défaut par le basculement au rouge de l'indicateur en face avant du parafoudre (module défectueux). Il sera alors nécessaire de remplacer le module.

Les parafoudres, pour supporter les défauts de type courants de court circuits ou des surtensions temporaires, seront raccordés au réseau de basse tension par des dispositifs de déconnexion extérieurs et spécifique aux parafoudres (fusibles).

Les parafoudres pourront être équipés d'un contact. Cette fonction pourra autoriser le contrôle à distance de l'état du parafoudre via différents moyens tels que :

- Voyant,
- Buzzer,
- Reliés à une carte entrée sortie d'un automate (GTC...),
- Télésurveillance...

➤ **Vérification de l'IIFP (parafoudres)**

- La continuité des fusibles dédiés à la protection des parafoudres,
- La présence des modules enfichables constituant le parafoudre,
- Indicateur du parafoudre est au vert.

9.4. REALISATION

9.4.1.1. Qualification de l'entreprise

La qualité de l'installation des systèmes de protection contre la foudre est un élément primordial pour s'assurer de leur efficacité.

La mise en oeuvre des préconisations effectuées précédemment devra ainsi être réalisée par une société qualifiée pour cela.

Aussi, les travaux devront être effectués par un professionnel agréé (pour les ICPE).



L'entreprise devra fournir son attestation **QUALIFOUDRE** de Niveau C à la remise de son offre.

9.4.1.2. La certification

❖ Que veut dire QUALIFOUDRE ?

La marque QUALIFOUDRE identifie les sociétés compétentes dans le domaine de la foudre. Ce label garantit la qualité des services fournis liés à la protection et la prévention contre la foudre. Il peut être attribué aux fabricants, aux bureaux d'études, aux installateurs et aux bureaux de contrôle.

L'INERIS vérifie, selon les exigences définies dans le référentiel que les moyens mis en oeuvre par l'entreprise qualifiée sont appropriés et suffisants. La compétence des intervenants est également examinée et fait l'objet de certificats de compétence.

❖ Points fort de QUALIFOUDRE

Exigences du label

- Le label est accordé pour une activité : Fabricant ou Bureau d'études ou Installateur ou Bureau de contrôle.
- Le personnel ou le responsable de la mission possède un certificat de compétence qui implique une formation initiale d'un niveau adapté, une formation complémentaire spécifique aux missions confiées et une expérience suffisante.
- La société qualifiée a mis en place une démarche qualité qui vise la satisfaction de ses clients et assure une traçabilité de ses travaux pour conserver sa qualification.

Amélioration permanente des connaissances

- Les professionnels qualifiés bénéficient du soutien de l'**INERIS** pour résoudre des difficultés techniques et promouvoir les compétences.
- Les réunions des professionnels qualifiés favorisent le partage des expériences et visent à homogénéiser les méthodes.

❖ Principaux avantages de QUALIFOUDRE

- Pour obtenir une protection optimum :

Pour obtenir une protection efficace et optimisée, il suffit de faire appel aux professionnels identifiés par le label **Qualifoudre**. La liste des professionnels est consultable sur Internet; il est même possible de vérifier que l'intervenant responsable de la mission possède un certificat de compétence.

- Pour valoriser des compétences :

Le label **QUALIFOUDRE** garantit la qualité des travaux et le professionnalisme des intervenants. Il est utilisé pour démontrer les compétences de l'entreprise qualifiée. La promotion du label par l'INERIS conduit à une augmentation des demandes vers les entreprises labellisées.

9.5. CONTRÔLE PERIODIQUE

❖ Vérification initiale

L'article 21 de l'arrêté foudre du 19 juillet 2011 exige que :

«L'installation des protections fait l'objet d'une vérification complète par un organisme compétent distinct de l'installateur, au plus tard six mois après leur installation. »

❖ Vérifications périodiques

La circulaire du 24 avril 2008 stipule que l'installation de protection foudre doit être contrôlée par un organisme compétent :

- visuellement tous les ans,
- complètement tous les 2 ans.

D'autre part, quelque soit le système de protection contre les coups de foudre direct installé, une vérification visuelle doit être réalisée en cas d'enregistrement d'un coup de foudre.

L'article 5 de l'arrêté précise qu' :

« En cas de coup de foudre enregistré, une vérification visuelle des dispositifs de protection concernés est réalisée dans un délai maximum d'un mois, par un organisme compétent. »

❖ Procédure de Vérification Visuelle

Une inspection visuelle doit être réalisée pour s'assurer :

- qu'aucune extension ou modification de la structure protégée n'impose la mise en place de dispositions complémentaires de protection,
- du bon état des conducteurs de descente,
- de la bonne fixation des différents composants,
- qu'aucune partie n'est touchée par la corrosion,
- que les distances de sécurité sont respectées.

❖ Procédure de Vérification Complète

Une inspection visuelle doit être réalisée pour s'assurer :

- qu'aucune extension ou modification de la structure protégée n'impose la mise en place de dispositions complémentaires de protection,
- du bon état des conducteurs de descente,
- de la bonne fixation des différents composants,
- qu'aucune partie n'est touchée par la corrosion,
- que les distances de sécurité sont respectées.

Des mesures doivent être réalisées :

- continuité électrique des conducteurs non visibles,
- vérification électrique du paratonnerre pour s'assurer du bon fonctionnement du PDA,
- résistance des prises de terre (toute évolution doit être analysée).

❖ **Rapport de Vérification**

Chaque vérification périodique doit faire l'objet d'un rapport détaillé reprenant l'ensemble des constatations et précisant les mesures correctives à prendre.

❖ **Maintenance**

Lorsqu'une vérification périodique fait apparaître des défauts dans le système de protection contre la foudre, il convient d'y remédier dans les meilleurs délais afin de maintenir l'efficacité optimale du système de protection contre la foudre.

Ces interventions seront enregistrées dans le carnet de bord Qualifoudre (Historique de l'installation de protection foudre).

Document joint => Carnet de Bord Qualifoudre (Annexe 5)

10. LA PROTECTION DES PERSONNES

10.1. Textes et normes réglementaires

- Arrêté du 19 juillet 2011,

« Les agressions de la foudre sur le site sont enregistrées. En cas de coup de foudre enregistré, une vérification visuelle des dispositifs de protection concernés est réalisée, dans un délai maximum d'un mois, par un organisme compétent.

- Circulaire du 24 avril 2008 (partie 2c),

c) Prévention

En complément des systèmes de protection, des moyens de prévention tels que des matériels de détection d'orage ou un service d'alerte d'activité orageuse peuvent être définis.

Les moyens de prévention sont intégrés dans les procédures d'exploitation de l'installation.

– 33 –

EN 62305-3:2006

8 Mesures de protection contre les lésions d'êtres humains en raison des tensions de contact et de pas

8.1 Mesures de protection contre les tensions de contact

A l'extérieur de la structure, à proximité des conducteurs de descente, dans des conditions particulières, la tension de contact peut être dangereuse même si l'installation extérieure de protection contre la foudre a été conçue et mise en œuvre conformément aux exigences citées ci-dessus.

Les risques sont réduits à un niveau tolérable si une des conditions suivantes est satisfaite:

- a) 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;
- b) 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;
- c) la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple une couche d'asphalte de 5 cm (ou une couche de gravier de 15 cm) réduit les risques à un niveau tolérable.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres vivants en raison des tensions de contact telles que:

- l'isolation des conducteurs de descente est assurée pour 100 kV, sous une impulsion de choc 1,2/50 μs, par exemple par une épaisseur minimale de 3 mm en polyéthylène réticulé;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes appropriées (voir ISO 3864-1).

Extrait de Norme NF EN 62305-3 (Page 33 § 8.1)

8.2 Mesures de protection contre les tensions de pas

A l'extérieur de la structure, à proximité des conducteurs de descente, dans des conditions particulières, la tension de pas peut être dangereuse même si le SPF a été conçu et mis en œuvre conformément aux règles de la présente norme.

Les risques pour les personnes peuvent être considérées comme négligeables si les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) 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;
- b) la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple une couche d'asphalte de 5 cm (ou une couche de gravier de 15 cm) satisfait généralement cette exigence.

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 appropriées (voir ISO 3864-1).

Extrait de Norme NF EN 62305-3 (Page 33 § 8.2)

10.2. CONTRÔLE PERIODIQUE

➤ La détection d'orage et l'enregistrement

- Le détecteur d'orage donne aux exploitants des informations d'alertes de détection justifiées d'orages matures.

Il permet de :

- déclencher les alertes utiles d'orages proches et en approche des sites à protéger et constituant directement et indirectement un risque sérieux pour les personnes, les biens et l'environnement.
- éviter les alertes intempestives qui pourraient se déclencher sur des orages se déplaçant trop loin des sites à protéger pour constituer un risque.
- comptabiliser les alertes d'orages.

En moyenne, ces alertes permettent aux exploitants de disposer d'un temps de préavis sur les risques de foudroiements de l'ordre de 15 à 30 minutes.

- Un abonnement à Météorage utilise un système mesurant les variations du champ électrique terrestre. Cet abonnement permet d'être alerté en cas de risque orageux et de déclencher les consignes internes de prévention. Il peut permettre de suivre l'évolution des orages et prendre des dispositions visant à garantir la sécurité des personnes sur le site. Celui-ci va également permettre d'enregistrer les agressions de la foudre sur le site.

- Le moulin à champ est un instrument de mesure d'un champ électrique statique. En météorologie, cet instrument permet, grâce à l'analyse du champ électrostatique au-dessus de lui, de signaler la présence d'un nuage électriquement chargé traduisant l'imminence de la foudre.

- Le compteur de coups de foudre horodaté permet de :

- comptabiliser le nombre d'impact sur une IEPF,
- pour chaque coup enregistré, d'en indiquer la date, l'heure et le courant de crête.

➤ Les mesures de sécurité

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. Par exemple :

- 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.
- Toutes activités dangereuses (dépotage, remplissage, travaux extérieure ...) doivent être interrompues.

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

10.3. Tension de pas et de contact

➤ Tension de contact :

Il s'agit du contact direct d'une personne avec un conducteur actif.

Les risques sont réduits à un niveau tolérable si une des conditions suivantes est satisfaite:

- a) 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;
- b) 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;
- c) la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple une couche d'asphalte de 5 cm (ou une couche de gravier de 15 cm) réduit les risques à un niveau tolérable.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres vivants en raison des tensions de contact telles que:

- l'isolation des conducteurs de descente est assurée pour 100 kV, sous une impulsion de choc 1,2/50 μs, par exemple par une épaisseur minimale de 3 mm en polyéthylène réticulé;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes appropriées (voir ISO 3864-1).

➤ Tension de pas :

La foudre est dangereuse non seulement parce qu'elle risque de tomber directement sur un individu ou une installation, mais aussi parce que, lorsqu'elle tombe au voisinage d'une personne celle-ci peut être électrisée par la tension de pas que la foudre engendre. La tension de pas existe aussi lorsqu'un conducteur sous tension est tombé à terre. Elle est liée au fait qu'une source de courant crée en un point d'impact est responsable d'un champ électrique au sol, donc d'une tension, qui varie en fonction de la distance à la source : entre deux points différents en contact avec le sol, séparés d'une distance appelée pas, existe donc une différence de potentiel, ou tension de pas, d'autant plus élevée que le pas est important. Lors d'un foudroiement la tension de pas peut atteindre plusieurs milliers de volts et donc être dangereuse pour le corps humain par suite du courant électrique dont il devient le siège.

Les risques pour les personnes peuvent être considérées comme négligeables si les conditions suivantes sont satisfaites:

- a) 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;
- b) la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 kΩm.

NOTE Une couche en matériau isolant, par exemple une couche d'asphalte de 5 cm (ou une couche de gravier de 15 cm) satisfait généralement cette exigence.

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 appropriées (voir ISO 3864-1).

Un panneau « Danger ! Ne pas toucher la descente lors d'orages » et/ou un panneau « homme foudroyé par un arc » (cf. modèle ci-dessous) peuvent être utilisés comme moyens d'avertissement.



11. ANNEXES

Annexe 1 => Implantation des IEPF

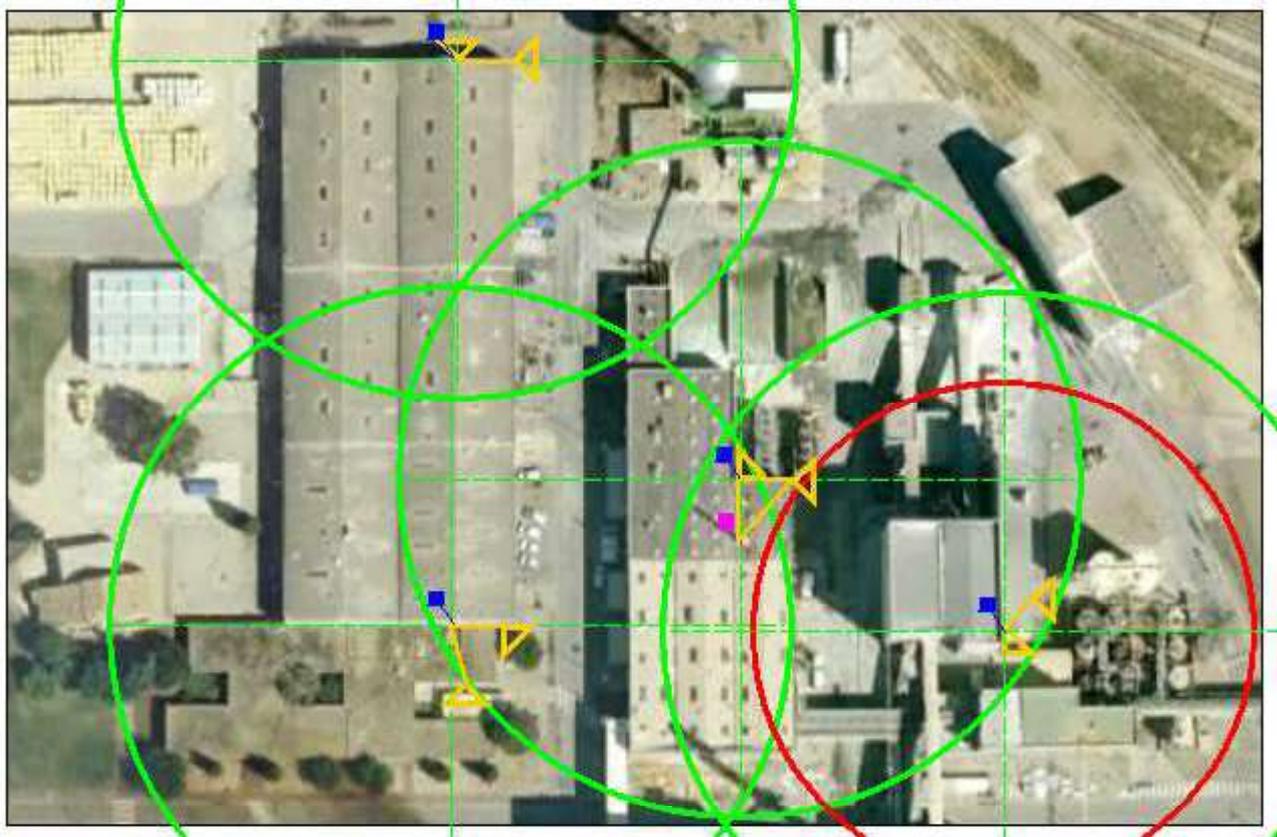
Annexe 2 : = > Prises de terre

Annexe 3 => Distance de séparation.
Graphique de calcul de la distance de séparation
Note de Calculs

Annexe 4 => Equipotentialité
NF EN 62305-3 Article 6 page 28

Annexe 5 => Carnet de Bord Qualifoudre

Implantation de l'IEPF du bâtiment des services généraux, bâtiment entretien et bâtiment stockage résine à créer



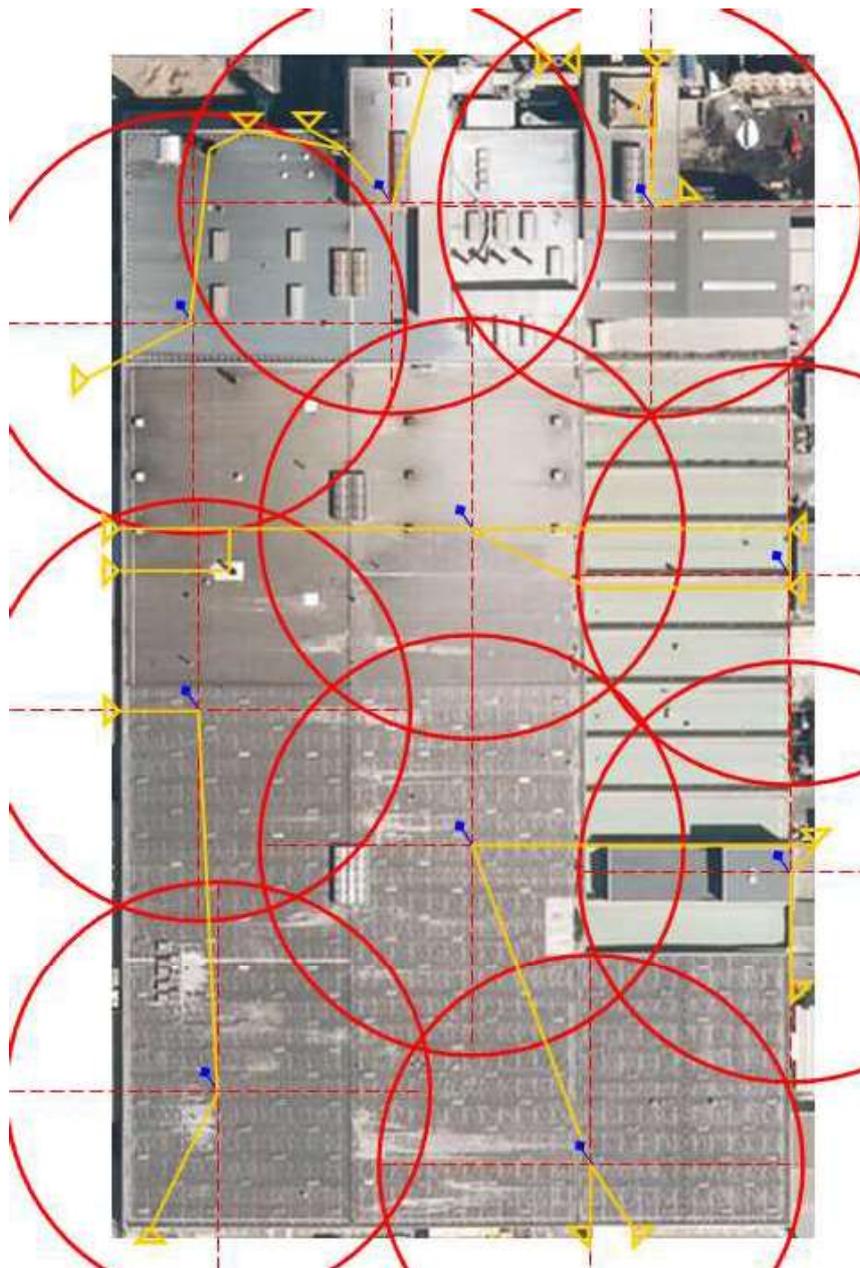
-  Rayon de protection d'un PDA 60 μ s en Niveau IV = 64m
-  Rayon de protection d'un PDA 60 μ s en Niveau I = 47m
-  Conducteur de descente
-  PDA
-  Pointe simple
-  Prise de terre

Implantation de l'IEPF du bâtiment oxymelt à créer



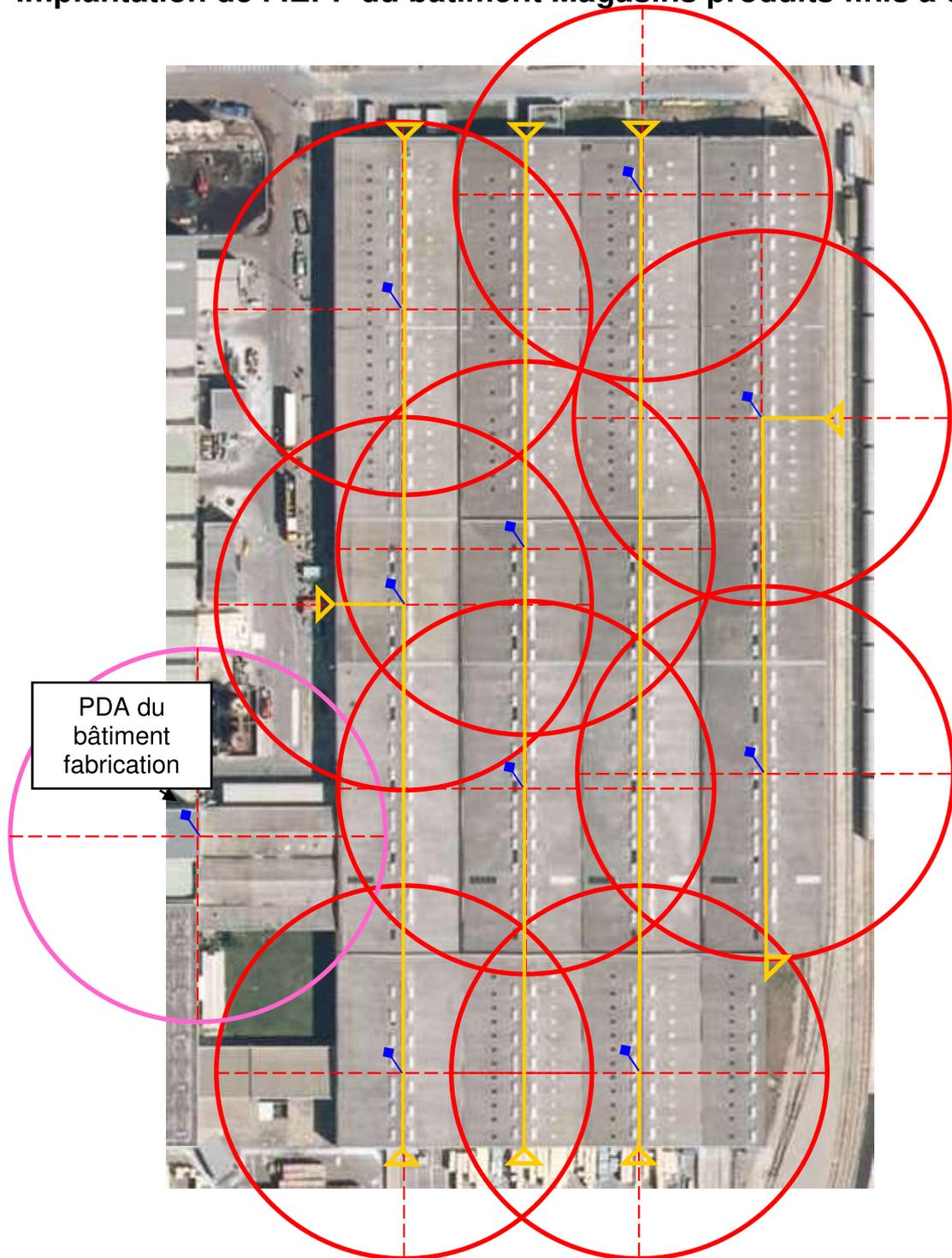
-  Rayon de protection d'un PDA 60 μ s en Niveau II = 52 m
-  Conducteur de descente
-  PDA
-  Prise de terre

Implantation de l'IEPF du bâtiment fabrication à créer



-  Rayon de protection d'un PDA 60µs en Niveau I = 47 m
-  Conducteur de descente
-  PDA
-  Prise de terre

Implantation de l'IEPF du bâtiment Magasins produits finis à créer



-  Rayon de protection d'un PDA 60 μ s en Niveau I = 47 m
-  Conducteur de descente
-  PDA
-  Prise de terre

Annexe 2

Les prises de terre doivent satisfaire les exigences suivantes :

- la valeur de résistance mesurée à l'aide d'un équipement classique doit être la plus basse possible (inférieure à 10Ω). Cette résistance doit être mesurée au niveau de la prise de terre isolée de tout autre composant conducteur ;
- éviter les prises de terre équipées d'un composant vertical ou horizontal unique excessivement long (> 20 m) afin d'assurer une valeur d'impédance ou d'inductance la plus faible possible.

L'utilisation d'une prise de terre unique verticale profonde atteignant une couche de sol humide n'est donc pas avantageuse à moins que la résistivité de surface ne soit particulièrement élevée et qu'il existe une couche à conductivité élevée bien en dessous.

Cependant, il convient de noter que ce type de prises de terre forées présente une impédance élevée lorsque la profondeur dépasse 20 m. Donc, il convient d'utiliser un grand nombre de conducteurs horizontaux ou de tiges verticales, toujours parfaitement interconnectés d'un point de vue électrique.

Sauf impossibilité réelle, il convient que les prises de terre soient toujours dirigées vers l'extérieur des bâtiments.

NOTE Pour éviter toute tension de pas, il convient de se reporter à l'Annexe D.

6.2 Types de prises de terre

Les dimensions de la prise de terre dépendent de la résistivité du sol dans lequel les prises de terre sont installées. La résistivité peut varier très fortement, en fonction du matériau du sol (argile, sable, rocher, etc.).

La résistivité peut être évaluée à partir du Tableau 6 ou mesurée à l'aide d'une méthode adaptée avec un instrument de mesure de terre.

Pour chaque conducteur de descente, les prises de terre peuvent comprendre :

Type A : prise de terre spécifique, divisée en A1 et A2 :

- A1 - les conducteurs de même nature et section que les conducteurs de descente, à l'exception de l'aluminium, disposés sous forme de patte d'oie de grandes dimensions et enterrés à une profondeur minimum de 50 cm.

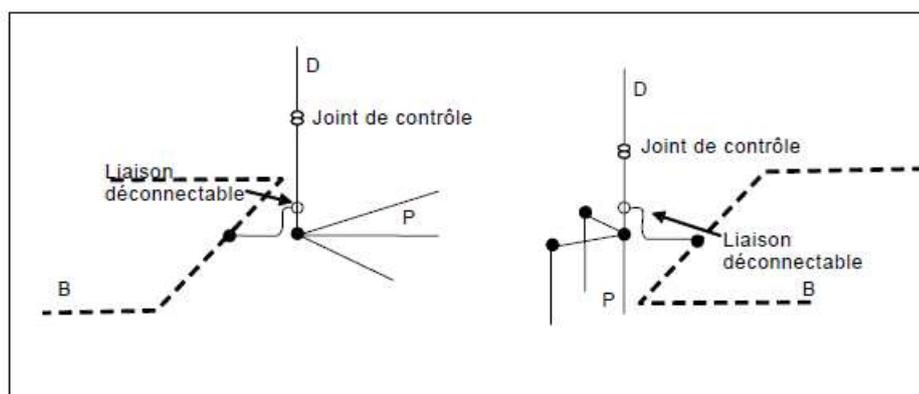
Exemple : trois conducteurs de 7 m à 8 m de long, enterrés à l'horizontale, à une profondeur minimum de 50 cm.

- A2 - ensemble composé de plusieurs électrodes verticales de longueur totale minimum de 6 m à une profondeur minimum de 50 cm :
 - disposées en ligne ou en triangle et séparées les unes des autres par une distance égale à au moins la longueur enterrée ;
 - interconnectées par un conducteur enterré identique au conducteur de descente ou aux caractéristiques compatibles avec ce dernier.

NOTE La disposition en triangle est recommandée.

Type B : électrode de terre en boucle

Cette disposition comprend soit une boucle extérieure à la structure en contact avec le sol sur une longueur d'au moins 80 % de la boucle, soit une prise de terre à fond de fouille, à condition qu'elle soit constituée d'un conducteur de 50 mm². De plus, il convient que chaque conducteur de descente soit au moins connecté à une électrode horizontale de longueur 4 m minimum ou à une électrode verticale de longueur 2 m minimum.



D : conducteurs de descente
B : boucle au niveau des fondations du bâtiment
P : mise à la terre du SPF à dispositif d'amorçage

Figure 6 – Schéma des types de mise à la terre A1 et A2

6.3 Dispositions complémentaires

Lorsque la résistivité élevée du sol empêche d'obtenir une résistance de prise de terre inférieure à 10 Ω à l'aide des mesures de protection normalisées ci-avant, les dispositions complémentaires suivantes peuvent être utilisées :

- ajout d'un matériau naturel non corrosif de moindre résistivité autour des conducteurs de mise à la terre ;
- ajout d'électrodes de terre à la disposition en forme de patte d'oie ou connexion de ces dernières aux électrodes existantes ;
- application d'un enrichisseur de terre conforme à la NF EN 50164-7 ;

Lorsque l'application de toutes les mesures ci-dessus ne permettent pas d'obtenir une valeur de résistance inférieure à 10 Ω , il peut être considéré que la prise de terre de Type A assure un écoulement acceptable du courant de foudre lorsqu'elle comprend une longueur totale d'électrode enterrée d'au moins :

- 160 m pour le niveau de protection I ;
- 100 m pour les niveaux de protection II, III et IV.

Dans tous les cas, il convient que chaque élément vertical ou horizontal ne dépasse pas 20 m de long.

La longueur nécessaire peut être une combinaison d'électrodes horizontales (longueur cumulée L_1) et d'électrodes verticales (longueur cumulée L_2) avec l'exigence suivante :

$$160 \text{ m (respectivement 100 m)} \leq L_1 + 2xL_2 \quad (4)$$

Pour une prise de terre de Type B, lorsqu'une valeur de 10 ohms ne peut être obtenue, il convient que la longueur cumulée des n électrodes supplémentaires soit de :

- 160 m pour le niveau de protection I (respectivement 100 m pour les autres niveaux de protection) pour une électrode horizontale ;
- 80 m pour le niveau de protection I (respectivement 50 m pour les autres niveaux de protection) pour les électrodes verticales ;
- ou une combinaison telle qu'expliquée ci-avant pour une prise de terre de Type A.

Annexe 3

5.6 Distance de séparation

L'isolation électrique entre le dispositif de capture ou les conducteurs de descente et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les systèmes intérieurs peut être réalisée par une distance de séparation « s » entre les parties. L'équation générale pour le calcul de « s » est la suivante :

$$s = k_i \frac{k_c}{k_m} I \quad (\text{m}) \quad (3)$$

où :

k_i dépend du niveau de protection choisi (voir Tableau 3) ;

k_m dépend du matériau d'isolation électrique (voir Tableau 4) ;

k_c dépend du courant de foudre qui s'écoule dans les conducteurs de descente et de terre ;

l est la longueur, en mètres, le long des dispositifs de capture et 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.

NOTE La longueur l le long du dispositif de capture peut être ignorée pour les structures à toiture métallique continue agissant comme dispositif de capture naturel.

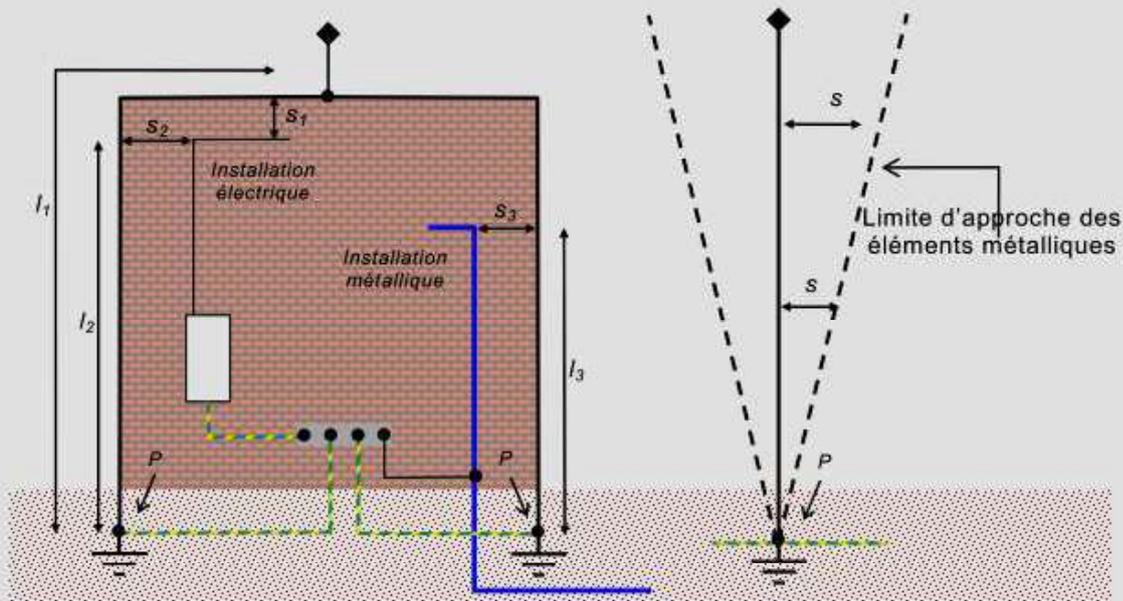


Figure 5 – Illustrations de la distance de séparation en fonction de la longueur considérée et augmentation de la différence de potentiel en fonction de la distance au point d'équipotentialité le plus proche (P)

Tableau 3 – Valeurs du coefficient k_i

Niveau de protection	k_i
I	0,08
II	0,06
III et IV	0,04

Tableau 4 – Valeurs du coefficient k_m

Matériau	k_m
Air	1
Béton, briques	0,5

NOTE 1 Si plusieurs matériaux isolants sont en série, une bonne pratique est de choisir la valeur la plus faible de k_m .

NOTE 2 Si d'autres matériaux isolants sont utilisés, il convient que le fabricant fournisse des conseils en matière de construction et la valeur de k_m .

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

Tableau 5 – Valeurs du coefficient k_c

Nombre de conducteurs de descente n	k_c	
	Disposition de terre de type A1 ou A2	Disposition de terre de type B
1	1	1
2	0,75 ^{c)}	1... 0,5 ^{a)}
3	0,60 ^{b,c)}	1 ... 1/n (voir Figures E.1 et E.2) ^{a,b)}
4 et plus	0,41 ^{b,c)}	1 ... 1/n (voir Figures E.1 et E.2) ^{a,b)}

a) Voir l'Annexe E

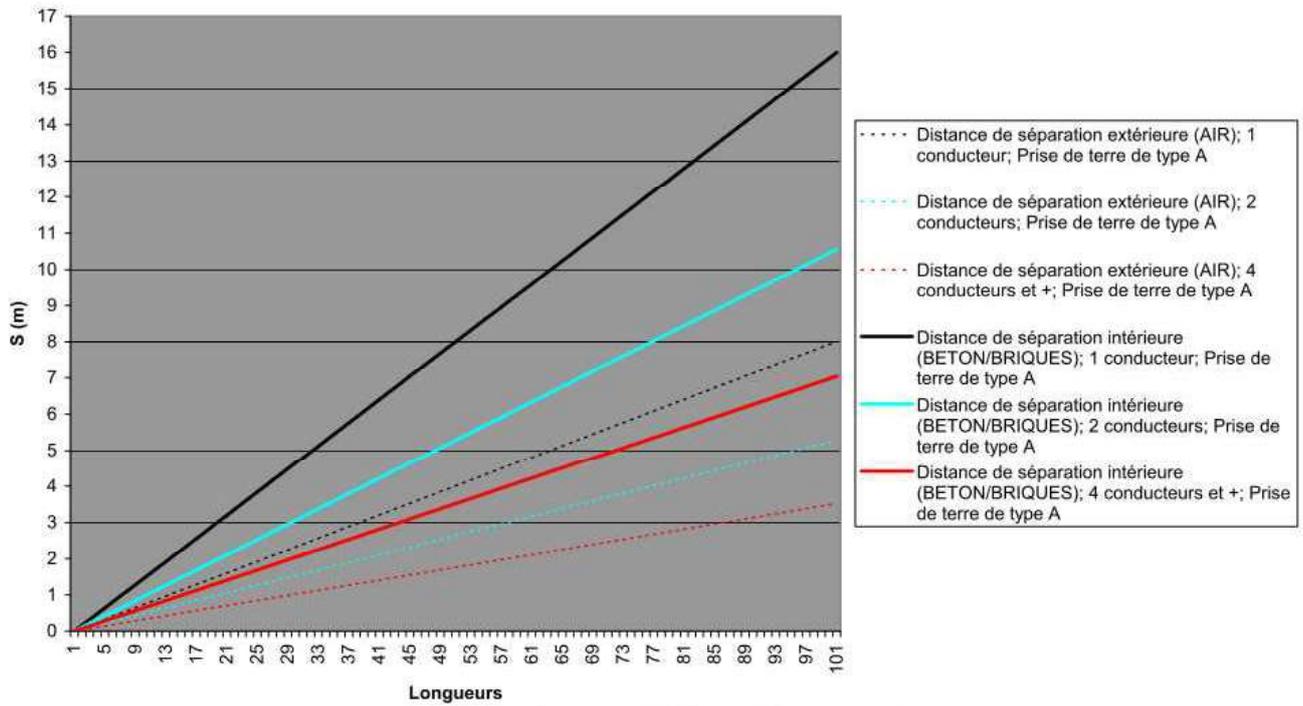
b) Si les conducteurs de descente sont connectés horizontalement par un ceinturage, la distribution de courant est plus homogène dans la partie inférieure et k_c est réduit. Cela est particulièrement applicable aux structures élevées.

c) Ces valeurs sont valables pour de simples électrodes présentant des valeurs comparables de résistance. Si ces résistances sont très différentes, il est pris $k_c = 1$.

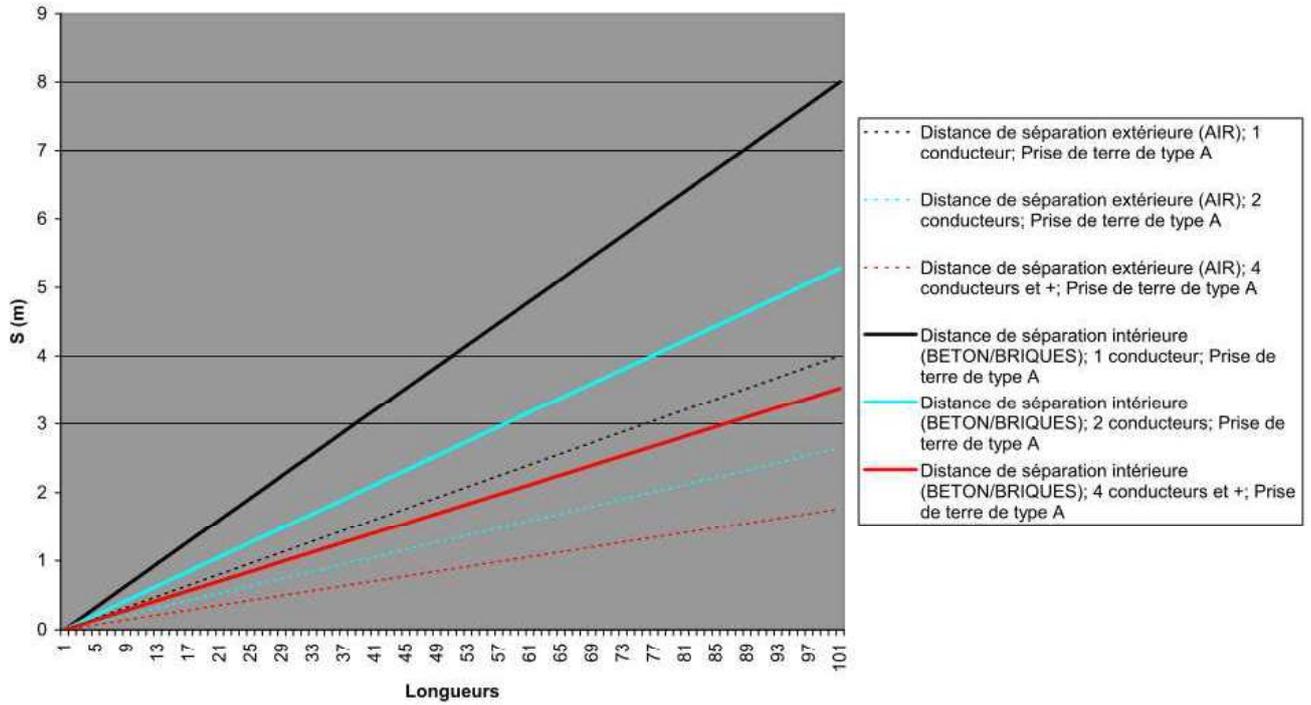
NOTE D'autres valeurs de k_c peuvent être utilisées si des calculs détaillés sont effectués.

Graphiques de calcul de distance de séparation

Distance de séparation S (m) pour un SPF de type I



Distance de séparation S (m) pour SPF de type III et IV



6 Installation intérieure du système de protection contre la foudre

6.1 Généralités

L'installation intérieure de protection contre la foudre doit empêcher l'apparition d'étincelles dangereuses dans la structure à protéger, dues à l'écoulement du courant dans l'installation extérieure de protection contre la foudre ou dans les éléments conducteurs de la structure.

Les étincelles peuvent apparaître entre, d'une part l'installation extérieure et, d'autre part les composants suivants:

- les installations métalliques;
- les systèmes intérieurs;
- les éléments conducteurs extérieurs et les lignes pénétrant dans la structure.

NOTE 1 Une étincelle apparaissant dans des structures à risque d'explosion est toujours considérée comme dangereuse. Dans ce cas, des mesures complémentaires de protection sont prescrites et sont à l'étude (voir Annexe E).

NOTE 2 Pour la protection contre les surtensions dans les systèmes électriques et électroniques, voir la CEI 62305-4.

Les étincelles dangereuses peuvent être évitées à l'aide:

- d'une équipotentialité conformément à 6.2, ou
- d'une isolation électrique entre éléments conformément à 6.3.

6.2 Liaison équipotentielle de foudre

6.2.1 Généralités

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.

Si une équipotentialité de foudre est réalisée pour l'installation intérieure de protection, une partie du courant de foudre peut s'écouler à l'intérieur et cet aspect doit être pris en compte.

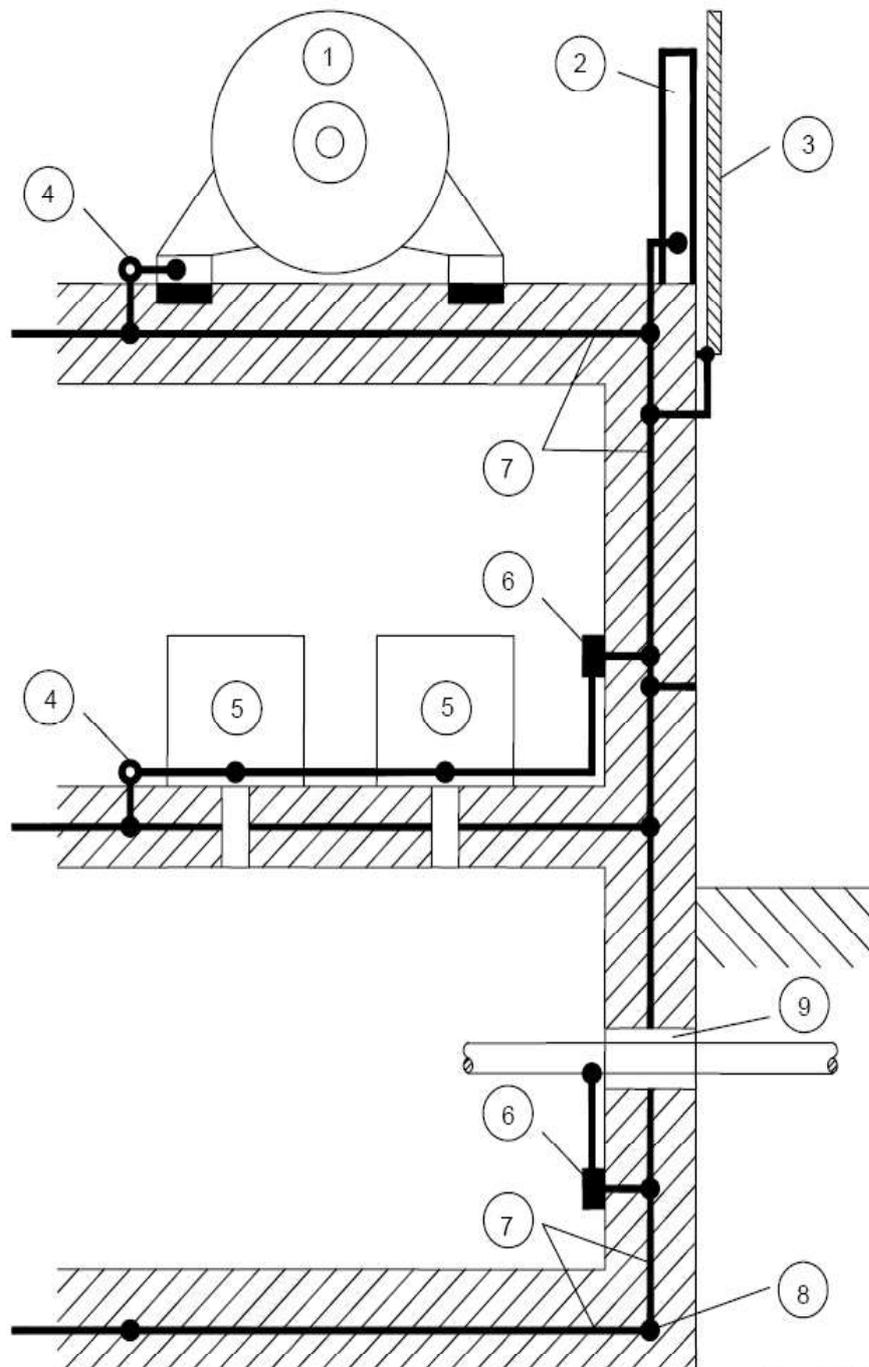
Les moyens d'interconnexion peuvent être:

- les conducteurs d'équipotentialité, si une continuité naturelle n'est pas obtenue;
- les parafoudres, si les conducteurs d'équipotentialité ne sont pas réalisables.

Leur réalisation est importante et doit être concertée avec l'opérateur du réseau de communication, le distributeur du réseau de puissance et d'autres opérateurs ou autorités concernées, du fait d'éventuelles exigences conflictuelles.

Les parafoudres doivent être installés de manière à pouvoir être inspectés.

NOTE Si un système de protection est installé, des parties métalliques extérieures à la structure à protéger peuvent être affectées. Il convient que cela soit pris en compte lors de la conception. Des équipotentialités avec des parties métalliques extérieures peuvent aussi être nécessaires.



IEC 2110/05

Légende

1 Matériel électrique de puissance	6 Barre d'équipotentialité
2 Poutre métallique	7 Armature acier dans le béton (avec maillage superposé)
3 Revêtement métallique de façade	8 Boucle à fond de fouille
4 Borne d'équipotentialité	9 Point de pénétration commun des divers services
5 Matériel électrique ou électronique	



INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

CARNET DE BORD

Raison sociale : _____

Désignation de l'Établissement : _____

Adresse de l'Établissement : _____

Adresse du Siège Social : _____

CARNET DE BORD

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

Modèle QUALIFOUDRE – 09/05 - www.qualifoudre.org

Renseignements sur l'Etablissement

Nature de l'activité (1) :

.....

N° de classification INSEE :

Classement de l'Etablissement(2) { à la date du; Type :; Catégorie :
à la date du; Type :; Catégorie :
à la date du; Type :; Catégorie :

Pouvoirs Publics exerçant le contrôle de l'Etablissement :

Inspection {
du {
Travail {
.....
.....
.....
.....

Commission {
de {
Sécurité {
.....
.....
.....
.....

DRIRE {
.....
.....
.....
.....

Personne responsable de la surveillance des installations :

NOM	QUALITE	DATE D'ENTREE EN FONCTION
.....
.....
.....
.....
.....

1. Les indications à donner ont pour but de déterminer, au regard des textes officiels, quelles sont les règles applicables, par exemple : ICPE, INB, ERP...
2. Pour les établissements recevant du public (théâtres, cinéma, magasins, hôpitaux...):
Pour les Installations Classées (déclaration, autorisation, AS...)

HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

I - DEFINITION DES BESOINS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

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

II – ETUDE TECHNIQUE DES PROTECTIONS ET NOTICE DE CONTROLE ET DE MAINTENANCE

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

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

III – INSTALLATION DES PROTECTIONS

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

