



**BUREAU
VERITAS**

BUREAU VERITAS EXPLOITATION

ZA Lenfant 405 Rue Emilien Gautier

13290 AIX EN PROVENCE

Téléphone : 06.80.47.72.82

Mail : philippe.peyrot@bureauveritas.com

A l'attention de M. DUPONT Jean-Guy

ESID

Quartier Bonaparte BP 400

83007 DRAGUIGNAN

Rapport mis à disposition sur le site BVLink

<https://bvlink.bureauveritas.com>

ETUDE TECHNIQUE FOUDRE SUR LES STRUCTURES DE L'ENTREPRISE

Client : ESID

(installations soumises à l'arrêté du 04/10/2010 modifié)

Intervention du 20/11/2023

Nom du site : 21eme RIMA FREJUS

Lieu d'intervention :

MAGASIN DE MUNITION

21eme RIMA FREJUS

Quartier Lecoq

83600 FREJUS

Numéro d'affaire : 20432686

Référence du rapport : 20432686/4.1.1.R

Rédigé le : 08/12/2023

Par PEYROT Philippe

Référence client : 830061001D

Ce rapport contient 52 pages avec ses annexes



1 Synthèse des travaux à réaliser	4
1.1 Rappel sur les installations existantes.....	4
1.2 Travaux découlant de l'étude technique foudre.....	4
1.2.1 Structure magasin de munition.	5
1.3 Mesures de détection et prévention.....	6
1.4 Démarches à entreprendre à l'issue de l'étude technique.....	6
2 Préambule	8
2.1 Références réglementaires et normatives	9
2.2 Déroulement de l'étude de conception	10
2.3 Principes sur les mesures de protection.....	11
2.3.1 Le système de protection foudre.....	11
2.3.1.1 Le dispositif passif	11
2.3.1.2 Le dispositif actif.....	12
2.3.1.3 Notions sur les zones de protection foudre.....	12
2.3.2 Les mesures de protection contre l'IEMF.....	12
2.3.2.1 Mises à la terre et équipotentialité des installations métalliques intérieures.....	12
2.3.2.2 Ecrans magnétiques.....	13
2.3.2.3 Cheminement des lignes internes	13
2.3.2.4 Parafoudres coordonnés	14
2.3.2.5 Interfaces d'isolement.....	14
2.4 Notice de vérification et de maintenance – Carnet de bord de l'installation.....	15
2.5 Cadre de la mission.....	15
2.6 Limites de l'étude de conception	15
2.7 Personne(s) rencontrée(s).....	16
3 Documents présentés	16
4 Prescriptions de l'analyse du risque foudre	18
4.1 Mesures de protection à mettre en œuvre selon l'ARF	18
4.2 Mesures et dispositifs de prévention à mettre en œuvre selon l'ARF.....	18
5 Fiche 1 – Dispositions applicables à la structure magasin munitions.	19
5.1 Données provenant de l'ARF	19
5.2 Système de protection foudre - Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF)	20
5.2.1 Dispositifs de protection existants.....	20
5.2.2 Travaux à réaliser dans le cadre des installations extérieures de protection foudre	21
5.2.2.1 Dispositif de capture	21
5.2.2.2 Conducteurs de descente.....	22
5.2.2.3 Distances de séparation	23
5.2.2.4 Dispositif de comptage	23
5.2.2.5 Joint de contrôle	24
5.2.2.6 Prise de terre	24
5.2.2.7 Equipotentialité des prises de terre	25
5.3 Système de protection foudre – Installations intérieures de protection foudre (IIPF)	26
5.3.1 Dispositifs de protection existants.....	26
5.3.1.1 Parafoudres en place sur l'installation.....	26
5.3.1.2 Réseau de terre générale et liaisons équipotentielle des canalisations conductrices entrantes.....	27
5.3.2 Travaux à réaliser dans le cadre des installations intérieures de protection foudre.....	27
5.3.2.1 Equipotentialité foudre des réseaux conducteurs entrants	27
5.3.2.2 Equipotentialité foudre des lignes entrantes dans la structure.....	28
5.3.2.3 Prescriptions générales sur la mise en œuvre des parafoudres.....	28
5.3.2.4 Protection des installations des circuits de puissance (courants forts CFO)	28
5.3.2.4.1 Description de la distribution basse tension.....	28
5.3.2.4.2 Evaluation des courants de décharge.....	29

5.3.2.4.3	Travaux à réaliser sur la protection des réseaux entrants dans la structure	32
5.3.2.5	Protection des installations de communication (courants faibles CFA)	33
5.4	Mesures de protection contre l'IMF (MPF)	34
5.4.1	Mises à la terre et équipotentialité des installations métalliques intérieures	35
5.4.2	Ecrans magnétiques	35
5.4.3	Cheminement des lignes internes	35
5.4.4	Parafoudres coordonnés	36
5.4.5	Interfaces d'isolement	36
5.4.6	Travaux à réaliser dans le cadre des mesures de protection contre l'IMF	36
5.5	Mesures de détection et de prévention	38
5.5.1	Détection à l'aide d'outils spécifiques	38
5.5.2	Détection humaine	38
5.5.3	Mesures de prévention à mettre en œuvre	38
5.5.4	Enregistrement des événements	39
5.6	Cahier des charges des travaux à réaliser	39
6	ANNEXES	42

HISTORIQUE DU RAPPORT

Numéro de rapport - Version	Date	Commentaires
20432686/4.1.1.R	08/12/2023	Original

Le dernier rapport annule et remplace la version précédente.

1 Synthèse des travaux à réaliser

1.1 Rappel sur les installations existantes

Le bâtiment est en projet de construction et la protection foudre n'existe donc pas.

1.2 Travaux découlant de l'étude technique foudre

Conformément à l'article 20 de l'arrêté de du 04/10/2010 modifié, l'installation des dispositifs de protection et la mise en place des mesures de prévention doivent être réalisées, à l'issue de l'étude technique, par une société disposant de la qualification **QUALIFOUDRE** attribuée par l'INERIS.

Il appartient à l'installateur, de démontrer qu'il répond aux exigences normatives prises en référence pour l'ensemble des composants du système de protection foudre qu'il installe, et donc :

- qu'il utilise des composants et matériels certifiés ;
- que les installations qui ne pourront plus être accessibles à la mise en service (par exemple prise de terre foudre, conducteur de descente encastré, ferrailage de charpente béton, etc.) ont fait l'objet d'un dossier détaillé permettant d'attester de leur conformité (PV, photographies, certificat de fabrication, etc.).

Les solutions proposées dans cette étude technique foudre, et dont le détail est donné dans le corps du rapport, sont destinées à atteindre le niveau de protection fixé par l'ARF. L'installateur pourra proposer à Bureau Veritas Exploitation d'autres solutions techniquement adaptées, voire des modifications sur l'emplacement des installations extérieures de protection foudre en fonction des contraintes rencontrées sur le site. Ces modifications doivent être soumises à l'approbation de Bureau Veritas Exploitation et une mission complémentaire pourra être proposée pour une mise à jour de l'étude technique et des modalités de maintenance et de vérification.

En complément aux synthèses proposées ci-après, il est indispensable de se référer aux détails techniques des travaux à réaliser et qui sont donnés dans les fiches structures.

L'installateur devra **fournir un dossier des œuvres exécutées (DOE) et compléter le carnet de bord** au regard du matériel installé et des installations réalisées.

1.2.1 Structure magasin de munition.

Fiche 1 : Structure bâtiment stockage munitions

Synthèses des travaux préconisés

<p>Système de protection foudre</p> <p>SPF</p> <p>Installation extérieure</p>	<p>Cette installation est destinée à éviter toute détérioration et tout risque de dommages physiques et blessures d'êtres vivants au niveau de la structure.</p> <p>Pour la mise en œuvre du système de protection extérieur, il y a lieu de se reporter au plan détaillé des implantations dans les annexes ainsi qu'aux prescriptions données dans l'étude.</p> <p>Des distances de séparation sont à respecter entre les descentes et le matériel à proximité, soit en éloignement de matériel, soit en réalisant des interconnexions.</p>
<p>Système de protection foudre</p> <p>SPF</p> <p>Installation intérieure</p>	<p>Cette installation est destinée à réduire les défaillances permanentes des réseaux internes (courants fort et courant faibles) et des équipements suite aux risques de surtensions liés aux chocs conduits ou induits.</p> <p>Elle est à assurer, selon les prescriptions données dans le détail de l'étude, par parafoudres adaptés installés sur les lignes entrantes.</p>
<p>Liaisons équipotentielles</p> <p>Réseaux conducteurs entrants</p>	<p>Ces liaisons ont pour but de limiter la propagation d'un potentiel venant de l'extérieur de la structure ou de limiter le risque d'étincelage entre installations métalliques.</p> <p>Absence de travaux à réaliser à ce titre.</p>
<p>Equipements Importants Pour la sécurité</p> <p>MMR / EIPS</p>	<p>La protection est à assurer, selon les prescriptions données dans l'étude, par parafoudres adaptés installés sur les MMR ou EIPS.</p> <p>La protection des boucles de détection internes, des chaines de mesures, (hors liaisons entre structures) est traitée dans le chapitre « Mesures de protection contre l'IEMF ».</p> <p>En raison de la mise en place d'une protection foudre sur le site, il est indispensable que le client se rapprocher du fabricant de la détection incendie, matériel certifié sur lequel seul le fabricant est autorisé à intervenir. La mise en place de parafoudres adaptés sur les alimentations doit se faire par un installateur QUALIFOUDRE et sous le contrôle du fabricant de l'alarme afin de s'assurer de la coordination en énergie avec l'équipement.</p>
<p>Mesures de protection contre l'IEMF</p> <p>MPF</p>	<p>L'application de ces mesures est destinée à réduire des chocs induits engendrés par l'impulsion électromagnétique foudre sur les installations internes.</p> <p>Les dispositions à mettre en œuvre sont relatives :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aux mises à la terre et équipotentialités internes ; - A l'utilisation des blindages ; - A la mise en œuvre de parafoudres adaptés ; - Au cheminement des lignes internes. <p>En raison de la mise en place d'une protection foudre sur le site, il est indispensable que le client se rapproche du fabricant du SSI, matériel certifié sur lequel seul le fabricant est autorisé à intervenir et de faire confirmer que cet équipement et ses périphériques possèdent un niveau d'immunité aux perturbations électromagnétiques attendues satisfaisant. Dans le cas contraire et à défaut de la possibilité du respect des prescriptions liées aux blindages et cheminements des câbles, des parafoudres adaptés de type C sont à mettre en œuvre sur les différentes boucles de la centrale de détection incendie, par un installateur QUALIFOUDRE et sous le contrôle du fabricant du SSI.</p>
<p>Autres dispositions</p>	<p>Un dossier technique des ouvrages exécutés (DOE) doit être établi à l'issue des travaux et sera à minima constitué de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Des fiches techniques de chacun des composants du SPF extérieur et intérieur précisant leur caractéristiques et conformité aux normes pour chacun de ceux-ci ;

Fiche 1 : Structure bâtiment stockage munitions

Synthèses des travaux préconisés

- Les notices de fonctionnement et de maintenance du matériel ;
- La justification des dimensions des prises de terre et valeurs des prises de terre ;
- Des photographies de réalisation des prises de terre permettant d'apprécier leur constitution et la profondeur d'enfouissement.

En période orageuse, les **mesures de prévention** suivantes sont à mettre en œuvre et doivent interdire :

- Tous travaux en toiture des bâtiments ;
- De réaliser des interventions sur les réseaux courants forts et courants faibles ;
- Toute opération de dépotage de matière explosive ou inflammable.

Des **pancartes d'avertissement** sont à mettre en place sur les descentes suivantes afin d'assurer une protection contre les tensions de contact et les tensions de pas :

- DE 1 à 4

Un **registre de maintenance** sera créé pour enregistrer les opérations de surveillance des installations et des **visites périodiques** qui sont, pour ces dernières, à réaliser par un spécialiste de la protection foudre.

1.3 Mesures de détection et prévention

Actuellement, aucune procédure spécifique d'alerte orageuse n'est en place sur le site. Il sera nécessaire d'en intégrer une aux procédures d'exploitation du site. Les informations quant à cette procédure sont rappelées au chapitre précédent.

1.4 Démarches à entreprendre à l'issue de l'étude technique

L'installation des dispositifs de protection et la mise en place des mesures de prévention réalisées à l'issue de l'étude technique sont à réaliser **avant la mise en exploitation** pour les structures dont la demande d'autorisation a été déposée après le 24 août 2008 et **au plus tard deux ans après l'élaboration de l'analyse du risque foudre** pour les autres structures.

L'installation des protections doit faire l'objet d'une **vérification complète** par un organisme distinct de l'installateur au plus tard **6 mois après sa réalisation**.

Puis une vérification visuelle et une vérification complète sont à faire réaliser alternativement tous les ans.

Synthèse de l'étude

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**.

Tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre **sont à consigner dans le carnet de bord**. Les enregistrements des agressions de la foudre sont à dater et doivent être si possible localisés sur le site.

Après un coup de foudre enregistré, une vérification visuelle des dispositifs de protection est **à réaliser dans un délai maximum d'un mois**.

2 Préambule

Les impacts de foudre sur ou à proximité des structures ou des lignes connectées aux structures sont dangereux pour les personnes, les structures elles-mêmes, leur contenu, les installations et les lignes électriques ou de signal à l'intérieur de la structure. C'est pourquoi les mesures de protection contre la foudre sont essentielles afin de prévenir des risques d'incendie, d'explosions ou de dysfonctionnements dangereux.

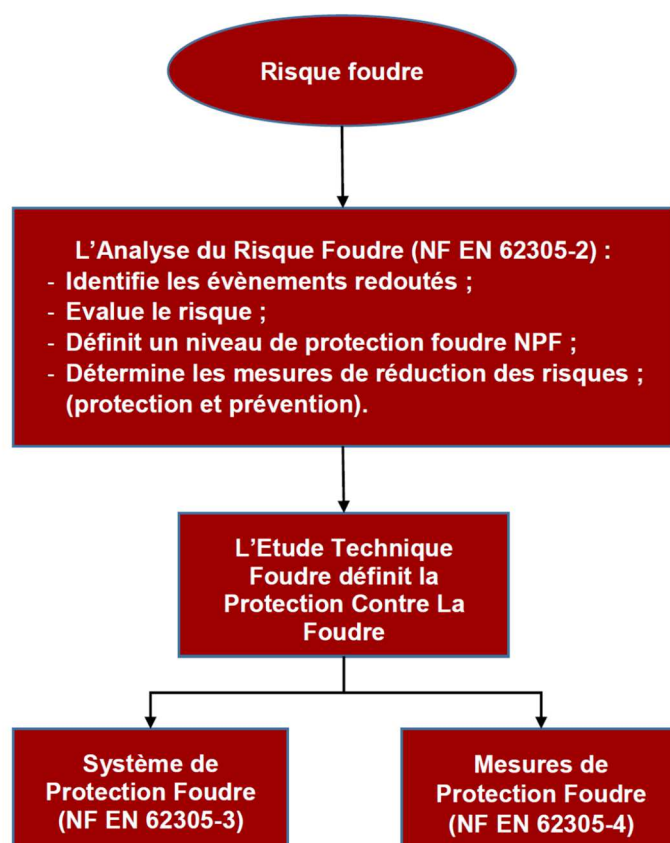
La **protection contre la foudre** (PCLF) est une installation utilisée pour réduire les risques sur les structures et/ou sur les réseaux contre les effets de la foudre.

Elle comprend :

- Un **Système de Protection Foudre** (SPF) utilisé pour réduire les dangers des dommages physiques du coup de foudre sur une structure. Il comporte :
 - une Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) ;
 - une Installation Intérieure de Protection Foudre (IIPF).
- Des **Mesures de Protection contre l'impulsion électromagnétique de Foudre** (MPF) qui visent à réduire le risque de défaillance des réseaux internes due à l'impulsion électromagnétique de foudre (IEMF).

Il convient que le besoin en matière de protection, de bénéfices économiques de la mise en œuvre des mesures de protection appropriées et du choix de ces mesures soient déterminés en termes d'évaluation des risques.

L'analyse du risque foudre (ARF) est une méthode d'évaluation des risques qui conclut à déterminer un **Niveau de Protection Foudre** (NPF). Le chiffre associé à ce NPF est relatif à la probabilité que les valeurs minimales et maximales associées à la foudre ne soient pas dépassées.



Les incidents liés à la foudre peuvent être particulièrement conséquents tant en ce qui concerne les individus que les structures et notamment pour les **Installations Classées Pour la Protection de l'Environnement** (ICPE).

La généralisation des équipements électriques, électroniques et informatiques sensibles impose d'étudier avec soin les conséquences des surtensions créées par la foudre et qui ont pour origine :

- Les impacts qui frappent les lignes aériennes de transport d'énergie et de télécommunications : ces coups de foudre génèrent des surtensions qui sont véhiculées jusqu'aux appareils connectés sur ces lignes ;
- Les remontées de potentiel de terre : la foudre au sol provoque une montée en potentiel de la terre induisant des surtensions sur les câbles souterrains, y compris sur les prises de terre ;
- Le rayonnement électromagnétique : le champ électromagnétique rayonné par un coup de foudre induit des tensions et des courants sur les équipements et les lignes. Leurs valeurs dépendent de la proximité de l'impact par rapport aux matériels à protéger et des caractéristiques de ceux-ci.

Pour les installations concernées par l'**Etude Technique Foudre** (ETF), la protection décrite vise à :

- Protéger la structure en utilisant dans la mesure du possible les **capacités naturelles** de celle-ci, les **dispositifs déjà mis en place** et en ajoutant des **dispositifs spécifiques** ;
- **Protéger les équipements** utilisés comme **Moyens de Mesure de Maitrise des Risques** (MMR) et les **Equipements Importants Pour la Sécurité** (EIPS) selon la réglementation des ICPE ;
- **Protéger l'alimentation générale** des bâtiments équipés d'une installation extérieure de protection foudre conformément aux préconisations des normes NF EN 62305-3, NF EN 62305-4 et du guide UTE-C15-443 ;
- **Limiter les surtensions sur les lignes et canalisations conductrices** provenant de l'extérieur des bâtiments (équipements sur le bâtiment, réseaux électriques, téléphoniques, réseaux de fluides...).

Cette protection concerne à la fois les réseaux de puissance (dits aussi courants forts « CFO ») et les réseaux de communication (dits aussi courants faibles « CFA »).

Enfin, il convient de rappeler que la mise en œuvre de moyens de protection contre la foudre ne peut garantir une protection absolue car la foudre est un phénomène naturel hautement aléatoire.

2.1 Références réglementaires et normatives

Conformément à l'article 19 de l'arrêté de du 04/10/2010 modifié, les systèmes de protection contre la foudre prévus dans notre étude technique sont établis sur la base des normes françaises ou en référence à toute norme équivalente en vigueur dans un Etat membre de l'Union européenne.

Les normes données ci-dessous imposent que les installations et dispositifs de protections contre la foudre installés répondent aux exigences de celles-ci.

Arrêté du 4 octobre 2010 modifié 2022 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement soumises à autorisation

Circulaire du 24 avril 2008 relative à la protection contre la foudre de certaines installations classées (NOR DEVP0801538C)

Norme NF EN 62305-1 : Protection contre la foudre - Partie 1 : Principes généraux (**Novembre 2013**).

Norme NF EN 62305-2 : Protection contre la foudre - Partie 2 : Evaluation des risques (**Décembre 2012**).

Norme NF EN 62305-3 : Protection contre la foudre - Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains (**Décembre 2012**).

Norme NF EN 62305-4 : Protection contre la foudre - Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures (**Décembre 2012**).

Norme NF EN 61643-11 : Dispositifs de protection contre les surtensions connectés aux réseaux de distribution basse tension : Partie 1 : Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais.

Norme NF EN 61643-21 : Parafoudres basse tension – Partie 21 : Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais.

Normes NF EN 62561 : Relatives aux composants utilisés dans les systèmes de protection contre la foudre (SPF) (partie 1 à 6).

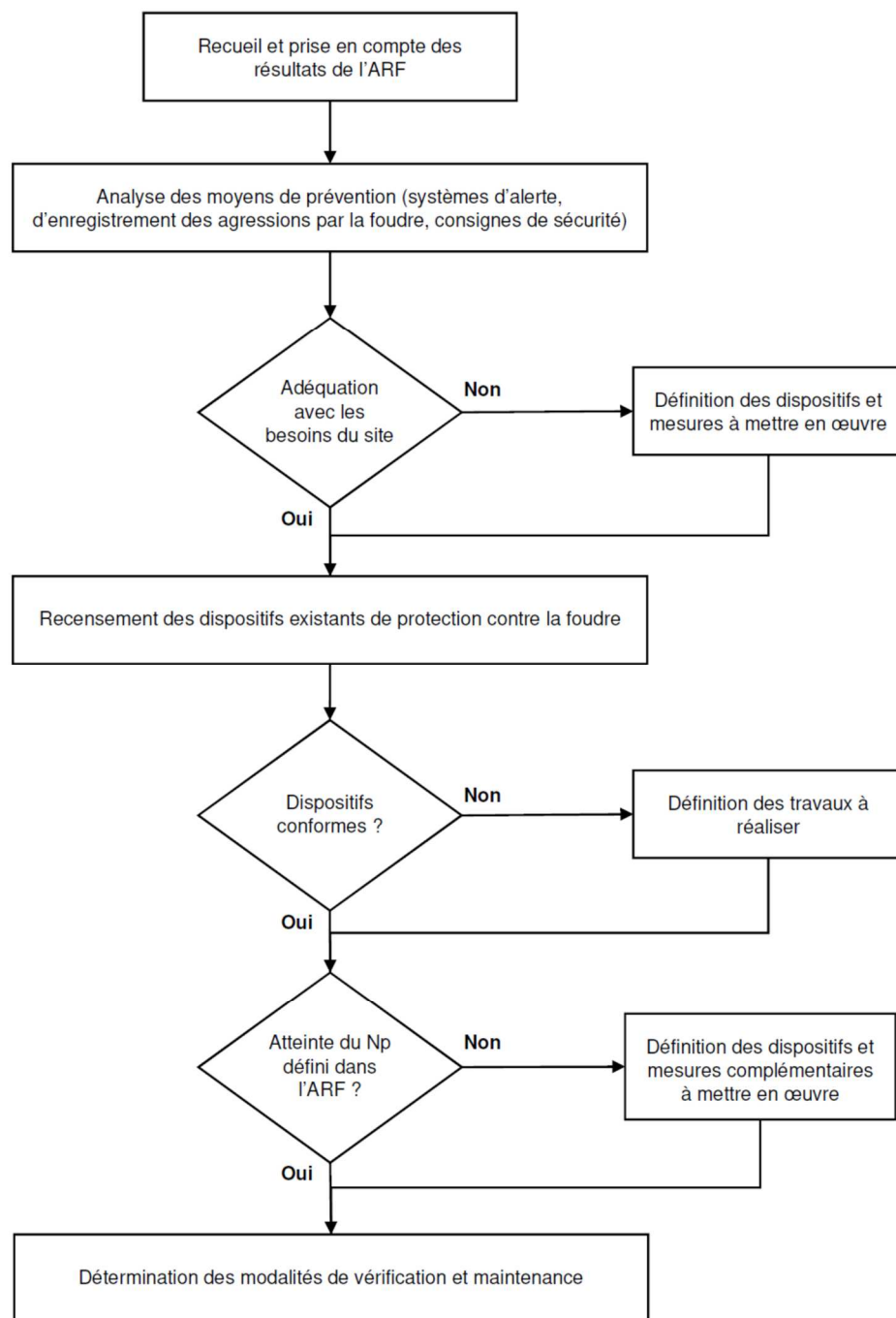
Norme NF C 17-102 : Protection contre la foudre - Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage.

Guide UTE C 15-443, § 7 et 8 : Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres - Choix et installations des parafoudres (Août 2004).

Rapport n° 2013/01 du GESIP : Protection des Installations Industrielles contre les effets de la foudre (Juillet 2013).

2.2 Déroulement de l'étude de conception

Pour chaque structure dont l'ARF a défini un besoin de protection, une étude de principe permettant de définir un Système de Protection Foudre (SPF) efficace et homogène est réalisée selon ce qui suit :



Une étude de conception de la protection foudre efficace et homogène consiste à définir :

- Le Système de Protection Foudre (SPF) ;
- Les Mesures de Protection contre l'impulsion électromagnétique Foudre (MPF)
- Les mesures et moyens de prévention ;
- Les modalités de maintien en état des installations.

2.3 Principes sur les mesures de protection

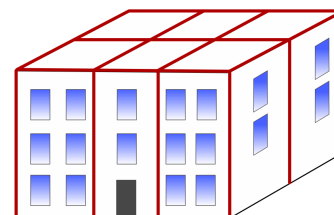
2.3.1 Le système de protection foudre

Des mesures de protection sont prises pour réduire le risque conformément au type de dommage. En ce qui concerne les dommages physiques, le système de protection foudre, selon les dispositifs de capture choisis, est basé sur les principes qui suivent.

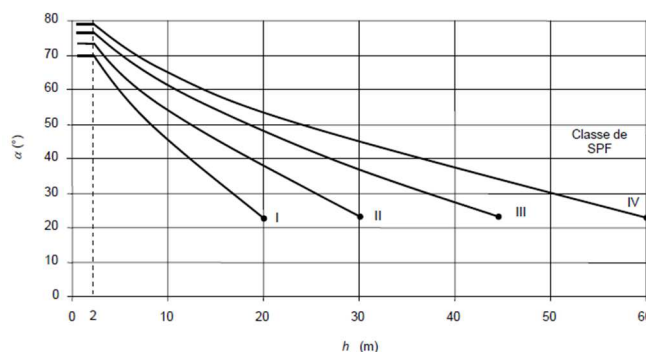
2.3.1.1 Le dispositif passif

Le dispositif passif est un dispositif qui ne provoque pas le foudroiement mais consiste à mettre en place, sur la toiture du bâtiment ainsi que sur les façades, des dispositifs de capture et d'écoulement du courant de foudre jusqu'à la terre.

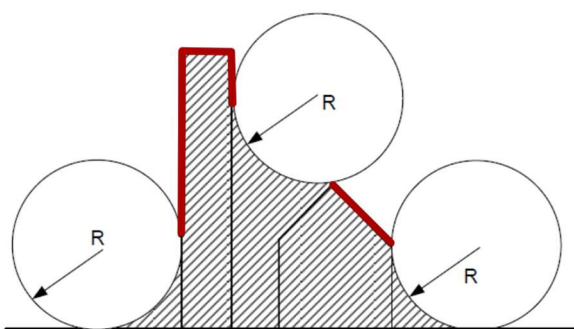
Selon la norme NF EN 62305-1, les paramètres suivants sont utilisés pour définir l'emplacement des dispositifs de capture (cages maillées, tiges simples, fils tendus) et notamment la zone de protection contre la foudre ZPF_{0B} :



Niveau de protection défini	Rayon sphère fictive (m)	Taille mailles (m)	Espace entre conducteurs de descente (m)	Courant crête maximal (kA)
I	20	5X5	10	200
II	30	10X10	10	150
III	45	15X15	15	100
IV	60	20X20	20	100

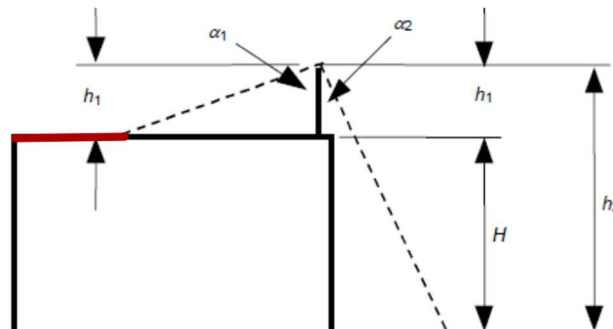


Application de la méthode de la sphère fictive



L'emplacement du dispositif de capture est approprié si aucun point de la structure à protéger ne vient en contact avec la sphère fictive de rayon R

Application de l'angle de protection



Le volume protégé a la forme d'un cône circulaire ayant pour axe la tige de capture et pour demi-angle la valeur α

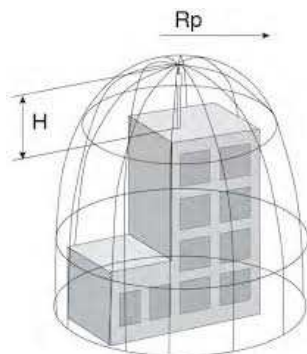


Surface non protégée

2.3.1.2 Le dispositif actif

Le dispositif actif est un dispositif qui, préalablement à un impact, émet une ionisation afin de canaliser et diriger la foudre vers un paratonnerre à dispositif actif (PdA) puis de la capter et d'écouler le courant jusqu'à la terre.

Selon la norme NF C 17102 traitant des paratonnerres à dispositif d'amorçage (PdA), la zone protégée est déterminée par l'avance à l'amorçage qui définit, selon la hauteur de la pointe par rapport à la surface à protéger, un rayon de protection R_p :

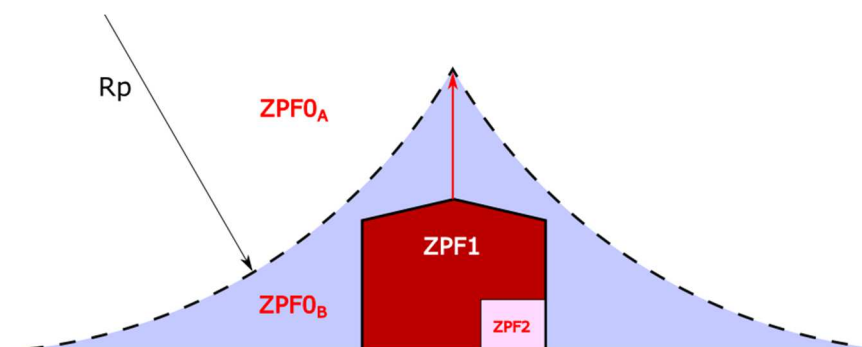


Le volume protégé l'est selon une surface de révolution définie par les rayons de protection correspondants aux différentes hauteurs prises en compte et dont l'axe est celui du paratonnerre.

2.3.1.3 Notions sur les zones de protection foudre

Les **zones de protection foudre ZPF** sont délimitées :

- soit par une zone extérieure à la structure, exposée ($ZPF0_A$) ou protégée ($ZPF0_B$) contre les coups de foudre directs et avec un environnement électromagnétique total ;
- soit par une ou des zones intérieures à la structure ($ZPF1$, $ZPF2$..), dans lesquelles le courant de foudre est limité par le partage de celui-ci à la frontière entre zones et l'environnement électromagnétique est atténué.



A chaque franchissement de ZPF des structures pour lesquelles un niveau de protection foudre est déterminé dans l'ARF, des mesures de protection foudre doivent être mises en œuvre comme prescrit dans les normes NF EN 62305 (réduction de champ, cheminement des canalisations, blindages, liaisons des parties métalliques entrantes par conducteurs ou parafoudres...).

2.3.2 Les mesures de protection contre l'IEMF

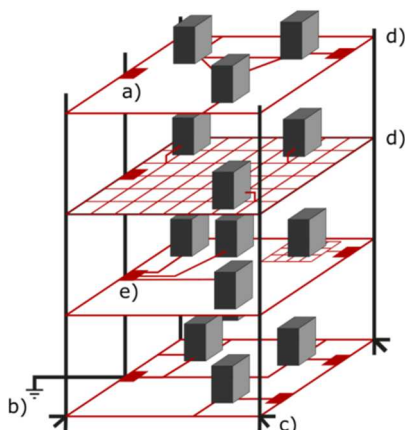
Le principe des MPF consiste en la protection des installations et réseaux internes (dans les $ZPF1$ ou plus) contre l'impulsion électromagnétique foudre (IEMF). Les réseaux de puissance et de communication comme le matériel peuvent être affectés par les chocs induits ou conduits dans les câbles et les chocs par couplage avec le champ électromagnétique rayonné.

2.3.2.1 Mises à la terre et équipotentialité des installations métalliques intérieures

Indépendamment des terres fonctionnelles ou de protection (conducteur vert-jaune), il est nécessaire de réaliser un plan de masse avec un maillage de faible impédance en multipliant les liaisons et en les réalisant aussi courtes que possible. Il a pour fonction de réduire le champ magnétique et de minimiser les différentielles de potentiel dans une même ZPF.

La configuration de type maillée « M » est particulièrement adaptée à la protection foudre.

La réalisation d'une structure maillée tridimensionnelle permet de réduire les effets de la foudre. Des conducteurs d'équipotentialité avec les parties conductrices de la structure et de tous les autres équipements métalliques (châssis, armoires, chemins de câbles ...), de section minimale 6mm² cuivre, peuvent être reliés en de multiples points à des barres d'équipotentialité de section minimale 50 mm² cuivre ou acier, disposées de façon à permettre un accès facile pour inspection. Chaque barre d'équipotentialité doit être raccordée au réseau de terre générale avec un conducteur de section minimale 16 mm² cuivre le plus court possible..



Un réseau de masse assurant une mise à un même potentiel est une mesure de protection efficace.

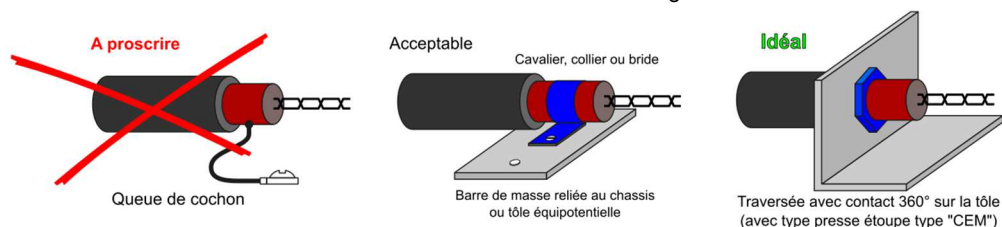
- a) barres équipotentialité
- b) prise de terre installations électriques
- c) prises de terre installation foudre
- d) réseaux équipotentialités avec configuration maillée « M »
- e) réseau équipotentialités avec configuration étoile « S » : à éviter notamment sur les structures de grande surface

2.3.2.2 Ecrans magnétiques

Les dispositions suivantes sont particulièrement efficaces pour limiter les effets des rayonnements électromagnétiques sur les installations :

- Blindage spatial des locaux ou équipements ;
- Blindage des câbles (par l'utilisation de chemins de câbles métalliques capotés ou d'un écran incorporé au câble, raccordés au plus court au réseau de terre, à chaque extrémité et/ou aux entrées dans les équipements avec une reprise efficace sur 360°).

Dessins relatifs au raccordement des blindages de câbles

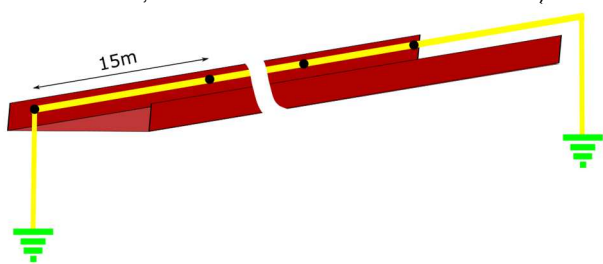


2.3.2.3 Cheminement des lignes internes

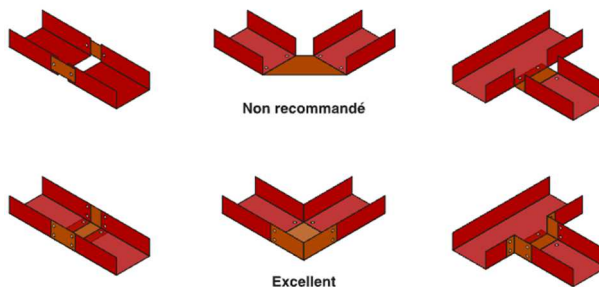
Pour les câbles (à l'exception des fibres optiques), il est nécessaire de limiter au maximum la constitution de boucles entre leurs cheminements et ceux des autres réseaux afin d'éviter les effets du rayonnement électromagnétique sur les installations. Pour ce faire, les circuits d'énergie (CFO) et les circuits de communication (CFA) doivent être placés à proximité les uns des autres et cheminer dans des supports, de préférence métalliques, réservés.

L'utilisation des chemins de câbles métalliques réduit l'effet des perturbations électromagnétiques si la continuité physique du support est assurée (garantissant une fonction d'écran métallique) et si la continuité électrique du support est réalisée par un conducteur de liaison équipotentielle circulant sur le chemin de câbles puis des mises à la terre régulières.

Continuité électrique des chemins de câbles participant au plan de masse de l'installation (interconnexion au conducteur de liaison équipotentielle fonctionnelle tous les 15m maxi puis au réseau d'équipotentialité local, réseau de terre, tous les 50m maxi et aux extrémités).

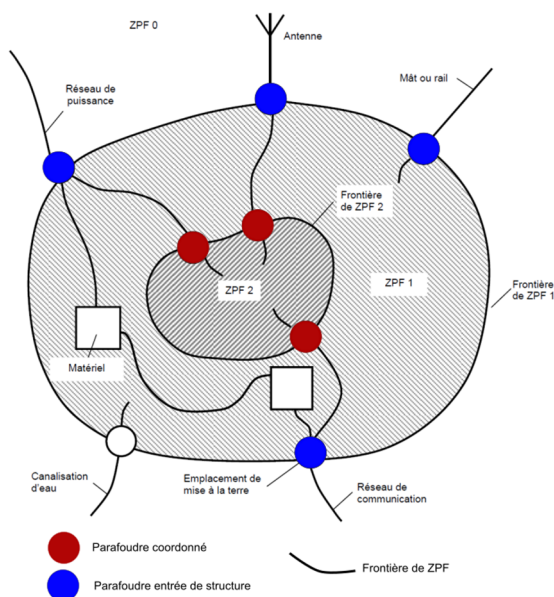


Continuité physique du support permettant d'assurer la fonction d'écran afin de réduire l'effet des perturbations électromagnétiques.



2.3.2.4 Parafoudres coordonnés

Les parafoudres peuvent être choisis et mis en œuvre de manière appropriée afin de réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication puis assurer la protection contre les chocs conduits des matériels qui seront considérés comme insensibles aux champs électromagnétiques rayonnés (immunité des matériels électroniques). Ils sont dits coordonnés afin qu'ils le soient avec les parafoudres à l'origine du réseau. Dans les MPF utilisant le concept de zones de protection contre la foudre avec plus d'une zone intérieure (ZPF 2 et plus), des parafoudres doivent être placés au point d'entrée des lignes dans chaque ZPF.



2.3.2.5 Interfaces d'isolement

Les courants de perturbation à fréquence industrielle dans les matériels et leurs câbles de communication associés peuvent être dus soit à des boucles de grande surface, soit à l'absence d'un réseau d'équipotentialité d'une impédance suffisamment faible. Pour éviter ce type de perturbations (essentiellement en schémas TN-C), une séparation appropriée entre les installations existantes et les nouvelles installations peut être réalisée par des interfaces d'isolement.

Les perturbations peuvent être évitées, notamment en schéma TN-C, en mettant en place une séparation appropriée avec les installations à protéger telle que :

- Des matériels isolés de classe II ;
- Des transformateurs d'isolement ;
- Des fibres optiques sans blindage ou des coupleurs optiques.

2.4 Notice de vérification et de maintenance – Carnet de bord de l'installation

Les documents listés ci-après sont fournis avec notre étude technique foudre et font partie intégrante de celle-ci :

- Notice de vérification et maintenance : n° 20432686_4.1.1.NVM
- Carnet de bord de l'installation : n° 20432686_4.1.1.CB

En cas de modification de l'étude technique foudre, ces documents devront être remis à jour.

2.5 Cadre de la mission

Notre mission a consisté à réaliser :

Une étude technique foudre portant sur la protection des bâtiments du site contre les effets directs et indirects de la foudre. Elle est basée sur les résultats de l'ARF.

2.6 Limites de l'étude de conception

L'étude technique a pour objet de définir :

- Les dispositifs de protection contre les effets directs de la foudre à mettre en œuvre (type, caractéristiques et positionnement) ;
- Les liaisons équipotentielle à mettre en place entre le système de protection foudre et les lignes et canalisations conductrices entrantes ;
- Les dispositifs de protection contre les effets indirects de la foudre à mettre en œuvre sur les réseaux internes (nombre, caractéristiques, localisation et dimensionnement en courant des parafoudres, mesures de protection contre l'IEMF) en excluant les appareils à protéger qui doivent répondre aux directives CEM ;
- Les mesures de prévention à adopter et à intégrer dans les procédures d'exploitation de l'installation.

Elle se base sur les structures identifiées et leurs niveaux respectifs de protection définis dans l'ARF.

Elle consiste à déterminer les caractéristiques des dispositifs de protection, leur positionnement et les modalités de maintenance et de vérification afférentes. Elle ne comprend pas la protection des installations, équipements et fonctions autres que ceux listés dans l'ARF.

Elle considère que le matériel sous enveloppe métallique, associé aux mesures de protection foudre et sauf avis contraire transmis lors de notre mission, est conforme aux normes de produits CEM auxquels doit se référer le fabricant. Par conséquent, la défaillance du matériel conforme à ces normes est négligée.

Elle ne se substitue pas aux études de détails et d'exécution.

Les modalités de maintenance et de vérification sont établies en fonction des caractéristiques générales des dispositifs préconisés.

Les marques et références de ces dispositifs n'étant pas connues à ce stade de l'étude, ces modalités pourront être complétées à l'issue de l'installation par des préconisations faites par les fabricants des dispositifs installés.

Nota :

- a)** des contraintes de réalisation peuvent apparaître en cours de chantier et amener à déroger aux préconisations de la présente étude. Ces dérogations pouvant avoir une influence sur l'efficacité du système de protection foudre, il convient alors d'en avertir l'auteur de cette étude dès que possible afin de permettre, dans le cadre d'une mission complémentaire, une validation des modifications proposées, une mise à jour de l'étude et des modalités de maintenance et de vérification.
- b)** En absence d'exigence quant à la mise en place de mesures de protection foudre sur une structure, les installations de protection foudre existantes seront maintenues en service ou non selon le choix du client. Si elles sont maintenues en service, elles le seront au regard de la norme applicable à mise en service.

2.7 Personne(s) rencontrée(s)

La mission se réalise dans cadre d'un projet de construction et sur documents. Notre correspondant est M.DUPONT Jean-Guy- Fonction : Chargé d'affaires

☎ : 04.83.08.15.80.

✉ : jean-guy.dupont@intradef.gouv.fr

A l'issue de la visite sur site, nous avons fait part de nos observations à M.DUPONT Jean-Guy.

3 Documents présentés

Foudre	
Titre	Date et référence.
Analyse du risque foudre	20432686/3.1.1 du 30/11/2023

Caractéristiques et localisation des moyens de protection foudre existants	
Titre	Date et référence.
Notice technique magasin munition	Juillet 2015

Installations électriques	
Titre	Date et référence.
	Non communiqué par M.DUPONT

Protection contre les risques d'explosions (DRPE)	
Titre	Date et référence.
	Non communiqué par M.DUPONT

Plans de masse	
Titre	Date et référence.
Plan de masse magasin munition	Octobre 2023

Plans de coupe et d'élévation des structures	
Titre	Date et référence.
Magasin munition	N_00.FUT
Magasin munition	Plan de façades

Plans de toitures	
Titre	Date et référence.
Magasin munition	Plan de toiture

Plans des réseaux enterrés	
Titre	Date et référence.
Plan des réseaux	233069

Plans des canalisations conductrices entrantes des structures	
Titre	Date et référence.
Plan des réseaux	233069

Plans des réseaux électriques enterrés	
Titre	Date et référence.
Plan des réseaux	233069

Schéma de principe du réseau de terre	
Titre	Date et référence.
	Non communiqué par M.DUPONT

Schémas électriques et synoptique	
Titre	Date et référence.
	Non communiqué par M.DUPONT

4 Prescriptions de l'analyse du risque foudre

Les solutions prescrites dans cette étude technique foudre (ETF) sont étroitement liées aux niveaux de protection déterminés dans l'Analyse du Risque Foudre (ARF). Elles visent :

- A assurer la protection des structures, équipements et réseaux conducteurs pour lesquels l'ARF a mis en évidence une nécessité de protection ;
- A définir les mesures et dispositifs à mettre en œuvre de manière à anticiper aux mieux les effets de la foudre.

4.1 Mesures de protection à mettre en œuvre selon l'ARF

Il y a lieu de se reporter à chacune des fiches de cette étude foudre pour avoir un récapitulatif des nécessités de protection mises en évidence dans l'analyse du risque foudre.

4.2 Mesures et dispositifs de prévention à mettre en œuvre selon l'ARF

Aucun besoin n'a été identifié.

5 Fiche 1 – Dispositions applicables à la structure magasin munitions.

Les travaux prescrits dans l'Etude Technique Foudre (ETF) devront être réalisés par une société disposant de la **qualification QUALIFOUDRE** attribuée par l'INERIS. Une liste des entreprises est disponible sur le site de l'INERIS.

5.1 Données provenant de l'ARF

Structure A – Identification : Magasin munitions	
Liste de besoins de protection	Niveaux de protection à atteindre
Structure et lignes entrantes à protéger	
<p>Il ressort de cette analyse que le risque tolérable sur la structure est plus faible que le risque probable estimé. De ce fait, un niveau de protection est requis sur la structure ainsi que sur les lignes d'alimentation et de communication suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ligne BT d'alimentation ; - Ligne de surveillance de centrale incendie ; - Ligne de surveillance de l'alarme intrusion. 	NP IV
Éléments Importants Pour la Sécurité à protéger ou Mesures de Maitrise des Risques	
<p>Le fonctionnement des éléments suivants, considérés comme importants pour la sécurité, doit être assuré par des mesures de protection (MPF) adaptées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Centrale de détection incendie. 	NP IV
Equipotentialités	
Non applicable en absence de canalisation conductrice.	Pas d'obligation
Commentaires	

Etude du choix technologique de protection de la structure – Données issues de l'ARF	
Activité principale	Magasin de stockage de munitions (cartouches). 4 cellules pour stockage des munitions de DR1.3 et 1.4, 1 cellule en bloc béton ouverte vers l'extérieur, 1 local pour les emballages.
Informations générales sur la structure	
Dimensions (m) (A _{db})	L (m) : 11.20 l (m) : 10.20 h (m) : 2.99 h max (m) : 3.06
Informations complémentaires relatives à la structure et utiles à la compréhension de l'analyse	
Constitution	Ossature : béton armé Charpente : bois Couverture : fibrociment Parois : béton armé
Particularités	Magasin de stockage munition de l'armée de terre.
Risques majorants retenus dans les zones de la structure	
Risque d'incendie	Elevé (>800MJ/m²)
Risques spécifiques majeurs à retenir	Pas de risque spécifique
Impact lié aux risques spécifiques (selon scénarios de l'EDD)	Le mode de construction du bâtiment et la nature des matériaux utilisés est telle qu'en cas d'événement pyrotechnique, le risque de projection de masses importantes est aussi réduit que possible.
Blindage/Technologie de protection en place	
Blindage de la structure, toutes zones (K _{s1} - Frontière ZPF0/1)	Pas de blindage Nota : selon la norme NF EN 62305-1 (annexe E), l'efficacité d'un blindage par maille est considérée comme satisfaisante lorsque la taille de celle-ci est inférieure ou égale à 5m. Au-delà de cette dimension, la ZPF 1 est considérée sans écran et des chocs relativement élevés peuvent se produire en raison des effets d'induction d'un champ magnétique non amorti.
Structure tolérante aux impacts foudre	Non
	Justification : Structure en béton.
Réseau de terre de la structure	Inconnu

5.2 Système de protection foudre - Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF)

Le schéma d'implantation de l'installation à mettre en œuvre est fourni en annexes. Les cotes définies devront être respectées afin d'assurer la protection de la structure.

5.2.1 Dispositifs de protection existants

Sans objet : projet de construction.

5.2.2 Travaux à réaliser dans le cadre des installations extérieures de protection foudre

Le bâtiment est à protéger en niveau **IV** selon les calculs menés conformément à la norme NF EN 62305-2 et le choix fait pour la suite le sera en prenant en compte le meilleur compromis entre les aspects techniques et économique de la réalisation.

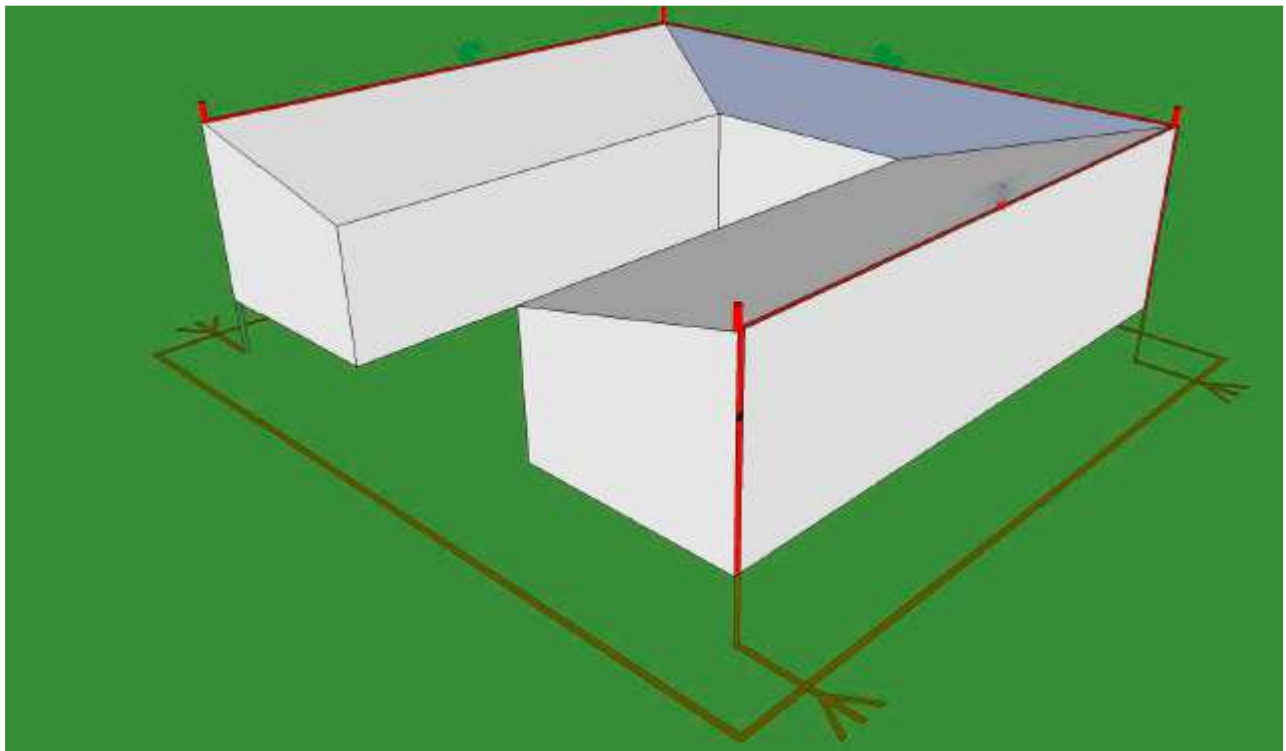
Sur cette structure, il a été fait le choix d'une protection passive par **cage maillée et tige simple** pour les parties dominantes : elle est recommandée pour une telle structure présentant des équipements sensibles ou des installations à risque. Elle présente l'avantage, en divisant le courant de foudre dans de nombreuses branches, de réduire les montées en potentiel du réseau de terre, les étincelages entre masses métalliques et les effets électromagnétiques induits. Ce type de protection est régi par la norme **NF EN 62305-3 de 2012**. La méthode de la sphère fictive et/ou de l'angle de protection sera employée.

Tous les composants constituant l'installation extérieure de protection foudre doivent répondre aux normes de la série **NF EN 62561** (connexions, conducteurs et électrodes, fixations, regards, compteurs). Les fiches techniques avec conformité aux normes pour chacun d'entre eux sont à fournir avec le DOE.

Les fixations primaires du SPF sur la structure ne devront **pas affecter la tenue à l'eau des matériaux** sur lesquels elles seront installées.

5.2.2.1 Dispositif de capture

Figure 1 : principe d'installation des pointes captrices puis implantation des descentes et prises de terre



Cahier des charges relatif au dispositif de capture fixé à la structure

Repère rapport	Nombre pointes simples	Dimensions mailles toiture	Distances entre descentes	Prescriptions particulières
	4	20x20	20	Mise en place de quatre pointes caprices de 30cm en toiture, interconnexion des quatre pointes en méplat 30x2mm.
Commentaires				
Voir les annexes pour les implantations et cotations des dispositifs de capture et de descente.				

5.2.2.2 Conducteurs de descente

Leur implantation a été choisie pour être la plus directe possible et pour éviter la proximité avec les équipements sensibles intérieurs comme extérieurs.

Cahier des charges relatif aux conducteurs de descentes

Repère rapport	Type et nombre	Joint de contrôle	Implantation (voir les annexes pour le détail)	Nature et dimensions
DE 1	1 conducteurs de descente fixés à la structure pour chaque pointes caprice	Oui	Selon figure 1	Le choix devra respecter les prescriptions de l'annexe B
Prescriptions et commentaires				
Les conducteurs de descente doivent être protégés contre tout risque de choc mécanique à l'aide de fourreaux de protection, jusqu'à une hauteur d'au moins 2 m au-dessus du niveau du sol (NFC 17102).				
Les conducteurs de toiture et de descente doivent être fixés selon les indications du tableau E1 suivant (NF EN 62305-3)				

Tableau E.1 – Points de fixation suggérés

Disposition	Points de fixation pour conducteurs ruban, torsadés et ronds étirés et souples mm	Points de fixation pour conducteurs pleins ronds mm
Conducteurs horizontaux sur surfaces horizontales	1 000	1 000
Conducteurs horizontaux sur surfaces verticales	500	1 000
Conducteurs verticaux du sol jusqu'à 20 m	1 000	1 000
Conducteurs verticaux au-dessus de 20 m	500	1 000
NOTE 1 Ce tableau ne s'applique pas à des fixations préfabriquées, qui peuvent requérir des études particulières.		
NOTE 2 Il convient que la détermination des conditions d'environnement (c'est-à-dire la charge due au vent prévue) soit effectuée et il se peut que des points de fixation différents de ceux recommandés se révèlent nécessaires.		

Le nombre de raccords le long des conducteurs doit être réduit au minimum. Les raccords sont réalisés par des méthodes telles que serrage, sertissage, brasage, soudage. Les percements, réduisant les sections, sont interdits.

5.2.2.3 Distances de séparation

Elles ont été estimées afin d'éviter toute étincelle dangereuse entre les conducteurs de descentes et les parties métalliques proches.

Calcul des distances de séparation selon méthode simplifiée				
Structure		Nombre de descentes	Niveau de protection	Matériaux pris en compte
Données		4	IV	Autres que l'air
Coefficients ($k_c - k_i - k_m$)		0.41	0.04	0.5
Equipements ou éléments pris en compte Descentes concernées	Distance existante d (m) (2)	Distance de séparation évaluée s (m)	Distance L (m) (1)	Valeur $d > s$
Descentes angles bâtiment stockage munitions	(valeur en m) : s à respecter	0.0984	3	Non applicable, phase de projet

(1) L : distance entre le point où la distance de séparation est prise en considération et le point de la liaison équipotentielle la plus proche (généralement le sol).

(2) d : la valeur mesurée doit être supérieure à la distance de séparation s .

L'isolation électrique entre le dispositif de capture ou le conducteur de descente et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les réseaux internes est assurée si la(es) distance(s) de séparation s entre les éléments est (sont) respectée(s). Il est important de privilégier le respect des distances de séparation des équipements électriques en les déplaçant (ou en modifiant éventuellement l'emplacement des conducteurs de descente).

5.2.2.4 Dispositif de comptage

Afin de permettre le comptage des impacts reçus par le dispositif, un compteur horodaté, conforme à la norme et répondant aux exigences de la réglementation, est à mettre en place sur la descente la plus courte.

Cahier des charges relatif aux dispositifs de comptage	
Descente concernée	Dispositions à respecter
DE 1	Mise en place d'un compteur horodaté situé à environ 2m du sol.

5.2.2.5 Joint de contrôle

Chaque descente dédiée est à relier à une prise de terre par l'intermédiaire d'un joint de contrôle situé en partie basse de celle-ci. Pour les descentes installées sur parois métalliques ou pour les descentes non équipées de conducteurs spécifiques, ces joints pourront être installés dans un puits de terre conforme à la norme NF EN 62561-5.

Cette borne doit être facilement accessible, démontable à l'aide d'outils pour les besoins de mesures, mais doit rester fermée pendant l'utilisation normale.

Cahier des charges relatif aux joints de contrôle	
Descentes concernées	Dispositions à respecter
DE 1 à 4	Joints de contrôle facilement accessibles et démontables à mettre en œuvre à des fins de mesures.

5.2.2.6 Prise de terre

Cette partie de l'installation extérieure de SPF est destinée à conduire et à dissiper le courant de foudre à la terre. La forme et les dimensions du réseau de prises de terre constituent les critères importants et l'installateur doit faire des photographies dimensionnées de la réalisation avant remblaiement. Ces photographies doivent être mises dans le DOE.

Les composants de la prise de terre foudre doivent être à au moins 2m de toute canalisation métallique enterrée si celles-ci ne sont pas connectées à la liaison équipotentielle de la structure (NF C 17-102).

Mesure et étude de la résistivité du sol		
Repère zone de mesure	Localisation	Résistivité du sol (en $\Omega.m$)
/	Bâtiment stockage munitions	/
Prescriptions et commentaires		
Mesure non réalisable durant la phase de projet.		

Cahier des charges relatif aux prises de terre foudre à réaliser			
Repère rapport	Localisation	Type	Constitution de la PdT
PT 1	Bâtiment stockage munitions	B	Elle sera constituée d'une boucle extérieure, enfouie à une profondeur d'au moins 50cm en dessous du sol fini et en contact avec celui-ci sur une longueur d'au moins 80% de sa longueur totale (NF C 17102).
Prescriptions et commentaires			
<p>La valeur de résistance mesurée à l'aide d'un équipement adapté devra être la plus basse possible (inférieure à 10 Ω) et il revient à l'installateur de prendre en charge les éventuels travaux complémentaires.</p> <p>Cette résistance sera mesurée au niveau de la prise de terre isolée de tout autre composant conducteur.</p> <p>Chaque prise de terre devra être équipée d'un joint de contrôle et d'une équipotentialité avec le réseau de terre du site (voir chapitres dédiés).</p>			

5.2.2.7 Equipotentialité des prises de terre

La prise de terre des installations électriques d'un bâtiment doit être réalisée par une boucle à fond de fouilles de section mini 25mm² avec interconnexions des poteaux dans le cas d'une ossature métallique (NF C 15100). En absence de schéma du réseau de terre et puisque la boucle n'est pas visible sur site, il a lieu de la retrouver lors d'une fouille afin de réaliser l'interconnexion au niveau du sol entre celle-ci et la prise de terre foudre sur chacune des descentes. Cette interconnexion est à réaliser à l'aide d'un conducteur normalisé en cuivre de section 50 mm² et avec une déconnection possible pour les vérifications (barre d'équipotentialité ou regard de visite facilement accessible, justement dimensionné pour permettre les mesures et comportant le symbole ci-contre).



Cahier des charges relatif aux équipotentialités des prises de terre	
Prise de terre concernée	Dispositions à respecter
PT 1 à 4	Interconnexions 50mm ² à réaliser avec les prises de terre foudre et les remontées du ceinturage fond de fouille 25mm ² visible sur les piliers ou une barre d'équipotentialité les plus proches.

5.3 Système de protection foudre – Installations intérieures de protection foudre (IIPF)

Afin de prendre en compte l'écoulement du courant de foudre dans l'installation extérieure et empêcher l'apparition d'étincelles dangereuses, une équipotentialité est réalisée par l'interconnexion avec le SPF et le réseau de terre :

- des réseaux conducteurs extérieurs entrants et les lignes connectées à la structure ;
- des installations métalliques ;
- des réseaux internes.

Les moyens d'interconnexions sont les conducteurs d'équipotentialité et les parafoudres ou les éclateurs lorsque les liaisons directes ne sont pas possibles.

Les parafoudres (SPD) mis en place devront être **conformes aux normes de la série NF EN 61643**.

Les parafoudres et leur déconnecteur forment un ensemble qui doit supporter les essais de fonctionnement liés aux impulsions et au comportement en court-circuit en cas de fin de vie du parafoudre prescrits par les normes produits. Sauf dans le cas de déconnecteur intégré, il convient d'utiliser le ou les modèles de déconnecteur indiqués par le constructeur afin que le SPD tienne les valeurs qui lui sont assignées et garantisse l'efficacité de la protection contre la foudre.

Les fiches techniques avec conformité aux normes pour chacun d'entre eux sont à fournir avec le DOE. Ils seront pourvus d'indicateur visuel permettant de constater leur état de vie. Dans le cas contraire, la notice du co

5.3.1 Dispositifs de protection existants

Sans objet : projet de construction.

5.3.1.1 Parafoudres en place sur l'installation

Sans objet : projet de construction.

5.3.1.2 Réseau de terre générale et liaisons équipotentiellles des canalisations conductrices entrantes

Constitution du réseau de terre de la structure				
Repère rapport	Document de référence	Constitution	Section (mm ²)	Nature du conducteur
		Informations non communiquées	-	-
Constats, commentaires et observations				
Non connu durant la phase de projet.				

5.3.2 Travaux à réaliser dans le cadre des installations intérieures de protection foudre

Ce chapitre traite de la protection de l'ensemble des **lignes et réseaux conducteurs entrants** dans la structure puis des **alimentations des EIPS**.

Pour la protection des réseaux internes, il y a lieu de se reporter au chapitre « Mesures de protection contre l'IEMF (MPF) ».

5.3.2.1 Equipotentialité foudre des réseaux conducteurs entrants

Les réseaux de fluides doivent participer à l'équipotentialité générale du site. Des équipotentialités sont assurées pour chaque service conducteur entrant à la frontière ZPF_{0A}/ZPF₁. La liaison équipotentielle de foudre doit être établie au niveau du sol, **aussi près que possible du point de pénétration** dans la structure à protéger et par **la liaison la plus courte possible** avec la barre d'équipotentialité si elle existe ou le réseau de terre.

La continuité sera considérée comme électriquement non satisfaisante si les jonctions entre éléments ne sont pas soudées, ne sont pas mécaniquement sûres ou sont couvertes de peinture. Dans de pareils cas, il y a lieu de mettre en place des shunts (et en présence de peinture, celle-ci devra être retirée) sur ces raccords afin de rétablir l'équipotentialité des tuyauteries.

Si pour des raisons techniques la liaison équipotentielle ne doit pas être réalisée (exemple des canalisations de gaz sous protection cathodique), il sera fait usage d'éclateurs (conformes à la norme NF EN 62561-3) qui mettront à la terre la canalisation uniquement pendant la durée du choc de foudre.

Ce point ne sera pas détaillé en absence de prescription quant à un niveau de protection foudre à atteindre, absence de canalisation de fluide recensé durant la phase de projet.

5.3.2.2 Equipotentialité foudre des lignes entrantes dans la structure

En référence à l'ARF menée conformément à la norme NF EN 62305-2, des parafoudres à la frontière ZPF_{0A} à ZPF₁, avec un **niveau de protection IV**, sont nécessaires sur les lignes à l'entrée de la structure.

Les lignes identifiées dans l'ARF sont les suivantes :

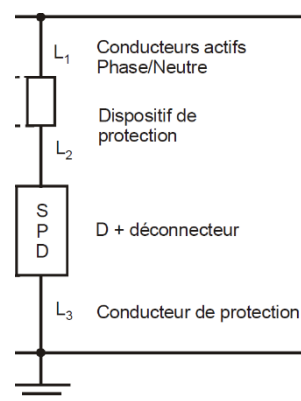
- Ligne BT d'alimentation ;
- Ligne de surveillance de la centrale incendie ;
- Ligne de surveillance de l'alarme intrusion.

Les lignes non blindées provenant de l'extérieur doivent être protégées par parafoudres qui sont appropriés au niveau de protection et qui ont subi les essais de la classe I (onde 10/350µs).

5.3.2.3 Prescriptions générales sur la mise en œuvre des parafoudres

Afin d'assurer la protection du matériel au regard du choix fait pour la tension de protection du parafoudre courants forts, il est indispensable que la **longueur totale des conducteurs de raccordement L** ($L_1 + L_2 + L_3$) soit aussi courte que possible et qu'elle **n'excède pas 0,5 m**.

Cette règle des 50cm de câblage est également à respecter pour les parafoudres de communications.



Les sections minimales des conducteurs pour les parafoudres basse tension sont de 16mm² cuivre pour le parafoudre de type 1 et de 6mm² pour le parafoudre de type 2. Elles doivent être augmentées au regard du calibre du déconnecteur amont prescrit par le constructeur du parafoudre afin de respecter la contrainte thermique des conducteurs. Pour les autres parafoudres (réseaux de télécommunication et de signalisation), cette section minimale est de 1mm².

Il faudra veiller à réduire les surfaces de boucles en faisant cheminer ensemble les conducteurs de câblage du parafoudre et de son déconnecteur, en **évitant le mélange des câbles protégés avec les câbles perturbés** et en plaçant ces derniers le plus près possible, lorsque l'armoire électrique est métallique, des parois de celle-ci.

Le courant de choc s'écoule au travers des **protections contre les courants de défaut** (déconnecteur externe) qui sont associées aux parafoudres et qui sont adaptés au courant de court-circuit au point de leur installation. Pour éviter les déclenchements de ces protections, elles devront être **choisies en fonction des prescriptions du fabricant** afin d'empêcher que les parafoudres ne limitent la capacité de tenue aux chocs de l'installation. Pour les fusibles sous onde 10/350µs (parafoudres de type 1), ils devront être spécifiquement choisis : **les cartouches cylindriques ne pourront être utilisées que sous réserve d'essais de fonctionnement conformes à la NF EN 61643-11 réalisés par le fabricant**. S'il est nécessaire de privilégier la continuité de service des installations, une sélectivité devra être assurée entre le déconnecteur du parafoudre et la protection amont de celui-ci.

La liaison de mise à la terre entre le châssis de mise à la terre des modules téléphoniques et le réseau de terre doit avoir une section minimale de 16mm² cuivre.

5.3.2.4 Protection des installations des circuits de puissance (courants forts CFO)

5.3.2.4.1 Description de la distribution basse tension

La structure est alimentée en basse tension par une ligne souterraine depuis le réseau interne au site. Cette ligne est non blindée.

La structure n'est pas interconnectée aux autres structures du site par un conducteur d'équipotentialité complémentaire en parallèle avec les différentes lignes les reliant. Il sera recommandé d'acheminer ces lignes dans des conduits métalliques fermés et interconnectés ou de les accompagner d'un conducteur d'équipotentialité cheminant en parallèle avec elles.

* Dj = Disjoncteur / F = fusibles / Int = interrupteur

Armoires divisionnaires dans lesquelles seront mis en place des parafoudres							
Repère rapport	Désignation et localisation client	Régime neutre	Tension Distribution (V)	Ik3 (kA)	Dispositif de protection en tête d'armoire ou en amont du circuit concerné		
					Type *	Calibre (A)	PdC (kA)
AD 1	Coffret BT bâtiment stockage munitions	TT	410	/	/	/	/
Prescriptions et commentaires							
Alimentation en basse tension dans le cas d'un raccordement électrique du magasin avec une infrastructure existante d'une distance inférieur à 200m. Si l'alimentation électrique >200m, elle sera réalisée par un réseau HTA biphasé 3.2KV.							

* Dj = Disjoncteur / F = fusibles / Int = interrupteur

Nota : il n'est pas traité de la protection des installations à haute tension. Selon la NF EN 62305-2, les lignes HT sont uniquement prises en compte comme source de surtension sur les réseaux BT avec un coefficient d'atténuation lié à la présence d'un transformateur.

5.3.2.4.2 Evaluation des courants de décharge

La structure est équipée d'un SPF. Le ou les parafoudres sur les lignes entrantes devront être de type 1.

Evaluation du courant I_{imp} des parafoudres de type 1 (classe d'essai I) :

Le courant I_{imp} sera celui calculé pour la structure bâtiment stockage munitions à laquelle est raccordée cette structure et sa valeur sera de **12.5kA**.

Le courant I_{imp} dépend :

- du courant du coup de foudre direct maximum attendu (courant de crête donné dans le tableau ci-dessous en fonction du niveau de protection) ;

Niveau de protection de l'installation	Courant crête I (kA)
I	200
II	150
III	100
IV	100

- du nombre de lignes et d'éléments conducteurs pénétrant dans la structure ;
- du nombre de pôles du parafoudre.

Si I_f est la partie du courant de foudre s'écoulant dans un élément conducteur ou une ligne extérieure et I la valeur crête du courant de foudre selon le niveau de protection retenu (voir tableau ci-dessus) :

$$I_f = k_e \cdot I \text{ avec } k_e, \text{ facteur de répartition du courant.}$$

En supposant en première approximation que la moitié du courant de foudre s'écoule à la terre ($k_e = 0,5$), la valeur d'I_f **par élément conducteur** extérieur est de :

$$I_f = I \cdot 0,5 / n$$

$n = n_1 + n_2$ avec n_1 : nombre total des éléments conducteurs extérieurs ou lignes extérieures enterrées(e)s ;
 n_2 : nombre total des éléments conducteurs extérieurs ou lignes extérieures aériennes).

Nota :

- les lignes de communication, signal ou autres courants faibles n'ont pas été retenues dans le nombre n d'éléments conducteurs entrants ;
- En cas d'un ou plusieurs éléments conducteurs avec un même lieu de pénétration (canalisations gaz, eau et autres fluides), « n » est pris égal à 1.

Si cet élément conducteur extérieur est une ligne électrique avec **n'** le nombre de conducteurs actifs (sauf pour câbles blindés ou écrantés), chaque conducteur actif écoulera un courant I'_f égal à :

$$I'_f = I_f / n'$$

La condition à respecter par pôle de parafoudre pour les réseaux de puissance est alors la suivante : $I_{imp} \geq I'_f$.

Evaluation courant de décharge					
Courant crête I (kA)	Courant s'écoulant dans les réseaux (50% de I) (kA)	Nombre n de lignes et éléments conducteurs	Courant I _f attendu dans chaque ligne ou élément conducteur (kA)	Nombre n' de conducteurs actifs par ligne	I _f ' calculé par conducteur * (kA)
100	50	1 ligne électrique	16.6	4	4.16
		2 lignes de communication		2	8.33
Nombre « n1+n2 » de lignes et éléments conducteurs			3		

* : la valeur I_{imp} du parafoudre choisi ne peut pas être inférieure à 12,5 kA pour le réseau basse tension (exigences de la NF C 15100 et du guide UTE C 15443).

Evaluation du courant I_n des parafoudres de type 2 (classe d'essai II) :

a) Afin d'optimiser la valeur I_n , une évaluation a été faite selon le **guide UTE C 15443** pour les **réseaux entrants** dans la structure (voir ci-dessous). Elle a été réalisée en prenant la ligne la plus contraignante en énergie comme la ligne la plus contraignante en communication.

La valeur I_n devra être supérieure ou égale à :

- **12.5 kA** pour l'énergie ;
- **10 kA** pour les communications.

*Nota : la valeur minimale de 5kA définie par le guide UTE C 15-443 caractérise les **parafoudres à l'origine d'une installation alimentée par le réseau public (BT et télécommunication)**.*

Caractérisation des parafoudres Evaluation du I_n selon § 7.2 du guide UTE C 15-443 d'Août 2004

A) CHOIX DES COEFFICIENTS

	Energie	Communication
Longueur en km de ligne aérienne (dans la limite des 500m) : L^{**}	0	0
Longueur aérienne alimentant l'installation < à 0,5 km	Longueur en km	
Longueur aérienne alimentant l'installation >= à 0,5 km	0,5	
Situation de la ligne aérienne et du bâtiment : δ^*	1	1
Sur une crête ou présence d'eau ou site montagneux	1	
Terrain plat ou découvert	0,75	
Quelques structures à proximité ou inconnue	0,5	
Complètement entouré de structures	0	

* : valeur maxi résultante des situations présentées ci-dessus pour la ligne aérienne et le bâtiment

** : en absence de ligne aérienne, mettre 0

B) DETERMINATION DU NIVEAU KERAUNIQUE

Niveau kéraunique retenu : $N_k=10N_{sg}$	N_k retenu =	27,5
Densité de foudroiement selon interprétation NF C17-102 F 11 (2015)	N_{sg} carte =	
Densité de foudroiement selon réseau METEORAGE (impacts/k m²/an)	N_{sg} Météorage =	2,75

C) OPTIMISATION DU CHOIX DE I_n EN FONCTION DE L'ESTIMATION DU RISQUE F

Evaluation du niveau d'exposition aux surtensions de foudre $F = N_k \cdot (1,6 + 2L + \delta)$			Valeur de I_n (kA)
Energie	Niveau d'exposition aux surtensions =	71,5	10
Communication	Niveau d'exposition aux surtensions =	71,5	10

5.3.2.4.3 Travaux à réaliser sur la protection des réseaux entrants dans la structure

Des parafoudres (SPD) sont à mettre en place sur **les réseaux entrants** au niveau de leur pénétration dans la structure. Les réseaux entrants, **issus de la ZPF 0_A**, sont ceux identifiés dans l'ARF.

Leur protection par déconnecteur externe est assurée par disjoncteur ou par fusibles **selon les préconisations du fabricant**. Elle est choisie en fonction du courant de court-circuit au point d'insertion du dispositif et elle doit assurer une sélectivité thermique avec le dispositif amont et devra pouvoir écouler l'onde 10/350µs pour les parafoudres de type 1.

Les parafoudres existants peuvent être maintenus en service sous réserve que leurs caractéristiques répondent aux prescriptions ci-dessous et que la mise en œuvre satisfasse aux exigences du fabricant :

Cahier des charges relatif aux parafoudres sur les réseaux entrants dans les tableaux de distribution (frontière ZPF_{0A}/ZPF₁)

Repère rapport	Repère armoire rapport	SPD existant maintenu	Réseau entrant identifié (ligne ou équipement en ZPF _{0A})	Catégorie tenue chocs U _w (kV)	Réseau	Mode connex.	Type SPD	Tension régime U _c (V) ≥ à	Tension protection U _p (kV) ≤ à	Courant nominal I _n (kA) ≥ à *	Courant de choc I _{imp} (kA) ≥ à	I _{sccr} (kA) ≥ à
SPD 1	Coffret bâtiment stockage munitions	Non équipé	Ligne BT	2,5	3P+N	CT1	T1	253	2.5	10	12.5	**
Prescriptions et commentaires												
** Inconnue durant la phase de projet.												

* : la valeur I_n a été déterminée par évaluation du risque selon le guide UTE 15-443.

5.3.2.5 Protection des installations de communication (courants faibles CFA)

Les **liaisons de communication entrantes** suivantes nécessitent une protection contre les effets de la foudre :

- La ligne de surveillance de la centrale incendie ;
- La ligne de surveillance de l'alarme intrusion.

Les réseaux internes à la structure sont traités dans le chapitre mesures de protection contre l'IEMF (MPF).

Les liaisons pour courants faibles qui requièrent une protection peuvent être protégées :

- Soit avec un mode de pose et/ou des câbles appropriés ;
- Soit par l'installation de parafoudres aux extrémités de chaque liaison considérée.

De manière préférentielle, cette protection sera réalisée avec un mode de pose et/ou des câbles appropriés afin d'éviter le recours à des parafoudres.

En cas de parafoudre, ceux-ci sont testés avec :

- Soit des essais de catégorie D pour les effets directs de la foudre (onde de courant 10/350µs) ;
- Soit des essais de catégorie C pour les effets induits de la foudre (onde de courant 8/20µs).

Par analogie avec les parafoudres courants forts, il pourra être utilisé la convention suivante :

- Les essais de catégorie D correspondent aux parafoudres dits "de type 1" ;
- Les essais de catégorie C correspondent aux parafoudres dits "de type 2".

Les parafoudres devront être adaptés au signal et, à la mise en service, il est nécessaire que l'installateur s'assure que la transmission du signal ne soit pas perturbée suite à la mise en place de ceux-ci.

Le dimensionnement de la composante I_{imp} a été fait sur la base du tableau E3 de la NF EN 62305-1 (2013) concernant les surintensités susceptibles d'apparaître lors d'un impact direct soit :

- un courant de 1 kA sur une onde 10/350 µs pour des niveaux de protection III et IV ;
- un courant de 1,5 kA sur une onde 10/350 µs pour un niveau de protection II.
- un courant de 2 kA sur une onde 10/350 µs pour un niveau de protection I.

Cahier des charges relatif aux protections des réseaux de communications entrants

Repère rapport	Equipements à protéger	Localisation	Parafoudres					Commentaires Caractéristiques de transmission
			Type	U _c (V) mini	U _p (kV) maxi	I _n (kA) mini	I _{imp} (kA) mini	
SPD 02	EIPS Alarme incendie (boucles/bus vers l'extérieur de la structure)	Bâtiment stockage munitions	En absence de câbles blindés, des parafoudres conformes aux prescriptions de l'installateur de l'alarme sont à mettre en place sur les différentes boucles. Voir prescriptions et commentaires.					
SPD 03	Alarme intrusion (boucles/bus vers l'extérieur de la structure)	Bâtiment stockage munitions	En absence de câbles blindés, des parafoudres conformes aux prescriptions de l'installateur de l'alarme sont à mettre en place sur les différentes boucles. Voir prescriptions et commentaires.					
Repère rapport	Type de MPF		Informations complémentaires					
MPF 01	Ecran de ligne entre deux ZPF1		Pour le câble de communication entre la structure bâtiment stockage munitions et le poste de garde, interconnecter les écrans de paires ainsi que le blindage (armature) au réseau de terre à ses deux extrémités.					
Prescriptions et commentaires								
Pour la centrale incendie, et étant en présence d'un matériel certifié, il est indispensable de se rapprocher du fabricant du matériel afin de confirmer, selon les dispositions de la directive CEM, l'existence ou non d'une protection contre l'IEMF intégrée à celle-ci. En son absence, le choix des caractéristiques quant aux parafoudres à installer sur les boucles ou bus en provenance de l'extérieur de la structure devra être fait en présence et avec l'accord de la société ayant certifié l'installation afin de s'assurer de l'associativité des équipements installés ou des autres mesures prises. Les parafoudres devront à minima être de catégorie D pour les effets directs de la foudre (onde de courant 10/350µs).								

En absence de document mis à notre disposition et traitant de la distribution puis de la nature des réseaux CFA, le repérage de ces circuits et informations techniques sont à fournir par l'exploitant lors de la phase travaux.

5.4 Mesures de protection contre l'IEMF (MPF)

Le principe des MPF consiste en la protection des installations et réseaux internes (dans les ZPF₁ ou plus) contre l'impulsion électromagnétique foudre (IEMF). Les réseaux de puissance et de communication comme le matériel peuvent être affectés par les chocs induits ou conduits dans les câbles et les chocs par couplage avec le champ électromagnétique rayonné.

Les MPF sont basées :

- Sur les mises à la terre et l'équipotentialité avec réalisation d'un maillage le plus dense possible afin de limiter les différences de potentiel et le champ magnétique puis établir un plan de masse ;
- Les écrans magnétiques qu'ils soient spatiaux ou limités aux écrans des câbles de réseaux ;
- Le cheminement des lignes pour minimiser les boucles d'induction ;
- L'application des câbles sur un plan de masse pour limiter les couplages ;
- Les parafoudres coordonnés pour réduire les effets des chocs ;
- Les interfaces d'isolement pour limiter les chocs conduits.

Idéalement, ce type d'intervention devrait toujours être réalisé dès la phase de projet, par la définition de règles de conception CEM voire, pour des projets de grande ampleur, par la définition et l'application d'un plan de gestion de la CEM.

L'évaluation faite lors de l'ARF n'a pas révélé la nécessité de Mesures de Protection Foudre fondées sur un réseau d'équipotentialité et un blindage interne. L'application de ces mesures se limitera à une ZPF appropriée pour les matériels désignés comme importants pour la sécurité et qui sont les suivants :

- Alarme incendie

Les champs électromagnétiques rayonnés peuvent être dus à l'écoulement du courant dans le canal de foudre ou dans des conducteurs tels ceux d'un SPF. En absence d'un besoin d'écran ou blindage identifié dans l'ARF

et d'installation extérieure de protection foudre sur la structure, les perturbations provoquées par couplage sur les câbles ou autres parties de l'installation à l'intérieur de la structure sont considérées comme atténuées par la structure elle-même et donc négligées. La protection portera uniquement sur l'alimentation BT et les liaisons de communication entre bâtiments relatives à ces équipements désignés comme EIPS.

5.4.1 Mises à la terre et équipotentialité des installations métalliques intérieures

La réalisation d'une structure maillée tridimensionnelle permet de réduire les effets de la foudre. Des conducteurs d'équipotentialité avec les parties conductrices de la structure et de tous les autres équipements métalliques (châssis, armoires, chemins de câbles ...), de section minimale 6mm² cuivre, peuvent être reliés en de multiples points à des barres d'équipotentialité de section minimale 50 mm² cuivre ou acier, disposées de façon à permettre un accès facile pour inspection. Chaque barre d'équipotentialité doit être raccordée au réseau de terre générale avec un conducteur de section minimale 16 mm² cuivre le plus court possible.

Ce point ne traite pas l'équipotentialité des réseaux conducteurs entrants qui a été vue précédemment.

Implantation des barres d'équipotentialité et réalisation de liaisons équipotentielle avec les installations métalliques				
Repère rapport	Localisation équipotentialité	Elément à raccorder	Section mini (mm ²)	Nature du conducteur
BE 1	Bâtiment stockage munitions	Parafoudre	16	Cuivre
Prescriptions et commentaires				
La barre d'équipotentialité repérée BE1 est à mettre en place et reliées au réseau de terre générale avec un conducteur de section 16mm ² cuivre.				

5.4.2 Ecrans magnétiques

Il n'existe pas d'exigence de ce type selon l'ARF.

5.4.3 Cheminement des lignes internes

Pour les câbles (à l'exception des fibres optiques), il est nécessaire de limiter au maximum la constitution de boucles entre leurs cheminements et ceux des autres réseaux afin d'éviter les effets du rayonnement électromagnétique sur les installations. Pour ce faire, les circuits d'énergie (CFO) et les circuits de communication (CFA) doivent être placés à proximité les uns des autres et cheminer dans des supports, de préférence métalliques, réservés (voir ci-dessous les distances minimales selon guide UTE C 15-900.

Séparation minimale des câbles dans un même chemin de câbles métalliques ou dans des supports isolants	Câble énergie sans écran Câble de communication sans écran	Câble énergie sans écran Câble de communication écran	Câble énergie écran Câble de communication sans écran	Câble énergie écran Câble de communication écran
	50mm	5mm	2mm	0mm

Ces distances peuvent ne pas être respectées si des cloisons métalliques existent entre les réseaux.

Il n'existe pas d'exigence de ce type selon l'ARF.

5.4.4 Parafoudres coordonnés

Les parafoudres sur les réseaux entrants dans la ZPF1 ou sur l'alimentation des EIPS sont traités au chapitre de l'étude technique dédié aux installations intérieures de protection foudre.

Le système de protection coordonnée par parafoudres est conçu pour protéger les câbles traversant les frontières des différentes ZPFx (avec $X > 1$).

La mise en place d'un système de protection foudre sur le site rend indispensable de **se rapprocher du fabricant des matériels certifiés** et il appartient au client :

- de faire confirmer que la centrale incendie, la centrale intrusion et ceci afin de respecter leurs caractéristiques, possèdent, selon les dispositions de la directive CEM, un niveau d'immunité aux perturbations électromagnétiques auxquelles il faut s'attendre en provenance des différentes lignes internes (boucles détection, sirènes, déclencheurs...) ;
- dans le cas contraire et sur la base des phénomènes à prendre en compte, de mettre en place les mesures de protection foudre (parafoudres, blindage d'installations ...) prescrits par le fabricant et adaptés à leurs équipements.

Les parafoudres des réseaux internes devront être adaptés au signal et, à la mise en service, il est nécessaire que l'installateur s'assure que la transmission du signal ne soit pas perturbée suite à la mise en place de ceux-ci.

5.4.5 Interfaces d'isolement

Les interfaces d'isolement permettent de limiter les effets des chocs conduits sur les services pénétrant dans une ZPF et ainsi réduire les effets de l'IEMF.

Aucune disposition n'est à mettre en œuvre.

5.4.6 Travaux à réaliser dans le cadre des mesures de protection contre l'IEMF

L'application des principes suivants permettra d'améliorer l'immunité des équipements vis-à-vis des perturbations électromagnétiques.

Pour ce qui concerne les équipotentialités, la mise en œuvre est traitée dans le chapitre dédié « Mises à la terre et équipotentialité des installations métalliques intérieures ».

Cahier des charges relatif aux mesures de protection contre IEMF (MPF)			
Repère rapport	Type de MPF	Informations complémentaires	Cahier des charges
MPF 1	Ecran de ligne entre deux ZPF1		<p>Interconnecter de manière efficace les blindages de câbles au réseau de terre aux extrémités de chacune des lignes</p> <p>ou</p> <p>Faire utilisation de chemins de câbles métalliques capotés, reliés à la terre tous les 15m avec le conducteur d'accompagnement 25mm² et au réseau équipotentiel aux deux extrémités.</p> <p>Paires non utilisées sur le câble multipaires à reliées à la terre.</p>
MPF 2	Cheminement des chemins de câbles		<p>Assurer la continuité électrique des chemins de câbles métalliques destinés au cheminement des différents circuits par la mise en place d'un conducteur d'équipotentialité en cuivre de section 6mm² mini raccordé tous les 15m au support et d'un serrage satisfaisant aux jonctions de tronçons. Raccorder les extrémités des chemins de câbles au plan de masse le plus proche.</p>

Cahier des charges relatif aux mesures de protection contre IEMF (MPF)

Repère rapport	Type de MPF	Informations complémentaires	Cahier des charges
	Ecrans de lignes	Pour la centrale incendie xxx, les boucles sont réalisées / sont à réaliser avec des câbles blindés.	Mettre en place des câbles blindés sur les différentes boucles de la centrale incendie. Réaliser la mise à la terre des blindages aux deux extrémités
MPF 3	Ecrans de ligne	Centrale incendie Protection des différentes boucles de sortie de la centrale.	Interconnecter de manière efficace les blindages de câbles avec le réseau de terre aux extrémités de chacune des lignes. Ce raccordement devra se faire sur 360° afin d'assurer un écrantage efficace et en réduisant les longueurs de raccordements grâce à une connexion aux entrées dans le coffret ou l'équipement. Si, les points précédents ne peuvent pas être respectés, mettre en place des parafoudres adaptés (voir ligne suivante). Paires non utilisées sur le câble multipaires à relier à la terre.
	Parafoudres adaptés		A mettre en œuvre à défaut du respect des prescriptions de la ligne précédente liées aux blindages et cheminements des câbles. Ces parafoudres devront répondre aux essais de catégorie C.

Prescriptions et commentaires

Pour les réseaux internes connectés aux matériels importants pour la sécurité (boucle/bus détection et déclencheurs, lignes sirènes, reports d'alarme...), l'armoire SSI peut être considérée comme une zone de protection foudre ZPF2 en termes de CEM. Etant en présence d'un **matériel certifié**, il est indispensable de se rapprocher du fabricant du matériel afin de confirmer, selon les dispositions de la directive CEM, l'existence ou non d'une protection contre l'IEMF intégrée à celle-ci. En son absence et afin de s'assurer de l'associativité des équipements installés, les MPF proposées et/ou les caractéristiques quant au choix des parafoudres à installer sont **à définir et mettre en œuvre par le mainteneur de l'équipement** sur chacune des entrées au niveau de la centrale : départs des bus, des boucles ou des reports. Ces parafoudres devront répondre aux essais de catégorie C. Bureau VERITAS ne fera aucune préconisation quant aux mesures à mettre en œuvre sur ces équipements.

Les parafoudres préconisés sur les boucles incendie internes sont une **option laissée en libre choix au client** au regard des conséquences financières liées à la mise en œuvre de ceux-ci. En absence de réduction du champ électromagnétique due à un premier niveau d'atténuation de celui-ci obtenu avec une enveloppe métallique ou la conception en béton armé de la structure, un risque d'induction du courant de foudre est possible dans les boucles incendie. Si vous souhaitez vous affranchir de ce risque, les parafoudres préconisés dans ce tableau peuvent y contribuer. Toute intervention sur ces installations certifiées devra être menée en présence et avec l'accord des sociétés ayant certifié l'installation afin de s'assurer de l'associativité des équipements installés ou des autres mesures prises.

Nota : la valeur I_n des parafoudres a été déterminée selon les exigences de la norme NF EN 62305-1.

5.5 Mesures de détection et de prévention

En période orageuse, le personnel de l'établissement peut être exposé à plusieurs risques tels que le foudroiement direct, l'électrocution par le biais de contact direct ou indirect avec le courant de foudre, mais également à des risques de brûlures lors de la manipulation de produits explosifs ou inflammables lors de l'apparition d'une étincelle.

Il convient donc de détecter au plus tôt le risque d'orage afin de pouvoir mettre en place les mesures de prévention adaptées, comme l'interruption des activités dangereuses (travaux extérieurs,...) ou le rappel de ce risque dans les procédures lors des formations, ou dans les instructions délivrées lors des permis de feu ou de travail.

5.5.1 Détection à l'aide d'outils spécifiques

Le système de détection peut être constitué :

- soit d'un service d'abonnement à la détection des orages et/ou des fronts orageux auprès du réseau national METEOFRANCE ;
- Soit d'un système local de détection de type « *moulin à champ* ». Ce dispositif mesure localement la variation de champ électrique et informe le décideur de l'imminence d'une situation à risque.

Un système de détection est à mettre en place.

5.5.2 Détection humaine

La détection du risque orageux peut également se faire par observation humaine en considérant qu'il y a une menace d'orage quand un éclair est visible ou si le tonnerre est audible, mais cette notion reste subjective.

5.5.3 Mesures de prévention à mettre en œuvre

Actuellement, aucune procédure spécifique d'alerte orageuse n'est en place sur le site et il est nécessaire d'en intégrer une aux **procédures d'exploitation** du site. La procédure devra interdire :

- Tous travaux en toiture des bâtiments ;
- De réaliser des interventions sur les réseaux courants forts et courants faibles ;
- Toute opération de dépotage de matière explosive ou inflammable.

Des **pancartes d'avertissement** sont à mettre en place sur les descentes suivantes afin d'assurer une protection contre les tensions de contact et les tensions de pas :

- DE 1 à 4



5.5.4 Enregistrement des événements

L'arrêté du 4 octobre 2010 modifié demande à ce que les agressions de la foudre soient enregistrées et que tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre (coup de foudre,...) soient consignés dans un carnet de bord tenu à jour par l'exploitant.

Le système de protection foudre est à munir de compteurs d'impacts permettant d'enregistrer l'activité orageuse sur le site. **un compteur de coups de foudre** horodaté permettra :

- de comptabiliser et d'enregistrer, dans la notice de vérification et maintenance, les impacts sur l'installation ;
- d'en indiquer la date, l'heure et le courant de crête pour chaque coup enregistré.

5.6 Cahier des charges des travaux à réaliser

Le **cahier des charges** définit :

- les éléments du SPF de la structure et des MPF à l'intérieur de la structure ;
- la justification des caractéristiques techniques, le dimensionnement et la localisation des composants ;
- la prévention, le système d'alerte le dispositif d'enregistrement des agressions.

Le détail technique des travaux et mises en conformité est donné dans la fiche structure précédemment détaillée.

Fiche 1 : Structure bâtiment stockage munitions

Synthèses des travaux préconisés

Système de protection foudre SPF Installation extérieure	Cette installation est destinée à éviter toute détérioration et tout risque de dommages physiques et blessures d'êtres vivants au niveau de la structure. Pour la mise en œuvre du système de protection extérieur, il y a lieu de se reporter au plan détaillé des implantations dans les annexes ainsi qu' aux prescriptions données dans l'étude . Des distances de séparation sont à respecter entre les descentes et le matériel à proximité, soit en éloignement de matériel, soit en réalisant des interconnexions.
Système de protection foudre SPF	Cette installation est destinée à réduire les défaillances permanentes des réseaux internes (courants fort et courant faibles) et des équipements suite aux risques de surtensions liés aux chocs conduits ou induits.

Fiche 1 : Structure bâtiment stockage munitions

Synthèses des travaux préconisés

Installation intérieure	Elle est à assurer, selon les prescriptions données dans le détail de l'étude, par parafoudres adaptés installés sur les lignes entrantes.
Liaisons équipotentielles Réseaux conducteurs entrants	Ces liaisons ont pour but de limiter la propagation d'un potentiel venant de l'extérieur de la structure ou de limiter le risque d'étincelage entre installations métalliques. Absence de travaux à réaliser à ce titre.
Equipements Importants Pour la sécurité MMR / EIPS	La protection est à assurer, selon les prescriptions données dans l'étude, par parafoudres adaptés installés sur les MMR ou EIPS. La protection des boucles de détection internes, des chaines de mesures, (hors liaisons entre structures) est traitée dans le chapitre « Mesures de protection contre l'IEMF ». <p>En raison de la mise en place d'une protection foudre sur le site, il est indispensable que le client se rapproche du fabricant de la détection incendie, matériel certifié sur lequel seul le fabricant est autorisé à intervenir. La mise en place de parafoudres adaptés sur les alimentations doit se faire par un installateur QUALIFOUDRE et sous le contrôle du fabricant de l'alarme afin de s'assurer de la coordination en énergie avec l'équipement.</p>
Mesures de protection contre l'IEMF MPF	L'application de ces mesures est destinée à réduire des chocs induits engendrés par l'impulsion électromagnétique foudre sur les installations internes. Les dispositions à mettre en œuvre sont relatives : <ul style="list-style-type: none"> - Aux mises à la terre et équipotentialités internes ; - A l'utilisation des blindages ; - A la mise en œuvre de parafoudres adaptés ; - Au cheminement des lignes internes. <p>En raison de la mise en place d'une protection foudre sur le site, il est indispensable que le client se rapproche du fabricant du SSI, matériel certifié sur lequel seul le fabricant est autorisé à intervenir et de faire confirmer que cet équipement et ses périphériques possèdent un niveau d'immunité aux perturbations électromagnétiques attendues satisfaisant. Dans le cas contraire et à défaut de la possibilité du respect des prescriptions liées aux blindages et cheminements des câbles, des parafoudres adaptés de type C sont à mettre en œuvre sur les différentes boucles de la centrale de détection incendie, par un installateur QUALIFOUDRE et sous le contrôle du fabricant du SSI.</p>
Autres dispositions	Un dossier technique des ouvrages exécutés (DOE) doit être établi à l'issue des travaux et sera à minima constitué de : <ul style="list-style-type: none"> - Des fiches techniques de chacun des composants du SPF extérieur et intérieur précisant leur caractéristiques et conformité aux normes pour chacun de ceux-ci ; - Les notices de fonctionnement et de maintenance du matériel ; - La justification des dimensions des prises de terre et valeurs des prises de terre ; - Des photographies de réalisation des prises de terre permettant d'apprécier leur constitution et la profondeur d'enfouissement. <p>En période orageuse, les mesures de prévention suivantes sont à mettre en œuvre et doivent interdire :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tous travaux en toiture des bâtiments ; - De réaliser des interventions sur les réseaux courants forts et courants faibles ; - Toute opération de dépotage de matière explosive ou inflammable. <p>Des pancartes d'avertissement sont à mettre en place sur les descentes suivantes afin d'assurer une protection contre les tensions de contact et les tensions de pas :</p>

Fiche 1 : Structure bâtiment stockage munitions

Synthèses des travaux préconisés

- DE 1 à 4

Un **registre de maintenance** sera créé pour enregistrer les opérations de surveillance des installations et des **visites périodiques** qui sont, pour ces dernières, à réaliser par un spécialiste de la protection foudre.

6 ANNEXES

- Annexe A : Abréviations utilisées
- Annexe B : Matériaux et dimensions
- Annexe C : Constitution et maintien en état d'un Système de Protection Foudre
- Annexe D : Plan d'implantation des dispositifs de protection extérieurs à mettre en œuvre
- Annexe E : Photographies
- Annexe F : Implantation des parafoudres sur le réseau énergie
- Annexe G : Equipotentialités à réaliser entre les réseaux pénétrants dans les structures et le réseau de terre générale, puis barres d'équipotentialité à mettre en place

Annexe A : Abréviations utilisées

ARF	Analyse du Risque Foudre
ATEX	Atmosphère Explosive
BT	Basse Tension
C - NC	Conforme – Non conforme
CEM	Compatibilité ElectroMagnétique
CFO	Courant Fort (énergie)
CFA	Courant Faible (signal et communication)
CM	Cage Maillée
CNPCF	Composant Naturel de Protection Contre la Foudre
DDP	Différence De Potentiel
DRPE/DRPCE	Document Relatif à la Prévention des risques Contre les Explosions
EB	Liaison Equipotentielle foudre
EIPS	Equipement(s) ou Elément(s) Important(s) pour la Sécurité
ETF	Etude technique Foudre
ICPE	Installation(s) Classée(s) pour la Protection de l'Environnement
IEMF	Impulsion ElectroMagnétique de Foudre
IEPF	Installation(s) Extérieure(s) de Protection contre la Foudre
IIPF	Installation(s) Intérieure(s) de Protection contre la Foudre (réseaux entrants)
ISG	Eclateur d'isolement (isolating spark gap)
LE	Liaison équipotentielle
MMR	Moyen(s) pour la Maîtrise des Risques
MPF/SMPI	Mesures de Protection contre IEMF
NA	Non Applicable
NC	Non Conforme
NPF	Niveau de Protection Foudre
NV	Non Vérifié
PCLF	Installation complète de Protection Contre La Foudre
PDA	Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage
PT	Prise de Terre
PTS	Paratonnerre à Pointe Simple
SA	Sans Avis (absence de document ou d'information technique, de matériels ou installations inaccessibles ...)
SO	Sans Objet
SPD	Parafoudre (Surge Protective Device)
SPF	Système de Protection contre la Foudre (constitué de l'IEPF et de l'IIPF)
TD	Tableau Divisionnaire électrique
TGBT	Tableau Général Basse Tension
ZPF	Zone de Protection Foudre

Annexe B : Matériaux et dimensions

Matériaux, configurations et sections des conducteurs de capture, des pointes caprices, des piquets de départ ^g et des conducteurs de descente

Tableau 1 de la norme NF EN 62561-2

Matériau	Configuration	Section ^a mm ²	Dimensions recommandées
Cuivre, cuivre étamé ^b	Ruban plein	≥ 50	2 mm d'épaisseur
	Piquet plein ^d	≥ 50	8 mm de diamètre
	Multibrin ^f	≥ 50	Entre 1,14 mm et 1,7 mm de diamètre par brin
	Piquet plein ^h	≥ 176	15 mm de diamètre
Aluminium	Ruban plein	≥ 70	3 mm d'épaisseur
	Piquet plein	≥ 50	8 mm de diamètre
	Multibrin ^f	≥ 50	1,63 mm de diamètre par brin
Alliage d'aluminium à revêtement en cuivre ^e	Piquet plein	≥ 50	8 mm de diamètre
Alliage d'aluminium	Ruban plein	≥ 50	2,5 mm d'épaisseur
	Piquet plein	≥ 50	8 mm de diamètre
	Multibrin ^f	≥ 50	1,7 mm de diamètre par brin
	Piquet plein ^h	≥ 176	15 mm de diamètre
Acier galvanisé à chaud	Ruban plein	≥ 50	2,5 mm d'épaisseur
	Piquet plein	≥ 50	8 mm de diamètre
	Multibrin ^f	≥ 50	1,7 mm de diamètre par brin
	Piquet plein ^h	≥ 176	15 mm de diamètre
Acier cuivré ^e	Piquet plein	≥ 50	8 mm de diamètre
	Ruban plein	≥ 50	2,5 mm d'épaisseur
Acier inoxydable ^c	Ruban plein ⁱ	≥ 50	2 mm d'épaisseur
	Piquet plein ⁱ	≥ 50	8 mm de diamètre
	Multibrin ^f	≥ 70	1,7 mm de diamètre par brin
	Piquet plein ^h	≥ 176	15 mm de diamètre

NOTE Pour l'application des conducteurs, se reporter à l'IEC 62305-3.

^a Tolérance de construction: -3 %.

^b Revêtement à chaud ou par électrolyse, couche d'une épaisseur minimale de 1 µm. Il n'y a pas d'exigence de mesure du cuivre étamé, car le revêtement est réalisé à des fins exclusivement esthétiques.

^c Chrome ≥ 16 %; Nickel ≥ 8 %; Carbone ≤ 0,08 %.

^d 50 mm² (diamètre 8 mm); peut être ramené à 28 mm² (diamètre 6 mm) sur les installations où la résistance mécanique n'est pas une exigence essentielle. Il convient dans ce cas de prendre en considération la réduction de l'espacement entre les fixations.

^e Revêtement en cuivre de 70 µm au moins, à teneur en cuivre de 99,9 %.

^f La section des conducteurs multibrins est déterminée par la résistance du conducteur conformément à l'IEC 60228.

^g Si le piquet de départ est installé en partie dans le sol, il doit être conforme aux exigences du Tableau 2 et du Tableau 3.

^h Applicable aux conducteurs, pointes caprices et piquets de départ. Pour les tiges pour lesquelles la contrainte mécanique telle que la charge due au vent n'est pas critique, une tige d'un diamètre de 9,5 mm et d'une longueur de 1 m peut être utilisée.

ⁱ Si les considérations mécaniques et thermiques sont importantes, il convient d'augmenter ces valeurs jusqu'à 75 mm².

Matériau, configuration et section des électrodes de terre

Tableau 3 de la norme NF EN 62561-2

Matériau	Configuration	Section ^a			Dimensions recommandées
		Piquet de terre mm ²	Conducteur de terre mm ²	Plaque de terre cm ²	
Cuivre, Cuivre étamé ^f	Multibrin		≥ 50 ⁱ		1,7 mm de diamètre par brin
	Piquet plein		≥ 50		8 mm de diamètre
	Ruban plein		≥ 50		2 mm d'épaisseur
	Piquet plein	≥ 176			15 mm de diamètre
	Tuyau	≥ 110			20 mm de diamètre et 2 mm d'épaisseur de paroi
	Plaque pleine			≥ 2 500	500 mm × 500 mm et 1,5 mm d'épaisseur ^g
	Grille de terre ^g			≥ 3 600	600 mm × 600 mm en sections de 25 mm × 2 mm pour les conducteurs plats et de 8 mm de diamètre pour les conducteurs cylindriques
Acier galvanisé à chaud	Piquet plein		≥ 78		10 mm de diamètre
	Piquet plein	≥ 150 ^b			14 mm de diamètre
	Tuyau	≥ 140 ^b			25 mm de diamètre et 2 mm d'épaisseur de paroi
	Ruban plein		≥ 90		3 mm d'épaisseur
	Plaque pleine			≥ 2 500	500 mm × 500 mm et 3 mm d'épaisseur
	Grille de terre ^d			≥ 3 600	600 mm × 600 mm en sections de 30 mm × 3 mm pour les conducteurs plats et de 10 mm de diamètre pour les conducteurs cylindriques
	Profilé	^e			3 mm d'épaisseur
Acier nu ^k	Multibrin		≥ 70		1,7 mm de diamètre par brin
	Piquet plein		≥ 78		10 mm de diamètre
	Ruban plein		≥ 75		3 mm d'épaisseur
Acier cuivré ^c	Piquet plein	≥ 150 ^h			14 mm de diamètre pour un revêtement en cuivre de 250 µm au moins, à teneur en cuivre de 99,9 %
	Piquet plein		≥ 50		8 mm de diamètre pour un revêtement en cuivre de 250 µm au moins, à teneur en cuivre de 99,9 %
	Piquet plein ^l		≥ 78		10 mm de diamètre pour un revêtement en cuivre de 250 µm au moins, à teneur en cuivre de 99,9 %
	Ruban plein ^l		≥ 90		3 mm d'épaisseur pour un revêtement en cuivre de 250 µm au moins, à teneur en cuivre de 99,9 %
Acier inoxydable ^j	Piquet plein		≥ 78		10 mm de diamètre
	Piquet plein	≥ 176 ^h			15 mm de diamètre
	Ruban plein		≥ 100		2 mm d'épaisseur

NOTE Pour l'application des électrodes de terre, se reporter à l'IEC 62305-3.

- ^a Tolérance de construction: -3 %.
- ^b Les filetages, le cas échéant, doivent être usinés avant la galvanisation.
- ^c Le cuivre doit être couplé de façon intrinsèque à l'acier. L'épaisseur du revêtement peut être mesurée à l'aide d'un instrument électronique dédié.
- ^d La grille de terre est constituée d'une longueur de conducteur totale de 4,8 m.
- ^e Différents profilés sont admis avec une section de 290 mm² et une épaisseur minimale de 3 mm, par exemple profilé en croix.
- ^f Revêtement à chaud ou par électrolyse, couche d'une épaisseur minimale de 1 µm. Il n'y a pas d'exigence de mesure du cuivre étamé, car le revêtement est réalisé à des fins exclusivement esthétiques.
- ^g Dans certains pays, la section peut être réduite à ≥ 1 800 cm² et l'épaisseur à ≥ 0,8 mm.
- ^h Dans certains pays, la section peut être réduite à 125 mm².
- ⁱ La section des conducteurs multibrins est déterminée par la résistance du conducteur conformément à l'IEC 60228.
- ^j Chrome ≥ 16 %, nickel ≥ 5 %, molybdène ≥ 2 %, carbone ≤ 0,08 %.
- ^k Doit être incorporé dans le béton sur une profondeur minimale de 50 mm.
- ^l En raison de la vitesse de corrosion plus élevée des conducteurs de terre en ruban plein, il est recommandé d'utiliser de l'acier à revêtement en cuivre avec un revêtement de 250 µm.

Epaisseur minimale des tôles ou canalisations métalliques du dispositif de capture

Tableau 3 de la norme NF EN 62305-3

Niveau de protection	Matériau	Epaisseur ^a <i>t</i> mm	Epaisseur ^b <i>t'</i> mm
I à IV	Plomb	–	2,0
	Acier (inox, galvanisé)	4	0,5
	Titanium	4	0,5
	Cuivre	5	0,5
	Aluminium	7	0,65
	Zinc	–	0,7
^a <i>t</i> en cas de problèmes de perforation, de point chaud ou d'inflammation. ^b <i>t'</i> seulement pour les feuilles métalliques s'il n'est pas nécessaire de protéger contre les problèmes de perforation, de point chaud ou d'inflammation.			

Sections minimales des éléments d'équipotentialité

Tableau 1 de la norme NF EN 62305-4

Elément d'équipotentialité		Matériau ^a	Section ^b mm ²
Barres d'équipotentialité (cuivre, acier à revêtement en cuivre ou acier galvanisé)		Cu, Fe	50
Conducteurs de connexion entre les barres d'équipotentialité et la prise de terre ou entre les autres barres d'équipotentialité (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre)		Cu	16
		Al	25
		Fe	50
Conducteurs de connexion entre les installations internes métalliques et les barres d'équipotentialité (transportant un courant de foudre partiel)		Cu	6
		Al	10
		Fe	16
Conducteurs de mise à la terre avec le parafoudre (transportant la totalité ou une partie significative du courant de foudre) ^c	Classe I	Cu	16
	Classe II		6
	Classe III		1
	Autres parafoudres ^d		1

^a Il convient que les autres matériaux utilisés présentent des sections assurant une résistance équivalente.

^b Dans certains pays, il est possible d'utiliser des conducteurs de plus petites dimensions, à condition qu'ils satisfassent aux exigences thermiques et mécaniques- voir la CEI 62305-1:2010, Annexe D.

^c Pour les parafoudres utilisés dans des applications de puissance, des informations complémentaires relatives aux conducteurs de connexion sont données dans la CEI 60364-5-53 et dans la CEI 61643-12.

^d Les autres parafoudres incluent les parafoudres utilisés dans les réseaux de télécommunication et de signalisation

Annexe C : Constitution et maintien en état d'un Système de Protection Foudre

Constitution d'un système de protection foudre

Un Système de Protection Foudre (SPF) est une installation complète utilisée pour réduire les dangers de dommages physiques dus aux coups de foudre directs sur une structure. Il est constitué d'une Installation Extérieure de Protection contre la Foudre et d'une Installation Intérieure de Protection contre la Foudre.

Une **Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF)** est la partie du système de protection contre la foudre utilisée pour capter, écouler et dissiper le courant de foudre à la terre. Elle est composée de dispositifs de capture, de conducteurs de descentes et de prises de terre.

Les dispositifs de capture (paratonnerres à dispositifs d'amorçage, pointes caprices, fils tendus, structures métalliques et autres dispositifs naturels...) ont pour fonction de capter la foudre. Ils sont le point de contact entre l'éclair et le bâtiment concerné. Ils sont reliés aux conducteurs de descente.

Les conducteurs de descente permettent d'écouler le courant de foudre à la terre. Afin de réduire les risques de dommage dus à la circulation du courant de foudre dans le système de protection foudre, ils doivent être disposés entre le dispositif de capture et la terre, de manière à ce que :

- 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 par le biais de bornes de reprise de terre.

Les prises de terre ont pour fonction d'écouler le plus rapidement possible le courant de foudre dans le sol de manière à limiter l'apparition de surtensions sur les installations.

Une **Installation Intérieure de Protection Foudre (IIPF)** est la partie du système de protection contre la foudre permettant de limiter la pénétration du courant de foudre à l'intérieur de la structure et l'apparition de surtensions, ceci étant réalisé, soit par isolation électrique de l'IEPF, soit par la réalisation de liaisons équipotentielle entre le système de protection foudre et les parties conductrices de l'installation. Ces liaisons équipotentielles peuvent être mises en œuvre de manière directe ou par l'intermédiaire de parafoudres ou éclateurs.

Mesures et moyens de prévention

Les mesures et moyens de prévention contribuent à l'efficacité du dispositif de protection foudre. Ce sont par exemple :

- **les mesures de prévision** : service d'alerte des orages, système de détection et d'alerte des orages ;
- **les dispositions constructives** : paroi coupe-feu, porte coupe-feu, exutoire, bac de rétention, issue de secours ;
- **les dispositions de confinement** : capacité à maintenir les éléments dangereux dans un périmètre défini ;
- **les dispositions organisationnelles** : consignes d'exploitation, d'évacuation et d'incendie, suspension de l'activité, interdiction de démarrer, accès limités réglementés, permis de feu, Plan d'Organisation d'Intervention (POI) ;
- **les mesures additionnelles** : dispositif de neutralisation sur le procédé, déconnexion des appareils sensibles, réseau et groupe d'alimentation secouru, ventilation des locaux ;
- **les moyens de secours et de lutte contre l'incendie** : lance incendie, sprinklage, système de sécurité incendie, système d'extinction manuel ou automatique, délai d'alerte et moyen d'intervention des secours extérieurs, signalétique et balisage, évacuation, colonne sèche, protection individuelle ;
- **la sécurité électrique des personnes** : conformité aux règlements et aux normes des installations et appareils électriques BT et HT de la structure, y compris les règles particulières des zones à risques d'incendie et d'explosion.

Modalités de maintien en état des installations

• Notice de vérification et maintenance

Lors de la réalisation de l'étude technique, une notice de vérification et de maintenance est rédigée.

Elle détermine les méthodes de vérification des différents types de protection et les éléments spécifiques éventuellement utiles pour procéder à la vérification.

Elle indique également les critères de conformité des protections par rapport aux normes à appliquer ou les indications du fabricant du dispositif de protection.

Il peut être nécessaire d'adapter la notice en cas de révision de l'étude technique notamment lorsque les contraintes lors des travaux ont nécessité l'adaptation de l'installation de protection foudre définie dans l'étude technique initiale.

- **Vérifications**

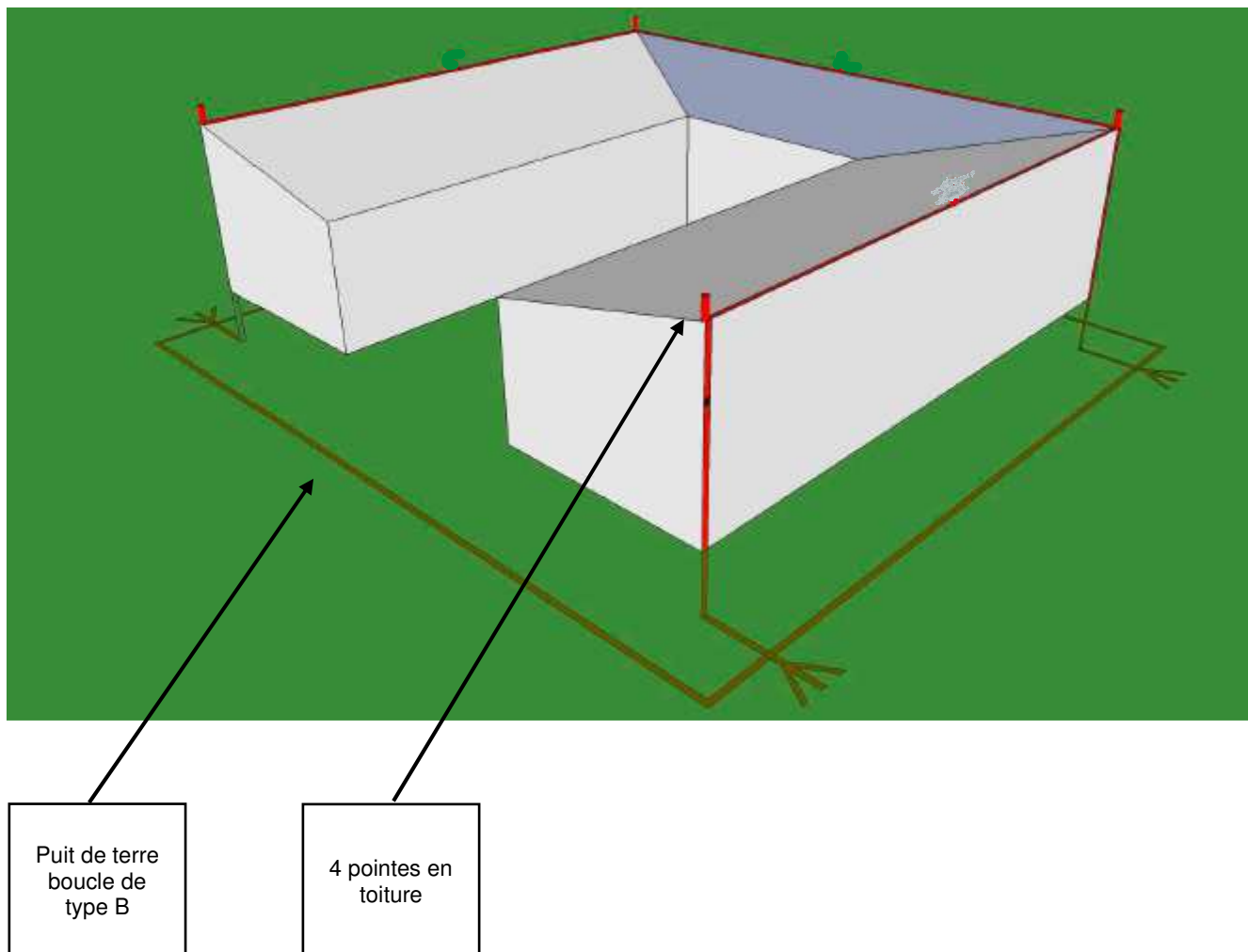
Afin d'assurer la conformité du système de protection foudre et son maintien en état, des vérifications sont à réaliser par un organisme compétent durant les phases suivantes :

- pendant la construction de la structure afin de contrôler les électrodes enterrées et de préciser certains points de l'étude technique (conseillé) ;
- après la mise en œuvre du SPF (réglementaire). La vérification est à réaliser par un organisme compétent autre que l'installateur ;
- annuellement par alternance d'une vérification complète et d'une vérification visuelle (réglementaire) ;
- après destruction ou réparation ou lorsque l'on sait que la structure a été frappée par la foudre (réglementaire).

- **Carnet de bord**

Tous les événements survenus sur l'installation de protection foudre (modification, vérification, impact de foudre, opérations de maintenance) sont à consigner dans le carnet de bord. Les agressions de la foudre doivent être datées et si possible localisées sur le site.

Annexe D :
Plan d'implantation des dispositifs de protection extérieurs à mettre en œuvre



Annexe F : Evaluation du courant nominal In des parafoudres de type 2

Caractérisation des parafoudres Evaluation du In selon § 7.2 du guide UTE C 15-443 d'Août 2004

A) CHOIX DES COEFFICIENTS

	Energie	Communication
Longueur en km de ligne aérienne (dans la limite des 500m) : L^{km}	0	0
Longueur aérienne alimentant l'installation < à 0,5 km	Longueur en km :	
Longueur aérienne alimentant l'installation >= à 0,5 km	0,5	
Situation de la ligne aérienne et du bâtiment : S[*]	1	1
Sur une crête ou présence d'eau ou site montagneux	1	
Terrain plat ou découvert	0,75	
Quelques structures à proximité ou inconnue	0,5	
Complètement entouré de structures	0	

* : valeur maxi résultante des situations présentées ci-dessus pour la ligne aérienne et le bâtiment

** : en absence de ligne aérienne, mettre 0

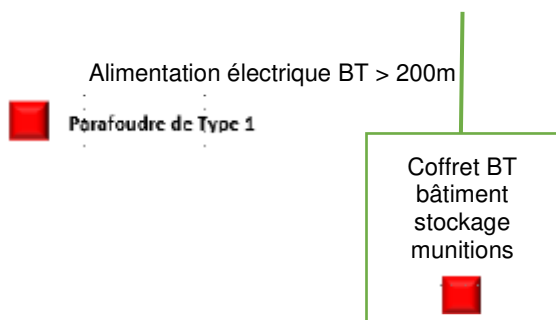
B) DETERMINATION DU NIVEAU KERAUNIQUE

Niveau kéraunique retenu : Nk=10Nsg	Nk retenu =	27,5
Densité de foudroiement selon interprétation NF C17-102 F11 (2015)	Nsg carte =	
Densité de foudroiement selon réseau METEORAGE (Impacts/k m²/an)	Nsg Météorage =	2,75

C) OPTIMISATION DU CHOIX DE In EN FONCTION DE L'ESTIMATION DU RISQUE F

Evaluation du niveau d'exposition aux surtensions de foudre $F = Nk \cdot (1,6 + 2L + S)$			Valeur de In (kA)
Energie	Niveau d'exposition aux surtensions =	71,5	10
Communication	Niveau d'exposition aux surtensions =	71,5	10

Annexe F : Implantation des parafoudres sur le réseau énergie



Annexe G :

Equipotentialités à réaliser entre les réseaux pénétrants dans les structures et le réseau de terre général puis barres d'équipotentialités

BE1



Borne principale des masses BT

