Rédacteur : G. BRIEZ et L. BURDZY
Date : 25/03/2026
Révision : 1

Analyse Risque Foudre
Etude Technique

TOUR DE CONTROLE

LESQUIN (59)

IMP027.QLF.BCM.02

BCM FOUDRE
444, rue Léo Lagrange – 59 500 DOUAI
Tél : 03 27 99 63 89 – Fax : 03 27 99 00 94 – email : bcm@bcmfoudre.fr
Centres techniques à Bordeaux – Douai – Lyon – Paris – Rennes –Strasbourg
www.bcmfoudre.fr

1. HISTORIQUE DES EVOLUTIONS

Indice de révision	Date	Objet de l'évolution	Nom et signatures	
			Rédacteur	Vérificateur
0	15/07/22	Version initiale	GB 	TK 
1	25/03/2026	Ajout de la nouvelle salle technique (mise à jour du bloc 2)	LAB 	GB 

2. TABLE DES MATIERES

1. HISTORIQUE DES EVOLUTIONS 2

2. TABLE DES MATIERES 3

3. GLOSSAIRE 5

4. LE RISQUE FOUDRE 7

5. INTRODUCTION 8

5.1. REFERENCES NORMATIVES ET REGLEMENTAIRES 8
5.2. DEFINITION DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE 9
5.3. DEFINITION DE L'ETUDE TECHNIQUE 9
5.4. DOCUMENTS FOURNIS PAR LE CLIENT 10

6. PRESENTATION DU SITE 12

6.1. ADRESSE 12
6.2. VUE AERIENNE 12

7. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE (ARF) 13

7.1. DENSITE DE FOUDROIEMENT 13
7.2. RESISTIVITE DU SOL 13
7.3. IDENTIFICATION DES STRUCTURES A ETUDIER 14
7.4. DESCRIPTIF DU BLOC 1 15
7.5. DESCRIPTIF DU BLOC 2 16
7.6. DESCRIPTIF DU BLOC 3 18
7.7. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE 19

8. ETUDE TECHNIQUE (ET) 20

8.1. GENERALITES 20
8.1.1. Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF) 20
8.1.2. Les Installations Intérieures de Protection Foudre (IIPF) 21
8.2. DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE 22
8.3. DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION FOUDRE 33
8.3.1. Liste des parafoudres existants 33
8.3.2. Liste des parafoudres à installer 33
8.3.3. Installation des parafoudres 35
8.3.4. Equipotentialité 37
8.4. LA PROTECTION DES PERSONNES 38
8.4.1. La détection et l'enregistrement des orages 38
8.4.2. Les mesures de sécurité 38
8.4.3. Tension de pas et de contact 39
8.5. REALISATION DES TRAVAUX 40
8.5.1. Qualification des entreprises 40
8.5.2. Autorisation d'Intervention à Proximité des Réseaux 40

9. ANNEXES 41

9.1. ANNEXE 1 : COMPTE-RENDU DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE 42
9.2. ANNEXE 2 : CARNET DE BORD QUALIFOUDRE 51

NOTICE DE VERIFICATION ET DE MAINTENANCE

La notice de vérification et de maintenance, située à la toute fin de ce document, comporte son propre sommaire, ainsi que sa propre numérotation de page. Elle peut donc être détachée de l'analyse de risque foudre et de l'étude technique.

3. GLOSSAIRE

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

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

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

Installation Intérieure de Protection contre la Foudre (IIPF) :
Son rôle principal est de limiter les perturbations électriques à l'intérieur des installations à des valeurs acceptables pour les équipements. L'IIPF est composée :

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

Méthode déterministe :
Cette méthode ne prend pas en compte le risque de foudroiement local. Par conséquent, quel que soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme IPS, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes. Lorsque la norme NF-EN 62305-2 ne s'applique pas réellement (exemple : zone ouverte ou à risque d'impact foudre privilégié tels que cheminées, aéroréfrigérants, racks, stockages extérieurs) cette méthode est choisie.

Méthode probabiliste :
L'évaluation probabiliste du risque permet une classification des risques de la structure, elle permet donc de définir des priorités dans le choix des protections et de vérifier la pertinence d'un système de protection. Elle permet de définir les niveaux de protections à atteindre pour les bâtiments, afin de lutter contre les effets directs et indirects de la foudre. La méthode utilisée s'applique aux structures fermées (de type bâtiment), elle tient compte des dimensions, de la structure du bâtiment, de l'activité qu'il abrite, et des dommages que pourrait engendrer la foudre en cas de foudroiement sur ou à proximité des bâtiments.

Les risques de dommages causés par la foudre peuvent être de 4 types :

- R1 : Risque de perte humaine
- R2 : Risque de perte de service public
- R3 : Risque de perte d'héritage culturel
- R4 : Risque de pertes économiques

Suivant la circulaire du 24/04/2008, seul le risque R1 est pris en considération. Lorsque le risque calculé est supérieur au risque acceptable, des solutions de protection et de prévention sont adoptées jusqu'à ce que le risque soit rendu acceptable. Cette méthode probabiliste permet d'évaluer l'efficacité de différentes solutions afin d'optimiser la protection.

Le résultat obtenu fournit le niveau de protection à mettre en œuvre à l'aide de parafoudres, d'interconnexions et/ou de paratonnerres.

Pour évaluer le risque dû aux coups de foudre dans une structure, nous utiliserons la norme 62 305-2. Elle propose une méthode d'évaluation du risque foudre. Une fois fixée la limite supérieure du risque tolérable, la procédure proposée permet de choisir les mesures de protection appropriées pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable. Cela débouchera sur la définition d'un niveau de protection allant de I, pour le plus sévère, à IV pour le moins sévère.

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

Caractéristiques de la structure	Niveau de protection
Structure non-protégée par SPF	/
Structure protégée par un SFP	IV
	III
	II
	I

Les niveaux de protection s'échelonnent du « Niveau IV » au « Niveau I ». Le niveau IV étant le niveau de protection normal tandis que le niveau I est le niveau de protection maximal.

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

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

Système de protection contre la foudre (SPF) :
Installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent une structure Elle comprend à la fois des installations extérieures et intérieures de protection contre la foudre.

Zone de protection foudre (ZPF) :
Zone dans laquelle l'environnement électromagnétique de foudre est défini.

4. LE RISQUE FOUDRE

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

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

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

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

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

- Réalisation d'une parfaite équipotentialité des terres du site dont le but est de limiter les conséquences des phénomènes de couplage de terre, complétée en surface par l'interconnexion des masses métalliques tels que chemins de câbles en acier, structures métalliques, tuyauteries et conduits divers à proximité des équipements sensibles. Ce réseau en surface, encore appelé "Plan de Masse", a pour effet de réduire les courants vagabonds qui circulent habituellement dans ces éléments conducteurs.

- Cette mesure de mise en équipotentialité peut être complétée par l'installation de parafoudres sur les lignes provenant de l'extérieur des bâtiments et reliées aux équipements importants pour la sécurité ou aux électroniques fragiles, pour les protéger contre les surtensions transitoires dont l'origine a été expliquée précédemment.

5. INTRODUCTION

5.1. Références normatives et réglementaires

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

- **NORMES**

NF C 17-102 (Septembre 2011)	Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage
NF C 15-100 (Décembre 2002)	Installations électriques Basse Tension § 443 et § 543
NF EN 62305-1 (Juin 2013)	Protection contre la foudre Partie 1 : Principes généraux
NF EN 62305-2 (Décembre 2012)	Protection contre la foudre Partie 2 : Evaluation du risque
NF EN 62305-3 (Décembre 2012)	Protection contre la foudre Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains
NF EN 62305-4 (Décembre 2012)	Protection contre la foudre Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures
NF EN 61 643-11 (Mai 2014)	Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai pour installation basse tension
NF EN 61 643-21 (Novembre 2001)	Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunication – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais
NF EN 62 561-1/2/3/4/5/6/7	Composants de système de protection contre la foudre (CSPF)

- **REGLEMENTATION**

Arrêté du 4 octobre 2010	Arrêté du 28/02/22 modifiant l'arrêté du 4 octobre 2010 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	Application de l'arrêté du 04 octobre 2010 – Protection contre la foudre de certaines installations classées

- **GUIDES**

UTE C 15-443 (Août 2004)	Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres – Choix et installation des parafoudres

5.2. Définition de l'Analyse du Risque Foudre

Selon l'Arrêté du 04 octobre 2010 modifié :

L'analyse du risque foudre identifie les équipements et installations dont une protection doit être assurée.

L'analyse est basée sur une évaluation des risques réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle définit les niveaux de protection nécessaires aux installations.

Cette analyse est systématiquement mise à jour à l'occasion de modifications notables des installations nécessitant le dépôt d'une nouvelle autorisation au sens de l'article R. 184-46 du code de l'environnement et à chaque révision de l'étude de dangers ou pour toute modification des installations qui peut avoir des répercussions sur les données d'entrées de l'ARF.

Et selon sa circulaire associée du 24 avril 2008 :

L'ARF identifie :

- Les installations qui nécessitent une protection ainsi que le niveau de protection associé,
- Les liaisons entrantes ou sortantes des structures (réseaux d'énergie, réseaux de communications, canalisations) qui nécessitent une protection,
- La liste des équipements ou des fonctions à protéger ;
- Le besoin de prévention visant à limiter la durée des situations dangereuses et l'efficacité du système de détection d'orage éventuel.

L'ARF n'indique pas de solution technique (type de protection directe ou indirecte). La définition de la protection à mettre en place (paratonnerre, cage maillée, nombre et type de parafoudres) et les vérifications du système de protection existant sont du ressort de l'étude technique.

Pour conclure, la méthode est modélisée à travers un logiciel spécialisé : Protec, logiciel que nous avons utilisé pour cette étude.

5.3. Définition de l'Etude Technique

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

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

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

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

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

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

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

- **Prévention**

Il y est défini les systèmes de détection d'orage, les mesures de sécurité et les moyens de protection contre les tensions de pas et de contact.

- **Notice de vérification et maintenance**

Il y est défini la périodicité, la procédure de vérification, le rapport de vérification et la maintenance.

5.4. Documents fournis par le client

- L'Analyse de Risque Foudre et l'Etude Technique se basent sur les documents listés ci-dessous et sur les informations recueillies auprès de Monsieur GARNIER lors de notre visite du 05/07/2022.

- 2021 RAPPORT CONTROLE
- 120803plan TGBT IT (armoires 3,4,5,6,7)
- Infos mail
- Lille_BT_1
- Lille_BT_2
- Lille_BT_3
- Lille_BT_4n
- Note technique-Renforcement protection foudre Lille_V1R2
- Protection foudre-5
- Synoptique général de l'opérationnel de Lesquin 2019
- VUE AERIENNE ANNOTEE
- ZONE SNA AVEC ETAGES 2006

En l'absence d'informations nécessaires, les éléments seront choisis par défaut avec dans certains cas une majoration des critères retenus.

- La révision 1 de l'Analyse de Risque Foudre et l'Etude Technique se basent sur les documents listés ci-dessous :

- 4482DGAC_LESQUIN_INSTALLATIONS-indA-PLAN TOPO
- 251105 ESQ Extension local technique DGAC LESQUIN
- APS Nouvelle salle tech
- INEO-RECHERCHE DES RESEAUX BLOC TECHNIQUE DE LILLE LESQUIN
- INEO-LILLE Foudre
- LLE_BT_TOPO (fichier DWG)
- PE 2445 30073298 Ind A – [PROTECTION FOUDRE] PLAN DES BATIMENTS
- PE 2445 30073323 Ind A – [PROTECTION FOUDRE] PLAN DE PRINCIPE

En l'absence d'informations nécessaires, les éléments seront choisis par défaut avec dans certains cas une majoration des critères retenus.

6. PRESENTATION DU SITE

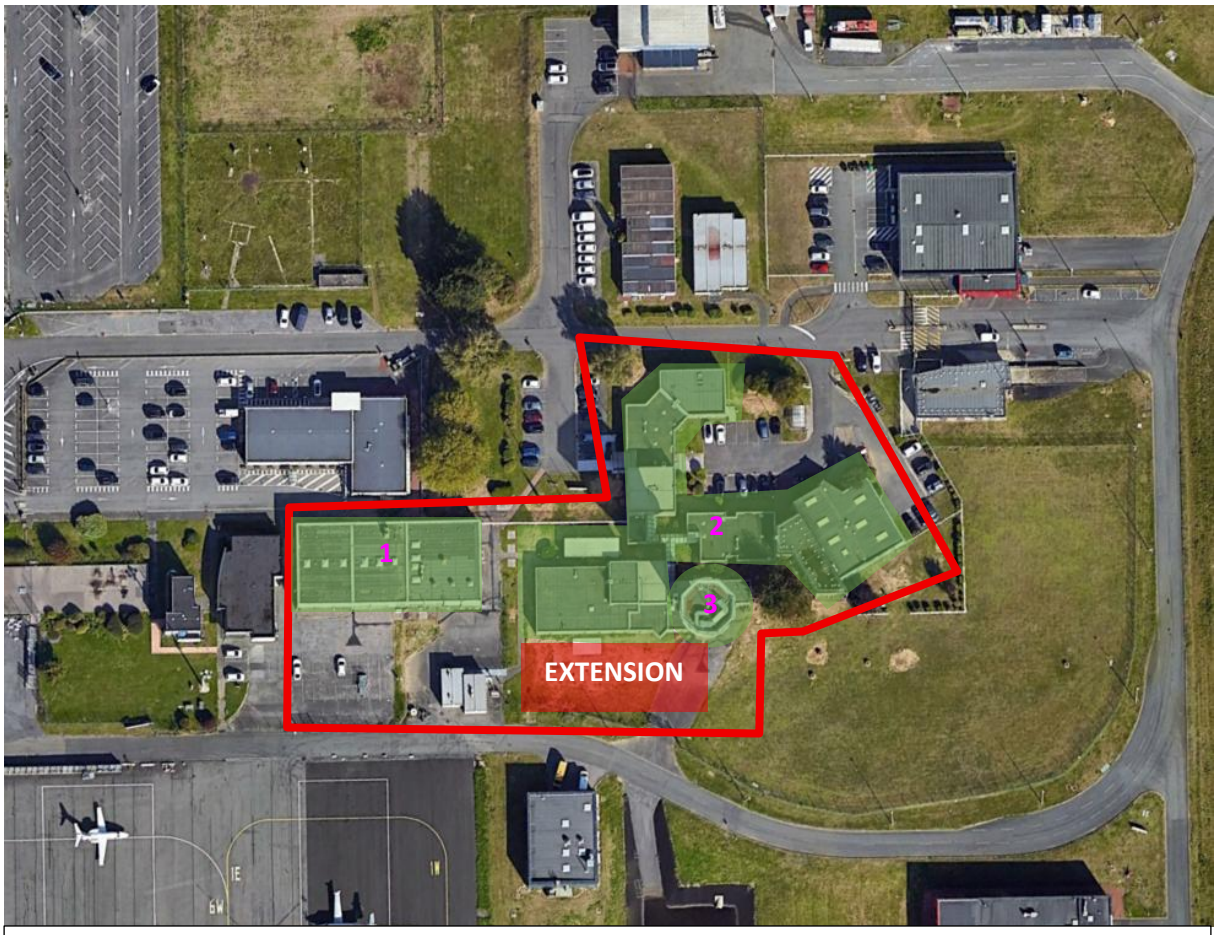
6.1. Adresse

TOUR DE CONTROLE

Aéroport de Lille-Lesquin

59810, LESQUIN

6.2. Vue aérienne



Les toits 1 à 3 sont les plus sensibles

Toit 1 : Centrale électrique avec groupe électrogène, cellule HT et transfo, TGBT

Toit 2 : Bloc technique (type datacenter) + **EXTENSION (nouvelle salle technique)**

Toit 3 : Tour de contrôle (point haut du site)

Les autres bâtiments sont des bâtiments administratif, logistique, etc.

7. ANALYSE DU RISQUE FOUDRE (ARF)

7.1. Densité de foudroiement

La densité qui est prise en compte dans cette étude est donnée par Météorage :

Détail de la requête



Emplacement :
Rte de l'Aéroport, 59810 Lesquin, France

Position du centre :
Latitude = 50.5693, Longitude = 3.0987

Rayon :
5 km

Période d'analyse :
du 1 janvier 2016 au 31 décembre 2025 Europe/Paris

Densité de foudroiement Nsg avec indice de confiance

N_{SG} : 0,64 GSP/km²/an

Indice de confiance statistique : Excellent

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,59 - 0,70].

Cadre explicatif

Le **Nsg** définit la densité de foudroiement calculée à partir des points de contacts (GSP) générés par un éclair de type Nuage-Sol. La norme IEC 62858 transposée en NF EN 62858, recommande l'utilisation de ce paramètre dans le calcul du risque de foudroiement, car il prend en compte la localisation de l'ensemble des points d'attachement au sol.

Le **Ng** est la densité de foudroiement calculée à partir du premier arc-en-retour (ou flash) dans un éclair de type Nuage-Sol. Ce paramètre sous-estime le risque de foudroiement puisqu'il considère seulement le premier point de contact au sol dans un éclair Nuage-Sol. Pour mémoire, les éclairs Nuage-Sol de polarité négative (environ 90% de tous les éclairs Nuage-Sol) génèrent au moins deux points de contact (éclairs dit « branchés »).

Le **nombre de jours d'orage** est le nombre de jours avec au moins un éclair, quel que soit son type Nuage-Sol ou Intra-Nuage, localisé sur le domaine d'étude.

En accord avec les normes internationales, METEORAGE recommande l'utilisation du Nsg.

À titre indicatif :

- La densité de foudroiement Ng pour ce site est de 0,58 flashs nuage-sol/km²/an,
- Le nombre de jours d'orage moyen par an est de 12,10 jours,
- La valeur maximale annuelle du Nsg sur la période est de 1,42 GSP/km²/an.

7.2. Résistivité du sol

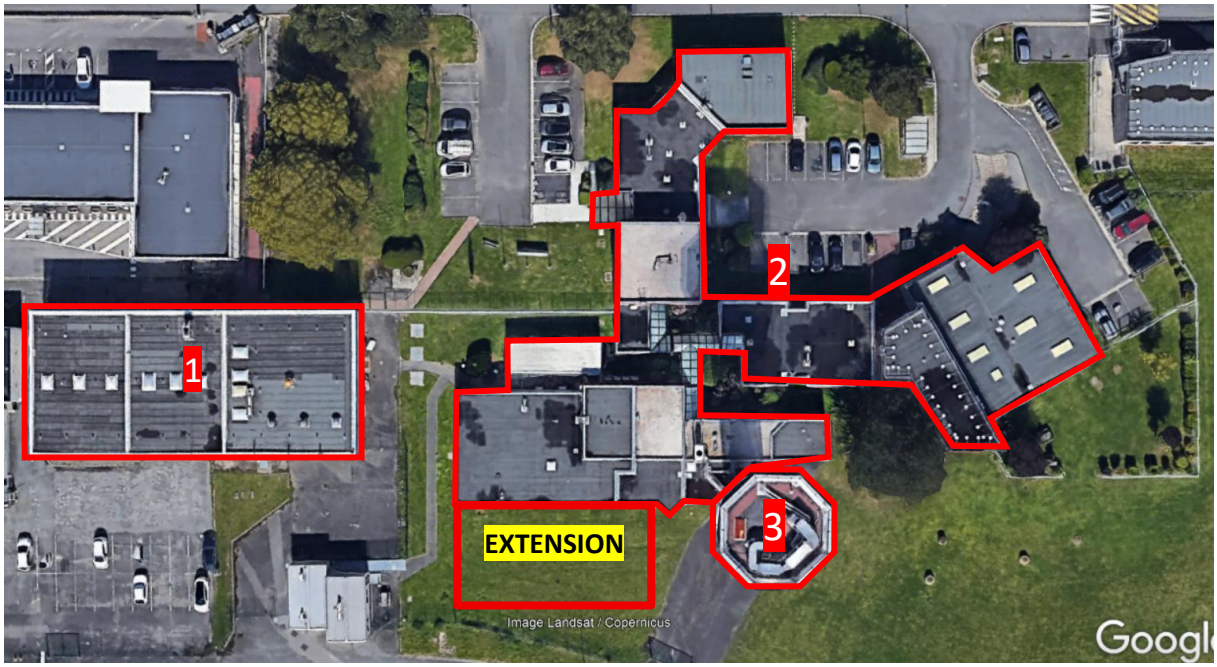
En l'absence de données précises reçues par le client et en application de la norme NF EN 62 305-2, nous retiendrons la valeur par défaut, soit 400 Ωm.

7.3. Identification des structures à étudier

Le site sera étudié en 3 blocs distincts selon la méthode probabiliste. Le découpage est réalisé en fonction des activités et de la localisation géographique des unités.

- Bloc 1 : Zone technique
- Bloc 2 : Zone opérationnelle + nouvelle salle technique
- Bloc 3 : Tour de contrôle

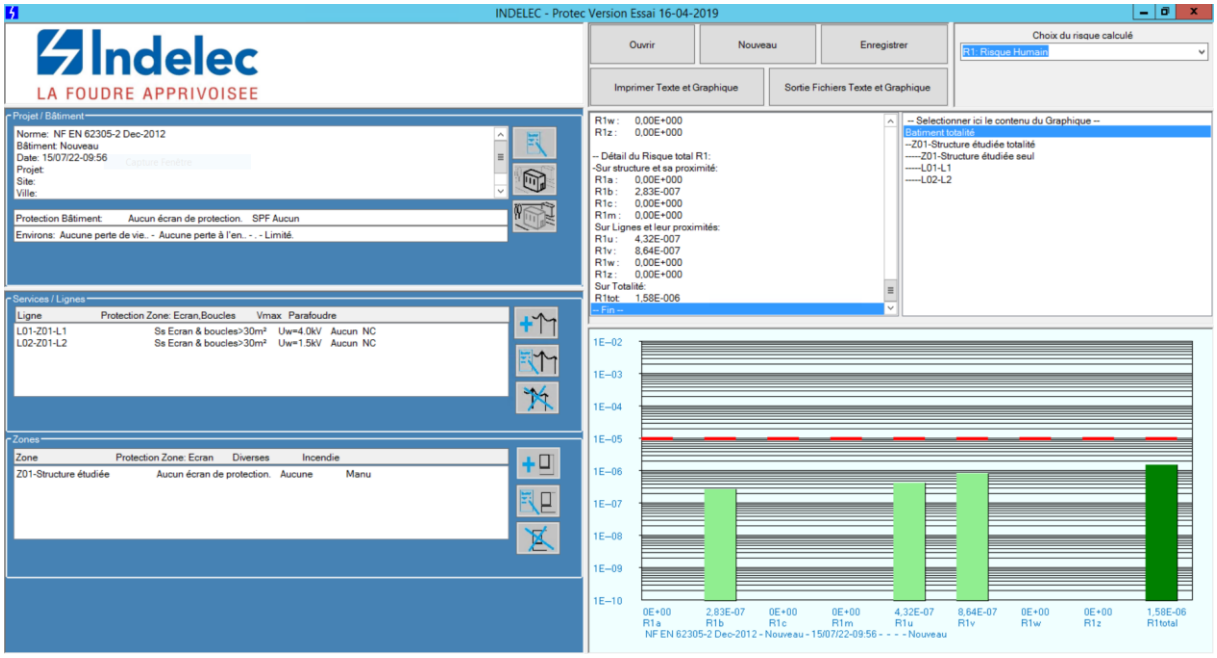
Une approche déterministe sera réalisée sur l'ensemble des unités par mesure de sécurité pour la continuité de service de l'ensemble des installations.



7.4. Descriptif du bloc 1

Description du bâtiment			
Activité	Industrielle		
Situation relative	Entourée d'objets plus petits ou de même hauteur : structure voisine		
Environnement	Rural		
Dimensions	L : 42 m / l : 18 m / h : 6 m		
Sol	Béton		
Structure	Maçonnerie		
Toiture	Béton		
Description des lignes externes			
Numéro	1	2	
Nom	TGBT	Courant fort et courant faible	
Type	HT	BT / TBT	
Bâtiment connecté	Réseau public	Bloc 2	
Longueur	1000 m (valeur par défaut)	100 m (estimation)	
Cheminement	Souterrain	Souterrain	
Description des canalisations métalliques			
Nom	Gaz		
Cheminement	Souterrain		
Description des risques			
Incendie	Ordinaire : pouvoir calorifique estimé < 800 MJ/m² (absence de stockage de produits inflammables)		
Moyens d'extinction	Manuels : Extincteurs		
Environnement	Non : pas de produit dangereux pour l'environnement		
Explosion	Non : pas de zone 0 ou 20 directement exposé à la foudre		
Panique	Faible : nombre de personnes < 100 sur 2 niveaux		

Risque de Perte de Vie Humaine R1 :



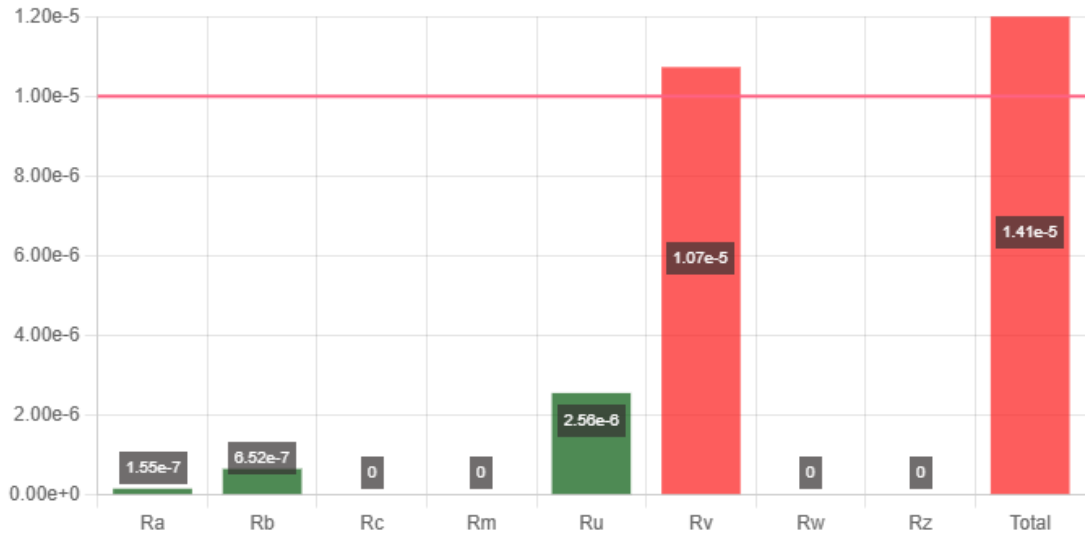
Résultat de l'Analyse de Risque Foudre : Sans protection

7.5. Descriptif du bloc 2

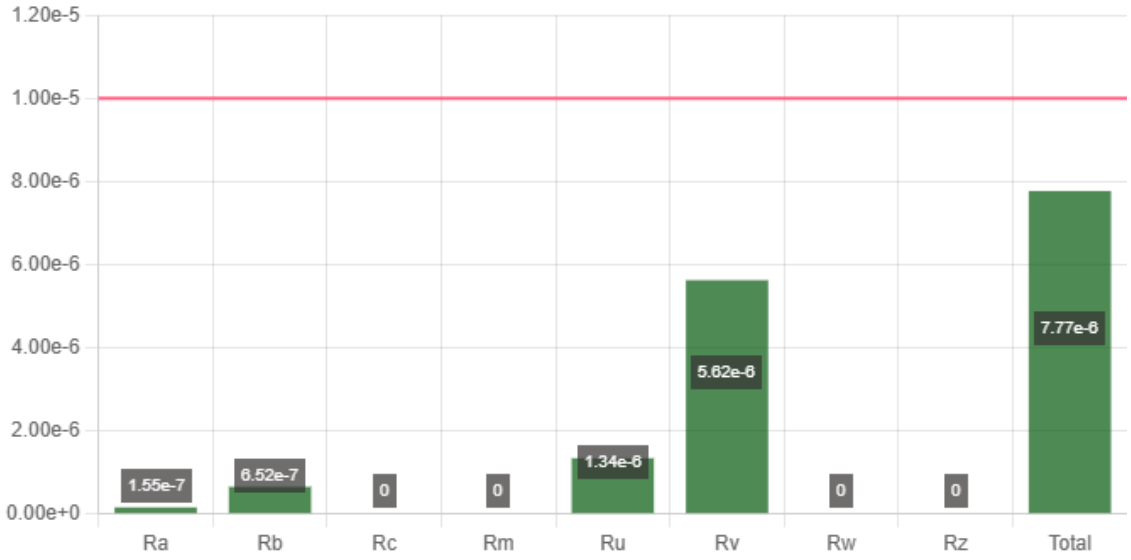
Description du bâtiment			
Activité	Bureaux / Zone Technique		
Situation relative	Entourée d'objets plus hauts : tour de contrôle		
Environnement	Rural		
Dimensions	L : 84 m / l : 67 m / h : 4 m / hmax : 6 m		
Sol	Béton		
Structure	Maçonnerie		
Toiture	Béton		
Description des lignes externes			
Numéro	1	2	3
Nom	Courant fort et courant faible	Courant fort et courant faible	Téléphonie
Type	BT / TBT	BT / TBT	CFA
Bâtiment connecté	Bloc 1	Bloc 3	ORANGE
Longueur	100 m (estimation)	50 m (estimation)	1000 m (valeur par défaut)
Cheminement	Souterrain	Souterrain	Souterrain
Description des canalisations métalliques			
Nom			
Cheminement			
Description des risques			
Incendie	Ordinaire : pouvoir calorifique estimé < 800 MJ/m² (absence de stockage de produits inflammables)		
Moyens d'extinction	Manuels : Extincteurs		
Environnement	Non : pas de produit dangereux pour l'environnement		
Explosion	Non : pas de zone 0 ou 20 directement exposé à la foudre		
Panique	Faible : nombre de personnes < 100 sur 2 niveaux		

La centrale de détection incendie est retenue comme équipement important pour la sécurité des personnes sur le site.

Risque de Perte de Vie Humaine R1 :



Résultat de l'Analyse de Risque Foudre : Sans protection

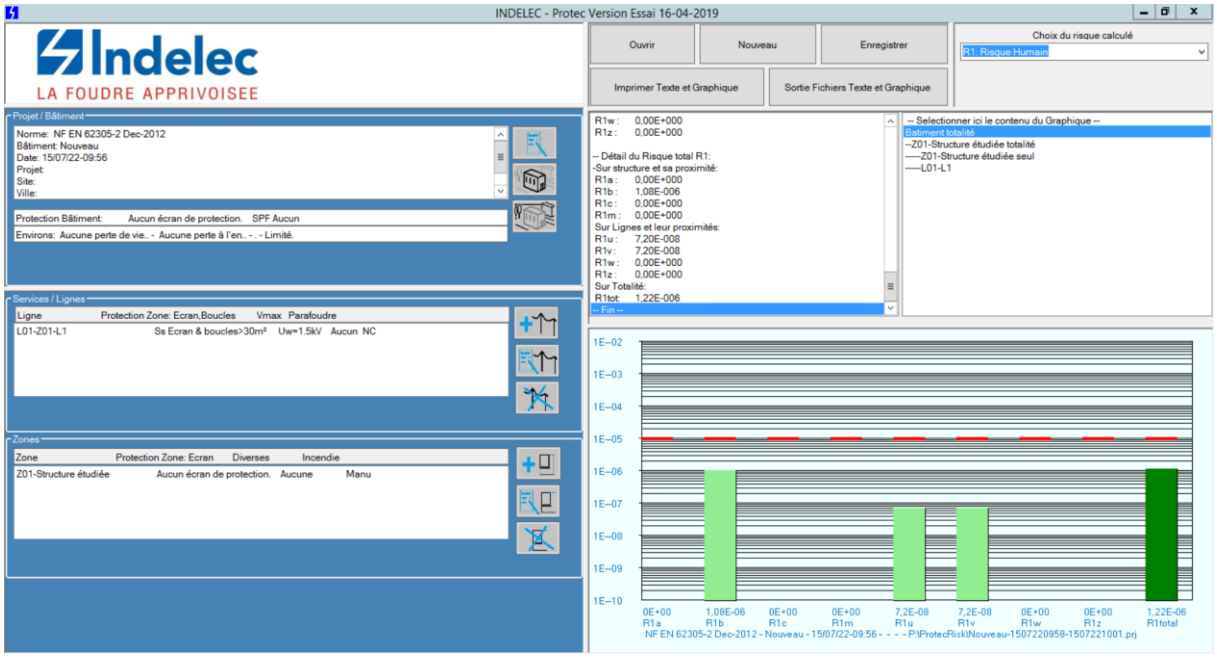


Résultat de l'Analyse de Risque Foudre : **Avec protection de niveau IV contre les effets indirects**

7.6. Descriptif du bloc 3

Description du bâtiment			
Activité	Autre (aéronautique)		
Situation relative	Entourée d'objets plus petits ou de même hauteur : structure voisine		
Environnement	Rural		
Dimensions	L : 12 m / l : 12 m / h : 30 m		
Sol	Béton		
Structure	Maçonnerie		
Toiture	Béton		
Description des lignes externes			
Numéro	1		
Nom	Courant fort et courant faible		
Type	BT / TBT		
Bâtiment connecté	Bloc 2		
Longueur	50 m (estimation)		
Cheminement	Souterrain		
Description des canalisations métalliques			
Nom			
Cheminement			
Description des risques			
Incendie	Ordinaire : pouvoir calorifique estimé < 800 MJ/m² (absence de stockage de produits inflammables)		
Moyens d'extinction	Manuels : Extincteurs		
Environnement	Non : pas de produit dangereux pour l'environnement		
Explosion	Non : pas de zone 0 ou 20 directement exposé à la foudre		
Panique	Moyen : nombre de personnes > 100 ou plus de 2 niveaux		

Risque de Perte de Vie Humaine R1 :



Résultat de l'Analyse de Risque Foudre : Sans protection

7.7. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

STRUCTURES ETUDIEES SELON LA METHODE PROBABILISTE

STRUCTURE	Niveau de protection requis Effets directs	Niveau de protection requis Effets indirects
Bloc 1 : Zone technique	Pas de protection nécessaire sur la structure	Pas de protection nécessaire sur la structure
Bloc 2 : Zone opérationnelle	Pas de protection nécessaire sur la structure	Protection de niveau IV
Bloc 3 : Tour de contrôle	Pas de protection nécessaire sur la structure	Pas de protection nécessaire sur la structure

Le compte-rendu de l'Analyse de Risques est disponible en annexe 1.

STRUCTURES ETUDIEES SELON LA METHODE DETERMINISTE

STRUCTURE	Niveau de protection requis Effets directs	Niveau de protection requis Effets indirects
Bloc 1 : Zone technique	Un niveau I sera retenu spécifiquement sur la partie « centrale électrique » Protection de niveau IV sur le reste du bâtiment	Protection de niveau I
Bloc 2 : Zone opérationnelle	**Un niveau I sera retenu spécifiquement sur la partie « bloc technique » + nouvelle salle technique** Protection de niveau IV sur le reste des bâtiments	**Protection de niveau I**
Bloc 3 : Tour de contrôle	Protection de niveau I	Protection de niveau I

EQUIPEMENT IMPORTANTS POUR LA SECURITE

La centrale de détection incendie devra être protégée contre les effets indirects de la foudre selon une protection de niveau IV.

EQUIPOTENTIALITE

La canalisation principale de gaz doit être reliée au réseau de terre du site (réalisation faite dans le poste de détente gaz accolé au bâtiment).

PREVENTION

Mise en place d'un système de prévention de situation orageuse à intégrer dans la procédure d'exploitation du site. En cas d'orage, il faudra notamment interdire :

- L'accès en toiture des bâtiments
- Les interventions sur le réseau électrique
- La présence de personnes à proximité des descentes et prises de paratonnerres
- Les engins de levage à l'extérieur

8. ETUDE TECHNIQUE (ET)

8.1. Généralités

8.1.1. Les Installations Extérieures de Protection Foudre (IEPF)

La probabilité de pénétration d'un coup de foudre dans la structure à protéger est considérablement réduite par la présence d'un dispositif de capture convenablement conçu. **Un Système de Protection Foudre (SPF)** est constitué de 3 principaux éléments :

- Dispositif de capture

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

- Conducteur de descente

L'écoulement du courant de foudre doit être alors réalisé par des conducteurs reliant le plus directement possible ce captage à des prises de terre spécifiques.

- Prise de terre

Les prises de terre paratonnerre doivent être reliées de façon équipotentielle au réseau de terre générale du site.

Nous distinguons :

Les systèmes passifs régis par la norme NF EN 62305-3 :

Cette technique de protection consiste à répartir sur le bâtiment à protéger, des dispositifs de capture à faible rayon de couverture (pour les pointes), des conducteurs de descente et des prises de terre foudre.

Les systèmes actifs régis par la norme NF C 17-102 :

Dans cette technique, le rayon de couverture des dispositifs de capture est amélioré par un dispositif ionisant. Les dispositifs de capture sont appelés Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA). Le rayon de protection d'un PDA dépend de sa hauteur (hm) par rapport à la surface à protéger, de son avance à l'amorçage (ΔL) et du niveau de protection nécessaire. Il est calculé à partir des abaques de la norme NF C 17-102. Un coefficient réducteur de 40 % doit être appliqué pour la protection des installations classées pour la protection de l'environnement soumise à l'arrêté du 22 février 2022.

De plus, les masses métalliques situées à proximité des conducteurs de descente leur sont reliées en respectant les distances de séparation indiquées dans les normes françaises NF EN 62305-3 et NF C 17 102, afin de ne générer aucun arc d'amorçage.

8.1.2. Les Installations Intérieures de Protection Foudre (IIPF)

Dans un premier temps, la protection contre les effets indirects de la foudre peut être réalisée par la mise en œuvre de parafoudres.

Les points de livraison EDF se trouvent au niveau des postes de transformation. Une protection de tête d'installation, disposée dans les TGBT, permet de briser l'onde de foudre venant du réseau EDF, et de supprimer une grande partie de son énergie.

L'obligation de protection en tête d'installation est fonction de la norme NFC 15-100 et de l'extrait suivant.

RAPPEL DES REGLES DE LA NF C 15-100 :

Le tableau 1 ci-après reprend les règles de l'article 443 de la norme NF C 15-100 en prenant compte en complément l'indisponibilité de l'installation.

Tableau 1 – Règles de protection

Caractéristiques et alimentation du bâtiment	Densité de foudroiement (N_g) Niveau kéraunique (N_k)	
	$N_g \leq 2,5$ $N_k \leq 25$ (AQ1)	$N_g > 2,5$ $N_k > 25$ (AQ2)
Bâtiment équipé d'un paratonnerre	Obligatoire (2)	Obligatoire (2)
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne (3)	Non obligatoire (4)	Obligatoire (4)
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Non obligatoire (4)	Non obligatoire (4)
L'indisponibilité de l'installation et/ou des matériels concerne la sécurité des personnes (1)	Selon analyse du risque	Obligatoire

(1) C'est le cas par exemple :

- de certaines installations où une médicalisation à domicile est présente
- d'installations comportant des Systèmes de Sécurité Incendie, d'alarmes techniques, d'alarmes sociales, etc.

(2) Dans les cas des bâtiments intégrant le poste de transformation, si la prise neutre du transformateur est confondue avec la prise de terre des masses interconnectée à la prise de terre du paratonnerre (voir annexe G), la mise en œuvre de parafoudres n'est pas obligatoire.
Dans le cas d'immeubles équipés de paratonnerre et comportant plusieurs installations privatives, le parafoudre de type I ne pouvant être mis en œuvre à l'origine de l'installation est remplacé par des parafoudres de type II (/n≥ 5 kA) placés à l'origine de chacune des installations privatives (voir annexe G).

(3) Les lignes aériennes constituées de conducteurs isolés avec écran métallique relié à la terre sont à considérer comme équivalentes à des câbles souterrains.

(4) L'utilisation de parafoudre peut également être nécessaire pour la protection de matériels électriques ou électroniques dont le coût et l'indisponibilité peuvent être critique dans l'installation comme indiqué par l'analyse du risque.

(5) Toutefois, l'absence d'un parafoudre est admise si elle est justifiée par l'analyse du risque définie en 6.2.2.

D'autres équipements, jugés particulièrement sensibles ou pour lesquels la perte de continuité de service serait critique (exemple : Ascenseurs, systèmes informatiques et téléphoniques ...) peuvent également être protégés par l'intermédiaire d'un second niveau de protection (parafoudres de type 2 généralement).

Ce second niveau est réalisé par des parafoudres dont la tension résiduelle, très basse, est adaptée à la sensibilité du matériel à protéger. Ce concept est appelé « coordination » de parafoudres.

La protection type 3 est dédiée à la protection des équipements très sensibles ou d'une importance stratégique notoire. Cette dernière est destinée à répondre aux effets induits par la foudre. Cette protection de type 3 (protection fine) concerne en générale la très basse tension et les parafoudres sont alors raccordés en série. Le raccordement au réseau équipotentiel doit être réalisé de la manière la plus courte possible.

Le choix des parafoudres doit être fait en fonction de leur pouvoir d'écoulement en courant de décharge (facteur retenu pour les parafoudres de type 1), de leur tension résiduelle (facteur important pour les parafoudres de type 2), de la tension nominale du réseau (généralement 400V triphasé) et du schéma de distribution du neutre (TN, TT, IT).

Le dimensionnement des sectionneurs, fusibles ou disjoncteurs, doit être fait en fonction du modèle de parafoudres et de leur positionnement dans l'installation.

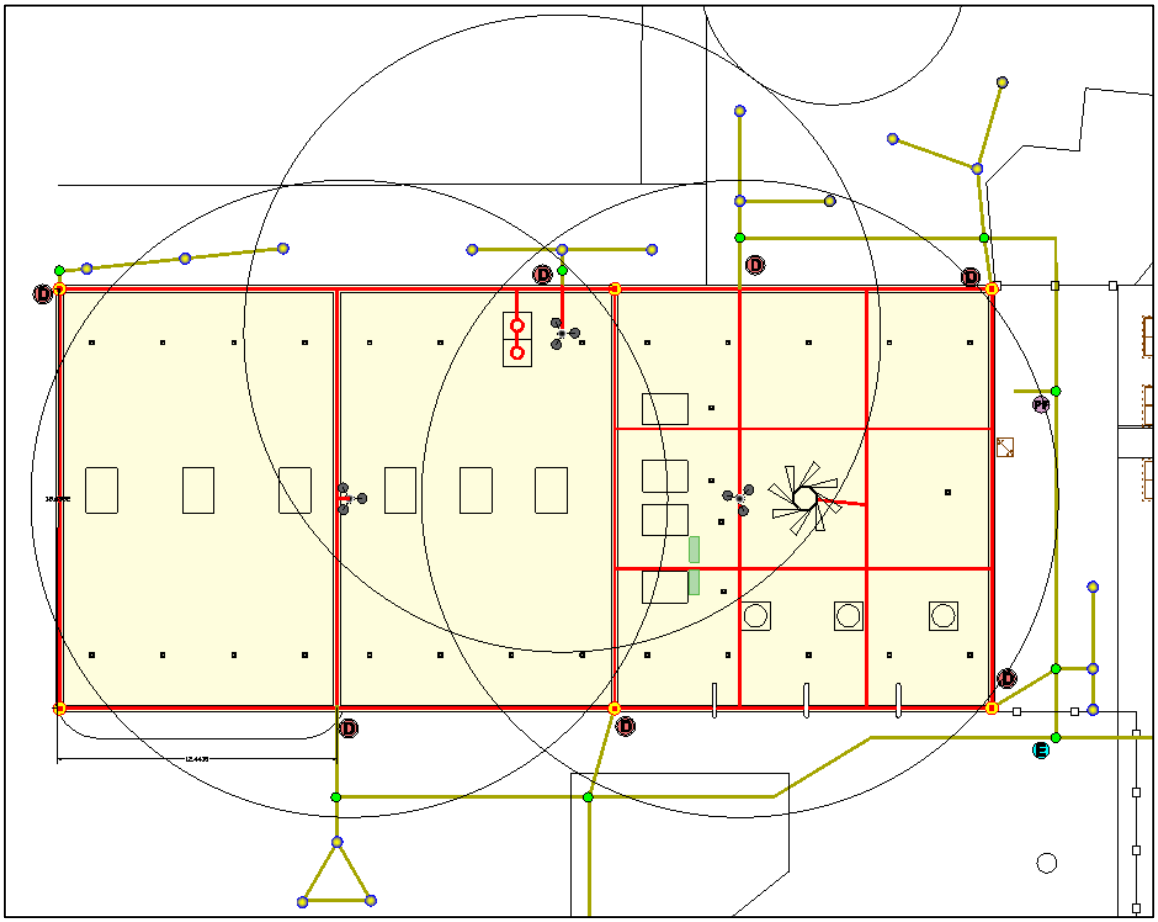
En plus des parafoudres, la lutte contre les effets indirects de la foudre se traduit par le déploiement d'un réseau équipotentielle optimal. Toutes les parties métalliques doivent être raccordées à une liaison équipotentielle les reliant à la terre pour éviter les décharges électrostatiques et les risques d'amorçage.

8.2. Dimensionnement des Installations Extérieures de Protection Foudre

La société INEO ENERGY & SYSTEMS propose une protection incorporant différentes solutions techniques (cage maillée, pointe inerte, utilisation d'antenne comme capteur naturel).

Nous validons cette solution, en effet celle-ci répond à la norme NF EN 62305-3. En voici le descriptif par structure :

Zone Technique (centrale électrique)



Maillage

Le bâtiment sera protégé par cage maillée de niveau I sur la centrale électrique et de niveau IV sur le reste du bâtiment.

Cette cage maillée sera réalisée par la mise en place de conducteurs normalisés placés en toiture de bâtiment respectant une maille de 5x5m sur la centrale électrique et de 20x20m sur le reste du bâtiment.

L'isolation électrique entre le dispositif de capture et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les systèmes intérieurs peut être réalisée par une distance de séparation « s » entre les parties. Une liaison équipotentielle par un conducteur normalisé sera à réaliser le cas échéant.

Distance de séparation concernant la maille de 5x5 m : 0,15 m
Distance de séparation concernant la maille de 20x20 m : 0,35 m

Pointes captrices

Les cages maillées de niveau I et IV seront complétées par la mise en place de 6 pointes captrices de 50 cm (assurant une protection complémentaire à la cage maillée, notamment aux 4 angles de la toiture), de 2 pointes captrices de 4 m (assurant une protection complémentaire à la cage maillée, notamment au centre de la toiture) et d'une pointe captrice de 5 m pour la protection des cheminées chaufferies.

Ces pointes captrices seront reliées au réseau de maillage en toiture.

Descentes

Sept descentes en conducteur normalisé seront placées sur le pourtour du bâtiment.

Elles seront reliées aux cages maillées et pointes captrices en toiture et au réseau de prise de terre paratonnerre en partie basse.

En partie basse de chaque descente, mise en place de :

- Un joint de contrôle à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
- Un fourreau de protection mécanique 2 mètres,
- Un regard de visite ou un étrier au niveau du sol pour l'accès au raccordement,
- Une pancarte d'avertissement de la présence d'une installation de protection contre la foudre.

L'isolation électrique entre les conducteurs de descente et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les systèmes intérieurs peut être réalisée par une distance de séparation « s » entre les parties. Une liaison équipotentielle par un conducteur normalisé sera à réaliser le cas échéant.

Distance de séparation concernant les descentes : 0,17 m

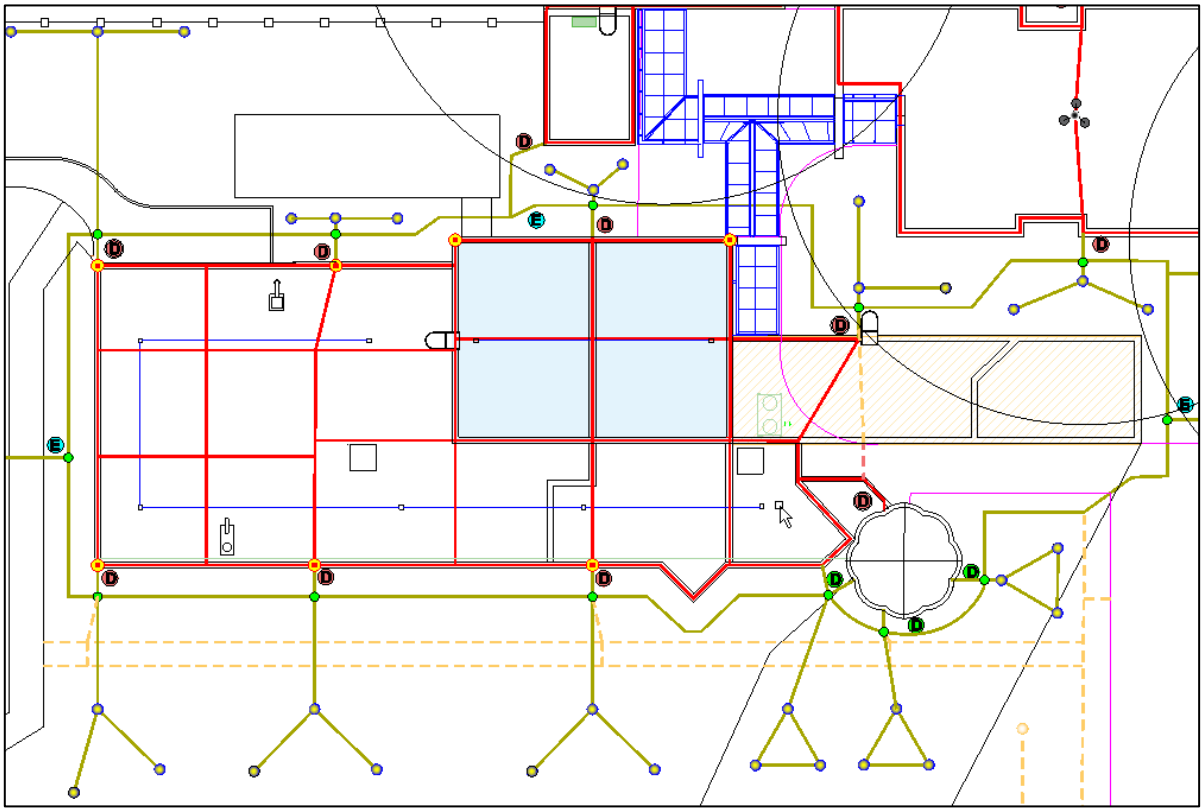
Prises de terre

Mise en place d'une prise de terre paratonnerre de type A au pied de chaque descente (7 prises de terre au total).

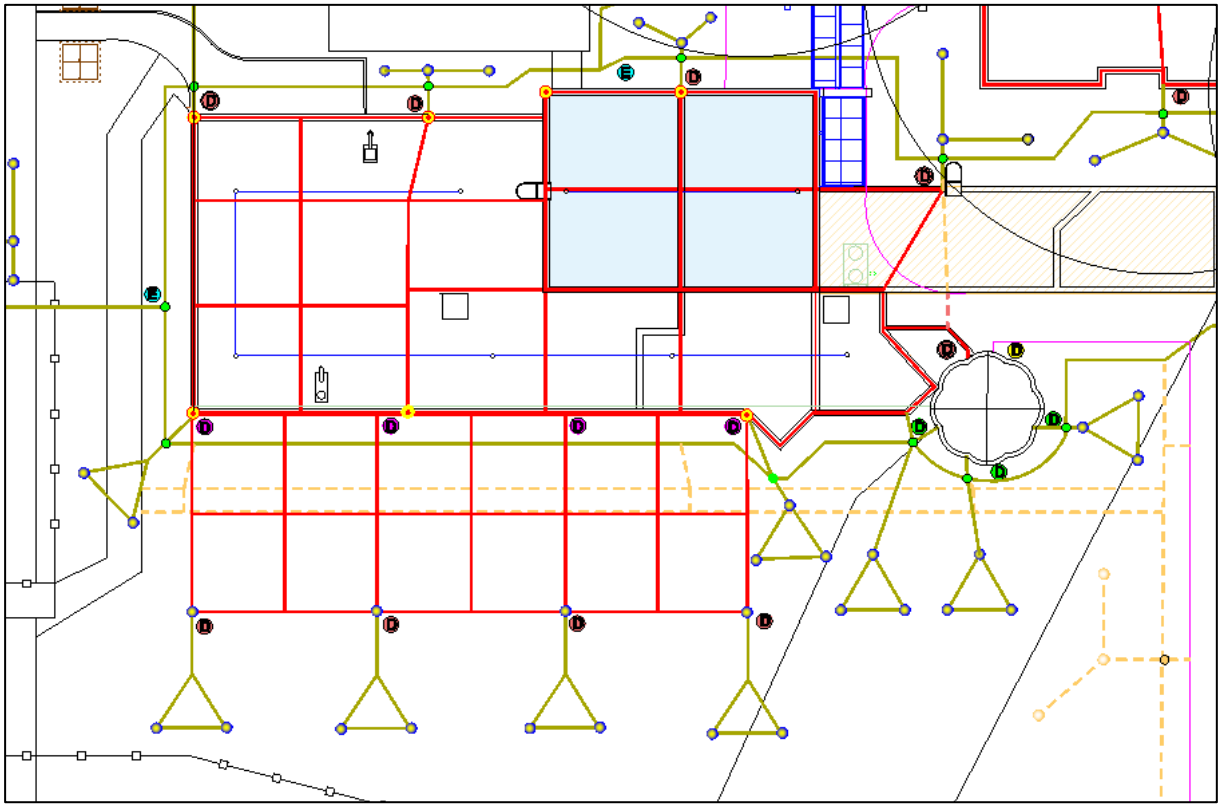
Réalisation d'une liaison équipotentielle entre chaque prise de terre paratonnerre et au réseau de terre paratonnerre du site.

Mise à jour du Bloc technique : ajout de la nouvelle salle technique

- **Ancienne version :**



- **Mise à jour :**



Maillage

Le bâtiment, incluant le bloc technique mis à jour avec l'ajout de la nouvelle salle technique, sera protégé par une cage maillée de niveau I.

Cette cage maillée sera réalisée par la mise en place de conducteurs normalisés en toiture, respectant un maillage de 5 x 5 m, comme représenté sur le plan.

L'isolation électrique entre le dispositif de capture et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les systèmes intérieurs pourra être assurée par le respect de la distance de séparation « s » entre les éléments. Le cas échéant, une liaison équipotentielle par conducteur normalisé sera réalisée.

Distance de séparation concernant la maille de 5 x 5 m : 0,15 m

Pointes captrices

La cage maillée de niveau I sera complétée par la mise en place de 7 pointes captrices de 50 cm (assurant une protection complémentaire à la cage maillée, notamment aux angles de la toiture) sur le bloc technique.

Ces pointes captrices seront reliées au réseau de maillage en toiture.

Descentes

Dix descentes en conducteur normalisé seront placées sur le pourtour du bâtiment.

Certaines descentes, identifiées sur le plan par un rond avec un « D » en rose, sont positionnées en façade au droit du bloc technique. Dans cette configuration, il est possible de mutualiser et de réutiliser les descentes existantes situées sur les parties communes entre le bloc technique et la nouvelle salle technique.

Elles seront reliées aux cages maillées et pointes captrices en toiture et au réseau de prise de terre paratonnerre en partie basse.

En partie basse de chaque descente, mise en place de :

- Un joint de contrôle à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
- Un fourreau de protection mécanique 2 mètres,
- Un regard de visite ou un étrier au niveau du sol pour l'accès au raccordement,
- Une pancarte d'avertissement de la présence d'une installation de protection contre la foudre.

L'isolation électrique entre les conducteurs de descente et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les systèmes intérieurs peut être réalisée par une distance de séparation « s » entre les parties. Une liaison équipotentielle par un conducteur normalisé sera à réaliser le cas échéant.

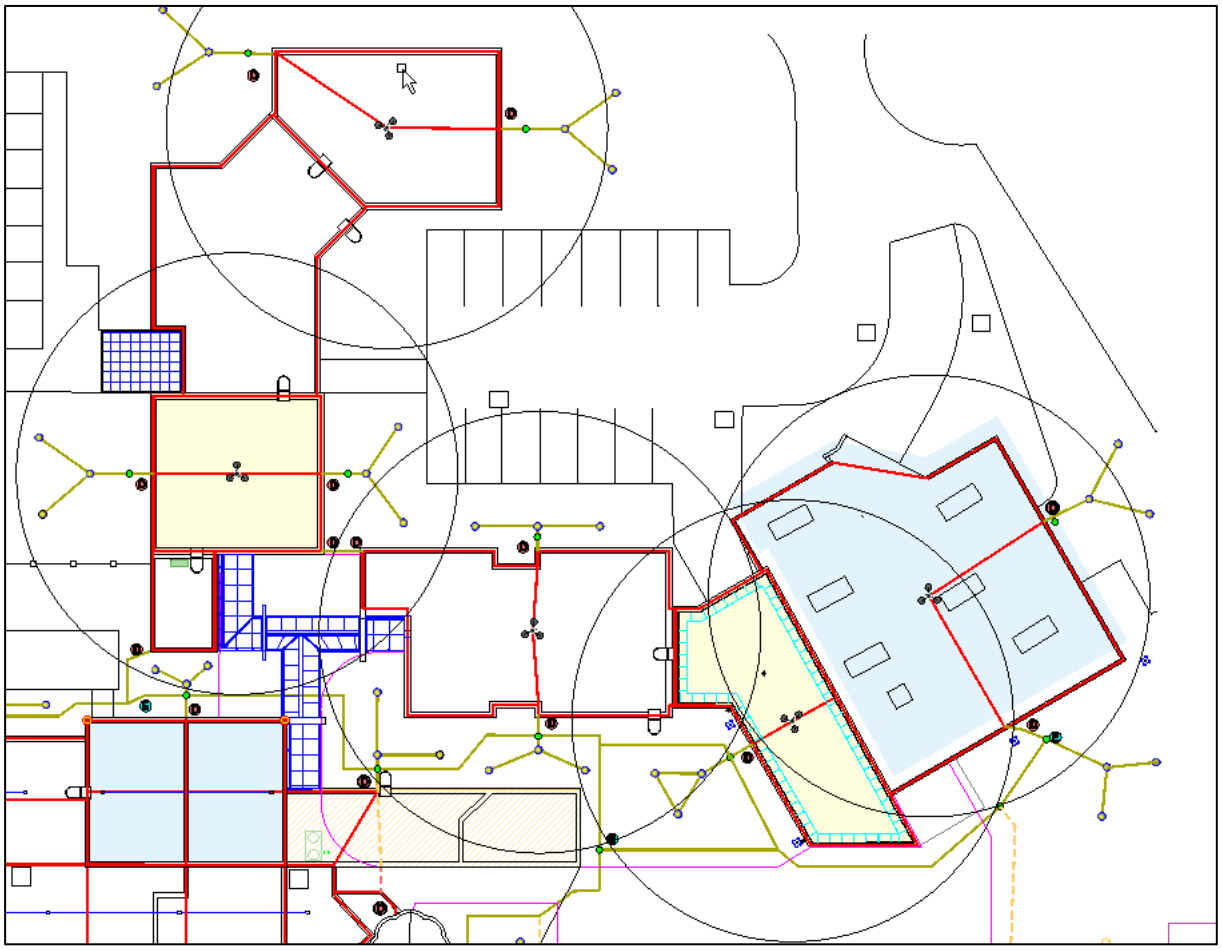
Distance de séparation concernant les descentes : 0,17 m

Prises de terre

Mise en place d'une prise de terre paratonnerre de type A au pied de chaque descente (7 prises de terre au total).

Réalisation d'une liaison équipotentielle entre chaque prise de terre paratonnerre et au réseau de terre paratonnerre du site.

Bâtiments annexes



Pointes captrices

Mise en place de 5 pointes captrices de 4 m placées en toiture des différents bâtiments annexes. Ces pointes captrices auront un rayon de protection de 14,16 m selon le niveau de protection Np = IV.

Descentes

Chaque pointe captrice sera reliée à deux conducteurs de descente normalisés placés sur deux façades différentes.
Un ceinturage en conducteur normalisé sera également réalisé sur les acrotères de chaque bâtiment et relié au réseau de descentes paratonnerres.

En partie basse de chaque descente, mise en place de :

- Un joint de contrôle à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
- Un fourreau de protection mécanique 2 mètres,
- Un regard de visite ou un étrier au niveau du sol pour l'accès au raccordement,
- Une pancarte d'avertissement de la présence d'une installation de protection contre la foudre.

L'isolation électrique entre les conducteurs de descente et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les systèmes intérieurs peut être réalisée par une distance de séparation « s » entre les parties. Une liaison équipotentielle par un conducteur normalisé sera à réaliser le cas échéant.

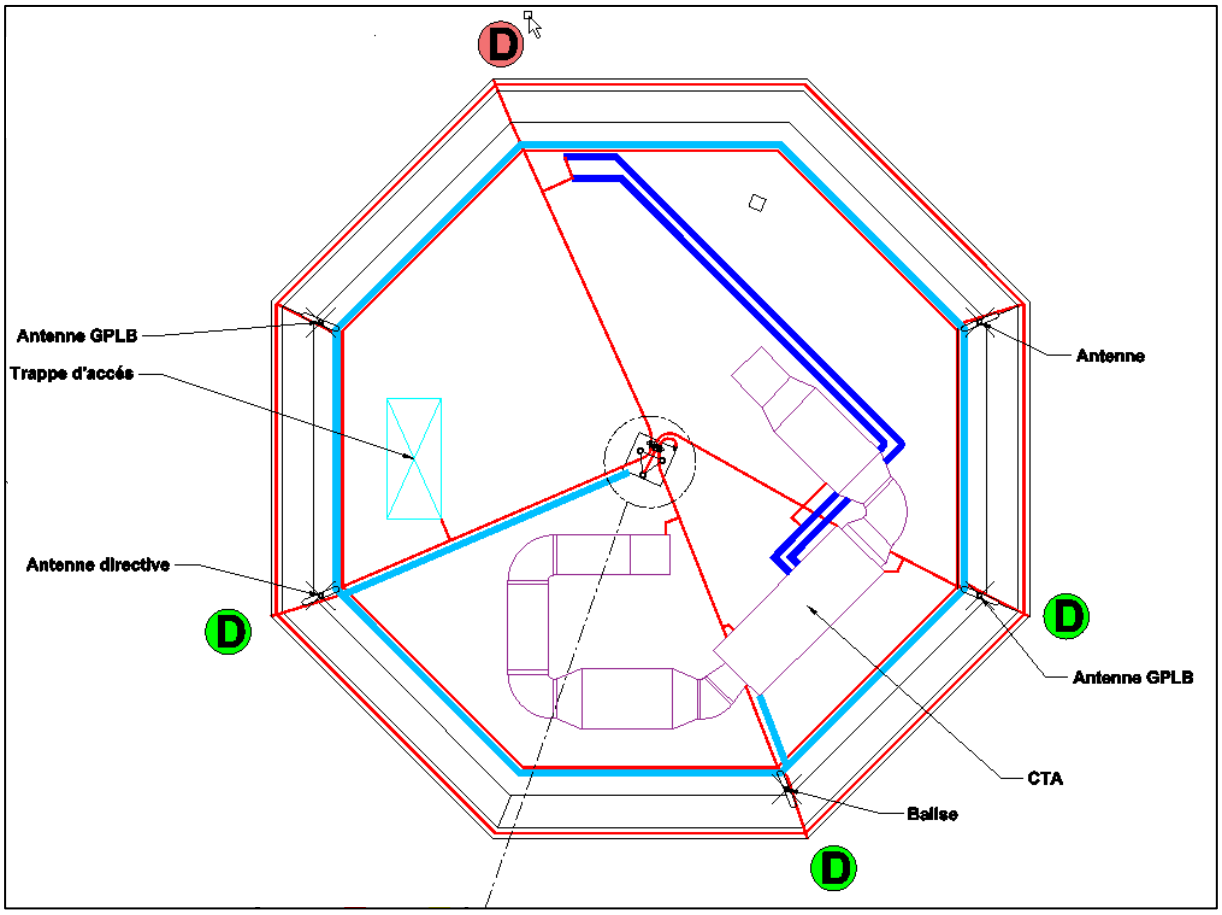
Distance de séparation concernant les descentes : 0,16 m

Prises de terre

Mise en place d'une prise de terre paratonnerre de type A au pied de chaque descente (9 prises de terre au total : 2 installations pointes captrices seront reliées à leur prise de terre respectives mais également à une même prise de terre commune centrale au 2 installations).

Réalisation d'une liaison équipotentielle entre chaque prise de terre paratonnerre et au réseau de terre paratonnerre du site.

Tour de contrôle



Paratonnerres

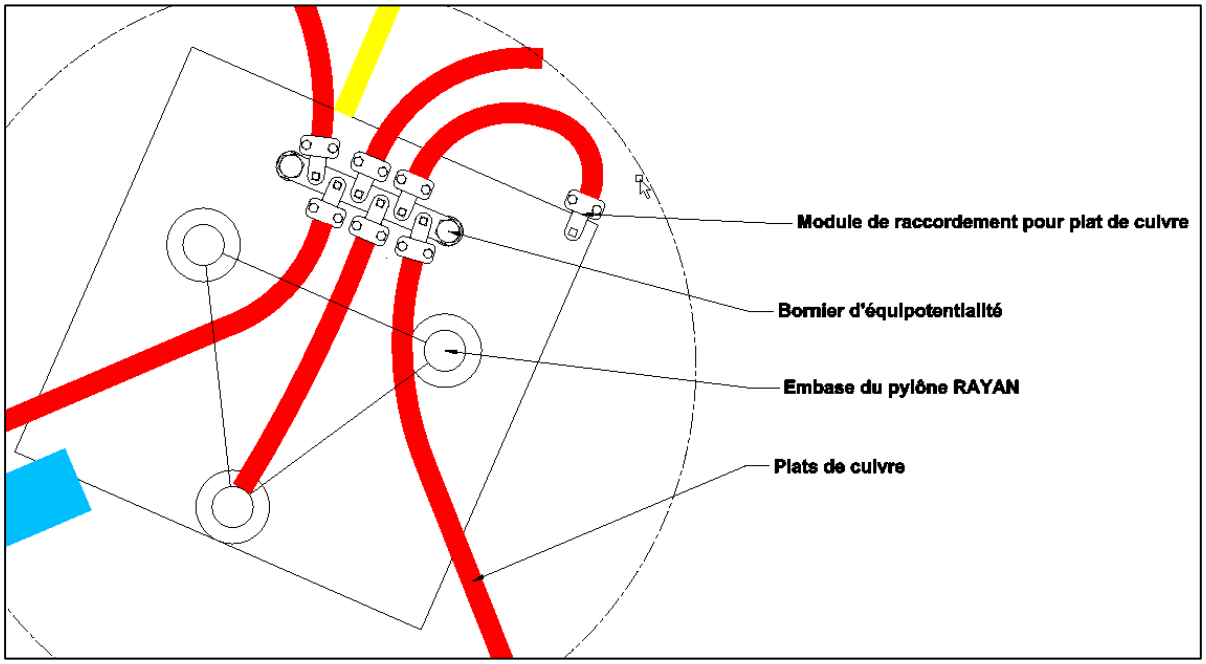
Une protection est actuellement présente sur la tour de contrôle. Cette protection sera rénovée.

La protection est assurée actuellement par l'assemblage de l'antenne centrale de type « RAYAN » positionnée sur son pylône en acier. Son angle de protection (50° pour une hauteur de 8 m selon le niveau de protection Np = I) est suffisant pour offrir une protection sur l'ensemble de la surface de la toiture de la tour de contrôle.

Descentes

Le pylône est actuellement relié à 4 conducteurs de descentes normalisés. Cependant leur cheminement est à revoir. En effet, ces conducteurs présentent des remontées de plus de 40 cm sur l'acrotère de la tour.
De plus, seuls les 3 conducteurs côté piste seront conservés. Le quatrième conducteur sera déplacé du côté du bloc technique et il sera relié à la cage maillée de ce bâtiment.
Un ceinturage en conducteur normalisé sera également réalisé sur les acrotères de la tour et relié au réseau de descentes paratonnerres.

Une barre d'équilibrage de potentiel sera également placée au pied du pylône afin de mutualiser le point d'interconnexion des descentes et de permettre au pylône de pouvoir continuer à basculer lors des différentes actions de maintenance de l'antenne.



En partie basse des trois descentes conservées côté piste, mise en place de :

- Un joint de contrôle à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre,
- Un fourreau de protection mécanique 2 mètres,
- Un regard de visite ou un étrier au niveau du sol pour l'accès au raccordement,
- Une pancarte d'avertissement de la présence d'une installation de protection contre la foudre.

Un chemin de câble entièrement capoté sera placé en toiture afin de transférer l'ensemble des câbles présents en supprimant toutes les boucles extérieures.

L'isolation électrique entre les conducteurs de descente et les parties métalliques de la structure, les installations métalliques et les systèmes intérieurs peut être réalisée par une distance de séparation « s » entre les parties. Une liaison équipotentielle par un conducteur normalisé sera à réaliser le cas échéant.

Distance de séparation concernant les descentes : 1,23 m

Prises de terre

Mise en place d'une prise de terre paratonnerre de type A au pied de chaque descente (3 prises de terre au total).

Réalisation d'une liaison équipotentielle entre chaque prise de terre paratonnerre et au réseau de terre paratonnerre du site.

Si les prises de terre existantes ont une valeur de résistance supérieure à 10 Ω :

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

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

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

- 160 m pour le niveau de protection I
- 100 m pour le niveau de protection II, III et IV

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

La longueur nécessaire peut être une combinaison d'électrodes horizontales (longueur cumulée L_1) et d'électrodes verticales (longueur cumulée L_2) avec l'exigence suivante : 160 m (respectivement 100 m) $\leq L_1 + 2x\,L_2$ *(4)*

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

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

8.3. Dimensionnement des Installations Intérieures de Protection Foudre

8.3.1. Liste des parafoudres existants

Localisation	Armoire	Type 1/2/3	Up (kV)	In (kA)	Iimp (kA)
Tour de contrôle	Armoire au pied de la tour (sous-sol)	1+2	1,5	25	12,5
Salle technique	TBT Ondulé Vert ext C03	2	1,1	2,5	/
Salle technique	TBT Ondulé Bleu ext C03	2	1,1	2,5	/
Salle technique	Coffret sur le mur (installation non conforme : absence de déconnecteurs et longueur de cablage trop importante)	2	2,2	20	/

Le câblage des parafoudres de type 2 situés dans le coffret sur l'un des murs de la salle technique devra être revu (règle des 50 cm) et des déconnecteurs devront être associés aux parafoudres (en amont de ceux-ci).

8.3.2. Liste des parafoudres à installer

Calcul du I_{imp} :
Np = I : $I_{imp} \geq 100/(n1+n2)$. Dans notre cas : n1+n2 ≥ 2 (à minima 1 ligne de courant fort, 1 ligne de courant faible et 1 canalisation métallique). D'où $I_{imp} \geq 33,33$ kA par ligne. L'alimentation étant en triphasée + neutre : $I_{imp} \geq 33,33/4$ donc $I_{imp} \geq 8,33$ kA par pôle. La norme NF C 15 100 impose 12,5 kA minimum.

Localisation	Armoire	Type 1/2/3	Up (kV)	In (kA)	Iimp (kA)
Centrale électrique	Armoire 4 du TGBT	1+2	1,5	5	12,5
Centrale électrique	TD Ondulé Vert	2	1,5	5	/
Centrale électrique	TD Ondulé Bleu	2	1,5	5	/
Local C05	Armoire divisionnaire alimentant la prochaine centrale de détection incendie	2	1,5	5	/
Nouvelle salle technique	**Armoire principale**	**1 + 2**	**1,5**	**5**	**12,5**

Les parafoudres de type 1+2 auront les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement $U_c \geq 253$ V (en TNC) et Uc ≥ 400 V (en IT),
- Un courant maximal de décharge (I_{imp}) ≥ 12,5 kA (en onde 10/350 µs),
- Un courant nominal de décharge (en onde 8/20) $I_n \geq 5$ kA
- Un niveau de protection (tension résiduelle sous I_{imp}) $U_p \leq 1,5$ kV,
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusibles ou disjoncteur en fonction du fabricant),
- Respect de la règle de câblage dite des 50 cm,
- Adaptés au régime de neutre,
- Courant de court-circuit Icc parafoudres > courant de court-circuit TGBT.

Les parafoudres de type 2 auront les caractéristiques suivantes :

- Une tension maximum de fonctionnement $U_c \geq 253$ V (en TNC) et Uc ≥ 400 V (en IT),
- Un courant nominal de décharge (en onde 8/20) $I_n \geq 5$ kA
- Un niveau de protection (tension résiduelle sous I_{imp}) $U_p \leq 1,5$ kV,
- Ils seront obligatoirement accompagnés d'un dispositif de déconnexion (fusibles ou disjoncteur en fonction du fabricant),
- Respect de la règle de câblage dite des 50 cm,
- Adaptés au régime de neutre,
- Courant de court-circuit Icc parafoudres > courant de court-circuit de l'armoire électrique.

Remarque :
Les parafoudres devront être conformes à la NF EN 61643-11 et à la NF EN 61643-21.

8.3.3. Installation des parafoudres

Pour information, vous trouverez ci-après le document « processus de choix et installation des déconnecteurs des parafoudres de type 1 » établi selon la note Ineris du 17/12/13.

La tenue du Dispositif de Protection contre les Surintensités de l'Installation (DPSI) en onde 10/350, n'est généralement pas connue du fabricant. Aussi le cas idéal de choix est le suivant :

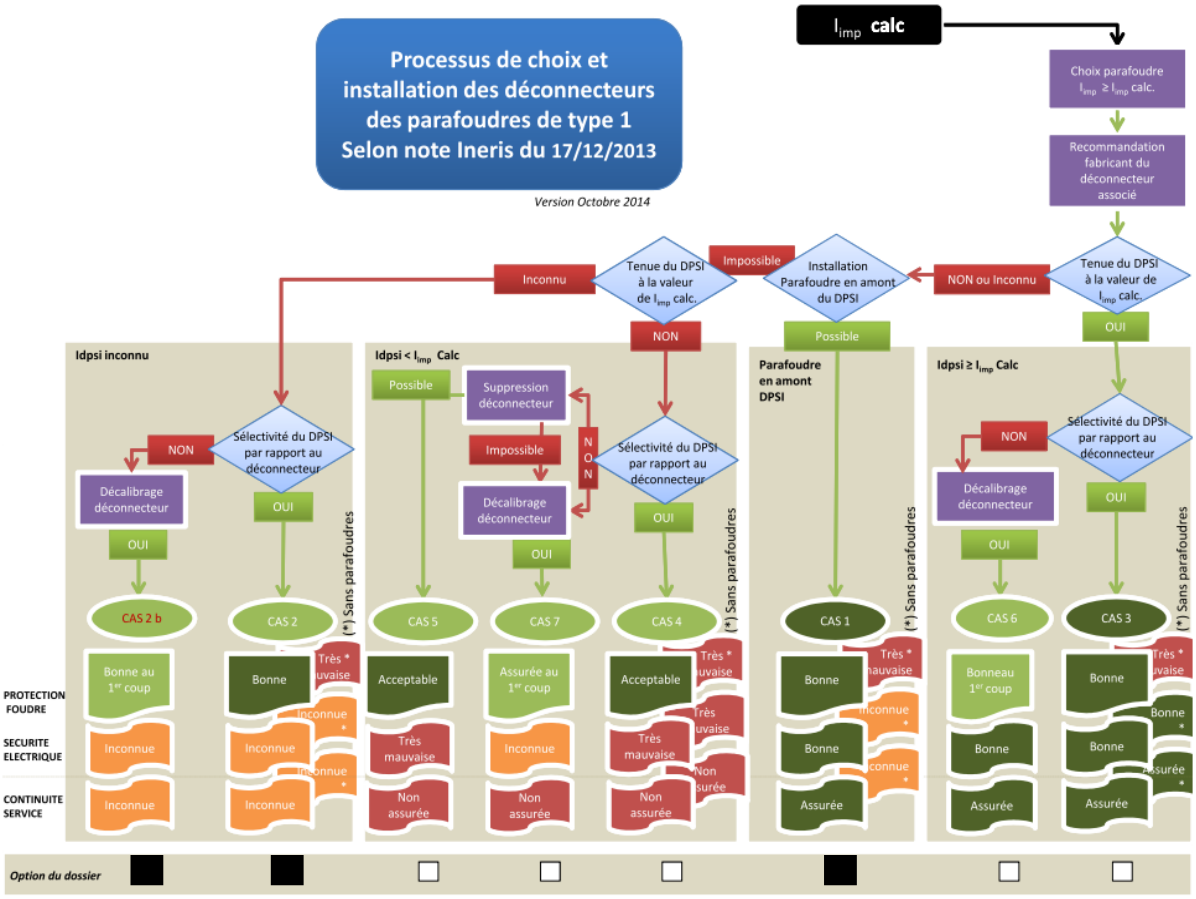
> Cas 1 : Installation des parafoudres en amont du DPSI. (Cf. document).
> Dans ce cas la protection foudre, la sécurité électrique, et la continuité de service sont assurées.

Pour autant l'installation des parafoudres peut être difficile, contraignante à réaliser : obligation d'intervention sous tension ou coupure du poste d'alimentation…

Si le cas 1 ne s'avère pas réalisable, le cas 2 doit être envisagé, avec une inconnue qui subsiste sur le comportement du DPSI en cas de surtension vis-à-vis des critères de sécurité électrique et de continuité de service (étant donné sa présence en amont du parafoudre et son déconnecteur).

Cette inconnue existait déjà avant l'implantation de parafoudres dans l'installation électrique.

> Cas 2 ou cas 2 b (Cf. document). Dans ce cas, la protection foudre est assurée, la sécurité électrique et la continuité de service sont inconnues.



D'autre part, la coordination des différents parafoudres du site doit être assurée. Différents moyens, communiqués par les fabricants, permettent de garantir cette coordination. Il peut s'agir d'une association prévue dès la conception du produit, de contraintes sur les longueurs de câble minimum entre les deux étages de protection ou de la mise en œuvre d'inductance de découplage.

Enfin, selon le guide UTE C 15-443 page 30 § 8.2 les règles de câblages à respecter sont les suivantes :

Règle 1 : Respecter la longueur L (L1+L2+L3) < 0,50 m (7.4.2 et annexe H) en utilisant des borniers de raccordement intermédiaires si nécessaire.

Règle 2 : Réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE en les regroupant ensemble d'un même coté du tableau.

Règle 3 : Séparer les câbles d'arrivée (en provenance du réseau) et les câbles de départ (vers l'installation) pour éviter de mélanger les câbles perturbés et les câbles protégés. Ces câbles ne doivent pas non-plus traverser la boucle (règle 2).

Règle 4 : Plaquer les câbles contre la structure métallique du tableau lorsqu'elle existe afin de minimiser la boucle de masse et de bénéficier de l'effet réducteur des perturbations.

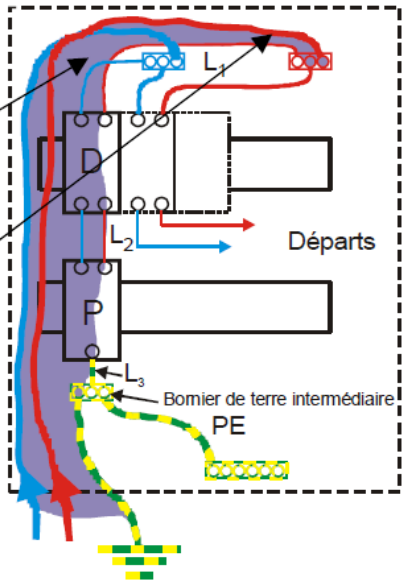


Figure 10 – Exemple de câblage dans un tableau électrique

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

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

8.3.4. Equipotentialité

Afin de maitriser les différences de potentiel, il faut optimiser l'équipotentialité et le maillage des masses. Les liaisons à la terre électrique générale des structures métalliques sont considérées conformes à la NF C 15-100. Elles seront validées lors des vérifications électriques périodiques.

La canalisation principale de gaz est raccordée à la terre par son poste de détente accolé au bâtiment de la centrale électrique.

Tableau 1 – Dimensions minimales des conducteurs connectés à différentes barres d'équipotentialité ou entre les barres d'équipotentialité et la terre

Niveau de protection	Matériau	Section transversale mm²
I à IV	Cuivre	16
	Aluminium	22
	Acier	50

Tableau 2 – Dimensions minimales des conducteurs d'interconnexion entre les éléments métalliques interne et la borne d'équipotentialité

Niveau de protection	Matériau	Section transversale mm²
I à IV	Cuivre	6
	Aluminium	8
	Acier	16

Remarque :
Les composants de connexion devront être conformes à la NF EN 62 561-1.

8.4. La protection des personnes

8.4.1. La détection et l'enregistrement des orages

Le site ne possède actuellement aucune procédure spécifique en cas d'orage. L'exploitant devra intégrer le risque orageux aux procédures d'exploitation du site.

La détection du risque orageux se fera par observation humaine. Il y a menace d'orage quand un éclair est visible ou si le tonnerre est audible.

De plus, les agressions sur le site doivent être enregistrées. Les compteurs de coups de foudre permettent l'enregistrement des impacts. Un relevé régulier (par exemple tous les mois) des compteurs et des parafoudres est recommandé. Le compteur de coups de foudre horodaté permet de :

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

8.4.2. Les mesures de sécurité

Le danger est effectif lorsque l'orage est proche et, par conséquent, la sécurité des personnes en période d'orage doit être garantie. Les personnels doivent être informés du risque consécutif soit à un foudroiement direct, soit à un foudroiement rapproché. Il faudra interdire :

- Pas d'accès toiture
- Pas d'utilisation d'engins de levage en extérieur
- Pas d'intervention sur un réseau électrique (même un réseau de capteurs).
- Pas de présence à proximité des paratonnerres et prises de terre



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

8.4.3. Tension de pas et de contact

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

La tension de contact concerne un contact direct d'une personne avec un conducteur actif.

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





8.5. Réalisation des travaux

8.5.1. Qualification des entreprises

La qualité de l'installation des systèmes de protection contre la foudre est un élément primordial pour s'assurer de leur efficacité. La mise en œuvre des préconisations effectuées précédemment devra ainsi être réalisée par une société qualifiée pour cela.

Aussi, les travaux devront être effectués par un professionnel agréé Qualifoudre INERIS .

L'entreprise devra fournir son attestation QUALIFOUDRE à la remise de son offre. Si des travaux sont décidés, il serait judicieux de confier l'ensemble des missions à un organisme compétent (AMO, suivi de chantier, …) sans oublier la formation du personnel. Lorsque les travaux de protection seront achevés, une Vérification Initiale de conformité globale devra être assurée par un organisme compétent avant 6 mois.

8.5.2. Autorisation d'Intervention à Proximité des Réseaux

En application de la norme NF S70-003-1, le responsable du projet peut faire le choix d'une procédure de DT-DICT conjointe. Cette option est applicable lorsque le projet concerne une opération unitaire dont la zone d'intervention géographique est très limitée et dont le temps de réalisation est très court.

L'entreprise qui réalisera les travaux de protection foudre devra, dans le cadre du marché privé ou public, effectuer la procédure de déclaration DT-DICT conjointe conformément à la règlementation en vigueur.

9. ANNEXES

ANNEXE 1 : Compte rendu Analyse de Risques

ANNEXE 2 : Carnet de Bord Qualifoudre

9.1. Annexe 1 : Compte-rendu de l'Analyse du Risque Foudre

Bloc 1

INDELEC - Protec

Norme: NF EN 62305-2 Dec-2012

Associations Zones-Lignes:
Batiment totalité
--Z01-Structure étudiée totalité
-----Z01-Structure étudiée seul
-----L01-L1
-----L02-L2

--- Liste des Mesures de protections: ---
Bâtiment entier:
Protection Bâtiment: Aucun écran de protection. SPF Aucun
Environs:
Environs: Aucune perte de vie.. - Aucune perte à l'en.. - . - Limité.

Lignes:

Ligne	Protection Zone: Ecran,Boucles	Vmax	Parafoudre	
L01-Z01-L1	Ss Ecran & boucles>30m²	Uw=4.0kV	Aucun	NC
L02-Z01-L2	Ss Ecran & boucles>30m²	Uw=1.5kV	Aucun	NC

Zones:

Zone	Protection Zone: Ecran	Diverses	Incendie
Z01-Structure étudiée	Aucun écran de protection.	Aucune	Manu

Paramètres-Calculs-Résultats:
Nouveau (NF EN 62305-2 Dec-2012)

- Caractéristiques & Coeffs Batiment -
Ng: 00,72 Dept:Aucun
L=42, l=18, H=6, Hmax=0
Cdb: 5,00E-001
Nbr de personnes: Calcul par défaut
Adb: 3,93E+003
Amb: 8,46E+005
Ndb: 1,42E-003
Nmb: 6,08E-001
Ks1: 1,00E+000
Pb : 1,00E+000
NPF: Aucun
Environnement extérieur(NF-C-62305-2012) :
Lfe: 0,00E+000
Te8760: 0,00E+000
Hors des limites du site

- Caractéristiques & Coeffs Ligne1:L1 ---
Cil: 0,50 - Enterré, L=1000, Ro=500
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.
Ctl: 0,20 - Avec transformateur à deux enroulements
Cel: 1,00 - Rural
Pas de structure Adjacente.
Ada: 0,00E+000

Al : 2,00E+004
Ai : 2,00E+006
Nda: 0,00E+000
Nl : 2,88E-003
Ni : 2,88E-001
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne2:L2 ---
Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.
Ctl: 1,00 - Service uniquement
Cel: 1,00 - Rural
Pas de structure Adjacente.
Ada: 0,00E+000
Al : 2,00E+003
Ai : 2,00E+005
Nda: 0,00E+000
Nl : 1,44E-003
Ni : 1,44E-001
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques et Coeffs Zone1:Structure étudiée ---
Nb Personnes: Calcul par défaut
Type de zone: Industriel et commercial.
Danger particulier: Faible niveau panique (<2 étages et <100 personnes).
Héritage Culturel: Aucune perte d'héritage culturel.
Risque Service Public: Aucun
Risque Incendie: Ordinaire
Type de Sol: Agricole, béton (Rc ≤ 1kΩ)
Hz : 2,00E+000
Ks2: 1,00E+000
rf : 1,00E-002
rp : 5,00E-001
rt,ra,ru : 1,00E-002
hc : 0,00E+000
Lt1: 1,00E-002
Lf1: 2,00E-002
Lo1: 0,00E+000
pta: 1,00E+000
Pa : 1,00E+000
Pb : 1,00E+000
- Zone1 Ligne1:L1 ---
Ks3: 1,00E+000
Ks4: 2,50E-001
Pld: 1,00E+000
Pli: 1,60E-001
Uw : 4,00E+000
ptu: 1,00E+000
Cld: 1,00E+000
Cli: 1,00E+000
spd-Pc: 1,00E+000
pms-Pm: 6,25E-002
Pu : 1,00E+000
Pv : 1,00E+000
Pw : 1,60E-001
Pz : 1,60E-001
- Zone1 Ligne2:L2 ---

Ks3: 1,00E+000
Ks4: 6,67E-001
Pld: 1,00E+000
Pli: 6,00E-001
Uw : 1,50E+000
ptu: 1,00E+000
Cld: 1,00E+000
Cli: 1,00E+000
spd-Pc: 1,00E+000
pms-Pm: 4,44E-001
Pu : 1,00E+000
Pv : 1,00E+000
Pw : 6,00E-001
Pz : 6,00E-001
- Cumul Pc et Pm pour Zone1:Structure étudiée ---
Pc : 1,00E+000
Pm : 4,79E-001
Détail du Risque par zone

- Risque Zone1:Structure étudiée ---
- Zone:Structure étudiée ---
R1a : 0,00E+000
R1b : 2,83E-007
R1c : 0,00E+000
R1m : 0,00E+000
- Ligne1:L1 ---
R1u : 2,88E-007
R1v : 5,76E-007
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000
- Ligne2:L2 ---
R1u : 1,44E-007
R1v : 2,88E-007
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000

-- Détail du Risque total R1:
-Sur structure et sa proximité:
R1a : 0,00E+000
R1b : 2,83E-007
R1c : 0,00E+000
R1m : 0,00E+000
Sur Lignes et leur proximités:
R1u : 4,32E-007
R1v : 8,64E-007
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000
Sur Totalité:
R1tot: 1,58E-006

Bloc 2

Détails du risque R1
R1 = 7.77E-6
---------- Ra ----------
Ra = 1.55E-7
Nd = 1.55E-3
Ng = 6.40E-1
Ad = 9.70E+3
L = 8.40E+1
W = 6.70E+1
H = 4.00E+
Cd = 2.50E-1
Pa = 1.00E+
Pta = 1.00E+
Pb = 1.00E+
La_Lu = 1.00E-4
rt = 1.00E-2
Lt = 1.00E-2
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
---------- Rb ----------
Rb = 6.52E-7
Nd = 1.55E-3
Ng = 6.40E-1
Ad = 9.70E+3
L = 8.40E+1
W = 6.70E+1
H = 4.00E+
Cd = 2.50E-1
Pb = 1.00E+
Lb_Lv = 4.20E-4
rp = 5.00E-1
rf = 1.00E-2
hz = 2.00E+
Lf1 = 4.20E-2
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
---------- Rc ----------
Rc = 0.00E+
Nd = 1.55E-3
Ng = 6.40E-1
Ad = 9.70E+3
L = 8.40E+1
W = 6.70E+1
H = 4.00E+
Cd = 2.50E-1
Pc = 1.00E+
Pc_Courant-fort-et-courant-faible-vers-bloc-3 = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Pc_Courant-fort-et-courant-faible-vers-bloc-1 = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Pc_Telephonie = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lo1 = 0.00E+
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
---------- Rm ----------
Rm = 0.00E+
Nm = 5.99E-1
Ng = 6.40E-1
Am = 9.36E+5
L = 8.40E+1
W = 6.70E+1
Pm = 5.24E-2
Pm_Courant-fort-et-courant-faible-vers-bloc-3 = 1.78E-2
Pparafoudre = 1.00E+
Pms = 1.78E-2
Ks1 = 1.00E+
wm = 0.00E+
Ks2 = 1.00E+
wm = 0.00E+
Ks3 = 2.00E-1
Ks4 = 6.67E-1
Uw = 1.50E+
Pm_Courant-fort-et-courant-faible-vers-bloc-1 = 1.78E-2
Pparafoudre = 1.00E+
Pms = 1.78E-2
Ks1 = 1.00E+
wm = 0.00E+
Ks2 = 1.00E+
wm = 0.00E+
Ks3 = 2.00E-1
Ks4 = 6.67E-1
Uw = 1.50E+
Pm_Telephonie = 1.78E-2
Pparafoudre = 1.00E+
Pms = 1.78E-2
Ks1 = 1.00E+
wm = 0.00E+
Ks2 = 1.00E+
wm = 0.00E+
Ks3 = 2.00E-1
Ks4 = 6.67E-1
Uw = 1.50E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lo1 = 0.00E+
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
---------- Ru ----------
Ru = 1.34E-6
Ru = 1.02E-6
Nl = 6.40E-4
Ng = 6.40E-1
Al = 2.00E+3
Ll = 5.00E+1
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 9.57E-3
Ng = 6.40E-1
Adj = 2.99E+4
Lj = 1.20E+1
Wj = 1.20E+1
Hj = 3.00E+1
Cdj = 5.00E-1
Ct = 1.00E+
Pu = 1.00E+
Ptu = 1.00E+
Peb = 1.00E+
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
La_Lu = 1.00E-4
rt = 1.00E-2
Lt = 1.00E-2
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
Ru = 2.54E-7

Nl = 1.28E-3
Ng = 6.40E-1
Al = 4.00E+3
Ll = 1.00E+2
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 1.26E-3
Ng = 6.40E-1
Adj = 3.93E+3
Lj = 4.20E+1
Wj = 1.80E+1
Hj = 6.00E+
Cdj = 5.00E-1
Ct = 1.00E+
Pu = 1.00E+
Ptu = 1.00E+
Peb = 1.00E+
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
La_Lu = 1.00E-4
rt = 1.00E-2
Lt = 1.00E-2
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
Ru = 6.40E-8
Nl = 1.28E-2
Ng = 6.40E-1
Al = 4.00E+4
Ll = 1.00E+3
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 0.00E+
Ng = 6.40E-1
Adj = 0.00E+
Lj = 0.00E+
Wj = 0.00E+
Hj = 0.00E+
Cdj = 2.50E-1
Ct = 1.00E+
Pu = 5.00E-2
Ptu = 1.00E+
Peb = 5.00E-2
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
La_Lu = 1.00E-4
rt = 1.00E-2
Lt = 1.00E-2
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
---------- Rv ----------

Rv = 5.62E-6
Rv = 4.29E-6
Nl = 6.40E-4
Ng = 6.40E-1
Al = 2.00E+3
Ll = 5.00E+1
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 9.57E-3
Ng = 6.40E-1
Adj = 2.99E+4
Lj = 1.20E+1
Wj = 1.20E+1
Hj = 3.00E+1
Cdj = 5.00E-1
Ct = 1.00E+
Pv = 1.00E+
Peb = 1.00E+
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Lb_Lv = 4.20E-4
rp = 5.00E-1
rf = 1.00E-2
hz = 2.00E+
Lf1 = 4.20E-2
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
Rv = 1.07E-6
Nl = 1.28E-3
Ng = 6.40E-1
Al = 4.00E+3
Ll = 1.00E+2
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 1.26E-3
Ng = 6.40E-1
Adj = 3.93E+3
Lj = 4.20E+1
Wj = 1.80E+1
Hj = 6.00E+
Cdj = 5.00E-1
Ct = 1.00E+
Pv = 1.00E+
Peb = 1.00E+
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Lb_Lv = 4.20E-4
rp = 5.00E-1
rf = 1.00E-2
hz = 2.00E+
Lf1 = 4.20E-2
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
Rv = 2.69E-7
Nl = 1.28E-2
Ng = 6.40E-1
Al = 4.00E+4
Ll = 1.00E+3
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 0.00E+
Ng = 6.40E-1
Adj = 0.00E+
Lj = 0.00E+
Wj = 0.00E+
Hj = 0.00E+
Cdj = 2.50E-1
Ct = 1.00E+
Pv = 5.00E-2
Peb = 5.00E-2
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Lb_Lv = 4.20E-4
rp = 5.00E-1
rf = 1.00E-2
hz = 2.00E+
Lf1 = 4.20E-2
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
---------- Rw ----------

Rw = 0.00E+
Rw = 0.00E+
Nl = 6.40E-4
Ng = 6.40E-1
Al = 2.00E+3
Ll = 5.00E+1
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 9.57E-3
Ng = 6.40E-1
Adj = 2.99E+4
Lj = 1.20E+1
Wj = 1.20E+1

Hj = 3.00E+1
Cdj = 5.00E-1
Ct = 1.00E+
Pw = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lo1 = 0.00E+
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
Rw = 0.00E+
Nl = 1.28E-3
Ng = 6.40E-1
Al = 4.00E+3
Ll = 1.00E+2
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 1.26E-3
Ng = 6.40E-1
Adj = 3.93E+3
Lj = 4.20E+1
Wj = 1.80E+1
Hj = 6.00E+
Cdj = 5.00E-1
Ct = 1.00E+
Pw = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lo1 = 0.00E+
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
Rw = 0.00E+
Nl = 1.28E-2
Ng = 6.40E-1
Al = 4.00E+4
Ll = 1.00E+3
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Ndj = 0.00E+
Ng = 6.40E-1
Adj = 0.00E+
Lj = 0.00E+
Wj = 0.00E+
Hj = 0.00E+
Cdj = 2.50E-1
Ct = 1.00E+
Pw = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Pld = 1.00E+
Cld = 1.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lo1 = 0.00E+
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
---------- Rz ----------
Rz = 0.00E+
Rz = 0.00E+
Ni = 6.40E-2
Ng = 6.40E-1
Ai = 2.00E+5
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Pz = 5.00E-1
Pli = 5.00E-1
Cli = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lo1 = 0.00E+
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
Rz = 0.00E+
Ni = 1.28E-1
Ng = 6.40E-1
Ai = 4.00E+5
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Pz = 5.00E-1
Pli = 5.00E-1
Cli = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lo1 = 0.00E+
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+
Rz = 0.00E+
Ni = 1.28E+
Ng = 6.40E-1
Ai = 4.00E+6
Ci = 5.00E-1
Ce = 1.00E+
Ct = 1.00E+
Pz = 5.00E-1
Pli = 5.00E-1
Cli = 1.00E+
Pparafoudre = 1.00E+
Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 0.00E+
Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
Lo1 = 0.00E+
nz = 0.00E+
nt = 8.76E+3
tz = 0.00E+

Bloc 3

INDELEC - Protec

Norme: NF EN 62305-2 Dec-2012

Associations Zones-Lignes:
Batiment totalité
--Z01-Structure étudiée totalité
-----Z01-Structure étudiée seul
-----L01-L1

--- Liste des Mesures de protections: ---
Bâtiment entier:
Protection Bâtiment: Aucun écran de protection. SPF Aucun
Environs:
Environs: Aucune perte de vie.. - Aucune perte à l'en.. - . - Limité.

Lignes:

Ligne	Protection Zone: Ecran,Boucles	Vmax	Parafoudre
L01-Z01-L1	Ss Ecran & boucles>30m²	Uw=1.5kV	Aucun NC

Zones:

Zone	Protection Zone: Ecran	Diverses	Incendie
Z01-Structure étudiée	Aucun écran de protection.	Aucune	Manu

Paramètres-Calculs-Résultats:
Nouveau (NF EN 62305-2 Dec-2012)

- Caractéristiques & Coeffs Batiment -
  Ng: 00,72 Dept:Aucun
  L=12, l=12, H=30, Hmax=30
  Cdb: 5,00E-001
  Nbr de personnes: Calcul par défaut
  Adb: 2,99E+004
  Amb: 8,10E+005
  Ndb: 1,08E-002
  Nmb: 5,72E-001
  Ks1: 1,00E+000
  Pb : 1,00E+000
  NPF: Aucun
Environnement extérieur(NF-C-62305-2012) :
  Lfe: 0,00E+000
  Te8760: 0,00E+000
  Hors des limites du site

- Caractéristiques & Coeffs Ligne1:L1 ---
  Cil: 0,50 - Enterré, L=50, Ro=500
  Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.
  Ctl: 1,00 - Service uniquement
  Cel: 1,00 - Rural
  Pas de structure Adjacente.
  Ada: 0,00E+000
  Al : 1,00E+003
  Ai : 1,00E+005
  Nda: 0,00E+000
  Nl : 7,20E-004

Ni : 7,20E-002
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques et Coeffs Zone1:Structure étudiée ---
Nb Personnes: Calcul par défaut
Type de zone: Autre
Danger particulier: Faible niveau panique (<2 étages et <100 personnes).
Héritage Culturel: Aucune perte d'héritage culturel.
Risque Service Public: Aucun
Risque Incendie: Ordinaire
Type de Sol: Agricole, béton (Rc ≤ 1kΩ)
Hz : 2,00E+000
Ks2: 1,00E+000
rf : 1,00E-002
rp : 5,00E-001
rt,ra,ru : 1,00E-002
hc : 0,00E+000
Lt1: 1,00E-002
Lf1: 1,00E-002
Lo1: 0,00E+000
pta: 1,00E+000
Pa : 1,00E+000
Pb : 1,00E+000
- Zone1 Ligne1:L1 ---
Ks3: 1,00E+000
Ks4: 6,67E-001
Pld: 1,00E+000
Pli: 6,00E-001
Uw : 1,50E+000
ptu: 1,00E+000
Cld: 1,00E+000
Cli: 1,00E+000
spd-Pc: 1,00E+000
pms-Pm: 4,44E-001
Pu : 1,00E+000
Pv : 1,00E+000
Pw : 6,00E-001
Pz : 6,00E-001
- Cumul Pc et Pm pour Zone1:Structure étudiée ---
Pc : 1,00E+000
Pm : 4,44E-001
Détail du Risque par zone

- Risque Zone1:Structure étudiée ---
- Zone:Structure étudiée ---
R1a : 0,00E+000
R1b : 1,08E-006
R1c : 0,00E+000
R1m : 0,00E+000
- Ligne1:L1 ---
R1u : 7,20E-008
R1v : 7,20E-008
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000

-- Détail du Risque total R1:
-Sur structure et sa proximité:

R1a : 0,00E+000
R1b : 1,08E-006
R1c : 0,00E+000
R1m : 0,00E+000
Sur Lignes et leur proximités:
R1u : 7,20E-008
R1v : 7,20E-008
R1w : 0,00E+000
R1z : 0,00E+000
Sur Totalité:
R1tot: 1,22E-006

9.2. Annexe 2 : Carnet de bord Qualifoudre

INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

CARNET DE BORD

Raison sociale :

Désignation de l'établissement :

Adresse de l'établissement :

Adresse du siège social :

CARNET DE BORD

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

Renseignements sur l'Etablissement

Nature de l'activité (1) :

N° de classification INSEE :

Classement de l'Etablissement
- à la date du :…. Type : ……; Catégorie : …….
- à la date du :…. Type : ……; Catégorie : …….
- à la date du :…. Type : ……; Catégorie : …….

Pouvoirs publics exerçant le contrôle de l'établissement :

Inspection du Travail

Commission de Sécurité

DREAL

Personne responsable de la surveillance des installations :

NOM	QUALITE	DATE D'ENTREE EN FONCTION

HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

I - DEFINITION DES BESOINS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

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

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

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

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

III - INSTALLATION DES PROTECTIONS

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

IV – VERIFICATIONS PERIODIQUES

DATE	NATURE DE LA VERIFICATION Mesure de continuité, de la résistance des terres Vérification à la suite d'un accident Vérification simplifiée ou complète	RESULTATS DE LA VERIFICATION Indiquer les valeurs obtenues ou les constatations faites Références des rapports	NOM ET QUALITE de la personne qui a effectué la vérification ou N° QUALIFOUDRE

Rédacteur : G. BRIEZ et L. BURDZY
Date : 25/03/2025
Révision : 1

Notice de Vérification et Maintenance

TOUR DE CONTROLE

LESQUIN (59)

IMP027.QLF.BCM.02

BCM FOUDRE
444, rue Léo Lagrange 59 500 DOUAI
Tél : 03 27 99 63 89 – Fax : 03 27 99 00 94 – email : bcm@bcmfoudre.fr
Centres techniques à Bordeaux – Douai – Lyon – Paris – Rennes –Strasbourg
www.bcmfoudre.fr

1. HISTORIQUE DES EVOLUTIONS

Indice de révision	Date	Objet de l'évolution	Nom et signatures	
			Rédacteur	Vérificateur
0	15/07/22	Version initiale	GB 	TK 
1	25/03/2026	Ajout de la nouvelle salle technique (mise à jour du bloc 2)	LAB 	GB 

2. TABLE DES MATIERES

1. HISTORIQUE DES EVOLUTIONS 2

2. TABLE DES MATIERES 3

3. INTRODUCTION 4

3.1. BASE DOCUMENTAIRE 4
3.2. REFERENCES REGLEMENTAIRES ET NORMATIVES 5

4. LISTE ET LOCALISATION DES PROTECTIONS CONTRE LA FOUDRE 6

4.1. LES IEPF 6
4.2. LES IIPF 10
4.2.1. Parafoudres 10
4.2.2 Liaisons équipotentielles 11
4.3. PREVENTION 12

5. VERIFICATION DES PROTECTIONS FOUDRE 13

5.1. VERIFICATION INITIALE 13
5.2. VERIFICATIONS PERIODIQUES 13
5.4. VERIFICATION SELON LA NF EN 62 305-4 14
5.5. RAPPORT DE VERIFICATION ET MAINTENANCE 15

3. INTRODUCTION

3.1. Base documentaire

La Notice de Vérification et Maintenance se base sur les documents listés ci-dessous.

Intervenant BCM : M. BRIEZ Guillaume (Qualifoudre Niveau 3) et Mme BURDZY Lou-Anne

Version initiale	
Référence du document	
Titre	**Numéro(s)**
Analyse de Risque Foudre + Etude Technique BCM	Date : 15/07/2022
Analyse de Risque Foudre + Etude Technique BCM : Révision 1	Date : 25/03/2026

3.2. Références réglementaires et normatives

- **NORMES**

NF C 17-102 (Septembre 2011)	Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage
NF C 15-100 (Décembre 2002)	Installations électriques Basse Tension § 443 et § 543
NF EN 62305-1 (Juin 2013)	Protection contre la foudre Partie 1 : Principes généraux
NF EN 62305-2 (Décembre 2012)	Protection contre la foudre Partie 2 : Evaluation du risque
NF EN 62305-3 (Décembre 2012)	Protection contre la foudre Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains
NF EN 62305-4 (Décembre 2012)	Protection contre la foudre Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures
NF EN 61 643-11 (Mai 2014)	Parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai pour installation basse tension
NF EN 61 643-21 (Novembre 2001)	Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunication – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais
NF EN 62 561-1/2/3/4/5/6/7	Composants de système de protection contre la foudre (CSPF)

- **REGLEMENTATION**

Arrêté du 4 octobre 2010	Arrêté du 28/02/22 modifiant l'arrêté du 4 octobre 2010 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	Application de l'arrêté du 04 octobre 2010 – Protection contre la foudre de certaines installations classées

- **GUIDES**

UTE C 15-443 (Août 2004)	Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres – Choix et installation des parafoudres

3.2.2. Définition de la Notice de Vérification et Maintenance

La notice indique l'ensemble des opérations de vérifications des installations de protection foudre. Il y est défini la périodicité, la procédure de vérification, le rapport de vérification et la maintenance.

Elle comprend :

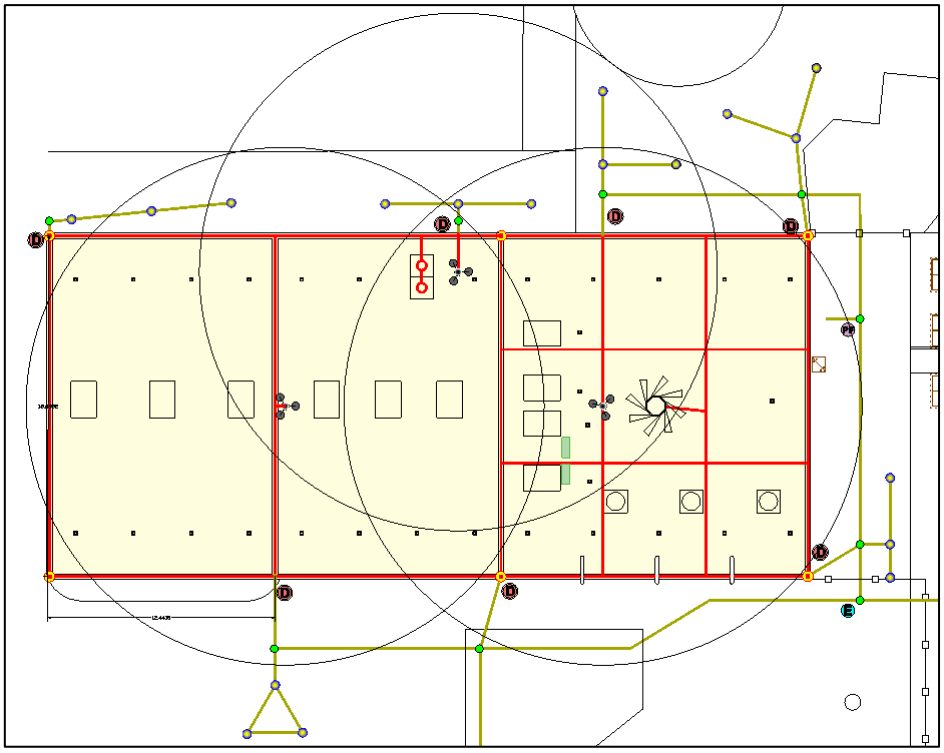
- La liste des protections définies dans l'Etude Technique,
- La localisation des protections,
- Les notices de vérification des différents types de protection.

Important : La notice est à mettre à jour à l'issue de la réalisation des travaux.

4. LISTE ET LOCALISATION DES PROTECTIONS CONTRE LA FOUDRE

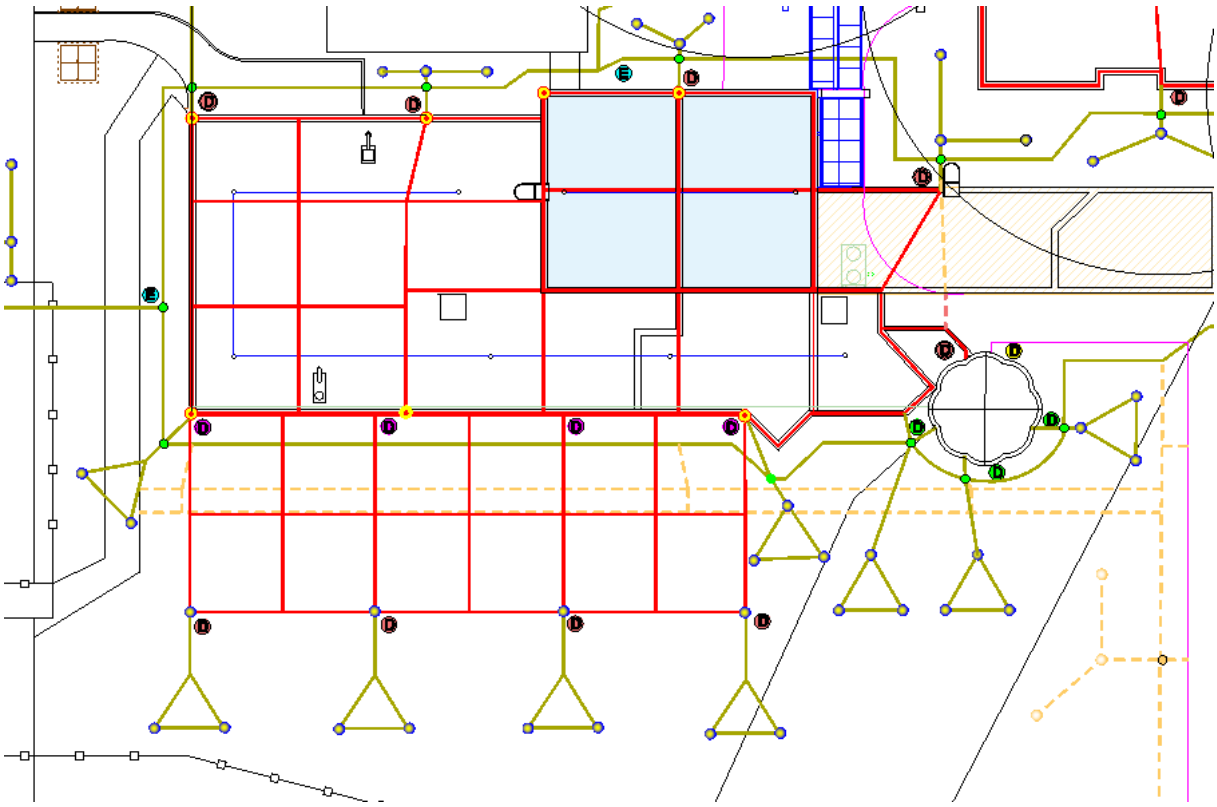
4.1. Les IEPF

Zone Technique (centrale électrique)



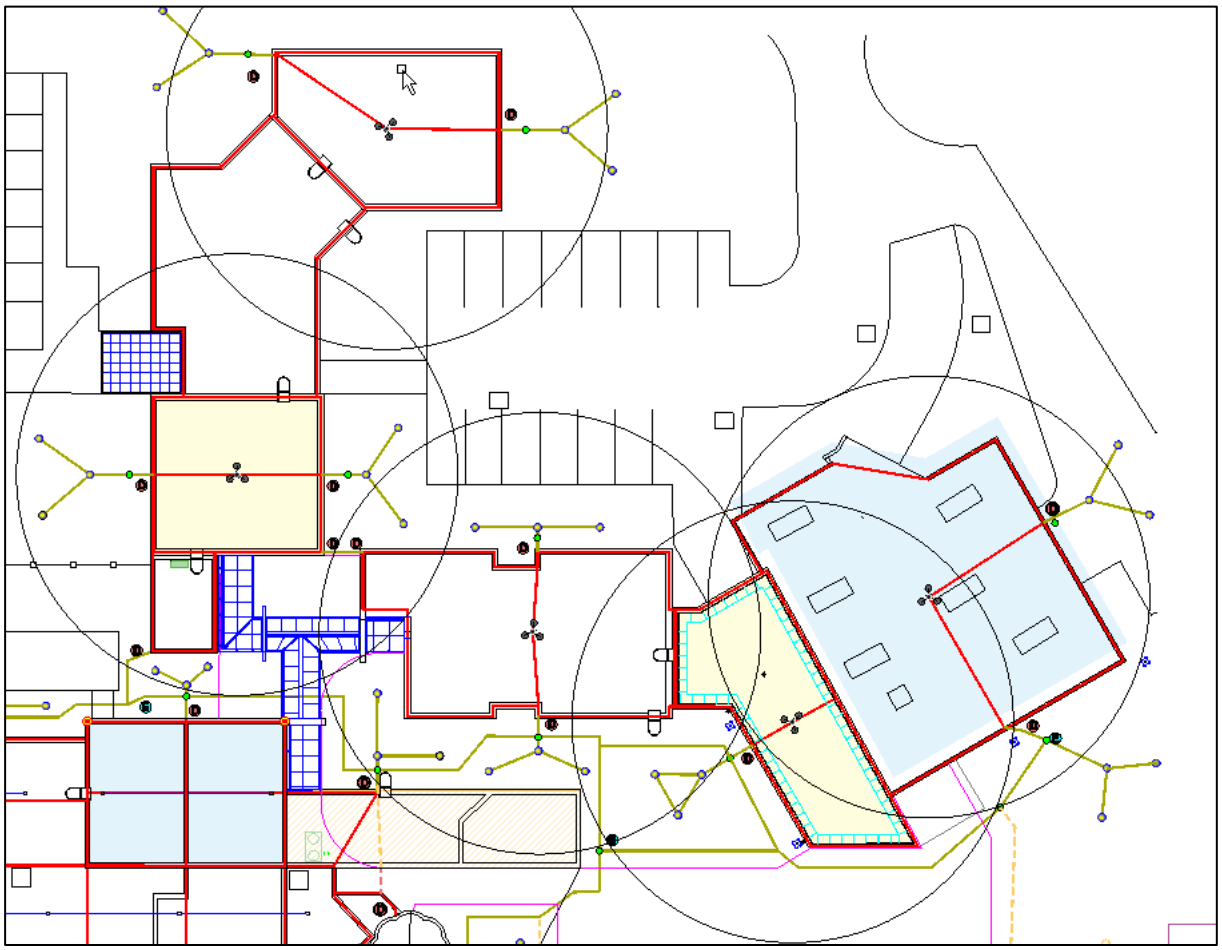
- Maillage de 5x5 m en toiture de la centrale électrique,
- Maillage de 20x20 en toiture du reste du bâtiment,
- 6 pointes captrices de 50 cm,
- 2 pointes captrices de 4 m,
- 1 pointes captrices de 5 m,
- 7 conducteurs de descente en conducteur normalisé,
- 1 joint de contrôle à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre par descente,
- 1 fourreau de protection mécanique 2 mètres par descente,
- 1 regard de visite ou 1 étrier au niveau du sol pour l'accès au raccordement par descente,
- 1 pancarte d'avertissement de la présence d'une installation de protection contre la foudre par descente,
- 1 prise de terre de type A au pied de chaque descente,
- 1 liaison équipotentielle entre chaque prise de terre paratonnerre du bâtiment et réseau de prise paratonnerre du site,
- Distance de séparation concernant la maille de 5x5 m : 0,15 m,
- Distance de séparation concernant la maille de 20x20 m : 0,35 m,
- Distance de séparation concernant les descentes : 0,17 m.

Bloc technique et nouvelle salle technique



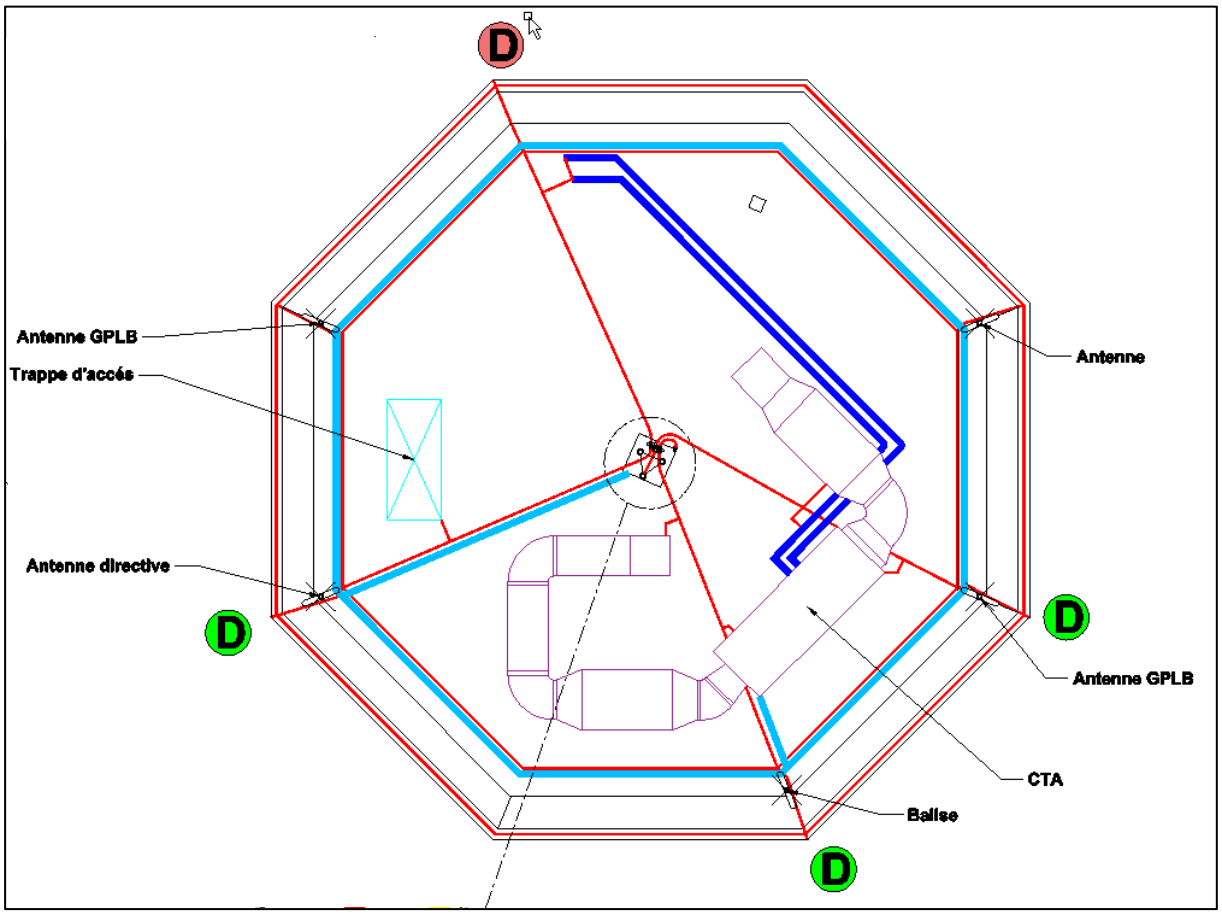
- Maillage de 5x5 m en toiture,
- 7 pointes captrices de 50 cm,
- 10 conducteurs de descente en conducteur normalisé,
- 1 joint de contrôle à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre par descente,
- 1 fourreau de protection mécanique 2 mètres par descente,
- 1 regard de visite ou 1 étrier au niveau du sol pour l'accès au raccordement par descente,
- 1 pancarte d'avertissement de la présence d'une installation de protection contre la foudre par descente,
- 1 prise de terre de type A au pied de chaque descente,
- 1 liaison équipotentielle entre chaque prise de terre paratonnerre du bâtiment et réseau de prise paratonnerre du site,
- Distance de séparation concernant la maille de 5x5 m : 0,15 m,
- Distance de séparation concernant les descentes : 0,17 m.

Bâtiments annexes



- 5 pointes captrices de 4 m,
- 9 conducteurs de descente en conducteur normalisé,
- 1 ceinturage en partie haute de chaque bâtiment relié aux conducteurs de descente,
- 1 joint de contrôle à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre par descente,
- 1 fourreau de protection mécanique 2 mètres par descente,
- 1 regard de visite ou 1 étrier au niveau du sol pour l'accès au raccordement par descente,
- 1 pancarte d'avertissement de la présence d'une installation de protection contre la foudre par descente,
- 1 prise de terre de type A au pied de chaque descente,
- 1 liaison équipotentielle entre chaque prise de terre paratonnerre du bâtiment et réseau de prise paratonnerre du site,
- Distance de séparation concernant les descentes : 0,16 m.

Tour de contrôle



- Utilisation de l'antenne « RAYAN » comme capteur naturel,
- 4 conducteurs de descente en conducteur normalisé (dont 1 relié à la cage maillée du bloc technique),
- 1 ceinturage sur l'acrotère de la tour relié à chaque descente,
- 1 chemin de câble entièrement capoté pour la protection des différents câbles en toiture de la tour,
- 1 joint de contrôle à 2 mètres du sol pour la mesure de la prise de terre paratonnerre par descente côté piste,
- 1 fourreau de protection mécanique 2 mètres par descente côté piste,
- 1 regard de visite ou 1 étrier au niveau du sol pour l'accès au raccordement par descente côté piste,
- 1 pancarte d'avertissement de la présence d'une installation de protection contre la foudre par descente côté piste,
- 1 prise de terre de type A au pied de chaque descente côté piste,
- 1 liaison équipotentielle entre chaque prise de terre paratonnerre du bâtiment et réseau de prise paratonnerre du site,
- Distance de séparation concernant les descentes : 1,23 m.

4.2. Les IIPF

4.2.1. Parafoudres

Localisation	Armoire	Type 1/2/3	Up (kV)	In (kA)	Iimp (kA)
Tour de contrôle	Armoire au pied de la tour (sous-sol)	1+2	1,5	25	12,5
Salle technique	TBT Ondulé Vert ext C03	2	1,1	2,5	/
Salle technique	TBT Ondulé Bleu ext C03	2	1,1	2,5	/
Salle technique	Coffret sur l'un des murs de la salle	2	2,2	20	/
Centrale électrique	Armoire 4 du TGBT	1+2	1,5	5	12,5
Centrale électrique	TD Ondulé Vert	2	1,5	5	/
Centrale électrique	TD Ondulé Bleu	2	1,5	5	/
Local C05	Armoire divisionnaire alimentant la prochaine centrale de détection incendie	2	1,5	5	/
Nouvelle salle technique	**Armoire principale**	**1 + 2**	**1,5**	**5**	**12,5**

Caractéristiques des parafoudres de type 1+2 :

- $U_c \geq 253 / 400V$,
- $I_{imp} \geq 12,5$ kA (en onde 10/350 µs),
- $I_n \geq 5$ kA (en onde 8/20),
- $U_p \leq 1,5$ kV,
- 1 dispositif de déconnexion (fusibles ou disjoncteur en fonction du fabricant),
- Respect de la règle de câblage dite des 50 cm,
- Adaptés au régime de neutre,
- Courant de court-circuit Icc parafoudres > courant de court-circuit TGBT.

Caractéristiques des parafoudres de type 2 :

- $U_c \geq 253 / 400$ V,
- $I_n \geq 5$ kA (en onde 8/20),
- $U_p \leq 1,5$ kV,
- 1 dispositif de déconnexion (fusibles ou disjoncteur en fonction du fabricant),
- Respect de la règle de câblage dite des 50 cm,
- Adaptés au régime de neutre,
- Courant de court-circuit Icc parafoudres > courant de court-circuit de l'armoire électrique.

4.2.2 Liaisons équipotentielles

- Canalisations de gaz (au poste de détente accolé au bâtiment de la centrale électrique)

Tableau 1 – Dimensions minimales des conducteurs connectés à différentes barres d'équipotentialité ou entre les barres d'équipotentialité et la terre

Niveau de protection	Matériau	Section transversale mm²
I à IV	Cuivre	16
	Aluminium	22
	Acier	50

Tableau 2 – Dimensions minimales des conducteurs d'interconnexion entre les éléments métalliques interne et la borne d'équipotentialité

Niveau de protection	Matériau	Section transversale mm²
I à IV	Cuivre	6
	Aluminium	8
	Acier	16

Remarque :
Les composants de connexion devront être conformes à la NF EN 61 561-1.

4.3. Prévention

La détection du risque orageux se fera par observation humaine. Selon le guide UTE C 18-150, il y a une menace d'orage quand un éclair est visible ou si le tonnerre est audible.

Les agressions sur le site doivent être enregistrées. Un relevé régulier (par exemple tous les mois) des compteurs et parafoudres est recommandé.

La sécurité des personnes en période d'orage doit être garantie :

- Pas d'accès toiture
- Pas de présence à proximité des paratonnerres et prises de terre
- Pas d'utilisation d'engins de levage en extérieur
- Pas d'intervention sur un réseau électrique (même un réseau de capteurs).

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

5. VERIFICATION DES PROTECTIONS FOUDRE

5.1. Vérification initiale

Tout d'abord, l'article 21 de l'arrêté foudre du 22 février 2022 exige que :

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

5.2. Vérifications périodiques

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

- Visuellement tous les ans (hors mesures électriques),
- Complètement tous les 2 ans (avec mesures électriques).

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

L'article 21 de l'arrêté précise qu':

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

5.4. Vérification selon la NF EN 62 305-4

Inspection d'un SMPI

L'inspection comprend la vérification de la documentation technique, les vérifications visuelles et les mesures d'essai. Les objectifs d'une inspection sont de vérifier que :

- Le SMPI est conforme à sa conception
- Le SMPI est apte à sa fonction
- Toute nouvelle mesure de protection est intégrée de manière correcte dans le SMPI.

Les inspections doivent être effectuées :

- Lors de l'installation du SMPI
- Après l'installation de SMPI
- Périodiquement
- Après toute détérioration de composants du SMPI
- Si possible après un coup de foudre sur la structure (identifié par exemple par un compteur de foudre ou par un témoin ou encore si une évidence visuelle est constatée sur un dommage de la structure).

La fréquence des inspections périodiques doit être fixée selon les considérations suivantes :

- L'environnement local, tel que le sol ou l'atmosphère corrosive
- Le type des mesures de protection utilisées.

Procédure d'inspection

Vérification de la documentation technique

Après l'installation d'une nouveau SMPI la documentation technique doit être vérifiée pour contrôler sa conformité avec les normes appropriées, et constater l'achèvement du système. Par suite, la documentation technique doit être mise à jour de façon régulière, par exemple après détérioration ou extension du SMPI.

Inspection Visuelle

Une inspection visuelle doit être réalisée pour vérifier que :

- Les connexions sont serrées et qu'aucune rupture de conducteur ou de jonction n'existe
- Aucune partie du système est fragilisée par la corrosion, particulièrement au niveau du sol
- Les conducteurs de mise à la terre et les écrans de câbles sont intacts
- Il n'existe pas d'ajouts ou de modifications nécessitant une protection complémentaire
- Il n'y a pas de dommages de parafoudres et de leur fusible
- Le cheminement des câbles est maintenu
- Les distance de sécurité aux écrans spatiaux sont maintenues.

Mesures

Pour les parties des mises à la terre et des équipotentialités non visibles lors de l'inspection, il convient que des mesures de continuité soient effectuées.

Documentation pour l'inspection

Il convient de préparer un guide d'inspection pour la rendre plus facile. Il est recommandé que le guide contienne suffisamment d'informations pour aider l'inspecteur dans sa tâche, de manière qu'il puisse documenter tous les aspects de l'installation et des composants, les méthodes d'essai et l'enregistrement des résultats d'essais.

L'inspecteur doit préparer un rapport devant être annexé au rapport de conception et aux précédents rapports d'inspection. Le rapport d'inspection doit comporter au moins les informations relatives à :

- - l'état général du SMPI
- - toute(s) déviations par rapport aux exigences de conception
- - les résultats des essais effectués.

Maintenance

Après l'inspection, tout défaut relevé doit être réparé sans délai et si nécessaire, la documentation technique doit être mise à jour.

5.5. Rapport de vérification et maintenance

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

Lorsqu'une vérification périodique fait apparaître des défauts dans le système de protection contre la foudre, la remise en état est réalisée dans un délai maximum d'un mois. Ces interventions seront enregistrées dans le carnet de bord Qualifoudre (Historique de l'installation de protection foudre).