



ANALYSE DU RISQUE Foudre SELON NF EN 62305-2

BRANGEON SERVICES
PROJET LIGNE DE TRI
BEAUPREAU-EN-MAUGES (49)



BRANGEON SERVICES PROJET LIGNE DE TRI BEAUPREAU-EN-MAUGES (49)

Référence document



RGC 28 556

RESUME :

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre d'un projet de construction d'une ligne de tri sur l'Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux de **BRANGEON SERVICES** sur la commune de **BEAUPREAU-EN-MAUGES** dans le département du **Maine-et-Loire (49)**.

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **BRANGEON SERVICES** dans le cadre de la prévention et de la protection contre le risque foudre.

Cette première étape est un des préalables pour rendre l'installation ICPE en conformité vis-à-vis de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et de sa circulaire d'application du 24 avril 2008.

Rédacteur	Approbateur	Révision
Nom : Julien TISON Société : RG CONSULTANT Date : 12/04/2023 Visa 	Nom : Martin GOIFFON Société : RG CONSULTANT Date : 20/04/2023 Visa 	A

DIFFUSION :

BRANGEON Services 7, route de Montjean La Pommeraye 49620 Mauges-sur-Loire	RG CONSULTANT Arc Atlantique 8 rue Jean Jaurès 35000 Rennes Tél. : +332 30 02 79 98 Fax : +334 72 30 13 36 Email : info@rg-consultant.com
--	---

TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 28 556	12/04/2023	Analyse du Risque Foudre

LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR BRANGEON SERVICES

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Non	
Rapport de modélisation d'incendie	Oui	Avril 2023
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	/
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Non	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Non	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité) Plan de coordination des réseaux	Oui	30/06/2022
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	01/10/2021
Plan d'implantation	Oui	19/07/2022
Plan de coupe	Oui	19/07/2022
Plan des façades	Non	
Plan de zonage ATEX	Non	
Base de programme de défense incendie	Oui	05/04/2023

Tableau 1 : Liste des documents

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **BRANGEON SERVICES**, commanditaire de cette étude. En conséquence, la responsabilité de RG Consultant ne pourrait être remise en cause si :

- Les informations fournies se révèlent incomplètes ou inexactes,
- Certaines installations ou process ne nous ont pas été présentés,
- La présentation de l'entreprise est effectuée dans des conditions différentes des conditions réelles de fonctionnement,
- Des changements majeurs sont effectués postérieurement à la rédaction de ce document.

Enfin, il appartient au destinataire de l'étude de vérifier que les hypothèses prises en compte et énumérées dans le descriptif ci-après sont correctes et exhaustives.

SOMMAIRE

1. INTRODUCTION	6
1.1 OBJET	6
2. PRESENTATION GENERALE DU SITE	7
2.1 GENERALITES	7
2.2 PERSONNEL SUR SITE	7
2.3 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS	7
2.3.1 Réseau Normal	7
2.3.2 Réseau Secouru	8
2.3.3 Réseau Ondulé	8
2.4 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES	8
2.5 PROTECTION INCENDIE	8
2.6 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS	8
2.7 CHEMINEMENT DES RESEAUX COURANTS FORTS ET FAIBLES GENERAUX DU SITE	8
2.8 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES	9
3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES	9
3.1 TEXTES REGLEMENTAIRES	9
3.2 NORMES DE REFERENCES	9
4. MÉTHODOLOGIE	10
4.1 PRESENTATION GENERALE	10
4.2 LIMITE DE L'A.R.F	11
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1	11
5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES	14
5.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES	14
5.2 POTENTIELS DE DANGER	15
5.3 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION	15
5.4 EVENEMENTS INITIATEURS	16
5.5 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES	17
5.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE Foudre	17
6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre	18
6.1 DONNEES GENERALES	18
6.2 LIGNE DE TRI	19
6.2.1 Données et caractéristiques de la structure	19
6.2.2 Données et caractéristiques des services	19
6.2.3 Données et caractéristiques de la zone	20
6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)	25
7. SYNTHÈSE	28

ANNEXES

Annexe 1 : Analyse du risque foudre NF EN 62 305-2

Annexe 2 : Lexique

1. INTRODUCTION

1.1 Objet

Dans le cadre de la construction d'une ligne de tri de la société **BRANGEON SERVICES** basée sur la commune de **BEAUPREAU-EN-MAUGES**, une Analyse de Risque Foudre est réalisée.

Le site est soumis à la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et est donc concerné par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.

Le but de cette analyse est d'identifier si une protection externe ou interne contre la foudre est nécessaire ou pas. Si une protection s'impose, il s'agit de ramener le risque calculé en-dessous d'un niveau maximum tolérable par la mise en œuvre de mesures de protection et de prévention.

Ce document présente les résultats de cette Analyse de Risque Foudre (ARF) conforme à la norme NF EN 62305-2.

L'Étude Technique ultérieure permettra de définir précisément les solutions de protection contre la foudre (effets directs et indirects ainsi que dispositif de prévention).

2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE

2.1 Généralités

L'objectif du projet est d'apporter une solution de valorisation aux déchets ultimes en mélange d'activités économiques et du BTP pour un volume entrant de 72 800 t/an.

Les ouvrages à réaliser sont les suivants :

- Bâtiment ligne de tri avec : locaux sociaux, bureaux, dépoussiérage filtre et dépoussiérage cyclone,
- Un poste sprinklage,
- Un bassin tampon,
- Une bâche incendie.

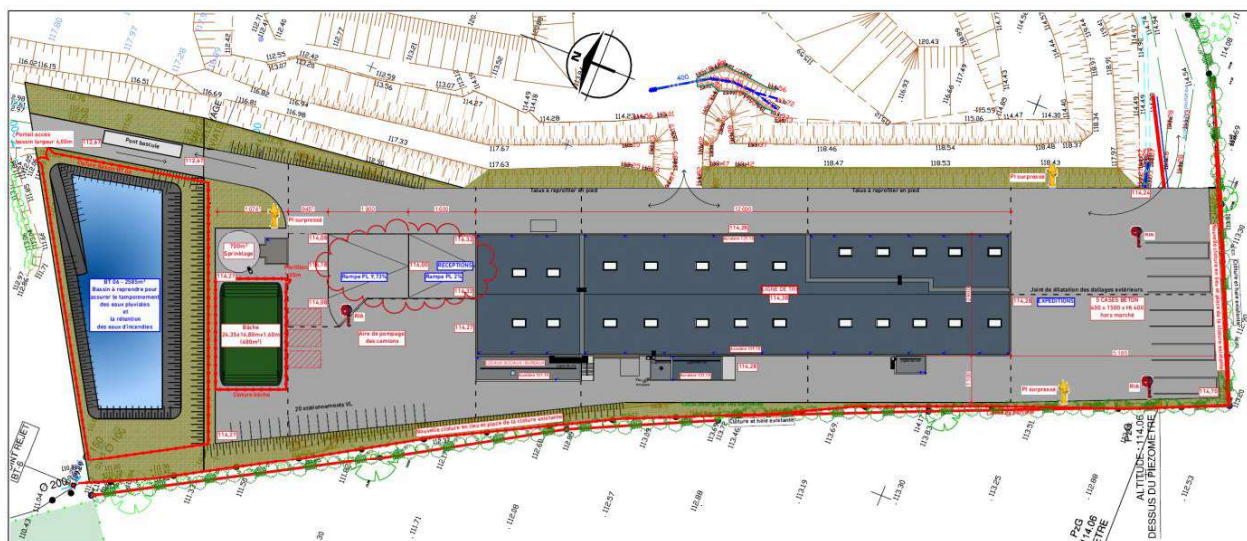


Figure 1: Plan d'implantation du projet

2.2 Personnel sur site

Le projet aura un effectif total d'environ 20 personnes.

2.3 Caractéristiques des courants forts

2.3.1 Réseau Normal

Le projet sera alimenté en haute tension via un poste électrique de l'ISDND vers un poste de transformation, intégré au bâtiment de la ligne de tri. Le régime de neutre 410 V est TNC.

2.3.2 Réseau Secouru

Le projet ne sera pas pourvu de système de secours électrique de type groupe électrogène de sécurité.

2.3.3 Réseau Ondulé

Le projet ne disposera pas d'un réseau ondulé.

2.4 Caractéristiques des courants faibles

Nous considérons que le projet sera raccordé au réseau téléphonique via une ligne fibre optique souterraine. Les lignes de sécurité suivantes sont retenues :

- Ligne report d'alarme de la CMSI du bâtiment vers la télésurveillance.

2.5 Protection incendie

Le site est doté des moyens de protection et de prévention suivants :

- Extincteurs,
- RIA,
- Détections et alarmes incendie,
- Caméra thermique,
- Sprinkler,
- Groupe motopompe,
- Canons à eau,
- Poteaux incendie,
- Murs coupe-feu.

2.6 Mise à la terre des installations

La mise à la terre à fond de fouille n'est pas déterminée à ce stade de l'étude.

2.7 Cheminement des réseaux courants forts et faibles généraux du site

Zone	Lignes connectées			
	Nom	Longueur (m)	Relié à	Type
Ligne de tri	Alimentation HT	1 000	Poste ISDND	Souterrain
	Alimentation BT 1	1 000	Equipements extérieurs	Souterrain
	Alimentation BT 2	100	Eclairages	Souterrain

Tableau 2 : Réseaux

Lorsque la longueur d'une section de service est inconnue, on estime que $L_c = 1000$ m.

2.8 Liste des canalisations entrantes et sortantes

Zone	Nom	Nature	Mise à la terre
Ligne de tri	Canalisation AEP PI	PE	Sans objet
	Canalisation AEP bâtiment	PE	Sans objet
	Canalisation AEP Lixiviats	PE	Sans objet
	Canalisation AEP cuve	Fonte	Inconnue
	Canalisation AEP RIA	PE	Sans objet
	Canalisation dépoussiérage (filtre)	Métallique	Inconnue
	Canalisation dépoussiérage (cyclone)	Métallique	Inconnue
	Canalisation sprinklage	PE	Sans objet

Tableau 3 : Canalisations

3. DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES

3.1 Textes réglementaires

Arrêté du 4 octobre 2010 modifié relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.

Circulaire du 24 avril 2008 relative à l'application de l'arrêté du 4 octobre 2010.

3.2 Normes de références

NF EN 62 305-1 (C 17-100-1) – Novembre 2013 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].

NF EN 62 305-2 (C 17-100-2) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 2 : Évaluation du risque].

NF EN 62 305-3 (C 17-100-3) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains].

NF EN 62 305-4 (C 17-100-4) – Décembre 2012 [Protection des structures contre la foudre – partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures].

4. MÉTHODOLOGIE

4.1 Présentation générale

Le déroulement de l'Analyse du Risque Foudre doit être conforme à la méthodologie développée dans l'Arrêté Ministériel du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application et comme décrit dans la norme NF EN 62 305-2.

La norme NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre – Partie 2 : Évaluation du risque » distingue trois types essentiels de dommages pouvant apparaître à la suite d'un coup de foudre :

- D1: blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas ;
- D2: dommages physiques (incendies, explosions, destructions mécaniques, émanations - chimiques) dus au courant de foudre, y compris les étincelles dangereuses ;
- D3: défaillances des réseaux internes dues à l'impulsion électromagnétique de foudre.

Chaque type de dommage peut entraîner des pertes différentes dans la structure à protéger. Les types de perte dépendent des caractéristiques de la structure et de son contenu. 4 types de pertes sont pris en considération :

	Type de pertes		Risques tolérables (Rt)
R1	Perte de vie humaine	<	0,00001
R2	Perte de service public	<	0,001
R3	Perte d'héritage culturel	<	0,001
R4	Perte de valeurs économiques	<	0,001

Tableau 4 : Différents types de pertes

L'Analyse du Risque Foudre 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'Analyse du Risque Foudre 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.

L'Analyse du Risque Foudre ne permet pas au responsable de l'installation de faire installer un système de protection contre la foudre car les mesures de prévention et les dispositifs de protection ne sont pas encore définis lors de cette étape.

L'Analyse du risque foudre objet de ce document se conformera au plan suivant :

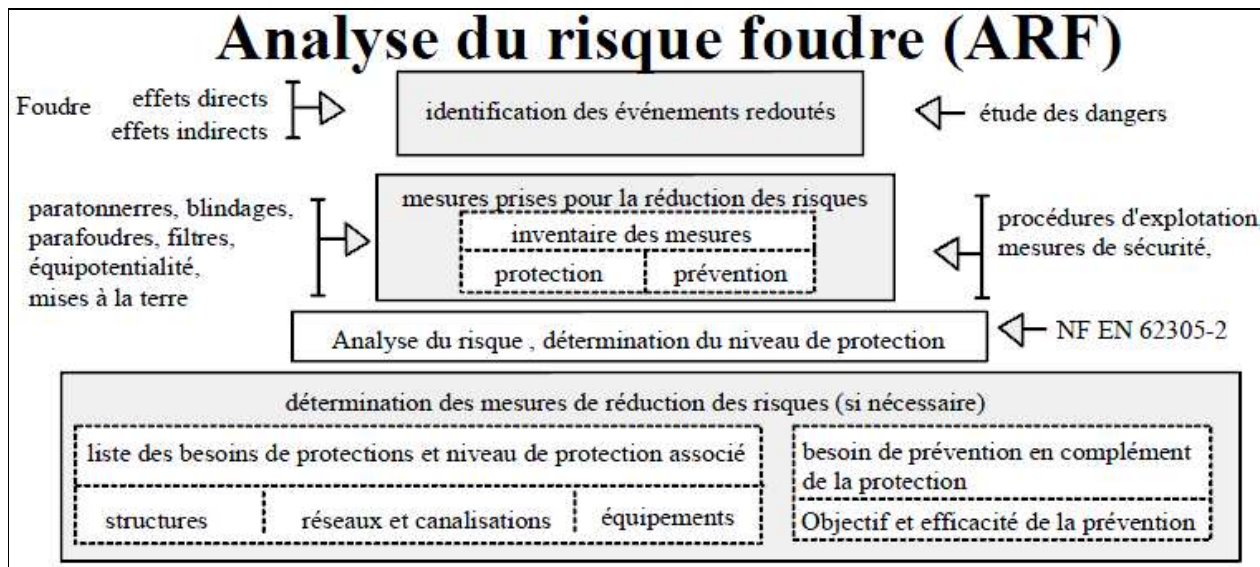


Figure 2: Structure de l'Analyse de Risque Foudre

4.2 Limite de l'A.R.F

Dans le cadre réglementaire de l'arrêté, seul le risque R1 (perte de vie humaine) au sens de la norme NF EN 62305-2 est étudié.

En effet :

- Le risque R2 est lié à la perte inacceptable de service public ; or aucun service public n'est touché par la dégradation éventuelle des installations concernées,
- Le risque R3 est lié à la perte d'éléments irremplaçables du patrimoine culturel ; il est habituellement évalué dans le cas de musées, d'églises ou de monuments historiques ; son intérêt n'est pas à retenir ici,
- Le risque R4 est lié à la perte économique ; il n'est pas pris en compte dans le cadre de cette analyse.

4.3 Principe de l'analyse probabiliste : Calcul de R1

- Détail du calcul

Le risque total calculé R1 est la somme des composantes des risques partiels : R_A, R_B, R_C, R_M, R_U, R_V, R_W, R_Z appropriés, voir explication ci-dessous.

$$\begin{array}{ccccccc}
 R1 & = & R_A + R_B + R_C^* & + & R_M^* & + & R_U + R_V + R_W^* & + & R_Z^* \\
 & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow & & \downarrow \\
 & & \text{Impact sur la structure} & & & & \text{Impact à proximité du service} & & \\
 & & & & \text{Impact sur le service} & & & & \text{Impact à proximité de la structure}
 \end{array}$$

(*) : Uniquement pour les structures présentant un risque d'explosion et pour les hôpitaux et autres structures dans lesquelles des défaillances de réseaux internes peuvent mettre en danger immédiat la vie humaine.

Chaque composante de risque R_A , R_B , R_C , R_M , R_U , R_V , R_W et R_Z , peut être exprimée par l'équation générale suivante :

$$R_x = N_x \times P_x \times L_x$$

Où

N désigne le nombre annuel d'évènements dangereux ou de coups de foudre

P est la probabilité de dommages dus à l'un de ces coups provoquant ces dommages

L est un coefficient de pertes prenant en compte le type de dommage

Les huit composantes sont définies comme suit :

Source de dommage	Nature du risque	
Impact sur la structure (S1)	R_A	Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas
	R_B	Dommages physiques (incendie ou explosion)
	R_C	Défaillances des réseaux internes
Impact à proximité de la structure (S2)	R_M	Défaillances des réseaux internes
Impact sur un service connecté à la structure (S3)	R_U	Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact à l'intérieur
	R_V	Dommages physiques (incendie ou explosion)
	R_W	Défaillances des réseaux internes
Impact à proximité d'un service connecté à la structure (S4)	R_Z	Défaillances des réseaux internes

Tableau 5 : Natures du risque

- Acceptabilité du risque

La norme NF EN 62305-2 fixe la limite supérieure du risque tolérable (R_T) à 10^{-5} . Le risque de dommages causés par la foudre est calculé et comparé à cette valeur.

Lorsque la valeur est supérieure au risque acceptable des solutions de protection et/ou de prévention sont introduites dans les calculs pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

Si $R_1 > R_T$

→ Il faut prévoir des mesures de protection pour réduire R_c afin qu'il soit $\leq R_T$.

Si $R_1 \leq R_T$

→ Une protection contre la foudre n'est pas nécessaire.

Pour les besoins de la présente norme, 4 niveaux de protection (I, II, III, IV), correspondant aux paramètres minimum et maximum du courant de foudre, ont été définis pour une protection efficace dans, respectivement, 98 %, 95 %, 88 % et 81 % des cas.

- Mesures de réduction des risques

Les mesures de protection pour réduire les risques sont les suivantes :

Type de dommages	Mesures
Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas (D1)	<ul style="list-style-type: none"> - Isolation appropriée des éléments conducteurs exposés - Equipotentialité par un réseau de terre maillé - Restrictions physiques et panneaux d'avertissement
Dommages physiques (D2)	<ul style="list-style-type: none"> - Système de protection contre la foudre (SPF : IEPF-IIPF)
Défaillances des réseaux internes (D3)	<ul style="list-style-type: none"> - Ecrantage du câblage - Ecran magnétique - Cheminement des réseaux - Parafoudres associés ou coordonnés - Equipotentialité et mise à la terre

Tableau 6 : Mesures de protection pour réduire le risque

5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS

5.1 Situations réglementaires

Les activités Classées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont les suivantes :

ACTIVITE	RUBRIQUE	CARACTERISQUES DE L'INSTALLATION
Transit, tri, regroupement de déchets de métaux non dangereux	2713 (D)	750 m ²
Transit, regroupement, tri de papiers/cartons, plastiques, caoutchouc, textiles, bois	2714 (E)	3 500 m ³ dont : <ul style="list-style-type: none"> › Transit de déchets issus de la collecte sélective : 1 000 m³ › Ligne de sur-tri : 2 500 m³
Transit, regroupement ou tri de déchets non dangereux non inertes	2716 (E)	2 500 m ³
Installation de traitement de déchets non dangereux	2791 (A)	Capacité de traitement : <ul style="list-style-type: none"> › Broyage de déchets avant opération de tri : 352 t/j maximum, 290 t/j en moyenne (72 800 t/an) › Production de CSR : 144t/j (36 000 t/an)
Valorisation de déchets non dangereux	3532 (A)	Capacité de traitement : <ul style="list-style-type: none"> › Broyage de déchets avant opération de tri : 352 t/j maximum, 290 t/j en moyenne (72 800 t/an) › Production de CSR : 144 t/j (36 000 t/an)
Transit, regroupement ou tri de produits minéraux ou de déchets non dangereux inertes	2517 (NC)	1 000 m ²

Tableau 7 : Rubriques ICPE

Certaines de ces rubriques sont visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié. Les installations qui les concernent sont donc soumises au respect des prescriptions de cet arrêté ministériel.

5.2 Potentiels de danger

Nous estimons qu'en raison des activités, les potentiels de dangers redoutés sont les suivants :

Phénomène dangereux redoutés	Application	Paramètre (Lfe)
Effets de surpression associés à l'explosion d'une substance	Non	Sans objet
Inflammation d'un nuage de gaz en champ libre (UVCE) ou dans une zone encombrée (VCE),	Non	Sans objet
Effets thermiques en cas de rupture ou fuite sur une canalisation calorifique ou sous pression	Non	Sans objet
Contamination de l'environnement par incendie, déversement ou combustion de produit chimique	Non	Sans objet
Risque pour l'homme en cas d'inhalation de produits chimique	Non	Sans objet
Incendie	Oui	Concerné : Effets sortants du site
Une perte du réseau CVC	Non	Sans objet
Une perte de l'alimentation électrique ou du réseau de télécommunication	Non	Sans objet
Risque pour l'homme en cas de surtension sur le réseau par manœuvre ou perturbation atmosphérique	Oui	Sans objet

Tableau 8 : Phénomènes redoutés

5.3 Zones à risques d'explosion

Aucune zone ATEX Z0 ou Z20 ne peut être rencontrée à l'extérieur des installations et directement impactable par la foudre ou est confinée dans une enveloppe métallique d'épaisseur conforme à la norme 62305-3.

Le risque d'explosion ne sera donc pas retenu.

5.4 Evénements initiateurs

La foudre est un phénomène violent et fortement énergétique à son point d'impact.

Elle peut soit :

- **Faire exploser ou enflammer** des produits inflammables,
- **Perforer ou échauffer** des matériaux conducteurs,
- **Faire exploser** (par vaporisation de l'eau contenue) des matériaux diélectriques.

Inflammation ou explosion d'un nuage gaz
<p>Ce cas peut arriver par impact direct dans un volume de vapeur ou de gaz. La température de l'arc (30 000°) est très nettement supérieure aux températures d'inflammation et d'explosion. Il est aggravant dans toutes les zones explosibles externes.</p>
Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques
<p>Ce cas peut arriver à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques. A cet endroit (sur quelques cm²) la température est telle qu'elle entraîne une fusion du métal en présence. La durée d'activation est courte, quelques secondes. Il est aggravant si le point chaud fait tomber des particules en fusion vers des zones explosibles ou inflammables. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm, et à proximité des zones explosibles ou inflammables.</p>
Étincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux
<p>Ce cas peut intervenir si les structures d'écoulement du courant de foudre capté et les structures métalliques proches qui sont au potentiel de la terre, sont à une distance inférieure à la distance de sécurité. Il est aggravant s'il intervient dans toute zone explosible ou inflammable, ou s'il détruit un équipement de sécurité. Il est aggravant pour les joints isolants de canalisations.</p>
Perçement de conteneur ou de canalisation
<p>Ce cas peut intervenir sur impact direct d'une canalisation métallique ou d'une cuve dont l'épaisseur n'est pas suffisante pour résister à la fusion. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm.</p>
Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment
<p>Ce cas peut se produire par explosion à l'impact des matériaux non conducteurs utilisés dans la structure ou par incendie des matériaux constitutifs sur courant de suite. Il est aggravant dans le cas de structures entièrement construites avec des pierres, du bois avec un risque pour le personnel interne.</p>
Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment
<p>Ce cas concerne les lampadaires, les sirènes, les cheminées, les événements, les capteurs disposés en hauteur... Il est aggravant si ces équipements contribuent à la sécurité du site, si la collecte du courant de foudre vient à détruire un équipement IPS ou conduire à un étincelage en zone explosible ou inflammable.</p>
Surtensions électriques par effets directs ou indirects
<p>Ce cas peut intervenir en cas de circuits électriques exposés comme les lignes aériennes ou ceux présentant des boucles importantes de capture du champ électromagnétique rayonné par la foudre. Il peut intervenir également en cas de différences de potentiel de terre sur un impact de foudre proche. Il est aggravant pour les équipements qui contribuent à la sécurité du site. Il l'est surtout dans le cas de claquages ou courts-circuits qui interviendraient dans une zone explosible.</p>
Effets sur les personnes
<p>Ce cas peut intervenir en cas de coup direct ou de tension de pas ou de toucher, d'une personne exposée au voisinage d'une structure impactée. Ce cas n'est pas lié aux effets sur l'environnement mais à ceux liés à un impact direct à proximité. Il est dans tous les cas aggravant.</p>

Tableau 9 : Interaction foudre/équipements

5.5 Mesures de maîtrise des risques

Les équipements dont la défaillance entraîne une interruption des moyens de sécurité et provoquant ainsi des conditions aggravantes à un risque d'accident sont à prendre en compte. La liste de ces équipements est la suivante avec leur susceptibilité à la foudre :

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
Extincteurs	Non
RIA	Non
Détections et alarmes incendie	Oui
Sprinkler	Oui
Groupe motopompe	Oui
Canons à eau	Non
Poteaux incendie	Non
Murs coupe-feu	Non
Caméra thermique	Oui
Ligne report d'alarme de la CMSI du bâtiment vers la télésurveillance	Oui

Tableau 10 : Liste des équipements de sécurité

Cette liste n'est pas exhaustive et pourra être complétée par le Maître d'ouvrage.

5.6 Installations à prendre en compte dans l'analyse de risque foudre

En fonction de leurs tailles et de leurs caractéristiques, les structures sont traitées de façon statistique ou de façon déterministe. L'approche déterministe est pertinente pour les structures ouvertes ou de petites dimensions ou pour les structures métalliques (par exemple tuyauteries).

Bâtiments / Installations	Traitement statistique selon la norme NF EN 62305-2	Traitement déterministe ¹
Ligne de tri	X	

Tableau 11 : Installations à étudier dans l'ARF

Méthode déterministe¹ :

Cette méthode ne prend pas en compte le risque de foudroiement local.

Par conséquent, quelle que soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme Important Pour la Sécurité, 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 telles que les cheminées, aéro-réfrigérants racks, stockages extérieurs, ...) cette méthode est choisie.

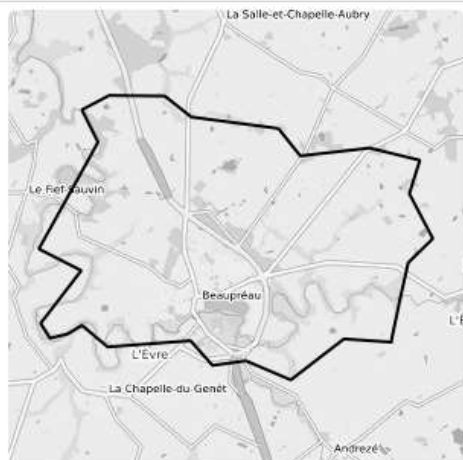
6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre

6.1 Données générales

DENOMINATION	VALEURS RETENUES
Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour la commune de BEAUPREAU-EN-MAUGES (49) données fournies par la Météorage (voir carte ci-dessous)	Nsg = 0,38 (coups de foudre / km ² / an)

Tableau 12 : Données pour le calcul du risque foudre

Résumé



Ville :
BEAUPREAU (49023)

Superficie :
35,95 km²

Période d'analyse :
1 janvier 2013 - 31 décembre 2022

Statistiques du foudroiement

→ **N_{SG} : 0,38 impacts/km²/an**



Indice de confiance statistique : **Excellent** ⓘ

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,32 - 0,45].

→ **Nombre de jours d'orage : 8 jours par an**

Figure 3: Nsg suivant la carte de Météorage

6.2 Ligne de tri

6.2.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Dimensions	$L \times W \times H_b$	127 x 40 x 14,8 m	Longueur x Largeur x Hauteur
Aire équivalente	$A_{d/b}$	8,80E-02 m ²	Surface d'exposition aux impacts
Emplacement de la structure	$C_{d/b}$	0,25	Entouré d'objets plus hauts
Protection existante contre les effets directs	P_B	1	Structure non protégée par SPF
Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure	K_{S1}	1	Aucun blindage

Tableau 13 : Données et caractéristiques de la structure

Justification des paramètres encodés

Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)

Présence de structures ou d'arbres de hauteur supérieure à proximité, dans un rayon égal à 3 fois la hauteur du bâtiment étudié.

Nous indiquons donc la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

Paramètre P_B (probabilité de dommages physiques sur une structure)

Le bâtiment n'est pas protégé par un SPF (Système de protection contre la foudre). Nous indiquons la valeur = 1

Dans un premier temps nous calculons R1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite R_T des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

Paramètre K_{S1} (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)

La zone n'est pas équipée d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	$L_a \times W_a \times H_a$	C_i	C_e	U_w	K_{S3}	P_{SPD}
1	Alimentation HT	1000	-	0,5	1	6kV	0,01	1
2	Alimentation BT 1	1000	-	0,5	1	2,5kV	0,01	1
3	Alimentation BT 2	100	-	0,5	1	2,5kV	0,01	1

Tableau 14 : Données et caractéristiques des services

Nota : Les lignes étudiées correspondent à la zone de l'analyse de risque foudre.

Justification des paramètres encodés

Paramètre L_c (Longueur de la section du service)

La valeur indiquée correspond à la longueur de la ligne.

Nous indiquons la valeur 1000 m par défaut lorsque la longueur n'est pas connue.

Paramètres L_a , W_a , H_a (caractéristiques de la structure adjacente)

La valeur indiquée correspond aux dimensions du bâtiment raccordé à la ligne.

Paramètre C_i (facteur d'installation de la ligne)

Les lignes sont enterrées, nous indiquons la valeur 0,5.

Paramètre C_e (facteur d'environnement de ligne)

Le bâtiment se situe en zone rurale. Nous indiquons la valeur = 1 – zone rurale.

Paramètre U_w (Tension de tenue au choc des matériels)

Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 6 kV pour la ligne d'alimentation HT, 2,5 kV pour les équipements BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

Paramètre K_{s3} (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)

Pour les lignes de puissance et de communication, nous choisissons la valeur $K_{s3} = 0,01$ car nous considérons que c'est un câble non écranté avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m².

Paramètre P_{SPD} (probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres)

Le bâtiment n'est pas protégé par des parafoudres. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.3 Données et caractéristiques de la zone

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	r_a / r_u	0,01	Béton
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service	P_{TU}	1	Aucune mesure de protection
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure	P_{TA}	1	Aucune mesure de protection
Dispositions réduisant la conséquence de feu	r_p	0,2	Automatiques
Risque d'incendie de la structure	r_f	0,1	Elevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	L_f	0,02	Site Industriel
Présence d'un danger particulier	h_z	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)	L_o	0	SO
Durée de présence des personnes à un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure	t_e	0,25	Personnes travaillant dans l'enceinte du site
Risque environnemental	LFE	0,1	Sortant des limites du site

Tableau 15 : Données et caractéristiques de la zone

Paramètre r_a / r_u (facteur de réduction associé au type de sol)

Type de sol ou de plancher	Résistance de contact $k\Omega^1$	r_a / r_u
Agricole, béton	≤ 1	10^{-2}
Marbre, céramique	1-10	10^{-3}
Gravier, moquette, tapis	10-100	10^{-4}
Asphalte, linoléum, bois	≥ 100	10^{-5}

⁽¹⁾ Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm² comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

Tableau 16 : Paramètre r_a / r_u

Paramètre P_{TU} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service)

Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre P_{TA} (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure)

Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection).

Paramètre r_p (facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie)

Le site est équipé de systèmes d'extinction automatiques. La valeur est = 0,2.

Paramètre r_f (facteur de réduction associé au risque d'incendie)

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances combustibles en quantité importante (bois, PP/PE, PVC, déchets pour la production de CSR).

La valeur est = 0,1.

Ce tableau, issu de la norme NF EN 62 305-2, est donné à titre indicatif afin de connaître les différents niveaux de risque d'incendie par rapport à la charge calorifique des différents produits stockés

Risque	Faible	Ordinaire	Elevé
Charge calorifique	<400MJ/m ²	400MJ/m ² < <800MJ/m ²	>800MJ/m ²

Tableau 17 : Paramètre r_f

Paramètre Lf (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)

Type de Structure	Lf
Bâtiment agricole, Ensemble d'appartements, Grande Maison, Hôpital, Hôtel, Nurserie /Jardin d'enfants, Poste de Police et Dépôt d'ambulances, Prison, Risque d'explosion.	0,1
Bâtiment d'Aéroport, Gare.	0,075
Accueil de Loisirs.	0,067
Boutique / Ensemble de Boutiques, Cathédrale, Lieu de Culte, Musée, Stade compris ceux accueillant des concerts, Théâtre.	0,05
Bâtiment Commercial/Ensemble de bureaux, Grand magasin/Grandes surface, Stockage Industriel, Université.	0,042
Equipement GSM, Ruines classées.	0,04
Bâtiment gazier, Bâtiment médical, Bâtiment recevant du public, Bâtiment télécom, Centre commercial, Ecole, Traitement des eaux.	0,033
Site industriel (Cas général. Applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,02
Autres bâtiments et structures	0,01
Site industriel (Structure comprenant de nombreux éléments métalliques comme des tuyaux ou éléments structurels, permettant au courant de foudre de se disperser sans causer de larges dommages. Applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,005
Site Industriel (structure en béton armé ou avec surface métallique conforme au tableau 3 de la 62305-3), quand le dommage au point d'impact reste limité et ne crée pas de dommage additionnel, applicable hors zones explosives, ou quand le risque d'explosion est confiné dans un container métallique d'épaisseur conforme au tableau 3 de la 62305-3 sans pénétration de service dans le container ou quand les services restent à plus de 3 m de la zone explosive ouverte ou non)	0,001

Tableau 18 : Paramètre Lf

Paramètre hz (facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial)

Type de danger particulier	hz
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10

Tableau 19 : Paramètre hz

Paramètre L_o (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur $L_o = 0$.

Paramètre L_{FE} (pourcentage moyen de victimes blessées par dommages physiques à l'extérieur de la structure)

Le L_{FE} est le pourcentage moyen de victimes blessées par dommages physiques à l'extérieur de la structure. Le calcul de ces pertes est basé sur la connaissance des paramètres : L_{FE} et de t_e ; t_e est la durée de présence des personnes à un emplacement dangereux à l'extérieur de la structure en utilisant les formules suivantes :

$$LBE = LVE = rf \times rp \times LFE \times te / 8\ 760$$

$$LCE = LME = LWE = LZE = rf \times rp \times (LFE/10) \times te / 8\ 760$$

Lorsque la durée t_e n'est pas connue, utiliser le tableau suivant :

TYPE D'ENVIRONNEMENT	$t_e / 8\ 760$
Voies navigables	0,1
Utilisation temporaire	0,1
Personnes travaillant dans l'enceinte du site	0,25
Voies ferrées	0,25
Terrain non bâti et zones peu fréquentées champs, prairies, forêts, terrains vagues, marais, jardins horticoles, jardins, vignes, zones de pêche, gare de marchandises et de triage...)	0,25
Présence de public	0,5
Zones fréquentées et très fréquentées (parking, parcs, zone de baignade surveillée, terrains de sport, etc.)	0,5
Zones d'activités (industries et autres activités ne recevant pas en général du public)	0,75
Chemins et chemins piétonniers	0,75
Site avec rondiers ou fonctionnement du site avec plus d'une équipe (2x8 ou 3x8)	1
Résidences	1
Voies de circulation automobiles (départementales, nationales, voies rapides, périphériques et autoroutes)	1

Tableau 20 : Tableau $t_e/8760$ suivant note Qualifoudre n° 4

Lorsque le risque environnemental hors de la structure est connu, prendre l'un des scénarios majorant suivant :

RISQUE ENVIRONNEMENTAL Scénarios		VALEURS DE L_{FE}	
		restant dans les limites du site	sortant des limites du site
Explosion et surpression	la surpression > 50 hPa	0.25	0.5
Flux thermique	le flux thermique par surface > 3 kW/m ²	0.05	0.1
Fumées toxiques (1)		0.1	1.0
Pollution du sol (1)		0.1	0.5
Pollution de l'eau (1)		0.25 (2)	2.5
Matière radioactive (1), (3), (4)		0.5	5

Note 1 : En cas d'utilisation d'une détection d'orage caractérisée par une efficacité PTWS, les valeurs de L_{FE} dans les limites du site sont multipliées par (1 – PTWS) dans la mesure où une procédure associée existe et permet la mise en sécurité des personnes dans l'enceinte du site.

Note 2 : le bris de vitres (explosion avec effet limité) sont exclus de cette analyse et doivent être traités, si nécessaire, par des mesures de protection adaptées.

- (1) Ces valeurs maximales peuvent être réduites en se basant sur la quantité de polluant, le danger de celui-ci et la sensibilité de l'environnement.
- (2) Uniquement si la pollution peut atteindre la nappe phréatique, les cours d'eaux ou des mers et océans.
- (3) Ceci peut ne pas être applicable quand une étude spécifique incluant tous les scénarii a été réalisée. C'est le cas par exemple des centrales nucléaires, pour lesquelles des études spécifiques sont réalisées et rendent la méthode ci-dessus inutile.
- (4) Ceci n'est pas applicable aux sources scellées (par exemple utilisées dans les hôpitaux, les équipements de mesures ou les appareils médicaux).

Tableau 21 : Paramètre LFE suivant note Qualifoudre n° 4

6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)

Sans protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Ligne de tri	1,74 E ⁻⁵	>	1 x 10 ⁻⁵

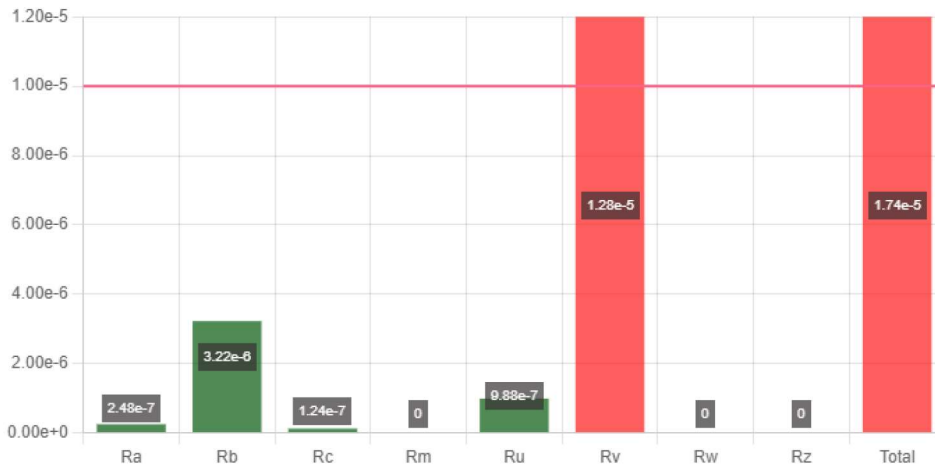


Figure 4: Résultat du calcul du risque R1 sans protections

La Ligne de tri n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).

Il y a donc lieu de procéder à la mise en œuvre de mesures de protection afin que le risque calculé R1 soit < risque tolérable Rt1.

Analyse avec protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Ligne de tri	$4,27 \times 10^{-6}$	<	1×10^{-5}

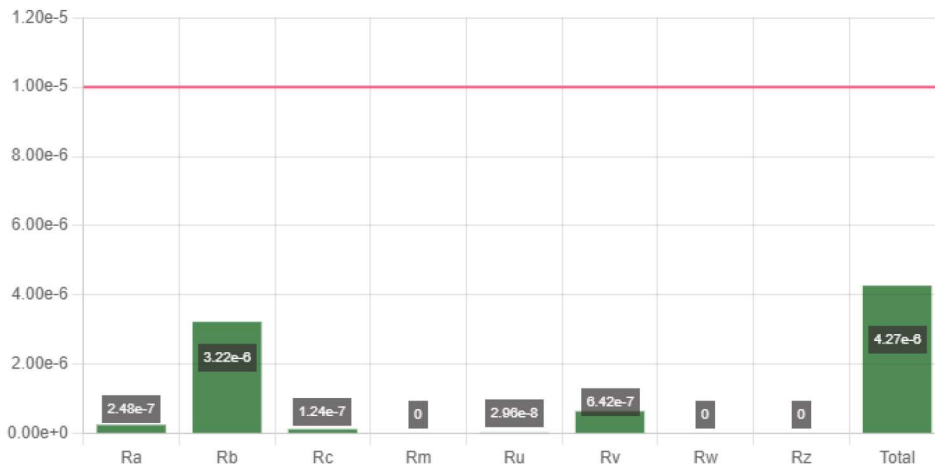


Figure 5: Résultat du calcul du risque R1 avec protections

La Ligne de tri a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation après la mise en place de protections contre la foudre.

Choix des mesures de protection

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont **R_B** et **R_V**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R _A	R _B	R _C	R _M	R _U	R _V	R _W	R _Z
Mesures de protection								
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X ¹⁾	X	X ²⁾	X ²⁾	X ³⁾	X ³⁾		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X

¹⁾ Dans le cas de SPF naturel ou normalisé avec une distance entre conducteurs de descente inférieures à 10 m ou si une séparation physique n'est pas prévue, le risque lié à des blessures pour les êtres vivants dû à des tensions de contact et de pas est négligeable.

²⁾ Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

³⁾ En raison des équipotentialités.

Tableau 22 : Choix des protections foudre

Afin de réduire ces composantes sous la valeur tolérable, il faut mettre en place :

Un système de protection contre la foudre SPF de niveau IV pour les effets indirects de la foudre (protection interne sur les lignes de puissance et de communication).

7. SYNTHÈSE

Cette Analyse de Risque Foudre a permis d'évaluer les risques et de déterminer les niveaux de protection à mettre en œuvre.

- Le tableau suivant synthétise les mesures de protection à mettre en place :

Structure	Protection effets directs	Protection effets indirects
Ligne de tri	Risque tolérable	Protection de niveau IV

Tableau 23: Synthèse des protections foudre

- Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) suivantes sont à protéger :

Structure	Organes de sécurité
Ligne de tri	Détections et alarmes incendie
	Sprinkler
	Groupe motopompe
	Caméra thermique
	Ligne report d'alarme de la CMSI du bâtiment vers la télésurveillance

Tableau 24: Synthèse des MMR

- Des liaisons équipotentielle sont à prévoir pour les canalisations suivantes :

Zone	Nom
Ligne de tri	Canalisation AEP cuve
	Canalisation dépoussiérage (filtre)
	Canalisation dépoussiérage (cyclone)

Tableau 25: Synthèse des liaisons équipotentielles à prévoir

Prévention : L'Analyse de Risque Foudre ne prévoit pas la mise en place d'un système de détection d'orages. Néanmoins, A l'approche d'un orage, le dépotage et l'accès en toiture doivent être interdits ainsi que les interventions sur le réseau électrique et la présence de personnes à proximité des éventuelles descentes de paratonnerres. Cette prévention devra faire l'objet d'une information auprès du personnel et des sociétés extérieures au site, sur les risques de foudroiement direct et indirect.

L'Étude Technique, deuxième étape de la réglementation, permettra d'établir les préconisations spécifiques de protection contre les effets directs et indirects nécessaires. Elle apportera également des conseils vis-à-vis de la démarche de prévention.

NOTA :

« Une installation de protection contre la foudre, conçue et installée conformément aux présentes normes, ne peut assurer la protection absolue des structures, des personnes et des biens, et de l'Environnement. Néanmoins, l'application de celles-ci doit réduire de façon significative les risques de dégâts dus à la foudre sur les équipements, structures et des hommes ».

ANNEXE 1**Analyse du Risque Foudre
NF EN 62305-2**

**L'analyse de risque est effectuée à l'aide du logiciel PROTECRISK 2.0
conforme à la norme NF EN 62305-2**

LIGNE DE TRI

Évaluation des risques Sélection des mesures de protection

Détails du risque R1

R1 = 4.27E-6

----- Ra -----

Ra = 2.48E-7

Nd = 2.48E-3

Ng = 3.80E-1

Ad = 2.61E+4

L = 1.27E+2

W = 4.00E+1

H = 1.48E+1

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 = 3.22E-6

Nd = 2.48E-3

Ng = 3.80E-1

Ad = 2.61E+4

L = 1.27E+2

W = 4.00E+1

H = 1.48E+1

Cd = 2.50E-1

Pb = 1.00E+

Lbt_Lvt = 1.30E-3

Lb_Lv = 8.00E-4

rp = 2.00E-1

rf = 1.00E-1

hz = 2.00E+

Lf1 = 2.00E-2

nz = 0.00E+

nt = 8.76E+3

tz = 0.00E+

Lbe_Lve = 5.00E-4

rp = 2.00E-1

rf = 1.00E-1

lfe = 1.00E-1

te/8760 = 2.50E-1

----- Rc -----

Rc = 1.24E-7

Nd = 2.48E-3

Ng = 3.80E-1

Ad = 2.61E+4

L = 1.27E+2

W = 4.00E+1

H = 1.48E+1

Cd = 2.50E-1

Pc = 1.00E+

Pc_BT = 1.00E+

Pparafoudre = 1.00E+

Cld = 1.00E+

Pc_ECL = 1.00E+

Pparafoudre = 1.00E+

Cld = 1.00E+

Pc_HT = 1.00E+

Pparafoudre = 1.00E+

Cld = 1.00E+

Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 5.00E-5

Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+

Lo1 = 0.00E+

nz = 0.00E+

nt = 8.76E+3

tz = 0.00E+

Lce_Lme_Lwe_Lze = 5.00E-5

rp = 2.00E-1

rf = 1.00E-1

lfe = 1.00E-1

te/8760 = 2.50E-1

----- Rm -----

Rm = 0.00E+

Nm = 3.62E-1

Ng = 3.80E-1

Am = 9.52E+5

L = 1.27E+2

W = 4.00E+1

Pm = 3.48E-5

Pm_BT = 1.60E-5

Pparafoudre = 1.00E+

Pms = 1.60E-5

Ks1 = 1.00E+

wm = 0.00E+

Ks2 = 1.00E+

wm = 0.00E+

Ks3 = 1.00E-2

Ks4 = 4.00E-1

Uw = 2.50E+

Pm_ECL = 1.60E-5

Pparafoudre = 1.00E+

Pms = 1.60E-5

Ks1 = 1.00E+

wm = 0.00E+

Ks2 = 1.00E+

wm = 0.00E+

Ks3 = 1.00E-2

Ks4 = 4.00E-1

Uw = 2.50E+

Pm_HT = 2.78E-6

Pparafoudre = 1.00E+

Pms = 2.78E-6

Ks1 = 1.00E+

wm = 0.00E+

Ks2 = 1.00E+

wm = 0.00E+

Ks3 = 1.00E-2

Ks4 = 1.67E-1

Uw = 6.00E+

Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 5.00E-5

Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+

Lo1 = 0.00E+

nz = 0.00E+

nt = 8.76E+3

tz = 0.00E+

Lce_Lme_Lwe_Lze = 5.00E-5

rp = 2.00E-1

rf = 1.00E-1

lfe = 1.00E-1

te/8760 = 2.50E-1

----- Ru -----

Ru = 2.96E-8

Ru = 2.28E-8

NI = 7.60E-3

Ng = 3.80E-1

Al = 4.00E+4

LI = 1.00E+3

Ci = 5.00E-1

Ce = 1.00E+

Ct = 1.00E+

Ndj = 0.00E+

Ng = 3.80E-1

Adj = 0.00E+

Lj = 0.00E+

Wj = 0.00E+

Hj = 0.00E+

Cdj = 2.50E-1

Ct = 1.00E+

Pu = 3.00E-2

Ptu = 1.00E+

Peb = 3.00E-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+

Ru = 2.28E-9

NI = 7.60E-4

Ng = 3.80E-1

Al = 4.00E+3
 LI = 1.00E+2
 Ci = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 1.00E+
 Ndj = 0.00E+
 Ng = 3.80E-1
 Adj = 0.00E+
 Lj = 0.00E+
 Wj = 0.00E+
 Hj = 0.00E+
 Cdj = 2.50E-1
 Ct = 1.00E+
 Pu = 3.00E-2
 Ptu = 1.00E+
 Peb = 3.00E-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+
 Ru = 4.56E-9
 NI = 1.52E-3
 Ng = 3.80E-1
 Al = 4.00E+4
 LI = 1.00E+3
 Ci = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 2.00E-1
 Ndj = 0.00E+
 Ng = 3.80E-1
 Adj = 0.00E+
 Lj = 0.00E+
 Wj = 0.00E+
 Hj = 0.00E+
 Cdj = 2.50E-1
 Ct = 2.00E-1
 Pu = 3.00E-2
 Ptu = 1.00E+
 Peb = 3.00E-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 = 6.42E-7
 Rv = 4.94E-7
 NI = 7.60E-3
 Ng = 3.80E-1
 Al = 4.00E+4
 LI = 1.00E+3
 Ci = 5.00E-1

Ce = 1.00E+
 Ct = 1.00E+
 Ndj = 0.00E+
 Ng = 3.80E-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+
 Lbt_Lvt = 1.30E-3
 Lb_Lv = 8.00E-4
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 hz = 2.00E+
 Lf1 = 2.00E-2
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lbe_Lve = 5.00E-4
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1
 Rv = 4.94E-8
 NI = 7.60E-4
 Ng = 3.80E-1
 Al = 4.00E+3
 LI = 1.00E+2
 Ci = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 1.00E+
 Ndj = 0.00E+
 Ng = 3.80E-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+
 Lbt_Lvt = 1.30E-3
 Lb_Lv = 8.00E-4
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 hz = 2.00E+
 Lf1 = 2.00E-2
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lbe_Lve = 5.00E-4
 rp = 2.00E-1

rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1
 Rv = 9.88E-8
 NI = 1.52E-3
 Ng = 3.80E-1
 Al = 4.00E+4
 LI = 1.00E+3
 Ci = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 2.00E-1
 Ndj = 0.00E+
 Ng = 3.80E-1
 Adj = 0.00E+
 Lj = 0.00E+
 Wj = 0.00E+
 Hj = 0.00E+
 Cdj = 2.50E-1
 Ct = 2.00E-1
 Pv = 5.00E-2
 Peb = 5.00E-2
 Pld = 1.00E+
 Cld = 1.00E+
 Lbt_Lvt = 1.30E-3
 Lb_Lv = 8.00E-4
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 hz = 2.00E+
 Lf1 = 2.00E-2
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lbe_Lve = 5.00E-4
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1
 ----- Rw -----
 Rw = 0.00E+
 Rw = 0.00E+
 NI = 7.60E-3
 Ng = 3.80E-1
 Al = 4.00E+4
 LI = 1.00E+3
 Ci = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 1.00E+
 Ndj = 0.00E+
 Ng = 3.80E-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 = 5.00E-5
 Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lo1 = 0.00E+
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lce_Lme_Lwe_Lze = 5.00E-5
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1
 Rw = 0.00E+
 NI = 7.60E-4
 Ng = 3.80E-1
 AI = 4.00E+3
 LI = 1.00E+2
 Ci = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 1.00E+
 Ndj = 0.00E+
 Ng = 3.80E-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 = 5.00E-5
 Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lo1 = 0.00E+
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lce_Lme_Lwe_Lze = 5.00E-5
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1
 Rw = 0.00E+
 NI = 1.52E-3
 Ng = 3.80E-1
 AI = 4.00E+4
 LI = 1.00E+3

Ci = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 2.00E-1
 Ndj = 0.00E+
 Ng = 3.80E-1
 Adj = 0.00E+
 Lj = 0.00E+
 Wj = 0.00E+
 Hj = 0.00E+
 Cdj = 2.50E-1
 Ct = 2.00E-1
 Pw = 1.00E+
 Pparafoudre = 1.00E+
 Pld = 1.00E+
 Cld = 1.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 5.00E-5
 Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lo1 = 0.00E+
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lce_Lme_Lwe_Lze = 5.00E-5
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1
 ----- Rz -----
 Rz = 0.00E+
 Rz = 0.00E+
 Ni = 7.60E-1
 Ng = 3.80E-1
 AI = 4.00E+6
 CI = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 1.00E+
 Pz = 3.00E-1
 Pli = 3.00E-1
 Cli = 1.00E+
 Pparafoudre = 1.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 5.00E-5
 Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lo1 = 0.00E+
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lce_Lme_Lwe_Lze = 5.00E-5
 rp = 2.00E-1

rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1
 Rz = 0.00E+
 Ni = 7.60E-2
 Ng = 3.80E-1
 AI = 4.00E+5
 CI = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 1.00E+
 Pz = 3.00E-1
 Pli = 3.00E-1
 Cli = 1.00E+
 Pparafoudre = 1.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 5.00E-5
 Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lo1 = 0.00E+
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lce_Lme_Lwe_Lze = 5.00E-5
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1
 Rz = 0.00E+
 Ni = 1.52E-1
 Ng = 3.80E-1
 AI = 4.00E+6
 CI = 5.00E-1
 Ce = 1.00E+
 Ct = 2.00E-1
 Pz = 1.00E-1
 Pli = 1.00E-1
 Cli = 1.00E+
 Pparafoudre = 1.00E+
 Lct_Lmt_Lwt_Lzt = 5.00E-5
 Lc_Lm_Lw_Lz = 0.00E+
 Lo1 = 0.00E+
 nz = 0.00E+
 nt = 8.76E+3
 tz = 0.00E+
 Lce_Lme_Lwe_Lze = 5.00E-5
 rp = 2.00E-1
 rf = 1.00E-1
 lfe = 1.00E-1
 te/8760 = 2.50E-1

ANNEXE 2

Lexique

Armatures d'acier interconnectées	Armatures d'acier à l'intérieur d'une structure, considérées comme assurant une continuité électrique.
Barre d'équipotentialité	Barre permettant de relier à l'installation de protection contre la foudre les équipements métalliques, les masses, les lignes électriques et de télécommunications et d'autres câbles.
Borne ou barrette de coupure	Dispositif conçu et placé de manière à faciliter les essais et mesures électriques des éléments de l'installation de protection contre la foudre.
Conducteur (masse) de référence	Système de conducteurs servant de référence de potentiel à d'autres conducteurs. On parle souvent du "zéro volt".
Conducteur d'équipotentialité	Conducteur permettant d'assurer l'équipotentialité.
Conducteur de descente	Conducteur chargé d'écouler à la terre le courant d'un coup de foudre direct. Il relie le dispositif de capture au réseau de terre.
Conducteur de protection (PE)	Conducteur destiné à relier les masses pour garantir la sécurité des personnes contre les chocs électriques.
Coup de foudre	Impact simple ou multiple de la foudre au sol.
Coup de foudre direct	Impact qui frappe directement la structure ou son installation de protection contre la foudre.
Coup de foudre indirect	Impact qui frappe à proximité de la structure et entraînant des effets conduits et induits dans et vers la structure.
Couplage	Mode de transmission d'une perturbation électromagnétique de la source à un circuit victime.
Dispositif de capture	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à capter les coups de foudre directs.
Distance de séparation	Distance minimale entre deux éléments conducteurs à l'intérieur de l'espace à protéger, telle qu'aucune étincelle dangereuse ne puisse se produire entre eux.
Effet de couronne ou Corona	Ensemble des phénomènes d'ionisation liés au champ électrique au voisinage d'un conducteur ou d'une pointe.

Effet réducteur

Réduction des perturbations HF par la proximité du conducteur victime avec la masse. L'effet réducteur est le rapport de l'amplitude de la perturbation collectée par un câble non blindé ou loin des masses à celle collectée par le même câble blindé ou installé contre un conducteur de masse.

Electrode de terre

Élément ou ensemble d'éléments de la prise de terre assurant un contact électrique direct avec la terre et dissipant le courant de décharge atmosphérique dans cette dernière.

Equipements métalliques

Éléments métalliques répartis dans l'espace à protéger, pouvant écouler une partie du courant de décharge atmosphérique tels que canalisations, escaliers, guides d'ascenseur, conduits de ventilation, de chauffage et d'air conditionné, armatures d'acier interconnectées.

Etincelle dangereuse (étincelage)

Décharge électrique inadmissible, provoquée par le courant de décharge atmosphérique à l'intérieur du volume à protéger.

Foudre

Décharge électrique aérienne, accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre).

Installation de Protection contre la Foudre (I.P.F.)

Installation complète, permettant de protéger une structure contre les effets de la foudre. Elle comprend à la fois une installation extérieure (I.E.P.F.) et une installation intérieure de protection contre la foudre (I.I.P.F.)

Liaison équipotentielle

Éléments d'une installation réduisant les différences de potentiels entre masse et élément conducteur.

Mode commun (MC)

Un courant de mode commun circule dans le même sens sur tous les conducteurs d'un câble. La différence de potentiels (d.d.p.) de MC d'un câble est celle entre le potentiel moyen de ses conducteurs et la masse. Le mode commun est aussi appelé mode longitudinal parallèle ou asymétrique.

Mode différentiel (MD)

Un courant de mode différentiel circule en opposition de phase sur les deux fils d'une liaison filaire, il ne se referme donc pas dans les masse. Une différence de potentiels (d.d.p.) de MD se mesure entre le conducteur signal et son retour. Le mode différentiel est aussi appelé mode normal, symétrique ou série.

Niveau de protection

Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité.

Parafoudre ou parasurtenseur	Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant entre deux éléments à l'intérieur de l'espace à protéger, tels que les éclateurs ou les dispositifs semi-conducteurs.
Paratonnerre	Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre.
P.D.A	Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde.
Point d'impact	Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre.
Prise de terre	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre.
Régime de neutre	<p>Il caractérise le mode de raccordement à la terre du neutre du secondaire du transformateur source et les moyens de mise à la terre des masses de l'installation. Il est défini par deux lettres:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La première indique la position du neutre par rapport à la terre: I: neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance T: neutre directement à la terre • La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre: T: masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre) N: masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (N-S), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (N-C).
Réseau de masse	Ensemble des conducteurs d'un site reliés entre eux. Il se compose habituellement des conducteurs de protection, des bâtis, des chemins de câbles, des canalisations et des structures métalliques.
Réseau de terre	Ensemble des conducteurs enterrés servant à écouler dans la terre les courants externes en mode commun. Un réseau de terre doit être unique, équipotentiel et maillé.
Résistance de terre	Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms (Ω), elle n'a pas, contrairement au maillage des masses, d'influence sur l'équipotentialité du site.

Surface équivalente

Surface de sol plat qui recevrait le même nombre d'impacts que la structure ou le bâtiment en question. Cette surface est toujours plus grande que la seule emprise au sol de l'ensemble à protéger. On la détermine en pratique en entourant fictivement le périmètre de cet ensemble par une bande horizontale, dont la largeur est égale à trois fois sa hauteur. Elle peut ensuite être corrigée en tenant compte des objets environnants : arbres, autres structures, susceptibles de dévier un coup de foudre vers eux.

Surtension

Variation importante de faible durée de la tension.

Tension de mode commun

Tension mesurée entre deux fils interconnectés et un potentiel de référence (voir mode commun).

Tension différentielle

Tension mesurée entre deux fils actifs (voir mode différentiel).

Tension résiduelle d'un parafoudre

Tension qui apparaît sur une sortie d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge.

TGBT

Tableau Général Basse Tension.

Traceur

Predécharge progressant à travers l'air et formant un canal faiblement ionisé.