

ANALYSE DU RISQUE Foudre

N° EP-NN-250403

Indice 01

**Concernant
BÂTIMENT J**

**ÉTABLISSEMENT CENTRAL LOGISTIQUE DE LA
POLICE NATIONALE (ECLPN)**



Limoges (87)

Trame ARF – Étude préalable ICPE Ind.14

SOMMAIRE

I.	Présentation du site	3
I.1.	Coordonnées du site.....	3
I.2.	Activité principale du site	3
I.3.	Classement du site vis à vis de l'environnement.....	3
I.4.	Situation kéraunique du site / Densité de foudroiement	4
I.5.	Interlocuteurs	5
II.	Présentation de l'étude	6
II.1.	Origine de l'étude	6
II.2.	Participants à l'élaboration de l'étude	6
II.3.	Visite sur site	6
II.4.	Objet et limite de l'ARF.....	6
II.5.	Références réglementaires.....	7
II.6.	Définition des risques dus à la foudre	8
II.7.	Méthodes de l'analyse.....	8
II.8.	Principaux paramètres influents dans la méthode d'ARF	9
III.	Préalable à l'étude	12
III.1.	Liste des documents fournis et présentés.....	12
III.2.	Environnement du site	12
III.3.	Liaisons conductrices avec l'extérieur de la structure	12
III.4.	Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) ou Équipements Importants Pour la Sécurité (EIPS)	12
III.5.	Rappel des principaux risques révélés par l'étude des dangers (EDD)	13
III.6.	Incident(s) signalé(s).....	13
III.7.	Définition de la structure structures	14
III.8.	Données entrantes de la structure N°1 : Bâtiment J	15
IV.	Évaluation des risques de dommage	19
IV.1.	Identification des sources de dommages.....	19
IV.2.	Types de perte dus aux effets de la foudre	20
IV.3.	Risques de dommage sur la structure Bâtiment J	21
IV.4.	Méthode de calcul	21
IV.5.	Risques de dommage de la structure N°1 : Bâtiment J	22
V.	Récapitulatif des résultats.....	24
V.1.	Structures et service	24
V.2.	Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) ou Équipements Importants Pour la Sécurité (EIPS)	24
V.3.	Conclusions aux calculs.....	24

V.4.	Expertise France Paratonnerres	25
VI.	Notes de calculs	26
VI.1.	Structure N°1 : Bâtiment J	26

I. PRÉSENTATION DU SITE

I.1. Coordonnées du site

Bâtiment J

Établissement central logistique de la police nationale (ECLPN)

41 Rue Barthélémy Thimonnier

87280 Limoges



I.2. Activité principale du site

Le site est un Établissement Central Logistique de la Police Nationale

Il s'agit d'une ICPE (Installation Classée pour la Protection de l'Environnement) soumise à l'arrêté du 4 Octobre 2010.

I.3. Classement du site vis à vis de l'environnement

Sont concernées toutes les installations classées visées à l'article 16 de l'arrêté du 04-10-2010 modifié et sur lesquelles une agression par la foudre peut être à l'origine d'événements susceptibles de porter atteinte aux intérêts visés au L.511-1 du code de l'environnement, directement par impact sur une structure ou une ligne et/ou indirectement par impact à proximité, aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de l'enceinte du site.

Le site de **ECLPN** est une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soumise à déclaration d'exploitation. La mission porte sur la protection contre le foudroiement des installations pouvant présenter un risque pour l'environnement ou pour la sécurité des personnes. Pour ce site, la liste des rubriques est la suivante :

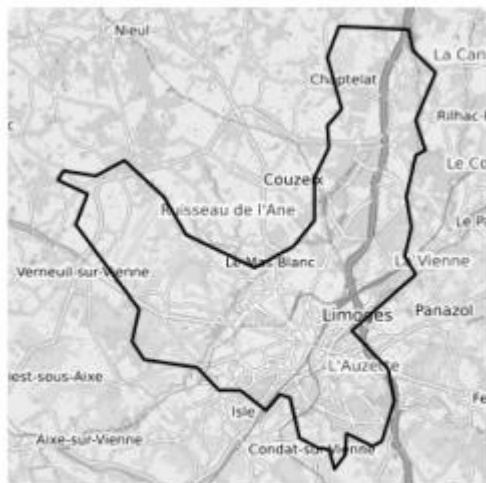
Code rubrique	Alinéa	Libellé rubrique	Régime autorisé (a)	Volume
1510	2.c	Entrepot déclaré	Déclaration avec contrôle	39540.0 m3
1510	2.c	Entrepot déclaré	Déclaration avec contrôle	39540.0 m3
2410	2	Supérieure à 50 kW, mais inférieure ou égale à 250 kW	Déclaration	55.0 kW
2560	2	Supérieure à 150 kW, mais inférieure ou égale à 1 000 kW	Déclaration avec contrôle	510.0 kW
2564	1.c	Supérieur à 200 l, mais inférieur ou égal à 1500 l	Déclaration avec contrôle	1450.0 L
2565	2.b	Traitement de surface	Déclaration avec contrôle	800.0 L
2575		Emploi de matières abrasives	Déclaration	39.0 kW
2910	A.2	Combustion	Déclaration avec contrôle	7.25 MW
2925	1	Charge d'accumulateurs dégageant de l'hydrogène	Déclaration	70.0 kW
2930	1.a	Ateliers de réparation et entretien de véhicules à moteur	Enregistrement	20000.0 m2

I.4. Situation kéraunique du site / Densité de foudroiement

A la date de cette analyse, les statistiques de METEORAGE sont les suivantes :

- Nsg = **0,87** impacts par an par km²

Résumé



Ville :

LIMOGES (87085)

Superficie :

81,38 km²

Période d'analyse :

1 janvier 2015 - 31 décembre 2024

Statistiques de foudroiement

➔ **N_{SG} : 0,87 GSP/km²/an**



Indice de confiance statistique : **Excellent**

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,81 - 0,94].

➔ **Nombre de jours d'orage : 16 jours par an**

N_{SG} : valeur normative de référence (NF EN 62858 – NF C 17-858)

Records

Année record : 2023 (1,34 GSP/km²/an)

Mois record : Août 2015

Jour record : 3 juillet 2019

Suivant la note QUALIFOUDRE N°6, nous retenons le Nsg fournie par Météorage.

Nsg : densité des points de contact de foudre au sol, qui est le nombre moyen d'impacts de foudre au sol par kilomètre carré et par an. Valeur moyenne sur les 10 dernières années.

I.5. Interlocuteurs

Monsieur Sébastien DUPUY – Chef de projets immobiliers – Direction de l'immobilier – Bureau zonal des affaires immobilières




Monsieur Frédéric CHAMBON – Conducteur de travaux – Service local immobilier Limousin

II. PRÉSENTATION DE L'ÉTUDE

II.1. Origine de l'étude

Votre commande N°1513078894 reçue le 04/04/2025

II.2. Participants à l'élaboration de l'étude

Date	Indice	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Commentaire
14/04/2025	01	C. TRÉPARDOUX Qualifoudre Niveau 3	L. BOUDOU Qualifoudre Niveau 2	L. BOUDOU Qualifoudre Niveau 2	Création Document
Signature					

II.3. Visite sur site

Description	Observation
Technicien responsable de la visite :	Charles TRÉPARDOUX
Date de la visite :	11/04/2025
Personne présente lors de la visite :	M. Frédéric CHAMBON

II.4. Objet et limite de l'ARF

La démarche suivie est celle de l'arrêté du 04 Octobre 2010 modifié relatif à certaines installations, qui impose l'Analyse du Risque Foudre lorsque ces installations pourraient nuire à la sécurité des personnes ou à la qualité de l'environnement.

L'Analyse du Risque Foudre vient en complément et ne se substitue pas aux études de dangers et d'analyses de risques, propres aux installations et aux produits, qui doivent être menées par ailleurs.

Cette étude représente le justificatif de la partie foudre des chapitres agressions externes des études de dangers.

L'Analyse du Risque Foudre ne prescrit pas et ne quantifie pas les matériels à mettre en œuvre pour la protection contre les risques liés foudre. Ces éléments seront définis par une Étude Technique Foudre, en fonction des résultats et conclusions retenues par l'Analyse du Risque Foudre.

Les conséquences dues à ces phénomènes peuvent entraîner directement ou indirectement des risques graves pour la sécurité des personnes, la sûreté du matériel et la qualité de l'environnement.

L'Analyse du Risque Foudre vise uniquement à définir un niveau de protection à mettre en œuvre.

L'ARF identifie :

- Les installations qui nécessitent une protection ainsi que le niveau de protection associé
- Les liaisons entrantes ou sortantes des structures qui nécessitent une protection

- Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) ou Équipements Importants Pour la Sécurité (EIPS) qui nécessitent une protection

Ce présent rapport concerne l'ARF qui a été réalisée selon les informations et documents fournis par SMIG. La responsabilité de FRANCE PARATONNERRES ne pourrait être remise en cause si :

- Les informations et documents fournis se révèlent incomplets ou inexacts
- Des changements majeurs sont effectués a posteriori de la rédaction de ce rapport

Le commanditaire du rapport s'engage à vérifier l'exactitude et l'exhaustivité des paramètres pris en compte pour la réalisation de cette Analyse du Risque Foudre.

II.5. Références réglementaires

Les dispositifs de protection contre la foudre doivent être conformes aux normes françaises ou à toute norme en vigueur dans l'UE.

La probabilité de pénétration d'un coup de foudre dans l'espace à protéger est considérablement réduite par la présence d'un dispositif de capture convenablement conçu.

Cependant, une telle installation ne peut assurer la protection absolue des structures, des personnes ou des objets. L'application des normes réduit de façon significative les risques de dommages dus à la foudre.

II.5.a. Textes et réglementations

- **Arrêté du 04 octobre 2010 modifié** relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation
- **Circulaire 24 avril 2008** en application de l'arrêté susvisé

II.5.b. Normes applicables

- La norme **NF EN 62305-2 de 2012** qui est applicable à l'évaluation des risques, dans une structure, en raison des coups de foudre au sol.
- La norme **NF EN 62305-3 de décembre 2012** définissant les règles pour la mise en œuvre d'installations extérieures de protection foudre.
- La norme **NF C 17-102 de septembre 2011** définissant les règles pour la mise en œuvre d'installations extérieures de protection foudre.
- Les normes **NF EN 62305-4 de décembre 2012, NF C 15-100 de décembre 2002 et le guide UTE C 15-443 d'août 2004** définissent, pour les circuits électriques, les règles d'installation pour la mise en œuvre des systèmes de protection contre la foudre.
- La norme **NF EN 61643-11 de septembre 2002** relative aux parafoudres connectés aux systèmes de distribution basse tension - Prescriptions et essais
- La norme **NF EN 61643-21 de novembre 2001** relative aux parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais
- Le logiciel **IONEXPERT 4000**, développé par France Paratonnerres permettant de réaliser les calculs suivant les normes en vigueur.

II.5.c. Autres documents applicables

Dans le cadre de la certification QUALIFOUDRE, nous appliquons les documents suivants :

- La **Foire aux question (FAQ) Version 3** du 30/11/2023
- La série de **Notes d'information aux professionnels de la protection contre la foudre** (N°1à 6).

II.6. Définition des risques dus à la foudre

La foudre est un phénomène électrique de très courte durée, véhiculant des courants impulsionnels avec un front d'onde raide, qui peuvent atteindre un courant de plusieurs dizaines de milliers d'ampères et une tension de plusieurs millions de volts.

Chaque année la foudre, par ses effets directs ou indirects, est à l'origine d'incendies, d'explosions ou de dysfonctionnements dangereux.

L'évaluation du risque foudre est difficile à cerner.

La forme d'un bâtiment, ses matériaux de construction, l'environnement dans lequel il est implanté, sa situation géographique, sont des paramètres qui peuvent influencer sur la probabilité pour que la foudre le frappe.

Que la foudre frappe directement un bâtiment, à proximité de celui-ci ou les services qui lui sont raccordés, ses conséquences peuvent mettre à mal les produits stockés, le contrôle des processus de production ou les systèmes de sécurité.

La foudre peut être un facteur aggravant pour les dangers que représente l'activité réalisée au sein du bâtiment.

La foudre peut avoir des conséquences sur les personnes travaillant à l'intérieur ou à proximité du bâtiment et sur l'environnement.

Pour définir le risque foudre, un grand nombre de paramètres doivent être pris en considérations.

Des normes ont été définies pour cadrer l'évaluation du risque foudre d'une structure.

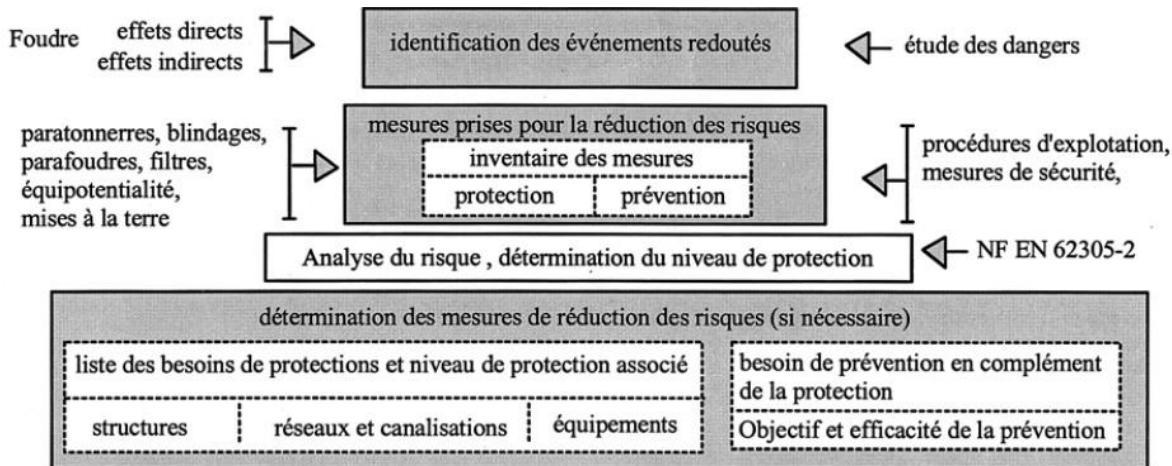
Ces normes dictent des méthodes qui permettent d'avoir une approche mathématique pour guider les professionnels de la foudre dans leur démarche.

L'entreprise **FRANCE PARATONNERRES** et son personnel certifié **QUALIFOUDRE** par l'INERIS, se sont engagés à réaliser les ARF conformes à la norme NF EN 62305-2 applicable

II.7. Méthodes de l'analyse

L'analyse du risque est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2 de 2012 : Protection contre la Foudre Partie 2 – Évaluation du risque.

La démarche d'analyse, prenant en considération le risque de perte de vie humaine R1, est schématisée ci-après :



La norme NF EN 62305-2 fixe la limite supérieure du risque tolérable $10 E^{-5}$ pour le risque de perte de vie humaine. Lorsque le risque calculé est supérieur au risque tolérable, des mesures de protection et de prévention sont intégrées aux calculs jusqu'à ce que le risque soit rendu acceptable.

Cette méthode permet d'évaluer l'efficacité de différentes solutions afin d'optimiser la protection. La présence de systèmes de détection et d'extinction incendie est également prise en compte dans l'optimisation du résultat.

II.8. Principaux paramètres influents dans la méthode d'ARF

En fonction de la configuration du site, certains bâtiments peuvent être découpés en différentes structures afin de tenir compte de la diversité des risques et l'optimiser l'Analyse du Risque Foudre et les protections qui en découlent.

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

- **Densité de foudroiement sur le site**

La densité de foudroiement N_{sg} prise en compte dans l'étude correspond au nombre d'impacts par an au km^2 . Cette valeur est issue des données de Météorologie (communales).

- **Dimensions de la structure**

Le risque foudre sur une structure dépend de ses dimensions (longueur, largeur, hauteur).

- **Facteur d'emplacement**

L'emplacement relatif de la structure dépend des objets environnants ou de l'exposition de la structure. Différents cas peuvent se présenter :

- Structure entourée par des objets plus hauts ou des arbres
- Structure entourée par des objets ou des arbres de même hauteur ou plus petits
- Structure isolée (pas d'autres objets à proximité)
- Structure isolée au sommet d'une colline ou sur un monticule

- **Dangers particuliers**

- Pas de risque de panique ;
- Faible niveau de panique : structures limitées à 2 étages et nombre de personnes inférieur à 100
- Niveau de panique moyen : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes compris entre 100 et 1000
- Difficultés d'évacuation : structures avec personnes immobilisés, hôpitaux

- Niveau de panique élevé : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1000

- **Risque d'incendie**

Le risque d'incendie est lié à la charge calorifique de la structure et de son contenu. Elle s'exprime en Mégajoule par m² (MJ/m²) :

- Pas de risque : structure n'ayant concerné par aucun des cas ci-dessous
- Risque faible : charge calorifique inférieure à 400 MJ/m² ou structure ne contenant qu'occasionnellement des matériaux combustibles
- Risque ordinaire : charge calorifique comprise entre 400 MJ/m² et 800 MJ/m²
- Risque élevé : charge calorifique supérieure à 800 MJ/m²
- Risque d'explosion :
 - Zone ATEX 0 et 20 et explosif massif
 - Zone ATEX 1 et 21
 - Zone ATEX 2 et 22

- **Protection anti-incendie**

La présence ou non de moyens de lutte contre l'incendie est prise en compte. Les définitions sont données ci-après :

- Pas de protection : aucune des dispositions indiquées ci-dessous
- Protection manuelle : une des dispositions suivantes : extincteurs, installations d'extinction fixes déclenchés manuellement, installations manuelles d'alarme, prises d'eau, compartiment étanches, voies d'évacuation protégées
- Protection automatique : une des dispositions suivantes : installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarmes automatiques Seulement si elles sont protégées contre les surtensions ou d'autres dommages et si le temps d'intervention des pompiers est inférieur à 10 minutes

- **Risque de dommages physiques sur les structures environnantes**

- Type d'environnement :
 - Voie Navigable
 - Utilisation temporaire
 - Personnes travaillant dans l'enceinte du site
 - Voies ferrées
 - Terrain non bâti
 - Présence de public
 - Zones fréquentées
 - Zones d'activités
 - Chemins piétonniers
 - Site avec ronds
 - Résidences
 - Voies de circulation
- Nombre de Personnes exposées :
 - Au moins 1
 - Moins de 10
 - Entre 10 et 100
 - Entre 100 et 1000
 - Plus de 1000

- **Risque de dommages environnementaux**

- Explosion et surpression ($< 50\text{hPa}$)
- Flux Thermique ($> 3\text{kW/m}^2$)
- Fumées toxiques
- Pollution du sol
- Pollution de l'eau
- Matière radioactive
- Limité au site
- En dehors du site

- **Type de sol intérieur**

- Agricole
- Béton
- Marbre
- Céramique
- Gravier
- Moquette
- Tapis
- Asphalte
- Linoléum
- Bois

- **Facteur d'environnement de la ligne entrante dans la structure**

L'emplacement relatif de la ligne dépend des objets environnants. Différents cas peuvent se présenter :

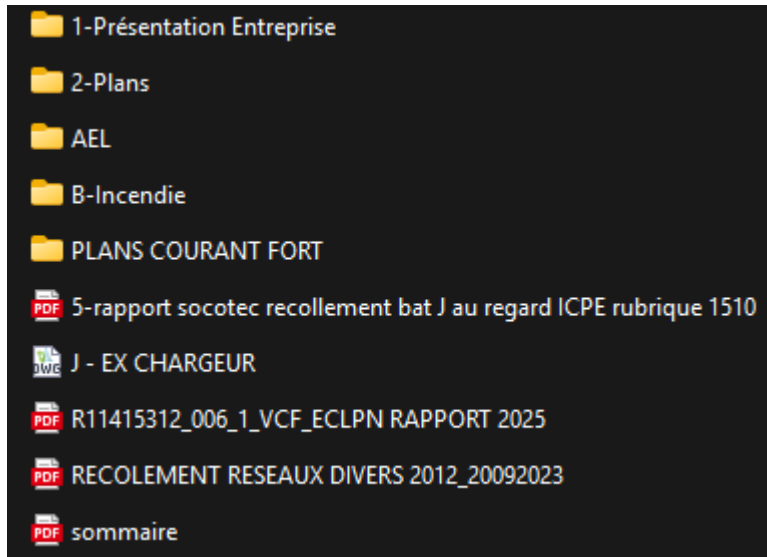
- Urbain avec bâtiments dont la hauteur est supérieure à 20 mètres
- Urbain avec bâtiments dont la hauteur est comprise entre 10 et 20 mètres
- Suburbain avec bâtiments dont la hauteur est inférieure à 10 mètres
- Rural pour des zones présentant une faible densité de bâtiment

- **Longueur de la ligne entrante**

Lorsque la longueur de la ligne est inconnue on estime une valeur maximale de celle-ci égale à 1000 mètres conformément à la norme NF EN 62305-2 de 2012.

III. PRÉALABLE À L'ÉTUDE

III.1. Liste des documents fournis et présentés



III.2. Environnement du site

- Altitude : ≈330m
- Environnement : Suburbain avec bâtiments dont la hauteur est inférieure à 10 mètres
- Zone d'implantation : Zone Industrielle au nord de Limoges

III.3. Liaisons conductrices avec l'extérieur de la structure

- Alimentation électrique BT de la structure : enterrée
- Réseau de Sprinklage à la structure : enterré

III.4. Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) ou Équipements Importants Pour la Sécurité (EIPS)

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 :

- Centrale d'alarme incendie et d'intrusion
- Reports incendie et intrusion
- Sprinkler
- Armoire ondulée Bâtiment J

III.5. Rappel des principaux risques révélés par l'étude des dangers (EDD)

- Étude de danger non communiquée

III.6. Incident(s) signalé(s)

- Sans Objet

III.7. Définition de la structure structures

Le présent document traite uniquement de la structure : Bâtiment J

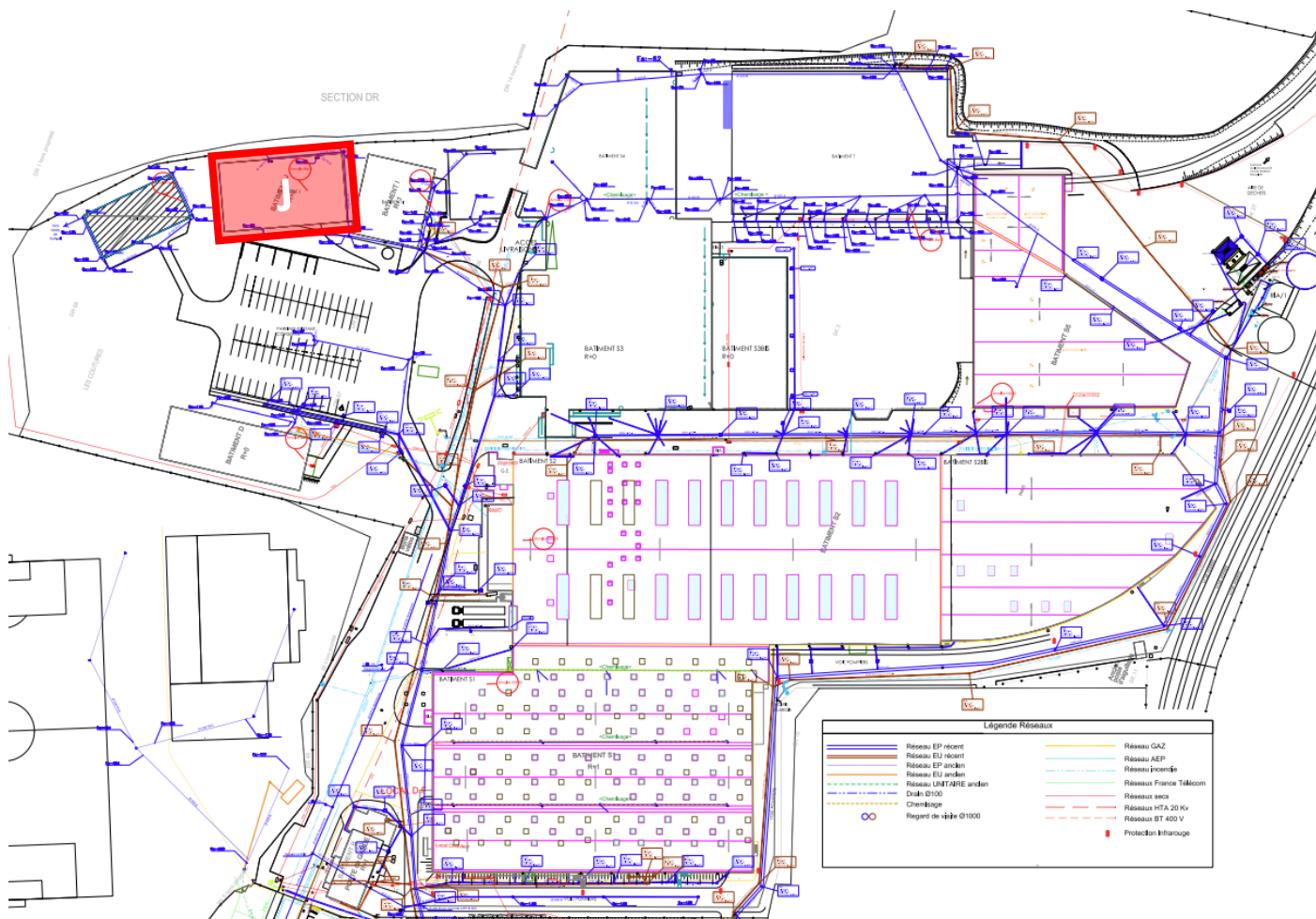


Schéma d'identification des structures

III.8. Données entrantes de la structure N°1 : Bâtiment J

III.8.a. Description de la structure

Nom de la structure	Bâtiment J	
Numéro de la structure	Structure N°1	
Utilisation principale	Personnalisé	$L_f = 5 \times 10^{-1}$
	Hôpitaux, hôtels, écoles, bâtiments civils	$L_f = 10^{-1}$
	Publique de loisir, églises, musées	$L_f = 5 \times 10^{-1}$
	Industrielle, commerciale	$L_f = 2 \times 10^{-2}$
	Autres	$L_f = 10^{-2}$
Dimensions (m) :	Longueur : 38,97 m Largeur : 21,61 m Hauteur : 4 m	Surface : $S = 842 \text{ m}^2$ Surface équivalente d'exposition : $Ad = 2\,748 \text{ m}^2$
Blindage de la structure :	Absent	
Réseau de terre :	Inconnu	
Situation des structures avoisinantes :	Entourée par des objets plus hauts ou des arbres	$C_d = 0.25$
	Entourée par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits	$C_d = 0.5$
	Isolé : pas d'autres objets à proximité	$C_d = 1$
	Isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	$C_d = 2$
Perte de vie humaine :	Présence de personne :	Oui
	Nombre maximal de personne dans la structure	$n_t < 10$
	Durée de la présence de personnes dans la structure	520 h/an (10h/semaine)
Type de sol à l'intérieur de la structure :	Agricole / béton	$r_t = 10^{-2}$
	Marbre / céramique	$r_t = 10^{-3}$
	Gravier / moquette / tapis	$r_t = 10^{-4}$
	Asphalte / linoléum / bois	$r_t = 10^{-5}$
Niveau de panique :	Pas de dangers particuliers	$h_z = 1$
	Risque de panique faible	$h_z = 2$
	Risque de panique moyen	$h_z = 5$
	Difficulté d'évacuation	$h_z = 5$
	Risque de panique élevé	$h_z = 10$
Danger particulier :	Pas de risque	$L_o = 0$
	Structure avec risque d'explosion	$L_o = 10^{-1}$
	Unité de soins intensifs et bloc opératoire d'hôpital	$L_o = 10^{-2}$
	Autre partie d'hôpitaux	$L_o = 10^{-3}$
Risque d'incendie :	Aucun	$R_f = 0$
	Faible : Charge calorifique $< 400 \text{ MJ/m}^2$	$R_f = 10^{-3}$
	Ordinaire : Charge calorifique entre 400 et 800 MJ/m^2	$R_f = 10^{-2}$
	Élevé : Charge calorifique $> 800 \text{ MJ/m}^2$	$R_f = 10^{-1}$
	Explosion (Zone 1 et 21)	$R_f = 10^{-1}$
	Explosion (Zone 2 et 22)	$R_f = 10^{-3}$
	Explosion (Zone 0 et 20 et explosif massif)	$R_f = 1$

Protection anti-incendie :	Pas de protection		$r_p=1$	
	Manuelle		$r_p=0.5$	
	Automatiques avec intervention des pompiers supérieure à 10 minutes		$r_p=0.5$	
	Automatiques avec intervention des pompiers inférieure à 10 minutes		$r_p=0.2$	
Risque de dommages physiques sur les structures environnantes :	Oui			
	Type d'environnement :	Voie Navigable	0.1	
		Utilisation temporaire	0.1	
		Personnes travaillant dans l'enceinte du site	0.25	
		Voies ferrées	0.25	
		Terrain non bâti	0.25	
		Présence de public	0.5	
		Zones fréquentées	0.5	
		Zones d'activités	0.75	
		Chemins piétonniers	0.75	
		Site avec rondiers	1	
		Résidences	1	
		Voies de circulation	1	
	Nombre de Personnes exposées :	Au moins 1	10^{-5}	
		Moins de 10	10^{-4}	
		Entre 10 et 100	10^{-3}	
		Entre 100 et 1000	10^{-2}	
Plus de 1000		10^{-1}		
Risque de dommages environnementaux :	Non		Limité au site	Hors du site
	Explosion et surpression (< 50hPa)		0.25	0.5
	Flux Thermique (> 3kW/m²)		0.05	0.1
	Fumées toxiques		0.1	1
	Pollution du sol		0.1	0.5
	Pollution de l'eau		0.25	2.5
	Matière radioactive		0.5	5
Lignes connectées à la zone :	Ligne N°BT-1			
	Ligne N°S-1			

NOTES DE CALCUL :

COEFFICIENT RISQUE D'INCENDIE

- Risque d'explosion : Stockage de munitions

COEFFICIENT DANGERS PARTICULIERS

- Risque de panique faible
 - Structure sans étage
 - Nombre de personnes inférieur à 10

III.8.b. Identifications des lignes connectées

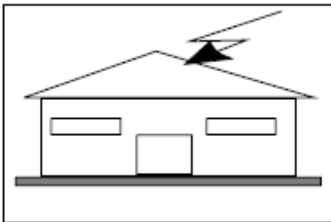
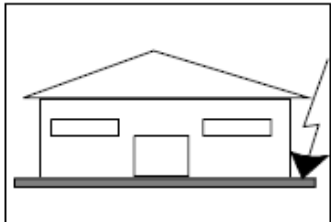
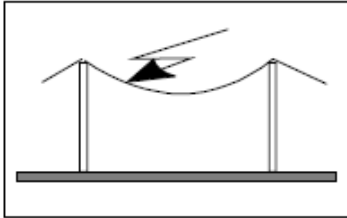
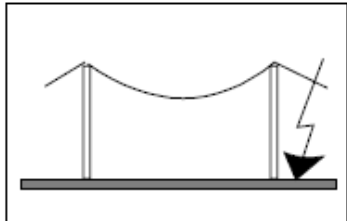
Nom de la ligne	Alimentation électrique BT	
Numéro de la ligne	Ligne N°BT-1	
Connecté à :	TGBT Principal du site	Longueur : 250 m Largeur : 130 m Hauteur : 8 m
Type du service :	Service de puissance	$P_{li} = 0.3$
	Service de communication	$P_{li} = 0.2$
Longueur de la ligne (m) :	150 m	
Hauteur de la ligne (m) :	0 m	
Facteur d'emplacement de la ligne :	Aérien	$C_i = 1$
	Enterré	$C_i = 0.5$
	Câbles enterrés entièrement posés dans un réseau maillé de terre	$C_i = 10^{-2}$
Facteur d'environnement de la ligne :	Urbain avec bâtiments de grande hauteur (>20m)	$C_e = 0.01$
	Urbain (entre 20 et 10m)	$C_e = 0.1$
	Suburbain (<10m)	$C_e = 0.5$
	Rural	$C_e = 1$
Type de câblage :	Câble non écranté – Pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles	$K_{S3} = 1$
	Câble non écranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille	$K_{S3} = 0.2$
	Câble non écranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles	$K_{S3} = 10^{-2}$
	Câble blindé et cheminant dans des conduites métalliques	$K_{S3} = 10^{-4}$
Présence d'un transformateur à deux enroulements	Oui	$C_t = 0.2$
	Non	$C_t = 1$
Facteur d'emplacement de la Structure adjacente :	Entourée par des objets plus hauts ou des arbres	$C_d = 0.25$
	Entourée par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits	$C_d = 0.5$
	Isolé : pas d'autres objets à proximité	$C_d = 1$
	Isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	$C_d = 2$
Tension de tenue des réseaux internes :	1.0 kV	
	1.5 kV	
	2.5 kV	
	4 kV	
	6 kV	

Nom de la ligne	Réseau sprinklage	
Numéro de la ligne	Ligne N°S-1	
Connecté à :	Local Sprinkler	Longueur : 35 m Largeur : 12 m Hauteur : 10 m
Type du service :	Service de puissance	$P_{li} = 0.3$
	Service de communication	$P_{li} = 0.2$
Longueur de la ligne (m) :	1000 m	
Hauteur de la ligne (m) :	0 m	
Facteur d'emplacement de la ligne :	Aérien	$C_t = 1$
	Enterré	$C_t = 0.5$
	Câbles enterrés entièrement posés dans un réseau maillé de terre	$C_t = 10^{-2}$
Facteur d'environnement de la ligne :	Urbain avec bâtiments de grande hauteur (>20m)	$C_e = 0.01$
	Urbain (entre 20 et 10m)	$C_e = 0.1$
	Suburbain (<10m)	$C_e = 0.5$
	Rural	$C_e = 1$
Type de câblage :	Câble non écranté – Pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles	$K_{S3} = 1$
	Câble non écranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille	$K_{S3} = 0.2$
	Câble non écranté – Précaution de cheminement afin d'éviter des boucles	$K_{S3} = 10^{-2}$
	Câble blindé et cheminant dans des conduites métalliques	$K_{S3} = 10^{-4}$
Présence d'un transformateur à deux enroulements	Oui	$C_t = 0.2$
	Non	$C_t = 1$
Facteur d'emplacement de la Structure adjacente :	Entourée par des objets plus hauts ou des arbres	$C_d = 0.25$
	Entourée par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits	$C_d = 0.5$
	Isolé : pas d'autres objets à proximité	$C_d = 1$
	Isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	$C_d = 2$
Tension de tenue des réseaux internes :	1.0 kV	
	1.5 kV	
	2.5 kV	
	4 kV	
	6 kV	

IV. ÉVALUATION DES RISQUES DE DOMMAGE

IV.1. Identification des sources de dommages

Le courant de foudre est la source principale des dommages. Les sources suivantes sont distinguées en fonction de l'emplacement du point d'impact :

Sources de dommages	Point d'impacts
S1 : impacts sur une structure	
S2 : impacts à proximité d'une structure	
S3 : impacts sur un service	
S4 : impacts à proximité d'un service	

IV.1.a. Courant de foudre

- En cas de coup de foudre direct sur les bâtiments, un risque d'étincelage est envisageable entre des éléments de la structure métallique du bâtiment et des structures métalliques placées à l'intérieur du bâtiment qui ne seraient pas au même potentiel électrique et qui seraient isolés du circuit de terre des masses électriques.
- Les zones intérieures des bâtiments qui ont une conséquence possible d'incendie ont un risque aggravé dû à la foudre.

IV.1.b. Effets thermiques

- La foudre en frappant directement les bâtiments peut, dans la majorité des cas, engendrer un risque de projection de matière en fusion vers l'espace intérieur.
- Les zones intérieures des bâtiments qui ont une conséquence possible d'incendie ont un risque aggravé dû à la foudre.

IV.1.c.Effets indirects de la foudre

- La foudre peut induire, par rayonnement électromagnétique, des tensions importantes sur les lignes électriques, téléphoniques et informatiques.
- Ces surtensions peuvent détériorer les lignes et les appareils qui leur sont raccordés.
- Tous les systèmes électroniques, comme les matériels informatiques et téléphoniques, sont particulièrement sensibles à ces effets.
- La destruction des équipements téléphoniques liés à l'appel aux services de secours peut affecter la sécurité des personnes.

IV.2. Types de perte dus aux effets de la foudre

IV.2.a. Sécurité des biens et des personnes

En cas de foudroiement direct sur les structures, de par le fait que les éléments métalliques, poteaux et fers à béton, ne sont pas raccordés à un réseau de terre efficace, le courant de foudre se dissipera difficilement vers le sol. Ceci aura pour conséquence :

- De produire un point chaud au droit de l'impact qui pourrait projeter de la matière en fusion vers l'intérieur de la structure et être la source d'un incendie. Ce cas ne concerne que les bâtiments qui ont une toiture et ou des façades en matériaux de faible épaisseur (inférieure à 4 mm).
- De provoquer un étincelage entre des masses métalliques qui ne seraient pas au même potentiel électrique et être la source d'un incendie avec à proximité la présence de matériaux facilement inflammables (papiers, chiffons, cartons, plastiques, bois, combustible)
- De présenter une différence du potentiel électrique entre deux masses métalliques qui pourrait être la source d'électrocution pour une personne qui serait en contact direct avec les deux masses métalliques. Par exemple entre la structure métallique du bâtiment et la structure métallique d'un poste de travail ou d'une machine-outil.

Un foudroiement sur le service de téléphonie peut entraîner la défaillance du matériel pour l'appel des secours (système important de sécurité).

Un foudroiement sur le service d'alimentation électrique peut entraîner la défaillance des systèmes importants de sécurité.

IV.2.b. Pertes d'exploitation

Pour information, un foudroiement sur les services extérieurs (électricité, téléphonie, gaz, ...), les bâtiments ou à proximité de ceux-ci, peut, par courant induit, entraîner la défaillance des systèmes électriques, informatiques et téléphonique qui perturberait

IV.3. Risques de dommage sur la structure Bâtiment J

Dans le cas de notre étude, nous mettons en évidence les risques suivants :

- La structure est exposée dans un environnement présentant un risque de foudroiement direct.
- Le réseau d'alimentation électrique en basse tension est raccordé en sous-terrain à la structure, donc il présente un risque de foudroiement indirect
- Le réseau de Sprinklage est raccordé en sous-terrain à la structure, donc il présente un risque de foudroiement indirect

IV.4. Méthode de calcul

L'objectif est la recherche des risques qui peuvent entraîner une perte de vie humaine. A aucun moment n'est pris en compte le risque qui peut entraîner une perte d'exploitation ou une perte de matériel.

La modélisation des calculs suit une méthode probabiliste qui prend en compte les données qui nous étaient fournis.

Pour faciliter la lecture des graphiques qui vont suivre vous trouverez ci-dessous l'interprétation des composantes.

Composante	Risque	Source
RA	Risque lié aux blessures des êtres vivants (tensions de contact et de pas)	Dû à un impact direct sur la structure
RB	Risque lié aux dommages physiques sur la structure	Dû à un impact direct sur la structure
RC	Risque lié aux défaillances des réseaux internes par IEMF (Impulsion électromagnétique foudre)	Dû à un impact direct sur la structure
RM	Risque lié aux défaillances des réseaux internes par IEMF	Dû à un impact à proximité de la structure
RU	Risque lié aux blessures des êtres vivants	Dû à un impact direct sur un service
RV	Risque lié aux dommages physiques	Dû à un impact direct sur le service connecté
RW	Risque lié aux défaillances des réseaux internes	Dû à un impact direct sur le service connecté
RZ	Risque lié aux défaillances des réseaux internes	Dû à un impact à proximité d'un service

IV.5. Risques de dommage de la structure N°1 : Bâtiment J

IV.5.a. Risque tolérable

En prenant en compte la destination d'utilisation de la structure, sont présents les risques de :

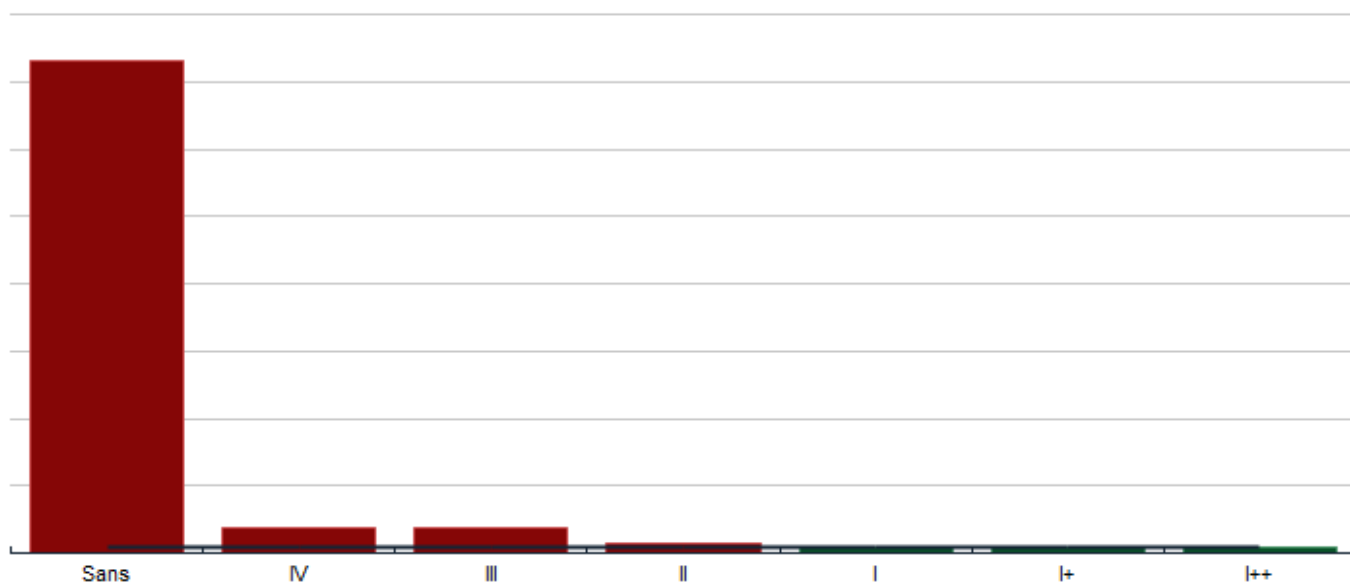
- R1 = Perte de vie humaine

La valeur R_T du risque tolérable est :

- $R_T = 1E-05$ pour le risque R1

IV.5.b. Résultats

- Risque total **R1 = 7,321E-04** (sans mesure de protection)
- Risque total **R1 = 7,330E-06** (avec mesure de protection en niveau I)



Sans protection

R1 7,321e-04

SPF de niveau IV

R1 3,686e-05

SPF de niveau III

R1 3,665e-05

SPF de niveau II

R1 1,468e-05

SPF de niveau I

R1 7,330e-06

Niveau de protection à
appliquer

SCHEMA IONEXPERT

IV.5.c. Analyse du risque

L'Analyse du Risque Foudre pour la structure, conduite sur la base des valeurs relatives des composantes du risque, a mis en évidence :

- Qu'il est nécessaire d'adopter des mesures de protection pour réduire le risque. Le risque total R1 est plus grand que le risque tolérable R_T .

IV.5.d. Protections

Zone : Intérieure :

- Prévoir une installation extérieure de protection foudre de **Niveau I**

Ligne N°BT-1 : Alimentation électrique BT :

- Prévoir une installation intérieure de protection foudre de **Niveau I**

Ligne N°S-1 : Réseau sprinklage :

- Prévoir une installation équipotentielle de protection foudre de **Niveau I**

IV.5.e. Conclusions aux calculs

Sans mesure de protection, pour chaque type de risque présent dans la structure, la valeur totale des risques dépasse le risque tolérable R_T .

En appliquant un niveau de **Protection de niveau I**, et au sens de la norme NF EN 62305-2 la structure est protégée.

V. RÉCAPITULATIF DES RÉSULTATS

V.1. Structures et service

Les calculs, menés suivant la norme NF EN 62305-2, et notre expertise font ressortir que **la structure** et les **services** nécessiteront une installation de protection contre les effets directs et indirects de la foudre :

Structure et services	Protection de la structure	Protection des services	Niveau de protection
Structure N°1 : Bâtiment J	Nécessaire	Nécessaire	I
Ligne N°BT-1 : Alimentation électrique BT	-	Nécessaire	I
Ligne N°S-1 : Réseau sprinklage	-	Nécessaire	I

V.2. Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) ou Équipements Importants Pour la Sécurité (EIPS)

Les Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) ou Équipements Importants Pour la Sécurité (EIPS) seront également à protéger contre les effets indirects de la foudre :

MMR ou EIPS	Protection des équipements et fonctions
Centrale d'alarme incendie et d'intrusion	Nécessaire
Reports incendie et intrusion	Nécessaire
Sprinkler	Nécessaire
Armoire ondulée Bâtiment J	Nécessaire

V.3. Conclusions aux calculs

STRUCTURE N°1 :

Sans mesure de protection, pour chaque type de risque présent dans la structure, la valeur totale des risques excède le risque tolérable R_T .

Au sens de la norme NF EN 62305-2 appliquée la structure n'est pas protégée.

Il est donc nécessaire d'adopter des mesures de protection contre les effets directs et indirects de la foudre.

V.4. Expertise France Paratonnerres

La modélisation du risque foudre faite à travers la méthode d'analyse définie par la norme NF EN 62305-2 est une approche probabiliste. Les résultats obtenus doivent être relativisés.

Le risque tolérable de perte de vie humaine admis par la norme NF EN 62305 ne veut pas dire qu'il n'existe pas de risque.

Certains matériels du site, de par leur hauteur, sont prépondérants pour attirer la foudre. Dans le cas du foudroiement de l'un de ces équipements, la dissipation dans leur structure métallique et dans le sol du courant de foudre présenterait un danger pour les personnes qui seraient présentes dans cette zone de production.

.

VI. NOTES DE CALCULS

VI.1. Structure N°1 : Bâtiment J

Risque R1

Niveau de protection : SPF de niveau I

Rubrique	Formule théorique	Formule numérique	Résultat
ND	$ND = Ng * SurfaceEquivalenteExposition * Cd * 10^{-6}$	$ND = 5,977e-04 \Rightarrow 0.87 \times 2748 \times 0.25 \times 1,000e-06$	5,977e-04
PA	$PA = PTA \times PB$	$1,000e-01 \times 2,000e-02$	2,000e-03
LA	$LA = rt \times LT \times nZ/nt \times tz/8760$	$1,000e-02 \times 0.01 * 10 / 10 * 520 / 8760$	5,936e-06
RA	$RA = ND \times PA \times LA$	$5,977e-04 \times 2,000e-03 \times 5,936e-06$	7,096e-12
LBo	$rp \times rf \times hz \times lf \times (nz / nt \times tz / 8760) + RisquesStructuresEnvironnantes \times te \times lfep \times rp \times rf + RisquesEnvironnement \times (lfee) \times rp \times rf$	$0.2000000029802 \times 1 \times 2 \times 0.02 \times (10 / 10 \times 520 / 8760) + (1 \times (0.75 \times 0.01 \times 0.2000000029802 \times 1 + (0 \times (0) \times 0.2000000029802 \times 1)))$	1,975e-03
LBe	$rf \times rp \times RisquesStructuresEnvironnantes \times lfep + (RisquesEnvironnement \times lfee) \times te$	$1 \times 0.2000000029802 \times 1 \times 0.01 + 0 \times 0 \times 0.75$	1,500e-03
LB	$LB = LBo \times LBe$	$0.001974885874177 \times 0.001500000022352$	3,475e-03
RB	$RB = ND \times PB \times LB$	$5,977e-04 * 2,000e-02 \times 3,475e-03$	4,154e-08
PC	$PC = Pparafoudre \times CLD$	$1,000e-02 \times 1$	1,000e-02
LC	$LC = LO \times nZ/nt \times tz/8760$	$0 * 10/10 * 520 / 8760$	0
RC	$RC = ND \times PC \times LC$	$5,977e-04 \times 1,000e-02 \times 0$	0
AM	$AM = 2 \times 500 \times (L + W) + 3.14 * (500) * (500)$	$2 \times 500 * (38.97 + 21.61) + 3.14 * (500) * (500)$	8,456e+05
NM	$NM = NG \times (AM \times CD - AD) \times 10^{-6}$	$0.87 \times (845580 - 0.25 \times 2748) \times 1,000e-06$	7,351e-01
LM	$LM = LO \times nZ/nt \times tz/8760$	0	0
PMS	$(KS1 \times KS2 \times KS3 \times KS4)^2$	$(0 \times 0 \times 1 \times 0.4)^2$	1,600e-01
PM	$PM = Pparafoudre \times PMS$	$1,000e-02 * 1,600e-01$	1,600e-03
PMS	$(KS1 \times KS2 \times KS3 \times KS4)^2$	$(0 \times 0 \times 1 \times 0.166666)^2$	2,778e-02
PM	$PM = Pparafoudre \times PMS$	$1,000e-02 * 2,778e-02$	2,778e-04
RM	$RM = NM \times PM \times LM$	$7,351e-01 \times (1 - 9,981e-01) \times 0$	0
NL	$NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 6000 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	1,305e-03
NDJ	$NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 453050 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	1,971e-01
PU	$PTU \times PEB \times PLD \times CLD$	$1,000e-01 \times 1,000e-02 \times 1 \times 1$	1,000e-03
LU	$rt \times LT \times nZ/nt \times tz/8760$	$1,000e-02 \times 0.01 \times 1 \times 0.05936073059361$	5,936e-06
RU	$(NL + NDJ) \times PU \times LU$	$(1,305e-03 + 1,971e-01) * 1,000e-03 \times 5,936e-06$	1,178e-09
NL	$NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 40000 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	8,700e-03
NDJ	$NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 6067 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	2,639e-03
PU	$PTU \times PEB \times PLD \times CLD$	$1,000e-01 \times 1,000e-02 \times 1 \times 1$	1,000e-03
LU	$rt \times LT \times nZ/nt \times tz/8760$	$1,000e-02 \times 0.01 \times 1 \times 0.05936073059361$	5,936e-06

RU	$(NL + NDJ) \times PU \times LU$	$(8,700e-03 + 2,639e-03) \times 1,000e-03 \times 5,936e-06$	1,245e-09
NL	$NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 6000 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	1,305e-03
NDJ	$NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 453050 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	1,971e-01
PV	$PEB \times PLD \times CLD$	$1,000e-02 \times 1 \times 1$	1,000e-02
LV	$LBo \times LBe$	$0.001974885874177 \times 0.001500000022352$	3,475e-03
RV	$(NL + NDJ) \times PV \times LV$	$(1,305e-03 + 1,971e-01) \times 1,000e-02 \times 3,475e-03$	6,894e-06
NL	$NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 40000 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	8,700e-03
NDJ	$NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 6067 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	2,639e-03
PV	$PEB \times PLD \times CLD$	$1,000e-02 \times 1 \times 1$	1,000e-02
LV	$LBo \times LBe$	$0.001974885874177 \times 0.001500000022352$	3,475e-03
RV	$(NL + NDJ) \times PV \times LV$	$(8,700e-03 + 2,639e-03) \times 1,000e-02 \times 3,475e-03$	7,288e-06
NL	$NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 6000 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	1,305e-03
NDJ	$NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 453050 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	1,971e-01
PW	$Pparafoudre \times PLD \times CLD$	$1,000e-02 \times 1 \times 1$	1,000e-02
PW	$Pparafoudre \times PLD \times CLD$	$1,000e-02 \times 1 \times 1$	0
RW	$(NL + NDJ) \times PW \times LW$	$(1,305e-03 + 1,971e-01) \times 1,000e-02 \times 0$	0
NL	$NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 40000 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	8,700e-03
NDJ	$NG \times ADJ \times CDJ \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 6067 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	2,639e-03
PW	$Pparafoudre \times PLD \times CLD$	$1,000e-02 \times 1 \times 1$	1,000e-02
PW	$Pparafoudre \times PLD \times CLD$	$1,000e-02 \times 1 \times 1$	0
RW	$(NL + NDJ) \times PW \times LW$	$(8,700e-03 + 2,639e-03) \times 1,000e-02 \times 0$	0
NL	$NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 6000 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	1,305e-03
NI	$NG / 40 \times 4000$	$0.87 / 40 \times 4000$	1,305e-01
PZ	$Pparafoudre \times PLI \times CLI$	$1,000e-02 \times 0.3 \times 1$	3,000e-03
LZ	$LO \times nZ/nt \times tz/8\ 760$	$0 \times 10/10 \times 520/8\ 760$	0
RZ	$NI \times PZ \times LZ$	$1,305e-01 \times 3,000e-03 \times 0$	0
NL	$NG \times AL \times CI \times CE \times CT \times 10^{-6}$	$0.87 \times 40000 \times 0.5 \times 0.5 \times 1 \times 1,000e-06$	8,700e-03
NI	$NG / 40 \times 4000$	$0.87 / 40 \times 4000$	8,700e-01
PZ	$Pparafoudre \times PLI \times CLI$	$1,000e-02 \times 0.1 \times 1$	1,000e-03
LZ	$LO \times nZ/nt \times tz/8\ 760$	$0 \times 10/10 \times 520/8\ 760$	0
RZ	$NI \times PZ \times LZ$	$8,700e-01 \times 1,000e-03 \times 0$	0