

## ANALYSE DU RISQUE Foudre SELON NF EN 62305-2

O-I

VEAUCHE (42)



**Interlocuteur client : Rhône Alpes Paratonnerre**

73 Chemin de la roue – 69380 LOZANNE  
Tél : 04 72 54 70 84



**Sous-Traitant : RG Consultant**

**SAS RG Consultant** au capital de 20 000 Euros - R C S LYON 409733995 - SIRET 40973399500032  
APE 7490 B (Ingénieur conseil) T.V.A. FR 52 409 733 995  
BNP PARIBAS NORD France ENTR 30004 02323 00011674064 78  
Organisme de formation n° 826906449

# O-I

## VEAUCHE (42)

### Référence document

RGC 25 834

#### RESUME :

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre de l'entreprise **O-I** sur la commune de **VEAUCHE** dans le département de la **Loire (42)**.

Il a été rédigé au terme de la mission qui nous a été confiée par la société **Rhône Alpes Paratonnerre** 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	Vérification	Approbateur	Révision
Nom : <b>Alphonse GERBIER</b> Société : RG CONSULTANT Date : 01/06/2021 Visa 	Nom : <b>Thomas MARTIN</b> Société : RG CONSULTANT Date : 07/06/2021 Visa 	Nom : <b>Bertrand LEROY</b> Société : RHÔNE ALPES PARATONNERRE Date : 23/06/2021 Visa 	<b>A</b>

#### DIFFUSION :

**RHONE ALPES  
PARATONNERRE**

73, chemin de la Roue-  
69380 LOZANNE

**RG CONSULTANT**

25 Avenue des saules  
69600 OULLINS  
Tél. : +334 37 41 16 10  
Fax : +334 72 30 13 36  
Email : [info@rg-consultant.com](mailto:info@rg-consultant.com)

**TABLE DES MODIFICATIONS**

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 25 834	01/06/2021	Analyse du Risque Foudre

**LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR O-I France**

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Oui	
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Oui	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Oui	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité)	Non	
Synoptique Courant fort	Oui	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	
Plan de coupe	Non	
Plan des façades	Non	
Plan de zonage ATEX	Oui	

**Tableau 1 : Liste des documents**

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **O-I France**, 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

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
1.1 OBJET .....	6
<b>2. PRESENTATION GENERALE DU SITE .....</b>	<b>7</b>
2.1 GENERALITES .....	7
2.2 PERSONNEL SUR SITE .....	7
2.3 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS .....	8
2.3.1 Réseau Normal .....	8
2.3.2 Réseau Secouru .....	8
2.3.3 Réseau Ondulé .....	9
2.4 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES .....	9
2.5 PROTECTION INCENDIE .....	9
2.6 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS .....	10
2.7 CHEMINEMENT DES RESEAUX COURANTS FORTS ET FAIBLES GENERAUX DU SITE .....	11
2.8 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES .....	12
<b>3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES .....</b>	<b>13</b>
3.1 TEXTES REGLEMENTAIRES .....	13
3.2 NORMES DE REFERENCES .....	13
<b>4. MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>14</b>
4.1 PRESENTATION GENERALE .....	14
4.2 LIMITE DE L'A.R.F .....	15
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1 .....	15
<b>5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES .....</b>	<b>18</b>
5.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES .....	18
5.2 POTENTIELS DE DANGER .....	19
5.3 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION .....	20
5.4 EVENEMENTS INITIATEURS .....	21
5.5 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES .....	22
5.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE Foudre .....	23
<b>6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre .....</b>	<b>24</b>
6.1 DONNEES GENERALES .....	24
6.2 USINE .....	26
6.2.1 Données et caractéristiques de la structure .....	26
6.2.2 Données et caractéristiques des services .....	27
6.2.3 Données et caractéristiques de la zone .....	29
6.2.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) .....	31
6.3 BATIMENT ADMINISTRATIF .....	34
6.3.1 Données et caractéristiques de la structure .....	34
6.3.2 Données et caractéristiques des services .....	35
6.3.3 Données et caractéristiques de la zone .....	36
6.3.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) .....	38
6.4 MAGASIN GENERAL / CHAUDRONNERIE .....	39
6.4.1 Données et caractéristiques de la structure .....	39
6.4.2 Données et caractéristiques des services .....	40
6.4.3 Données et caractéristiques de la zone .....	41
6.4.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) .....	43

6.5	MUSEE.....	46
6.5.1	<i>Données et caractéristiques de la structure.....</i>	46
6.5.2	<i>Données et caractéristiques des services.....</i>	47
6.5.3	<i>Données et caractéristiques de la zone.....</i>	48
6.5.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine).....</i>	50
6.6	ACCUEIL / SYNDICAT.....	51
6.6.1	<i>Données et caractéristiques de la structure.....</i>	51
6.6.2	<i>Données et caractéristiques des services.....</i>	52
6.6.3	<i>Données et caractéristiques de la zone.....</i>	53
6.6.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine).....</i>	55
6.7	PARC 23.....	58
6.7.1	<i>Données et caractéristiques de la structure.....</i>	58
6.7.2	<i>Données et caractéristiques des services.....</i>	58
6.7.3	<i>Données et caractéristiques de la zone.....</i>	59
6.7.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine).....</i>	61
6.8	PARC A.....	62
6.8.1	<i>Données et caractéristiques de la structure.....</i>	62
6.8.2	<i>Données et caractéristiques des services.....</i>	62
6.8.3	<i>Données et caractéristiques de la zone.....</i>	63
6.8.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine).....</i>	65
6.9	STEP.....	66
6.9.1	<i>Données et caractéristiques de la structure.....</i>	66
6.9.2	<i>Données et caractéristiques des services.....</i>	67
6.9.3	<i>Données et caractéristiques de la zone.....</i>	68
6.9.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine).....</i>	70
6.10	ZONE ACETYLENE / OXYGENE.....	73
6.10.1	<i>Données et caractéristiques de la structure.....</i>	73
6.10.2	<i>Données et caractéristiques des services.....</i>	73
6.10.3	<i>Données et caractéristiques de la zone.....</i>	74
6.10.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine).....</i>	76
6.11	POSTE DE DISTRIBUTION GPL.....	77
6.11.1	<i>Données et caractéristiques de la structure.....</i>	77
6.11.2	<i>Données et caractéristiques des services.....</i>	78
6.11.3	<i>Données et caractéristiques de la zone.....</i>	79
6.11.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine).....</i>	81
6.12	STOCK.....	84
6.12.1	<i>Données et caractéristiques de la structure.....</i>	84
6.12.2	<i>Données et caractéristiques des services.....</i>	85
6.12.3	<i>Données et caractéristiques de la zone.....</i>	86
6.12.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine).....</i>	88
<b>7.</b>	<b>SYNTHESE.....</b>	<b>89</b>

## **ANNEXES**

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

**Annexe 2** : Lexique

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Objet

L'entreprise **O-I** exploité sur la commune de **VEAUCHE** dans le département de la **LOIRE (42)** est soumis à la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement et souhaite appliquer l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application en réalisant une Analyse de Risque Foudre.

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



**Figure 1: Plan de masse du site**

L'activité de la société **O-I FRANCE SAS** est la fabrication de verre creux.

### 2.2 Personnel sur site

Le site a un effectif total d'environ 280 personnes, 40 intérimaires, 30 alternants et 20 entreprises extérieures.

Structure	Nombre de personnes exposées à un instant T
Usine	Environ 150 personnes travaillant en 5x8 (4h-12h, 12h-20h et 20h-4h)
Stock	
Bâtiments administratifs	Moins de 100 personnes
Musée	Moins de 100 personnes
Magasin général	Moins de 100 personnes
Accueil / syndicat	Moins de 100 personnes
Parc 23	Moins de 100 personnes
Parc A	Moins de 100 personnes
STEP	Moins de 100 personnes

**Tableau 2 : Personnel sur site**

## 2.3 Caractéristiques des courants forts

### 2.3.1 Réseau Normal

Le site est alimenté en haute tension 20kV via 1 poste de livraison divisé en 2partie en bordure de site.

De ce poste, 2 boucles viennent alimenter les postes suivants :

Structure	Dénomination du poste	Transformateur
Usine	Poste F4 alimenté depuis Boucle n°1	T1 : 800kVA - 20kV/410V T2 : 800kVA - 20kV/410V T3 : 800kVA - 20kV/410V
	Poste Comp. SITE 3 alimenté depuis Boucle n°1	T1 : 1000kVA - 20kV/400V T2 : 1000kVA - 20kV/400V T3 : 1000kVA - 20kV/5,5kV
	Poste Comp. SITE 2 alimenté depuis Boucle n°1	T1 : 1000kVA - 20kV/410V T2 : 800kVA - 20kV/410V
	Poste Four 3 alimenté depuis Boucle n°1	T1 : 800kVA - 20kV/410V T2 : 800kVA - 20kV/410V T3 : 800kVA - 20kV/410V
	Boosting F3 alimenté depuis Poste Four 3	T1 : 848kVA - 20kV/10-141V T2 : 750kVA - 20kV/4-196V T3 : 750kVA - 20kV/4-196V
	Boosting F4 alimenté depuis Poste F4	T1 : 848kVA - 20kV/10-212V T2 : 848kVA - 20kV/10-212V T3 : 847kVA - 20kV/10-193V
	Poste compresseurs SITE 1 alimenté depuis Boucle n°2	T1 : 1000kVA - 20kV/5,5kV T2 : 1000kVA - 20kV/5,5kV T.aux : 1000kVA - 20kV/400V
	Poste « Annexes »	T1 : 800kVA - 20kV/400V T2 : 800kVA - 20kV/400V
	Poste « Auxiliaires »	T1 : 800kVA - 20kV/410V T2 : 800kVA - 20kV/410V T3 : 800kVA - 20kV/410V

**Tableau 3 : Distribution BT**

Le régime de neutre est IT et TNS pour l'éclairage.

### 2.3.2 Réseau Secouru

Le site dispose de 3 groupes électrogène de sécurité :

- Un de 680KVA,
- 2 de 588KVA.

### 2.3.3 Réseau Ondulé

Le site dispose d'un réseau ondulé sécurisant une partie des installations électriques du site.

RECENSEMENT ONDULEURS	
Localisation	Désignations onduleurs
Four 4	Onduleurs
Four 3	Onduleurs
Salle Annexes	Onduleurs

**Tableau 4 : Réseau ondulé**

## 2.4 Caractéristiques des courants faibles

Le site est raccordé au réseau ORANGE via une ligne cuivre souterraine vers l'accueil qui redistribue le courant faible au bâtiment administratif et à l'usine.

Les lignes de sécurité suivantes ont pu être identifiées :

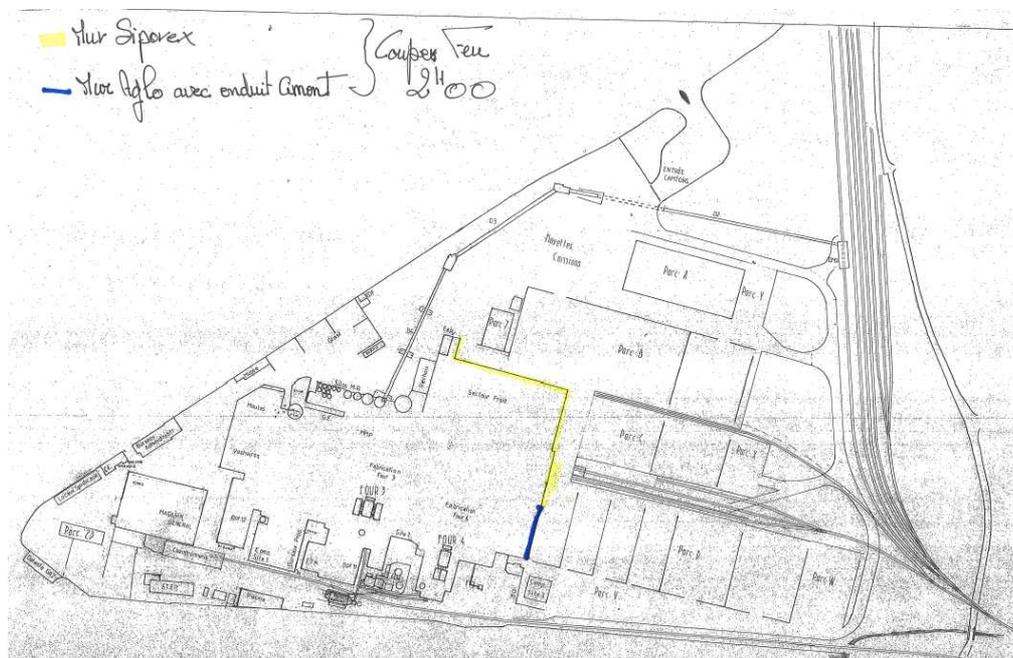
- Lignes reports d'alarmes NIRA : salle annexes, salle four 3, salle PSD, salle de contrôle, salle fusion.
- Reports d'alarmes vers les téléphones des électromécaniciens et des fondeurs de poste.

## 2.5 Protection incendie

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

- Extincteurs (environ 400 à eau, poudre et CO2) et RIA (environ 21),
- Poteaux incendie (18) avec 17 raccordés depuis la pomperie incendie composée d'une pompe diesel de 454m<sup>3</sup>/h assurant une pression de 12bars et 1 poteau relié au réseau de distribution d'eau public.
- Détection incendie :
  - o Local Composition,
  - o Locaux électriques,
  - o Local fusion,
  - o Locaux techniques des fours 3 et 4,
  - o Magasin Général,
  - o Stockage des emballages,
- Centrale incendie situé au niveau de :
  - o Salle Four 3,
  - o Salle Four 4,
  - o Salle Annexes,
  - o PSD,
  - o Salle Fusion,
  - o Composition,
- Présence d'équipes de seconde intervention, au minimum 7 personnes en permanence sur site,
- Rideau d'eau hangar palettes avec déclenchement manuel (rideau d'eau fixe protection de la façade nord du parc B pour la limitation de la propagation vers les parcs de bouteilles),

- Sprinkler pour :
  - o Secteur composition/fours : Convoyeurs Matières premières T1, T3, T4T5,
  - o Secteur chaud machines de formage : Sous les machines de formage au sous-sol et sous les machines de formage qui exposent les chemins de câbles à un risque d'incendie et au-dessus de tous les chemins de câbles stratégiques.
- Désenfumage secteur four 3 et 4,
- Extinction automatique à gaz à l'aide de bouteilles de FM 200 de 63Kg :
  - o Salle composition actuelle et future
  - o Salles fusion four 3 et Four 4
  - o Locaux techniques Four 3 et four 4
  - o Salle électrique des auxiliaires
- Murs coupe-feu 2h :



**Figure 2: Plan d'implantation du mur coupe-feu**

Du personnel de sécurité est présent en permanence sur le site et est en charge d'alerter les secours en cas d'accident.

## 2.6 Mise à la terre des installations

Le bâtiment étant vieux de plus de 140 ans, la mise à la terre à fond de fouille n'est pas connue.

**2.7 Cheminement des réseaux courants forts et faibles généraux du site**

Zone	Lignes connectées			
	Nom	Longueur (m)	Relié à	Type
Usine	Alimentation HT Boucle 1 côté rue	188	Poste de livraison	Souterrain
	Alimentation HT Boucle 2 côté rue	258	Poste de livraison	Souterrain
	Alimentation HT Boucle 1 côté usine	174	Poste de livraison	Souterrain
	Alimentation HT Boucle 2 côté usine	190	Poste de livraison	Souterrain
	Alimentation BT Magasin	150	Magasin	Souterrain
	Alimentation BT Surpresseur incendie	200	Surpresseur incendie	Souterrain
	Alimentation BT STEP	200	STEP	Souterrain
	Éclairage	1 000	TGBT	Souterrain
	Courants faibles	150	Accueil / syndicat	Aérien
Bâtiments administratifs	Alimentation BT Magasin général	50	Magasin général	Souterrain
	Alimentation BT Musée	50	Musée	Souterrain
	Courants faibles	50	Accueil / syndicat	Aérien
Musée	Alimentation BT	50	Bâtiments administratifs	Souterrain
Magasin général / chaudronnerie	Alimentation BT Usine	150	Usine	Souterrain
	Alimentation BT Administratifs	50	Bâtiment Administratifs	Souterrain
	Alimentation BT Accueil / syndicat	50	Accueil / syndicat	Aérien
Accueil / syndicat	Alimentation BT	50	Magasin général	Aérien
	Courants faibles	50	Usine	Aérien
	Courants faibles	50	Bâtiments administratifs	Aérien
	Courants faibles	1 000	Orange	Aérien
STEP	Alimentation BT STEP	200	Usine	Souterrain
Poste de distribution GPL	Alimentation BT	1 000	Usine	Souterrain
STOCK	Alimentation BT	1 000	Usine	Souterrain

**Tableau 5 : 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
Ensemble du site	Gaz	Métallique
	Convoyage	Métallique
	Eau incendie	Métallique
	Acétylène	Métallique
	Air comprimé	Métallique
	Eau	A définir

**Tableau 6 : Canalisations du site**

**Source** : Selon expertise/infos clients.

### 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) – juin 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].

**NF EN 62 305-2** (C 17-100-2) – novembre 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 2 : Évaluation du risque].

**NF EN 62 305-3** (C 17-100-3) – décembre 2006 [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 2006 [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 7 : Différents types de pertes**

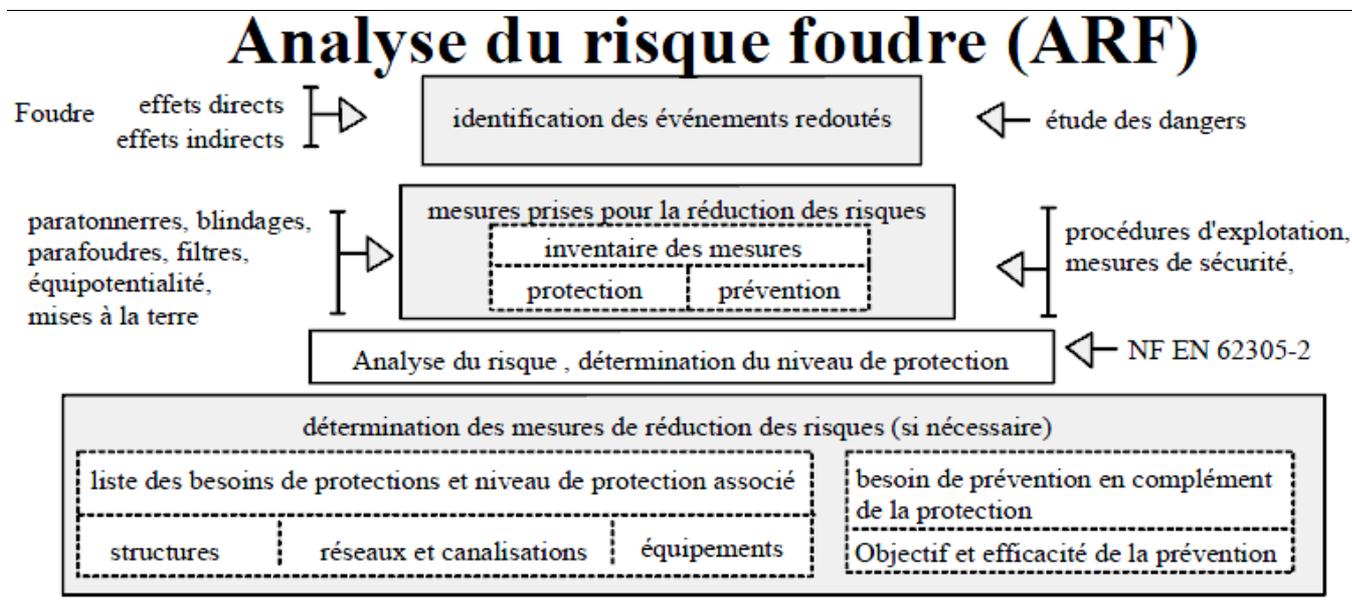
L'Analyse du Risque Foudre identifie :

- 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 3: 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<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>, R<sub>M</sub>, R<sub>U</sub>, R<sub>V</sub>, R<sub>W</sub>, R<sub>Z</sub> 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	
<b>Impact sur la structure (S1)</b>	$R_A$	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
<b>Impact à proximité de la structure (S2)</b>	$R_M$	Défaillances des réseaux internes
<b>Impact sur un service connecté à la structure (S3)</b>	$R_U$	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
<b>Impact à proximité d'un service connecté à la structure (S4)</b>	$R_Z$	Défaillances des réseaux internes

**Tableau 8 : 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  $\leq$  à  $R_T$ .

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
<b>Blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et aux tensions de pas (D1)</b>	- Isolation appropriée des éléments conducteurs exposés - Equipotentialité par un réseau de terre maillé - Restrictions physiques et panneaux d'avertissement
<b>Dommages physiques (D2)</b>	- <b>Système de protection contre la foudre (SPF : IEPF-IIPF)</b>
<b>Défaillances des réseaux internes (D3)</b>	- Ecrantage du câblage - Ecran magnétique - Cheminement des réseaux - <b>Parafoudres associés ou coordonnés</b> - Equipotentialité et mise à la terre

**Tableau 9 : 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 :

Rubrique	Désignation de la rubrique	Régime
1414	Installation de remplissage ou de distribution de gaz inflammables liquéfiés	DC
1510	Stockage de matières, produits ou substances combustibles dans des entrepôts couverts	A
2515	Broyage, concassage, criblage, ensachage, pulvérisation, nettoyage, tamisage, mélange de pierres, cailloux, minerais et autres produits minéraux naturels ou artificiels ou de déchets non dangereux inertes	D
2530	Fabrication et travail du verre	A
2531	Travail chimique du verre ou du cristal	A
2563	Nettoyage-dégraissage de surface quelconque, par des procédés utilisant des liquides à base aqueuse ou hydrosolubles	DC
2575	Emploi de matières abrasives	D
2910	Combustion, à l'exclusion des installations visées par les rubriques 2770, 2771, 2971 ou 2931	DC
2921	Refroidissement évaporatif par dispersion d'eau dans un flux d'air généré par ventilation mécanique ou naturelle (installations de)	E
3330	Fabrication du verre	A
4718	Gaz inflammables liquéfiés de catégorie 1 et 2 (y compris GPL) et gaz naturel (y compris biogaz affiné, lorsqu'il a été traité conformément aux normes applicables en matière de biogaz purifié et affiné, en assurant une qualité équivalente à celle du gaz naturel, y compris pour ce qui est de la teneur en méthane, et qu'il a une teneur maximale de 1 % en oxygène).	DC
4719	Acétylène (numéro CAS 74-86-2).	D
4734	Produits pétroliers spécifiques et carburants de substitution : essences et naptas ; kérosènes (carburants d'aviation compris) ; gazoles (gazole diesel, gazole de chauffage domestique et mélanges de gazoles compris) ; fioul lourd ; carburants de substitution pour véhicules, utilisés aux mêmes fins et aux mêmes usages et présentant des propriétés similaires en matière d'inflammabilité et de danger pour l'environnement.	E

**Tableau 10 : 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 pour l'environnement redoutés sont les suivants :

Structure	Phénomène dangereux redoutés	Application au site
<b>Bloc usine</b>	Effets de surpression associés à l'explosion d'une substance	Non concerné
	Inflammation d'un nuage de gaz en champ libre (UVCE) ou dans une zone encombrée (VCE),	Non concerné
	Effets thermiques en cas de rupture ou fuite sur une canalisation calorifique ou sous pression	Non concerné
	Contamination de l'environnement par incendie, déversement ou combustion de produit chimique	Non concerné
	Risque pour l'homme en cas d'inhalation de produits chimiques	Non concerné
	Incendie sur : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fioul lourd,</li> <li>- Gaz de ville,</li> <li>- Graisses présente sur les machines et structure,</li> <li>- Matières combustibles d'emballage.</li> </ul>	<b>Concerné</b>
	Une perte du réseau de climatisation	Non concerné
	Une perte de l'alimentation électrique ou du réseau de télécommunication	<b>Concerné</b>
Risque pour l'homme en cas de surtension sur le réseau par manœuvre ou perturbation atmosphérique	<b>Concerné</b>	

**Tableau 11 : Phénomènes redoutés**

Nous considérons qu'au regard du risque foudre aucune installation ne peut générer un scénario d'effets latéraux à l'extérieur des bâtiments.

### 5.3 Zones à risques d'explosion

Plusieurs zones ATEX sont présente sur site :

Structure	Zone ATEX
Aérotherme Fiche Atelier D12	1
Aérotherme Fiche Local rechoix	1
Aérotherme Fiche local techmat	1
Aérotherme Fiche vestiaire Dpt 12	1
Aérothermes atelier Fiche chaudronnerie	1
Aérothermes stockage Fiche de moules (four 1)	1
Aérothermes zone PSD	1
Armoires de stockage de Fiche produits chimiques	2
Chargeur de batterie atelier MMP (entrée Fiche secteur froid)	1
Chargeur de batterie local Fiche rechoix (VTCl)	1
Chargeur Fiche de batterie magasin	1
Chargeur de batteries Fiche Hall Four 3	1
Chargeurs Fiche de batterie Dpt 12	1
Chargeurs de Fiche l'atelier Moulerie	1
Chaufferie Fiche bureaux Expéditions	2
Chaufferie Fiche Magasin / locaux CE	1
Chaufferie MMP	1
Chaufferie Fiche s/sol Dpt 12	1
Chaufferie vestiaire, refectoire Fiche et sanitaire	1
Cuve, reseau et Fiche distributrice GPL	1 et 2
Panoplie gaz des arches de recuisson : 35, 33, Fiche 31, 43, 42, 41, 40	1
Panoplie Fiche gaz four 3 côté M31	1
Panoplie gaz four Fiche 3 sur passerelle	1
Panoplie Fiche gaz four 4 côté M40	1
Panoplie gaz four Fiche 4 sur passerelle	1
Panoplie gaz Fiche four TGV (Moulerie)	2
Panoplie Fiche gaz housseuses	1 et 2
Panoplies gaz feeders 35, 33, 31, Fiche 43, 42, 41 et 40	1
Poste Fiche de livraison gaz	1 et 2
Radians secteur Fiche froid F3 et F4	2
Réseau acétylène pour poteyage Fiche et moulerie	2
Réseau gaz sous-Fiche sol (coupure F3/F4)	1
Sectionneurs Fiche gaz sous-sol (x3)	1
Station Fiche d'injection méthane	1 et 2
Stockage bouteilles Fiche de gaz extérieur	2
UPS (charge batterie COM-SOC) Fiche : 35, 31, 43, 42	1

**Tableau 12 : Zonage ATEX**

Cependant, 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.

<b>Inflammation ou explosion d'un nuage gaz</b>
<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>
<b>Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques</b>
<p>Ce cas peut arriver à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques. A cet endroit (sur quelques cm<sup>2</sup>) 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>
<b>Étincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux</b>
<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>
<b>Percement de conteneur ou de canalisation</b>
<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>
<b>Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment</b>
<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>
<b>Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment</b>
<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>
<b>Surtensions électriques par effets directs ou indirects</b>
<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>
<b>Effets sur les personnes</b>
<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 13 : 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
Extincteur, RIA, poteaux incendie	Non
Surpresseur RIA	Oui
Sprinkler	Oui
Onduleurs	Oui
Centrales de détection incendie	Oui
Télétransmetteur	Oui
Centrales NIRA	Oui
Extinction automatique à gaz	Non
Désenfumage	Non
Centrale de détection gaz	Non (Sécurité positive si vanne de coupure sur arrivée de gaz normalement fermée)

**Tableau 14 : 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 <sup>1</sup>
Usine	X	
Bâtiment administratif	X	
Musée	X	
Magasin général / chaudronnerie	X	
Accueil / syndicat	X	
Parc 23	X	
Parc A	X	
STEP	X	
Zone acétylène / oxygène	X	
Poste de distribution GPL	X	
Stock	X	

**Tableau 15 : Installations à étudier dans l'ARF**

#### **Méthode déterministe<sup>1</sup> :**

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.

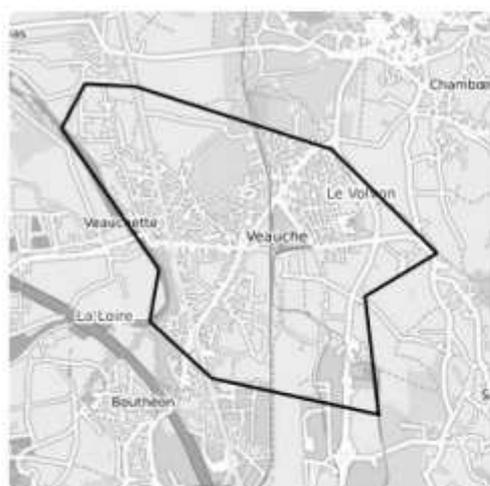
## 6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre

### 6.1 Données générales

DENOMINATION	VALEURS RETENUES
Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour la commune de <b>VEAUCHE (42)</b> données fournies par la Météorage (voir carte ci -dessous)	Nsg = <b>1,72</b> (coups de foudre / km <sup>2</sup> / an)
Résistivité du sol	500 Ωm* (valeur par défaut)

**Tableau 16 : Données pour le calcul du risque foudre**

\*La nature du sol par sa résistivité influe sur le niveau de perturbation conduite sur les lignes externes entrantes ou sortantes dans les zones dangereuses ou les liaisons entre équipements. Cette valeur est utilisée dans le calcul de l'ARF. La valeur au-delà de laquelle il n'y a guère d'influence est de 500 Ωm.



**Ville :**  
VEAUCHE (42323)

**Superficie :**  
11,25 km<sup>2</sup>

**Période d'analyse :**  
1 janvier 2011 - 31 décembre 2020

Statistiques du foudroiement

→ N<sub>SG</sub> : 1,72 impacts/km<sup>2</sup>/an



**Figure 4: Nsg suivant la carte de météorage**

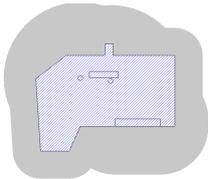
Définition des zones



**Figure 5: Découpage du site**

## 6.2 Usine

### 6.2.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	$L \times W \times H_b$		Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	$A_{d/b}$	9,64E-02km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	$C_{d/b}$	0,5	Entouré d'objets plus petits
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	$P_B$	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	$K_{S1}$	1	Aucun blindage

**Tableau 17 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

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

Aucune structure n'a une hauteur plus importante à proximité.  
Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

##### **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	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	Ks3	$P_{SPD}$
1	Alimentation HT Boucle 1 côté rue	188	-	7 x 10 x 8m	0,25	0,1	6kV	0,02	1
2	Alimentation HT Boucle 2 côté rue	258	-	7 x 10 x 8m	0,25	0,1	6kV	0,02	1
3	Alimentation HT Boucle 1 côté usine	174	-	7 x 10 x 8m	0,25	0,1	6kV	0,02	1
4	Alimentation HT Boucle 2 côté usine	190	-	7 x 10 x 8m	0,25	0,1	6kV	0,02	1
5	Alimentation BT Magasin	150	-	62 x 60 x 6,5m	0,25	0,1	4kV	0,02	1
6	Alimentation BT Surpresseur incendie	200	-	7 x 4 x 3m	0,25	0,1	4kV	0,02	1
7	Alimentation BT STEP	200	-	27 x 10 x 5 m	0,25	0,1	4kV	0,02	1
8	Éclairage	1000	-	-	0,25	0,1	2,5kV	0,02	1
9	Courants faibles	150	5	65 x 9 x 8 m	0,25	0,1	1,5kV	0,001	1

**Tableau 18 : 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  $H$  (caractéristiques de la hauteur de la ligne)**

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

**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  $C_d$  (facteur d'emplacement de ligne)**

Les lignes sont enterrées et aérienne. Néanmoins le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

**Paramètre  $C_e$  (facteur d'environnement de ligne)**

Le site se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m.

Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

**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, 4 kV pour les lignes d'alimentation BT, 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 la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{S3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$ .

Pour la ligne courant faible, nous choisissons la valeur  $K_{S3} = 0,001$ , car nous considérons que c'est un câble avec écran de résistance  $R_s$  comprise entre  $5 < R_s < 20 \text{ /km}$  relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

**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	Automatique
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,01	Ordinaire
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	5	Risque Moyen
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 19 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

(1) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 20 : 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)

L'usine est équipée de systèmes d'extinction automatique au niveau des locaux électrique, des convoyeurs et dispose d'une équipe de seconde intervention avec des reports d'alarme. La valeur est = 0,2.

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

Le risque d'incendie estimé est « Ordinaire » vu de la nature des activités du site. Nous supposons que la charge calorifique de l'usine est comprise entre 400MJ/m<sup>2</sup> et 800MJ/m<sup>2</sup>.

La valeur est = 0,01.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

Tableau 21 : Paramètre  $r_f$

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

Tableau 22 : Paramètre  $L_f$

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

Tableau 23 : Paramètre  $h_z$

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

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer.

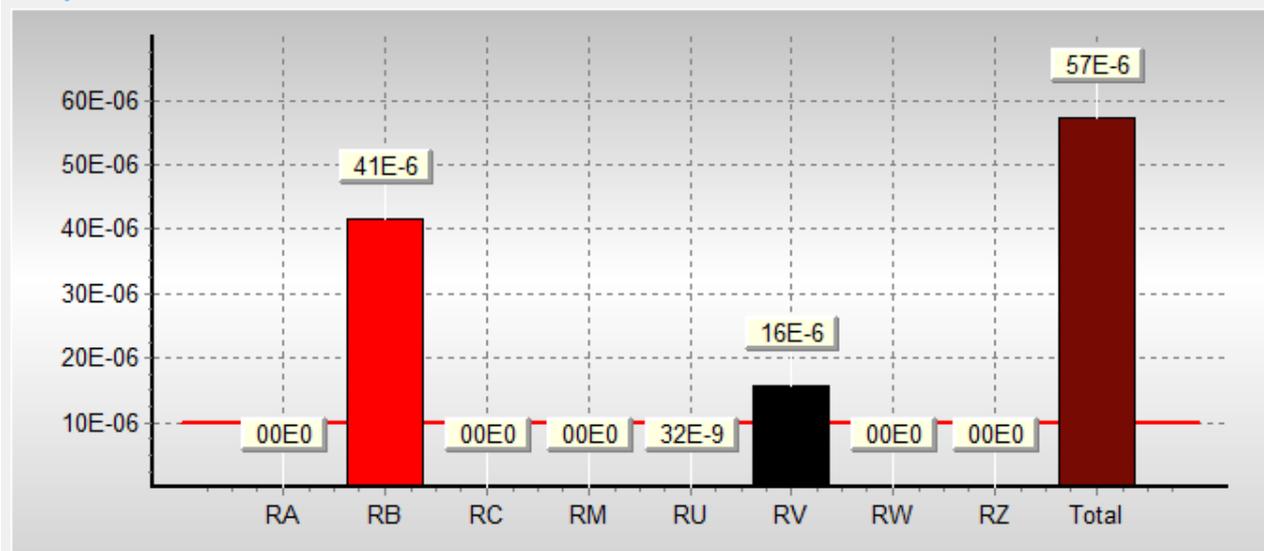
Nous indiquons la valeur  $L_o = 0$ .

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	Usine	5,73 E <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	4,15E-05					4,15E-05
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	3,16E-08					3,16E-08
V	1,58E-05					1,58E-05
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>5,73E-05</b>					<b>5,73E-05</b>

**Figure 6: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

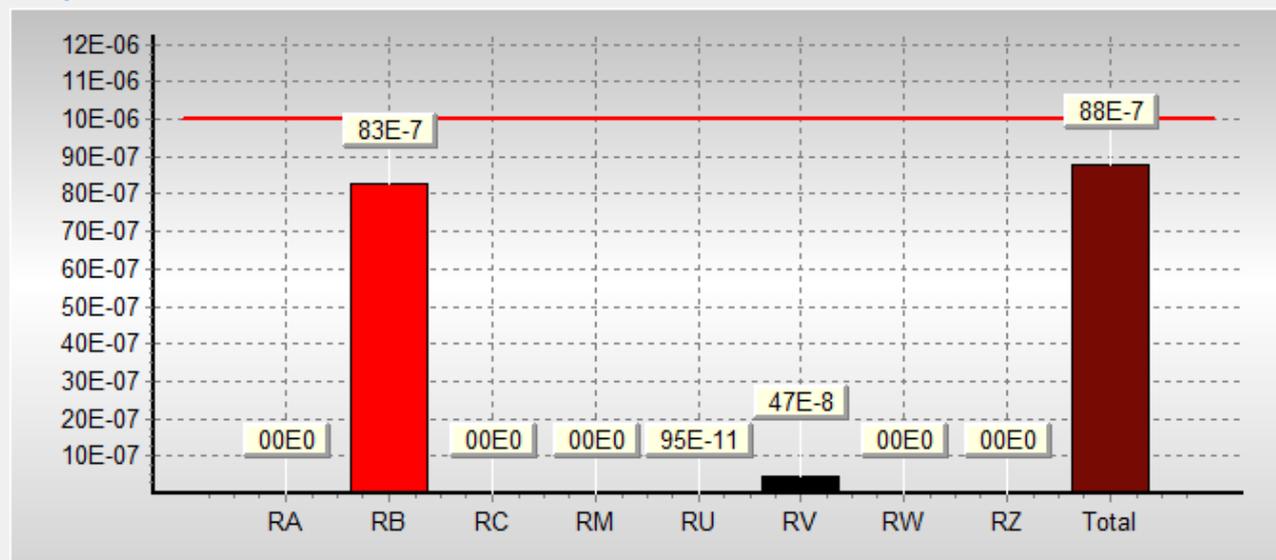
**L'Usine** n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).

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	Usine	$8,76 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	8,29E-06					8,29E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	9,48E-10					9,48E-10
V	4,74E-07					4,74E-07
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>8,76E-06</b>					<b>8,76E-06</b>

**Figure 7: Résultat du calcul du risque R1 avec protections**

**L'Usine** 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 **Rb et Rv**.

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 <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
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

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

<sup>3)</sup> En raison des équipotentialités.

**Tableau 24 : 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 directs de la foudre (protection externe sur la structure) et de niveau IV pour les effets indirects de la foudre (protection interne sur les lignes de puissance et de communication).**

### 6.3 Bâtiment administratif

#### 6.3.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	$L \times W \times H_b$	37 x 15 x 10 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	$A_{d/b}$	6,50E-03 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	$C_{d/b}$	0,25	Entouré d'objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	$P_B$	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	$K_{s1}$	1	Aucun blindage

**Tableau 25 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

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

Présence de l'usine à proximité avec une hauteur supérieure.

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  $R_1$  sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite  $R_r$  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

6.3.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT Magasin général	50	-	62 x 60 x 6,5m	0,25	0,1	4kV	0,02	1
2	Alimentation BT Musée	50	-	35 x 8 x 4m	0,25	0,1	4kV	0,02	1
4	Courants faibles	50	5	65 x 9 x 8 m	0,25	0,1	1,5kV	0,001	1

**Tableau 26 : 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.

**Paramètres  $H$  (caractéristiques de la hauteur de la ligne)**

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

**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  $C_d$  (facteur d'emplacement de ligne)**

Les lignes sont enterrées et aérienne. Néanmoins le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

**Paramètre  $C_e$  (facteur d'environnement de ligne)**

Le site se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m. Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

**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 4 kV pour les lignes d'alimentation BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

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

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup>.

Pour la ligne courant faible, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,001$ , car nous considérons que c'est un câble avec écran de résistance  $R_s$  comprise entre  $5 < R_s < 20$  /km relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

**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

6.3.3 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	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,01	Ordinaire
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 27 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

(2) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 28 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « Ordinaire » vu de la nature des activités du bâtiment.

La valeur est = 0,01.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 29 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 30 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 31 : Paramètre  $h_z$**

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

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer.

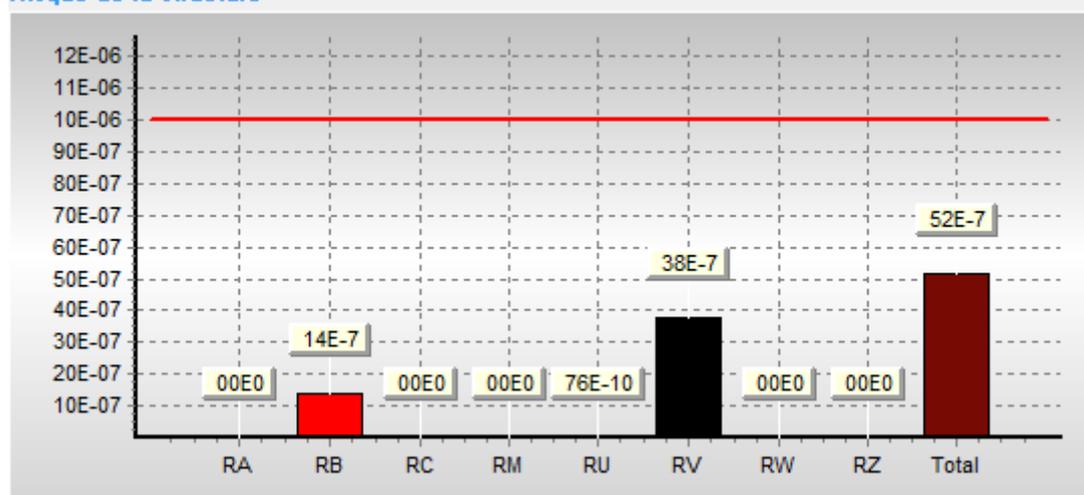
Nous indiquons la valeur  $L_o = 0$ .

6.3.4 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	Bâtiment administratif	$5,19 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	1,40E-06					1,40E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	7,56E-09					7,56E-09
V	3,78E-06					3,78E-06
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>5,19E-06</b>					<b>5,19E-06</b>

**Figure 8: Résultat du calcul du risque R1**

**Le Bâtiment administratif a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation sans la mise en place de protections contre la foudre.**

**Le risque est donc tolérable.**

## 6.4 Magasin général / chaudronnerie

### 6.4.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	62 x 60 x 6,5 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	9,67E-03 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,25	Entouré d'objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>S1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 32 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

##### **Paramètre C<sub>d/b</sub> (facteur d'emplacement)**

Présence de l'usine à proximité avec une hauteur supérieure.

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

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (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<sub>r</sub>** des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>S1</sub> (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

#### 6.4.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT Usine	150	-	450 x 250 x 16m	0,25	0,1	4kV	0,02	1
2	Alimentation BT Administratifs	50	-	37 x 15 x 10 m	0,25	0,1	4kV	0,02	1
4	Alimentation BT Accueil / syndicat	50	5	65 x 9 x 8 m	0,25	0,1	4kV	0,02	1

**Tableau 33 : 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.

##### ***Paramètres $H$ (caractéristiques de la hauteur de la ligne)***

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

##### ***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 $C_d$ (facteur d'emplacement de ligne)***

Les lignes sont enterrées et aérienne. Néanmoins le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

##### ***Paramètre $C_e$ (facteur d'environnement de ligne)***

Le site se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m. Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

##### ***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 4 kV pour les lignes d'alimentation BT.

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

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup>.

##### ***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

6.4.3 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	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,01	Ordinaire
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 34 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

<sup>(3)</sup> Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 35 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « Ordinaire » vu de la nature des produits stockés.

La valeur est = 0,01.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 36 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 37 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 38 : Paramètre  $h_z$**

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

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer.

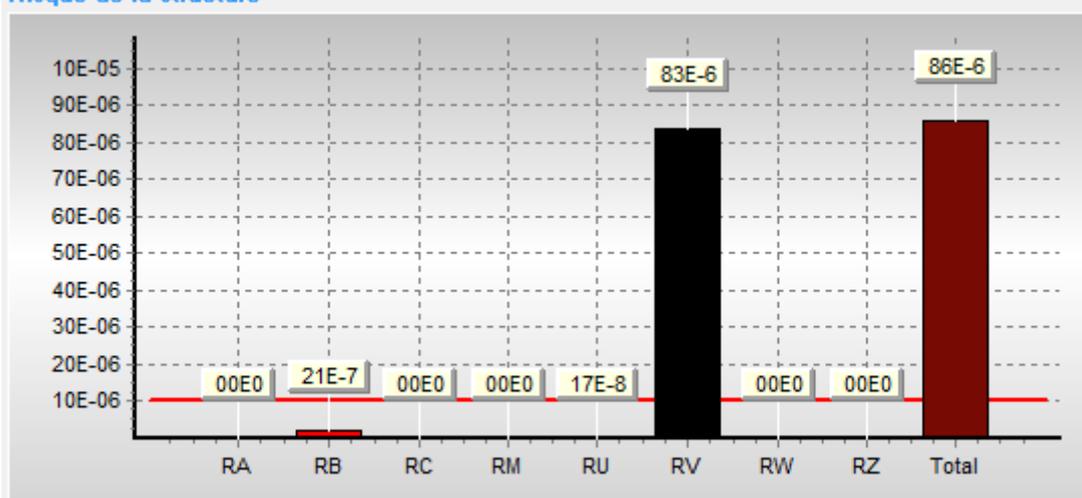
Nous indiquons la valeur  $L_o = 0$ .

6.4.4 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	Magasin général / chaudronnerie	8,57 E <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	2,08E-06					2,08E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	1,67E-07					1,67E-07
V	8,35E-05					8,35E-05
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>8,57E-05</b>					<b>8,57E-05</b>

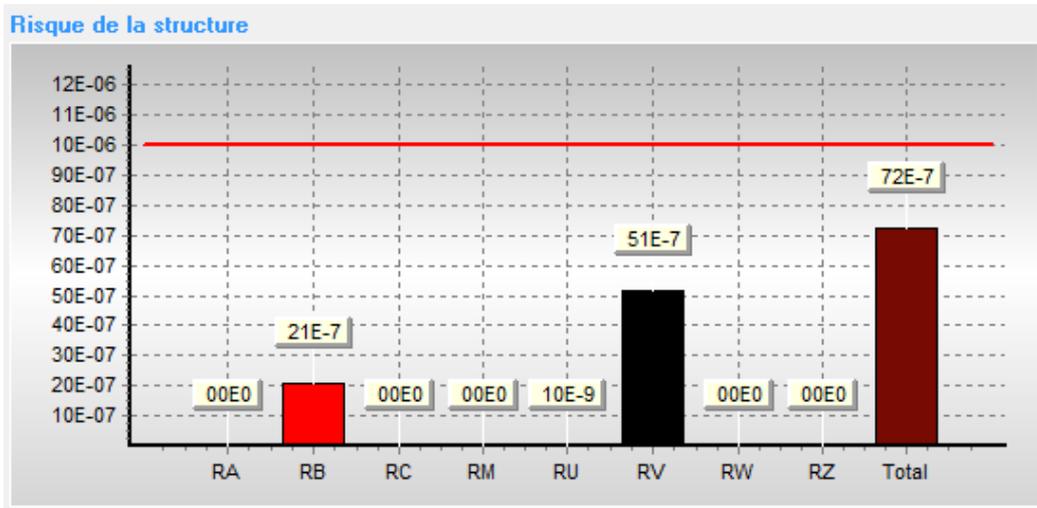
**Figure 9: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

**Le Magasin général / chaudronnerie** 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	Magasin général / chaudronnerie	$7,22 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	2,08E-06					2,08E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	1,03E-08					1,03E-08
V	5,13E-06					5,13E-06
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>7,22E-06</b>					<b>7,22E-06</b>

Réseaux internes Z1

Nom	U	V	W	Z
Alimentation BT USINE	4,85E-09	2,42E-06	0,00E+00	0,00E+00
Alimentation BT Administratif	2,80E-09	1,40E-06	0,00E+00	0,00E+00
Alimentation BT Accueil	2,62E-09	1,31E-06	0,00E+00	0,00E+00

Sélection des mesures de protection

Ligne2: Alimentation BT USINE  
Parafoudre d'entrée: niveau IV

Afficher le risque

Sans protection

Avec la protection

Supprimer la protection

**Figure 10: Résultat du calcul du risque R1 avec protections**

**Le Magasin général / chaudronnerie 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<sub>B</sub>** et **R<sub>V</sub>**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
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 <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
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

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

<sup>3)</sup> En raison des équipotentialités.

**Tableau 39 : 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 de niveau IV pour les effets indirects de la foudre (protection interne sur la ligne d'alimentation du bâtiment).**

## 6.5 Musée

### 6.5.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	$L \times W \times H_b$	35 x 8 x 4 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	$A_{d/b}$	1,76E-03 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	$C_{d/b}$	0,25	Entouré d'objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	$P_B$	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	$K_{s1}$	1	Aucun blindage

**Tableau 40 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

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

Présence de l'usine à proximité avec une hauteur supérieure.

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  $R_1$  sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite  $R_r$  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

6.5.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT	50	-	37 x 15 x 10 m	0,25	0,1	4kV	0,02	1

Tableau 41 : 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.

***Paramètres  $H$  (caractéristiques de la hauteur de la ligne)***

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

***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  $C_d$  (facteur d'emplacement de ligne)***

La ligne est enterrée, donc le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

***Paramètre  $C_e$  (facteur d'environnement de ligne)***

Le site se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m. Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

***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 4 kV pour les lignes d'alimentation BT.

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

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup>.

***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

6.5.3 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	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,01	Ordinaire
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$2 \times 10^{-2}$	Musée
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 42 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

(4) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 43 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « Ordinaire » vu de la nature des produits stockés.

La valeur est = 0,01.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 44 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 45 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 46 : Paramètre  $h_z$**

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

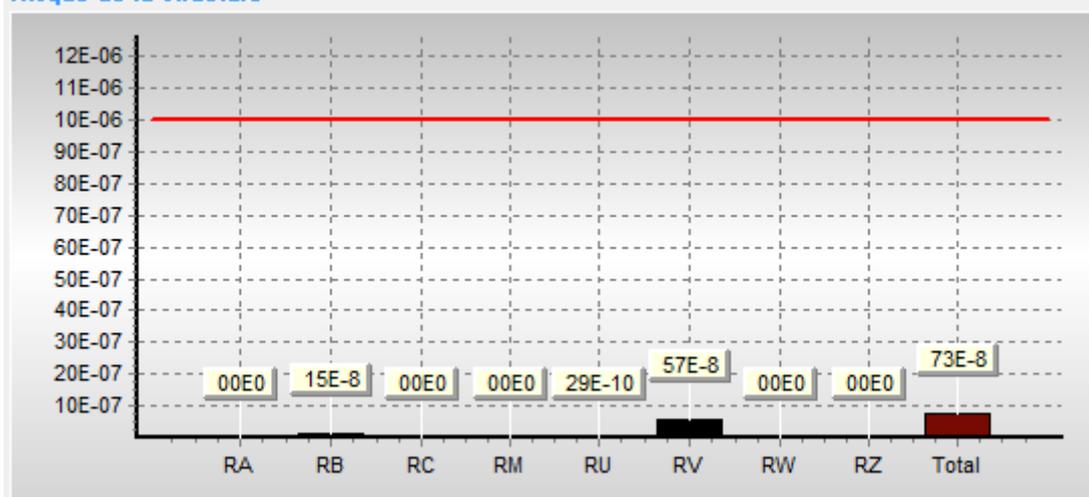
Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur  $L_o$  = 0.

6.5.4 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	Musée	$7,28 \times 10^{-7}$	<	$1 \times 10^{-5}$

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	1,51E-07					1,51E-07
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	2,87E-09					2,87E-09
V	5,74E-07					5,74E-07
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>7,28E-07</b>					<b>7,28E-07</b>

**Figure 11: Résultat du calcul du risque R1**

**Le Musée** a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation sans la mise en place de protections contre la foudre.

**Le risque est donc tolérable.**

## 6.6 Accueil / Syndicat

### 6.6.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	65 x 9 x 8 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	5,95E-03 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,25	Entouré d'objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>S1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 47 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

##### **Paramètre C<sub>d/b</sub> (facteur d'emplacement)**

Présence du bâtiment administratif à proximité avec une hauteur supérieure.  
Nous indiquons donc la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (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 R<sub>1</sub> sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite R<sub>r</sub> des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>S1</sub> (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

6.6.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT	50	-	62 x 60 x 6,5m	0,25	0,1	4kV	0,02	1
2	Courants faibles usine	50	5	450 x 250 x 16m	0,25	0,1	1,5kV	0,001	1
3	Courants faibles administratif	50	5	37 x 15 x 10 m	0,25	0,1	1,5kV	0,001	1
4	Courants faibles Orange	1 000	5	-	0,25	0,1	1,5kV	0,001	1

**Tableau 48 : 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.

***Paramètres  $H$  (caractéristiques de la hauteur de la ligne)***

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

***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  $C_d$  (facteur d'emplacement de ligne)***

Les lignes sont enterrées et aérienne. Néanmoins le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

***Paramètre  $C_e$  (facteur d'environnement de ligne)***

Le site se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m. Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

***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 4 kV pour les lignes d'alimentation BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

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

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup>.

Pour la ligne courant faible, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,001$ , car nous considérons que c'est un câble avec écran de résistance  $R_s$  comprise entre  $5 < R_s < 20$  /km relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

***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

6.6.3 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	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,01	Ordinaire
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 49 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

<sup>(5)</sup> Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 50 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « Ordinaire » vu de la nature des activités du bâtiment.

La valeur est = 0,01.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 51 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 52 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 53 : Paramètre  $h_z$**

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

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer.

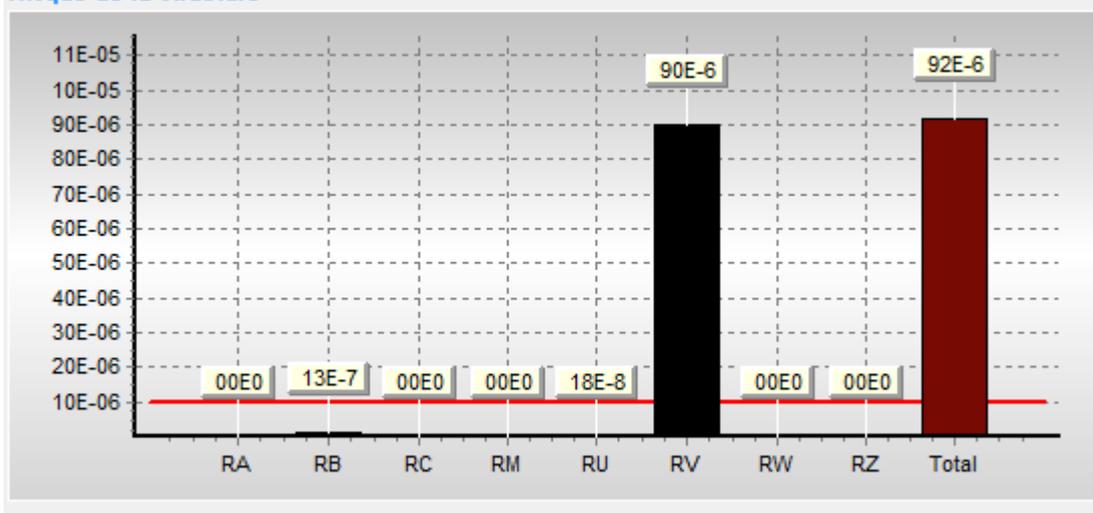
Nous indiquons la valeur  $L_o = 0$ .

6.6.4 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	Accueil / Syndicat	9,17 E <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	1,28E-06					1,28E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	1,80E-07					1,80E-07
V	9,02E-05					9,02E-05
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>9,17E-05</b>					<b>9,17E-05</b>

**Figure 12: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

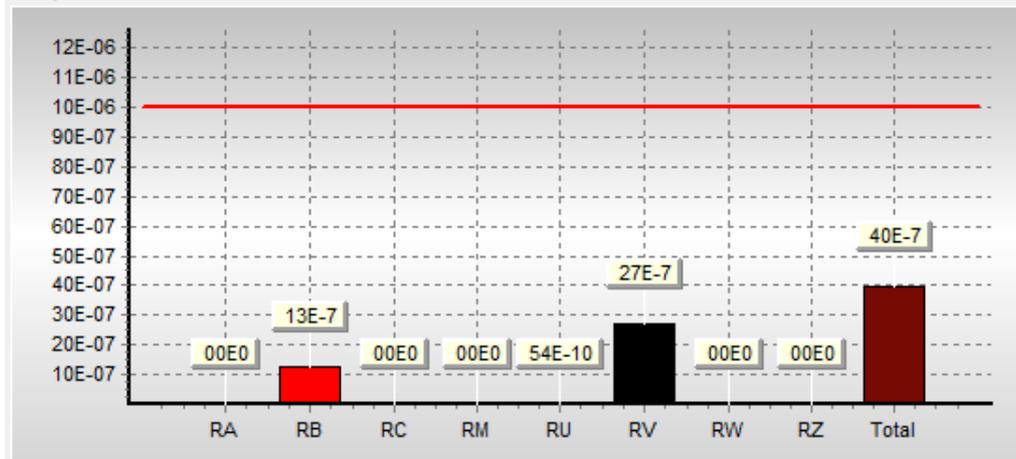
**L'Accueil / Syndicat n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable** vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).

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	Accueil / Syndicat	$4,00 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	1,28E-06					1,28E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	5,41E-09					5,41E-09
V	2,71E-06					2,71E-06
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>4,00E-06</b>					<b>4,00E-06</b>

Réseaux internes Z1

Nom	U	V	W	Z
Alimentation BT	1,27E-10	6,33E-08	0,00E+00	0,00E+00
Courant faible Usine	4,82E-09	2,41E-06	0,00E+00	0,00E+00
Courants faibles administratif	8,39E-11	4,19E-08	0,00E+00	0,00E+00

Sélection des mesures de protection

Ligne1: Alimentation BT  
 Parafoudre d'entrée: niveau IV

Ligne2: Courant faible Usine  
 Parafoudre d'entrée: niveau IV

Ligne3: Courants faibles Administratif  
 Parafoudre d'entrée: niveau IV

Ligne4: Courant faible Orange  
 Parafoudre d'entrée: niveau IV

Afficher le risque

Sans protection

Avec la protection

Supprimer la protection

Figure 13: Résultat du calcul du risque R1 avec protections

L'Accueil / Syndicat 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<sub>B</sub>** et **R<sub>V</sub>**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
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 <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
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

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

<sup>3)</sup> En raison des équipotentialités.

**Tableau 54 : 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 de niveau IV pour les effets indirects de la foudre (protection interne sur les lignes de puissance et de communication).**

## 6.7 Parc 23

### 6.7.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	35 x 11 x 6,5 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	3,37E-03km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,25	Entouré d'objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>S1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 55 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

##### **Paramètre C<sub>d/b</sub> (facteur d'emplacement)**

Présence de structure à proximité avec une hauteur supérieure.

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

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (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<sub>r</sub>** des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>S1</sub> (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

### 6.7.2 Données et caractéristiques des services

Aucune ligne électrique n'est présente dans le PARC 23.

6.7.3 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	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,001	Faible
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 56 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

<sup>(6)</sup> Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 57 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « faible » vu de la nature des produits stockés.

La valeur est = 0,001.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 58 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 59 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 60 : Paramètre  $h_z$**

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

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer.

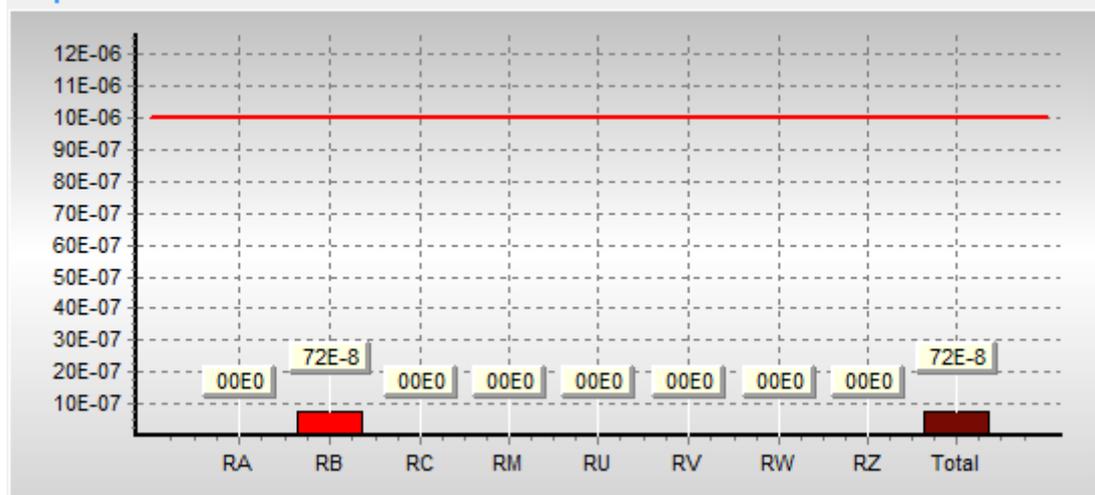
Nous indiquons la valeur  $L_o = 0$ .

6.7.4 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	Parc 23	$7,25 \times 10^{-7}$	<	$1 \times 10^{-5}$

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	7,25E-07					7,25E-07
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	0,00E+00					0,00E+00
V	0,00E+00					0,00E+00
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>7,25E-07</b>					<b>7,25E-07</b>

**Figure 14: Résultat du calcul du risque R1**

**Le Parc 23 a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable** vis-à-vis de la réglementation sans la mise en place de protections contre la foudre.

**Le risque est donc tolérable.**

## 6.8 Parc A

### 6.8.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	$L \times W \times H_b$	85 x 40 x 10 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	$A_{d/b}$	1,37E-02 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	$C_{d/b}$	0,5	Entouré d'objets plus petits
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	$P_B$	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	$K_{s1}$	1	Aucun blindage

**Tableau 61 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

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

Présence de structure ayant une hauteur identique ou plus petits.

Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits ou de même hauteur.

##### **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  $R_1$  sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite  $R_r$  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

### 6.8.2 Données et caractéristiques des services

Aucune ligne électrique n'est présente dans le PARC A.

6.8.3 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	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,001	Faible
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 62 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

(7) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 63 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « faible » vu de la nature des produits stockés.

La valeur est = 0,001.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 64 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 65 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 66 : Paramètre  $h_z$**

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

Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer.

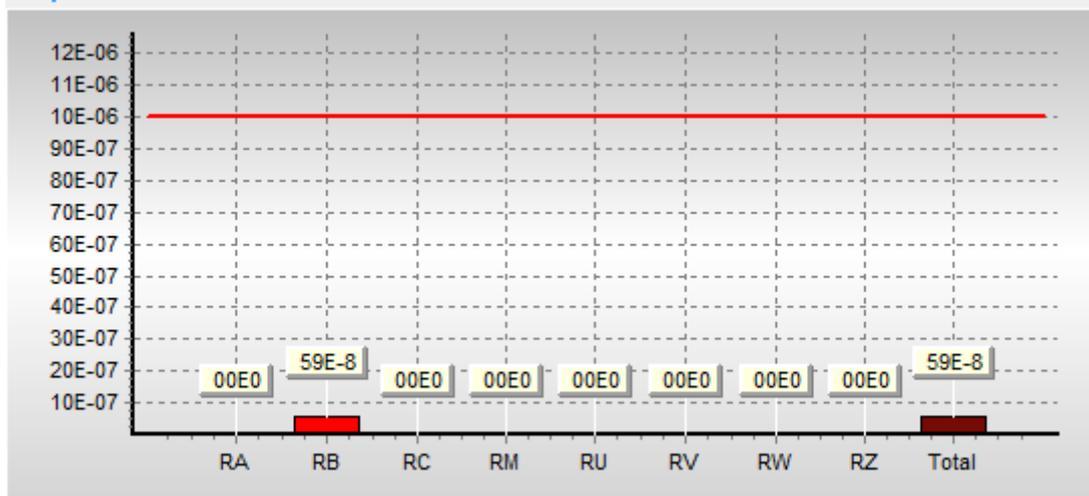
Nous indiquons la valeur  $L_o = 0$ .

6.8.4 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	Parc A	$5,89 \times 10^{-7}$	<	$1 \times 10^{-5}$

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	5,89E-07					5,89E-07
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	0,00E+00					0,00E+00
V	0,00E+00					0,00E+00
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>5,89E-07</b>					<b>5,89E-07</b>

**Figure 15: Résultat du calcul du risque R1**

**Le Parc A a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable** vis-à-vis de la réglementation sans la mise en place de protections contre la foudre.

**Le risque est donc tolérable.**

## 6.9 STEP

### 6.9.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	27 x 10 x 5 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	2,09E-03 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,25	Entouré d'objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>S1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 67 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

##### **Paramètre C<sub>d/b</sub> (facteur d'emplacement)**

Présence du magasin général à proximité avec une hauteur supérieure.  
Nous indiquons donc la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (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<sub>r</sub>** des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>s1</sub> (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

6.9.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT	200	-	450 x 250 x 16m	0,25	0,1	4kV	0,02	1

**Tableau 68 : 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.

***Paramètres  $H$  (caractéristiques de la hauteur de la ligne)***

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

***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  $C_d$  (facteur d'emplacement de ligne)***

La ligne est enterrée, donc le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

***Paramètre  $C_e$  (facteur d'environnement de ligne)***

Le site se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m. Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

***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 4 kV pour les lignes d'alimentation BT.

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

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écranté avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup>.

***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

6.9.3 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	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,01	Ordinaire
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 69 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

<sup>(8)</sup> Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 70 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « Ordinaire » vu de la nature des activités du bâtiment.

La valeur est = 0,01.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 71 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 72 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 73 : Paramètre  $h_z$**

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

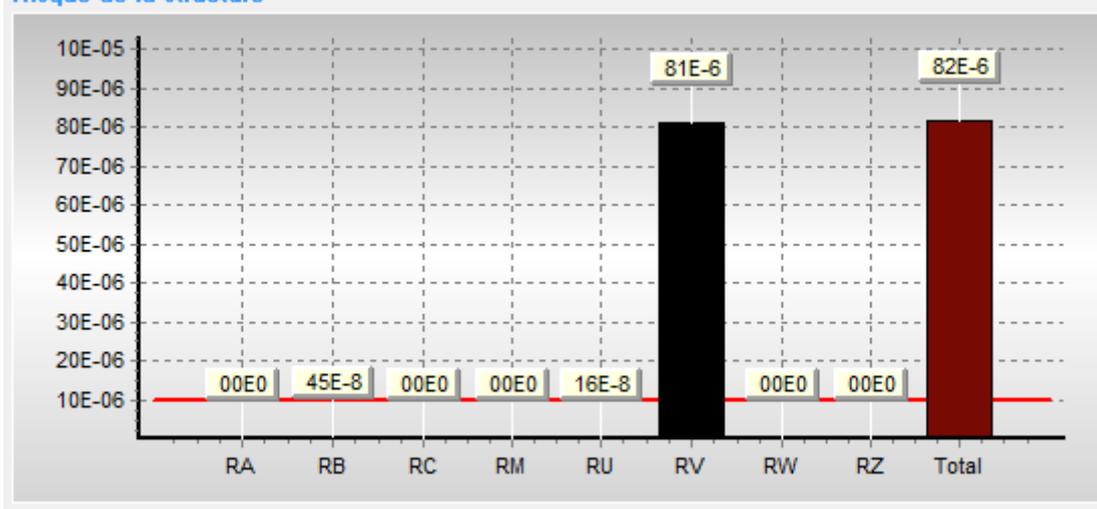
Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur  $L_o$  = 0.

6.9.4 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	STEP	8,16 E <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	4,49E-07					4,49E-07
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	1,62E-07					1,62E-07
V	8,10E-05					8,10E-05
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>8,16E-05</b>					<b>8,16E-05</b>

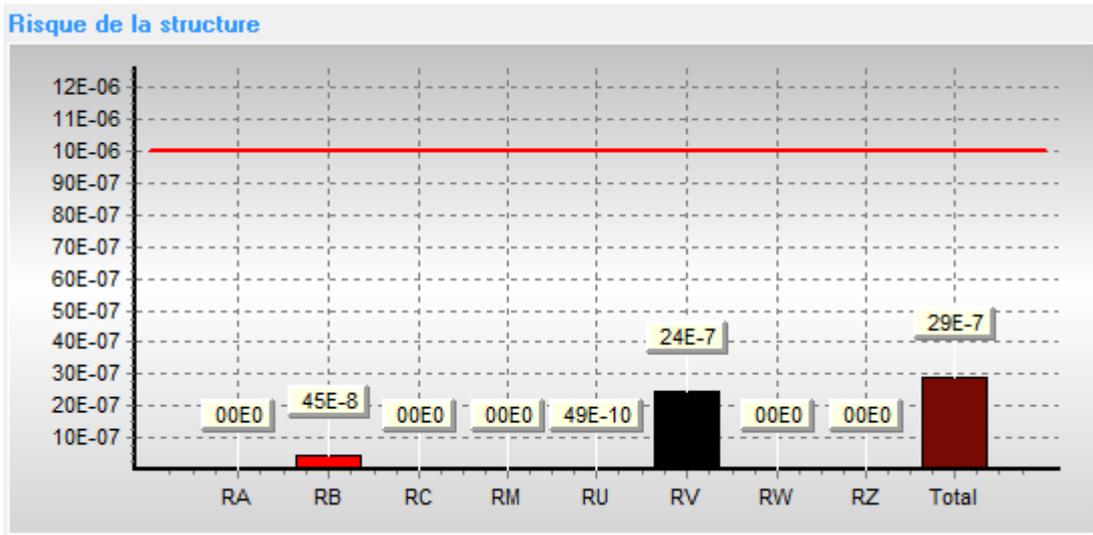
**Figure 16: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

La **STEP** 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	STEP	$2,88 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	4,49E-07					4,49E-07
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	4,86E-09					4,86E-09
V	2,43E-06					2,43E-06
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>2,88E-06</b>					<b>2,88E-06</b>

Réseaux internes Z1

Nom	U	V	W	Z
Alimentation BT	4,86E-09	2,43E-06	0,00E+00	0,00E+00

Sélection des mesures de protection

Ligne1: Alimentation BT  
Parafoudre d'entrée: niveau IV

Afficher le risque

Sans protection

Avec la protection

Supprimer la protection

**Figure 17: Résultat du calcul du risque R1 avec protections**

**La STEP 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<sub>B</sub>** et **R<sub>V</sub>**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
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 <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
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

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

<sup>3)</sup> En raison des équipotentialités.

**Tableau 74 : 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 de niveau IV pour les effets indirects de la foudre (protection interne sur les lignes de puissance).**

## 6.10 Zone Acétylène / Oxygène

### 6.10.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	9 x 5 x 4 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	8,33E-04 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,25	Entouré d'objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>S1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 75 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

##### **Paramètre C<sub>d/b</sub> (facteur d'emplacement)**

Présence de l'usine à proximité avec une hauteur supérieure.

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

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (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<sub>r</sub>** des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>S1</sub> (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

### 6.10.2 Données et caractéristiques des services

Aucune ligne électrique n'est présente dans la zone Acétylène / Oxygène.

6.10.3 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	Automatique
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,1	Élevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	1	Pas de danger particulier
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 76 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

<sup>(9)</sup> Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 77 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction Automatique. 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 inflammables en quantité importante :

Pouvoir calorifique Acétylène = 48,241 MJ/Kg

Quantité acétylène = 933Kg

Surface  $\approx$  45m<sup>2</sup>

Charge calorifique de la zone = 48,241 x 933 / 45

Charge calorifique de la zone = 1000,20 MJ/m<sup>2</sup>

1000,20 MJ/m<sup>2</sup> > 800 MJ/m<sup>2</sup>

La valeur est  $r_f = 0,1$ .

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 78 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 79 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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 évènements 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 évènements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 80 : Paramètre  $h_z$**

**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  $L_o = 0$ .

6.10.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)

**Sans** protection ou mesure de prévention

En tenant compte du fait que ce stockage ne possède pas de lignes électriques entrantes ainsi que des hypothèses des effets du courant de foudre sur les cadres et bouteilles, nous avons effectué les calculs de  $R_A$  et  $R_B$ .

En effet, les calculs nous montrent, puisqu'il n'y a aucune ligne électrique, que les valeurs  $R_u$  et  $R_v$  sont nulles, d'où  $R_1 = R_A + R_B$ .

$$R_1 = R_A + R_B$$

$$R_1 = 1,79 \cdot 10^{-7} + 3,58 \cdot 10^{-6}$$

$$R_1 = 3,76 \cdot 10^{-6}$$

$$R_1 < R_T$$

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Zone Acétylène / Oxygène	$3,76 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$

**La Zone Acétylène / Oxygène** a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation sans la mise en place de protections contre la foudre.

**Le risque est donc tolérable.**

## 6.11 Poste de distribution GPL

### 6.11.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	4 x 4 x 3 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	4,14E-04 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,5	Entouré d'objets plus petits
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>S1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 81 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

##### **Paramètre C<sub>d/b</sub> (facteur d'emplacement)**

Aucune structure n'a une hauteur plus importante dans un rayon de 12m.  
Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (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<sub>r</sub>** des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>S1</sub> (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

6.11.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT	1000	-	-	0,25	0,1	2,5kV	0,02	1

**Tableau 82 : 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  $H$  (caractéristiques de la hauteur de la ligne)***

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

***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  $C_d$  (facteur d'emplacement de ligne)***

La ligne est enterrée, donc le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

***Paramètre  $C_e$  (facteur d'environnement de ligne)***

Le site se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m.

Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

***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 2,5 kV pour les équipements BT.

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

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup>.

***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

6.11.3 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	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,1	Élevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 83 : 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 $k\Omega'$	$r_a / r_u$
Agricole, béton	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

<sup>(10)</sup> Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 84 : 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 poste de distribution GPL est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante. 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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

**Tableau 85 : Paramètre  $r_f$**

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

**Tableau 86 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 87 : Paramètre  $h_z$**

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

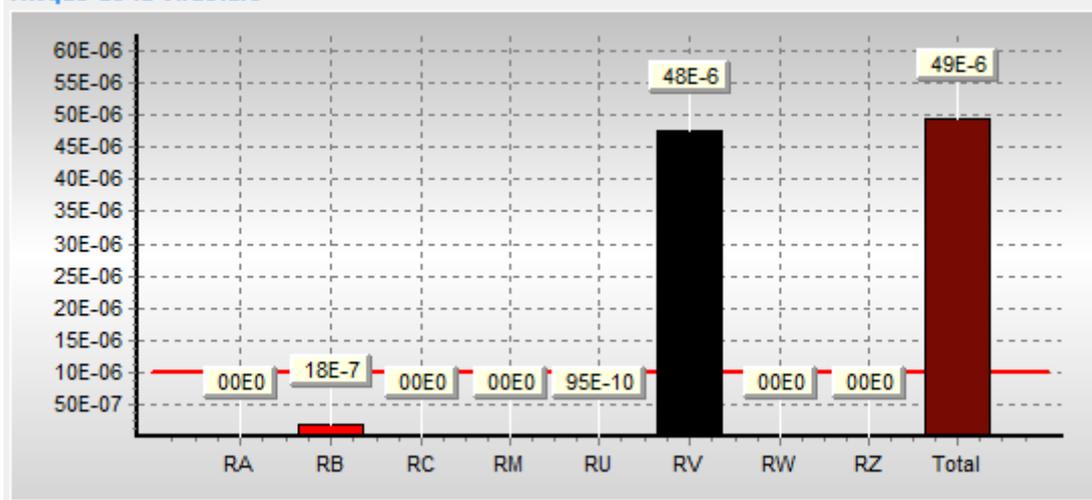
Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur  $L_o$  = 0.

6.11.4 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	Poste de distribution GPL	4,94 E <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>

**Risque de la structure**



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	1,78E-06					1,78E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	9,53E-09					9,53E-09
V	4,76E-05					4,76E-05
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>4,94E-05</b>					<b>4,94E-05</b>

**Figure 18: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

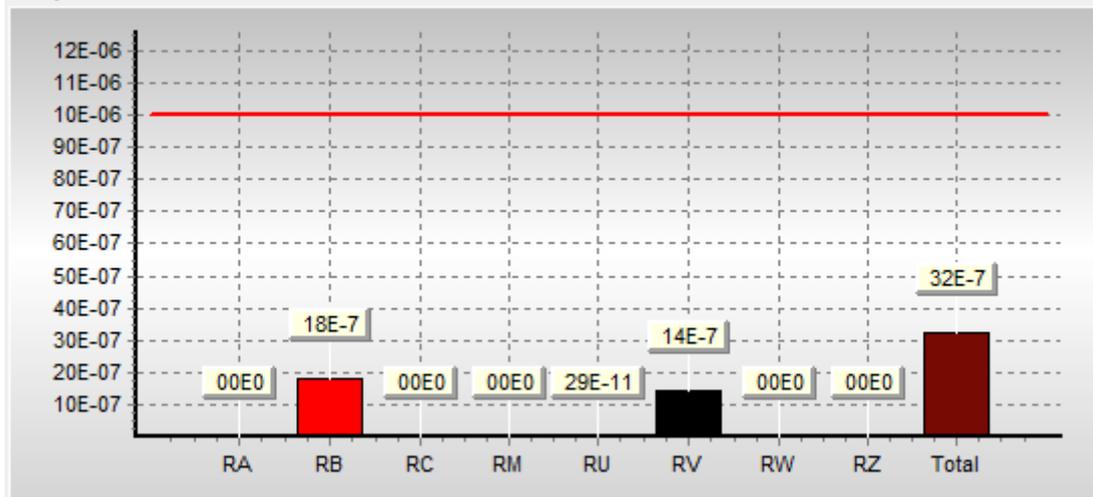
**Le Poste de distribution GPL n'a pas un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation. Il est donc nécessaire de réduire ce risque à un niveau inférieur au Risque tolérable (Rt).**

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	Poste de distribution GPL	$3,21 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$

Risque de la structure



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	1,78E-06					1,78E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	2,86E-10					2,86E-10
V	1,43E-06					1,43E-06
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>3,21E-06</b>					<b>3,21E-06</b>

Réseaux internes Z1

Nom	U	V	W	Z
Alimentation BT	2,86E-10	1,43E-06	0,00E+00	0,00E+00

Sélection des mesures de protection

Ligne1: Alimentation BT  
Parafoudre d'entrée: niveau IV

Afficher le risque

Sans protection

Avec la protection

Supprimer la protection

**Figure 19: Résultat du calcul du risque R1 avec protections**

**Le Poste de distribution GPL 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<sub>B</sub>** et **R<sub>V</sub>**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
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 <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
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

<sup>1)</sup> 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.

<sup>2)</sup> Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

<sup>3)</sup> En raison des équipotentialités.

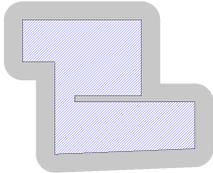
**Tableau 88 : Choix des protections foudre**

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

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

## 6.12 STOCK

### 6.12.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	$L \times W \times H_b$		Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	$A_{d/b}$	5,93E-02 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	$C_{d/b}$	0,25	Entouré d'objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	$P_B$	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	$K_{S1}$	1	Aucun blindage

**Tableau 89 : Données et caractéristiques de la structure**

#### **Justification des paramètres encodés**

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

Présence de l'usine à proximité avec une hauteur supérieure.  
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

6.12.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT	1000	-	-	0,25	0,1	2,5kV	0,02	1

**Tableau 90 : 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  $H$  (caractéristiques de la hauteur de la ligne)**

La valeur indiquée correspond à la hauteur de la ligne aérienne.

**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  $C_d$  (facteur d'emplacement de ligne)**

La ligne est enterrée, donc le reste de la structure est d'une hauteur bien plus importante, nous indiquons la valeur 0,25 – objet entouré par des objets plus hauts.

**Paramètre  $C_e$  (facteur d'environnement de ligne)**

Le site se situe en zone urbaine avec des bâtiments d'une hauteur comprise entre 10m et 20m.

Nous indiquons la valeur = 0,1 – zone urbaine.

**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 2,5 kV pour les équipements BT.

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

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{s3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écrané avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup>.

**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

6.12.3 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	$r_p$	0,5	Manuel
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,001	Faible
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	5	Risque Moyen
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 91 : 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	$\leq 1$	$10^{-2}$
Marbre, céramique	1-10	$10^{-3}$
Gravier, moquette, tapis	10-100	$10^{-4}$
Asphalte, linoléum, bois	$\geq 100$	$10^{-5}$

(1) Valeurs mesurées entre une électrode de 400cm<sup>2</sup> comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 92 : 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 bâtiment est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « Faible » vu de la nature des activités du site. La zone de stockage est constituée de palette de bouteilles de verre, la charge calorifique par Kg est de 0,106MJ/Kg. Nous supposons que la charge calorifique du stock est inférieur à 400MJ/m<sup>2</sup>.

La valeur est = 0,001.

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 <sup>2</sup>	400MJ/m <sup>2</sup> < <800MJ/m <sup>2</sup>	>800MJ/m <sup>2</sup>

Tableau 93 : Paramètre  $r_f$

**Paramètre  $L_f$  (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)**

Type de Structure	$L_f$
Hôpitaux, hôtels, bâtiments civils	10 <sup>-1</sup>
Industrielle, commerciale, scolaire	5 x 10 <sup>-2</sup>
Publique, églises, musées	2 x 10 <sup>-2</sup>
Autres	10 <sup>-2</sup>

Tableau 94 : Paramètre  $L_f$

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

Type de danger particulier	$h_z$
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
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

Tableau 95 : Paramètre  $h_z$

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

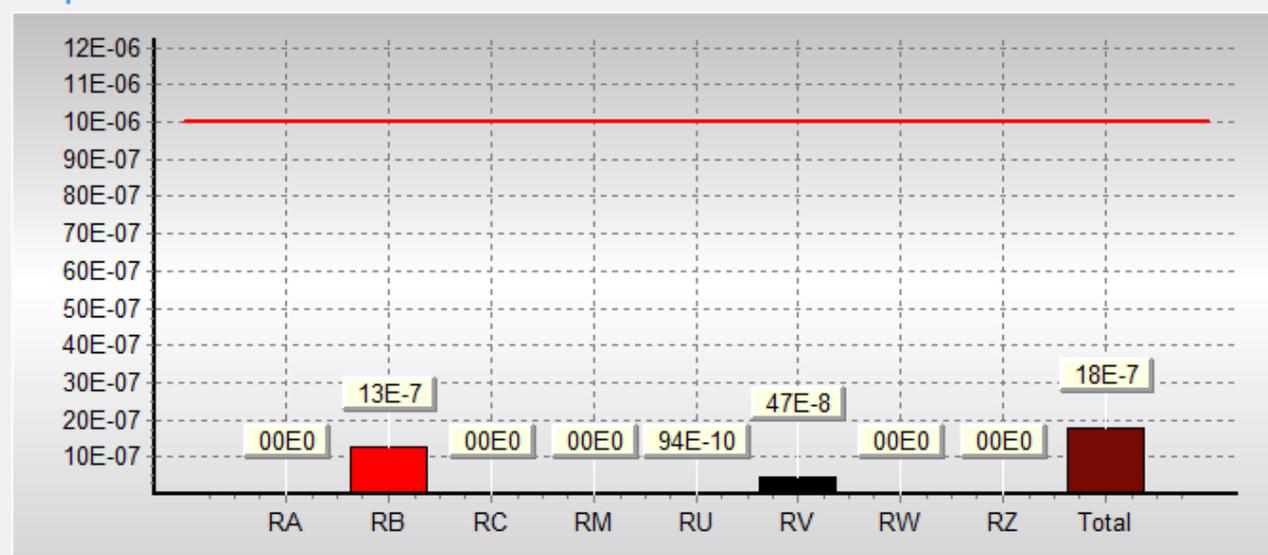
Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur  $L_o$  = 0.

6.12.4 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	STOCK	1,75 x 10 <sup>-6</sup>	<	1 x 10 <sup>-5</sup>

**Risque de la structure**



	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
A	0,00E+00					0,00E+00
B	1,27E-06					1,27E-06
C	0,00E+00					0,00E+00
M	0,00E+00					0,00E+00
U	9,36E-09					9,36E-09
V	4,68E-07					4,68E-07
W	0,00E+00					0,00E+00
Z	0,00E+00					0,00E+00
<b>Total</b>	<b>1,75E-06</b>					<b>1,75E-06</b>

**Figure 20: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

**Le STOCK a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable** vis-à-vis de la réglementation sans la mise en place de protections contre la foudre.

**Le risque est donc tolérable.**

## 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 :

<i>Structure</i>	<i>Protection effets directs</i>	<i>Protection effets indirects</i>
Usine	Protection de <b>niveau IV</b>	Protection de <b>niveau IV</b>
Bâtiment administratif	<u>Risque tolérable</u>	<u>Risque tolérable</u>
Magasin général / chaudronnerie	<u>Risque tolérable</u>	Protection de <b>niveau IV</b> sur l'alimentation général
Musée	<u>Risque tolérable</u>	<u>Risque tolérable</u>
Accueil / syndicat	<u>Risque tolérable</u>	Protection de <b>niveau IV</b>
Parc 23	<u>Risque tolérable</u>	<u>Risque tolérable</u>
Parc A	<u>Risque tolérable</u>	<u>Risque tolérable</u>
STEP	<u>Risque tolérable</u>	Protection de <b>niveau IV</b>
Zone acétylène / oxygène	<u>Risque tolérable</u>	<u>Risque tolérable</u>
Poste de distribution GPL	<u>Risque tolérable</u>	Protection de <b>niveau IV</b>
Stock	<u>Risque tolérable</u>	<u>Risque tolérable</u>

**Tableau 96: Synthèse des protections foudre**

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

Structure	Organes de sécurité
Entrepôt	Surpresseur RIA
	Sprinkler
	Onduleurs
	Centrales de détection incendie
	Télétransmetteur
	Centrales NIRA

**Tableau 97: Synthèse des MMR**

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

Zone	Nom
Ensemble du site	Gaz
	Convoyage
	Eau incendie
	Acétylène
	Air comprimé
	Autre canalisation métallique

**Tableau 98: Synthèse des liaisons équipotentielles à prévoir**

**Prévention :** L'Analyse de Risque Foudre ne prévoit pas la mise en place d'une procédure de Prévention pendant les périodes orageuses.

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 JUPITER VERSION 2.0  
conforme à la norme NF EN 62305-2**

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

Bâtiment Usine

## INDEX

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

Structure de la mise en page  
Surface d'exposition  $A_d$   
Surface d'exposition  $A_m$

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiement

Densité de foudroiement dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### 4.2 Données de la structure

La disposition de la structure est décrite dans l'annexe *Description de la structure* .

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :

- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

### **4.3 Données des lignes électriques**

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: Alim HT 1 RUE
- Ligne de puissance: Alim HT 2 RUE
- Ligne de puissance: Alim HT 1 Usine
- Ligne de puissance: Alim HT 2 Usine
- Ligne de puissance: Alim BT magasin
- Ligne de puissance: Alim BT Surpresseur
- Ligne de puissance: Alim BT STEP
- Ligne de puissance: Éclairage
- Ligne Telecom: Courant faible

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

### **4.4 Définition et caractéristiques des zones**

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Usine

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

## 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition  $A_d$  due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode graphique selon la norme EN 62305-2, art.A.2 et il est indiqué dans l'annexe *Surface d'exposition  $A_d$* .

La surface d'exposition  $A_m$  due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée par la méthode graphique selon la norme EN 62305-2, art.A.3 et est indiquée dans l'annexe *Surface d'exposition  $A_m$* .

Les surfaces d'exposition  $A_l$  et  $A_i$  pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions ( $A$ ) et du nombre annuel d'événements dangereux ( $N$ ) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage ( $P$ ) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

## 6. EVALUATION DES RISQUES

### 6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

#### 6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Usine

RB: 4,15E-05

RU(Alim HT 1 RUE): 2,27E-09

RV(Alim HT 1 RUE): 1,14E-06

RU(Alim BT surpresseur): 1,58E-09

RV(Alim BT surpresseur): 7,91E-07

RU(Alim BT STEP): 2,21E-09

RV(Alim BT STEP): 1,11E-06

RU(Éclairage): 9,15E-09

RV(Éclairage): 4,58E-06

RU(Courant faible): 4,06E-09

RV(Courant faible): 2,03E-06

RU(Alim HT 2 RUE): 2,95E-09

RV(Alim HT 2 RUE): 1,47E-06

RU(Alim HT 1 Usine): 2,14E-09

RV(Alim HT 1 Usine): 1,07E-06

RU(Alim HT 2 Usine): 2,29E-09

RV(Alim HT 2 Usine): 1,15E-06

RU(Alim BT magasin): 4,95E-09

RV(Alim BT magasin): 2,48E-06

Total: 5,73E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 5,73E-05

### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total  $R1 = 5,73E-05$  est plus grand que le risque tolérable  $RT = 1E-05$ , et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire. Composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - Usine

RD = 72,3551 %

RI = 27,6449 %

Total = 100 %

RS = 0,0552 %

RF = 99,9448 %

RO = 0 %

Total = 100 %

où:

- RD = RA + RB + RC
- RI = RM + RU + RV + RW + RZ
- RS = RA + RU
- RF = RB + RV
- RO = RM + RC + RW + RZ

et :

- RD est le risque dû aux coups de foudre frappant la structure
- RI est le risque dû aux coups de foudre ayant une influence sur la structure bien que ne la frappant pas directement
- RS est le risque dû aux blessures des êtres vivants
- RF est le risque dû aux dommages physiques
- RO est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Les valeurs énumérées ci-dessus, montrent que le risque R1 de la structure est essentiellement présent dans les zones suivantes :

Z1 - Usine (100 %)

- essentiellement due à dommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre frappant la structure
- la principale contribution à la valeur du risque R1 à l'intérieur de la zone est déterminée

suivant

les composantes du risque :

RB = 72,3551 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la structure

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Afin de réduire le risque R1 au-dessous du risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il est nécessaire d'agir sur les éléments de risque suivants:

- RB dans les zones:
  - Z1 - Usine
- RV dans les zones:
  - Z1 - Usine

en utilisant au moins une des mesures de protection possibles suivantes:

- pour la composante du risque B:
  - 1) Paratonnerre
  - 2) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
- pour la composante du risque V:
  - 1) Paratonnerre
  - 2) Parafoudre à l'entrée de la ligne
  - 3) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
  - 4) L'augmentation de la tension de tenue des équipements

Afin de protéger la structure les mesures de protection suivantes sont sélectionnées:

- installer un Paratonnerre de niveau IV ( $P_b = 0,2$ )
- Pour la ligne Ligne1 - Alim HT 1 RUE:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne2 - Alim HT 2 RUE:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne3 - Alim HT 1 Usine:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne4 - Alim HT 2 Usine:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne5 - Alim BT magasin:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne6 - Alim BT Surpresseur:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne7 - Alim BT STEP:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne8 - Éclairage:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne9 - Courant faible:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV

Le risque R4 n'a pas été évalué parce que le client n'a pas demandé d'analyse économique.

Les mesures de protection sélectionnées modifient les paramètres et composantes du risque. Les valeurs des paramètres du risque liées à la structure protégée sont énumérés ci-dessous.

Zone Z1: Usine

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 0,2$

$P_c$  (Alim HT 1 RUE) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Alim BT surpresseur) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Alim BT STEP) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Éclairage) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Courant faible) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Alim HT 2 RUE) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Alim HT 1 Usine) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Alim HT 2 Usine) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Alim BT magasin) =  $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m$  (Alim HT 1 RUE) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Alim BT surpresseur) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Alim BT STEP) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Éclairage) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Courant faible) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Alim HT 2 RUE) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Alim HT 1 Usine) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Alim HT 2 Usine) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Alim BT magasin) =  $1,00E-04$

$P_m = 9,00E-04$

$P_u$  (Alim HT 1 RUE) =  $3,00E-02$

$P_v$  (Alim HT 1 RUE) =  $3,00E-02$

$P_w$  (Alim HT 1 RUE) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Alim HT 1 RUE) =  $1,00E-01$

$P_u$  (Alim BT surpresseur) =  $3,00E-02$

$P_v$  (Alim BT surpresseur) =  $3,00E-02$

$P_w$  (Alim BT surpresseur) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Alim BT surpresseur) =  $2,00E-01$

$P_u$  (Alim BT STEP) =  $3,00E-02$

$P_v$  (Alim BT STEP) =  $3,00E-02$

$P_w$  (Alim BT STEP) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Alim BT STEP) =  $2,00E-01$

$P_u$  (Éclairage) =  $3,00E-02$

$P_v$  (Éclairage) =  $3,00E-02$

$P_w$  (Éclairage) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Éclairage) =  $4,00E-01$

$P_u$  (Courant faible) =  $3,00E-02$

$P_v$  (Courant faible) =  $3,00E-02$

$P_w$  (Courant faible) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Courant faible) =  $1,50E-01$

$P_u$  (Alim HT 2 RUE) =  $3,00E-02$

$P_v$  (Alim HT 2 RUE) =  $3,00E-02$

$P_w$  (Alim HT 2 RUE) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Alim HT 2 RUE) =  $1,00E-01$

$P_u$  (Alim HT 1 Usine) =  $3,00E-02$

Pv (Alim HT 1 Usine) = 3,00E-02  
Pw (Alim HT 1 Usine) = 1,00E+00  
Pz (Alim HT 1 Usine) = 1,00E-01  
Pu (Alim HT 2 Usine) = 3,00E-02  
Pv (Alim HT 2 Usine) = 3,00E-02  
Pw (Alim HT 2 Usine) = 1,00E+00  
Pz (Alim HT 2 Usine) = 1,00E-01  
Pu (Alim BT magasin) = 3,00E-02  
Pv (Alim BT magasin) = 3,00E-02  
Pw (Alim BT magasin) = 1,00E+00  
Pz (Alim BT magasin) = 2,00E-01  
ra = 0,01  
rp = 0,2  
rf = 0,01  
h = 5

Risque R1: pertes en vies humaines

Les valeurs des composantes de risque pour la structure protégées sont énumérées ci-dessous.

Z1: Usine  
RB: 8,29E-06  
RU(Alim HT 1 RUE): 6,82E-11  
RV(Alim HT 1 RUE): 3,41E-08  
RU(Alim BT surpresseur): 4,74E-11  
RV(Alim BT surpresseur): 2,37E-08  
RU(Alim BT STEP): 6,64E-11  
RV(Alim BT STEP): 3,32E-08  
RU(Éclairage): 2,75E-10  
RV(Éclairage): 1,37E-07  
RU(Courant faible): 1,22E-10  
RV(Courant faible): 6,08E-08  
RU(Alim HT 2 RUE): 8,84E-11  
RV(Alim HT 2 RUE): 4,42E-08  
RU(Alim HT 1 Usine): 6,42E-11  
RV(Alim HT 1 Usine): 3,21E-08  
RU(Alim HT 2 Usine): 6,88E-11  
RV(Alim HT 2 Usine): 3,44E-08  
RU(Alim BT magasin): 1,49E-10  
RV(Alim BT magasin): 7,43E-08  
Total: 8,76E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 8,76E-06

## 8. CONCLUSIONS

Après la mise en place des mesures de protection (qui doivent être correctement conçus),  
l'évaluation du risque est :

Risque inférieur au risque tolérable:R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date 01/06/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: se référer à l'annexe d'emplacement: Entouré d'objets plus petits ( $C_d = 0,5$ )  
Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 1,72$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Alim HT 1 RUE

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 188$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 7 B (m): 10 H (m): 8

Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alim HT 2 RUE

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 258$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 7 B (m): 10 H (m): 8

Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alim HT 1 Usine

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 174$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 7 B (m): 10 H (m): 8

Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alim HT 2 Usine

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 190$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 7 B (m): 10 H (m): 8

Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alim BT magasin

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 150$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 62 B (m): 60 H (m): 6,5

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alim BT Surpresseur

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 200$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 7 B (m): 4 H (m): 3

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alim BT STEP

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 200$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 27 B (m): 10 H (m): 5

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Éclairage

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 1000$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Caractéristiques des lignes: Courant faible

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée

Longueur (m)  $L_c = 150$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus petits

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Blindage (ohm / km) connecté à la même bar équipotentielle de l'équipement:  $5 < R \leq 20$  ohm/km

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 65 B (m): 9 H (m): 8

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

## **APPENDICE - Caractéristiques des zones**

Caractéristiques de la zone: Usine  
Type de zone: Intérieur  
Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )  
Risque d'incendie: ordinaire ( $r_f = 0,01$ )  
Danger particulier: Niveau de panique moyen ( $h = 5$ )  
Protections contre le feu: actionnés automatiquement ( $r_p = 0,2$ )  
zone de protection: Aucun bouclier  
Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

**Réseaux interne Alim HT 1 RUE**

Connecté à la ligne Alim HT 1 RUE  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue: 6,0 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interne Alim BT surpresseur**

Connecté à la ligne Alim BT Surpresseur  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue: 4,0 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interne Alim BT STEP**

Connecté à la ligne Alim BT STEP  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue: 4,0 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interne Éclairage**

Connecté à la ligne Éclairage  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue: 2,5 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interne Courant faible**

Connecté à la ligne Courant faible  
câblage: câble blindé  $5 < R \leq 20 \text{ ohm / km}$  ( $K_{s3} = 0,001$ )  
Tension de tenue: 1,5 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interne Alim HT 2 RUE**

Connecté à la ligne Alim HT 2 RUE  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue: 6,0 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interne Alim HT 1 Usine**

Connecté à la ligne Alim HT 1 Usine  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue: 6,0 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interne Alim HT 2 Usine**

Connecté à la ligne Alim HT 2 Usine  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )

Tension de tenue: 6,0 kV  
 Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)  
 Réseaux interne Alim BT magasin  
 Connecté à la ligne Alim BT magasin  
 câblage: superficie de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup> (Ks3 = 0,02)  
 Tension de tenue: 4,0 kV  
 Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Valeur moyenne des pertes pour la zone: Usine  
 Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) Lt =0,0001  
 Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) Lf =0,05

Risque et composantes du risque pour la zone: Usine  
 Risque 1: Rb Ru Rv

**APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.**

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure Ad =9,64E-02 km<sup>2</sup>  
 Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure Am =4,44E-01 km<sup>2</sup>  
 Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure Nd =8,29E-02  
 Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure Nm =6,81E-01

Lignes électriques

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes (Al) et aux coups de foudre à proximité (Ai) des lignes:

Alim HT 1 RUE  
 Al = 0,002594 km<sup>2</sup>  
 Ai = 0,105095 km<sup>2</sup>

Alim HT 2 RUE  
 Al = 0,004159 km<sup>2</sup>  
 Ai = 0,144226 km<sup>2</sup>

Alim HT 1 Usine  
 Al = 0,002281 km<sup>2</sup>  
 Ai = 0,097269 km<sup>2</sup>

Alim HT 2 Usine  
 Al = 0,002639 km<sup>2</sup>  
 Ai = 0,106213 km<sup>2</sup>

Alim BT magasin  
Al = 0,001845 km<sup>2</sup>  
Ai = 0,083853 km<sup>2</sup>

Alim BT Surpresseur  
Al = 0,003198 km<sup>2</sup>  
Ai = 0,111803 km<sup>2</sup>

Alim BT STEP  
Al = 0,003063 km<sup>2</sup>  
Ai = 0,111803 km<sup>2</sup>

Éclairage  
Al = 0,021287 km<sup>2</sup>  
Ai = 0,559017 km<sup>2</sup>

Courant faible  
Al = 0,001744 km<sup>2</sup>  
Ai = 0,083853 km<sup>2</sup>

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes (NI), et aux coups de foudre à proximité (Ni) des lignes:

Alim HT 1 RUE  
NI = 0,001115  
Ni = 0,018076

Alim HT 2 RUE  
NI = 0,001788  
Ni = 0,024807

Alim HT 1 Usine  
NI = 0,000981  
Ni = 0,016730

Alim HT 2 Usine  
NI = 0,001135  
Ni = 0,018269

Alim BT magasin  
NI = 0,000793  
Ni = 0,014423

Alim BT Surpresseur  
NI = 0,001375  
Ni = 0,019230

Alim BT STEP

NI = 0,001317

Ni = 0,019230

Éclairage

NI = 0,009154

Ni = 0,096151

Courant faible

NI = 0,001500

Ni = 0,014423

### APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée

Zone Z1: Usine

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Alim HT 1 RUE) = 1,00E+00

Pc (Alim BT surpresseur) = 1,00E+00

Pc (Alim BT STEP) = 1,00E+00

Pc (Éclairage) = 1,00E+00

Pc (Courant faible) = 1,00E+00

Pc (Alim HT 2 RUE) = 1,00E+00

Pc (Alim HT 1 Usine) = 1,00E+00

Pc (Alim HT 2 Usine) = 1,00E+00

Pc (Alim BT magasin) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (Alim HT 1 RUE) = 1,00E-04

Pm (Alim BT surpresseur) = 1,00E-04

Pm (Alim BT STEP) = 1,00E-04

Pm (Éclairage) = 1,00E-04

Pm (Courant faible) = 1,00E-04

Pm (Alim HT 2 RUE) = 1,00E-04

Pm (Alim HT 1 Usine) = 1,00E-04

Pm (Alim HT 2 Usine) = 1,00E-04

Pm (Alim BT magasin) = 1,00E-04

Pm = 9,00E-04

Pu (Alim HT 1 RUE) = 1,00E+00

Pv (Alim HT 1 RUE) = 1,00E+00

Pw (Alim HT 1 RUE) = 1,00E+00

Pz (Alim HT 1 RUE) = 1,00E-01

Pu (Alim BT surpresseur) = 1,00E+00

Pv (Alim BT surpresseur) = 1,00E+00

Pw (Alim BT surpresseur) = 1,00E+00

Pz (Alim BT surpresseur) = 2,00E-01

Pu (Alim BT STEP) = 1,00E+00

Pv (Alim BT STEP) = 1,00E+00

Pw (Alim BT STEP) = 1,00E+00  
Pz (Alim BT STEP) = 2,00E-01  
Pu (Éclairage) = 1,00E+00  
Pv (Éclairage) = 1,00E+00  
Pw (Éclairage) = 1,00E+00  
Pz (Éclairage) = 4,00E-01  
Pu (Courant faible) = 1,00E+00  
Pv (Courant faible) = 1,00E+00  
Pw (Courant faible) = 1,00E+00  
Pz (Courant faible) = 1,50E-01  
Pu (Alim HT 2 RUE) = 1,00E+00  
Pv (Alim HT 2 RUE) = 1,00E+00  
Pw (Alim HT 2 RUE) = 1,00E+00  
Pz (Alim HT 2 RUE) = 1,00E-01  
Pu (Alim HT 1 Usine) = 1,00E+00  
Pv (Alim HT 1 Usine) = 1,00E+00  
Pw (Alim HT 1 Usine) = 1,00E+00  
Pz (Alim HT 1 Usine) = 1,00E-01  
Pu (Alim HT 2 Usine ) = 1,00E+00  
Pv (Alim HT 2 Usine ) = 1,00E+00  
Pw (Alim HT 2 Usine ) = 1,00E+00  
Pz (Alim HT 2 Usine ) = 1,00E-01  
Pu (Alim BT magasin) = 1,00E+00  
Pv (Alim BT magasin) = 1,00E+00  
Pw (Alim BT magasin) = 1,00E+00  
Pz (Alim BT magasin) = 2,00E-01

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

Bâtiment administratif

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiemnt

Densité de foudroiemnt dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### 4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 37    B (m): 15    H (m): 10

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :

- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

#### 4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: Alimentation BT MAGASIN
- Ligne de puissance: Alimentation BT Musée
- Ligne Telecom: Courtants faibles

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

#### 4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Bâtiment Administratif

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

### 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition Ad due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition Am due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode

d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition  $A_i$  et  $A_e$  pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

## **6. EVALUATION DES RISQUES**

### **6.1 Risque R1: pertes en vies humaines**

#### **6.1.1 Calcul de R1**

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Bâtiment Administratif

RB: 1,40E-06

RU(Alimentation BT MAGASIN): 4,16E-09

RV(Alimentation BT MAGASIN): 2,08E-06

RU(Alimentation BT Musée): 8,36E-10

RV(Alimentation BT Musée): 4,18E-07

RU(Courants faibles): 2,56E-09

RV(Courants faibles): 1,28E-06

Total: 5,19E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 5,19E-06

#### **6.1.2 Analyse du risque R1**

Le risque total  $R1 = 5,19E-06$  est inférieur au risque tolérable  $RT = 1E-05$

## **7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION**

Par conséquent, le risque total  $R1 = 5,19E-06$  est inférieur au risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il n'est pas nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire.

## 8. CONCLUSIONS

Risque inférieur au risque tolérable:R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date29/04/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 37 B (m): 15 H (m): 10  
 Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts ( $C_d = 0,25$ )  
 Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 1,72$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT MAGASIN  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 50$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 62 B (m): 60 H (m): 6,5  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT Musée  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 50$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 35 B (m): 8 H (m): 4  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Courtants faibles  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal aérienne  
 Longueur (m)  $L_c = 50$   
 Hauteur par rapport au sol (m)  $H_c = 5$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )  
 Blindage (ohm / km)connecté à la même bar équipotentielle de l'équipement: $5 < R \leq 20 \text{ ohm/km}$   
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 65 B (m): 9 H (m): 8  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

### APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Bâtiment Administratif  
 Type de zone: Intérieur  
 Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )  
 Risque d'incendie: ordinaire ( $r_f = 0,01$ )  
 Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )

Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )  
zone de protection: Aucun bouclier  
Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

**Réseaux interneAlimentation BT MAGASIN**

Connecté à la ligne Alimentation BT MAGASIN  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue: 4,0 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interneAlimentation BT Musée**

Connecté à la ligne Alimentation BT Musée  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue: 4,0 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interneCourants faibles**

Connecté à la ligne Courtants faibles  
câblage: câble blindé  $5 < R \leq 20 \text{ ohm / km}$  ( $K_{s3} = 0,001$ )  
Tension de tenue: 1,5 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

Valeur moyenne des pertes pour la zone:Bâtiment Administratif  
Pertes dues aux tensions de contact (liées à  $R_1$ )  $L_t = 0,0001$   
Pertes en raison des dommages physiques (liées à  $R_1$ )  $L_f = 0,05$

Risque et composantes du risque pour la zone:Bâtiment Administratif  
Risque 1:  $R_b \quad R_u \quad R_v$

**APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.**

**Structure**

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 6,50E-03 \text{ km}^2$   
Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 2,23E-01 \text{ km}^2$   
Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 2,80E-03$   
Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m = 3,81E-01$

**Lignes électriques**

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes ( $A_l$ ) et aux coups de foudre à proximité ( $A_i$ ) des lignes:

Alimentation BT MAGASIN  
 $A_l = 0,000011 \text{ km}^2$

$A_i = 0,027951 \text{ km}^2$

Alimentation BT Musée

$A_i = 0,000179 \text{ km}^2$

$A_i = 0,027951 \text{ km}^2$

Courants faibles

$A_i = 0,000000 \text{ km}^2$

$A_i = 0,050000 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes (NI), et aux coups de foudre à proximité (Ni) des lignes:

Alimentation BT MAGASIN

$NI = 0,000005$

$Ni = 0,004808$

Alimentation BT Musée

$NI = 0,000077$

$Ni = 0,004808$

Courants faibles

$NI = 0,000000$

$Ni = 0,008600$

## APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée

Zone Z1: Bâtiment Administratif

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

$P_c$  (Alimentation BT MAGASIN) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Alimentation BT Musée) =  $1,00E+00$

$P_c$  (Courants faibles) =  $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m$  (Alimentation BT MAGASIN) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Alimentation BT Musée) =  $1,00E-04$

$P_m$  (Courants faibles) =  $1,00E-04$

$P_m = 3,00E-04$

$P_u$  (Alimentation BT MAGASIN) =  $1,00E+00$

$P_v$  (Alimentation BT MAGASIN) =  $1,00E+00$

$P_w$  (Alimentation BT MAGASIN) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Alimentation BT MAGASIN) =  $2,00E-01$

$P_u$  (Alimentation BT Musée) =  $1,00E+00$

$P_v$  (Alimentation BT Musée) =  $1,00E+00$

$P_w$  (Alimentation BT Musée) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Alimentation BT Musée) =  $2,00E-01$

$P_u$  (Courants faibles) =  $1,00E+00$

Pv (Courants faibles) = 1,00E+00

Pw (Courants faibles) = 1,00E+00

Pz (Courants faibles) = 1,50E-01

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

Magasin général / chaudronnerie

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

## **1. CONTENU DU DOCUMENT**

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## **2. NORMES TECHNIQUES**

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## **3. STRUCTURE A PROTEGER**

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## **4. DONNEES D'ENTREES**

### **4.1 Densité de foudroiemnt**

Densité de foudroiemnt dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### **4.2 Données de la structure**

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 62    B (m): 60    H (m): 6,5

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :

- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

#### 4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: Alimentation BT USINE
- Ligne de puissance: Alimentation BT Administratif
- Ligne de puissance: Alimentation BT Accueil

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

#### 4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Magasin / chaudronnerie

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

### 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition Ad due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition Am due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode

d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition  $A_i$  et  $A_e$  pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

## 6. EVALUATION DES RISQUES

### 6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

#### 6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Magasin / chaudronnerie

RB: 2,08E-06

RU(Alimentation BT USINE): 1,62E-07

RV(Alimentation BT USINE): 8,08E-05

RU(Alimentation BT Administratif): 2,80E-09

RV(Alimentation BT Administratif): 1,40E-06

RU(Alimentation BT Accueil): 2,62E-09

RV(Alimentation BT Accueil): 1,31E-06

Total: 8,57E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 8,57E-05

#### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total  $R1 = 8,57E-05$  est plus grand que le risque tolérable  $RT = 1E-05$ , et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire. Composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - Magasin / chaudronnerie

RD = 2,425 %

RI = 97,575 %

Total = 100 %

RS = 0,1948 %

RF = 99,8052 %

RO = 0 %

Total = 100 %

où:

-  $RD = RA + RB + RC$

-  $RI = RM + RU + RV + RW + RZ$

- $RS = RA + RU$
- $RF = RB + RV$
- $RO = RM + RC + RW + RZ$

et :

- RD est le risque dû aux coups de foudre frappant la structure
- RI est le risque dû aux coups de foudre ayant une influence sur la structure bien que ne la frappant pas directement
- RS est le risque dû aux blessures des êtres vivants
- RF est le risque dû aux dommages physiques
- RO est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Les valeurs énumérées ci-dessus, montrent que le risque R1 de la structure est essentiellement présent dans les zones suivantes :

Z1 - Magasin / chaudronnerie (100 %)

- essentiellement due à dommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre influençant la structure, mais ne la frappant pas directement
- la principale contribution à la valeur du risque R1 à l'intérieur de la zone est déterminée suivant

les composantes du risque :

$RV$  (Alimentation BT USINE) = 94,2197 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Afin de réduire le risque R1 au-dessous du risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il est nécessaire d'agir sur les éléments de risque suivants:

- RV dans les zones:  
Z1 - Magasin / chaudronnerie

en utilisant au moins une des mesures de protection possibles suivantes:

- pour la composante du risque V:
  - 1) Paratonnerre
  - 2) Parafoudre à l'entrée de la ligne
  - 3) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
  - 4) L'augmentation de la tension de tenue des équipements

Afin de protéger la structure les mesures de protection suivantes sont sélectionnées:

- Pour la ligne Ligne1 - Alimentation BT USINE:  
- Parafoudre d'entrée - niveau: IV

Le risque R4 n'a pas été évalué parce que le client n'a pas demandé d'analyse économique.

Les mesures de protection sélectionnées modifient les paramètres et composantes du risque.  
Les valeurs des paramètres du risque liées à la structure protégée sont énumérés ci-dessous.

Zone Z1: Magasin / chaudronnerie

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Alimentation BT USINE) = 1,00E+00

Pc (Alimentation BT Administratif) = 1,00E+00

Pc (Alimentation BT Accueil) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (Alimentation BT USINE) = 1,00E-04

Pm (Alimentation BT Administratif) = 1,00E-04

Pm (Alimentation BT Accueil) = 1,00E-04

Pm = 3,00E-04

Pu (Alimentation BT USINE) = 3,00E-02

Pv (Alimentation BT USINE) = 3,00E-02

Pw (Alimentation BT USINE) = 1,00E+00

Pz (Alimentation BT USINE) = 2,00E-01

Pu (Alimentation BT Administratif) = 1,00E+00

Pv (Alimentation BT Administratif) = 1,00E+00

Pw (Alimentation BT Administratif) = 1,00E+00

Pz (Alimentation BT Administratif) = 2,00E-01

Pu (Alimentation BT Accueil) = 1,00E+00

Pv (Alimentation BT Accueil) = 1,00E+00

Pw (Alimentation BT Accueil) = 1,00E+00

Pz (Alimentation BT Accueil) = 2,00E-01

ra = 0,01

rp = 0,5

rf = 0,01

h = 2

Risque R1: pertes en vies humaines

Les valeurs des composantes de risque pour la structure protégées sont énumérées ci-dessous.

Z1: Magasin / chaudronnerie

RB: 2,08E-06

RU(Alimentation BT USINE): 4,85E-09

RV(Alimentation BT USINE): 2,42E-06

RU(Alimentation BT Administratif): 2,80E-09

RV(Alimentation BT Administratif): 1,40E-06

RU(Alimentation BT Accueil): 2,62E-09

RV(Alimentation BT Accueil): 1,31E-06

Total: 7,22E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 7,22E-06

## 8. CONCLUSIONS

Après la mise en place des mesures de protection (qui doivent être correctement conçus), l'évaluation du risque est :

Risque inférieur au risque tolérable:R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date 29/04/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 62 B (m): 60 H (m): 6,5  
 Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts ( $C_d = 0,25$ )  
 Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 1,72$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT USINE  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 150$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 450 B (m): 250 H (m): 16  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus petits

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT Administratif  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 50$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 37 B (m): 15 H (m): 10  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT Accueil  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 50$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 65 B (m): 9 H (m): 8  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

### APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Magasin / chaudronnerie  
 Type de zone: Intérieur  
 Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )  
 Risque d'incendie: ordinaire ( $r_f = 0,01$ )  
 Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )

Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )  
 zone de protection: Aucun bouclier  
 Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

**Réseaux interneAlimentation BT USINE**

Connecté à la ligne Alimentation BT USINE  
 câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
 Tension de tenue: 4,0 kV  
 Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interneAlimentation BT Administratif**

Connecté à la ligne Alimentation BT Administratif  
 câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
 Tension de tenue: 4,0 kV  
 Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

**Réseaux interneAlimentation BT Accueil**

Connecté à la ligne Alimentation BT Accueil  
 câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
 Tension de tenue: 4,0 kV  
 Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

Valeur moyenne des pertes pour la zone:Magasin / chaudronnerie  
 Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1)  $L_t = 0,0001$   
 Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1)  $L_f = 0,05$

Risque et composantes du risque pour la zone:Magasin / chaudronnerie  
 Risque 1:  $R_b \quad R_u \quad R_v$

**APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.**

**Structure**

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 9,67E-03 \text{ km}^2$   
 Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 2,61E-01 \text{ km}^2$   
 Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 4,16E-03$   
 Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m = 4,45E-01$

**Lignes électriques**

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes ( $A_l$ ) et aux coups de foudre à proximité ( $A_i$ ) des lignes:

Alimentation BT USINE  
 $A_l = 0,001845 \text{ km}^2$

$$A_i = 0,083853 \text{ km}^2$$

Alimentation BT Administratif

$$A_l = 0,000011 \text{ km}^2$$

$$A_i = 0,027951 \text{ km}^2$$

Alimentation BT Accueil

$$A_l = 0,000145 \text{ km}^2$$

$$A_i = 0,027951 \text{ km}^2$$

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes (NI), et aux coups de foudre à proximité (Ni) des lignes:

Alimentation BT USINE

$$N_l = 0,000793$$

$$N_i = 0,014423$$

Alimentation BT Administratif

$$N_l = 0,000005$$

$$N_i = 0,004808$$

Alimentation BT Accueil

$$N_l = 0,000062$$

$$N_i = 0,004808$$

## APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée

Zone Z1: Magasin / chaudronnerie

$$P_a = 1,00E+00$$

$$P_b = 1,0$$

$$P_c (\text{Alimentation BT USINE}) = 1,00E+00$$

$$P_c (\text{Alimentation BT Administratif}) = 1,00E+00$$

$$P_c (\text{Alimentation BT Accueil}) = 1,00E+00$$

$$P_c = 1,00E+00$$

$$P_m (\text{Alimentation BT USINE}) = 1,00E-04$$

$$P_m (\text{Alimentation BT Administratif}) = 1,00E-04$$

$$P_m (\text{Alimentation BT Accueil}) = 1,00E-04$$

$$P_m = 3,00E-04$$

$$P_u (\text{Alimentation BT USINE}) = 1,00E+00$$

$$P_v (\text{Alimentation BT USINE}) = 1,00E+00$$

$$P_w (\text{Alimentation BT USINE}) = 1,00E+00$$

$$P_z (\text{Alimentation BT USINE}) = 2,00E-01$$

$$P_u (\text{Alimentation BT Administratif}) = 1,00E+00$$

$$P_v (\text{Alimentation BT Administratif}) = 1,00E+00$$

$$P_w (\text{Alimentation BT Administratif}) = 1,00E+00$$

$$P_z (\text{Alimentation BT Administratif}) = 2,00E-01$$

$$P_u (\text{Alimentation BT Accueil}) = 1,00E+00$$

Pv (Alimentation BT Accueil) = 1,00E+00  
Pw (Alimentation BT Accueil) = 1,00E+00  
Pz (Alimentation BT Accueil) = 2,00E-01

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

Musée

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiemnt

Densité de foudroiemnt dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### 4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 35   B (m): 8   H (m): 4

Le type de structure usuel est : Musée

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :

- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

#### 4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: Alimentation BT

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

#### 4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Musée

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

### 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition  $A_d$  due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition  $A_m$  due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition  $A_l$  et  $A_i$  pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode

d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

## 6. EVALUATION DES RISQUES

### 6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

#### 6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Musée

RB: 1,51E-07

RU(Alimentation BT): 2,87E-09

RV(Alimentation BT): 5,74E-07

Total: 7,28E-07

Valeur du risque total R1 pour la structure : 7,28E-07

#### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total  $R1 = 7,28E-07$  est inférieur au risque tolérable  $RT = 1E-05$

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Par conséquent, le risque total  $R1 = 7,28E-07$  est inférieur au risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il n'est pas nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire.

## 8. CONCLUSIONS

Risque inférieur au risque tolérable:R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date29/04/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 35 B (m): 8 H (m): 4

Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts ( $C_d = 0,25$ )

Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 1,72$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 50$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 37 B (m): 15 H (m): 10

Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

### APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Musée

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )

Risque d'incendie: ordinaire ( $r_f = 0,01$ )

Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )

Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneAlimentation BT

Connecté à la ligne Alimentation BT

câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )

Tension de tenue: 4,0 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

Valeur moyenne des pertes pour la zone:Musée

Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1)  $L_t = 0,0001$

Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1)  $L_f = 0,02$

Risque et composantes du risque pour la zone:Musée

Risque 1:  $R_b$   $R_u$   $R_v$

**APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.**

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 1,76E-03 \text{ km}^2$

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 2,18E-01 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 7,57E-04$

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m = 3,74E-01$

Lignes électriques

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes ( $A_l$ ) et aux coups de foudre à proximité ( $A_i$ ) des lignes:

Alimentation BT

$A_l = 0,000179 \text{ km}^2$

$A_i = 0,027951 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes ( $N_l$ ), et aux coups de foudre à proximité ( $N_i$ ) des lignes:

Alimentation BT

$N_l = 0,000077$

$N_i = 0,004808$

**APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: Musée

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

$P_c$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m$  (Alimentation BT) =  $1,00E-04$

$P_m = 1,00E-04$

$P_u$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$

$P_v$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$

$P_w$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Alimentation BT) =  $2,00E-01$

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

Accueil / Syndicat

## INDEX

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

### 1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiement

Densité de foudroiement dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### 4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 65    B (m): 9    H (m): 8

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :

- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

#### 4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: Alimentation BT
- Ligne Telecom: Courant faible Usine
- Ligne Telecom: Courants faibles Administratif
- Ligne Telecom: Courant faible Orange

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

#### 4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Accueil / syndicat

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

### 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition  $A_d$  due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition  $A_m$  due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition  $A_l$  et  $A_i$  pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode

d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

## **6. EVALUATION DES RISQUES**

### **6.1 Risque R1: pertes en vies humaines**

#### **6.1.1 Calcul de R1**

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Accueil / syndicat

RB: 1,28E-06

RU(Alimentation BT): 4,22E-09

RV(Alimentation BT): 2,11E-06

RU(Courant faible Usine): 1,61E-07

RV(Courant faible Usine): 8,04E-05

RU(Courants faibles administratif): 2,80E-09

RV(Courants faibles administratif): 1,40E-06

RU(Courants faible Orange): 1,26E-08

RV(Courants faible Orange): 6,30E-06

Total: 9,17E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 9,17E-05

#### **6.1.2 Analyse du risque R1**

Le risque total R1 = 9,17E-05 est plus grand que le risque tolérable RT = 1E-05, et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire. composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - Accueil / syndicat

RD = 1,3959 %

RI = 98,6041 %

Total = 100 %

RS = 0,1968 %

RF = 99,8032 %

RO = 0 %

Total = 100 %

où:

- RD = RA + RB + RC

- RI = RM + RU + RV + RW + RZ

- $RS = RA + RU$
- $RF = RB + RV$
- $RO = RM + RC + RW + RZ$

et :

- RD est le risque dû aux coups de foudre frappant la structure
- RI est le risque dû aux coups de foudre ayant une influence sur la structure bien que ne la frappant pas directement
- RS est le risque dû aux blessures des êtres vivants
- RF est le risque dû aux dommages physiques
- RO est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Les valeurs énumérées ci-dessus, montrent que le risque R1 de la structure est essentiellement présent dans les zones suivantes :

Z1 - Accueil / syndicat (100 %)

- essentiellement due à dommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre influençant la structure, mais ne la frappant pas directement
- la principale contribution à la valeur du risque R1 à l'intérieur de la zone est déterminée suivant

les composantes du risque :

$RV$  (Courant faible Usine) = 87,7099 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Afin de réduire le risque R1 au-dessous du risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il est nécessaire d'agir sur les éléments de risque suivants:

- RV dans les zones:  
Z1 - Accueil / syndicat

en utilisant au moins une des mesures de protection possibles suivantes:

- pour la composante du risque V:
  - 1) Paratonnerre
  - 2) Parafoudre à l'entrée de la ligne
  - 3) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
  - 4) L'augmentation de la tension de tenue des équipements

Afin de protéger la structure les mesures de protection suivantes sont sélectionnées:

- Pour la ligne Ligne1 - Alimentation BT:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne2 - Courant faible Usine:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV

- Pour la ligne Ligne3 - Courants faibles Administratif:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne4 - Courant faible Orange:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV

Le risque R4 n'a pas été évalué parce que le client n'a pas demandé d'analyse économique.

Les mesures de protection sélectionnées modifient les paramètres et composantes du risque. Les valeurs des paramètres du risque liées à la structure protégée sont énumérés ci-dessous.

Zone Z1: Accueil / syndicat

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Alimentation BT) = 1,00E+00

Pc (Courant faible Usine) = 1,00E+00

Pc (Courants faibles administratif) = 1,00E+00

Pc (Courants faible Orange) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (Alimentation BT) = 1,00E-04

Pm (Courant faible Usine) = 1,00E-04

Pm (Courants faibles administratif) = 1,00E-04

Pm (Courants faible Orange) = 1,00E-04

Pm = 4,00E-04

Pu (Alimentation BT) = 3,00E-02

Pv (Alimentation BT) = 3,00E-02

Pw (Alimentation BT) = 1,00E+00

Pz (Alimentation BT) = 2,00E-01

Pu (Courant faible Usine) = 3,00E-02

Pv (Courant faible Usine) = 3,00E-02

Pw (Courant faible Usine) = 1,00E+00

Pz (Courant faible Usine) = 1,50E-01

Pu (Courants faibles administratif) = 3,00E-02

Pv (Courants faibles administratif) = 3,00E-02

Pw (Courants faibles administratif) = 1,00E+00

Pz (Courants faibles administratif) = 1,50E-01

Pu (Courants faible Orange) = 3,00E-02

Pv (Courants faible Orange) = 3,00E-02

Pw (Courants faible Orange) = 1,00E+00

Pz (Courants faible Orange) = 1,50E-01

ra = 0,01

rp = 0,5

rf = 0,01

h = 2

Risque R1: pertes en vies humaines

Les valeurs des composantes de risque pour la structure protégées sont énumérées ci-dessous.

Z1: Accueil / syndicat  
RB: 1,28E-06  
RU(Alimentation BT): 1,27E-10  
RV(Alimentation BT): 6,33E-08  
RU(Courant faible Usine): 4,82E-09  
RV(Courant faible Usine): 2,41E-06  
RU(Courants faibles administratif): 8,39E-11  
RV(Courants faibles administratif): 4,19E-08  
RU(Courants faible Orange): 3,78E-10  
RV(Courants faible Orange): 1,89E-07  
Total: 4,00E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 4,00E-06

## 8. CONCLUSIONS

Après la mise en place des mesures de protection (qui doivent être correctement conçus), l'évaluation du risque est :

Risque inférieur au risque tolérable:R1

**SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA FOUUDRE.**

Date 29/04/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 65 B (m): 9 H (m): 8

Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts ( $C_d = 0,25$ )

Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 1,72$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 50$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 62 B (m): 60 H (m): 6,5

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Courant faible Usine

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal aérienne

Longueur (m)  $L_c = 50$

Hauteur par rapport au sol (m)  $H_c = 5$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Blindage (ohm / km)connecté à la même bar équipotentielle de l'équipement:  $5 < R \leq 20$  ohm/km

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 450 B (m): 250 H (m): 16

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus petits

Caractéristiques des lignes: Courants faibles Administratif

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal aérienne

Longueur (m)  $L_c = 50$

Hauteur par rapport au sol (m)  $H_c = 5$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Blindage (ohm / km)connecté à la même bar équipotentielle de l'équipement:  $5 < R \leq 20$  ohm/km

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 37 B (m): 15 H (m): 10

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Courant faible Orange

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal aérienne

Longueur (m)  $L_c = 1000$

Hauteur par rapport au sol (m)  $H_c = 5$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Blindage (ohm / km)connecté à la même bar équipotentielle de l'équipement:  $5 < R \leq 20$  ohm/km

### **APPENDICE - Caractéristiques des zones**

Caractéristiques de la zone: Accueil / syndicat

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )

Risque d'incendie: ordinaire ( $r_f = 0,01$ )

Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )

Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneAlimentation BT

Connecté à la ligne Alimentation BT  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de 0,5 m<sup>2</sup> (Ks3 = 0,02)  
Tension de tenue: 4,0 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Réseaux interne Courant faible Usine  
Connecté à la ligne Courant faible Usine  
câblage: câble blindé 5 <R <= 20 ohm / km (Ks3 = 0,001)  
Tension de tenue: 1,5 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Réseaux interne Courants faibles administratif  
Connecté à la ligne Courants faibles Administratif  
câblage: câble blindé 5 <R <= 20 ohm / km (Ks3 = 0,001)  
Tension de tenue: 1,5 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Réseaux interne Courants faible Orange  
Connecté à la ligne Courant faible Orange  
câblage: câble blindé 5 <R <= 20 ohm / km (Ks3 = 0,001)  
Tension de tenue: 1,5 kV  
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Valeur moyenne des pertes pour la zone: Accueil / syndicat  
Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) Lt = 0,0001  
Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) Lf = 0,05

Risque et composantes du risque pour la zone: Accueil / syndicat  
Risque 1: Rb Ru Rv

**APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.**

**Structure**

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure Ad = 5,95E-03 km<sup>2</sup>  
Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure Am = 2,34E-01 km<sup>2</sup>  
Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure Nd = 2,56E-03  
Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure Nm = 4,00E-01

**Lignes électriques**

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes (Al) et aux coups de foudre à proximité (Ai) des lignes:

Alimentation BT  
Al = 0,000145 km<sup>2</sup>  
Ai = 0,027951 km<sup>2</sup>

Courant faible Usine

AI = 0,000000 km<sup>2</sup>

Ai = 0,050000 km<sup>2</sup>

Courants faibles Administratif

AI = 0,000000 km<sup>2</sup>

Ai = 0,050000 km<sup>2</sup>

Courant faible Orange

AI = 0,029280 km<sup>2</sup>

Ai = 1,000000 km<sup>2</sup>

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes (NI), et aux coups de foudre à proximité (Ni) des lignes:

Alimentation BT

NI = 0,000062

Ni = 0,004808

Courant faible Usine

NI = 0,000000

Ni = 0,008600

Courants faibles Administratif

NI = 0,000000

Ni = 0,008600

Courant faible Orange

NI = 0,012590

Ni = 0,172000

**APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: Accueil / syndicat

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Alimentation BT) = 1,00E+00

Pc (Courant faible Usine) = 1,00E+00

Pc (Courants faibles administratif) = 1,00E+00

Pc (Courants faible Orange) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (Alimentation BT) = 1,00E-04

Pm (Courant faible Usine) = 1,00E-04

Pm (Courants faibles administratif) = 1,00E-04

Pm (Courants faible Orange) = 1,00E-04

Pm = 4,00E-04

Pu (Alimentation BT) = 1,00E+00  
Pv (Alimentation BT) = 1,00E+00  
Pw (Alimentation BT) = 1,00E+00  
Pz (Alimentation BT) = 2,00E-01  
Pu (Courant faible Usine) = 1,00E+00  
Pv (Courant faible Usine) = 1,00E+00  
Pw (Courant faible Usine) = 1,00E+00  
Pz (Courant faible Usine) = 1,50E-01  
Pu (Courants faibles administratif) = 1,00E+00  
Pv (Courants faibles administratif) = 1,00E+00  
Pw (Courants faibles administratif) = 1,00E+00  
Pz (Courants faibles administratif) = 1,50E-01  
Pu (Courants faible Orange) = 1,00E+00  
Pv (Courants faible Orange) = 1,00E+00  
Pw (Courants faible Orange) = 1,00E+00  
Pz (Courants faible Orange) = 1,50E-01

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

#### **Information sur le projeteur**

**Client:**

Client: Parc 23  
description de la structure :  
Adresse:  
Ville:  
Région

#### **INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiemnt

Densité de foudroiemnt dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### 4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 35    B (m): 11    H (m): 6,5

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit

être calculé :  
- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

#### 4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Parc 23

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

### 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition  $A_d$  due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition  $A_m$  due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition  $A_l$  et  $A_i$  pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

### 6. EVALUATION DES RISQUES

## 6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

### 6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Parc 23

RB: 7,25E-07

Total: 7,25E-07

Valeur du risque total R1 pour la structure : 7,25E-07

### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total  $R1 = 7,25E-07$  est inférieur au risque tolérable  $RT = 1E-05$

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Par conséquent, le risque total  $R1 = 7,25E-07$  est inférieur au risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il n'est pas nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire.

## 8. CONCLUSIONS

Risque inférieur au risque tolérable: R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date 29/04/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 35 B (m): 11 H (m): 6,5

Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts ( $Cd = 0,25$ )

Blindage de structure : Aucun bouclier équivalence de foudroiement ( $1/km^2 an$ )  $Ng = 1,72$

**APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes**

**APPENDICE - Caractéristiques des zones**

Caractéristiques de la zone: Parc 23

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )

Risque d'incendie: ordinaire ( $r_f = 0,01$ )

Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )

Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Valeur moyenne des pertes pour la zone: Parc 23

Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1)  $L_t = 0,0001$

Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1)  $L_f = 0,05$

Risque et composantes du risque pour la zone: Parc 23

Risque 1:  $R_b$   $R_u$   $R_v$

**APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.**

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 3,37E-03$  km<sup>2</sup>

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 2,20E-01$  km<sup>2</sup>

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 1,45E-03$

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m = 3,77E-01$

Lignes électriques

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes ( $A_l$ ) et aux coups de foudre à proximité ( $A_i$ ) des lignes:

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes ( $N_l$ ), et aux coups de foudre à proximité ( $N_i$ ) des lignes:

**APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: Parc 23

Pa = 1,00E+00  
Pb = 1,0  
Pc = 1,00E+00  
Pm = 1,00E+00

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

#### **Information sur le projeteur**

**Client:**

Client: Parc A  
description de la structure :  
Adresse:  
Ville:  
Région

#### **INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiement

Densité de foudroiement dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### 4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 85    B (m): 40    H (m): 10

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit

être calculé :  
- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

#### 4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: Parc A

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

### 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition  $A_d$  due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition  $A_m$  due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition  $A_l$  et  $A_i$  pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

### 6. EVALUATION DES RISQUES

## 6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

### 6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: Parc A

RB: 5,89E-07

Total: 5,89E-07

Valeur du risque total R1 pour la structure : 5,89E-07

### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total  $R1 = 5,89E-07$  est inférieur au risque tolérable  $RT = 1E-05$

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Par conséquent, le risque total  $R1 = 5,89E-07$  est inférieur au risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il n'est pas nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire.

## 8. CONCLUSIONS

Risque inférieur au risque tolérable: R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date 29/04/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 85 B (m): 40 H (m): 10

Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus petits ( $Cd = 0,5$ )

Blindage de structure : Aucun bouclier équivalence de foudroiement ( $1/km^2 \text{ an}$ )  $Ng = 1,72$

**APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes**

**APPENDICE - Caractéristiques des zones**

Caractéristiques de la zone: Parc A

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )

Risque d'incendie: faible ( $r_f = 0,001$ )

Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )

Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Valeur moyenne des pertes pour la zone: Parc A

Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1)  $L_t = 0,0001$

Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1)  $L_f = 0,05$

Risque et composantes du risque pour la zone: Parc A

Risque 1:  $R_b$   $R_u$   $R_v$

**APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.**

**Structure**

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 1,37E-02$  km<sup>2</sup>

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 2,62E-01$  km<sup>2</sup>

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 1,18E-02$

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m = 4,39E-01$

**Lignes électriques**

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes ( $A_l$ ) et aux coups de foudre à proximité ( $A_i$ ) des lignes:

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes ( $N_l$ ), et aux coups de foudre à proximité ( $N_i$ ) des lignes:

**APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: Parc A

Pa = 1,00E+00  
Pb = 1,0  
Pc = 1,00E+00  
Pm = 1,00E+00

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

#### **Information sur le projeteur**

**Client:**

Client:O-I STEP  
description de la structure :  
Adresse:  
Ville:  
Région

#### **INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiemnt

Densité de foudroiemnt dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### 4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 27    B (m): 10    H (m): 5

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit

être calculé :  
- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

### **4.3 Données des lignes électriques**

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:  
- Ligne de puissance: Alimentation BT

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

### **4.4 Définition et caractéristiques des zones**

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: O-I STEP

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

## **5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES**

La surface d'exposition Ad due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition Am due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition Ai et Ai pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

## 6. EVALUATION DES RISQUES

### 6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

#### 6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: O-I STEP

RB: 4,49E-07

RU(Alimentation BT): 1,62E-07

RV(Alimentation BT): 8,10E-05

Total: 8,16E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 8,16E-05

#### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total  $R1 = 8,16E-05$  est plus grand que le risque tolérable  $RT = 1E-05$ , et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire. Les composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - O-I STEP

RD = 0,5503 %

RI = 99,4497 %

Total = 100 %

RS = 0,1985 %

RF = 99,8015 %

RO = 0 %

Total = 100 %

où:

- RD = RA + RB + RC

- RI = RM + RU + RV + RW + RZ

- RS = RA + RU

- RF = RB + RV

- RO = RM + RC + RW + RZ

et :

- RD est le risque dû aux coups de foudre frappant la structure

- RI est le risque dû aux coups de foudre ayant une influence sur la structure bien que ne la frappant pas directement

- RS est le risque dû aux blessures des êtres vivants

- RF est le risque dû aux dommages physiques

- RO est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Les valeurs énumérées ci-dessus, montrent que le risque R1 de la structure est essentiellement présent dans les zones suivantes :

**Z1 - O-I STEP (100 %)**

- essentiellement due à dommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre influençant la structure, mais ne la frappant pas directement

- la principale contribution à la valeur du risque R1 à l'intérieur de la zone est déterminée suivant

les composantes du risque :

RV (Alimentation BT) = 99,2512 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

**7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION**

Afin de réduire le risque R1 au-dessous du risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il est nécessaire d'agir sur les éléments de risque suivants:

- RV dans les zones:  
Z1 - O-I STEP

en utilisant au moins une des mesures de protection possibles suivantes:

- pour la composante du risque V:
  - 1) Paratonnerre
  - 2) Parafoudre à l'entrée de la ligne
  - 3) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
  - 4) L'augmentation de la tension de tenue des équipements

Afin de protéger la structure les mesures de protection suivantes sont sélectionnées:

- Pour la ligne Ligne1 - Alimentation BT:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV

Le risque R4 n'a pas été évalué parce que le client n'a pas demandé d'analyse économique.

Les mesures de protection sélectionnées modifient les paramètres et composantes du risque. Les valeurs des paramètres du risque liées à la structure protégée sont énumérés ci-dessous.

**Zone Z1: O-I STEP**

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Alimentation BT) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (Alimentation BT) = 1,00E-04

Pm = 1,00E-04

Pu (Alimentation BT) = 3,00E-02

Pv (Alimentation BT) = 3,00E-02  
Pw (Alimentation BT) = 1,00E+00  
Pz (Alimentation BT) = 2,00E-01  
ra = 0,01  
rp = 0,5  
rf = 0,01  
h = 2

Risque R1: pertes en vies humaines

Les valeurs des composantes de risque pour la structure protégées sont énumérées ci-dessous.

Z1: O-I STEP  
RB: 4,49E-07  
RU(Alimentation BT): 4,86E-09  
RV(Alimentation BT): 2,43E-06  
Total: 2,88E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 2,88E-06

## 8. CONCLUSIONS

Après la mise en place des mesures de protection (qui doivent être correctement conçus), l'évaluation du risque est :

Risque inférieur au risque tolérable:R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA FOUUDRE.

Date29/04/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 27 B (m): 10 H (m): 5  
Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts (Cd = 0,25)  
Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement (1/km<sup>2</sup> an) Ng = 1,72

**APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes**

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 200$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20$  m)

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 450 B (m): 250 H (m): 16

Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus petits

**APPENDICE - Caractéristiques des zones**

Caractéristiques de la zone: O-I STEP

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )

Risque d'incendie: ordinaire ( $r_f = 0,01$ )

Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )

Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneAlimentation BT

Connecté à la ligne Alimentation BT

câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )

Tension de tenue: 4,0 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

Valeur moyenne des pertes pour la zone:O-I STEP

Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1)  $L_t = 0,0001$

Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1)  $L_f = 0,05$

Risque et composantes du risque pour la zone:O-I STEP

Risque 1:  $R_b$   $R_u$   $R_v$

**APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.**

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 2,09E-03 \text{ km}^2$

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 2,15E-01 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 8,99E-04$

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m$

=3,69E-01

Lignes électriques

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes (Al) et aux coups de foudre à proximité (Ai) des lignes:

Alimentation BT

Al = 0,003063 km<sup>2</sup>

Ai = 0,111803 km<sup>2</sup>

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes (NI), et aux coups de foudre à proximité (Ni) des lignes:

Alimentation BT

NI = 0,001317

Ni = 0,019230

#### **APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: O-I STEP

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Alimentation BT) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (Alimentation BT) = 1,00E-04

Pm = 1,00E-04

Pu (Alimentation BT) = 1,00E+00

Pv (Alimentation BT) = 1,00E+00

Pw (Alimentation BT) = 1,00E+00

Pz (Alimentation BT) = 2,00E-01

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

Zone Acétylène / Oxygène

## Calcul du risque R1

Nous nous proposons de considérer les deux composantes présentes pour ce type de structure (bouteilles confinées dans un cadre métallique) et dans ce type d'environnement (parc de stockage constitué de plusieurs cadres identiques, en extérieur), à savoir RA (blessures aux être vivants, dues aux tensions de pas au voisinage du cadre) et RB (dommages physiques, dus aux risques d'incendie inhérents à la nature du gaz inflammable, risque pris en compte dans les études de danger de nos sites).

### **1 Dimensions de la zone**

Longueur L : 9 m  
Largeur W : 5 m  
Hauteur H : 4 m

Pour une structure rectangulaire, la formule (indiquée dans la norme NF EN 62305-2) donnant l'aire équivalente est :

$$Ad = L \times W + 6 \times H \times (L+W) + 9 \times Pi \times (H)^2, \text{ avec } Pi = 3.1416$$

Dans ce cas,  $Ad = 8,33E^4 \text{ km}^2$

### **2 Calcul du Risque RA (blessures aux êtres vivants)**

$$RA = ND \times PA \times LA$$

Avec  $ND = Ng \times Ad \times Cd \cdot 10^{-6}$  et  $LA = ra \times Lt$

- Ad = 1446,858
- Cd = 0,25 (bâtiment de hauteur supérieur situé à proximité)
- Nsg = 1,72
- PA = 1 un employé à pied peut se trouver dans la zone dangereuse (hypothèse pénalisante) et il n'existe aucune protection contre les tensions de pas.
- ra = 0,01 (sol en béton)
- Lt =  $5 \cdot 10^{-2}$  (type de structure industrielle)

Le calcul donne : **RA =  $1,79 \cdot 10^{-7}$**

### 3 Calcul du Risque RB (dommages physiques) sans protection

$$RB = ND \times PB \times LB$$

Avec  $ND = Ng \times Ad \times Cd \cdot 10^{-6}$  et  $LB = r \times rf \times h \times Lf$

- Ad = 1446,858
- Cd = 0,25 (bâtiment de hauteur supérieur situé à proximité)
- Nsg = 1,72
- PB = 1 (pas de SPF)
- r = 0,2 (extinction Automatique)
- rf =  $10^{-1}$  (risque d'incendie élevé dus à la charge calorifique calculé supérieur à 800MJ/m<sup>2</sup>)
- h = 1 (pas de risque particulier, risque de panique inexistant sur une zone extérieure)
- Lf =  $5 \cdot 10^{-2}$  (Structure industrielle)

Le calcul donne :  **$RB = 3,58 \cdot 10^{-6}$**

### 4 Conclusions sans protection

$$R_1 = R_A + R_B$$

$$R_1 = 1,79 \cdot 10^{-7} + 3,58 \cdot 10^{-6}$$

$$R_1 = 3,76 \cdot 10^{-6}$$

$$R_1 < R_T$$

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

Poste de distribution GPL

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

## **1. CONTENU DU DOCUMENT**

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## **2. NORMES TECHNIQUES**

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## **3. STRUCTURE A PROTEGER**

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## **4. DONNEES D'ENTREES**

### **4.1 Densité de foudroiemnt**

Densité de foudroiemnt dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### **4.2 Données de la structure**

Les dimensions maximales de la structure sont :

A (m): 4   B (m): 4   H (m): 3

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :

- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

#### 4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: Alimentation BT

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

#### 4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: O-I Poste de distribution GPL

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

### 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition  $A_d$  due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.

La surface d'exposition  $A_m$  due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.

Les surfaces d'exposition  $A_l$  et  $A_i$  pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode

d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

## **6. EVALUATION DES RISQUES**

### **6.1 Risque R1: pertes en vies humaines**

#### **6.1.1 Calcul de R1**

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: O-I Poste de distribution GPL

RB: 1,78E-06

RU(Alimentation BT): 9,53E-09

RV(Alimentation BT): 4,76E-05

Total: 4,94E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 4,94E-05

#### **6.1.2 Analyse du risque R1**

Le risque total  $R1 = 4,94E-05$  est plus grand que le risque tolérable  $RT = 1E-05$ , et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire. Composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - O-I Poste de distribution GPL

RD = 3,6013 %

RI = 96,3987 %

Total = 100 %

RS = 0,0193 %

RF = 99,9807 %

RO = 0 %

Total = 100 %

où:

- RD = RA + RB + RC

- RI = RM + RU + RV + RW + RZ

- RS = RA + RU

- RF = RB + RV

- RO = RM + RC + RW + RZ

et :

- RD est le risque dû aux coups de foudre frappant la structure

- RI est le risque dû aux coups de foudre ayant une influence sur la structure bien que ne la frappant pas directement
- RS est le risque dû aux blessures des êtres vivants
- RF est le risque dû aux dommages physiques
- RO est le risque dû aux défaillances des réseaux internes.

Les valeurs énumérées ci-dessus, montrent que le risque R1 de la structure est essentiellement présent dans les zones suivantes :

Z1 - O-I Poste de distribution GPL (100 %)

- essentiellement due à dommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre influençant la structure, mais ne la frappant pas directement
- la principale contribution à la valeur du risque R1 à l'intérieur de la zone est déterminée suivant

les composantes du risque :

RV (Alimentation BT) = 96,3795 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Afin de réduire le risque R1 au-dessous du risque tolérable  $RT = 1E-05$ , il est nécessaire d'agir sur les éléments de risque suivants:

- RV dans les zones:  
Z1 - O-I Poste de distribution GPL

en utilisant au moins une des mesures de protection possibles suivantes:

- pour la composante du risque V:
  - 1) Paratonnerre
  - 2) Parafoudre à l'entrée de la ligne
  - 3) Protections contre les incendies manuelles ou automatiques
  - 4) L'augmentation de la tension de tenue des équipements

Afin de protéger la structure les mesures de protection suivantes sont sélectionnées:

- Pour la ligne Ligne1 - Alimentation BT:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV

Le risque R4 n'a pas été évalué parce que le client n'a pas demandé d'analyse économique.

Les mesures de protection sélectionnées modifient les paramètres et composantes du risque. Les valeurs des paramètres du risque liées à la structure protégée sont énumérés ci-dessous.

Zone Z1: O-I Poste de distribution GPL  
 $Pa = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$   
 $P_c$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$   
 $P_c = 1,00E+00$   
 $P_m$  (Alimentation BT) =  $1,00E-04$   
 $P_m = 1,00E-04$   
 $P_u$  (Alimentation BT) =  $3,00E-02$   
 $P_v$  (Alimentation BT) =  $3,00E-02$   
 $P_w$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$   
 $P_z$  (Alimentation BT) =  $4,00E-01$   
 $r_a = 0,01$   
 $r_p = 0,5$   
 $r_f = 0,1$   
 $h = 2$

Risque R1: pertes en vies humaines

Les valeurs des composantes de risque pour la structure protégées sont énumérées ci-dessous.

Z1: O-I Poste de distribution GPL  
RB:  $1,78E-06$   
RU(Alimentation BT):  $2,86E-10$   
RV(Alimentation BT):  $1,43E-06$   
Total:  $3,21E-06$

Valeur du risque total R1 pour la structure :  $3,21E-06$

## 8. CONCLUSIONS

Après la mise en place des mesures de protection (qui doivent être correctement conçus), l'évaluation du risque est :

Risque inférieur au risque tolérable:R1

**SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA FOUUDRE.**

Date29/04/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 4 B (m): 4 H (m): 3

Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus petits ( $C_d = 0,5$ )

Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 1,72$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée

Longueur (m)  $L_c = 1000$

résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$

Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental ( $C_e$ ): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )

### APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: O-I Poste de distribution GPL

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )

Risque d'incendie: élevé ( $r_f = 0,1$ )

Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )

Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneAlimentation BT

Connecté à la ligne Alimentation BT

câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )

Tension de tenue: 2,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

Valeur moyenne des pertes pour la zone:O-I Poste de distribution GPL

Pertes dues aux tensions de contact (liées à  $R_1$ )  $L_t = 0,0001$

Pertes en raison des dommages physiques (liées à  $R_1$ )  $L_f = 0,05$

Risque et composantes du risque pour la zone:O-I Poste de distribution GPL

Risque 1:  $R_b$   $R_u$   $R_v$

### APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.

### Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 4,14E-04 \text{ km}^2$

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 2,00E-01 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 3,56E-04$

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m = 3,44E-01$

### Lignes électriques

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes ( $A_l$ ) et aux coups de foudre à proximité ( $A_i$ ) des lignes:

Alimentation BT

$A_l = 0,022159 \text{ km}^2$

$A_i = 0,559017 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes ( $N_l$ ), et aux coups de foudre à proximité ( $N_i$ ) des lignes:

Alimentation BT

$N_l = 0,009529$

$N_i = 0,096151$

### **APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: O-I Poste de distribution GPL

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

$P_c$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m$  (Alimentation BT) =  $1,00E-04$

$P_m = 1,00E-04$

$P_u$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$

$P_v$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$

$P_w$  (Alimentation BT) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Alimentation BT) =  $4,00E-01$

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

### **Évaluation des risques Sélection des mesures de protection**

STOCK

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiement.
  - 4.2 Données de la structure.
  - 4.3 Données des lignes électriques.
  - 4.4 Définition et caractéristiques des zones
5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES
6. EVALUATION DES RISQUES
  - 6.1 Risque  $R_1$  perte en vies humaines
    - 6.1.1 Calcul du risque  $R_1$
    - 6.1.2 Evaluation des risques  $R_1$
7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION
8. CONCLUSIONS
9. APPENDICES
10. ANNEXES

Structure de la mise en page  
Surface d'exposition  $A_d$   
Surface d'exposition  $A_m$

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

- Evaluation du risque par rapport à la foudre ;
- le projet de conception des mesures de protection requises.

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux  
mars 2006;
- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques  
mars 2006;
- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie  
mars 2006;
- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures  
mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiemnt

Densité de foudroiemnt dans la ville de où se trouve la structure :

$$N_g = 1,7 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

### 4.2 Données de la structure

La disposition de la structure est décrite dans l'annexe *Description de la structure* .

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :

- risque R1;

L'analyse économique, utile pour vérifier le rapport coût-efficacité des mesures de protection, n'a pas été exécuté parce que pas expressément requis par le client.

#### 4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: Alim BT

Les caractéristiques des lignes électriques sont décrites à l'Annexe *Caractéristiques des lignes électriques*.

#### 4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

- murs existants avec une résistance au feu de 120 min;
- Pièces déjà protégées ou qui devraient être opportun de protéger contre LEMP (impulsion électromagnétique de la foudre);
- type de sol à l'extérieur de la structure, le type de revêtement à l'intérieur de la structure et présence possible de personnes;
- autres caractéristiques de la structure, comme la disposition des réseaux internes et des mesures de protection existantes;

sont définies les zones suivantes :

Z1: STOCK

Les caractéristiques des zones, valeurs moyennes des pertes , le type de risque et les composants connexes sont présentées dans l'Appendice *Caractéristiques des zones*.

### 5. SURFACE D'EXPOSITION DE LA STRUCTURE ET DES LIGNES ELECTRIQUES

La surface d'exposition Ad due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode graphique selon la norme EN 62305-2, art.A.2 et il est indiqué dans l'annexe *Surface d'exposition Ad* .

La surface d'exposition Am due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée par la méthode graphique selon la norme EN 62305-2, art.A.3 et est indiquée dans l'annexe *Surface d'exposition Am* .

Les surfaces d'exposition Al et Ai pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode

d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.

Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux*.

Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée*.

## 6. EVALUATION DES RISQUES

### 6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

#### 6.1.1 Calcul de R1

Les valeurs des composantes du risque et la valeur du risque R1 sont listées ci-dessous.

Z1: STOCK

RB: 1,27E-06

RU(Alim BT): 9,36E-09

RV(Alim BT): 4,68E-07

Total: 1,75E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 1,75E-06

#### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total R1 = 1,75E-06 est inférieur au risque tolérable RT = 1E-05

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Par conséquent, le risque total R1 = 1,75E-06 est inférieur au risque tolérable RT = 1E-05, il n'est pas nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire.

## 8. CONCLUSIONS

Risque inférieur au risque tolérable:R1

SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA Foudre.

Date01/06/2021

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: se référer à l'annexe d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts ( $C_d = 0,25$ )  
Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 1,72$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Alim BT  
L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
Longueur (m)  $L_c = 1000$   
résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts  
Facteur environnemental (Ce): urbain ( $10 < h < 20 \text{ m}$ )

### APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: STOCK  
Type de zone: Intérieur  
Type de surface: Béton ( $r_u = 0,01$ )  
Risque d'incendie: faible ( $r_f = 0,001$ )  
Danger particulier: Niveau de panique faible ( $h = 2$ )  
Protections contre le feu: actionnés manuellement ( $r_p = 0,5$ )  
zone de protection: Aucun bouclier  
Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

#### Réseaux interne Alim BT

Connecté à la ligne Alim BT  
câblage: superficie de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$  ( $K_{s3} = 0,02$ )  
Tension de tenue:  $2,5 \text{ kV}$   
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ( $P_{spd} = 1$ )

Valeur moyenne des pertes pour la zone: STOCK  
Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1)  $L_t = 0,0001$   
Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1)  $L_f = 0,05$

Risque et composantes du risque pour la zone: STOCK  
Risque 1:  $R_b \ R_u \ R_v$

### APPENDICE - Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 5,93E-02 \text{ km}^2$   
Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 4,46E-01 \text{ km}^2$   
Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 2,55E-02$   
Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m = 7,42E-01$

#### Lignes électriques

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes ( $A_l$ ) et aux coups de foudre à proximité ( $A_i$ ) des lignes:

Alim BT

$A_l = 0,021757 \text{ km}^2$

$A_i = 0,559017 \text{ km}^2$

Nombre annuel d'événements dangereux dû aux coups de foudre directes ( $N_l$ ), et aux coups de foudre à proximité ( $N_i$ ) des lignes:

Alim BT

$N_l = 0,009355$

$N_i = 0,096151$

#### **APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: STOCK

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

$P_c (\text{Alim BT}) = 1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

$P_m (\text{Alim BT}) = 1,00E-04$

$P_m = 1,00E-04$

$P_u (\text{Alim BT}) = 1,00E+00$

$P_v (\text{Alim BT}) = 1,00E+00$

$P_w (\text{Alim BT}) = 1,00E+00$

$P_z (\text{Alim BT}) = 4,00E-01$



**ANNEXE 2**

**Lexique**

<b>Armatures d'acier interconnectées</b>	Armatures d'acier à l'intérieur d'une structure, considérées comme assurant une continuité électrique.
<b>Barre d'équipotentialité</b>	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.
<b>Borne ou barrette de coupure</b>	Dispositif conçu et placé de manière à faciliter les essais et mesures électriques des éléments de l'installation de protection contre la foudre.
<b>Conducteur (masse) de référence</b>	Système de conducteurs servant de référence de potentiel à d'autres conducteurs. On parle souvent du "zéro volt".
<b>Conducteur d'équipotentialité</b>	Conducteur permettant d'assurer l'équipotentialité.
<b>Conducteur de descente</b>	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.
<b>Conducteur de protection (PE)</b>	Conducteur destiné à relier les masses pour garantir la sécurité des personnes contre les chocs électriques.
<b>Coup de foudre</b>	Impact simple ou multiple de la foudre au sol.
<b>Coup de foudre direct</b>	Impact qui frappe directement la structure ou son installation de protection contre la foudre.
<b>Coup de foudre indirect</b>	Impact qui frappe à proximité de la structure et entraînant des effets conduits et induits dans et vers la structure.
<b>Couplage</b>	Mode de transmission d'une perturbation électromagnétique de la source à un circuit victime.
<b>Dispositif de capture</b>	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à capter les coups de foudre directs.
<b>Distance de séparation</b>	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.
<b>Effet de couronne ou Corona</b>	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.

<b>Niveau de protection</b>	Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité.
<b>Parafoudre ou parasurtenseur</b>	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.
<b>Paratonnerre</b>	Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre.
<b>P.D.A</b>	Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde.
<b>Point d'impact</b>	Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre.
<b>Prise de terre</b>	Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre.
<b>Régime de neutre</b>	<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"> <li>• La première indique la position du neutre par rapport à la terre:  <b>I</b>: neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance  <b>T</b>: neutre directement à la terre</li> <li>• La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre:  <b>T</b>: masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre)  <b>N</b>: masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (<b>N-S</b>), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (<b>N-C</b>).</li> </ul>
<b>Réseau de masse</b>	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.
<b>Réseau de terre</b>	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.
<b>Résistance de terre</b>	Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms ( $\Omega$ ),

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.