

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



### ROSTRENNEN (22)

# ANALYSE DU RISQUE Foudre SELON NF EN 62305-2



## ROSTRENEN (22)

**Référence document**

**RGC 22055**

**RESUME :**

Ce document représente le dossier d'Analyse du Risque Foudre d'un projet de bâtiment industriel de la société **APROBOIS**, situé sur la commune de **ROSTRENEN** dans le département des **Côtes d'Armor (22)**.

Il a été rédigé au terme de la mission que la société **UTILITIES PERFORMANCE** nous a confiée 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 19 juillet 2011 et de sa circulaire d'application du 24 avril 2008.

Rédacteur	Vérification	Approbation	Révision
Nom : <b>Martin GOIFFON</b> Date : 21/01/2015 Visa 	Nom : <b>Vincent GRAS</b> Date : 29/01/2015 Visa 	Nom : <b>Françoise BOUSQUET</b> Date : 29/01/2015 Visa 	<b>B</b>

**Diffusion : UTILITIES PERFORMANCE**

12, rue Olivier Serres  
49070 BEAUCOUZE  
Tel: +33241272365  
g.veillon@utilities-performance.com

**RG Consultant**

1 ex. 25 Avenue des Saules  
PDF 69600 Oullins  
Tél : 04 37 41 16 10  
Fax 04 72 30 13 36  
Email : [info@rg-consultant.com](mailto:info@rg-consultant.com)

**RG Consultant Agence Arc Atlantique**

8 rue Jean Jaurès  
35000 RENNES  
Tél : 02 30 02 79 98  
Email : [info@rg-consultant.com](mailto:info@rg-consultant.com)

Archive papier et informatique

**TABLE DES MODIFICATIONS**

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 22055	21/01/2015	Analyse du Risque Foudre
B	RGC 22055	30/01/2015	Révision suivant demandes Mr VEILLON

**LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR UTILITIES PERFORMANCE**

INTITULE	N° Fournis
Plans de masse	Oui
Vue en coupe	Non
Liste des rubriques ICPE	Oui
DDE	Non
Synoptique électrique	Oui
Zonage ATEX	Non
Descriptif général du projet	GVe/YCa

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **UTILITIES PERFORMANCE**, commanditaire de cette étude. 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>5</b>
1.1 OBJET .....	5
1.2 PRESENTATION GENERALE DU SITE .....	6
<b>2. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES .....</b>	<b>7</b>
2.1 TEXTES REGLEMENTAIRES .....	7
2.2 NORMES DE REFERENCES .....	7
<b>3. MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>8</b>
3.1 PRESENTATION GENERALE .....	8
3.2 LIMITE DE L’A.R.F .....	9
3.3 PRINCIPE DE L’ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1 .....	9
<b>4. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES .....</b>	<b>12</b>
4.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES.....	12
4.2 POTENTIELS DE DANGER.....	13
4.3 EVENEMENTS INITIATEURS.....	13
4.4 ZONES A RISQUES D’EXPLOSION .....	14
4.5 INSTALLATIONS POUR LA SECURITE .....	14
4.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L’ANALYSE DE RISQUE Foudre.....	15
<b>5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS.....</b>	<b>16</b>
5.1 BATIMENT A .....	16
5.2 BATIMENT D, E, G .....	16
5.3 SERVICES .....	16
5.3.1 <i>Caractéristiques du réseau de puissance</i> .....	16
5.3.2 <i>Caractéristiques du réseau de télécommunication</i> .....	17
5.3.3 <i>Chemins des réseaux</i> .....	17
5.3.4 <i>Protection incendie</i> .....	17
<b>6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre.....</b>	<b>18</b>
6.1 DONNEES GENERALES.....	18
6.2 BATIMENT A .....	18
6.2.1 <i>Données et caractéristiques de la structure</i> .....	18
6.2.1 <i>Données et caractéristiques des services</i> .....	19
6.2.2 <i>Données et caractéristiques du bâtiment</i> .....	21
6.3 BATIMENT D, E, G .....	22
6.3.1 <i>Données et caractéristiques de la structure</i> .....	22
6.3.2 <i>Données et caractéristiques des services</i> .....	23
6.3.3 <i>Données et caractéristiques du bâtiment</i> .....	25
6.4 CALCULS DU RISQUE R1 (PERTE DE VIE HUMAINE).....	27
6.4.1 <i>Bâtiment A</i> .....	27
6.4.2 <i>Bâtiment D, E, G</i> .....	30
<b>7. SYNTHÈSE .....</b>	<b>33</b>

## **ANNEXES**

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

**Annexe 2** : Liste des paramètres

**Annexe 3** : Lexique

## **1. INTRODUCTION**

### **1.1 Objet**

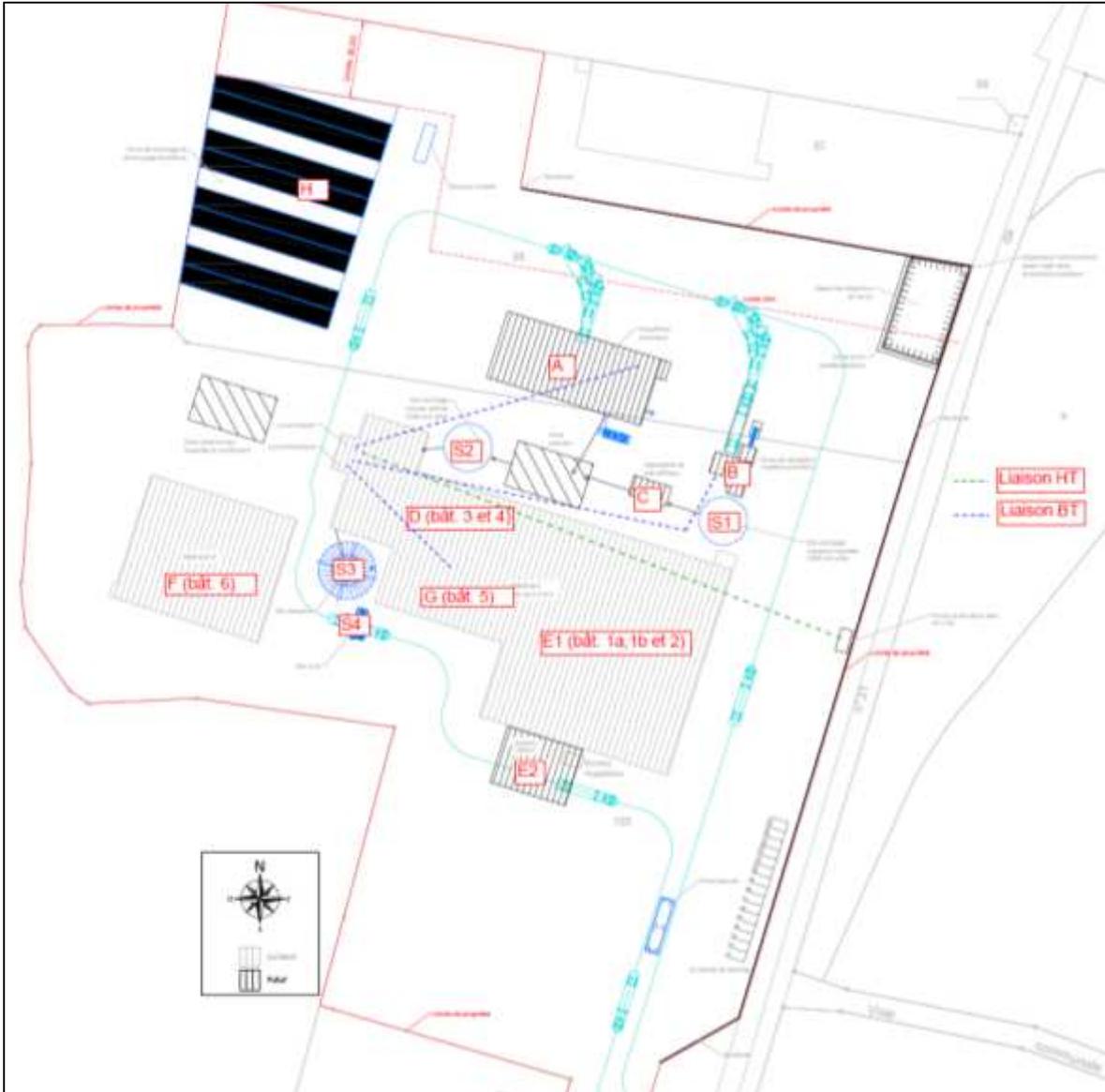
Le projet de création d'un établissement de production de granulés de bois sur un site existant de la commune de **ROSTRENE (22)** est soumis à Enregistrement au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et est soumis à l'arrêté du 19 juillet 2011 et sa circulaire d'application.

Une Analyse de Risque Foudre est réalisée conformément aux articles 1 et 2 de ce dernier. 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).

**1.2 Présentation générale du site**



**Plan n°1 : Plan de masse du projet**

Les installations existantes et projetées sont définies comme suit :

- **Bâtiments 1a, 1b** (1000 m<sup>2</sup> + 767 m<sup>2</sup>) : Bâtiments destinés au stockage de produits finis,
- **Bâtiment 2** (1 000 m<sup>2</sup>) : Bâtiment destiné au stockage de produits finis,
- **Bâtiment 3** (680 m<sup>2</sup>) : Bâtiment destiné au Process granulés de bois,
- **Bâtiment 4** (510 m<sup>2</sup>) : Bâtiment destiné au Process granulés de bois,
- **Bâtiment 5** (515 m<sup>2</sup>) : Bâtiment pour atelier, vestiaires et sanitaires.
- **Bâtiment 6** (1373 m<sup>2</sup>) : Bâtiment destiné au stockage de produits finis – environ 800 m<sup>2</sup>
- **Bâtiment administratif** (110 m<sup>2</sup>).

## **2. DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES**

### **2.1 Textes réglementaires**

**Arrêté du 4 octobre 2010** modifié par **l'arrêté du 19 juillet 2011** 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 19 juillet 2011.

### **2.2 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].

### 3. MÉTHODOLOGIE

#### 3.1 Présentation générale

Le déroulement de l'Analyse du Risque Foudre doit être conforme à la méthodologie développée dans l'Arrêté Ministériel du 19 juillet 2011 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

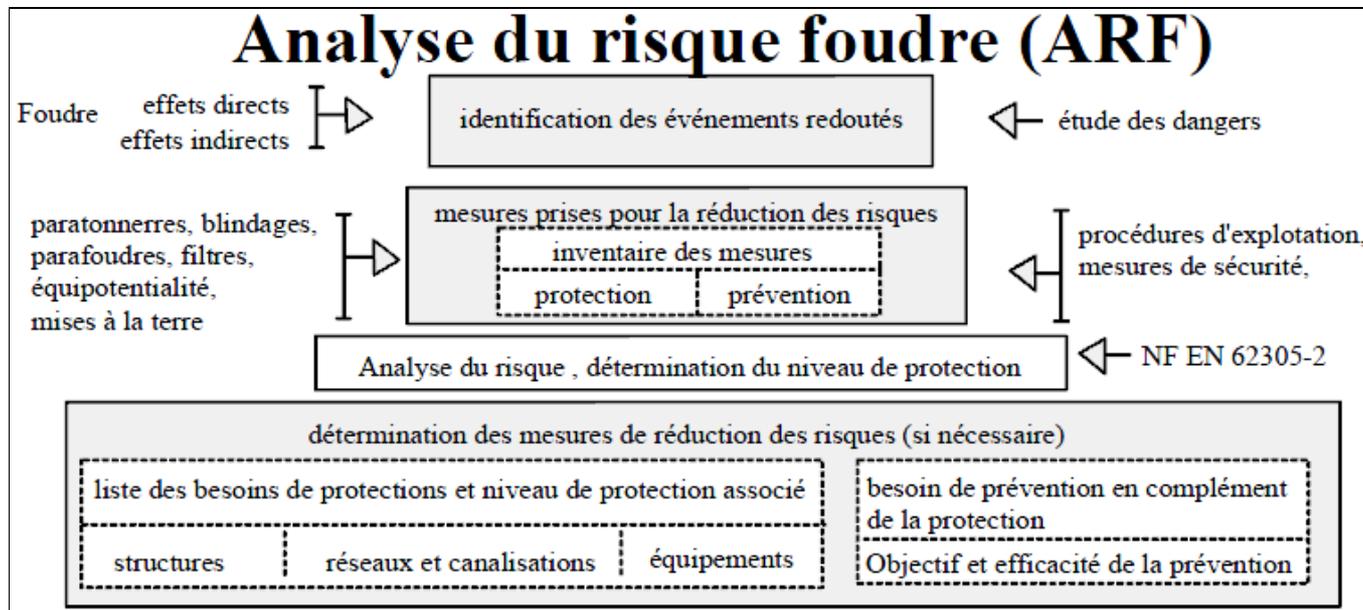
L'Analyse du Risque Foudre identifie :

- 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 :



### 3.2 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.

### 3.3 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.

$$R1 = R_A + R_B + R_C^* + R_M^* + R_U + R_V + R_W^* + R_Z^*$$

↓

Impact sur la structure

↓

Impact sur le service

↓

Impact à proximité du service

↓

Impact à proximité de la structure

(\*) : 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

- 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>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Isolation appropriée des éléments conducteurs exposés</li> <li>- Equipotentialité par un réseau de terre maillé</li> <li>- Restrictions physiques et panneaux d'avertissement</li> </ul>
<b>Dommages physiques (D2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Système de protection contre la foudre (SPF : IEPF-IIPF)</b></li> </ul>
<b>Défaillances des réseaux internes (D3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ecrantage du câblage</li> <li>- Ecran magnétique</li> <li>- Cheminement des réseaux</li> <li>- <b>Parafoudres associés ou coordonnés</b></li> <li>- Equipotentialité et mise à la terre</li> </ul>

#### 4. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES

##### 4.1 Situations réglementaires

Les activités enregistrées et déclarées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont fixées par un arrêté préfectoral.

Le site est soumis à Enregistrement et Déclaration pour les rubriques suivantes :

N° nomenclature	Libellé de la rubrique	Quantité
1532-D	Bois ou matériaux combustibles analogues y compris les produits finis conditionnés et les produits ou déchets répondant à la définition de la biomasse	<20 000m <sup>3</sup>
2410-E	Ateliers où l'on travaille le bois ou matériaux combustibles analogues.	>250KW
2910-D	Combustion à l'exclusion des installations visées par les rubriques 2770 et 2771.	<20 MW

Les effets de la foudre présentent des risques de toute nature dont les conséquences sont plus ou moins graves. L'étude de ces risques permet de déterminer les actions à entreprendre pour les minimiser.

Elle conduit à déterminer les niveaux de protection à mettre en place, afin de les rendre acceptables d'une part, pour la qualité de l'environnement, la sécurité des personnes, la sûreté des installations dans un cadre réglementaire et d'autre part, pour la continuité de l'exploitation dans un cadre volontaire.

#### 4.2 Potentiels de danger

Les évènements majorants redoutés sont :

- Un incendie au niveau des zones de stockage et de manipulation du bois,
- Un incendie au niveau de la chaudière biomasse,
- Une explosion au niveau des filtres et du broyeur affineur.

Les installations ne sont pas exposées au risque de pollution et d'émissions toxiques.

#### 4.3 Evénements initiateurs

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

Elle peut soit :

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

##### Inflammation ou explosion d'un nuage gaz

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.

##### Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques

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.

##### Étincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux

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.

##### Percement de conteneur ou de canalisation

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.

##### Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment

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.

##### Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment

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.

**Surtensions électriques par effets directs ou indirects**

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.

**Effets sur les personnes**

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.

**Tableau n°1 :** Interaction foudre/équipements (origine TCT)

#### 4.4 Zones à risques d'explosion

Les installations répertoriées pouvant générer des zones ATEX sont :

- Silo copeaux et sciures sèches,
- Silo de granulés de bois,
- Filtre en Atelier C,
- Broyeur affineur en Hall D,
- Filtre en Hall C.

Le classement de ces zones n'a pas pu être identifié à ce stade de l'étude.

#### 4.5 Installations Pour la Sécurité

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
Centrales de détection incendie/intrusion	Oui si existants
RIA	Non
Onduleurs/informatique	Oui si existants
Sondes de température/Infra-rouge/flash	Oui si existants
Automates de sécurité	Oui si existants
Vidéo-surveillance	Oui si existants

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

En fonction de leur taille 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 statistiques selon la norme NF EN 62305-2	Traitement déterministe <sup>1</sup>
Bâtiment A	X	
Bâtiment B		X
Bâtiments D, G, E	X	
Bâtiment F		X
Silos S1, S2, S3		X

*Tableau n°2 : Identification des zones et bâtiments retenus pour l'ARF*

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

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

Par conséquent, quelque 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, stockage extérieurs,...) cette méthode est **choisie**.

## 5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS

### 5.1 Bâtiment A

<b>Contenu</b>	Chaufferie biomasse et auvent de stockage
<b>Dimension en mètres (L x l x h)</b>	44,00 x 17,90 x 10,00 (cheminée H: 17,50)
<b>Structure</b>	Structure béton, bardage métallique
<b>Danger</b>	Incendie / Surpression
<b>Réseau de terre</b>	Réseau de terre à fond de fouille prévu en cuivre nu 25mm <sup>2</sup>

### 5.2 Bâtiment D, E, G

<b>Contenu</b>	Production, stockage, maintenance, bureau, local électrique
<b>Dimension en mètres (L x l x h)</b>	105,45 x 80,20 x 14,80
<b>Structure</b>	Structure et bardage métallique, toiture fibrociment, murs parpaing
<b>Danger</b>	Incendie / Explosion (filtre, broyeur)
<b>Réseau de terre</b>	Non défini à ce jour (inspection impossible)

### 5.3 Services

#### 5.3.1 Caractéristiques du réseau de puissance

L'établissement sera alimenté en haute tension par le réseau ERDF vers un poste HT/BT abritant un transformateur de puissance inconnue accolé à la façade Ouest du bâtiment D.

Un TGBT accolé au poste HT/BT viendra alimenter l'ensemble des installations électriques du site en souterrain.

Le régime de neutre n'a pas pu être identifié à ce stade de l'étude.

### 5.3.2 Caractéristiques du réseau de télécommunication

L'établissement est raccordé au réseau France TELECOM au niveau du bâtiment administratif via une ligne aérienne.

Aucune information ne nous a été transmise à ce stade de l'étude sur le cheminement des réseaux de télécommunication sur le site.

### 5.3.3 Cheminements des réseaux

Bâtiment	Courant Fort			Courant Faible		
	Longueur (m)	Relié à	Type	Longueur (m)	Relié à	Type
Bâtiment A	75	Poste HT/BT	Souterrain	200	Branchement Télécom depuis bâtiment administratif	Souterrain
Bâtiment D, E, G	134	Poste de livraison HT	Souterrain	100	Branchement Télécom depuis bâtiment administratif	Souterrain
	75	Bâtiment A	Souterrain			
	103	Bâtiment B	Souterrain			
	11	Bâtiment F	Aérien			

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

### 5.3.4 Protection incendie

Aucune information ne nous a été transmise à ce stade de l'étude concernant les futures installations de protection contre l'incendie.

## 6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre

### 6.1 Données générales

DENOMINATION	VALEURS RETENUES
Densité d'arc de la commune de ROSTRENEN (fournies par Météorage)	$D_a = 0,22$ (coups de foudre / km <sup>2</sup> / an)
Résistivité du sol	500 $\Omega$ m* (valeur par défaut)

\*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  $\Omega$ m.

### 6.2 Bâtiment A

#### 6.2.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	44,00 x 17,90 x 10,00	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	1,77E-02 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

#### Justification des paramètres encodés

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

Les installations environnantes au projet n'excèdent pas la hauteur du bâtiment.

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

**Paramètre PB (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.

**Paramètre Ks1 (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)**

Le bâtiment n'est pas équipé d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

6.2.1 Données et caractéristiques des services

Les principales liaisons électriques pénétrant dans cette structure sont les suivantes :

- Liaison BT depuis le poste HT/BT,
- Liaison depuis le réseau téléphonique.

Les caractéristiques retenues pour ces liaisons sont données dans le tableau ci-après.

	<b>Valeurs retenues pour les liaisons avec les bâtiments</b>	
<b>Numéro de liaison</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>PARAMETRES</b>	<b>Alimentation BT</b>	<b>Réseau téléphonique</b>
<b>Longueur de la section du service <math>L_c</math></b>	75 m	200 m
<b>Hauteur de la ligne si aérienne <math>H</math></b>	0 m	0 m
<b>Hauteur de la structure adjacente <math>H_a</math></b>	14,80	2,5
<b>Dimensions maximales de la structure adjacente <math>L_a \times W_a</math></b>	105,45 x 80,20	21,8 x 3,6
<b>Facteur d'emplacement de la ligne <math>C_d</math></b>	0,25	0,25
<b>Facteur d'environnement de la ligne <math>C_e</math></b>	1	1
<b>Tension de tenue aux chocs du réseau <math>U_w</math></b>	4 kV	1,5 kV
<b>Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne <math>Ks3</math></b>	0,02	0,001
<b>Protection surtension sur ce service <math>P_{SPD}</math></b>	1	1

**Justification des paramètres encodés*****Paramètre  $L_c$  (Longueur de la section du service)***

La longueur de la liaison n°1 entre le bâtiment A et le poste HT/BT est de 75 m.

La longueur de la liaison n°2 entre le bâtiment A et le bâtiment administratif est de 200 m.

***Paramètres  $L_a$ ,  $W_a$ ,  $H_a$ ,  $H_{pa}$  (caractéristiques de la structure adjacente)***

Ligne n°1 :

Le bâtiment adjacent est le bâtiment D, E, G de dimensions 105,45 x 80,20 x 14,80 m.

Ligne n°2 :

Le bâtiment adjacent est le bâtiment administratif de dimensions 21,80 x 3,60 x 2,50 m.

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

Vu que les lignes sont enterrées, 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 rurale. Nous indiquons la valeur = 1 – zone rurale

***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

***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 4kV pour un réseau BT et de 1,5 kV pour un réseau téléphonique.

***Paramètre  $K_{S3}$  (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)***

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

6.2.2 Données et caractéristiques du bâtiment

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	$r_t$	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	$r_f$	$10^{-1}$	Elevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Niveau de panique Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_o$	0	NA

**Paramètre  $r_t$  (facteur de réduction associé au type de sol)**

Le type de surface est en majorité du béton. Nous indiquons la valeur = 0,01.

**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)**

A défaut d'information à ce stade de l'étude, nous considérons que la zone est équipée de systèmes d'extinctions fixes ou d'alarme déclenchée manuellement. La valeur = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la quantité d'énergie thermique qui peut se libérer en présence de bois. La charge calorifique des produits stockés n'a pas pu être calculée à ce stade de l'étude. La valeur est = 0,1.

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

Le type de structure est industrielle, nous indiquons la valeur  $L_f = 0,05$

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

Le niveau de panique est faible vu le nombre de personnes < 100. Valeur  $h_z = 2$

Le risque de pollutions et d'émissions toxiques n'a pas été retenu conformément au document "Descriptif général-APROBOIS".

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

Il ne peut y avoir aucune victime par défaillances des réseaux internes. Nous indiquons la valeur  $L_o = 0$ .

### 6.3 Bâtiment D, E, G

#### 6.3.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	$L \times W \times H_b$	105,45 x 80,20 x 14,80	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	$A_{d/b}$	3,11E-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

#### Justification des paramètres encodés

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

Les installations environnantes sont plus hautes que le bâtiment (cheminée biomasse, silo S3)  
Nous indiquons 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.

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

Le bâtiment n'est pas équipé d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

### 6.3.2 Données et caractéristiques des services

Les principales liaisons électriques pénétrant dans cette structure sont les suivantes :

- Liaison HT depuis le poste de livraison HT,
- Liaison BT vers le bâtiment A,
- Liaison BT vers le bâtiment F,
- Liaison BT vers le bâtiment B,
- Liaison depuis le réseau téléphonique.

Les caractéristiques retenues pour ces liaisons sont données dans le tableau ci-après.

Numéro de liaison	Valeurs retenues pour les liaisons avec les bâtiments		
	1	2	
<b>PARAMETRES</b>	<b>Alimentation HT</b>	<b>Alimentation Bât A</b>	<b>Alimentation Bât F</b>
<i>Longueur de la section du service <math>L_c</math></i>	134,54 m	75 m	10,9 m
<i>Hauteur de la ligne si aérienne <math>H</math></i>	0 m	0 m	4 m
<i>Hauteur de la structure adjacente <math>H_a</math></i>	Non applicable	10,00	8,00
<i>Dimensions maximales de la structure adjacente <math>L_a \times W_a</math></i>	Non applicable	44,00 x 17,90	32,70 x 24,40
<i>Facteur d'emplacement de la ligne <math>C_d</math></i>	0,25	0,25	0,25
<i>Facteur d'environnement de la ligne <math>C_e</math></i>	1	1	1
<i>Tension de tenue aux chocs du réseau <math>U_w</math></i>	4 kV	4 kV	4 kV
<i>Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne <math>Ks3</math></i>	0,02	0,02	0,02
<i>Protection surtension sur ce service <math>P_{SPD}</math></i>	1	1	1

<i>Valeurs retenues pour les liaisons avec les bâtiments</i>		
<i>Numéro de liaison</i>	<i>1</i>	<i>2</i>
<i>PARAMETRES</i>	<i>Alimentation Bât B</i>	<i>Réseau téléphonique</i>
<i>Longueur de la section du service <math>L_c</math></i>	103,6 m	200 m
<i>Hauteur de la ligne si aérienne <math>H</math></i>	0 m	0 m
<i>Hauteur de la structure adjacente <math>H_a</math></i>	10,00	2,5
<i>Dimensions maximales de la structure adjacente <math>L_a \times W_a</math></i>	12,70 x 9,00	21,8 x 3,6
<i>Facteur d'emplacement de la ligne <math>C_d</math></i>	0,25	0,25
<i>Facteur d'environnement de la ligne <math>C_e</math></i>	1	1
<i>Tension de tenue aux chocs du réseau <math>U_w</math></i>	4 kV	1,5 kV
<i>Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne <math>Ks3</math></i>	0,02	0,001
<i>Protection surtension sur ce service <math>P_{SPD}</math></i>	1	1

### Justification des paramètres encodés

#### **Paramètre $L_c$ (Longueur de la section du service)**

La longueur de la liaison n°1 entre le bâtiment D, E, G et le poste HT est de 134,54 m.  
 La longueur de la liaison n°2 entre le bâtiment D, E, G et le Bâtiment A est de 75,00 m.  
 La longueur de la liaison n°1 entre le bâtiment D, E, G et le Bâtiment F est de 10,90 m.  
 La longueur de la liaison n°1 entre le bâtiment D, E, G et le Bâtiment B est de 103,60 m.  
 La longueur de la liaison n°1 entre le bâtiment D, E, G et le Bâtiment administratif est de 200,00 m.

#### **Paramètres $L_a$ , $W_a$ , $H_a$ , $H_{pa}$ (caractéristiques de la structure adjacente)**

Le bâtiment A est de dimensions 44,00 x 17,90 x 10,00 m.  
 Le bâtiment F est de dimensions 32,70 x 24,40 x 8,00 m.  
 Le bâtiment B est de dimensions 44,00 x 17,90 x 10,00 m.  
 Le bâtiment Administratif est de dimensions 21,80 x 3,60 x 2,50 m.

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

Vu que les lignes sont enterrées, 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 rurale. Nous indiquons la valeur = 1 – zone rurale

**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

**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 4kV pour un réseau BT et de 1,5 kV pour un réseau téléphonique.

**Paramètre  $K_{S3}$  (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)**

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

6.3.3 Données et caractéristiques du bâtiment

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	$r_t$	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	$r_f$	$10^{-1}$	Elevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Niveau de panique Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	NA

**Paramètre  $r_t$  (facteur de réduction associé au type de sol)**

Le type de surface est en majorité du béton. Nous indiquons la valeur = 0,01.

**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)**

A défaut d'information à ce stade de l'étude, nous considérons que la zone est équipée de systèmes d'extinctions fixes ou d'alarme déclenchée manuellement. La valeur = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la quantité d'énergie thermique qui peut se libérer en présence de bois. La charge calorifique des produits stockés n'a pas pu être calculée à ce stade de l'étude. La valeur est = 0,1.

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

Le type de structure est industrielle, nous indiquons la valeur  $L_f$  = 0,05

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

Le niveau de panique est faible vu le nombre de personnes < 100. Valeur  $h_z$  = 2

Le risque de pollutions et d'émissions toxiques n'a pas été retenu conformément au document "Descriptif général-APROBOIS".

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

Il ne peut y avoir aucune victime par défaillances des réseaux internes. Nous indiquons la valeur  $Lo$  = 0.

**6.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)**

6.4.1 Bâtiment A

**Sans** protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment A	1,95 x 10 <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>

**Tableau n°3** : Résultat de l'ARF du risque L1 sans protection



Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
0,00E+00					0,00E+00
9,74E-06					9,74E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
1,95E-09					1,95E-09
9,75E-06					9,75E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
<b>1,95E-05</b>					<b>1,95E-05</b>

Le **bâtiment A** 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.

**Choix des mesures de protection**

**RV** (composante liée aux dommages physiques (incendie ou explosion dus à un étincelage dangereux entre une installation extérieure et les parties métalliques généralement situées au point de pénétration de la ligne dans la structure) dus aux courants de foudre transmis dans les lignes entrantes) → **pour les impacts sur un service connecté à la structure (S3)** doit être examinée.

Cette composante est associée aux facteurs suivants. La modification de ceux-ci peuvent influencer favorablement cette composante :

1. Surface équivalente d'exposition (Lb, Wb, Hb, Hpb)
  - pas de possibilité de modifier les dimensions de la structure
2. Ecran spatial (Ks1)
  - pas de possibilité de modifier ce facteur
3. Dispositions contre l'incendie (Rp)
  - ceci est déjà pris en compte dans le calcul
4. Sensibilité au feu (Rf) – risque d'incendie
  - ceci est déjà pris en compte dans le calcul
5. Présence d'un danger particulier (hz)
  - ceci est déjà pris en compte dans le calcul
6. Tension de tenue au choc (Uw et Ks4)
  - valeur de 1,5 et 4,0 kV fixé, donc non modifiable
7. Parafoudres coordonnés (PSPD)
  - placement de parafoudres possible

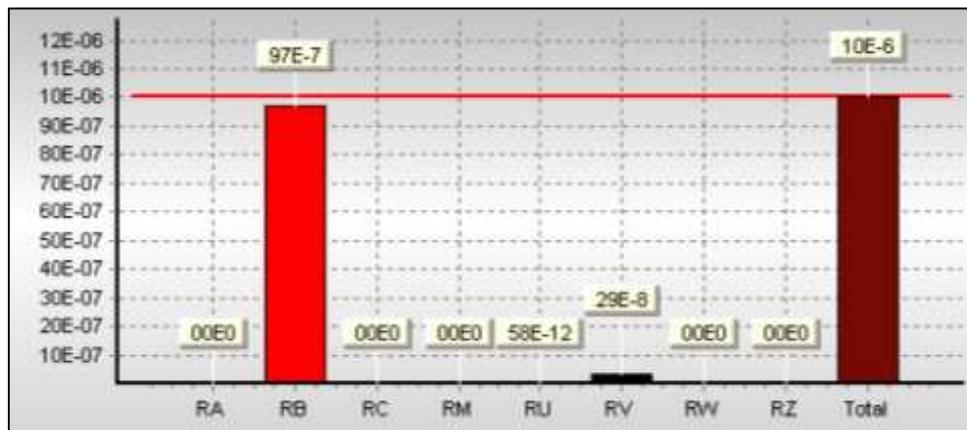
Les 6 premiers facteurs étant non modifiables, nous préconisons afin de réduire cette composante Rv sous la valeur tolérable :

**Une protection interne par parafoudres de niveau IV en conformité avec les recommandations de la norme NF EN 62305-4 sur les lignes de puissance et de communication.**

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment A	$1,00 \times 10^{-5}$	<	$1 \times 10^{-5}$

**Tableau n°4** : Résultat de l'ARF du risque L1 avec protections



Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
0,00E+00					0,00E+00
9,74E-06					9,74E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
5,85E-11					5,85E-11
2,92E-07					2,92E-07
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
<b>1,00E-05</b>					<b>1,00E-05</b>

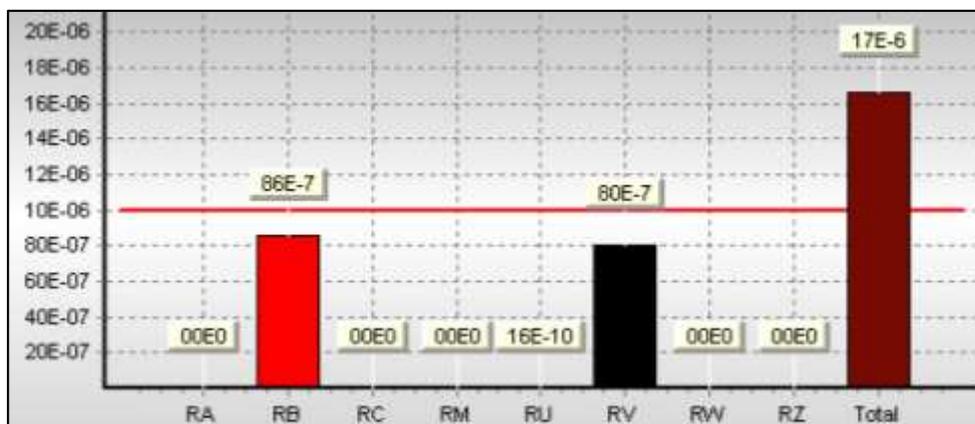
Le **bâtiment A** a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation après mise en place de protection contre la foudre.

6.4.2 Bâtiment D, E, G

**Sans** protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment D, E, G	$1,66 \times 10^{-5}$	>	$1 \times 10^{-5}$

**Tableau n°5** : Résultat de l'ARF du risque L1 sans protection



Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
0,00E+00					0,00E+00
8,55E-06					8,55E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
1,61E-09					1,61E-09
8,05E-06					8,05E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
<b>1,66E-05</b>					<b>1,66E-05</b>

Le **bâtiment D, E, G** 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.

**Choix des mesures de protection**

**RV** (composante liée aux dommages physiques (incendie ou explosion dus à un étincelage dangereux entre une installation extérieure et les parties métalliques généralement situées au point de pénétration de la ligne dans la structure) dus aux courants de foudre transmis dans les lignes entrantes) → **pour les impacts sur un service connecté à la structure (S3)** doit être examinée.

Cette composante est associée aux facteurs suivants. La modification de ceux-ci peuvent influencer favorablement cette composante :

1. Surface équivalente d'exposition (Lb, Wb, Hb, Hpb)  
→ pas de possibilité de modifier les dimensions de la structure
2. Ecran spatial (Ks1)  
→ pas de possibilité de modifier ce facteur
3. Dispositions contre l'incendie (Rp)  
→ ceci est déjà pris en compte dans le calcul
4. Sensibilité au feu (Rf) – risque d'incendie  
→ ceci est déjà pris en compte dans le calcul
5. Présence d'un danger particulier (hz)  
→ ceci est déjà pris en compte dans le calcul
6. Tension de tenue au choc (Uw et Ks4)  
→ valeur de 1,5 et 4,0 kV fixé, donc non modifiable
7. Parafoudres coordonnés (PSPD)  
→ placement de parafoudres possible

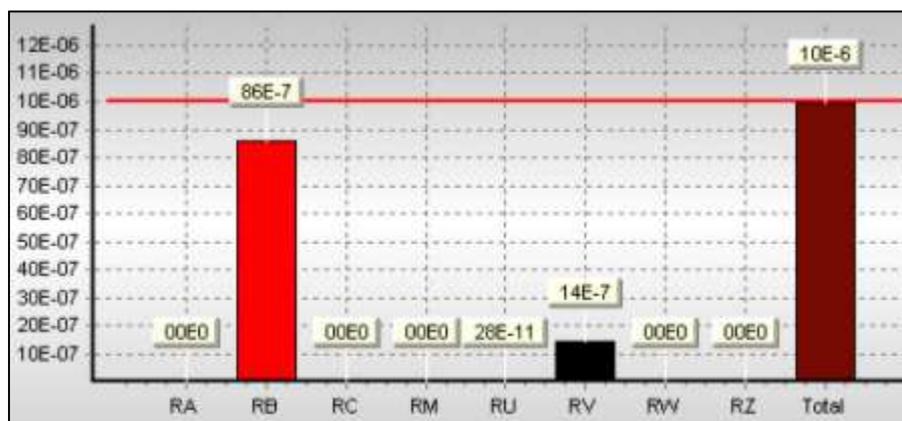
Les 6 premiers facteurs étant non modifiables, nous préconisons afin de réduire cette composante Rv sous la valeur tolérable :

**Une protection interne par parafoudres de niveau IV en conformité avec les recommandations de la norme NF EN 62305-4 sur les lignes de puissance et de communication.**

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment D, E, G	$9,95 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$

**Tableau n°6** : Résultat de l'ARF du risque L1 avec protections



Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Structure
0,00E+00					0,00E+00
8,55E-06					8,55E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
2,80E-10					2,80E-10
1,40E-06					1,40E-06
0,00E+00					0,00E+00
0,00E+00					0,00E+00
<b>9,95E-06</b>					<b>9,95E-06</b>

Le **bâtiment D, E, G** a un niveau de risque de perte de vie humaine acceptable vis-à-vis de la réglementation après mise en place de protection contre la foudre.

## 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>
<b>Bâtiment A</b>	Absence de protection obligatoire	Protection par parafoudres de <b>niveau IV</b>
<b>Bâtiment D, E, G</b>	Absence de protection obligatoire	Protection par parafoudres de <b>niveau IV</b>

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**

**- Bâtiment A**

**- Bâtiment D, E, G**

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

**Analyse du Risque Foudre Bâtiment en projet**

**RAPPORT TECHNIQUE**

**Protection contre la foudre**

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

APROBOIS ROSTRENEN  
Bâtiment A

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiemnt.
  - 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 :

$$N_g = 0,2 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

#### 4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :  
A (m): 44 B (m): 17,9 H (m): 10 Hmax (m): 17,5

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: Arrivée BT  
- Ligne Telecom: telecommunication

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: Structure

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: Structure

RB: 9,74E-06

RC: 0,00E+00

RM: 0,00E+00

RU(Courants forts): 1,71E-09

RV(Courants forts): 8,57E-06

RW(Courants forts): 0,00E+00

RZ(Courants forts): 0,00E+00

RU(Courants faibles): 2,35E-10

RV(Courants faibles): 1,17E-06

RW(Courants faibles): 0,00E+00

RZ(Courants faibles): 0,00E+00

Total: 1,95E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 1,95E-05

#### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total  $R1 = 1,95E-05$  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 - Structure  
 RD = 49,9683 %  
 RI = 50,0317 %  
 Total = 100 %  
 RS = 0,01 %  
 RF = 99,99 %  
 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 - Structure (100 %)

- essentiellement due à dommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre frappant la structure et 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 :

- RB = 49,9683 %  
dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la structure
- RV (Courants forts) = 43,9949 %  
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 composantes du risque supérieur à la valeur de risque.

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

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

- Pour la ligne Ligne1 - Arrivéee BT:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne2 - telecommunication:
  - 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: Structure

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 1,0$

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

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

$P_c = 1,00E+00$

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

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

$P_m = 2,00E-04$

$P_u$  (Courants forts) =  $3,00E-02$

$P_v$  (Courants forts) =  $3,00E-02$

$P_w$  (Courants forts) =  $1,00E+00$

$P_z$  (Courants forts) =  $2,00E-01$

$P_u$  (Courants faibles) =  $3,00E-02$

$P_v$  (Courants faibles) =  $3,00E-02$

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

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

$r_a = 0,01$

$r_p = 0,5$

$r_f = 0,1$

$h = 2$

Risque R1: pertes en vies humaines

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

Z1: Structure  
RB: 9,74E-06  
RC: 0,00E+00  
RM: 0,00E+00  
RU(Courants forts): 5,14E-11  
RV(Courants forts): 2,57E-07  
RW(Courants forts): 0,00E+00  
RZ(Courants forts): 0,00E+00  
RU(Courants faibles): 7,05E-12  
RV(Courants faibles): 3,52E-08  
RW(Courants faibles): 0,00E+00  
RZ(Courants faibles): 0,00E+00  
Total: 1,00E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 1,00E-05

## 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 27/01/2015

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 44 B (m): 17,9 H (m): 10 Hmax (m): 17,5  
 Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus petits ( $C_d = 0,5$ )  
 Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 0,22$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Arrivée BT  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 75$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus petits  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): rurale  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 105,5 B (m): 80,2 H (m): 14,8  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: telecommunication  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 200$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): rurale  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 21,8 B (m): 3,6 H (m): 2,5  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

### APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Structure  
 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 interne Courants forts

Connecté à la ligne Arrivéee 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 Courants faibles

Connecté à la ligne telecommunication

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: Structure

Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) Lt =0,0001

Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) Lf =0,05

Pertes dues à la défaillance des réseaux internes (liées à la R1) = Lo0

Risque et composantes du risque pour la zone: Structure

Risque 1: Rb Rc Rm Ru Rv Rw Rz

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

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure Ad =1,77E-02 km<sup>2</sup>

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure Am =2,28E-01 km<sup>2</sup>

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure Nd =1,95E-03

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure Nm =4,82E-02

Lignes électriques

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

Arrivee BT

Al = 0,000013 km<sup>2</sup>

Ai = 0,041926 km<sup>2</sup>

telecommunication

Al = 0,003634 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:

Arrivée BT

NI = 0,000001

Ni = 0,009224

telecommunication

NI = 0,000200

Ni = 0,024597

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

Zone Z1: Structure

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Courants forts) = 1,00E+00

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

Pc = 1,00E+00

Pm (Courants forts) = 1,00E-04

Pm (Courants faibles) = 1,00E-04

Pm = 2,00E-04

Pu (Courants forts) = 1,00E+00

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

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

Pz (Courants forts) = 2,00E-01

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

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

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

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

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **Protection contre la foudre**

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

APROBOIS ROSTRENEN  
Bâtiment D, E, G

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT
2. NORMES TECHNIQUES
3. STRUCTURE A PROTEGER
4. DONNEES D'ENTREES
  - 4.1 Densité de foudroiemnt.
  - 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 :

$$N_g = 0,2 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

#### 4.2 Données de la structure

Les dimensions maximales de la structure sont :  
A (m): 105,5 B (m): 80,2 H (m): 14,8

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: Arrivé HT  
- Ligne de puissance: alimentation Bât A  
- Ligne de puissance: alimentation Bât F  
- Ligne de puissance: alimentation Bât B  
- Ligne Telecom: arrivée Télécommunication

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: Structure

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: Structure

RB: 8,55E-06

RC: 0,00E+00

RM: 0,00E+00

RU(Courants forts): 2,22E-11

RV(Courants forts): 1,11E-07

RW(Courants forts): 0,00E+00

RZ(Courants forts): 0,00E+00

RU(Courants faibles): 2,17E-10

RV(Courants faibles): 1,09E-06

RW(Courants faibles): 0,00E+00

RZ(Courants faibles): 0,00E+00

RU(TGBT): 8,07E-10

RV(TGBT): 4,03E-06

RW(TGBT): 0,00E+00

RZ(TGBT): 0,00E+00

RU(TGBT): 2,94E-10

RV(TGBT): 1,47E-06

RW(TGBT): 0,00E+00

RZ(TGBT): 0,00E+00

RU(TGBT): 2,69E-10  
RV(TGBT): 1,35E-06  
RW(TGBT): 0,00E+00  
RZ(TGBT): 0,00E+00  
Total: 1,66E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 1,66E-05

### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total  $R1 = 1,66E-05$  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 - Structure  
RD = 51,5176 %  
RI = 48,4824 %  
Total = 100 %  
RS = 0,0097 %  
RF = 99,9903 %  
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 - Structure (100 %)

- essentiellement due à dommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre frappant la structure et 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 :

RB = 51,5176 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la structure

RV (TGBT) = 24,2988 %

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 composantes du risque supérieur à la valeur de risque.

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

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

- Pour la ligne Ligne2 - alimentation Bât A:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne3 - alimentation Bât F:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligne Ligne4 - alimentation Bât B:
  - 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: Structure

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Courants forts) = 1,00E+00

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

Pc (TGBT) = 1,00E+00

Pc (TGBT) = 1,00E+00

Pc (TGBT) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (Courants forts) = 1,00E-04

Pm (Courants faibles) = 1,00E-04

Pm (TGBT) = 1,00E-04

Pm (TGBT) = 1,00E-04

Pm (TGBT) = 1,00E-04

Pm = 5,00E-04

Pu (Courants forts) = 1,00E+00

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

Pw (Courants forts) = 1,00E+00  
Pz (Courants forts) = 2,00E-01  
Pu (Courants faibles) = 1,00E+00  
Pv (Courants faibles) = 1,00E+00  
Pw (Courants faibles) = 1,00E+00  
Pz (Courants faibles) = 1,00E+00  
Pu (TGBT) = 3,00E-02  
Pv (TGBT) = 3,00E-02  
Pw (TGBT) = 1,00E+00  
Pz (TGBT) = 2,00E-01  
Pu (TGBT) = 3,00E-02  
Pv (TGBT) = 3,00E-02  
Pw (TGBT) = 1,00E+00  
Pz (TGBT) = 2,00E-01  
Pu (TGBT) = 3,00E-02  
Pv (TGBT) = 3,00E-02  
Pw (TGBT) = 1,00E+00  
Pz (TGBT) = 2,00E-01  
ra = 0,01  
rp = 0,5  
rf = 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: Structure  
RB: 8,55E-06  
RC: 0,00E+00  
RM: 0,00E+00  
RU(Courants forts): 2,22E-11  
RV(Courants forts): 1,11E-07  
RW(Courants forts): 0,00E+00  
RZ(Courants forts): 0,00E+00  
RU(Courants faibles): 2,17E-10  
RV(Courants faibles): 1,09E-06  
RW(Courants faibles): 0,00E+00  
RZ(Courants faibles): 0,00E+00  
RU(TGBT): 2,42E-11  
RV(TGBT): 1,21E-07  
RW(TGBT): 0,00E+00  
RZ(TGBT): 0,00E+00  
RU(TGBT): 8,82E-12  
RV(TGBT): 4,41E-08  
RW(TGBT): 0,00E+00  
RZ(TGBT): 0,00E+00

RU(TGBT): 8,08E-12  
RV(TGBT): 4,04E-08  
RW(TGBT): 0,00E+00  
RZ(TGBT): 0,00E+00  
Total: 9,95E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 9,95E-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 27/01/2015

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 105,5 B (m): 80,2 H (m): 14,8  
 Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts ( $C_d = 0,25$ )  
 Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ( $1/\text{km}^2 \text{ an}$ )  $N_g = 0,22$

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Arrivé HT  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée avec transformateur HT / BT  
 Longueur (m)  $L_c = 134,5$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): rurale

Caractéristiques des lignes: alimentation Bât A  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 75$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): rurale  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 44 B (m): 17,9 H (m): 10  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus petits

Caractéristiques des lignes: alimentation Bât F  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie aérienne  
 Longueur (m)  $L_c = 10,9$   
 Hauteur par rapport au sol (m)  $H_c = 4$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): rurale  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 32,7 B (m): 24,4 H (m): 8  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: alimentation Bât B  
 L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée  
 Longueur (m)  $L_c = 103,6$   
 résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
 Facteur d'emplacement ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts  
 Facteur environnemental ( $C_e$ ): rurale  
 Dimensions de la structure adjacente: A (m): 12,7 B (m): 9 H (m): 10  
 Facteur d'emplacement de la structure adjacente ( $C_d$ ): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: arrivée Télécommunication  
L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée  
Longueur (m)  $L_c = 200$   
résistivité (ohm.m)  $\rho = 500$   
Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts  
Facteur environnemental (Ce): rurale  
Dimensions de la structure adjacente: A (m): 21,8 B (m): 3,6 H (m): 2,5  
Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

### **APPENDICE - Caractéristiques des zones**

Caractéristiques de la zone: Structure  
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 interne Courants forts

Connecté à la ligne Arrivé HT  
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 Courants faibles

Connecté à la ligne arrivée Télécommunication  
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 TGBT

Connecté à la ligne alimentation Bât A  
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 TGBT

Connecté à la ligne alimentation Bât F  
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 TGBT

Connecté à la ligne alimentation Bât B  
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:Structure  
 Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1)  $L_t = 0,0001$   
 Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1)  $L_f = 0,05$   
 Pertes dues à la défaillance des réseaux internes (liées à la R1) =  $L_o0$

Risque et composantes du risque pour la zone:Structure  
 Risque 1:  $R_b$   $R_c$   $R_m$   $R_u$   $R_v$   $R_w$   $R_z$

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

#### Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure  $A_d = 3,11E-02$  km<sup>2</sup>  
 Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure  $A_m = 2,98E-01$  km<sup>2</sup>  
 Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure  $N_d = 1,71E-03$   
 Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure  $N_m = 6,38E-02$

#### Lignes électriques

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

##### Arrivé HT

$A_l = 0,002015$  km<sup>2</sup>  
 $A_i = 0,075188$  km<sup>2</sup>

##### alimentation Bât A

$A_l = 0,000013$  km<sup>2</sup>  
 $A_i = 0,041926$  km<sup>2</sup>

##### alimentation Bât F

$A_l = 0,000000$  km<sup>2</sup>  
 $A_i = 0,010900$  km<sup>2</sup>

##### alimentation Bât B

$A_l = 0,000653$  km<sup>2</sup>  
 $A_i = 0,057914$  km<sup>2</sup>

##### arrivée Télécommunication

$A_l = 0,003312$  km<sup>2</sup>  
 $A_i = 0,111803$  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:

Arrivé HT

NI = 0,000022

Ni = 0,003308

alimentation Bât A

NI = 0,000001

Ni = 0,009224

alimentation Bât F

NI = 0,000000

Ni = 0,002398

alimentation Bât B

NI = 0,000036

Ni = 0,012741

arrivée Télécommunication

NI = 0,000182

Ni = 0,024597

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

Zone Z1: Structure

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (Courants forts) = 1,00E+00

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

Pc (TGBT) = 1,00E+00

Pc (TGBT) = 1,00E+00

Pc (TGBT) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (Courants forts) = 1,00E-04

Pm (Courants faibles) = 1,00E-04

Pm (TGBT) = 1,00E-04

Pm (TGBT) = 1,00E-04

Pm (TGBT) = 1,00E-04

Pm = 5,00E-04

Pu (Courants forts) = 1,00E+00

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

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

Pz (Courants forts) = 2,00E-01

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

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

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

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

Pu (TGBT) = 1,00E+00

Pv (TGBT) = 1,00E+00

Pw (TGBT) = 1,00E+00

Pz (TGBT) = 2,00E-01

Pu (TGBT) = 1,00E+00

Pv (TGBT) = 1,00E+00

Pw (TGBT) = 1,00E+00

Pz (TGBT) = 2,00E-01

Pu (TGBT) = 1,00E+00

Pv (TGBT) = 1,00E+00

Pw (TGBT) = 1,00E+00

Pz (TGBT) = 2,00E-01

**ANNEXE 2**

**Liste des paramètres**

**Données et caractéristiques de la structure**

				param choisi
Longueur de la structure		$L_b$	m	m
Largeur de la structure		$W_b$	m	m
Hauteur de la structure		$H_b$	m	m
Hauteur des protubérances du toit mesurée à partir du sol		$H_{pb}$	m	m
Facteur d'emplacement	Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres	$C_d$	0,25	
	Objet entouré par des objets ou des arbres de même hauteur ou + petits	$C_d$	0,5	
	Objet isolé : pas d'autres à proximité	$C_d$	1	
	Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	$C_d$	2	
Probabilité de dommages physiques sur une structure	Structure non protégée par SPF	$P_B$	1	
	Structure protégée par SPF niveau IV	$P_B$	0,2	
	Structure protégée par SPF niveau III	$P_B$	0,1	
	Structure protégée par SPF niveau II	$P_B$	0,05	
	Structure protégée par SPF niveau I	$P_B$	0,02	
	SPF niveau I et armatures en métal continues ou en bétonarmé agissant comme descentes naturelles	$P_B$	0,01	
	Idem avec toiture métallique	$P_B$	0,001	
Facteur associé à l'efficacité d'écran d'une structure	Pas d'écran spatial	$K_{S1}$	1	
	A une distance de sécurité de l'écran au moins = à la taille de la maille	$K_{S1}$	0,12xw	
	A une distance plus faible, par ex allant de 0,1w à 0,2w	$K_{S1}$	2x0,12xw	
	Ecran métallique continu d'une épaisseur de 0,1 mm à 0,5 mm	$K_{S1}$	0,0001-0,00001	
Densité de foudroiement au sol	Suivant METEORAGE	$N_g$		
Nombre total de personnes attendues dans la structure		$n_t$		

**Caractéristiques de la zone**

				param choisi
Facteur de réduction associé au type de plancher (intérieur)	R < 1 kohm: Agricole, béton	r <sub>u</sub>	0,01	
	R < 1-10 kohm: Marbre, céramique	r <sub>u</sub>	0,001	
	R < 10-100 kohm: Gravier, moquette	r <sub>u</sub>	0,0001	
	R > 100 kohm: Asphalte, lino, bois	r <sub>u</sub>	0,00001	
	Autres	r <sub>u</sub>	0	
Probabilité de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)	Pas de mesures de protection	PU	1	
	Plaques d'avertissement	PU	0,1	
	Isolation électrique du conducteur exposé	PU	0,01	
	Sol équipotentiel efficace	PU	0,01	
	Armatures ou entourages utilisés comme conducteurs de descente, ou présence de restrictions physiques	PU	0	
Facteur de réduction associé au type de sol (extérieur)	R < 1 kohm: Agricole, béton	r <sub>a</sub>	0,01	
	R < 1-10 kohm: Marbre, céramique	r <sub>a</sub>	0,001	
	R < 10-100 kohm: Gravier, moquette, tapis	r <sub>a</sub>	0,0001	
	R > 100 kohm: Asphalte, linoleum, bois	r <sub>a</sub>	0,00001	
Probabilité de blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)	Pas de mesures de protection	PA	1	
	Plaques d'avertissement	PA	0,1	
	Isolation électrique du conducteur exposé	PA	0,01	
	Sol équipotentiel efficace	PA	0,01	
	Armatures ou entourages utilisés comme conducteurs de descente, ou présence de restrictions physiques	PA	0	
Facteur associé à l'efficacité d'écran d'une structure	Pas d'écran spatial	K <sub>S2</sub>	1	
	A une distance de sécurité de l'écran au moins = à la taille de la maille	K <sub>S2</sub>	0,12xw	
	A une distance plus faible, par ex allant de 0,1w à 0,2w	K <sub>S3</sub>	2x0,12xw	
	Ecran métallique continu d'une épaisseur de 0,1 mm à 0,5 mm	K <sub>S2</sub>	0,0001-0,00001	
Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie	Pas de disposition	r <sub>p</sub>	1	
	Extincteurs, installations d'extinction fixes ou d'alarme déclenchées manuellement	r <sub>p</sub>	0,5	
	Installations d'extinction fixes ou d'alarme déclenchées automatiquement	r <sub>p</sub>	0,2	
Risque d'incendie	Explosion	r <sub>f</sub>	1	
	Elevé	r <sub>f</sub>	0,1	
	Ordinaire	r <sub>f</sub>	0,01	
	Faible	r <sub>f</sub>	0,001	
	Aucun	r <sub>f</sub>	0	
Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis)		n <sub>p</sub>		

**Données et caractéristiques de la ligne de puissance**

				param choisi
Résistivité du sol		$\rho$	500 ohm.m	
Longueur de la section du service		$L_c$	1000 m	m
Hauteur des conducteurs du service au-dessus du sol	Ligne enterrée	$H_c$		
	Ligne non enterrée	$H_c$	6 m	m
Facteur de correction pour la présence d'un transformateur HT/BT sur le service	Service avec transformateur à 2 enroulements	$C_t$	0,2	
	Service uniquement	$C_t$	1	
Facteur d'emplacement	Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres	$C_d$	0,25	
	Objet entouré par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits	$C_d$	0,5	
	Objet isolé : pas d'autres à proximité	$C_d$	1	
	Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	$C_d$	2	
Facteur d'environnement de ligne	Urbain avec bâtiments de hauteur > 20 m	$C_e$	0	
	Urbain avec bâtiments de hauteur entre 10m et 20 m	$C_e$	0,1	
	Suburbain avec bâtiments de hauteur < 10 m	$C_e$	0,5	
	Rural	$C_e$	1	
Tension de tenue aux chocs d'un réseau		$U_w$	1,5 - 2,5 - 4 6 kV	
Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne	Câble non écrané - pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles	$K_{S3}$	1	
	Câble non écrané - précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille	$K_{S3}$	0,2	
	Câble non écrané - précaution de cheminement afin d'éviter des boucles	$K_{S3}$	0,02	
	Câble écrané avec résistance d'écran $5 < R_s \leq 20$ ohms/km	$K_{S3}$	0,001	
	Câble écrané avec résistance d'écran $1 < R_s \leq 5$ ohms/km	$K_{S3}$	0,0002	
	Câble écrané avec résistance d'écran $R_s < 1$ ohm/km	$K_{S3}$	0,0001	

Facteur associé à la tension de tenue aux chocs d'un réseau		K <sub>S4</sub>	1	
Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) en fonction de R <sub>s</sub> et U <sub>w</sub>	5 < R <sub>s</sub> ≤ 20 ohms/km si U <sub>w</sub> = 1,5 kV	P <sub>LD</sub>	1	
	1 < R <sub>s</sub> ≤ 5 ohms/km si U <sub>w</sub> = 1,5 kV	P <sub>LD</sub>	0,8	
	R <sub>s</sub> < 1 ohm/km si U <sub>w</sub> = 1,5 kV	P <sub>LD</sub>	0,4	
Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité du service connecté) en fonction de R <sub>s</sub> et U <sub>w</sub>	5 < R <sub>s</sub> ≤ 20 ohms/km si U <sub>w</sub> = 1,5 kV	P <sub>LI</sub>	0,15	
	1 < R <sub>s</sub> ≤ 5 ohms/km si U <sub>w</sub> = 1,5 kV	P <sub>LI</sub>	0,04	
	R <sub>s</sub> < 1 ohm/km si U <sub>w</sub> = 1,5 kV	P <sub>LI</sub>	0,02	
	Ecran non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté si U <sub>w</sub> = 1,5 kV	P <sub>LI</sub>	0,5	
Probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres	Pas de parafoudres coordonnés	P <sub>SPD</sub>	1	
	Niveau de protection III-IV	P <sub>SPD</sub>	0,03	
	Niveau de protection II	P <sub>SPD</sub>	0,02	
	Niveau de protection I	P <sub>SPD</sub>	0,01	
	Niveau de protection I +	P <sub>SPD</sub>	0,005-0,001	
Facteur d'emplacement de la structure connectée à l'extrémité "a" du service	Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres	C <sub>da</sub>	0,25	
	Objet entouré par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits	C <sub>da</sub>	0,5	
	Objet isolé : pas d'autres à proximité	C <sub>da</sub>	1	
	Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	C <sub>da</sub>	2	
Longueur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service		L <sub>a</sub>	m	
Largeur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service		W <sub>a</sub>	m	
Hauteur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service		H <sub>a</sub>	m	
Hauteur des protubérances de la structure connectée à l'extrémité "a" du service		H <sub>pa</sub>	m	

**Données et caractéristiques de la ligne de communication**

				param choisi
Résistivité du sol		$\rho$	500 ohm. m	
Longueur de la section du service		$L_c$	1000 m	m
Hauteur des conducteurs du service au-dessus du sol	Ligne enterrée	$H_c$		
	Ligne non enterrée	$H_c$	6 m	m
Facteur de correction pour la présence d'un transformateur HT/BT sur le service		$C_t$		pas
Facteur d'emplacement	Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres	$C_d$	0,25	
	Objet entouré par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits	$C_d$	0,5	
	Objet isolé : pas d'autres à proximité	$C_d$	1	
	Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	$C_d$	2	
Facteur d'environnement de ligne	Urbain avec bâtiments de hauteur > 20 m	$C_e$	0	
	Urbain avec bâtiments de hauteur entre 10m et 20 m	$C_e$	0,1	
	Suburbain avec bâtiments de hauteur < 10 m	$C_e$	0,5	
	Rural	$C_e$	1	
Tension de tenue aux chocs d'un réseau		$U_w$	1,5 - 2,5 - 4 - 6 kV	
Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne	Câble non écrané - pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles	$K_{S3}$	1	
	Câble non écrané - précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille	$K_{S3}$	0,2	
	Câble non écrané - précaution de cheminement afin d'éviter des boucles	$K_{S3}$	0,02	
	Câble écrané avec résistance d'écran $5 < R_s \leq 20$ ohms/km	$K_{S3}$	0,001	
	Câble écrané avec résistance d'écran $1 < R_s \leq 5$ ohms/km	$K_{S3}$	0,000 2	
	Câble écrané avec résistance d'écran $R_s < 1$ ohm/km	$K_{S3}$	0,000 1	
Facteur associé à la tension de tenue aux chocs d'un réseau		$K_{S4}$	1	

Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) en fonction de Rs et Uw	5<Rs<=20 ohms/km si Uw = 1,5 kV	P <sub>LD</sub>	1	
	1<Rs<=5 ohms/km si Uw = 1,5 kV	P <sub>LD</sub>	0,8	
	Rs<1 ohm/km si Uw = 1,5 kV	P <sub>LD</sub>	0,4	
Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité du service connecté) en fonction de Rs et Uw	5<Rs<=20 ohms/km si Uw = 1,5 kV	P <sub>LI</sub>	0,15	
	1<Rs<=5 ohms/km si Uw = 1,5 kV	P <sub>LI</sub>	0,04	
	Rs<1 ohm/km si Uw = 1,5 kV	P <sub>LI</sub>	0,02	
	Ecran non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté si Uw = 1,5 kV	P <sub>LI</sub>	0,5	
Probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres	Pas de parafoudres coordonnés	P <sub>SPD</sub>	1	
	Niveau de protection III-IV	P <sub>SPD</sub>	0,03	
	Niveau de protection II	P <sub>SPD</sub>	0,02	
	Niveau de protection I	P <sub>SPD</sub>	0,01	
	Niveau de protection I +	P <sub>SPD</sub>	0,005-0,001	
Facteur d'emplacement de la structure connectée à l'extrémité "a" du service	Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres	C <sub>da</sub>	0,25	
	Objet entouré par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits	C <sub>da</sub>	0,5	
	Objet isolé : pas d'autres à proximité	C <sub>da</sub>	1	
	Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule	C <sub>da</sub>	2	
Longueur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service		L <sub>a</sub>	m	
Largeur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service		W <sub>a</sub>	m	
Hauteur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service		H <sub>a</sub>	m	
Hauteur des protubérances de la structure connectée à l'extrémité "a" du service		H <sub>pa</sub>	m	

**Perte humaine**

				param choisi
Pertes dues aux blessures par tensions de contact et de pas	Tout type - (personnes à l'intérieur des bâtiments)	$L_t$	0,0001	
	Tout type - (personnes à l'extérieur des bâtiments)	$L_t$	0,01	
Pertes dues aux dommages physiques	Hopitaux, hôtels, bâtiments civils	$L_f$	0,1	
	Industrielle, commerciale, scolaire	$L_f$	0,05	
	Publique, églises, musées	$L_f$	0,02	
	Autres	$L_f$	0,01	
Facteur augmentant les pertes en présence d'un danger particulier	Pas de danger particulier	$h_z$	1	
	Faible niveau de panique	$h_z$	2	
	Niveau de panique moyen	$h_z$	5	
	Difficulté d'évacuation	$h_z$	5	
	Niveau de panique élevé	$h_z$	10	
	Danger pour l'environnement	$h_z$	20	
	Contamination de l'environnement	$h_z$	50	
Pertes dues aux défaillances des réseaux internes	Structure avec risques d'explosion	$L_o$	0,1	
	Hôpitaux	$L_o$	0,001	
	Autres	$L_o$	0	
Risque tolérable		$R_T$	0,00001	0,00001

**ANNEXE 3**

**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 la masse. Une différence de potentiels (d.d.p.) de MD se mesure entre le conducteur signal et son retour. Le mode différentiel est aussi appelé mode normal, symétrique ou série.

**Niveau de protection**

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

**Parafoudre ou parasurtenseur**

Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant entre deux éléments à l'intérieur de l'espace à protéger, tels que les éclateurs ou les dispositifs semi-conducteurs.

**Paratonnerre**

Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre.

**P.D.A**

Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde.

**Point d'impact**

Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre.

**Prise de terre**

Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre.

**Régime de neutre**

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:

- La première indique la position du neutre par rapport à la terre:

**I**: neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance

**T**: neutre directement à la terre

- La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre:

**T**: masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre)

**N**: masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (**N-S**), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (**N-C**).

**Réseau de masse**

Ensemble des conducteurs d'un site reliés entre eux. Il se compose habituellement des conducteurs de protection, des bâtis, des chemins de câbles, des canalisations et des structures métalliques.

**Réseau de terre**

Ensemble des conducteurs enterrés servant à écouler dans la terre les courants externes en mode commun. Un réseau de terre doit être unique, équipotentiel et maillé.

**Résistance de terre**

Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms ( $\Omega$ ), 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.