

## **Pièce jointe n°24**

### **Etudes foudre**

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

RECYTHERM  
BRIENON-SUR-ARMANCON (89)



# RECYTHERM BRIENON-SUR-ARMANCON (89)

**Référence document**

**RGC 26 265**

**RESUME :**

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre du projet de construction de l'usine de plasturgie **RECYTHERM** sur la commune de **BRIENON-SUR-ARMANCON** dans le département de l'Yonne (89).

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

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

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : <b>Gabriel NGUYEN</b> Société : RG CONSULTANT Date : 05/10/2021 Visa 	Nom : <b>Yoni GARCIA</b> Société : RG CONSULTANT Date : 26/10/2021 Visa 	<b>A</b>

**DIFFUSION :**

<p><b>DEKRA INDUSTRIAL SAS</b></p> <p>13 rue du Docteur Quignard 21000 DIJON</p>	<p><b>RG CONSULTANT</b></p> <p>25 Avenue des saules 69600 OULLINS Tél. : +334 37 41 16 10 Fax : +334 72 30 13 36 Email : <a href="mailto:info@rg-consultant.com">info@rg-consultant.com</a></p>
--	---

**TABLE DES MODIFICATIONS**

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 26 265	05/10/2021	Analyse du Risque Foudre

**LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR DEKRA**

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Oui	PJ 20 - présentation du projet
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Non	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Non	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité)	Non	
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	PDF 0.0.1_Plan masse PDF 0.0.2_Plan masse
Plan de coupe	Oui	PDF 2.0.0_Coupes
Plan des façades	Oui	PDF 3.0.0_Façades
Plan de zonage ATEX	Non	

**Tableau 1 : Liste des documents**

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

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

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

## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
1.1 OBJET .....	6
<b>2. PRESENTATION GENERALE DU SITE .....</b>	<b>7</b>
2.1 GENERALITES .....	7
2.2 PERSONNEL SUR SITE .....	8
2.3 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS .....	8
2.3.1 Réseau Normal .....	8
2.3.2 Réseau Secouru .....	8
2.3.3 Réseau Ondulé .....	8
2.3.4 Réseau photovoltaïque .....	8
2.4 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES .....	8
2.5 PROTECTION INCENDIE .....	8
2.6 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS .....	9
2.7 CHEMINEMENT DES RESEAUX COURANTS FORTS ET FAIBLES GENERAUX DU SITE .....	9
2.8 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES .....	9
<b>3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES .....</b>	<b>10</b>
3.1 TEXTES REGLEMENTAIRES .....	10
3.2 NORMES DE REFERENCES .....	10
<b>4. MÉTHODOLOGIE .....</b>	<b>11</b>
4.1 PRESENTATION GENERALE .....	11
4.2 LIMITE DE L'A.R.F .....	12
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1 .....	12
<b>5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES .....</b>	<b>15</b>
5.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES .....	15
5.2 POTENTIELS DE DANGER .....	16
5.3 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION .....	16
5.4 EVENEMENTS INITIATEURS .....	17
5.5 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES .....	18
5.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE Foudre .....	18
<b>6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre .....</b>	<b>19</b>
6.1 DONNEES GENERALES .....	19
6.2 BATIMENT A – STOCK MP .....	20
6.2.1 Données et caractéristiques de la structure .....	20
6.2.1 Données et caractéristiques des services .....	21
6.2.2 Données et caractéristiques de la zone .....	22
6.2.3 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) .....	24
6.3 BATIMENT B : BUREAUX ET ATELIER .....	27
6.3.1 Données et caractéristiques de la structure .....	27
6.3.3 Données et caractéristiques des services .....	28
6.3.4 Données et caractéristiques de la zone .....	29
6.3.5 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) .....	31
6.4 BATIMENT C .....	34
6.4.1 Données et caractéristiques de la structure .....	34
6.4.2 Données et caractéristiques des services .....	35

6.4.3	<i>Données et caractéristiques de la zone</i> .....	36
6.4.4	<i>Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)</i> .....	38
<b>7.</b>	<b>SYNTHESE</b> .....	<b>41</b>

## **ANNEXES**

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

**Annexe 2** : Lexique

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Objet

Dans le cadre de la construction d'une usine de plasturgie et de bureaux de la société **RECYTHERM** basé sur la commune de **BRIENON-SUR-ARMANCON (89)**, une Analyse de Risque Foudre est réalisée.

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

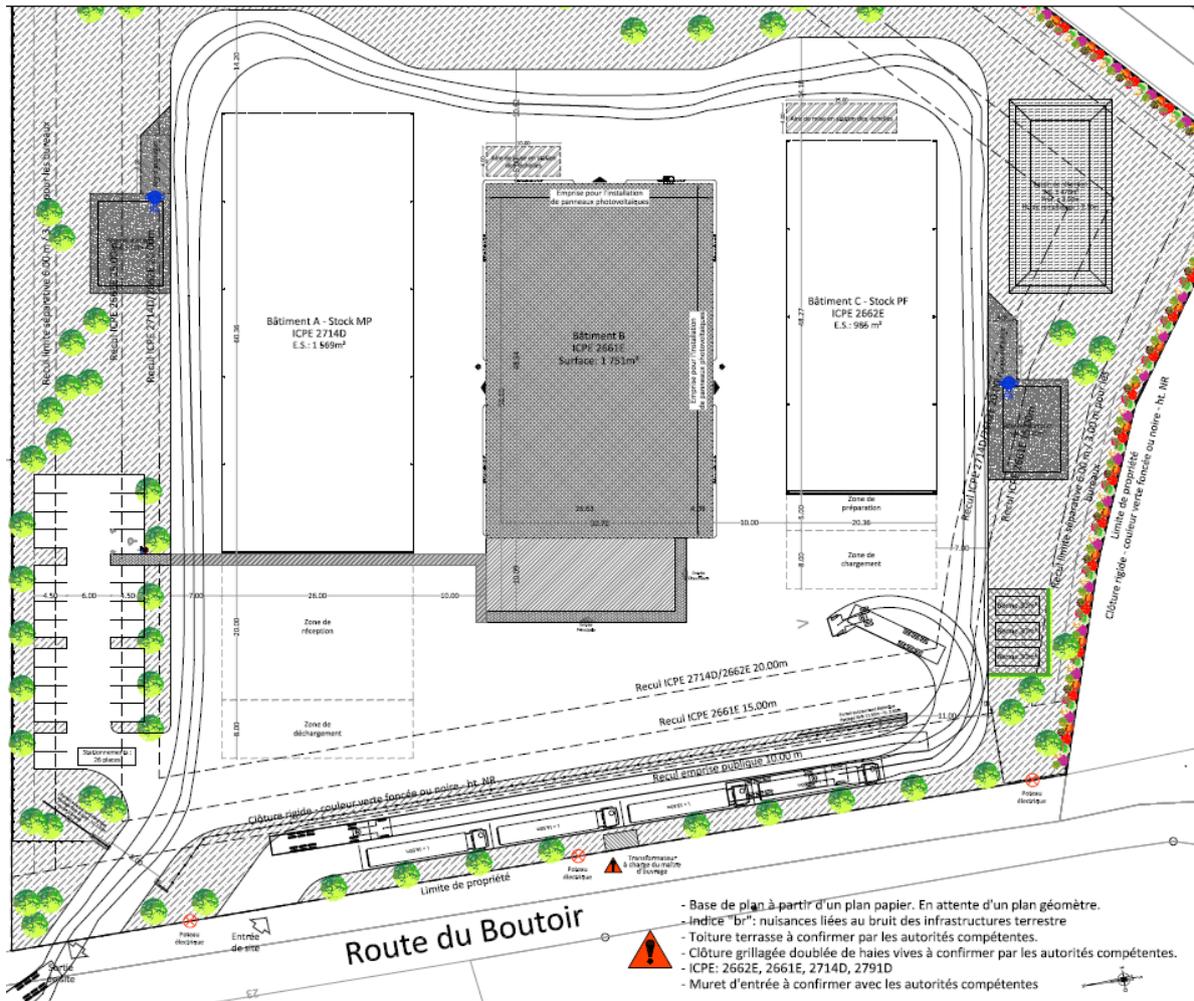
Le but de cette analyse est d'identifier si une protection externe ou interne contre la foudre est nécessaire ou pas. Si une protection s'impose, il s'agit de ramener le risque calculé en-dessous d'un niveau maximum tolérable par la mise en œuvre de mesures de protection et de prévention.

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

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

**2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE**

**2.1 Généralités**



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

L'activité de la société **RECYTHERM** est le recyclage de matières plastiques.

**RECYTHERM** projette de réaliser la construction d'une usine et de bureaux sur la route du Boutoir à Briennon-sur-Armançon 89210.

Les ouvrages à réaliser sont les suivants :

- Bâtiment A (hall matière première) de 1569 m²,
- Bâtiment B (atelier de fabrication) de 1485 m²,
- Bâtiment C (Stockage produits fini) de 985 m²,
- Bureaux de 266 m²,
- Local transformateur.

## 2.2 Personnel sur site

Le site aura un effectif inférieur à 100 personnes au vu de son activité.

Structure	Nombre de personnes exposées à un instant T
Recytherm	≤100 personnes

Tableau 2 : Personnel sur site

## 2.3 Caractéristiques des courants forts

### 2.3.1 Réseau Normal

L'établissement disposera d'un transformateurs électrique sec, de puissance 630 kVa situés dans un local spécifique coupe-feu 2h. Ce transformateur alimentera un TBGT situé dans le bâtiment B. Les bâtiments A et C seront alimenté depuis ce TGBT par un câble enterré.

Nous n'avons pas d'information concernant le régime de neutre à ce stade de l'étude.

### 2.3.2 Réseau Secouru

L'établissement ne disposera pas de groupes électrogènes.

### 2.3.3 Réseau Ondulé

Le site dispose d'un onduleur sécurisant une partie des installations électriques du bâtiment B. Cependant nous n'avons pas d'information détaillée sur cet onduleur.

### 2.3.4 Réseau photovoltaïque

Suivant le plan de masse, une emprise pour l'installation de panneaux photovoltaïque est prévue sur le bâtiment B au-dessus de l'atelier (48,54 m x 30,72 m).

## 2.4 Caractéristiques des courants faibles

Le projet sera raccordé au réseau ORANGE via une ligne cuivre souterraine vers la zone administrative.

## 2.5 Protection incendie

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

- RIA,
- Détection incendie type I dans l'ensemble des bâtiments du site,
- Mur coupe-feu 2 heures,
- Confinement des eaux d'extinction.

## 2.6 Mise à la terre des installations

La mise à la terre des installations n'est pas encore définie à ce stade de l'étude.

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

Zone	Lignes connectées			
	Nom	Longueur (m)	Relié à	Type
Bâtiment A	Alimentation BT	100	TGBT Bâtiment B	Souterrain
	Courants faibles	100	Liaison Bâtiment B	Souterrain
Bâtiment B	Alimentation BT	1000	Réseaux EDF	Souterrain
	Alimentation BT bâtiment A	100	TGBT Bâtiment A	Souterrain
	Alimentation BT bâtiment C	100	TGBT Bâtiment C	Souterrain
	Courants faibles	1000	Liaison ORANGE	Souterrain
	Alimentation Courants faibles bâtiment A	100	Liaison Bâtiment A	Souterrain
	Alimentation Courants faibles bâtiment C	100	Liaison Bâtiment C	Souterrain
	Éclairage	100	TGBT Bâtiment B	Souterrain
Alimentation Portail	100	TGBT Bâtiment B	Souterrain	
Bâtiment C	Alimentation BT	100	TGBT Bâtiment B	Souterrain
	Courants faibles	100	Liaison Bâtiment B	Souterrain

**Tableau 3 : Réseaux**

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

## 2.8 Liste des canalisations entrantes et sortantes

Zone	Nom	Nature	Mise à la terre
Recytherm	Eaux usées	PVC	Sans objet
	Eau potable	PEHD	Sans objet
	Eaux pluviales	PVC	Sans objet

**Source** : Infos clients

**Tableau 4 : Canalisations**

### 3. DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES

#### 3.1 Textes réglementaires

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

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

#### 3.2 Normes de références

**NF EN 62 305-1** (C 17-100-1) – juin 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 1 : Principes généraux].

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

**NF EN 62 305-3** (C 17-100-3) – décembre 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains].

**NF EN 62 305-4** (C 17-100-4) – décembre 2006 [Protection des structures contre la foudre – partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures].

## 4. MÉTHODOLOGIE

### 4.1 Présentation générale

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

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

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

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

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

**Tableau 5 : Différents types de pertes**

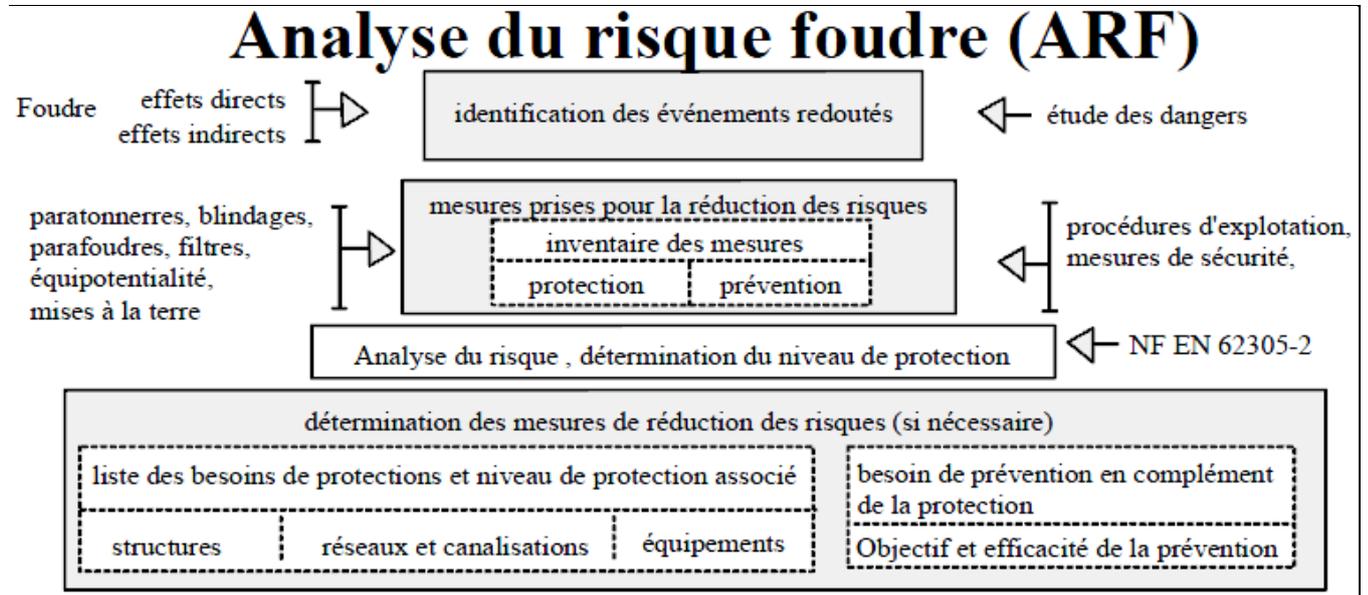
L'Analyse du Risque Foudre identifie :

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

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

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

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



**Figure 2: Structure de l'Analyse de Risque Foudre**

### 4.2 Limite de l'A.R.F

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

En effet :

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

### 4.3 Principe de l'analyse probabiliste : Calcul de R1

- Détail du calcul

Le risque total calculé R1 est la somme des composantes des risques partiels : R<sub>A</sub>, R<sub>B</sub>, R<sub>C</sub>, R<sub>M</sub>, R<sub>U</sub>, R<sub>V</sub>, R<sub>W</sub>, R<sub>Z</sub> appropriés, voir explication ci-dessous.

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

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

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

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

Où

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

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

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

Les huit composantes sont définies comme suit :

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

**Tableau 6 : Natures du risque**

- Acceptabilité du risque

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

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

Si  $R_1 > R_T$

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

Si  $R_1 \leq R_T$

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

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

- Mesures de réduction des risques

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

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

**Tableau 7 : Mesures de protection pour réduire le risque**

## 5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS

### 5.1 Situations réglementaires

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

Rubrique	Activité	Niveau d'activité	Classement du projet
2661-2-a	Transformation de polymères. 2/ Procédé mécanique : broyage. Quantité traitée : a) $\geq 20$ t/j : E b) $\geq 2$ t/j, mais inférieure à 20 t/j : D	Broyage de matières plastique 2 broyeurs Niveau d'activité maximal : 25 tonnes/jour	E
2662-1	Stockage de polymères	Stockage des produits finis considérés comme des matières plastiques secondaires : Volume : 650 big bags soit 1300 m <sup>3</sup>	E
2714-1	Installation de transit de déchets non dangereux. Volume présent : 1. $\geq 1\ 000$ m <sup>3</sup> : E GF 2. $\geq 100$ m <sup>3</sup> , mais inférieur à 1 000 m <sup>3</sup> : D	Stockage des matières à broyer avec statut de déchet.  Volume : -900 balles de 3 m <sup>3</sup> -850 palettes de 2 m <sup>3</sup> Soit un volume de 2600 m <sup>3</sup>	E
2791-2	Installation de traitement de déchets non dangereux. Quantité de déchets traités : 1. Supérieure ou égale à 10 t/j : A 2. Inférieure à 10 t/j : DC	Broyage de déchets plastique 2 broyeurs Niveau d'activité maximal : 9 tonnes/jour	DC
2663-2	Stockage de produits composés d'au moins 50% de polymères. 2 – Dans les autres cas (pas à l'état alvéolaire)	Stockage des matières à broyer sans statut déchet.  Volume : 800 casiers de 1,2 m <sup>3</sup> soit 960 m <sup>3</sup>	NC
1510-2-b	Entrepôt couvert (installations pourvues d'une toiture dédiée au stockage matières combustibles)	Produits combustibles en quantité supérieure à 500 tonnes mais produits classés au titre des rubriques spécifiques.	NC
2925-2	Atelier de charge avec batteries au plomb	4 postes avec batteries plomb Puissance de courant continu < 50 kW	NC
1185	Fluides frigorigènes	Type de fluide : avec faible WGP, mais pas d'ammoniac (NH3) Quantité présente sera inférieure à 300 kg	NC
1510	Entrepôts couverts		NC Voir en PJ 19

E : Enregistrement / D : Déclaration / DC : déclaration contrôlée / NC : Non Classé

**Tableau 8 : Rubriques ICPE**

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

## 5.2 Potentiels de danger

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

Structure	Phénomène dangereux redoutés	Application au site
Recytherm	Effets de surpression associés à l'explosion d'une substance	Non concerné
	Inflammation d'un nuage de gaz en champ libre (UVCE) ou dans une zone encombrée (VCE),	Non concerné
	Effets thermiques en cas de rupture ou fuite sur une canalisation calorifique ou sous pression	Non concerné
	Contamination de l'environnement par incendie, déversement ou combustion de produit chimique	<b>Concerné</b>
	Risque pour l'homme en cas d'inhalation de produits chimiques	<b>Concerné</b>
	Incendie	<b>Concerné</b>
	Une perte du réseau de climatisation	Non concerné
	Une perte de l'alimentation électrique ou du réseau de télécommunication	<b>Concerné</b>
	Risque pour l'homme en cas de surtension sur le réseau par manœuvre ou perturbation atmosphérique	<b>Concerné</b>

***Tableau 9 : Phénomènes redoutés***

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

## 5.3 Zones à risques d'explosion

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

Le risque d'explosion ne sera donc pas retenu.

#### 5.4 Evénements initiateurs

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

Elle peut soit :

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

<b>Inflammation ou explosion d'un nuage gaz</b>
<p>Ce cas peut arriver par impact direct dans un volume de vapeur ou de gaz. La température de l'arc (30 000°) est très nettement supérieure aux températures d'inflammation et d'explosion. Il est aggravant dans toutes les zones explosibles externes.</p>
<b>Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques</b>
<p>Ce cas peut arriver à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques. A cet endroit (sur quelques cm<sup>2</sup>) la température est telle qu'elle entraîne une fusion du métal en présence. La durée d'activation est courte, quelques secondes. Il est aggravant si le point chaud fait tomber des particules en fusion vers des zones explosibles ou inflammables. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm, et à proximité des zones explosibles ou inflammables.</p>
<b>Étincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux</b>
<p>Ce cas peut intervenir si les structures d'écoulement du courant de foudre capté et les structures métalliques proches qui sont au potentiel de la terre, sont à une distance inférieure à la distance de sécurité. Il est aggravant s'il intervient dans toute zone explosible ou inflammable, ou s'il détruit un équipement de sécurité. Il est aggravant pour les joints isolants de canalisations.</p>
<b>Percement de conteneur ou de canalisation</b>
<p>Ce cas peut intervenir sur impact direct d'une canalisation métallique ou d'une cuve dont l'épaisseur n'est pas suffisante pour résister à la fusion. Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm.</p>
<b>Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment</b>
<p>Ce cas peut se produire par explosion à l'impact des matériaux non conducteurs utilisés dans la structure ou par incendie des matériaux constitutifs sur courant de suite. Il est aggravant dans le cas de structures entièrement construites avec des pierres, du bois avec un risque pour le personnel interne.</p>
<b>Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment</b>
<p>Ce cas concerne les lampadaires, les sirènes, les cheminées, les événements, les capteurs disposés en hauteur... Il est aggravant si ces équipements contribuent à la sécurité du site, si la collecte du courant de foudre vient à détruire un équipement IPS ou conduire à un étincelage en zone explosible ou inflammable.</p>
<b>Surtensions électriques par effets directs ou indirects</b>
<p>Ce cas peut intervenir en cas de circuits électriques exposés comme les lignes aériennes ou ceux présentant des boucles importantes de capture du champ électromagnétique rayonné par la foudre. Il peut intervenir également en cas de différences de potentiel de terre sur un impact de foudre proche. Il est aggravant pour les équipements qui contribuent à la sécurité du site. Il l'est surtout dans le cas de claquages ou courts-circuits qui interviendraient dans une zone explosible.</p>
<b>Effets sur les personnes</b>
<p>Ce cas peut intervenir en cas de coup direct ou de tension de pas ou de toucher, d'une personne exposée au voisinage d'une structure impactée. Ce cas n'est pas lié aux effets sur l'environnement mais à ceux liés à un impact direct à proximité. Il est dans tous les cas aggravant.</p>

**Tableau 10 : Interaction foudre/équipements**

### 5.5 Mesures de maîtrise des risques

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

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
RIA	Non
Détection incendie	Oui
Mur coupe-feu 2 heures	Non
Confinement des eaux d'extinction	Non

**Tableau 11 : Liste des équipements de sécurité**

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

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

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

Bâtiments / Installations	Traitement statistique selon la norme NF EN 62305-2	Traitement déterministe <sup>1</sup>
Ensemble du site Recytherm	X	

**Tableau 12 : Installations à étudier dans l'ARF**

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

Cette méthode ne prend pas en compte le risque de foudroiement local. Par conséquent, quelle que soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme **Important Pour la Sécurité**, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes.

Lorsque la norme NF EN 62305-2 ne s'applique pas réellement (exemple : zone ouverte ou à risque d'impact foudre privilégié telles que les cheminées, aéro-réfrigérants racks, stockages extérieurs,...) cette méthode est choisie.

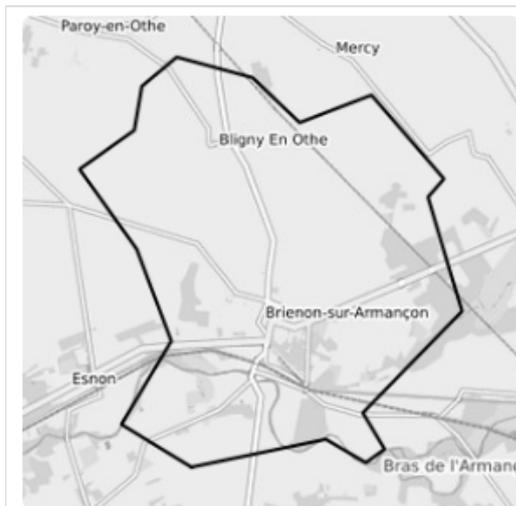
## 6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE Foudre

### 6.1 Données générales

DENOMINATION	VALEURS RETENUES
Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour la commune de <b>BRIENON-SUR-ARMANCON (89)</b> données fournies par la Météorage (voir carte ci -dessous)	Nsg = <b>0,64</b> (coups de foudre / km <sup>2</sup> / an)
Résistivité du sol	500 Ωm* (valeur par défaut)

**Tableau 13 : Données pour le calcul du risque foudre**

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



**Ville :**  
BRIENON-SUR-ARMANCON (89055)

**Superficie :**  
25,90 km<sup>2</sup>

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

#### Statistiques du foudroisement

➔ N<sub>SG</sub> : 0,64 impacts/km<sup>2</sup>/an



Indice de confiance statistique : **Excellent** ⓘ

L'intervalle de confiance à 95% est : [0,55 - 0,75].

➔ Nombre de jours d'orage : 9 jours par an

**Figure 3: Nsg suivant la carte de météorage**

## 6.2 Bâtiment A – Stock MP

### 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>	60,36 x 26 x 5,70 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	5,74E+003 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,25	Entouré d'objets plus haut
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>s1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 14 : Données et caractéristiques de la structure**

#### Justification des paramètres encodés

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

Le bâtiment B est plus haut que le bâtiment A.

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

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (probabilité de dommages physiques sur une structure)**

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

Dans un premier temps nous calculons R1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite R<sub>T</sub> des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>s1</sub> (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)**

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

6.2.1 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT	100	-	58,63 x 30,72 x 9,70 m	0,25	0,5	4kV	0,02	1
2	Courant faible	100	-	58,63 x 30,72 x 9,70 m	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1

**Tableau 15 : Données et caractéristiques des services**

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

**Justification des paramètres encodés**

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

La valeur indiquée correspond à la longueur de la ligne.

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

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

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

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

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

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

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

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

Le site se situe en zone suburbaine ce qui correspond à des hauteurs de bâtiments inférieure à 10m. Nous indiquons la valeur = 0,5 – zone suburbaine.

***Paramètre  $U_w$  (Tension de tenue au choc des matériels)***

Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 4 kV pour les lignes d'alimentation BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

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

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

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

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

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

6.2.2 Données et caractéristiques de la zone

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	$r_a / r_u$	$10^{-2}$	Agricole, béton
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service	$P_{TU}$	1	Aucune mesure de protection
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure	$P_{TA}$	1	Aucune mesure de protection
Dispositions réduisant la conséquence de feu	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,1	Élevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 16 : Données et caractéristiques de la zone**

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

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

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

**Tableau 17 : Paramètre  $r_a / r_u$**

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

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

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

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

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

Le site est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante et en l'absence d'information sur la charge calorifique des produits stockés. La valeur est = 0,1.

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

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

Tableau 18 : Paramètre  $r_f$

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

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

Tableau 19 : Paramètre  $L_f$

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

Type de danger particulier	$h_z$
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

Tableau 20 : Paramètre  $h_z$

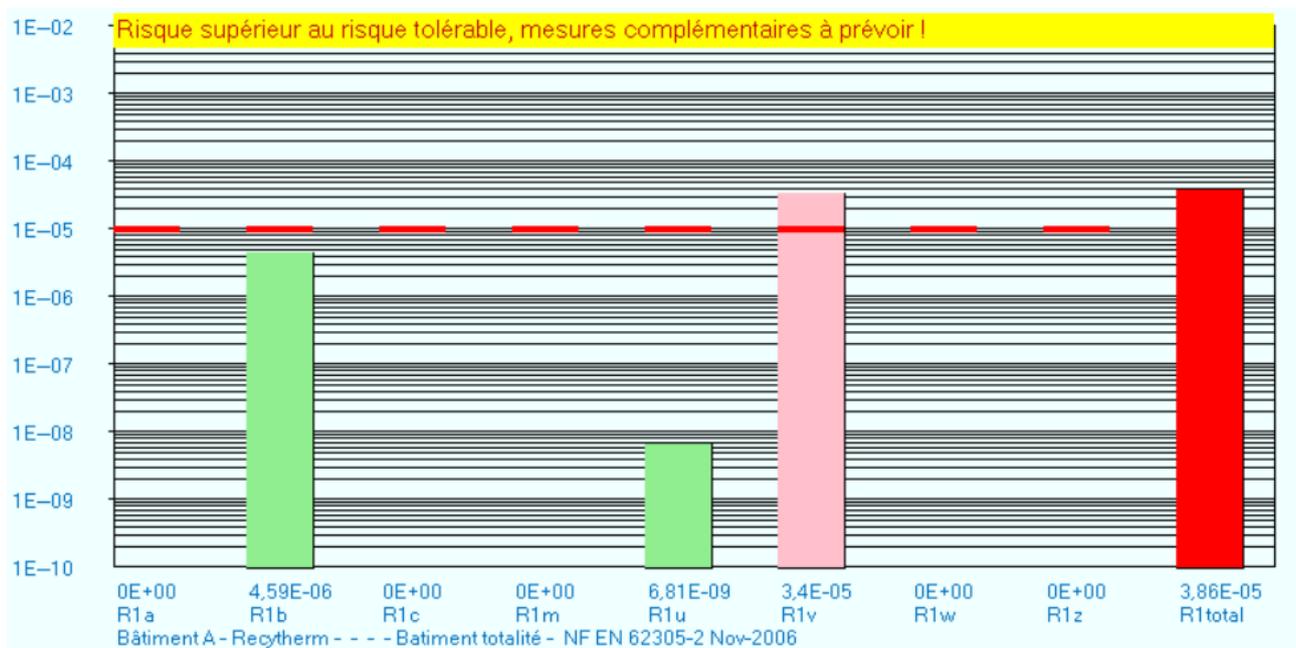
**Paramètre  $L_o$  (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)**

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

6.2.3 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)

**Sans** protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment A	3,86 E <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>



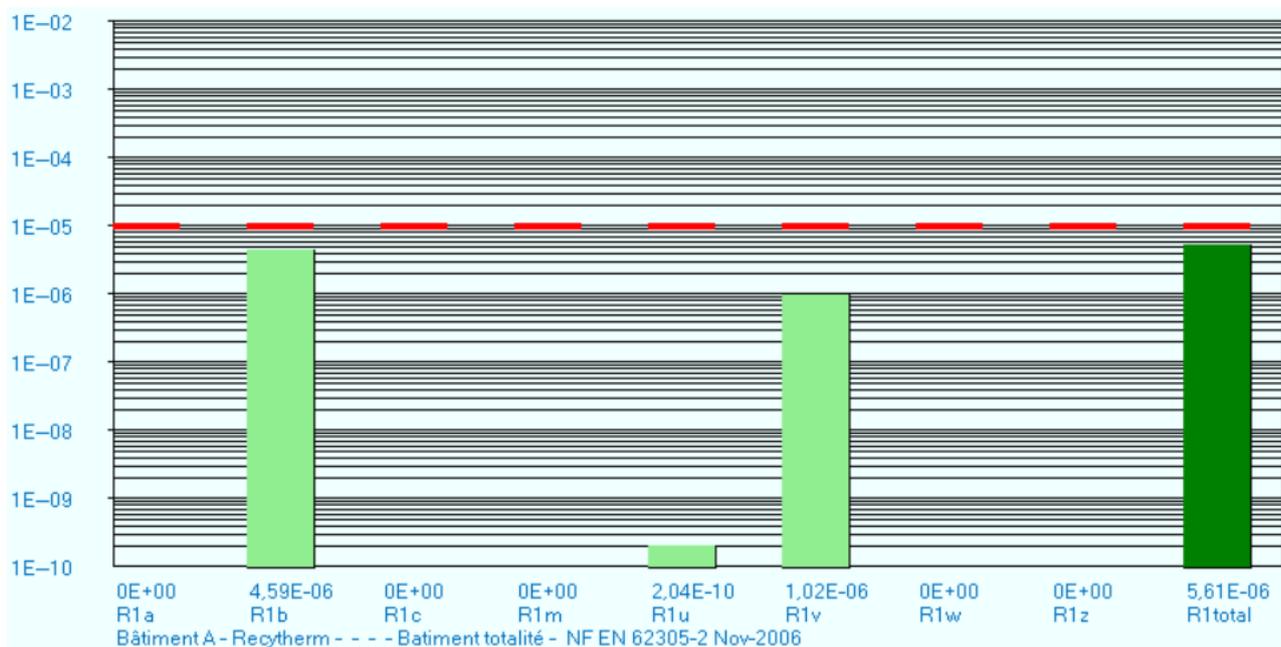
**Figure 4: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

**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 indirect afin que le risque calculé R1 soit < risque tolérable Rt1.

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment A	5,61 x 10 <sup>-6</sup>	<	1 x 10 <sup>-5</sup>



**Figure 5: Résultat du calcul du risque R1 avec protections**

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

**Choix des mesures de protection**

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont **R<sub>B</sub>** et **R<sub>V</sub>**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
Mesures de protection								
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X

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

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

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

**Tableau 21 : Choix des protections foudre**

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

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

### 6.3 Bâtiment B : bureaux et atelier

#### 6.3.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	58,63 x 30,72 x 9,70 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	1,01E+004 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,5	Entouré d'objets plus petits
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>S1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 22 : Données et caractéristiques de la structure**

#### Justification des paramètres encodés

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

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

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (probabilité de dommages physiques sur une structure)**

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

Dans un premier temps nous calculons R1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite R<sub>T</sub> des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>S1</sub> (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)**

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

### 6.3.3 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	Ks3	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT	1000	-	-	0,25	0,5	4kV	0,02	1
2	Alimentation BT bâtiment A	100	-	60,36 x 26 x 5,70 m	0,25	0,5	4kV	0,02	1
3	Alimentation BT bâtiment C	100	-	48,27 x 20,36 x 7,10 m	0,25	0,5	4kV	0,02	1
4	Arrivé courant faible	1000	-	-	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1
5	Alimentation courant faible bâtiment A	100	-	60,36 x 26 x 5,70 m	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1
6	Alimentation courant faible bâtiment C	100	-	48,27 x 20,36 x 7,10 m	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1
7	Eclairage extérieur	100	-	-	0,25	0,5	2,5kV	0,02	1
8	Alimentation portail	100	-	-	0,25	0,5	2,5kV	0,02	1

**Tableau 23 : Données et caractéristiques des services**

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

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

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

La valeur indiquée correspond à la longueur de la ligne.

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

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

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

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

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

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

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

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

Le site se situe en zone suburbaine ce qui correspond à des hauteurs de bâtiments inférieure à 10m. Nous indiquons la valeur = 0,5 – zone suburbaine.

##### ***Paramètre $U_w$ (Tension de tenue au choc des matériels)***

Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 4 kV pour les lignes d'alimentation BT, 2,5 kV pour les équipements BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

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

Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur  $K_{S3} = 0,02$  car nous considérons que c'est un câble non écranté avec surface de boucle de l'ordre de  $0,5 \text{ m}^2$ .

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

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

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

6.3.4 Données et caractéristiques de la zone

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	$r_a / r_u$	$10^{-2}$	Béton
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service	$P_{TU}$	1	Aucune mesure de protection
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure	$P_{TA}$	1	Aucune mesure de protection
Dispositions réduisant la conséquence de feu	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,1	Élevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

**Tableau 24 : Données et caractéristiques de la zone**

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

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

(2) Valeurs mesurées entre une électrode de  $400\text{cm}^2$  comprimée avec une force de 500 N à point à l'infini.

**Tableau 25 : Paramètre  $r_a / r_u$**

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

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

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

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

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

Le site est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante et en l'absence d'information sur la charge calorifique des produits stockés. La valeur est = 0,1.

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

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

**Tableau 26 : Paramètre  $r_f$**

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

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

**Tableau 27 : Paramètre  $L_f$**

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

Type de danger particulier	$h_z$
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

**Tableau 28 : Paramètre  $h_z$**

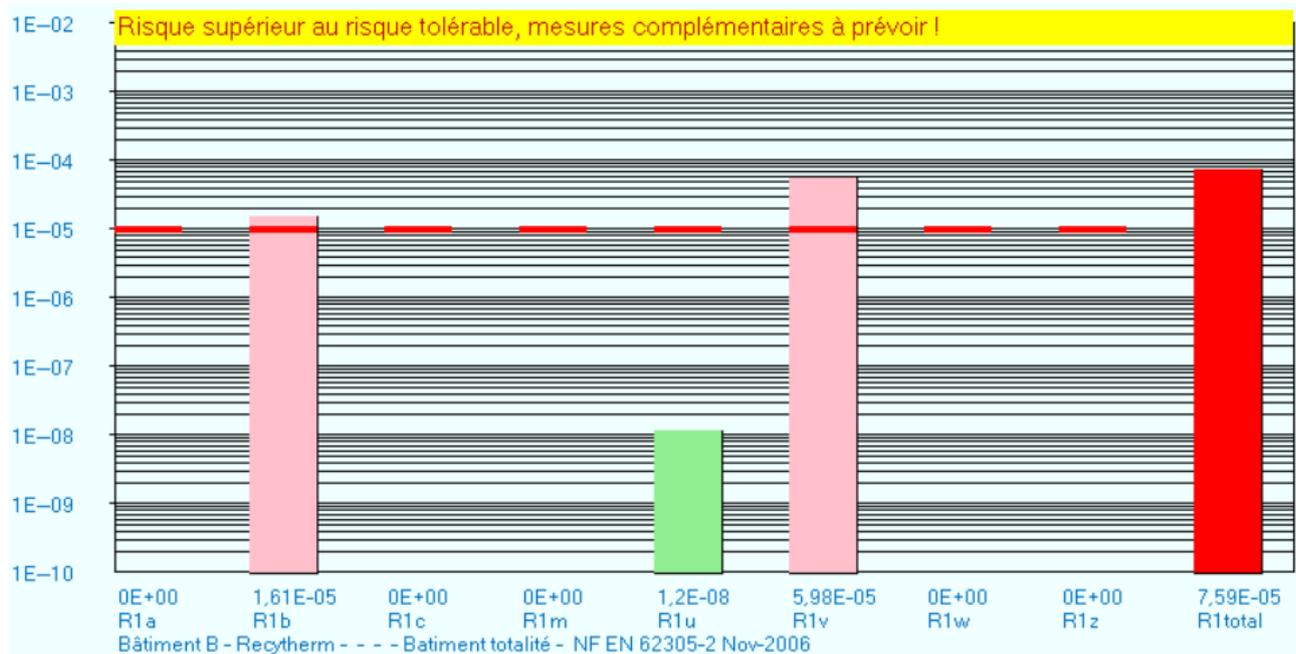
**Paramètre Lo (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)**

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

6.3.5 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)

**Sans** protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment B	7,59 E <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>



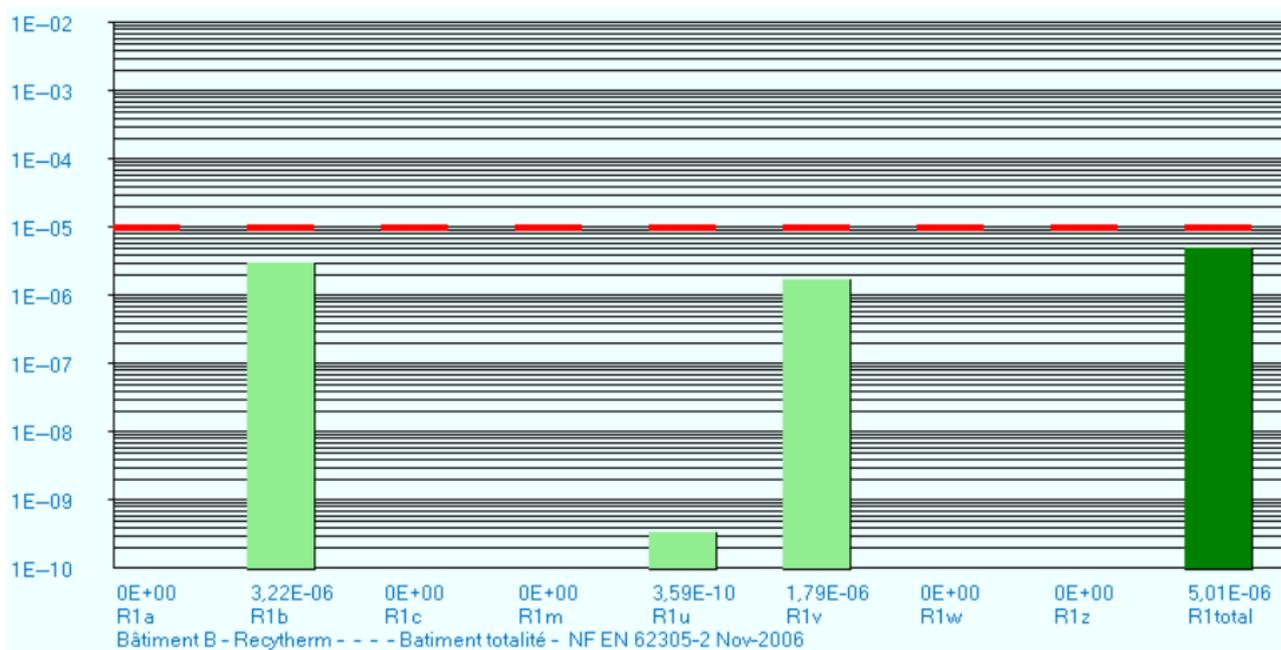
**Figure 6: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

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

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

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment B	5,01 x 10 <sup>-6</sup>	<	1 x 10 <sup>-5</sup>



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

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

**Choix des mesures de protection**

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont **R<sub>b</sub>** et **R<sub>v</sub>**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
Mesures de protection								
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X

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

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

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

**Tableau 29 : Choix des protections foudre**

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

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

## 6.4 Bâtiment C

### 6.4.1 Données et caractéristiques de la structure

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
<b>Dimensions</b>	L x W x H <sub>b</sub>	48,27 x 20,36 x 7,10 m	Longueur x Largeur x Hauteur
<b>Aire équivalente</b>	A <sub>d/b</sub>	5,35E+003 km <sup>2</sup>	Surface d'exposition aux impacts
<b>Emplacement de la structure</b>	C <sub>d/b</sub>	0,25	Entouré par des objets plus hauts
<b>Protection existante contre les effets directs</b>	P <sub>B</sub>	1	Structure non protégée par SPF
<b>Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure</b>	K <sub>S1</sub>	1	Aucun blindage

**Tableau 30 : Données et caractéristiques de la structure**

#### Justification des paramètres encodés

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

Le bâtiment B est plus que le bâtiment C.

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

##### **Paramètre P<sub>B</sub> (probabilité de dommages physiques sur une structure)**

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

Dans un premier temps nous calculons R1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite R<sub>T</sub> des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

##### **Paramètre K<sub>S1</sub> (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)**

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

#### 6.4.2 Données et caractéristiques des services

Numéro de liaison	Nom de la ligne	LC	H	$L_a \times W_a \times H_a$	$C_d$	$C_e$	$U_w$	$K_{s3}$	$P_{SPD}$
1	Alimentation BT	100	-	60,36 x 26 x 5,70	0,25	0,5	4kV	0,02	1
2	Courant faible	100	-	60,36 x 26 x 5,70	0,25	0,5	1,5kV	0,001	1

**Tableau 31 : Données et caractéristiques des services**

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

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

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

La valeur indiquée correspond à la longueur de la ligne.

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

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

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

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

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

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

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

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

Le site se situe en zone suburbaine ce qui correspond à des hauteurs de bâtiments inférieure à 10m. Nous indiquons la valeur = 0,5 – zone suburbaine.

##### ***Paramètre $U_w$ (Tension de tenue au choc des matériels)***

Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 4 kV pour les lignes d'alimentation BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

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

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

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

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

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

6.4.3 Données et caractéristiques de la zone

Paramètres / Facteurs	Symbole	Valeurs retenues	Signification
Facteur de réduction associé au type de sol	$r_a / r_u$	$10^{-2}$	Béton
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service	$P_{TU}$	1	Aucune mesure de protection
Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure	$P_{TA}$	1	Aucune mesure de protection
Dispositions réduisant la conséquence de feu	$r_p$	0,5	Manuelles
Risque d'incendie de la structure	$r_f$	0,1	Élevé
Pertes par dommages physiques (relatives à R1)	$L_f$	$5 \times 10^{-2}$	Structure Industrielle
Présence d'un danger particulier	$h_z$	2	Risque Faible
Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)*	$L_0$	0	SO

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

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

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

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

**Tableau 33 : Paramètre  $r_a / r_u$**

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

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

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

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

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

Le site est équipé de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

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

Le risque d'incendie estimé est « élevé » vu la présence de substances inflammables en quantité importante et en l'absence d'information sur la charge calorifique des produits stockés. La valeur est = 0,1.

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

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

Tableau 34 : Paramètre  $r_f$

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

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

Tableau 35 : Paramètre  $L_f$

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

Type de danger particulier	$h_z$
Pas de danger particulier	1
Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)	2
Niveau de panique moyen (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec nombre de personnes compris entre 100 et 1 000)	5
Difficulté d'évacuation (par exemple, structures avec personnes immobilisées)	5
Niveau de panique élevé (par exemple, structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000)	10
Le risque de Dangers pour l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Absence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site, effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	20
Le risque de Contamination de l'environnement a été retenu pour les raisons suivantes : Présence de risques d'émission de substances chimiques ou biologiques hors du site et/ou effets latéraux contenus à l'intérieur du site.	50

Tableau 36 : Paramètre  $h_z$

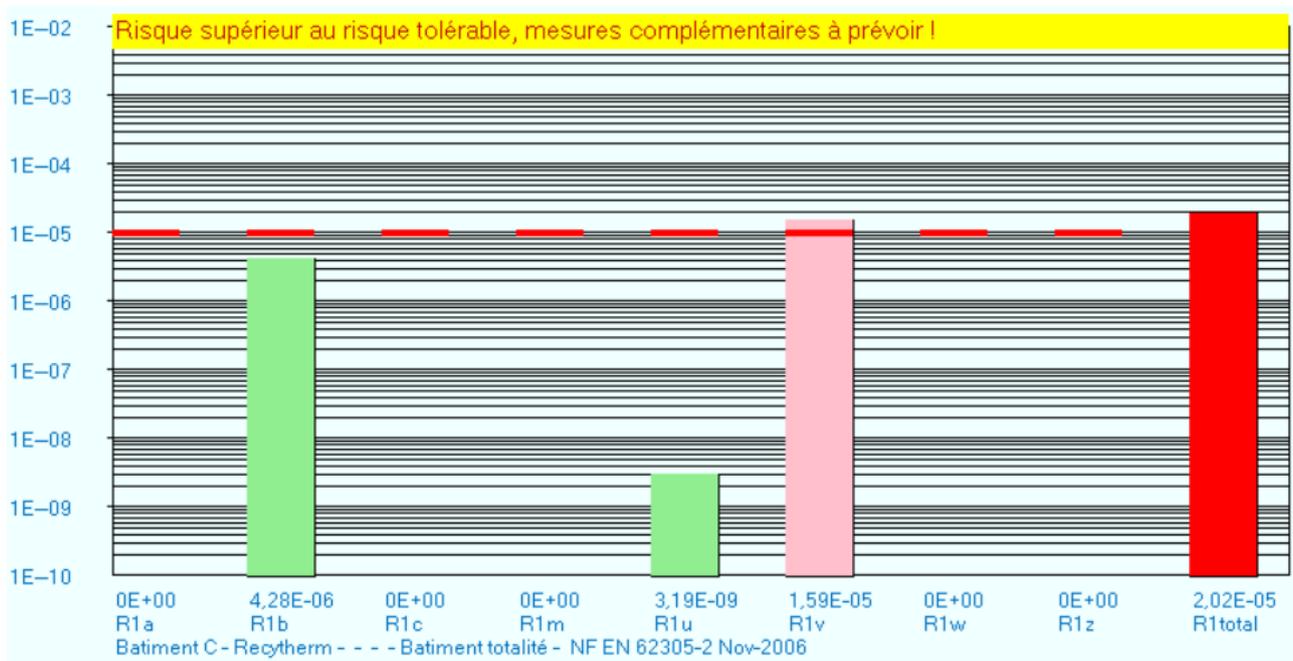
**Paramètre  $L_o$  (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)**

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

6.4.4 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)

**Sans** protection ou mesure de prévention

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment C	2,02 E <sup>-5</sup>	>	1 x 10 <sup>-5</sup>



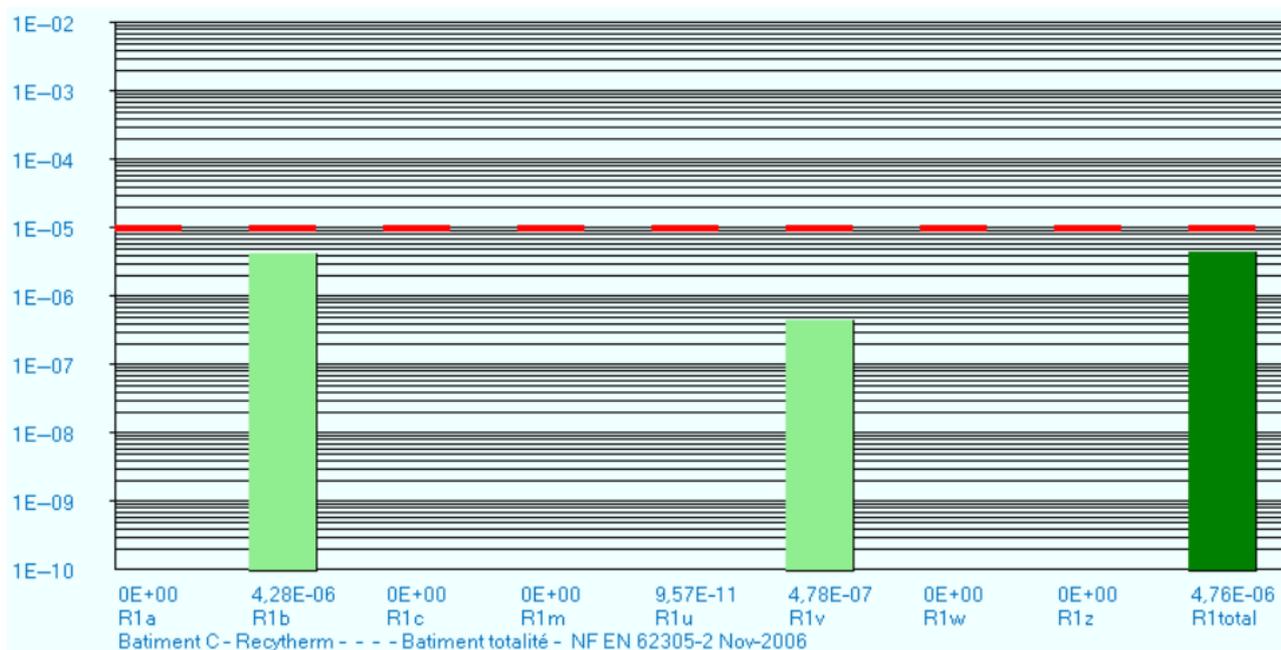
**Figure 8: Résultat du calcul du risque R1 sans protections**

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

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

Analyse **avec** protections

Type de pertes	Zone	Risques calculés (Rc)		Risques tolérables (Rt)
L1	Bâtiment C	$4,76 \times 10^{-6}$	<	$1 \times 10^{-5}$



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

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

**Choix des mesures de protection**

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont **R<sub>B</sub>** et **R<sub>V</sub>**.

Caractéristiques de la structure ou du système interne	R <sub>A</sub>	R <sub>B</sub>	R <sub>C</sub>	R <sub>M</sub>	R <sub>U</sub>	R <sub>V</sub>	R <sub>W</sub>	R <sub>Z</sub>
Surface équivalente d'exposition	X	X	X	X	X	X	X	X
Résistivité de surface du sol	X							
Résistivité du sol					X			
Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol	X				X			
SPF	X <sup>1)</sup>	X	X <sup>2)</sup>	X <sup>2)</sup>	X <sup>3)</sup>	X <sup>3)</sup>		
Parafoudres coordonnés			X	X			X	X
Ecran spatial			X	X				
Réseaux externes écrantés					X	X	X	X
Réseaux internes écrantés			X	X				
Précautions de cheminement			X	X				
Réseau équipotentiel			X					
Précautions incendie		X				X		
Sensibilité au feu		X				X		
Danger particulier		X				X		
Tension de tenue aux chocs			X	X	X	X	X	X

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

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

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

**Tableau 37 : Choix des protections foudre**

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

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

## 7. SYNTHÈSE

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

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

Structure	Protection effets directs	Protection effets indirects
Bâtiment A	Risque tolérable	Protection de niveau IV
Bâtiment B	Protection de niveau IV	Protection de niveau IV
Bâtiment C	Risque tolérable	Protection de niveau IV

**Tableau 38 : Synthèse des protections foudre**

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

Structure	Organes de sécurité
Ensemble du site	Détection incendie

**Tableau 39 : Synthèse des MMR**

- Les liaisons équipotentielles ne sont pas à prévoir car il n'y a pas de canalisation métallique.

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

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

### NOTA :

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

**ANNEXE 1**

**Analyse du Risque Foudre**

**NF EN 62305-2**

**L'analyse de risque est effectuée à l'aide du logiciel PROTEC VERSION RG18.01  
conforme à la norme NF EN 62305-2**

# RAPPORT TECHNIQUE

## Protection contre la foudre

### Évaluation des risques Sélection des mesures de protection

**Client:**

Client : DEKRA  
Description de la structure : Recytherm  
Ville : BRIENON-SUR-ARMANCON

RG-Consultant - Protec Version RG 18.01 fr - **Bâtiment A** ( NF EN 62305-2 Nov-2006 )

Bâtiment A.prj

Associations Zones-Lignes:

Batiment totalité  
--Z01-Bâtiment A totalité  
----Z01-Bâtiment A seul  
----L01-Alimentation BT  
----L02-Courant faible

--- Liste des Mesures de protections: ---

Bâtiment entier:

Protection Bâtiment:      Aucun écran de protection.      SPF Aucun

Lignes:

Ligne	Protection Zone: Ecran,Boucles	Vmax	Parafoudre
L01-Z01-Alimentation BT	Ss Ecran & boucles<1m <sup>2</sup>	Uw=4.0kV	Niv IV
L02-Z01-Courant faible	Ss Ecran & boucles<1m <sup>2</sup>	Uw=1.5kV	Niv IV

Zones:

Zone	Protection Zone: Ecran	Diverses	Incendie
Z01-Bâtiment A	Aucun écran de protection.	Aucune	Manu

Paramètres-Calculs-Résultats:

Bâtiment A ( NF EN 62305-2 Nov-2006 )

- Caractéristiques & Coeffs Batiment -

Ng: 00,64 Dept:Aucun  
L=61, l=26, H=6, Hmax=0  
Cdb: 2,50E-001

Nbr de personnes: Calcul par défaut

Adb: 5,74E+003  
Amb: 2,41E+005

Ndb: 9,18E-004  
Nmb: 1,54E-001  
Ks1: 1,00E+000  
Pb : 1,00E+000  
NPF: Aucun

- Caractéristiques & Coeffs Ligne1:Alimentation BT ---  
Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500  
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.  
Ctl: 1,00 - Service uniquement  
Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m  
Structure Adjacente: Entouré d'objets de même hauteur ou plus petits  
Cda: 0,50 La=59, la=31, Ha=10, Hamax=0  
Ada: 1,01E+004  
Al : 1,16E+003  
Ai : 5,59E+004  
Nda: 3,22E-003  
NI : 1,86E-004  
Ni : 1,79E-002  
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne2:Courant faible ---  
Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500  
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.  
Ctl: 1,00 - Service uniquement  
Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m  
Structure Adjacente: Entouré d'objets de même hauteur ou plus petits  
Cda: 0,50 La=59, la=31, Ha=10, Hamax=0  
Ada: 1,01E+004  
Al : 1,16E+003  
Ai : 5,59E+004  
Nda: 3,22E-003  
NI : 1,86E-004  
Ni : 1,79E-002  
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques et Coeffs Zone1:Bâtiment A ---  
Nb Personnes: Calcul par défaut  
Type de zone: Industriel et commercial.  
Danger particulier: Faible niveau panique (<2 étages et <100 personnes).  
Héritage Culturel: Aucune perte d'héritage culturel.  
Risque Service Public: Aucun  
Risque Incendie: Elevé  
Type de Sol: Agricole, béton (Rc d 1k©)  
Hz : 2,00E+000  
Ks2: 1,00E+000  
rf : 1,00E-001  
rp : 5,00E-001

rt,ra,ru : 1,00E-002  
 hc : 0,00E+000  
 Lt1: 1,00E-004  
 Lf1: 5,00E-002  
 Lo1: 0,00E+000  
 pta: 1,00E+000  
 Pa : 1,00E+000  
 Pb : 1,00E+000  
 - Zone1 Ligne1:Alimentation BT ---  
 Ks3: 2,00E-002  
 Ks4: 3,75E-001  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 2,00E-001  
 Uw : 4,00E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 1,00E-004  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002  
 - Zone1 Ligne2:Courant faible ---  
 Ks3: 2,00E-002  
 Ks4: 1,00E+000  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 1,00E+000  
 Uw : 1,50E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 9,00E-003  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002  
 - Cumul Pc et Pm pour Zone1:Bâtiment A ---  
 Pc : 5,91E-002  
 Pm : 9,10E-003  
 Détail du Risque par zone  
 - Risque Zone1:Bâtiment A ---  
 - Zone:Bâtiment A ---  
 R1a : 0,00E+000  
 R1b : 4,59E-006  
 R1c : 0,00E+000  
 R1m : 0,00E+000  
 - Ligne1:Alimentation BT ---  
 R1u : 1,02E-010  
 R1v : 5,11E-007  
 R1w : 0,00E+000  
 R1z : 0,00E+000

- Ligne2:Courant faible ---  
R1u : 1,02E-010  
R1v : 5,11E-007  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

-- Détail du Risque total R1:  
-Sur structure et sa proximité:  
R1a : 0,00E+000  
R1b : 4,59E-006  
R1c : 0,00E+000  
R1m : 0,00E+000  
Sur Lignes et leur proximités:  
R1u : 2,04E-010  
R1v : 1,02E-006  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000  
Sur Totalité:  
R1tot: 5,61E-006  
-- Fin --

RG-Consultant - Protec Version RG 18.01 fr - **Bâtiment B** ( NF EN 62305-2 Nov-2006 )

Associations Zones-Lignes:  
Batiment totalité  
--Z01-Bâtiment B totalité  
----Z01-Bâtiment B seul  
----L01-Alimentation BT  
----L02-Éclairage  
----L03-Courant faible  
----L04-Alimentation BT bâtiment A  
----L05-Alimentation BT bâtiment C  
----L06-Alimentation courant faible bâtiment A  
----L07-Alimentation courant faible bâtiment C  
----L08-Alimentation portail

--- Liste des Mesures de protections: ---

Bâtiment entier:

Protection Bâtiment:      Aucun écran de protection.    SPF IV

Lignes:

Ligne	Protection Zone: Ecran,Boucles	Vmax	Parafoudre
L01-Z01-Alimentation BT	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=4.0kV	Niv IV
L02-Z01-Éclairage	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=2.5kV	Niv IV
L03-Z01-Courant faible	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=1.5kV	Niv IV
L04-Z01-Alimentation BT bâ	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=4.0kV	Niv IV
L05-Z01-Alimentation BT bâ	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=4.0kV	Niv IV
L06-Z01-Alimentation coura	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=1.5kV	Niv IV
L07-Z01-Alimentation coura	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=1.5kV	Niv IV
L08-Z01-Alimentation portai	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=2.5kV	Niv IV

Zones:

Zone  
Z01-Bâtiment B

Protection Zone: Ecran    Diverses    Incendie  
Aucun écran de protection.    Aucune    Manu

Paramètres-Calculs-Résultats:  
Bâtiment B ( NF EN 62305-2 Nov-2006 )

- Caractéristiques & Coeffs Batiment -

Ng: 00,64 Dept:Aucun  
L=59, l=31, H=10, Hmax=0  
Cdb: 5,00E-001

Nbr de personnes: Calcul par défaut

Adb: 1,01E+004  
Amb: 2,43E+005  
Ndb: 3,22E-003  
Nmb: 1,52E-001  
Ks1: 1,00E+000  
Pb : 2,00E-001  
NPF: IV

- Caractéristiques & Coeffs Ligne1:Alimentation BT ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=1000, Ro=500  
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.  
Ctl: 1,00 - Service uniquement  
Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m  
Pas de structure Adjacente.  
Ada: 0,00E+000  
Al : 2,17E+004  
Ai : 5,59E+005  
Nda: 0,00E+000  
NI : 3,47E-003  
Ni : 1,79E-001  
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne2:Éclairage ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500  
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.  
Ctl: 1,00 - Service uniquement  
Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m  
Pas de structure Adjacente.  
Ada: 0,00E+000  
Al : 1,57E+003  
Ai : 5,59E+004  
Nda: 0,00E+000  
NI : 2,50E-004  
Ni : 1,79E-002  
Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne3:Courant faible ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=1000, Ro=500  
Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.  
Ctl: 1,00 - Service uniquement  
Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m

Pas de structure Adjacente.

Ada: 0,00E+000

Al : 2,17E+004

Ai : 5,59E+005

Nda: 0,00E+000

NI : 3,47E-003

Ni : 1,79E-001

Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne4:Alimentation BT bâtiment A ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500

Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Ctl: 1,00 - Service uniquement

Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m

Structure Adjacente: Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Cda: 0,25 La=61, la=26, Ha=6, Hamax=0

Ada: 5,74E+003

Al : 1,16E+003

Ai : 5,59E+004

Nda: 9,18E-004

NI : 1,86E-004

Ni : 1,79E-002

Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne5:Alimentation BT bâtiment C ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500

Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Ctl: 1,00 - Service uniquement

Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m

Structure Adjacente: Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Cda: 0,25 La=49, la=21, Ha=8, Hamax=0

Ada: 6,20E+003

Al : 1,03E+003

Ai : 5,59E+004

Nda: 9,92E-004

NI : 1,65E-004

Ni : 1,79E-002

Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne6:Alimentation courant faible bâtiment A ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500

Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Ctl: 1,00 - Service uniquement

Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m

Structure Adjacente: Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Cda: 0,25 La=61, la=26, Ha=6, Hamax=0

Ada: 5,74E+003

Al : 1,16E+003

Ai : 5,59E+004

Nda: 9,18E-004

NI : 1,86E-004

Ni : 1,79E-002

Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne7:Alimentation courant faible bâtiment C ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500

Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Ctl: 1,00 - Service uniquement

Cel: 1,00 - Rural

Structure Adjacente: Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Cda: 0,25 La=49, la=21, Ha=8, Hamax=0

Ada: 6,20E+003

Al : 1,03E+003

Ai : 5,59E+004

Nda: 9,92E-004

NI : 1,65E-004

Ni : 3,58E-002

Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne8:Alimentation portail ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500

Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Ctl: 1,00 - Service uniquement

Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m

Pas de structure Adjacente.

Ada: 0,00E+000

Al : 1,57E+003

Ai : 5,59E+004

Nda: 0,00E+000

NI : 2,50E-004

Ni : 1,79E-002

Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques et Coeffs Zone1:Bâtiment B ---

Nb Personnes: Calcul par défaut

Type de zone: Industriel et commercial.

Danger particulier: Faible niveau panique (<2 étages et <100 personnes).

Héritage Culturel: Aucune perte d'héritage culturel.

Risque Service Public: Aucun

Risque Incendie: Elevé

Type de Sol: Agricole, béton (Rc d 1k©)

Hz : 2,00E+000

Ks2: 1,00E+000

rf : 1,00E-001

rp : 5,00E-001

rt,ra,ru : 1,00E-002

hc : 0,00E+000

Lt1: 1,00E-004

Lf1: 5,00E-002

Lo1: 0,00E+000

pta: 1,00E+000

Pa : 1,00E+000

Pb : 2,00E-001

- Zone1 Ligne1:Alimentation BT ---

Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 3,75E-001  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 2,00E-001  
 Uw : 4,00E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002

- Zone1 Ligne2:Éclairage ---

Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 6,00E-001  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 4,00E-001  
 Uw : 2,50E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002

- Zone1 Ligne3:Courant faible ---

Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 1,00E+000  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 1,00E+000  
 Uw : 1,50E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002

- Zone1 Ligne4:Alimentation BT bâtiment A ---

Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 3,75E-001  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 2,00E-001  
 Uw : 4,00E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002

- Zone1 Ligne5:Alimentation BT bâtiment C ---

Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 3,75E-001  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 2,00E-001

Uw : 4,00E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002

- Zone1 Ligne6:Alimentation courant faible bâtiment A ---

Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 1,00E+000  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 1,00E+000  
 Uw : 1,50E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002

- Zone1 Ligne7:Alimentation courant faible bâtiment C ---

Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 1,00E+000  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 1,00E+000  
 Uw : 1,50E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002

- Zone1 Ligne8:Alimentation portail ---

Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 6,00E-001  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 4,00E-001  
 Uw : 2,50E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002

- Cumul Pc et Pm pour Zone1:Bâtiment B ---

Pc : 2,16E-001  
 Pm : 2,16E-001

Détail du Risque par zone

- Risque Zone1:Bâtiment B ---

- Zone:Bâtiment B ---  
 R1a : 0,00E+000  
 R1b : 3,22E-006

R1c : 0,00E+000  
R1m : 0,00E+000

- Ligne1:Alimentation BT ---  
R1u : 1,04E-010  
R1v : 5,21E-007  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

- Ligne2:Éclairage ---  
R1u : 7,51E-012  
R1v : 3,76E-008  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

- Ligne3:Courant faible ---  
R1u : 1,04E-010  
R1v : 5,21E-007  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

- Ligne4:Alimentation BT bâtiment A ---  
R1u : 3,31E-011  
R1v : 1,66E-007  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

- Ligne5:Alimentation BT bâtiment C ---  
R1u : 3,47E-011  
R1v : 1,73E-007  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

- Ligne6:Alimentation courant faible bâtiment A ---  
R1u : 3,31E-011  
R1v : 1,66E-007  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

- Ligne7:Alimentation courant faible bâtiment C ---  
R1u : 3,47E-011  
R1v : 1,73E-007  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

- Ligne8:Alimentation portail ---  
R1u : 7,51E-012  
R1v : 3,76E-008  
R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000

-- Détail du Risque total R1:  
-Sur structure et sa proximité:  
R1a : 0,00E+000  
R1b : 3,22E-006  
R1c : 0,00E+000  
R1m : 0,00E+000

Sur Lignes et leur proximités:  
R1u : 3,59E-010  
R1v : 1,79E-006

R1w : 0,00E+000  
R1z : 0,00E+000  
Sur Totalité:  
R1tot: 5,01E-006  
-- Fin --

RG-Consultant - Protec Version RG 18.01 fr - **Bâtiment C** ( NF EN 62305-2 Nov-2006 )

Bâtiment C.prj

Associations Zones-Lignes:  
Batiment totalité  
--Z01-Bâtiment C totalité  
----Z01-Bâtiment C seul  
----L01-Alientation BT  
----L02-Courant faible

--- Liste des Mesures de protections: ---

Bâtiment entier:

Protection Bâtiment: Aucun écran de protection. SPF Aucun

Lignes:

Ligne	Protection Zone: Ecran,Boucles	Vmax	Parafoudre
L01-Z01-Alientation BT	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=4.0kV	Niv IV
L02-Z01-Courant faible	Ss Ecran & boucles>30m <sup>2</sup>	Uw=1.5kV	Niv IV

Zones:

Zone	Protection Zone: Ecran	Diverses	Incendie
Z01-Bâtiment C	Aucun écran de protection.	Aucune	Manu

Paramètres-Calculs-Résultats:

Batiment C ( NF EN 62305-2 Nov-2006 )

- Caractéristiques & Coeffs Batiment -

Ng: 00,64 Dept:Aucun

L=49, l=21, H=7, Hmax=0

Cdb: 2,50E-001

Nbr de personnes: Calcul par défaut

Adb: 5,35E+003

Amb: 2,32E+005

Ndb: 8,57E-004

Nmb: 1,48E-001

Ks1: 1,00E+000

Pb : 1,00E+000

NPF: Aucun

- Caractéristiques & Coeffs Ligne1:Alientation BT ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500

Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Ctl: 1,00 - Service uniquement

Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m

Structure Adjacente: Entouré d'objets de même hauteur ou plus petits

Cda: 0,50 La=61, la=26, Ha=6, Hamax=0

Ada: 5,74E+003

Al : 1,36E+003

Ai : 5,59E+004

Nda: 1,84E-003

NI : 2,18E-004

Ni : 1,79E-002

Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques & Coeffs Ligne2: Courant faible ---

Cil: 0,50 - Enterré, L=100, Ro=500

Cdl: 0,25 - Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Ctl: 1,00 - Service uniquement

Cel: 0,50 - Suburbain, Ht.bâtiments < 10 m

Structure Adjacente: Entouré d'objets plus hauts ou d'arbres.

Cda: 0,25 La=61, la=26, Ha=6, Hamax=0

Ada: 5,74E+003

Al : 1,36E+003

Ai : 5,59E+004

Nda: 9,18E-004

NI : 2,18E-004

Ni : 1,79E-002

Service/Ligne sans blindage

- Caractéristiques et Coeffs Zone1: Bâtiment C ---

Nb Personnes: Calcul par défaut

Type de zone: Industriel et commercial.

Danger particulier: Faible niveau panique (<2 étages et <100 personnes).

Héritage Culturel: Aucune perte d'héritage culturel.

Risque Service Public: TV, lignes de communication, puissance

Risque Incendie: Elevé

Type de Sol: Agricole, béton (Rc d 1k©)

Hz : 2,00E+000

Ks2: 1,00E+000

rf : 1,00E-001

rp : 5,00E-001

rt,ra,ru : 1,00E-002

hc : 0,00E+000

Lt1: 1,00E-004

Lf1: 5,00E-002

Lo1: 0,00E+000

pta: 1,00E+000

Pa : 1,00E+000

Pb : 1,00E+000

- Zone1 Ligne1: Alimentation BT ---

Ks3: 1,00E+000

Ks4: 3,75E-001

Pld: 1,00E+000

Pli: 2,00E-001

Uw : 4,00E+000

spd-Pc: 3,00E-002

pms-Pm: 3,00E-002

Pu : 3,00E-002

Pv : 3,00E-002

Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002  
 - Zone1 Ligne2:Courant faible ---  
 Ks3: 1,00E+000  
 Ks4: 1,00E+000  
 Pld: 1,00E+000  
 Pli: 1,00E+000  
 Uw : 1,50E+000  
 spd-Pc: 3,00E-002  
 pms-Pm: 3,00E-002  
 Pu : 3,00E-002  
 Pv : 3,00E-002  
 Pw : 3,00E-002  
 Pz : 3,00E-002  
 - Cumul Pc et Pm pour Zone1:Bâtiment C ---  
 Pc : 5,91E-002  
 Pm : 5,91E-002

Détail du Risque par zone

- Risque Zone1:Bâtiment C ---

- Zone:Bâtiment C ---

R1a : 0,00E+000

R1b : 4,28E-006

R1c : 0,00E+000

R1m : 0,00E+000

- Ligne1:Alimentation BT ---

R1u : 6,16E-011

R1v : 3,08E-007

R1w : 0,00E+000

R1z : 0,00E+000

- Ligne2:Courant faible ---

R1u : 3,41E-011

R1v : 1,70E-007

R1w : 0,00E+000

R1z : 0,00E+000

-- Détail du Risque total R1:

-Sur structure et sa proximité:

R1a : 0,00E+000

R1b : 4,28E-006

R1c : 0,00E+000

R1m : 0,00E+000

Sur Lignes et leur proximités:

R1u : 9,57E-011

R1v : 4,78E-007

R1w : 0,00E+000

R1z : 0,00E+000

Sur Totalité:

R1tot: 4,76E-006

-- Fin --

**ANNEXE 2**

**Lexique**

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

**Effet réducteur**

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

**Electrode de terre**

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

**Equipements métalliques**

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

**Etincelle dangereuse (étincelage)**

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

**Foudre**

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

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

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

**Liaison équipotentielle**

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

**Mode commun (MC)**

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

**Mode différentiel (MD)**

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

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

elle n'a pas, contrairement au maillage des masses, d'influence sur l'équipotentialité du site.

**Surface équivalente**

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

**Surtension**

Variation importante de faible durée de la tension.

**Tension de mode commun**

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

**Tension différentielle**

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

**Tension résiduelle d'un parafoudre**

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

**TGBT**

Tableau Général Basse Tension

**Traceur**

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

**ÉTUDE TECHNIQUE Foudre**

**RECYTHERM**

**BRIENON-SUR-ARMANCON (89)**



# RECYTHERM BRIENON-SUR-ARMANCON (89)

**Référence document**

**RGC 26 358**

**RESUME :**

Ce document représente l'Etude Technique Foudre du projet de construction de l'usine de plasturgie **RECYTHERM** sur la commune de **BRIENON-SUR-ARMANCON** dans le département de l'Yonne (89).

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

L'objectif est de rendre les installations ICPE en conformité vis-à-vis de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

Il comprend : l'Etude Technique des spécifications de la protection contre les effets directs et indirects de la foudre, les mesures de prévention, ainsi qu'un tableau de synthèse des actions à entreprendre, qu'elles soient obligatoires ou optionnelles.

Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : <b>Gabriel NGUYEN</b> Société : RG CONSULTANT Date : 07/10/2021 Visa 	Nom : <b>Yoni GARCIA</b> Société : RG CONSULTANT Date : 26/10/2021 Visa 	<b>A</b>

**DIFFUSION :**

<p><b>DEKRA INDUSTRIAL SAS</b></p> <p>13 rue du Docteur Quignard 21000 DIJON</p>	<p><b>RG CONSULTANT</b></p> <p>25 Avenue des saules 69600 OULLINS Tél. : +334 37 41 16 10 Fax : +334 72 30 13 36 Email : <a href="mailto:info@rg-consultant.com">info@rg-consultant.com</a></p>
--	---

**TABLE DES MODIFICATIONS**

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 26 358	26/10/2021	Étude Technique

**LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR DEKRA**

INTITULE	Fournis	Référence / Auteur
Etude de Dangers, dossier ICPE ou Résumé non technique	Oui	PJ 20 - présentation du projet
Arrêté Préfectoral (Rubrique ICPE le cas échéant)	Oui	
P.O.I (Plan d'Opération Interne)	Non	
Liste et implantation des EIPS ou MMR	Non	
Plans des réseaux enterrés (HT, BT, CFA, canalisations, terre et équipotentialité)	Non	
Synoptique Courant fort	Non	
Synoptique Courant faible	Non	
Plan de masse	Oui	PDF 0.0.1_Plan masse PDF 0.0.2_Plan masse
Plan de coupe	Oui	PDF 2.0.0_Coupes
Plan des façades	Oui	PDF 3.0.0_Façades
Plan de zonage ATEX	Non	
Analyse de Risque Foudre	Oui	RGC 26 265

**Tableau 1 : Liste des documents**

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

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

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

## SOMMAIRE

<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>6</b>
1.1 OBJET .....	6
1.2 PRESENTATION GENERALE DU SITE .....	7
<b>2. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES .....</b>	<b>8</b>
2.1 TEXTES REGLEMENTAIRES .....	8
2.2 NORMES DE REFERENCES .....	8
<b>3. MÉTHODOLOGIE.....</b>	<b>9</b>
3.1 PRESENTATION GENERALE .....	9
3.2 LIMITE DE L'ÉTUDE TECHNIQUE .....	9
<b>4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre .....</b>	<b>10</b>
4.1 SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (SPF) .....	10
4.2 MESURES DE PREVENTION EN CAS D'ORAGE .....	10
<b>5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS.....</b>	<b>11</b>
5.1 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS .....	11
5.1.1 Réseau Normal .....	11
5.1.2 Réseau Secouru .....	11
5.1.3 Réseau Ondulé .....	11
5.1.4 Réseau photovoltaïque .....	11
5.2 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES .....	11
5.3 PROTECTION INCENDIE .....	11
5.4 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS.....	11
5.5 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES.....	12
5.6 SITUATIONS REGLEMENTAIRES .....	12
5.7 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION.....	13
5.8 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES.....	13
<b>6. TRAVAUX A REALISER - EFFETS DIRECTS DE LA Foudre .....</b>	<b>13</b>
6.1 DISPOSITIONS GENERALES .....	13
6.2 DIFFERENTS TYPES D'I.E.P.F.....	14
6.3 CHOIX DU TYPE D'I.E.P.F.....	16
6.4 MISE EN ŒUVRE DE L'I.E.P.F.....	17
6.4.1 Recytherm .....	17
6.4.2 Dispositifs de descente et mise à la terre.....	19
6.5 MISE A LA TERRE DES CANALISATIONS .....	26
6.4.3 Mise à la terre des panneaux photovoltaïques.....	27
<b>7. TRAVAUX A REALISER - EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre .....</b>	<b>29</b>
7.1 PARAFoudRES SUR INSTALLATIONS PV .....	31
7.1.1 Principe de raccordement des parafoudres courant fort dans une installation PV.....	32
7.2 PROTECTION DES COURANTS FORTS.....	33
7.2.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II.....	33
7.2.2 Détermination des caractéristiques des parafoudres type II .....	34
7.2.3 Raccordement .....	35
7.2.4 Dispositif de deconnexion .....	35

7.3	PROTECTION DES LIGNES DE TELECOMMUNICATION .....	37
7.3.1	<i>Protection par parafoudre .....</i>	37
7.3.2	<i>Protection par écrantage de ligne.....</i>	38
<b>8.</b>	<b>PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX .....</b>	<b>39</b>
<b>9.</b>	<b>REALISATION DES TRAVAUX .....</b>	<b>40</b>
<b>10.</b>	<b>VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS .....</b>	<b>40</b>
10.1	VERIFICATION INITIALE.....	40
10.2	VERIFICATIONS PERIODIQUES .....	41
10.3	VERIFICATIONS SUPPLEMENTAIRES .....	41
<b>11.</b>	<b>TABLEAU DE SYNTHESE .....</b>	<b>42</b>

## **ANNEXES**

**Annexe 1** : Note de calcul de la distance de séparation

**Annexe 2** : Notice de Vérification et de Maintenance

**Annexe 3** : Lexique

## 1. INTRODUCTION

### 1.1 Objet

Dans le cadre de la construction d'une usine de plasturgie et de bureaux de la société **RECYTHERM** basé sur la commune de **BRIENON-SUR-ARMANCON (89)**, une Etude Technique est réalisée.

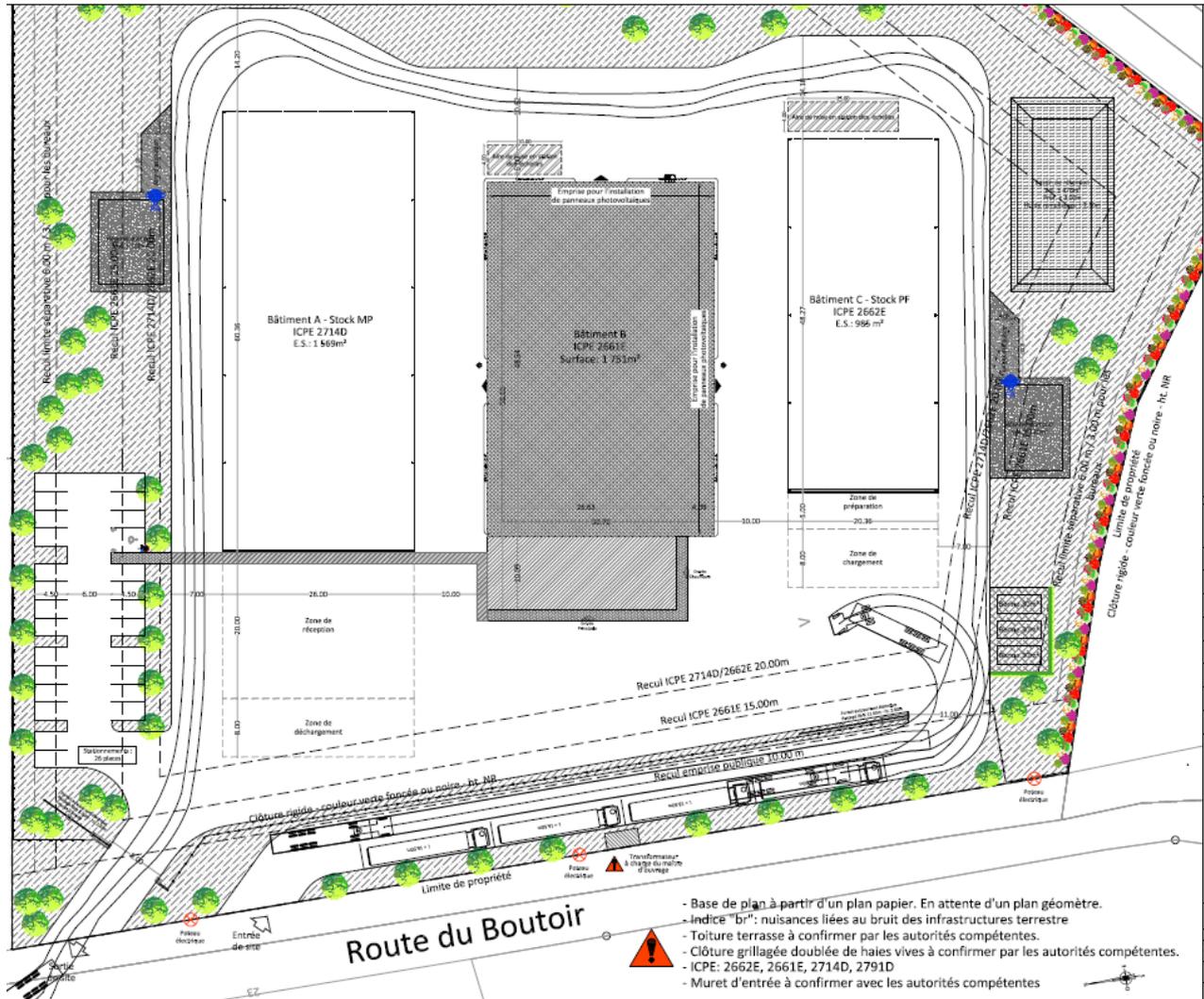
Le site sera soumis à la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et est donc concerné par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.

L'Etude Technique, objet de ce document, est menée sur la base des résultats de l'Analyse du Risque Foudre réalisée par **RG CONSULTANT**, détaillés dans le rapport **RGC 26 265**.

L'objectif de l'Etude Technique est de détailler les mesures de protection à mettre en œuvre qu'elles soient contre les effets directs (IEPF) ou indirects (IIPF) à savoir :

- Description des méthodes de conception utilisées pour les IEPF ;
- Préconisation des mesures de protection à mettre en œuvre en proposant les solutions les mieux adaptées et les plus rationnelles ;
- Description des protections internes (liaisons équipotentielles, parafoudres) ;
- Description des mesures de prévention à mettre en place en cas d'orage.

**1.2 Présentation générale du site**



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

L'activité de la société **RECYTHERM** est le recyclage de matières plastiques.

**RECYTHERM** projette de réaliser la construction d'une usine et de bureaux sur la route du Boutoir à Briennon-sur-Armançon 89210.

Les ouvrages à réaliser sont les suivants :

- Bâtiment A (hall matière première) de 1569 m²,
- Bâtiment B (atelier de fabrication) de 1485 m²,
- Bâtiment C (Stockage produits fini) de 985 m²,
- Bureaux de 266 m²,
- Local transformateur.

## **2. DOCUMENTS RÉGLEMENTAIRES**

### **2.1 Textes réglementaires**

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

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

### **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].

**NF C 17-102** – septembre 2011 [Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage].

**NF C 15-100** – octobre 2010 [Installations électriques basse tension].

**Guide UTE C 15-443** – août 2004 [Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres].

**NF EN 61 643-11** – mai 2014 [Parafoudres pour installation basse tension].

**NF EN 61 643-12** – Parafoudres BT

**NF EN 61 643-21** – novembre 2001 [Parafoudres BT]

**NF EN 61 643-21\_A1** – juin 2009 [Parafoudres BT]

**NF EN 61 643-21\_A2** – juillet 2013 [Parafoudres BT]

**CEI 61 643-22** – novembre 2004 [Parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunications – Principes de choix et d'application].

**NF EN 62561-1/2/3/4/5/6/7** – Composants de système de protection contre la foudre (CSPF)

**Guide UTE C 15-712** - Juillet 2010 [Installations photovoltaïques]

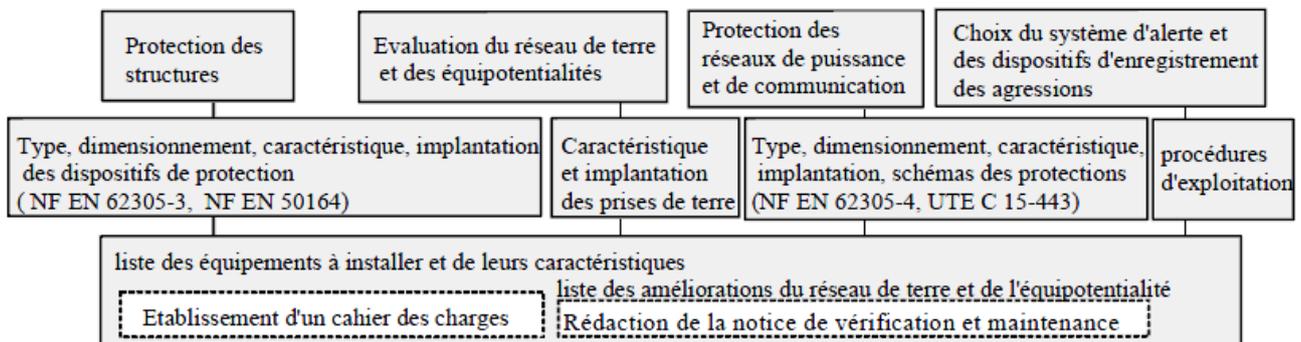
**NF EN 61 643-32** – mai 2017 [Parafoudres pour installation photovoltaïque].

### 3. MÉTHODOLOGIE

#### 3.1 Présentation générale

Le déroulement de l'Étude Technique doit être conforme à la méthodologie développée dans l'Arrêté Ministériel du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire d'application.

## Selon l'ARF **Etude technique du système de protection**



#### 3.2 Limite de l'Étude Technique

L'Étude Technique réglementaire, traitée dans le présent document, ne concerne que le risque de type R1 (perte de vie humaine).

**Elle ne concerne pas :**

- **les risques de dommages aux matériels électriques et électroniques** qui ne mettent pas en danger la vie humaine,
- **les risques de pertes de valeurs économiques (risque R4),**
- **les risques d'impact** relatifs à un dommage physique (incendie/explosion).

Pour ces derniers risques, l'exploitant peut décider de façon purement volontaire d'aller au-delà des exigences réglementaires et mener des analyses de risque foudre complémentaires, voire de protéger une installation de façon déterministe.

#### 4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

##### 4.1 Système de protection contre la foudre (SPF)

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

<b>Structure</b>	<b>Protection effets directs</b>	<b>Protection effets indirects</b>
<b>Bâtiment A</b>	Risque tolérable	Protection de <b>niveau IV</b>
<b>Bâtiment B</b>	Protection de <b>niveau IV</b>	Protection de <b>niveau IV</b>
<b>Bâtiment C</b>	Risque tolérable	Protection de <b>niveau IV</b>

**Tableau 2 : Synthèse des protections foudre**

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

<b>Structure</b>	<b>Organes de sécurité</b>
Ensemble du site	Détection incendie

**Tableau 3 : Synthèse des MMR**

- Les liaisons équipotentielles ne sont pas à prévoir car il n'y a pas de canalisation métallique.

##### 4.2 Mesures de prévention en cas d'orage

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

## **5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS**

### **5.1 Caractéristiques des courants forts**

#### **5.1.1 Réseau Normal**

L'établissement disposera d'un transformateurs électrique sec, de puissance 630 kVa situés dans un local spécifique coupe-feu 2h. Ce transformateur alimentera un TBGT situé dans le bâtiment B. Les bâtiments A et C seront alimenté depuis ce TBGT par un câble enterré.

Nous n'avons pas d'information concernant le régime de neutre à ce stade de l'étude.

#### **5.1.2 Réseau Secouru**

L'établissement ne disposera pas de groupes électrogènes.

#### **5.1.3 Réseau Ondulé**

Le site dispose d'un onduleur sécurisant une partie des installations électriques du bâtiment B. Cependant nous n'avons pas d'information détaillée sur cet onduleur.

#### **5.1.4 Réseau photovoltaïque**

Suivant le plan de masse, une emprise pour l'installation de panneaux photovoltaïque est prévue sur le bâtiment B au-dessus de l'atelier (48,54 m x 30,72 m).

### **5.2 Caractéristiques des courants faibles**

Le projet sera raccordé au réseau ORANGE via une ligne cuivre souterraine vers la zone administrative.

### **5.3 Protection incendie**

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

- RIA,
- Détection incendie dans l'ensemble des bâtiments du site,
- Murs coupe-feu 2h,
- Confinement des eaux d'extinction.

### **5.4 Mise à la terre des installations**

La mise à la terre des installations n'est pas encore définie à ce stade de l'étude.

### 5.5 Liste des canalisations entrantes et sortantes

Zone	Nom	Nature	Mise à la terre
Recytherm	Eaux usées	PVC	Sans objet
	Eau potable	PEHD	Sans objet
	Eaux pluviales	PVC	Sans objet

**Tableau 4 : Canalisations du site**

**Source :** Infos clients

### 5.6 Situations Règlementaires

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

Rubrique	Activité	Niveau d'activité	Classement du projet
2661-2-a	Transformation de polymères. 2/ Procédé mécanique : broyage. Quantité traitée : a) $\geq 20$ t/j : E b) $\geq 2$ t/j, mais inférieure à 20 t/j : D	Broyage de matières plastique 2 broyeurs Niveau d'activité maximal : 25 tonnes/jour	E
2662-1	Stockage de polymères	Stockage des produits finis considérés comme des matières plastiques secondaires : Volume : 650 big bags soit 1300 m <sup>3</sup>	E
2714-1	Installation de transit de déchets non dangereux. Volume présent : 1. $\geq 1\ 000$ m <sup>3</sup> : E GF 2. $\geq 100$ m <sup>3</sup> , mais inférieur à 1 000 m <sup>3</sup> : D	Stockage des matières à broyer avec statut de déchet.  Volume : -900 balles de 3 m <sup>3</sup> -850 palettes de 2 m <sup>3</sup> Soit un volume de 2600 m <sup>3</sup>	E
2791-2	Installation de traitement de déchets non dangereux. Quantité de déchets traités : 1. Supérieure ou égale à 10 t/j : A 2. Inférieure à 10 t/j : DC	Broyage de déchets plastique 2 broyeurs Niveau d'activité maximal : 9 tonnes/jour	DC
2663-2	Stockage de produits composés d'au moins 50% de polymères. 2 – Dans les autres cas (pas à l'état alvéolaire)	Stockage des matières à broyer sans statut déchet.  Volume : 800 casiers de 1,2 m <sup>3</sup> soit 960 m <sup>3</sup>	NC
1510-2-b	Entrepôt couvert (installations pourvues d'une toiture dédiée au stockage matières combustibles)	Produits combustibles en quantité supérieure à 500 tonnes mais produits classés au titre des rubriques spécifiques.	NC
2925-2	Atelier de charge avec batteries au plomb	4 postes avec batteries plomb Puissance de courant continu < 50 kW	NC
1185	Fluides frigorigènes	Type de fluide : avec faible WGP, mais pas d'ammoniac (NH3) Quantité présente sera inférieure à 300 kg	NC
1510	Entrepôts couverts		NC Voir en PJ 19

*E : Enregistrement / D : Déclaration / DC : déclaration contrôlée / NC : Non Classé*

**Tableau 5 : Rubriques ICPE**

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

### 5.7 Zones à risques d'explosion

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

Le risque d'explosion ne sera donc pas retenu.

### 5.8 Mesures de maîtrise des risques

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

Organes de sécurité	Susceptibilité à la foudre
RIA	Non
Détection incendie	Oui
Mur coupe-feu 2 heures	Non
Confinement des eaux d'extinction	Non

**Tableau 6 : Liste des équipements de sécurité**

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

## 6. TRAVAUX A REALISER - EFFETS DIRECTS DE LA Foudre

### 6.1 Dispositions générales

Son rôle est :

- D'intercepter les courants de foudre directs.
- De conduire les courants de foudre vers la terre.
- De disperser les courants de foudre dans la terre.

On détermine 2 types de protection : **isolée** et **non isolée**.

Dans une IEPF **isolée**, les conducteurs de capture et les descentes sont placés de manière à ce que le trajet du courant de foudre maintienne une distance de séparation adéquate pour éviter les étincelles dangereuses (dans le cas de parois combustibles, de risque d'explosion et d'incendie, de contenus sensibles aux champs électromagnétiques de foudre).

Dans une IEPF **non isolée**, les conducteurs de capture et les descentes sont placés de manière à ce que le trajet du courant de foudre puisse être en contact avec la structure à protéger, ce qui est le cas pour la majorité des bâtiments.

**6.2 Différents types d'I.E.P.F**

Pour le système de capture, deux types de solutions peuvent être envisagés :

➤ La **protection par système passif** (norme NF EN 62305-3) consistant à répartir sur le bâtiment à protéger : des dispositifs de capture à faible rayon de couverture, des conducteurs de descente et des prises de terre foudre.

Ils peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :

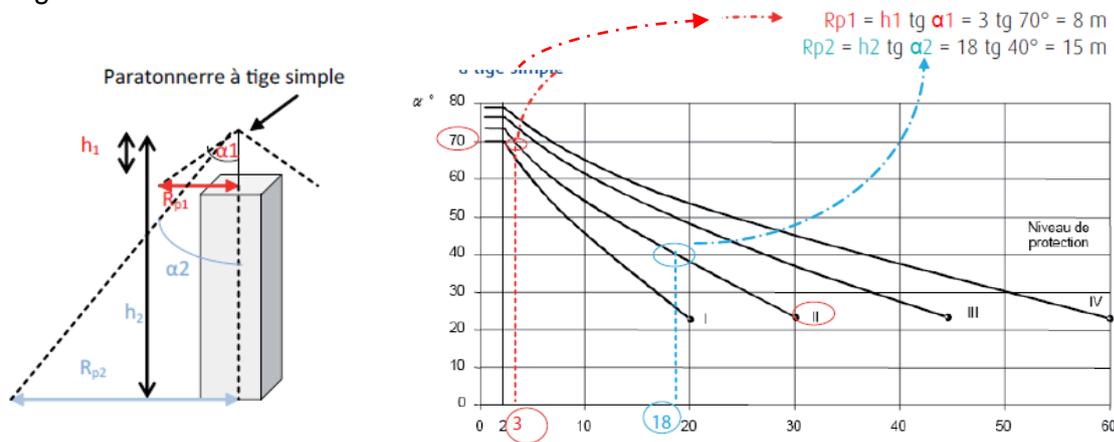
- tiges simples,
- fils tendus,
- cages maillées et/ou composants naturels...

Ces composants doivent être installés aux coins, aux points exposés et sur les rebords suivant 3 méthodes :

○ **Tiges simples**

Ce type d'installation consiste en la mise en place d'un ou plusieurs paratonnerres à tiges simples, en partie haute des structures à protéger.

L'angle de protection concernant la zone protégée par ces tiges dépend du niveau de protection requis sur le bâtiment concerné et de la hauteur du dispositif de capture au-dessus du volume à protéger.



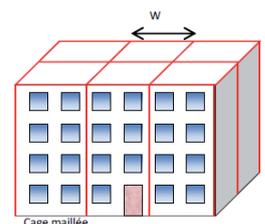
Détermination de l'angle de protection en fonction de la hauteur de la tige du paratonnerre et du niveau de protection

○ **Cages maillées**

La protection par cage maillée consiste en la réalisation sur le bâtiment d'une cage à mailles reliées à des prises de terre.

Le système à cage maillée répartit l'écoulement des courants de foudre entre les diverses descentes, et ceci d'autant mieux que les mailles sont plus serrées.

La largeur des mailles en toiture et la distance moyenne entre deux descentes dépendent du niveau de protection requis sur le bâtiment.

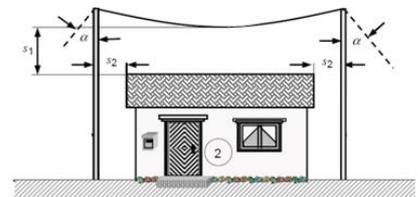


Niveau de protection Issu de l'ARF	Taille des mailles	Distances typiques entre les conducteurs (W)
IV	20 m x 20 m	20 m
III	15 m x 15 m	15 m
II	10 m x 10 m	10 m
I	5 m x 5 m	10 m

Largeur des mailles et distances habituelles entre les descentes et le ceinturage en fonction du niveau de protection

○ **Fils tendus**

Ce système est composé d'un ou plusieurs conducteurs tendus au-dessus des installations à protéger. Les conducteurs doivent être reliés à la terre à chacune de leur extrémité. L'installation de fils tendus doit tenir compte de la tenue mécanique, de la nature de l'installation et des distances d'isolement.



➤ La **protection par système actif** (norme NF C 17-102) avec mise en place de Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA) dont le rayon de couverture est amélioré par un dispositif ionisant.

Niveau de protection		Rayon de protection des PDA											
		I			II			III			IV		
Avance à l'amorçage		30	40	60	30	40	60	30	40	60	30	40	60
Hauteur au-dessus de la surface à protéger	2	11,4	15,0	18,6	12,6	15,6	20,4	15,0	18,0	23,4	16,8	19,8	25,8
	4	22,8	30,6	37,8	25,8	31,2	41,4	30,6	36,0	46,8	34,2	40,2	51,0
	5	28,8	37,8	47,4	33,0	39,0	51,6	37,8	45,0	58,2	42,6	50,4	64,2

Le tableau ci-dessus tient compte du coefficient de réduction de 40 % appliqué aux rayons de protection des PDA, conformément à l'arrêté du 4 octobre 2010 concernant les ICPE.

**Tableau 7 : Rayon de protection des PDA**

**Nota :** il est également possible de combiner des solutions passives et actives en fonction de la configuration des structures à protéger.

Les avantages et inconvénients de chaque type de protection sont listés dans le tableau suivant :

	Système passif	Système actif (PDA)
Installation	Contraignante sur des structures complexes et pour des niveaux de protection sévères.	Simplifiée car moins de matériels à installer.
Maintenance	Simplifiée, pas d'élément actif à contrôler.	Problème du contrôle du bon fonctionnement de la partie active (accessibilité, moyens de contrôle spécifiques).
Efficacité	Basée sur le modèle électrogéométrique. Apporte également une réduction des perturbations électromagnétiques rayonnées.	En cas de défaillance du système actif la protection devient partielle.
Coût d'installation	Pouvant être élevé sur des structures importantes.	Les PDA étant actifs, leur coût est supérieur à celui d'une tige simple. L'installation est cependant moins contraignante, d'où un coût global d'installation moindre.

**Tableau 8 : Avantages et inconvénients par SPF**

### 6.3 Choix du type d'I.E.P.F

La surface des bâtiments étant importante, nous conseillons de protéger ces zones à l'aide d'une protection par **paratonnerre à dispositif d'amorçage**, car :

- Une solution de protection par tiges simples et cages maillées serait complexe à mettre en œuvre et très onéreuse.
- L'utilisation de composants naturels n'est pas possible car les éléments métalliques de construction ne permettent pas de constituer des parties du SPF,
- La protection par fils tendus n'est applicable que pour les zones ouvertes ou bâtiment de petites tailles.

Les solutions proposées dans l'étude technique ont été étudiées en tenant compte du meilleur compromis entre les aspects techniques et économiques.

## 6.4 Mise en œuvre de l'I.E.P.F

### 6.4.1 Recytherm

#### 6.4.1.1 Niveau de protection à atteindre

Le Bâtiment B doit être protégé par un SPF de niveau IV.

#### 6.4.1.2 Dispositif de capture

Les travaux à mettre en œuvre sont :

- L'installation de **1 PDA** testable IN SITU,

Les caractéristiques des dispositifs de capture sont décrites dans le tableau suivant :

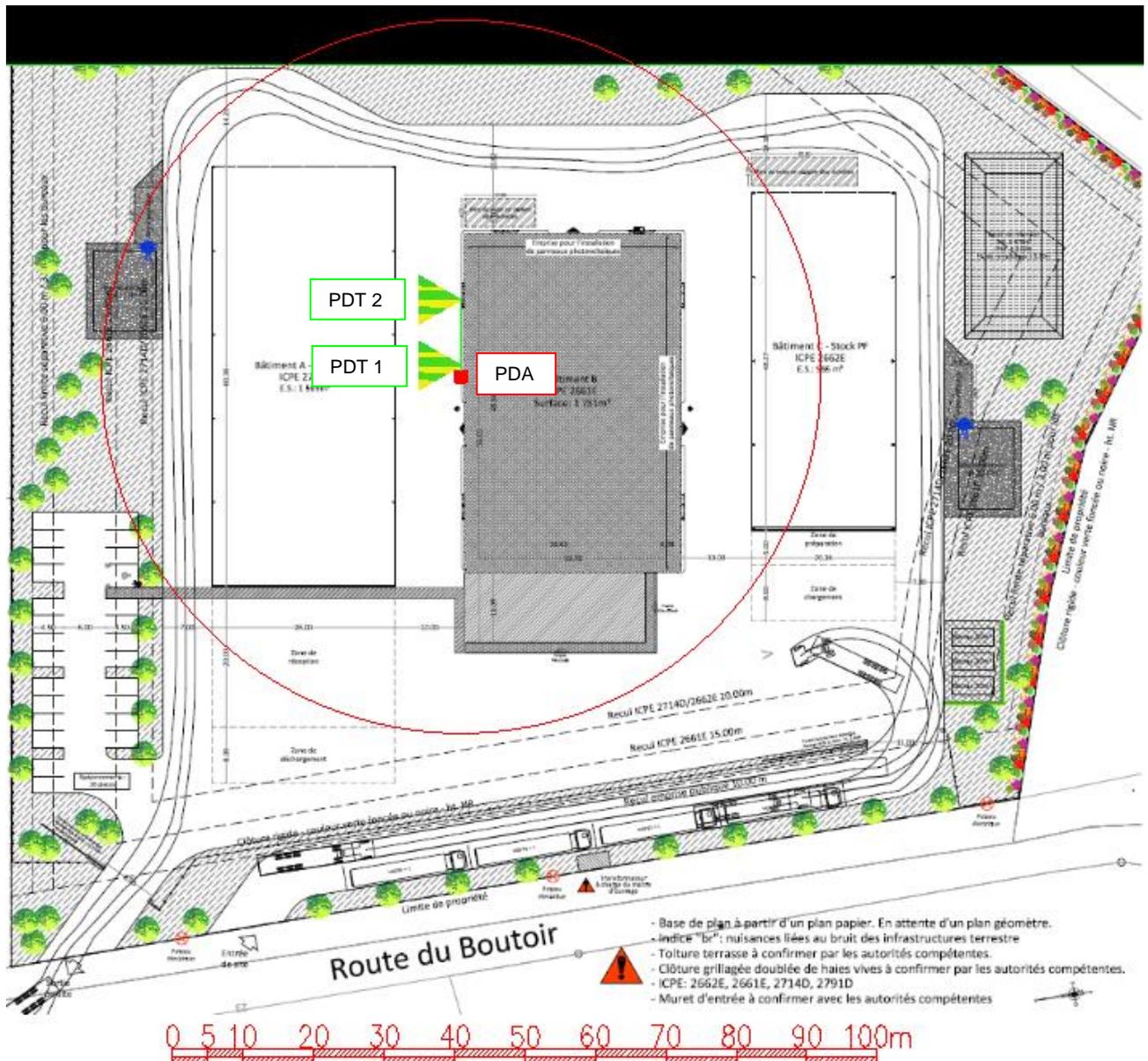
Paratonnerre	Hauteur des mâts	$\Delta t$	Niveau de protection	Rayon de protection
1 PDA	4 mètres au dessus de la toiture	60 $\mu s$	IV	51 m

**Tableau 9 : I.E.P.F à installer**

Le haut du PDA doit être installé à au moins 4 m au-dessus de la zone qu'il protège, y compris les antennes, les tours de refroidissement, les toits, les réservoirs, etc.

L'installation de paratonnerre testable à distance selon les recommandations du fabricant pourra être envisagée afin de réduire les coûts de vérifications (l'installateur devra fournir à l'exploitant le système de test en même temps que les PDA).

Afin de limiter le phénomène de tension de pas et de contact à proximité des descentes, des pancartes interdisant l'approche à moins de 3 mètres en cas d'orage devront être installées sur chaque descente.



**Plan 1: Implantation des paratonnerres, conducteurs de descente et prises de terre**

Légende :			
	Rayon de protection 51 m (réduction des 40% appliquée)		PDA sur mât de 4 m
	Prise de terre à créer		Conducteur de descente à créer

**Tableau 10 : Légende des I.E.P.F à installer**

**Nota :** Seule l'implantation des conducteurs de descente et des prises de terre proposées dans notre étude, pourra être modifiée par l'installateur lors de la réalisation des travaux, à la seule condition que tout soit conforme aux normes en vigueur.

**6.4.2**      Dispositifs de descente et mise à la terre

**6.4.2.1**   Conducteurs de descente

Pour un SPF à dispositif d'amorçage non isolé, chaque PDA doit être connecté à au moins deux conducteurs de descente. Néanmoins, la norme NFC 17102 version 2011 nous indique que lorsque plusieurs PDA se trouvent sur le même bâtiment, les conducteurs de descente peuvent être mutualisés. Ainsi, s'il y a  $n$  PDA sur le toit, il n'est pas systématiquement nécessaire d'avoir  $2n$  conducteurs de descente mais un minimum de  $n$  conducteurs de descente spécifique est nécessaire.

**La distance de séparation** la plus défavorable calculée est de :  
(Le détail du calcul est présenté en annexe 1)

	PDA
Distance de séparation dans l'air	0,3 m
Distance de séparation dans le béton	0,6 m

**Tableau 11 : Distances de séparation**

**L'ensemble des masses métalliques mises à la terre et des carcasses des spots d'éclairages/caméras devront être interconnectés au dispositif de descente par un conducteur de même nature que celui-ci en cas de non-respect de cette distance de séparation.**

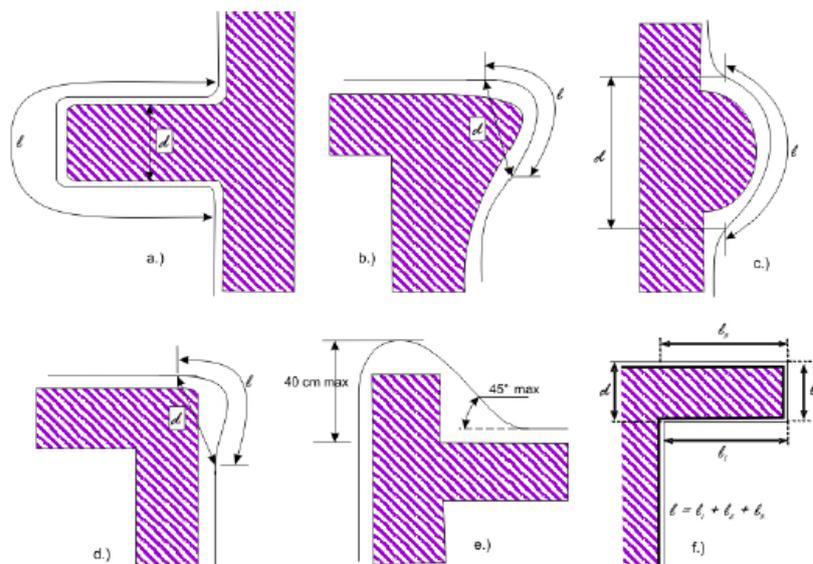
**Les courants forts/faibles devront être blindés (caméras, antenne hertzienne) ou protégés à l'aide de parafoudres (parafoudres BT et coaxiaux) en cas de non-respect de cette distance de séparation.**

**6.4.2.2 Cheminement des conducteurs de descente**

Les conducteurs de descente doivent être installés de sorte que leurs cheminements soient aussi directs et aussi courts que possible, en évitant les angles vifs et les sections ascendantes (les rayons de courbure doivent être supérieurs à 20 cm).

Les conducteurs de descente ne doivent pas cheminer le long des canalisations électriques ou croiser ces dernières.

Il convient d'éviter tout cheminement autour des acrotères, des corniches et plus généralement des obstacles. Une hauteur maximale de 40 cm est admise pour passer au-dessus d'un obstacle avec une pente de 45° ou moins. Il est rappelé que la règle principale pour le cheminement des conducteurs de descente est la distance de séparation calculé au chapitre 6.4.2.1 de cette étude.



$l$  : longueur de la boucle, en mètres  
 $d$  : largeur de la boucle, en mètres  
 Le risque de rupture du diélectrique est évité si la condition  $d > l/20$  est respectée.

**Figure 2 : Formes de courbure des conducteurs de descente**

Les conducteurs de descente, pour les PDA, doivent être fixés à raison de **trois fixations par mètre** (environ tous les 33 cm).

Il convient que ces fixations soient adaptées aux supports et que leur installation n'altère pas l'étanchéité du toit. Les fixations par percements systématiques du conducteur de descente doivent être proscrites.

Tous les conducteurs doivent être connectés entre eux à l'aide de colliers ou raccords de nature identique, de soudures ou d'un brasage.

Il convient de protéger les conducteurs de descente contre tout risque de choc mécanique, à l'aide de fourreaux de protection, jusqu'à une hauteur d'au moins **2 m au-dessus du niveau du sol**.

#### 6.4.2.3 Matériaux et dimensions

Les matériaux et dimensions des conducteurs de descente devront respecter les prescriptions de la norme NF EN 62561.

Le tableau ci-dessous extrait de cette norme donne des exemples de matériau, configuration et section minimale des conducteurs de capture, des tiges et des conducteurs de descente.

Matériau	Configuration	Section minimale
Cuivre, cuivre étamé, acier galvanisé à chaud, acier inoxydable	Plaque pleine (épaisseur min. 2 mm)	50 mm <sup>2</sup>
Aluminium	Plaque pleine (épaisseur min. 3 mm)	70 mm <sup>2</sup>

**Tableau 12: Nature des conducteurs de descente**

#### 6.4.2.4 Joint de contrôle

Chaque conducteur de descente doit être muni d'un joint de contrôle permettant de déconnecter la prise de terre pour procéder à des mesures.

Les joints de contrôle sont en général installés sur les conducteurs de descente en partie basse.

Pour les conducteurs de descente installés sur des parois métalliques ou les SPF non équipés de conducteurs de descente spécifiques, des joints de contrôle doivent être insérés entre chaque prise de terre et l'élément métallique auquel la prise de terre est connectée. Ils sont alors installés à l'intérieur d'un regard de visite (conforme à la NF EN 62561) comportant le symbole prise de terre.

#### 6.4.2.5 Compteur de coups de foudre

Selon l'article 21 de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié, les agressions de la foudre sur site doivent être enregistrées. Afin de comptabiliser les impacts de la foudre plusieurs solutions peuvent être envisagées :

- Un compteur de coups de foudre sur le conducteur de descente le plus direct du paratonnerre,
- Un compteur de coups de foudre au niveau du parafoudre de type 1 dans le TGBT,
- Un abonnement de télécomptage à Météorage.

Dans notre cas, la solution retenue est le compteur de coups de foudre sur le conducteur de descente le plus direct du paratonnerre. Il doit être situé de préférence juste au-dessus du joint de contrôle et être conforme à la NF EN 62561. Il faut au minimum **un compteur par paratonnerre.**

#### 6.4.2.6 Autorisation d'intervention à proximité des réseaux

Au regard des obligations à respecter au titre de la réglementation applicable aux travaux exécutés à proximité d'ouvrages souterrains ou aériens (Code de l'environnement) et conformément à la norme NF S70-003-1 d'application obligatoire, le responsable de projet peut faire le choix d'une procédure de DT-DICT conjointe lorsque le projet concerne une opération unitaire dont la zone d'intervention géographique est très limitée et dont le temps de réalisation est très court.

L'entreprise qui réalisera l'installation devra, dans le cadre du marché privé ou public, effectuer la procédure de déclaration DT/DICT conjointe au moyen de tout formulaire et document nécessaires conformément à la réglementation en vigueur. De même, ses intervenants devront être qualifiés AIPR, afin de respecter la réglementation.

#### 6.4.2.7 Prise de terre

**Une prise de terre de type B** (boucle) peut être réalisé si **le fond de fouille est supérieur ou égal à 50mm<sup>2</sup>**, sinon il y aura lieu de prévoir **une prise de terre type A au bas de chaque descente**.

Au total, **2 prises de terre** devront être créées afin de relier les installations à la terre.

**Les prises de terre type A** doivent satisfaire les exigences suivantes :

- la valeur de résistance mesurée à l'aide d'un équipement classique doit être la plus basse possible (**inférieure à 10  $\Omega$** ). Cette résistance doit être mesurée au niveau de la prise de terre isolée de tout autre composant conducteur.

- éviter les prises de terre équipées d'un composant vertical ou horizontal unique excessivement long (> 20 m) afin d'assurer une valeur d'impédance ou d'inductance la plus faible possible.

Deux configurations sont possibles pour réaliser une prise de terre **type A** :

➤ Patte d'oie

La prise de terre sera disposée sous forme de patte d'oie de grandes dimensions et enterrée à une profondeur minimum de 50 cm à l'aide de conducteurs de même nature et section que les conducteurs de descente, à l'exception de l'aluminium,

Exemple : trois conducteurs de 7 m à 8 m de long, enterrés à l'horizontale, à une profondeur minimum de 50 cm.

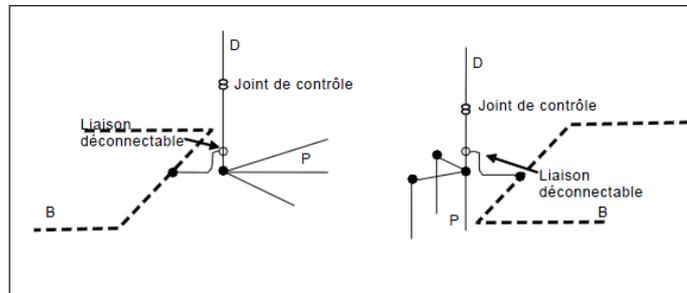
➤ Prise de terre ligne ou triangle

Chaque prise de terre type A sera composée de plusieurs électrodes verticales de longueur totale **minimum de 5 m (6m pour les PDA)** à une profondeur minimum de **50 cm** :

- disposées en ligne ou en triangle et séparées les unes des autres par une distance égale à au moins la longueur enterrée ;

- interconnectées par un conducteur enterré identique au conducteur de descente ou aux caractéristiques compatibles avec ce dernier.

**Le nombre minimal d'électrode de terre doit être de deux.**



D : conducteurs de descente  
B : boucle au niveau des fondations du bâtiment  
P : mise à la terre du SPF à dispositif d'amorçage

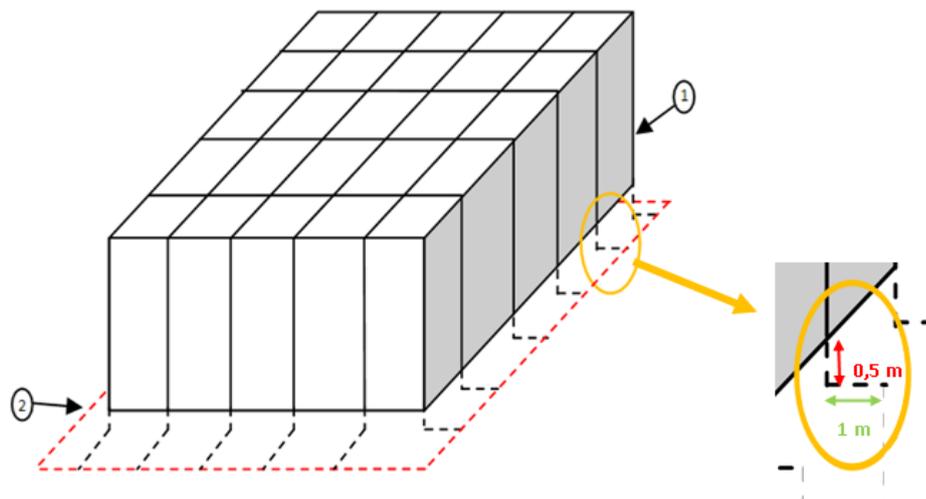
**Figure 3 : Schéma de principe « prise de terre »**

Pour les prises de terre selon NF EN 62305-3,

Configuration de la prise de terre **Type B** :

Cette disposition comprend soit une boucle extérieure à la structure en contact avec le sol sur une longueur d'au moins 80 % de la boucle, soit une prise de terre à fond de fouille, à condition qu'elle soit constituée d'un conducteur de 50 mm<sup>2</sup>. De plus, lorsqu'il s'agit d'une installation en PDA, il convient que chaque conducteur de descente soit au moins connecté à une électrode horizontale de longueur 4 m minimum ou à une électrode verticale de longueur 2 m minimum.

Il convient que la prise de terre en boucle soit, de préférence, enterrée à **au moins 0,5 m de profondeur et à au moins 1 m à l'extérieur des murs**.



**Schéma de principe « prise de terre type B »**

Les matériaux et dimensions des électrodes de terre devront respecter les prescriptions de la norme NF EN 62561.

Le tableau ci-dessous extrait de cette norme donne des exemples de matériau, configuration et dimensions minimales des électrodes de terre.

Matériau	Configuration	Dimensions minimales			Observations
		Tige de terre Ø mm	Conducteur de terre	Plaque de terre mm	
Cuivre	Torsadé <sup>3)</sup>	15 <sup>8)</sup> 20	50 mm <sup>2</sup>	500 x 500  600 x 600	Diamètre min. d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein <sup>3)</sup>		50 mm <sup>2</sup>		Diamètre 8 mm
	Plaque pleine <sup>3)</sup>		50 mm <sup>2</sup>		Epaisseur min. 2 mm
	Rond plein				Epaisseur min. paroi 2 mm
	Tuyau				Epaisseur min. 2 mm
	Plaque pleine				
	Plaque torsadée				25 mm x 2 mm section Configuration de longueur minimale d'une plaque torsadée: 4,8 m
Acier	Rond plein galv. <sup>1), 2)</sup>	16 <sup>9)</sup>	Diamètre 10 mm	500 x 500 600 x 600	Epaisseur min. paroi 2 mm Epaisseur min. 3 mm Epaisseur min. 3 mm 30 mm x 3 mm section 250 µm rayon minimum Revêtement Cu de 99,9 %
	Tuyau galv. <sup>1), 2)</sup>	25	90 mm <sup>2</sup>		
	Bande pleine galv. <sup>1)</sup>				
	Plaque pleine galv. <sup>1)</sup>				
	Treillis galv. <sup>1)</sup>				
	Rond cuivre plein revêtu <sup>4)</sup>	14	Diamètre 10 mm		
	Rond plein nu <sup>5)</sup>		75 mm <sup>2</sup>		
	Nu ou galv. plaque pleine <sup>5), 6)</sup>		70 mm <sup>2</sup>		
Torsadé galv. <sup>5) 6)</sup>					
	Profilé galvanisé en croix <sup>1)</sup>	50 x 50 x 3			
Acier inoxydable <sup>7)</sup>	Rond plein	15	Diamètre 10 mm		Epaisseur min. 2 mm
	Plaque pleine		100 mm <sup>2</sup>		

**Tableau 13 : Nature des prises de terre selon la norme**

#### 6.4.2.8 Dispositions complémentaires pour les prises de terre

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

- ajout d'un matériau naturel non corrosif de moindre résistivité autour des conducteurs de mise à la terre ;
- ajout d'électrodes de terre à la disposition en forme de patte d'oie ou connexion de ces dernières aux électrodes existantes ;
- application d'un enrichisseur de terre conforme à la NF EN 62561-7 ;

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

- 160 m pour le niveau de protection I ;
- **100 m pour les niveaux de protection II, III et IV.**

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

La longueur nécessaire peut être une combinaison d'électrodes horizontales (longueur cumulée L1) et d'électrodes verticales (longueur cumulée L2) avec l'exigence suivante :

$$160 \text{ (respectivement } 100 \text{ m)} < L1 + 2xL2$$

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

- 160 m pour le niveau de protection I (respectivement 100 m pour les autres niveaux de protection) pour une électrode horizontale ;

- 80 m pour le niveau de protection I (respectivement 50 m pour les autres niveaux de protection) pour les électrodes verticales ;
- ou une combinaison telle qu'expliquée ci-avant pour une prise de terre de Type A.

#### 6.4.2.9 Equipotentialité des prises de terres

Il convient de connecter les prises de terre au fond de fouille du bâtiment (ou aux terres des masses électriques si leur section est suffisante et si acceptées au préalable par la maîtrise d'ouvrage) à l'aide d'un conducteur normalisé (voir NF EN 62561) par un dispositif déconnectable situé de préférence dans un regard de visite comportant le symbole « *Prise de terre* ».

#### 6.4.2.10 Condition de proximité

Les composants de la prise de terre du SPF à dispositif d'amorçage doivent être à au moins **2 m de toute canalisation métallique ou canalisation électrique enterrée** si ces canalisations ne sont pas connectées d'un point de vue électrique à la liaison équipotentielle principale de la structure.

Pour les sols dont la résistivité est supérieure à 500  $\Omega$  m, la distance minimum est portée à 5 m.

#### 6.4.2.11 Tension de contact et de pas

Les risques sont réduits à un niveau tolérable si une des conditions suivantes est satisfaite :

- La probabilité pour que les personnes s'approchent et la durée de leur présence à l'extérieur de la structure et à proximité des conducteurs de descente est très faible.
- Les conducteurs naturels de descente sont constitués de plusieurs colonnes de la structure métallique de la structure ou de plusieurs poteaux en acier interconnectés, assurant leur continuité électrique.
- La résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 k $\Omega$ m.

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'être vivants en raison des tensions de contact et de pas telles que :

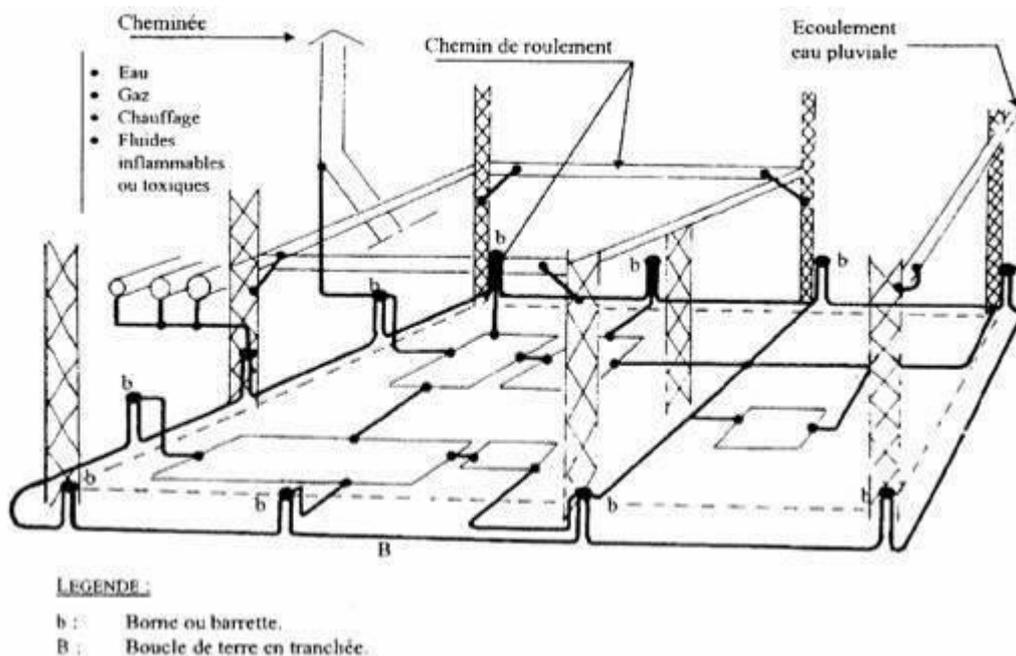
- l'isolation des conducteurs de descente est assurée pour 100 kV, sous une impulsion de choc 1,2/50  $\mu$ s, par exemple, par une épaisseur minimale de 3 mm en polyéthylène réticulé;
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

**Dans notre cas, la solution la plus adapté est la mise en place de pancarte d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.**

**6.5 Mise à la terre des canalisations**

Il est rappelé que toutes les canalisations métalliques entrantes et sortantes devront être raccordées au réseau de terre et de masse du bâtiment à leur point de pénétration (liaisons avec les remontées de prise de terre de préférence) suivant le principe de la figure suivante. Ces liaisons d'interconnexion au réseau de terre du bâtiment sont notamment à faire au niveau des canalisations métalliques transportant des produits à risque (canalisations de gaz combustible et médicaux en particulier)

Ces liaisons devront se faire par l'intermédiaire d'un conducteur normalisé NF EN 62305-3.



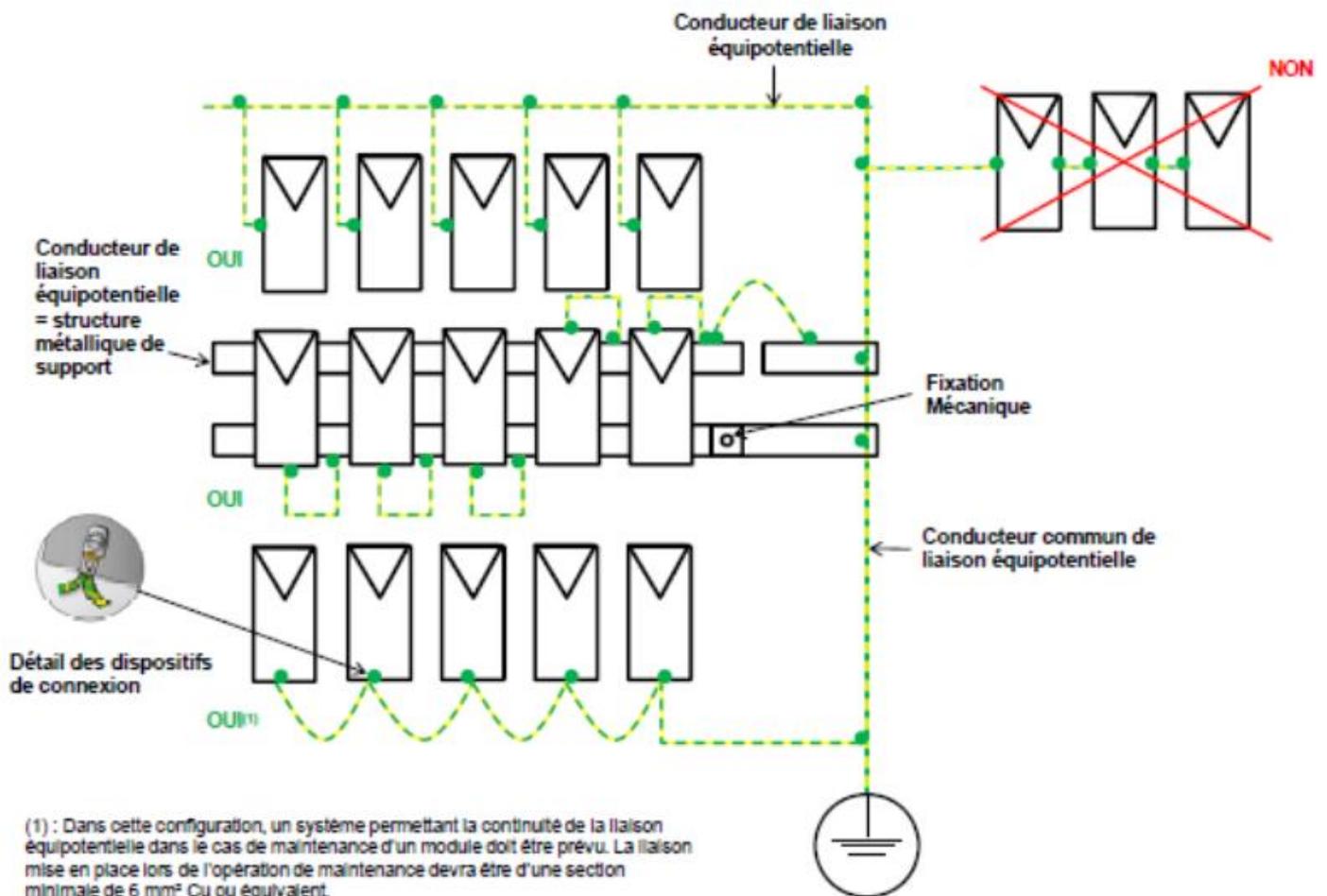
***Figure 4: Principe général de mises à la terre***

**6.4.3** Mise à la terre des panneaux photovoltaïques

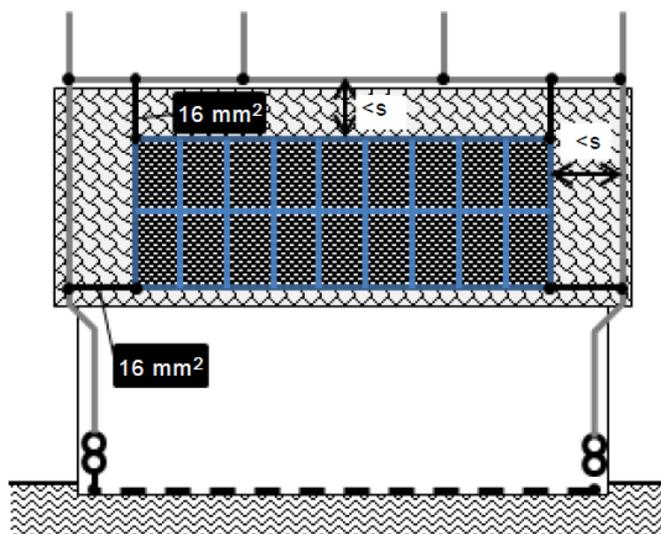
Les travaux à mettre en œuvre sont :

D'après la norme **IEC 61643-32** la mise à la terre des panneaux photovoltaïques devra être effectuée par un conducteur en Cuivre nu de section 16 mm<sup>2</sup> minimum, interconnecté aux structures métalliques de support des panneaux.

Ce réseau équipotentiel devra être interconnecté avec le réseau de terre du site, ainsi que le réseau de descente foudre.



**Figure 5 : Exemple de mise à la terre des panneaux photovoltaïques**



IEC

NOTE Il est recommandé de positionner le dispositif de capture du système de protection contre la foudre de manière à éviter un coup de foudre direct sur le groupe photovoltaïque et à réduire simultanément le plus possible les ombres produites sur les modules photovoltaïques.

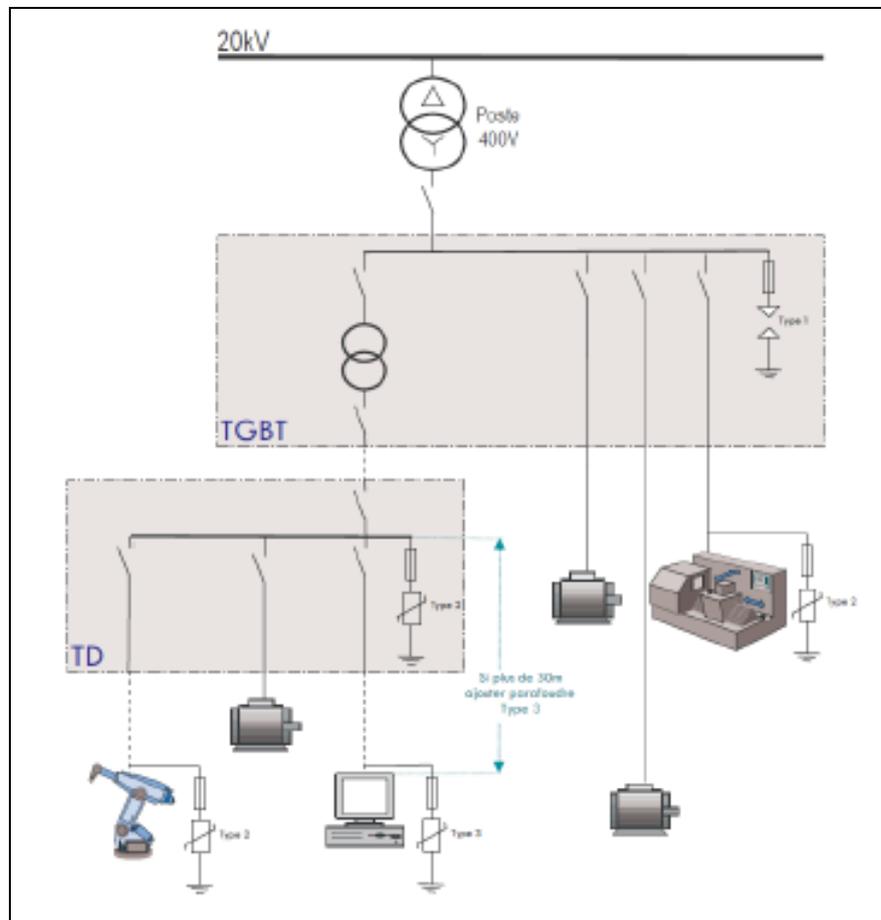
**Figure 6 : Exemple de bâtiment comportant une installation extérieure du système de protection contre la foudre – Dimensions des conducteurs de liaison équipotentielle en cas de non-maintien de la distance de séparation (s)**

**7. TRAVAUX A REALISER - EFFETS INDIRECTS DE LA Foudre**

Les résultats de l'analyse de risque aboutissent à une **protection obligatoire** contre les **effets indirects de niveau IV** sur le site **Recytherm** de **BRIENON-SUR-ARMANCON (89)**.

Une protection devra être mise en place :

- Au niveau de l'alimentation générale des bâtiments équipés de paratonnerres conformément aux obligations des normes NF EN 62305-4 et du guide UTE C 15-443.
- Sur les Équipements Importants Pour la Sécurité.
- Sur les canalisations conductrices provenant de l'extérieur des bâtiments (équipements en toiture, réseaux électriques, ...).



**Figure 2 : Principe de protection par parafoudres**

Nous préconisons :

<i>Bâtiment</i>	<i>Armoire</i>	<i>Préconisation</i>
<i>Bâtiment B</i>	<i>TGBT</i>	Installation d'un Parafoudre de type 1+2

**Tableau 4 : Protection type 1**

<i>Bâtiment</i>	<i>Armoire / Equipement</i>	<i>Préconisation</i>
<i>Bâtiment A</i>	<i>TD principal</i>	Installation d'un Parafoudre de type 2
<i>Bâtiment C</i>	<i>TD principal</i>	Installation d'un Parafoudre de type 2
<i>Ensemble des bâtiments</i>	<i>Détection incendie</i>	Installation d'un Parafoudre de type 2

**Tableau 15 : Protection type 2**

<i>Bâtiment</i>	<i>Installation</i>	<i>Préconisation</i>
Bâtiment A	Arrivé télécom	Parafoudres CFA de type 1 sur lignes télécom exploitées, mise à la terre des paires inertes ou prévoir écrantage de câble en alternative
Bâtiment B	Arrivé télécom	Parafoudres CFA de type 1 sur lignes télécom exploitées, mise à la terre des paires inertes ou prévoir écrantage de câble en alternative
Bâtiment C	Arrivé télécom	Parafoudres CFA de type 1 sur lignes télécom exploitées, mise à la terre des paires inertes ou prévoir écrantage de câble en alternative

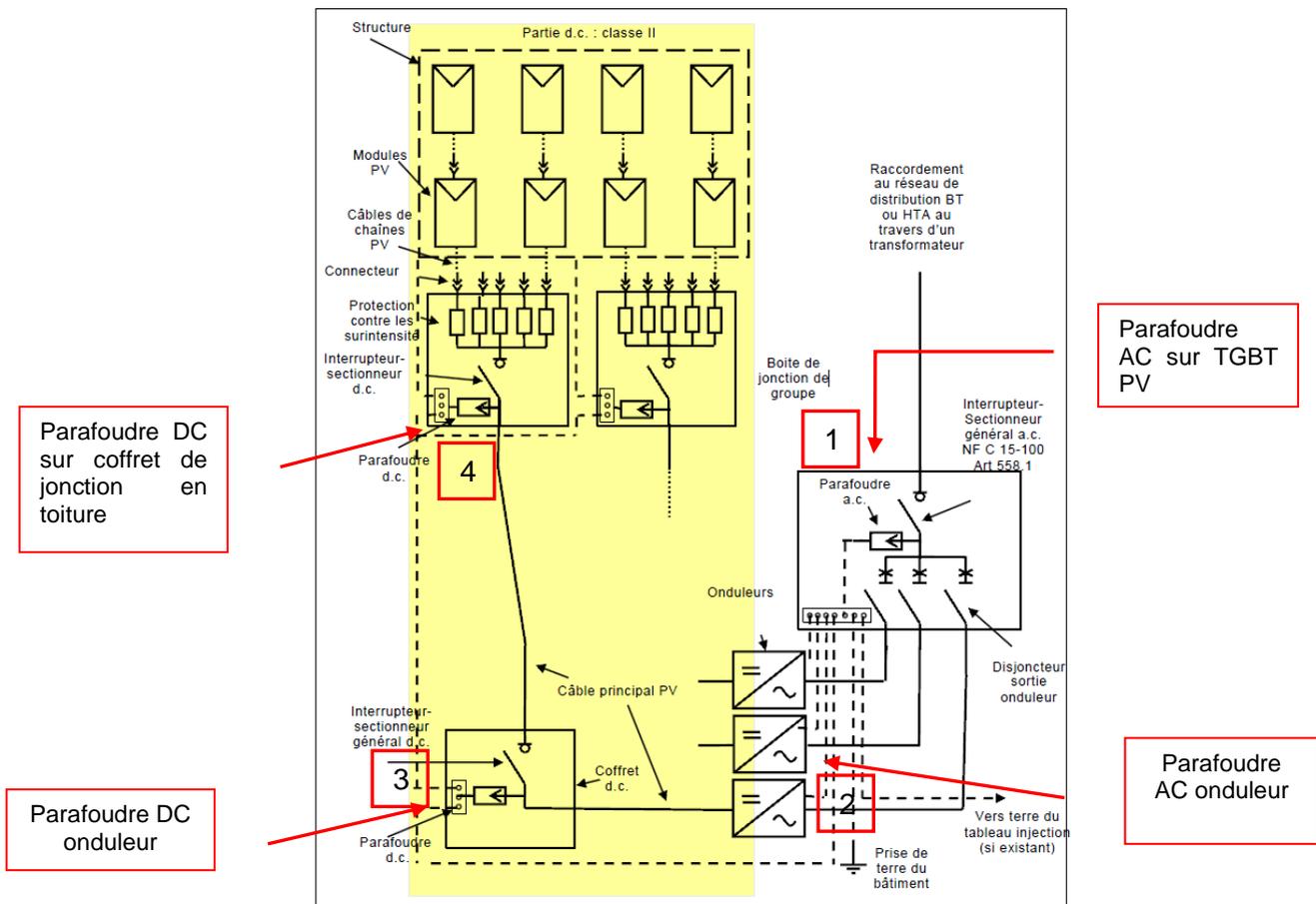
**Tableau 16 : Protection CFA**

**7.1 Parafoudres sur installations PV**

Des protections par parafoudres devront être installées sur différentes armoires et coffrets électriques afin de protéger l'ensemble du réseau de production d'énergie photovoltaïque selon UTE 15-712 et IEC 61 643-32.

Installation	Emplacement	Type de protection
Centrale PV	1	Parafoudre A.C. Type 1+2 à installer sur le TGBT PV (si indépendant du TGBT de raccordement)
	2	Parafoudre Type 2 (Type 1 en cas de non-respect de la distance de séparation avec SPF en toiture) à installer coté A.C. des onduleurs
	3	Parafoudre Type 2 (Type 1 en cas de non-respect de la distance de séparation avec SPF en toiture) à installer coté D.C. des onduleurs
	4	Parafoudre D.C. Type 2 (Type 1 en cas de non-respect de la distance de séparation avec SPF en toiture) à installer sur chaque boîte de jonction de groupe en toiture

**Tableau 17 : Protection parafoudre pour installation PV**

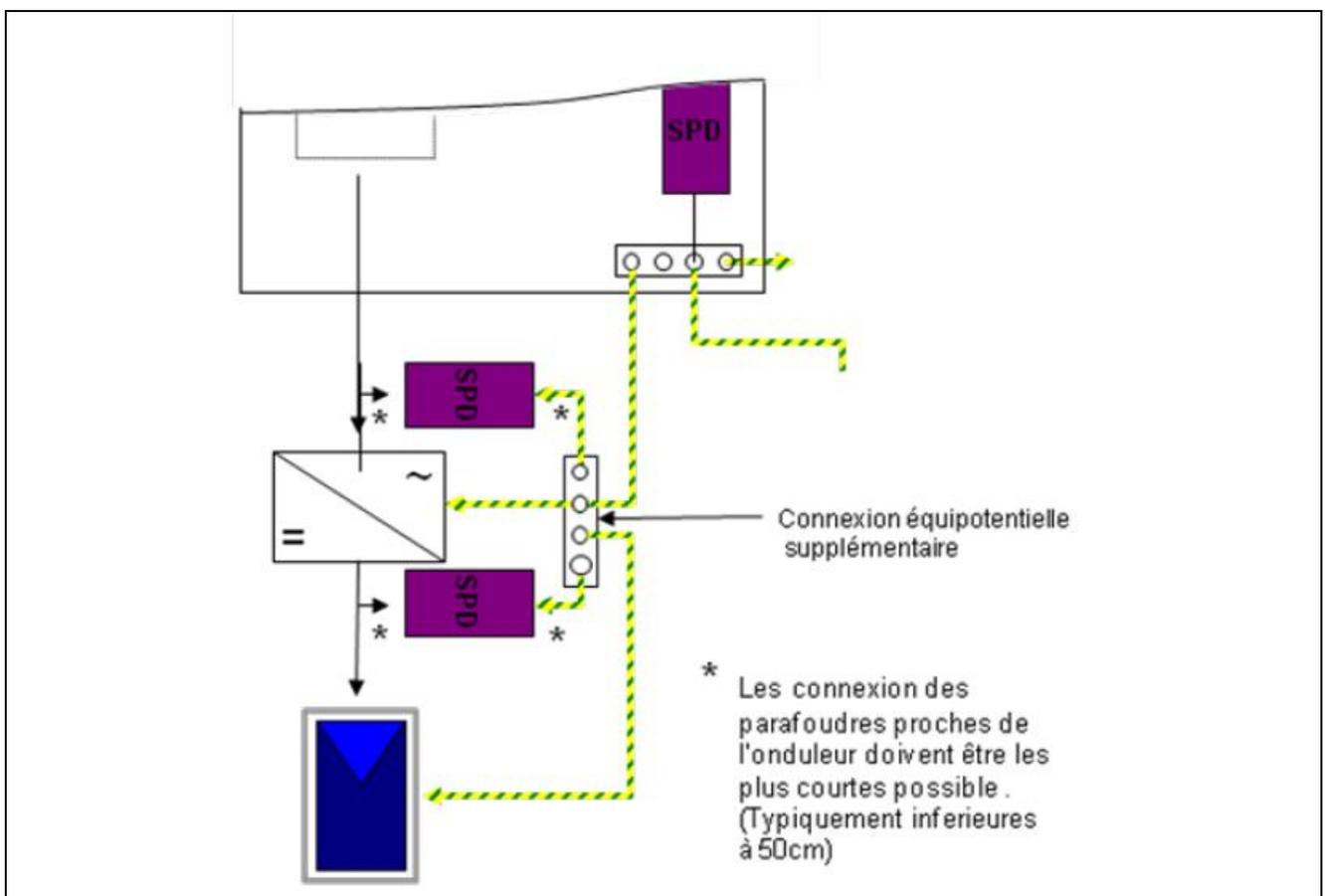


**Figure 8 : Implantation des parafoudres sur l'installation PV. (UTE 15-712)**

7.1.1 Principe de raccordement des parafoudres courant fort dans une installation PV

Le raccordement du parafoudre doit être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible afin de réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE.

La longueur cumulée de conducteurs parallèle de raccordement du parafoudre au réseau devra être **strictement inférieure à 0,50 m (L1+L2)**.



**Figure 9 : Distances à respecter pour le câblage des parafoudres**

La mise en œuvre doit être réalisée conformément à la norme IEC 61643-32.

Afin de privilégier la continuité des installations électriques, les dispositifs de protection des parafoudres respecteront **les règles de sélectivité**.

## 7.2 Protection des courants forts

### 7.2.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II

Ces protections sont conçues pour être utilisées sur des installations où le « risque foudre » est très important, notamment en présence de paratonnerre sur le site. Ces parafoudres doivent être soumis aux essais de classe I, caractérisés par des injections d'ondes de courant de type 10/350 µs, représentatives du courant de foudre généré lors d'un impact direct.

Pour le dimensionnement des parafoudres de **TYPE 1**, la norme NF EN 62305 -1 précise que lorsque le courant de foudre s'écoule à la terre, il se divise en 2 :

- ⇒ 50 % vers les prises de terre ;
- ⇒ 50 % dans les éléments conducteurs et les réseaux pénétrant dans la structure.

#### **Calcul du courant $I_{imp}$ des parafoudres de type 1** (et type 1+2) :

Le courant  $I_{imp}$  est le courant que doit pouvoir écouler le parafoudre de type 1 sans être détruit.

Les parafoudres protégeant les lignes extérieures doivent avoir une tenue en courant compatible avec les valeurs maximales de la partie de courant de foudre qui va s'écouler à travers ces lignes.

Il dépend de :

- la moitié du courant crête du coup de foudre défini dans la NF EN 62305-1 (donné dans le tableau ci-dessous en fonction du niveau de protection).

Premier choc court			Niveau de protection			
Paramètres du courant	Symbole	Unité	I	II	III	IV
Courant crête	$I$	kA	200	150	100	

**Tableau 18: Valeurs du courant de foudre direct  $I_{imp}$  maxi**

- du nombre de pôles.

Ce courant est donné par la formule suivante :

$$I_{imp} = \frac{0,5}{n \times m} \times I_{imp} \text{ max}$$

Où  $n$  est le nombre de réseaux rentrants incluant câbles électriques (excepté les lignes téléphoniques) et conduites métalliques et  $m$  nombre de pôles du câble électrique concerné.

	<b>TGBT</b>
Régime de neutre	TN
Pour le n	5
Pour le m	3
$n \times m =$	15
Calcul le plus défavorable $(0,5 / (n \times m)) \times 100 =$	3,33

**Tableau 19 : Calcul du  $I_{imp}$**

La norme NF C 15100 impose un minimum de **12,5 kA**.

On retrouve ainsi les résultats suivants :

**Caractéristiques :**

- Régime de neutre : **à définir**
- Tension maximale en régime permanent : **à définir**
- Intensité de court-circuit à respecter :  **$I_{cc} \geq I_{k3}$**
- Courant maximum de décharge (onde 10/350  $\mu$ s) :  **$I_{imp} \geq 12,5$  kA**
- Niveau de protection :  **$U_p \leq 1,5$  kV**

Ces parafoudres doivent être accompagnés d'un dispositif de déconnexion.

7.2.2 Détermination des caractéristiques des parafoudres type II

Ces protections sont destinées à être installées à proximité des équipements sensibles. Ces parafoudres sont soumis à des tests en onde de courant 8/20 $\mu$ s (essais de classe II).

Ces parafoudres de type II sont à placer en **coordination** avec les parafoudres de type I (type I+II) implantés en amont.

En cas d'absence d'armoire divisionnaire à proximité des équipements à protéger, des coffrets parafoudre devront être installés.

**Caractéristiques :**

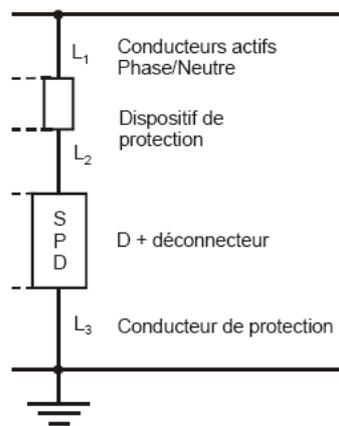
- Régime de neutre : **à définir**
- Tension maximale en régime permanent **à définir**
- Intensité de court-circuit à respecter : **à définir**
- Courant nominal de décharge (onde 8/20  $\mu$ s)  **$I_n \geq 5$  kA**
- Niveau de protection  **$U_p \leq 1,5$  kV**

**7.2.3 Raccordement**

Les parafoudres seront raccordés au niveau du jeu de barres principal de l'armoire.

Le raccordement devra être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible afin de réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE.

La longueur cumulée de conducteurs parallèles de raccordement du parafoudre au réseau devra être **strictement inférieure à 0,50 m (L1+L2+L3)**.



**Figure 10 : Principe de câblage d'un parafoudre**

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au guide UTE C 15-443 et à la norme NF EN 62305-4.

**7.2.4 Dispositif de deconnexion**

Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (Fusibles, disjoncteurs...). Ce dispositif doit respecter les exigences mentionnées par le fabricant du parafoudre installé.

Le dispositif de protection devra permettre une bonne tenue aux chocs de foudre, ainsi qu'une résistance aux courants de court-circuit adaptée et devra garantir la protection contre les contacts indirects après destruction du parafoudre. Une signalisation par voyant mécanique indique le défaut et/ou un contact inverseur permet d'assurer le report d'alarme à distance.

L'installateur devra dimensionner le dispositif de protection en fonction de la note conjointe Qualifoudre / F2C sur les dispositifs de protection en amont des parafoudres et des recommandations des fabricants de parafoudres.

Pour information, vous trouverez ci-après le document « processus de choix et installation des déconnecteurs des parafoudres de type 1 » établi selon cette note.

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

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

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

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

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

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

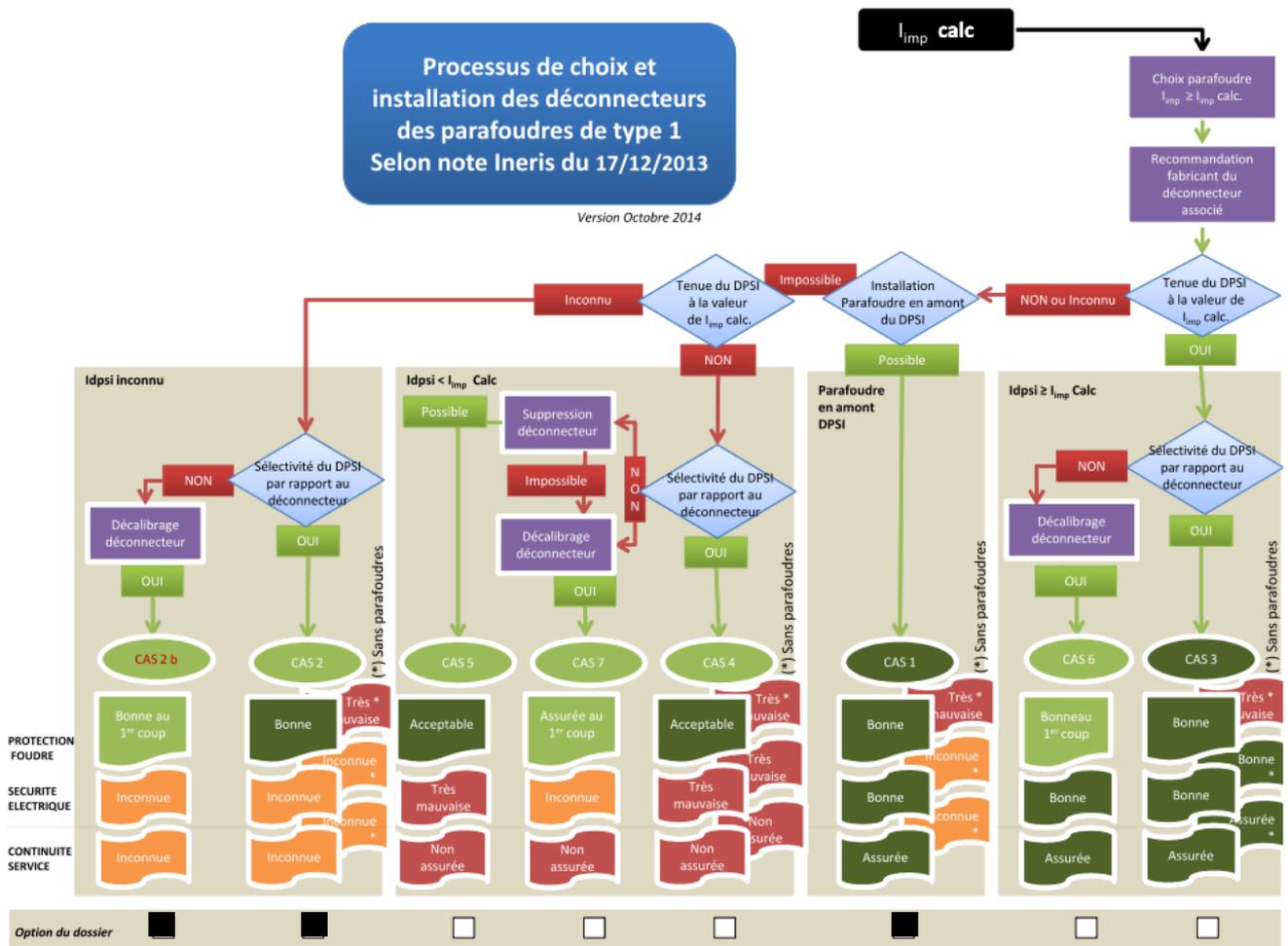


Figure 11 : Dispositifs de déconnexion des parafoudres de type 1

### 7.3 Protection des lignes de télécommunication

#### 7.3.1 Protection par parafoudre

Ces parafoudres doivent être conformes aux normes NF EN 61643-21 et -22.

Ils sont adaptés aux exigences des différents réseaux entrant dans la structure à protéger :

- Réseau **Telecom** : protection des équipements PABX, modems, terminaux, ...
- Réseau **industriel** : protection d'automates, systèmes de télégestion, télétransmetteurs, sondes, capteurs, servomoteurs, centrales de contrôle d'accès, d'incendie, ...
- Réseau **informatique** : protection des réseaux inter-bâtiment

Le tableau E.2 de l'annexe E de la NF EN 62305 -1 donne, pour les réseaux de **communication**, les surintensités de foudre susceptibles d'apparaître lors des impacts de foudre.

Le courant impulsionnel de foudre ( $I_{imp}$  – onde 10/350  $\mu s$ ) des parafoudres doit être  $>$  ou  $=$  aux valeurs reprises ci-dessous en fonction des niveaux de protection.

Niveau de protection $N_p$	
I-II	III-IV
<b><math>I_{imp}</math> minimum du parafoudre (en kA) en onde 10/350 <math>\mu s</math></b>	
2	1

Tableau 20 : Valeur de l' $I_{imp}$

Pour les réseaux écrantés, ces valeurs peuvent être réduites d'un facteur 0,5.

Pour la **sélection** de ces parafoudres, il faut tenir compte des paramètres suivants :

- Caractéristiques de la ligne à protéger : ISDN, ADSL
- Nombre de lignes à protéger
- Type d'installation souhaitée : boîtier mural, répartiteur, rail DIN,...
- Ergonomie : modules débrochables.

**Des parafoudres courants faibles devront être installés au niveau des arrivées Télécom.**

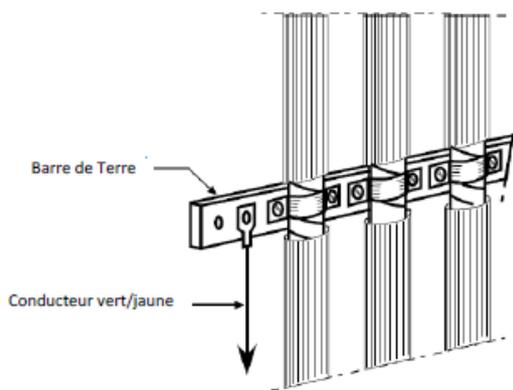
**Pour ce faire, le maître d'ouvrage devra donner à l'installateur le nombre et les caractéristiques des lignes à protéger (type de signal, tension, ...) des bâtiments A, B, C, sans quoi ces protections ne pourront être chiffrées et installées.**

Les paires non utilisées ainsi que le support métallique de la tête de ligne devront être mis à la terre.

### 7.3.2 Protection par écrantage de ligne

Afin de pallier à l'installation en grande quantité de parafoudres sur les lignes courants faibles identifiées, il est possible de mettre en place des câbles écrantés / blindés entre l'émetteur et le récepteur à protéger conformément à la NF EN 62 305.

Les câbles écrantés / blindés sont reliés à la terre aux deux extrémités de la ligne et le risque d'impact directe de la foudre sur les câbles devra être absent.



**Figure 12 : Mise à la terre de câble écrantés**

## 8. PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX

Cette étude évoque également l'aspect prévention vis-à-vis des risques foudre en présence de personnel exposé aux orages ou lors de manipulation de produits et/ou matériels dangereux.

Selon l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié, « les enregistrements des agressions de la foudre sont datés et si possible localisés sur le site », et « tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre (... coup de foudre...) sont consignés dans le carnet de bord ».

Pour permettre de manière fiable de faire évacuer les zones ouvertes, le système d'alerte, à l'approche d'un front orageux, peut être :

- soit un service local de détection des orages et/ou fronts orageux par réseau national METEOFRANCE,



- soit un système local de détection par moulin à champ type Détektstorm ou équivalent.



En effet, lors de l'approche ou de la formation d'une cellule orageuse, le champ électrostatique au sol varie de façon importante (de 150 V/m à 15Kv/m en période orageuse).

Un dispositif (moulin à champ) mesure localement cette variation et informe le décideur sur la façon de gérer cette situation à risque.

Une fiche d'enregistrement pour chaque appel sera remplie et les datations du début et de fin d'alerte précisées. Une procédure sera alors mise en place et tout dépotage interdit jusqu'à la levée de l'alerte.

Cette procédure d'alerte foudre devra être régulièrement effectuée (nombre important de fiches remplies par an) par liaison téléphonique rendant pratiquement nulle la probabilité d'inflammation de zones explosibles sur l'aire de déchargement.

Ces fiches remplies régulièrement apporteront une bonne traçabilité des événements utiles lors d'investigations nécessaires après d'éventuels dysfonctionnements rencontrés. En cas de sinistres graves, ces éléments apportent une aide précieuse lors d'une enquête administrative ou judiciaire.

### Mesure de prévention à mettre en place :

A l'approche d'un orage, le dépotage et l'accès en toiture doivent être interdits ainsi que les interventions sur le réseau électrique et la présence de personnes à proximité des éventuelles descentes de paratonnerres. Cette prévention devra faire l'objet d'une information auprès du personnel et des sociétés extérieures au site, sur les risques de foudroiement direct et indirect.

La mise en place d'un abonnement METEORAGE ou d'un moulin à champ, n'est pas requise selon l'Analyse de Risque Foudre.

## 9. REALISATION DES TRAVAUX

La mise en œuvre des préconisations doit être réalisée par une société spécialisée et agréée



« Installation de paratonnerres et parafoudres ».

La qualité de l'installation des systèmes de protection est essentielle pour assurer une efficacité de la protection foudre. L'entreprise devra fournir son attestation Qualifoudre à la remise de son offre.

La marque Qualifoudre :

La marque QUALIFOUDRE identifie les sociétés compétentes dans le domaine de la foudre. Elle est attribuée depuis 2004 aux fabricants, aux bureaux d'études, aux installateurs et aux vérificateurs d'installations de protection.

Le label QUALIFOUDRE permet aux professionnels de la foudre de répondre aux exigences réglementaires de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

## 10. VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS

### 10.1 Vérification initiale

Dès la réalisation d'une installation de protection contre la foudre, une vérification finale destinée à s'assurer que l'installation est conforme aux normes doit être faite avant 6 mois et comporter :

- Nature, section et dimensions des organes de capture et de descente,
- Cheminement de ces différents organes,
- Fixation mécanique des conducteurs,
- Respect des distances de séparation,
- Existence de liaisons équipotentielles,
- Valeurs des résistances des prises de terre (par le maître d'œuvre),
- Etat de bon fonctionnement des têtes ionisantes pour les PDA (éventuels),
- Interconnexion des prises de terre entre elles.
- Vérification des parafoudres (câblage, section, ...).

Pour certaines, ces vérifications sont visuelles. Pour les autres, il faudra s'assurer des continuités électriques par des mesures (maître d'œuvre).

Le maître d'œuvre devra, au préalable, mettre à la disposition de l'inspecteur réalisant la vérification le dossier d'ouvrage exécuté (D.O.E.) correspondant aux travaux réalisés par ses soins : cheminements des liaisons de masses, implantation des parafoudres dans les armoires respectant toutes les recommandations de l'Etude Technique.

## 10.2 Vérifications périodiques

La NF EN 62 305-3 prévoit des vérifications périodiques en fonction du niveau de protection à mettre en œuvre sur la structure à protéger en présence de protection extérieure :

Niveau de protection	Inspection visuelle (année)	Inspection complète (année)	Inspection complète des systèmes critiques (année)
I et II	1	2	1
III et IV	2	4	1

NOTE. Pour les structures avec risque d'explosion, une inspection complète est suggérée tous les 6 mois. Il convient d'effectuer des essais une fois par an.  
Une exception acceptable à l'essai annuel peut être un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des mesures de prise de terre en diverses saisons.

**Tableau 21 : D'après NF EN 62 305-3**

Les intervalles entre vérifications donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour le cas du site **RECYTHERM de BRIENON-SUR-ARMANCON (89)**, l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

Chaque vérification périodique doit faire l'objet d'un rapport détaillé reprenant l'ensemble des constatations et précisant les mesures correctives à prendre. Lorsqu'une vérification périodique fait apparaître des défauts dans le système de protection contre la foudre, il convient d'y remédier dans les meilleurs délais afin de maintenir l'efficacité optimale du système de protection contre la foudre.

### **Note importante :**

Les parafoudres sont des composants passifs que l'on finit souvent par oublier et sont rarement intégrés dans les opérations de maintenance des installations électriques.

## 10.3 Vérifications supplémentaires

Dans le cadre de l'application de la norme NF EN 62305-3, des vérifications supplémentaires des installations de protection contre la foudre peuvent être réalisées suite aux événements suivants :

- Travaux d'agrandissement du site,
- Forte période orageuse dans la région,
- Impact sur les installations protégées (procédure de vérification des compteurs de coups de foudre et établissement d'un historique),
- Impossibilité d'installer un système de comptage efficace, dès qu'un doute existe après une activité locale orageuse,
- Perturbations sur des contrôles/commandes ont été constatées, alors une vérification de l'état des dispositifs de protection contre les surtensions est nécessaire.

**Toutes ces vérifications devront être annotées dans la Notice de Vérification et Maintenance fournie en annexe. Il conviendra de faire réaliser une mise à jour de cette dernière, une fois l'installation effectuée.**

## 11. TABLEAU DE SYNTHÈSE

Installations/ Equipements	Travaux à mettre en œuvre
<b>EFFETS DIRECTS</b>	
<b>Bâtiment B</b>	Installation d'un SPF <b>de niveau IV</b> , conformément au § 6 de cette Etude Technique
<b>EFFETS INDIRECTS</b>	
<b>TGBT Bâtiment B</b>	Mise en place de parafoudres <b>type 1+2 de niveau IV</b> : onde 10/350 µs, conformément au § 7 de cette étude technique
<b>TD Bâtiment A</b>	Protection par parafoudres type 2.
<b>TD Bâtiment C</b>	Protection par parafoudres type 2.
<b>Détection incendie</b>	Protection par parafoudres type 2.
<b>Ensemble des bâtiments</b>	Protection par parafoudres courant faible adapté sur les lignes entrantes ou mise en place de câbles écrantés sur les lignes à protéger.
<b>PREVENTION</b>	
<b>Ensemble du site</b>	Procédure à mettre en place et respecter en période orageuse

**Tableau 5: Tableau de synthèse**

Notre étude est construite sur la base que les installations (électriques, structurelles, mises à la terre, ...) sont conformes aux normes et législations en vigueur, qu'elles sont vérifiées et maintenues en état par le maître d'ouvrage.

**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, les structures et les hommes ».

**ANNEXE 1**

**Note de calcul distance de séparation**

**CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s**

Niveau de protection	<b>IV</b>
----------------------	-----------

Coefficient Ki	0,04
----------------	------

Nombre de conducteurs de descente	<b>2</b>
-----------------------------------	----------

Coefficient Kc	0,75
----------------	------

Coefficient Km Air	1
Coefficient Km Béton, Briques	0,5

Coefficient l	<b>10</b> m
---------------	-------------

**PDA**

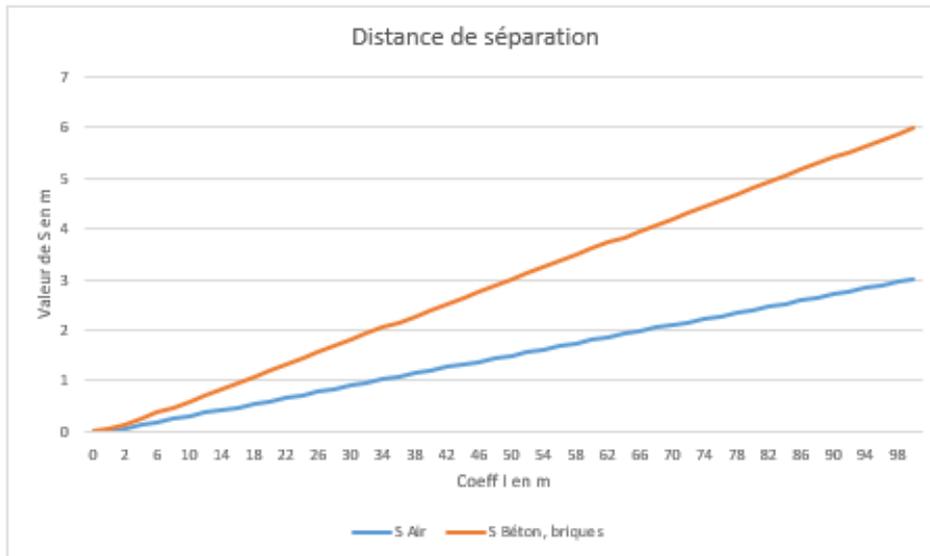
Niveau de protection	Ki
I	0,08
II	0,06
III	0,04
IV	0,04

Nombre de conducteurs de descente	Kc
1	1
2	0,75
3	0,6
4 et +	0,41

Matériau	Km
Air	1
Béton, Briques	0,5

<b>Calcul de S Air max</b>	<b>0,300</b> m
<b>Calcul de S Béton, Briques max</b>	<b>0,600</b> m

$$s = k_i \frac{k_c \cdot l}{k_m}$$



**ANNEXE 2**

**Notice de Vérification et de Maintenance**

**NOTICE DE VERIFICATION ET DE  
MAINTENANCE**

**RECYTHERM  
BRIENON-SUR-ARMANCON**



Rédacteur	Vérification	Révision
Nom : <b>Gabriel NGUYEN</b> Date : 07/10/2021 Visa 	Nom : <b>Yoni GARCIA</b> Date : 26/10/2021 Visa 	<b>A</b>

25 Avenue des Saules (Métro B) – 69600 OULLINS – France

8 Rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France

Tél. +33 (0)4 37 41 16 10 \* Fax +33 (0)4 72 30 13 36

Tél. +33 (0)2 30 02 79 98

[info@rg-consultant.com](mailto:info@rg-consultant.com)  
[www.rg-consultant.com](http://www.rg-consultant.com)



**SOMMAIRE**

**1. ORDRES DES VERIFICATIONS ..... 4**

1.1 PROCEDURE DE VERIFICATION ..... 4

1.2 VERIFICATION DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE ..... 4

1.3 VERIFICATIONS VISUELLES..... 4

1.4 VERIFICATIONS COMPLETES ..... 5

1.5 DOCUMENTATION DE LA VERIFICATION ..... 6

**2. MAINTENANCE ..... 7**

2.1 REMARQUES GENERALES..... 7

2.2 PROCEDURE DE MAINTENANCE..... 8

2.3 DOCUMENTATION DE MAINTENANCE..... 8

**3. DESCRIPTION DES SPF MIS EN PLACE..... 9**

3.1 INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (I.E.P.F) ..... 9

3.1.1 *Implantations des SPF*..... 9

3.1.1 *Caractéristiques des dispositifs de capture* ..... 10

3.1.2 *Mise à la terre des canalisations*..... 10

3.2 INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION CONTRE LA Foudre (I.I.P.F) ..... 11

**4. NOTICE DE VERIFICATION ..... 12**

4.1 NOTICES DE VERIFICATION DES SYSTEMES DE PROTECTION Foudre (SPF) ..... 12

4.2 NOTICE DE VERIFICATION DES PARAFoudRES..... 14

**5. CARNET DE BORD ..... 15**

## TABLE DES MODIFICATIONS

Rév	Chrono secrétariat	Date	Objet
A	RGC 26 358	26/10/2021	Notice de vérification et de maintenance

## GLOSSAIRE

**ICPE** : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement

**EIPS** : Equipements Importants Pour la Sécurité

**SPF** : Système de Protection contre la Foudre

**IEPF** : Installation Extérieure de Protection contre la Foudre

**IIPF** : Installation Intérieure de Protection contre la Foudre

## **1. ORDRES DES VERIFICATIONS**

### **1.1 Procédure de vérification**

Le but des vérifications est de s'assurer que le système est conforme aux normes en vigueur.

Elles comprennent la vérification de la documentation technique, les vérifications visuelles, les vérifications complètes et la documentation de ces inspections.

### **1.2 Vérification de la documentation technique**

Il y a lieu de vérifier la documentation technique totalement, pour s'assurer de la conformité à la série des normes NF EN 62305 et de la cohérence avec les schémas d'exécution.

### **1.3 Vérifications visuelles**

Il convient d'effectuer des vérifications visuelles pour s'assurer que :

- la conception est conforme aux normes NF EN 62305, NF C 17102 et NF EN 62561-x (avec x de 1 à 7),
- le Système de Protection Foudre est en bon état,
- les connexions sont serrées et les conducteurs et bornes présentent une continuité,
- aucune partie n'est affaiblie par la corrosion, particulièrement au niveau du sol,
- les connexions visibles de terre sont intactes (opérationnelles),
- tous les conducteurs visibles et les composants du système sont fixés et protégés contre les chocs et à leur juste place,
- aucune extension ou modification de la structure protégée n'impose de protection complémentaire,
- aucun dommage du système de protection des parafoudres et des fusibles n'est relevé,
- l'équipotentialité a été réalisée correctement pour de nouveaux services intérieurs à la structure depuis la dernière inspection et les essais de continuité ont été effectués,
- les conducteurs et connexions d'équipotentialité à l'intérieur de la structure sont en place et intacts,
- les distances de séparation sont maintenues,
- l'inspection et les essais des conducteurs et des bornes d'équipotentialité, des écrans, du cheminement des câbles et des parafoudres ont été contrôlés et testés.

#### 1.4 Vérifications complètes

La vérification complète et les essais des SPF comprennent une inspection visuelle complétée par :

- les essais de continuité des parties non visibles lors de la vérification initiale et qui ne peuvent être contrôlées par vérification visuelle ultérieurement ;
- les valeurs de résistance de la prise de terre. Il convient d'effectuer des mesures de terre isolées ou associées et d'enregistrer les valeurs dans un rapport de vérification du SPF.
- Le contrôle de la partie active des têtes des Paratonnerres à Dispositifs d'Amorçages.
- La résistance de chaque électrode de terre et si possible, la résistance de la prise de terre complète.

Il convient de mesurer chaque prise de terre locale à partir de la borne d'essai en position ouverte (mesure isolée).

Si la valeur de la résistance globale de la prise de terre excède 10  $\Omega$ , un contrôle est effectué pour vérifier que la prise de terre soit conforme.

Si la valeur de la résistance de la prise de terre s'est sensiblement accrue, des recherches sont effectuées pour en déterminer les raisons et prendre les mesures nécessaires.

Pour les prises de terre dans des sols rocailloux, il convient de se conformer au chapitre E.5.4.3.5 de la norme NF EN 62305. La valeur de 10  $\Omega$  n'est pas applicable dans ce cas.

b) Les résultats des contrôles visuels des connexions des conducteurs et jonctions ou leur continuité électrique.

Si la prise de terre n'est pas conforme à ces exigences ou si le contrôle de ces exigences n'est pas possible, faute d'informations, il convient d'améliorer la prise de terre par des électrodes complémentaires ou par l'installation d'un nouveau réseau de terre.

### **1.5 Documentation de la vérification**

Le carnet de bord joint en chapitre 5, retrace l'historique des vérifications périodiques destinées à l'inspecteur, et comporte la nature des vérifications (mesure de continuité, de la résistance des terres, vérification à la suite d'un accident, type de vérification : visuelle ou complète), ainsi que les méthodes d'essai et les résultats des données obtenues.

Il est recommandé que l'inspecteur élabore un rapport qui sera conservé avec les rapports de conceptions, de maintenances et de vérifications antérieurs.

Il convient que le rapport de vérification du Système de Protection Foudre comporte les informations suivantes :

- les conditions générales des conducteurs de capture et des autres composants de capture ;
- le niveau général de corrosion et de la protection contre la corrosion ;
- la sécurité des fixations des conducteurs et des composants ;
- les mesures de la résistance de la prise de terre ;
- les écarts par rapport aux normes ;
- la documentation sur les modifications et les extensions du système et de la structure. De plus, les schémas d'installation et de conception ont lieu d'être revus ;
- les résultats des essais effectués.

## 2. MAINTENANCE

Il convient de vérifier régulièrement le SPF afin de s'assurer qu'il n'est pas détérioré et qu'il continue à satisfaire aux exigences pour lesquelles il a été conçu. Il convient que la conception d'un SPF détermine la maintenance nécessaire et les cycles de vérification conformément au Tableau suivant.

Niveau de protection	Inspection visuelle (année)	Inspection complète (année)	Inspection complète des systèmes critiques (année)
I et II	1	2	1
III et IV	2	4	1

*NOTE* Pour les structures avec risque d'explosion, une inspection complète est suggérée tous les 6 mois. Il convient d'effectuer des essais une fois par an.

Une exception acceptable à l'essai annuel peut être un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des mesures de prise de terre en diverses saisons.

***Tableau 6 : Périodicité selon le niveau de protection.***

Les intervalles entre inspections donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour le cas du site **RECYTHERM** sur la commune de **BRIENON-SUR-ARMANCON (89)** l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

### 2.1 Remarques générales

Les composants du SPF perdent de leur efficacité au cours des ans en raison de la corrosion, des intempéries, des chocs mécaniques et des impacts de foudre.

Il y a lieu que l'inspection et la maintenance soient faites par un organisme agréé **Qualifoudre**.

Pour effectuer la maintenance et les vérifications du système de protection, il convient de coordonner les deux programmes, vérification et maintenance.

La maintenance d'un système de protection est importante même si le concepteur du SPF a pris des précautions particulières pour la protection contre la corrosion et a dimensionné les composants en fonction de l'exposition particulière contre les dommages de la foudre et les intempéries, en complément des exigences des normes NF EN 62 305 et NF C 17102.

Il convient que les caractéristiques mécaniques et électriques d'un système de protection soient maintenues toute la durée de sa vie afin de satisfaire aux exigences des normes.

Si des modifications sont effectuées sur le bâtiment ou sur l'équipement ou si sa vocation est modifiée, il peut être nécessaire de modifier le système de protection.

Si une vérification montre que des réparations sont nécessaires, celles-ci seront exécutées sans délai et ne peuvent être reportées à la révision suivante.

## 2.2 Procédure de maintenance

Le site **RECYTHERM** sur la commune de **BRIENON-SUR-ARMANCON (89)** doit établir des programmes de vérifications périodiques pour tous les SPF.

La fréquence des procédures de maintenance dépend :

- de la dégradation liée à la météorologie et à l'environnement ;
- de l'exposition au danger de foudre ;
- du niveau de protection donné à la structure.

**Une inspection visuelle est obligatoire tous les ans et une inspection complète doit être faite tous les deux ans.**

Le carnet de bord comporte un programme de maintenance, listant les vérifications de manière que la maintenance soit régulièrement suivie et comparée avec les vérifications antérieures.

Le programme de maintenance comporte les informations suivantes :

- vérification de tous les conducteurs et composants du SPF ;
- vérification de la continuité électrique de l'installation ;
- mesure de la résistance de terre du système de mise à la terre ;
- vérification des parafoudres ;
- re-fixation des composants et des conducteurs ;
- vérification de l'efficacité du système après modifications ou extensions de la structure et de ses installations.

## 2.3 Documentation de maintenance

Il convient que des enregistrements complets soient effectués lors des procédures de maintenance et qu'ils comportent les actions correctives prises ou à prendre.

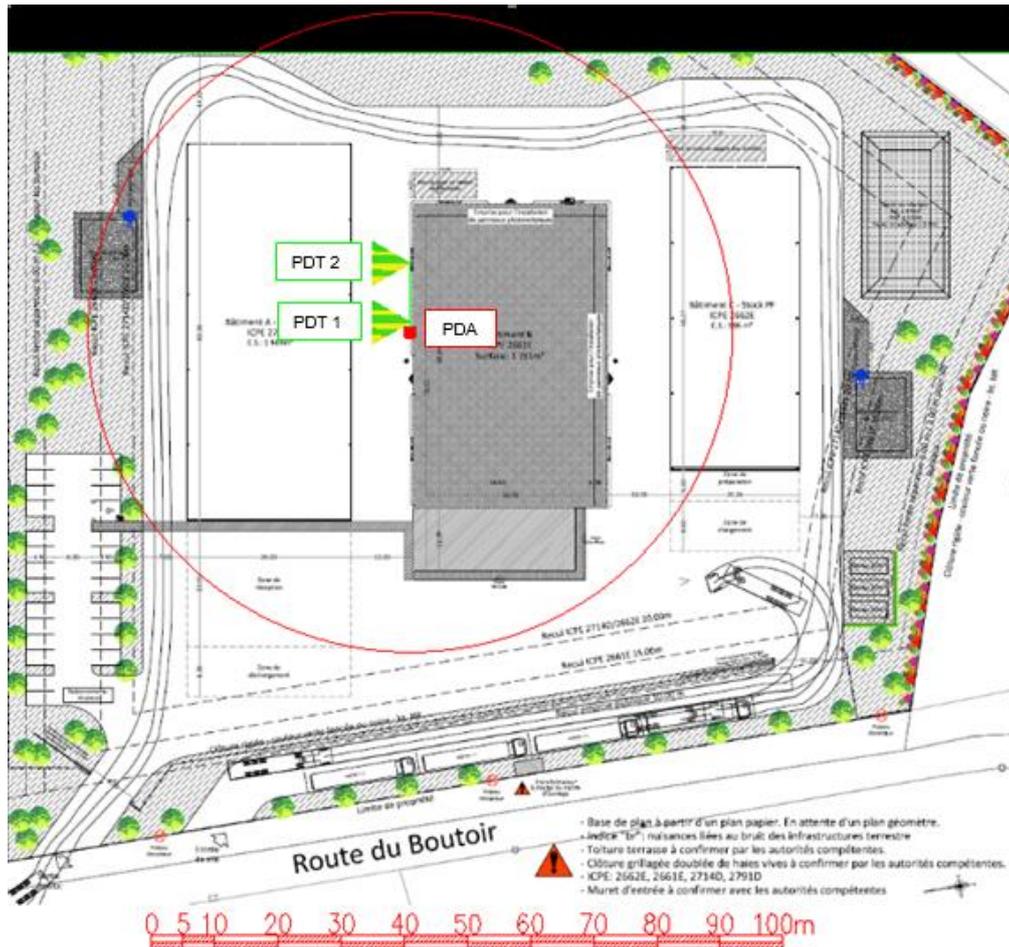
Ces enregistrements fournissent des moyens d'évaluation des composants et de l'installation du SPF.

Il convient que ces enregistrements servent de base pour la révision et la modernisation des programmes de maintenance du SPF et qu'ils soient conservés avec les rapports de conception et de vérification.

**3. DESCRIPTION DES SPF MIS EN PLACE**

**3.1 Installations Extérieures de Protection contre la foudre (I.E.P.F)**

*3.1.1 Implantations des SPF*



**Figure 3 : Implantation des paratonnerres**

Légende :			
	Rayon de protection 51 m (réduction des 40% appliquée)		PDA sur mât de 4 m
	Prise de terre à créer		Conducteur de descente à créer

**Tableau 2: Légende des I.E.P.F à installer**

**3.1.1** Caractéristiques des dispositifs de capture

	<b>PDA</b>
<b>Avance à l'amorçage</b>	60 µs
<b>Hauteur</b>	4 m
<b>Niveau de protection</b>	4
<b>Rayon de protection</b>	51 m
<b>Distance de séparation</b>	0,3 m

**Tableau 3 : Caractéristiques des dispositifs de capture**

**3.1.2** Mise à la terre des canalisations

<b>Localisation</b>	<b>Section du conducteur</b>	<b>Etat</b>	<b>Résultat</b>
	mm <sup>2</sup>		

**Tableau 4 : Mise à la terre des canalisations**



**4. NOTICE DE VERIFICATION**

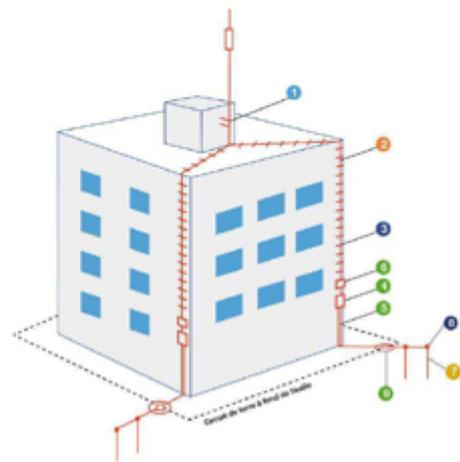
**4.1 Notices de vérification des Systèmes de Protection Foudre (SPF)**

**FICHE CONTROLE PDA**

Numéro du PDA : .....

**BATIMENT PROTEGE :**

CARACTERISTIQUES PDA	
Modèle : .....	
Marque : .....	
Hauteur du mât : .....	
Avance à l'amorçage: .....	
Testable à distance : Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>	Résultat du test de la tête : Positif <input type="checkbox"/> Négatif <input type="checkbox"/>
Nombre de conducteur de descente : .....	
Niveau de protection : <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV	
Rayon de protection : ..... (m)	



✓ **INSPECTION VISUELLE :**

**1- Etat des composants du dispositif de capture :**

- |                               |                                   |                                       |  |
|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| Etat visuel d'ensemble :      | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |
| Etat des composants :         | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |
| Etat du mât du paratonnerre : | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |
| Etat des ancrages :           | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |
| Etat des connexions :         | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |

**2- Nature et composition des conducteurs de descentes :**

- |  |                                   |                                       |  |
|--|-----------------------------------|---------------------------------------|--|
| Type et matériau :                       | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |
| Présence de joints de contrôle:          | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |
| Cheminement du conducteur de descente:   | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |
| Raccordement au dispositif de capture :  | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |
| Continuité des conducteurs de descente : | <input type="checkbox"/> Conforme | <input type="checkbox"/> Non-conforme |  |

**3- Installation et état des conducteurs de descentes :**

- Rayons de courbure des coudes des conducteurs :  Conforme  Non-conforme .....
- Etat des connexions :  Conforme  Non-conforme .....
- Fixation du conducteur de descente (3 par m) :  Conforme  Non-conforme .....
- Croisement avec des canalisations électriques :  Conforme  Non-conforme .....
- Connexions équipotentielles avec les dispositifs internes et les plans de masses ou de terre :  
 Conforme  Non-conforme .....
- Distance de séparation par rapport aux masses métalliques : ..... (m)  
 Conforme  Non-conforme .....
- Protection mécanique du conducteur de descente au niveau du sol ou gaine isolée :  
 Conforme  Non-conforme .....
- Compteur de coup de foudre :  Conforme  Non-conforme .....
- Nombre d'impact relevé: .....
- Pancarte d'avertissement:  Présente  Absente .....

**4- Prise de terre :**

**Appareil utilisé pour les mesures :** .....

Constitution :  Conforme  Non-conforme .....

Etat :  Conforme  Non-conforme .....

Prise de terre de type :  
 A  B .....

Valeur des prises de terre de type A (Ohms) :


Valeur de la prise de terre de type B : .....(Ohms)  
 Conforme  à Améliorer .....

Présence du piquet de terre :  
 Conforme  Non-conforme .....

**RESULTAT DE LA VERIFICATION :**

.....

.....

**ACTIONS CORRECTIVES :**

.....

.....

**4.2 Notice de vérification des parafoudres**

➤ **Description de l'équipement à vérifier**

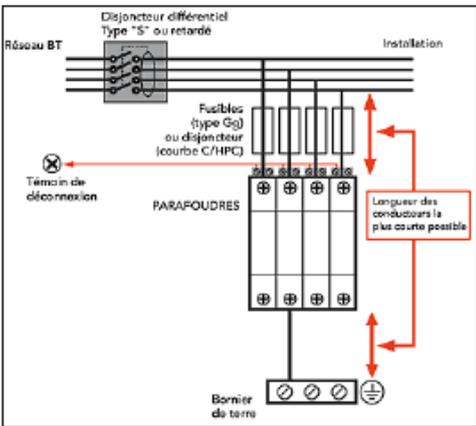
**FICHE CONTROLE DES PARAFOUDRES**

Nom de l'armoire : .....

Photos : .....

EQUIPEMENTS PROTEGES :

CARACTERISTIQUES PARAFOUDRES
Régime de Neutre : .....
Marque : ..... <input type="checkbox"/> Tétra <input type="checkbox"/> Tri <input type="checkbox"/> Mono
Type 1 <input type="checkbox"/> Type 3 <input type="checkbox"/> Type 2 <input type="checkbox"/>
Up : .....kV Uc : .....V
Pour type 1 : I <sub>imp</sub> : .....kA  Pour type 2 ou 3 : In : .....kA I <sub>max</sub> : .....kA



INSPECTION VISUELLE :

- |  |   |                              |       |
|--|---|------------------------------|-------|
| ➤ Règle des 50 cm respectée              | <input type="checkbox"/> OUI              | <input type="checkbox"/> NON | ..... |
| ➤ Section des câbles respectée           | <input type="checkbox"/> OUI              | <input type="checkbox"/> NON | ..... |
| ➤ Signalisation du défaut du parafoudre  | <input type="checkbox"/> OUI              | <input type="checkbox"/> NON | ..... |
| ➤ Présence étiquette                     | <input type="checkbox"/> OUI              | <input type="checkbox"/> NON | ..... |
| ➤ Dispositif de coupure associé existant | <input type="checkbox"/> OUI              | <input type="checkbox"/> NON | ..... |
| ➤ Sélectivité                            | <input type="checkbox"/> OUI              | <input type="checkbox"/> NON | ..... |
|  | - Calibre Disjoncteur Armoire : .....     |                              |       |
|  | - Calibre Disjoncteur/Fusible PRF : ..... |                              |       |
| ➤ Présence fusible dans PF               | <input type="checkbox"/> OUI              | <input type="checkbox"/> NON | ..... |

RESULTAT DE LA VERIFICATION :

ACTIONS CORRECTIVES :

**5. CARNET DE BORD**



N° 071179534036

**INSTALLATIONS DE PROTECTION  
CONTRE LA Foudre  
CARNET DE BORD**

Raison sociale : \_\_\_\_\_

Adresse de l'Établissement :

**CARNET DE BORD**

Ce carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection foudre et doit être tenu à jour sous la responsabilité du Chef d'Établissement.

Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Établissement.

Il ne peut sortir de l'Établissement ni être détruit lorsqu'il est remplacé par un autre carnet de bord.

**Renseignements sur l'Etablissement**

---

Nature de l'activité : .....

N° de classification INSEE : .....

à la date du : ..... ; Type : ..... ; Catégorie : .....

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

à la date du : ..... ; Type : ..... ; Catégorie : .....

---

Pouvoirs Publics exerçant le contrôle de l'Etablissement :

Inspection { .....  
 Du { .....  
 .....  
 .....  
 .....

Commission { .....  
 De { .....  
 .....  
 .....

DRE { .....  
 .....  
 .....

Personne responsable de la surveillance des installations :

NOM	QUALITE	DATE D'ENTREE EN FONCTION

## HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

### I - DEFINITION DES BESOINS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE
05/10/2021	Analyse du Risque Foudre	RG Consultant	G.NGUYEN 071179534036

### II – ETUDE TECHNIQUE DES PROTECTIONS ET NOTICE DE CONTROLE ET DE MAINTENANCE

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE
07/10/2021	Etude technique foudre	RG Consultant	G.NGUYEN 071179534036

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

### III – INSTALLATION DES PROTECTIONS

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

IV- VERIFICATIONS PERIODIQUES & MAINTENANCE

<b>Installation Extérieure de Protection Foudre (I.E.P.F)</b>		<b>VERIFICATEUR</b>	<b>RESULTATS DE LA VERIFICATION</b>		<b>NATURE DE LA VERIFICATION</b>				
		<b>Nom et Qualité</b> de la personne qui a effectué la vérification ou <b>N°</b> <b>QUALIFOUDRE</b>	<b>Indiquer les</b> valeurs obtenues ou les constations faites <b>Référence des</b> rapports	<b>Actions</b> prises ou à prendre	<b>Mesure de</b> la résistance de terre du système de mise à la terre	<b>Vérification de</b> la continuité électrique de l' installation	<b>Vérification de tous</b> les conducteurs et composants du SPF (test de l' électronique pour les PDA)	<b>Type de</b> protection	<b>Date</b>

## Installation Intérieure de Protection Foudre (I.I.P.F)

La vérification des parafoudres type 1 et type 2 se font, tout d'abord, **visuellement** tous **les ans** (signalisation qui donne l'état du parafoudre, lire la notice du constructeur pour connaître la méthode de signalisation utilisée), et la **vérification plus complète** nécessitant le démontage des parafoudres tous les **2 ans** (valise test).

La maintenance doit être faite dès qu'un parafoudre est défectueux, et dès qu'un composant ou un conducteur n'est plus ou mal fixé.

La vérification de l'efficacité du système doit être effectuée après chaque modification ou extension de la structure et de ses installations.

### **A) Cas des parafoudres à modules déconnectables**

- Ouvrir le disjoncteur associé aux parafoudres.
- Enlever le module déconnectable hors service.
- Mettre en place un nouveau module.
- Vérifier la fonction test du disjoncteur.
- Fermer le disjoncteur.
- Vérifier la signalisation (\*) des parafoudres (parafoudre en service).

(\*) Signalisation qui donne l'état du parafoudre (lire la notice du constructeur pour connaître la méthode de signalisation utilisée).

### **B) Parafoudres non déconnectables**

- Consigner l'armoire électrique (ouverture du disjoncteur général de l'armoire et des disjoncteurs secondaires).
- Ouvrir le disjoncteur associé aux parafoudres.
- Enlever le parafoudre défectueux.
- Mettre en place un nouveau parafoudre.
- Vérifier la fonction test du disjoncteur.
- Fermer le disjoncteur.
- Vérifier la signalisation des parafoudres (parafoudre en service).
- Enlever la consignation de l'armoire (fermer le disjoncteur général, réenclencher les disjoncteurs secondaires un par un).

**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.

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

**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.