



Référence : R-ALT-2206-1a

Entrepôt logistique Dossier d'enregistrement

**Projet d'entrepôt sur la ZAC Champs Chouettes
Saint-Aubin-sur-Gaillon (27)
PJ n°21-6 : Etude Foudre**

IMMASSET

Version	Rédactrice	Vérificateur	Approbatrice
a	Hélène PERROUX ALTUSIA 23/06/2022	Fabrice PERROUX ALTUSIA 24/06/2022	Léa DEROGNAT NEODYME 01/07/2022 - LED

Siège Social :
6 rue de la Douzillère
37300 JOUE-LES-TOURS
Tél. : 02.47.75.18.87 Fax : 02.47.60.94.28
www.neodyme.fr

N° SIRET : 478 720 931 00052
TVA Intra : FR11 478 720 931

Nos agences :
✓ CENTRE-OUEST : 02 47 75 18 87
✓ NORD-OUEST : 02.32.10.73.33
✓ NORD PICARDIE : 06 16 64 37 55
✓ ILE DE France : 01.53.34.87.43
✓ SUD-EST : 04.78.39.05.83

Antennes : Bourgogne, Bretagne, Sud-ouest,
Aix en Provence & International



Indice	Date	§ modifiés	Nature des évolutions
a	01/07/2022	/	Création du document - version initiale

PJ n°21-6

Etude Foudre : Analyse du Risque Foudre (ARF) et Etude Technique Foudre (ETF)



Tel : 09 82 50 70 90

Mobile : 07 85 94 12 04

helene.perroux@altusia.fr



Etude Foudre (ARF et ETF)

Projet d'entrepôt ZAC des Champs Chouettes

Suivant les normes NF EN 62305 et NF C17-102



SOMMAIRE :

ANALYSE DU RISQUE Foudre (ARF)

1. Objet de l'étude
2. Le risque foudre et son évaluation
3. Description des activités, structures et lignes du site
4. Documents et dangers spécifiques pris en compte
5. Commentaires de l'analyse de risque de perte de vie humaine
6. Conclusion

ETUDE TECHNIQUE Foudre (ETF)

1. Rappel du besoin de protection
2. Principes de protection contre la foudre
3. Installation extérieure de protection contre la foudre
4. Installation intérieure de protection contre la foudre
5. Spécifications d'installation
6. Mesures organisationnelles et de prévention
7. Surveillance et vérifications
8. Conclusion

LISTE DES ANNEXES

VERSION FINALE

NORMES ET DOCUMENTS DE REFERENCE PRIS EN COMPTE

	Nom / Prénom Qualification	Date	Visa
Emetteur	PERROUX Hélène Niv. 2 Qualifoudre	23/06/2022	
Vérificateur	PERROUX Fabrice Niv. 3 Qualifoudre	24/06/2022	

ALTUSIA Conseil 65, rue de la Fontaine 69220 CORCELLES en BEAUJOLAIS
RCS 450 338 108 Villefranche-Tarare

ANALYSE DU RISQUE Foudre

1. Objet de l'étude :

Cette étude foudre concerne un **nouvel entrepôt de stockage**, qui sera situé dans la ZAC des Champs Chouettes (Les Houssières, 27600 SAINT AUBIN SUR GAILLON).

Dans le cadre du développement de ses activités, et pour répondre aux attentes et aux besoins de ses clients, la société IMMASSET souhaiterait construire un entrepôt à vocation logistique.

Les activités exercées seront des activités de logistique, de stockage et diverses activités associées (préparation de commandes, packaging, manutention, etc.).

Cet entrepôt sera soumis à la réglementation ICPE (et notamment à l'Arrêté Ministériel du 11 avril 2017 modifié), notamment pour la rubrique :

- 1510 – Stockage de matières, produits ou substances combustibles dans des entrepôts couverts (Enregistrement).

Cette analyse, qui servira de données d'entrée à l'Etude Technique, est donc effectuée de façon **réglementaire**, sur la demande de la société NEODYME, en lien avec leur client, la société IMMASSET.

Cette première partie concerne l'Analyse du Risque Foudre suivant les normes NF EN 62305-2 de Novembre 2006 et NF C17-102 de Septembre 2011, en vue de prévoir ensuite, si nécessaire, le dispositif de protection contre la foudre, et cela, de manière optimale.

Cette analyse vise donc à caractériser **l'exposition au risque** des différentes structures du site et à définir le besoin éventuel de moyens de protection contre la foudre, pour assurer la **sécurité des personnes et de l'environnement**.

Elle fait suite à la commande passée par la société NEODYME le 28/01/2022, sur la base de notre offre FP2105-R1 du 29/01/2021.

Cette étude a été réalisée par Hélène PERROUX, suivant la certification d'entreprise **QUALIFOUDRE n° 0923104783050** et le certificat individuel de compétence n°5005 (niveau 2).

L'analyse de risque a été réalisée sur la base de nos échanges avec Mme Léa DEROGNAT de la société NEODYME, ainsi que sur la base des documents techniques mis à notre disposition.

Pour simplifier la lecture et éviter des répétitions systématiques, voici quelques abréviations couramment employées dans ce document :

ARF :	<i>Analyse du Risque Foudre</i>
DJG :	<i>Disjoncteur Général</i>
EF :	<i>Etude Foudre (= ARF + ETF)</i>
EIPS :	<i>Equipement Important pour la Sécurité</i>
ETF :	<i>Etude Technique Foudre</i>
ICPE :	<i>Installation Classée pour la Protection de l'Environnement,</i>
IEPF :	<i>Installation Extérieure de Protection contre la Foudre</i>
IIPF :	<i>Installation Intérieure de Protection contre la Foudre</i>
JDB :	<i>Jeu de barre</i>
MALT :	<i>Mise à la terre</i>
NPF :	<i>Niveau de Protection Foudre (I, II, III ou IV)</i>
PDA :	<i>Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage</i>
SDI :	<i>Système de Détection Incendie</i>
SPF :	<i>Système de Protection Foudre</i>
TGBT :	<i>Tableau Général Basse Tension</i>

2. Le risque foudre et son évaluation :

La foudre est un phénomène naturel fréquent de décharge d'électricité accumulée dans les nuages d'orage, occasionnant un arc de courant très élevé (jusqu'à 200 kA) sous haute tension (plusieurs 10 kV), pendant des durées très brèves (μ s).

Il se traduit via les structures proéminentes qui le captent ou sont au voisinage du point d'impact ainsi que les lignes :

- Par des effets directs : thermiques, mécaniques, électrisation, sonores et lumineux,
- Par des effets indirects : électromagnétiques induits,

qui peuvent donner lieu à :

- Blessures aux êtres vivants,
- Dommages matériels, principalement par étincelage conduisant à incendie ou explosions,
- Destruction d'appareils par surtensions induites ou courant de foudre.

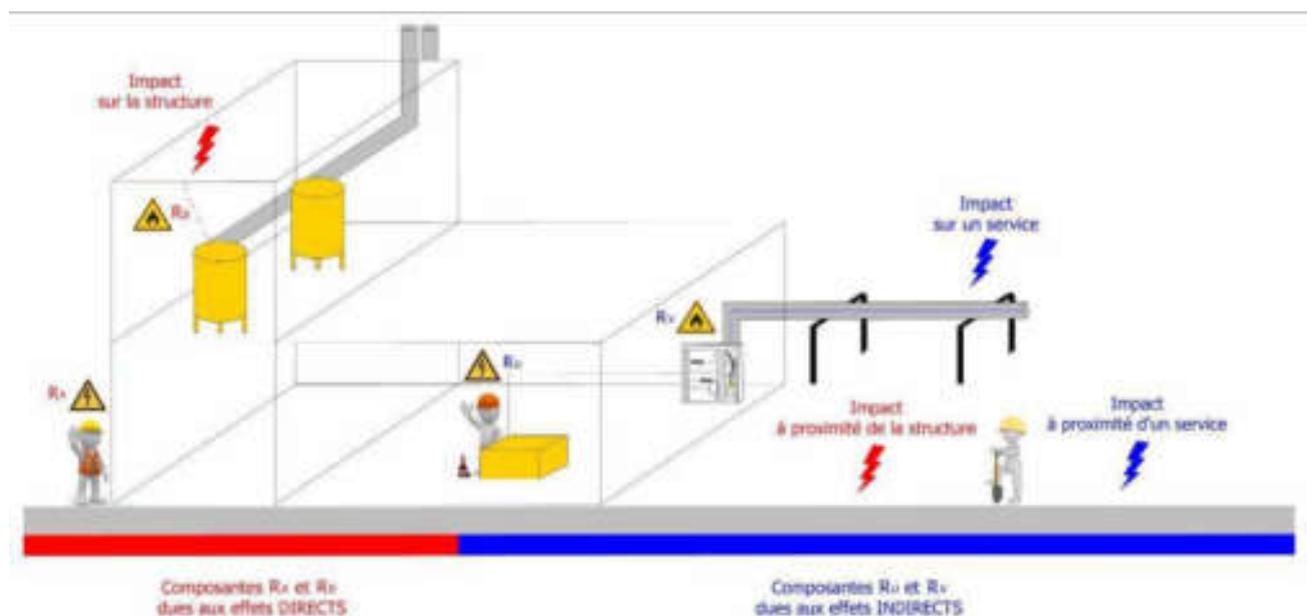
La démarche préconisée par la norme internationale EN 62305-2 adopte une vision statistique du phénomène : au-delà de l'impossibilité d'empêcher le phénomène, **il n'est pas possible, à coût raisonnable, de s'en protéger à 100%**.

Aussi vise-t-on à limiter le risque à un niveau faible, en regard des enjeux :

- Enjeux humains,
- Enjeu de service public,
- Enjeu d'héritage culturel,
- Enjeu économique.

Dans le cas d'une installation industrielle, l'obligation réglementaire porte sur l'humain : quel est le **risque pour les personnes** (à l'intérieur du site ou l'extérieur) ? Le risque R1 tolérable est 10^{E-5} .

L'analyse se réalise suivant une approche générale statistique, en décomposant le risque R1 dans toutes ses composantes.



Dans le cas d'une installation industrielle usuelle (équipements sans impact immédiat sur la santé humaine), les 4 composantes prises en compte sont les suivantes :

- Par impact de foudre sur la structure :
 - Blessure liée aux tensions de pas ou de toucher (R_a),
 - Dommages physiques par étincelage dangereux (R_b),
- Par impact sur une ligne attenante au bâtiment :
 - Blessure liée aux tensions de pas ou de toucher (R_u),
 - Dommages physiques par étincelage dangereux (R_v),

Les conséquences purement matérielles d'un impact de foudre ou les coupures et microcoupures occasionnées par le réseau du distributeur ne sont donc pas ici considérées.

Les principes de protection contre les effets de la foudre sont de plusieurs ordres :

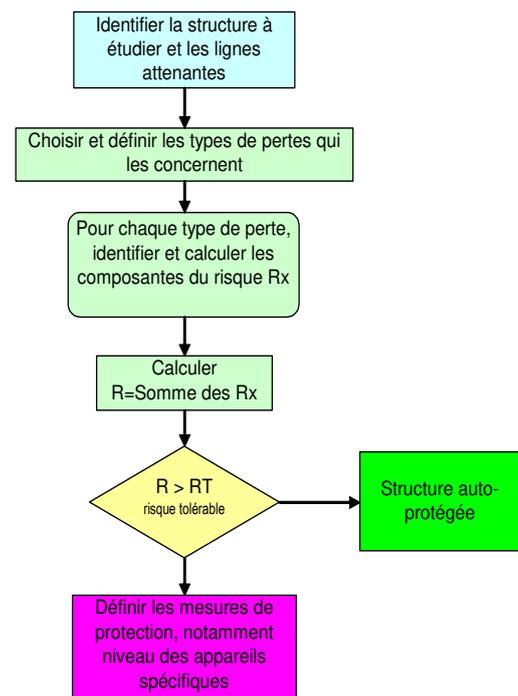
- Éviter un impact direct sur les structures ou leur voisinage,
- Empêcher la circulation des courants de décharge dans les équipements, les appareils et les liaisons entre appareils,
- Limiter les tensions induites dans les lignes électriques et tuyauteries,
- Limiter la montée en potentiel de la prise de terre et les différences de potentiel entre les différentes terres,
- Réduire les conséquences d'un choc de foudre.

Les **moyens pratiques** de protection sont multiples :

- Paratonnerres,
- Parafoudres,
- Équipotentielle et mise à la terre,
- Dispositions contre l'incendie ou l'explosion,
- Dispositions contre la tension de contact ou de pas,
- Détection précoce d'orage.

Il ne s'agit pas ici de définir les mesures appropriées de manière détaillée mais de définir le niveau global de protection requis.

Le déroulement général de la démarche est indiqué ci-contre :



3. Description des activités, structures et lignes du site :

L'entrepôt logistique sera situé dans la zone d'activité de Champs Chouettes, située quartier Les Houssières à SAINT AUBIN SUR GAILLON (27600), à proximité de l'autoroute A13.



L'activité du site (activités logistiques et de stockage) s'effectuera principalement à l'intérieur du bâtiment, avec de nombreux quais de chargement sur toute la façade Nord.

L'activité se déroulera en 3x8, 6 jours/7, avec la présence permanente ou régulière de **moins de 100 personnes** (75 à 120 personnes au total, dont une grande partie répartie sur les 3 équipes).

A cela s'ajoutera éventuellement la présence ponctuelle d'intervenants extérieurs, commerciaux, chauffeurs PL.

Le bâtiment sera composé de différentes parties :

1. L'entrepôt (surface env. 39 000m², hmax 13m), divisé en 5 cellules de taille sensiblement identique (surface env. 7500m²),
2. Une partie « Bureaux et locaux sociaux » (emprise au sol env. 440m²) sur deux niveaux RDC et R+1 (2^{ème} bloc éventuel à l'angle Nord-Ouest de l'entrepôt, en pointillés),
3. Deux locaux de charge (surface env. 300m² chacun),
4. Des locaux techniques :
 - à l'Ouest : local Sprinkler et sa cuve associée de 570m³,
 - au Sud :
 - 4 locaux électriques seront implantés, respectivement pour les usages suivants : un transformateur, un TGBT et 2 onduleurs,
 - Un local chaufferie,
 - à l'Est : 2 locaux produits dangereux de 100m² chacun.

Ces différentes parties sont représentées sur le plan de masse ci-dessous :



Source : Plan de masse niveau 0 au 30/05/2022

Caractéristiques du bâtiment

L'ensemble sera composé d'une structure béton, avec bardage métallique.

Les 5 cellules seront séparées par des murs et portes coupe-feu REI 4h (en rouge ci-dessus).

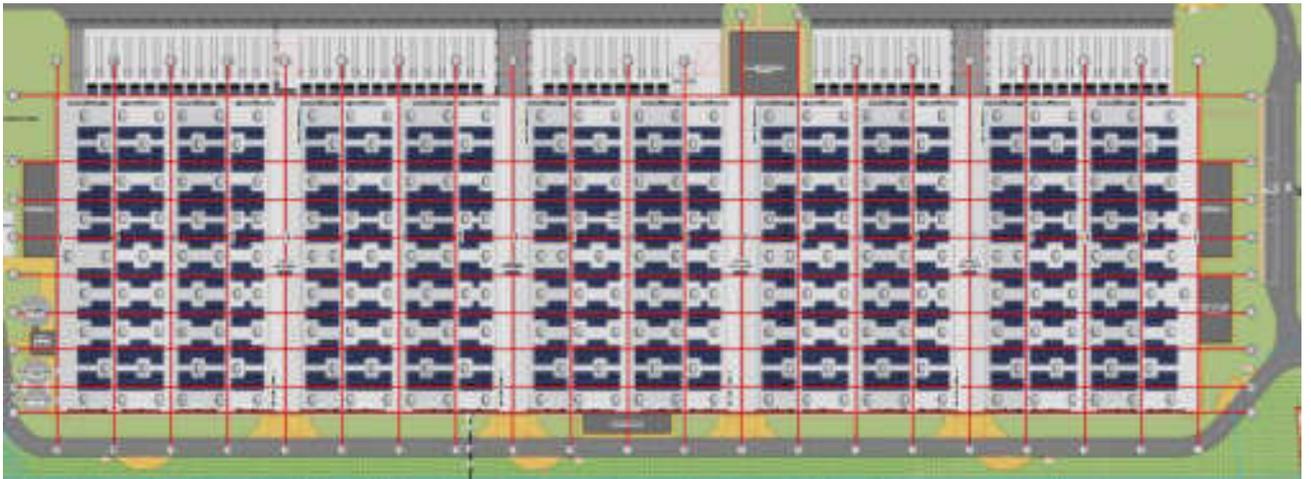
La toiture sera considérée comme plate pour l'ARF (légère pente de 3,1%), avec couverture bac acier et étanchéité à définir (elle devra être compatible avec l'installation prévue de panneaux photovoltaïques).

Le sol sera en béton à l'intérieur, en asphalte à l'extérieur.

Il est prévu d'installer les éléments suivants en toiture :

- de nombreux lanterneaux et trappes de désenfumage,
- blocs froids (pompes à chaleur), dont le dimensionnement et l'emplacement restent à définir,
- escalier d'accès à la partie entrepôt et escaliers de franchissement des murs coupe-feu,
- échelles à crinoline d'accès aux bureaux et locaux sociaux,
- panneaux photovoltaïques, sur minimum 30% de la toiture (projet).

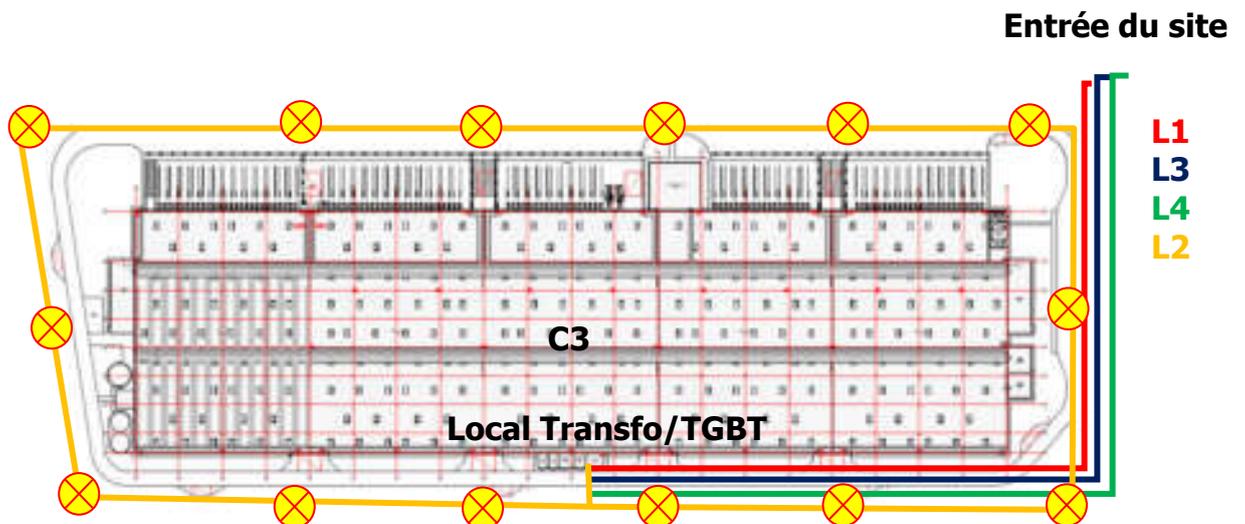
Le plan de toiture au 30/05/2022 (avec les panneaux photovoltaïques projetés) est le suivant :



Lignes électriques entrantes

Quatre lignes seront reliées à l'entrepôt :

- **L1** : alimentation HT du site (400m, enterrée depuis l'entrée du site, vers le local Transfo/TGBT attenant à la cellule 3),
- **L2** : alimentation BT (estimation) de 14 candélabres extérieurs de hauteur 12m (1000m, enterrée),
- **L3** : alimentation BT du portail électrique à l'entrée du site (400m, enterrée, même cheminement que L1),
- **L4** : alimentation CF (courants faibles) téléphonie (400m, enterrée, même cheminement que L1).



Toutes les lignes seront enterrées, entourées d'objets plus haut, en environnement suburbain (bâtiments de hauteur inférieure à 10m) et dans un sol de résistivité de 500 Ohm.m (par défaut).

Tuyauteries métalliques

Les canalisations d'eau potable et eaux usées seront en PEHD.

Il y aura probablement une tuyauterie métallique enterrée à prendre en compte : celle alimentant la chaufferie en gaz.

Constitution de la prise de terre

La prise de terre sera constituée d'une **boucle en fond de fouille cuivre, qui devra être de section minimale 50mm².**

4. Documents et dangers spécifiques pris en compte :

Les documents d'entrée pris en compte sont les suivants :

- (22-06-02)-1100-V05-PC2-PLAN DE MASSE AMENAGEMENTS PAYSAGERS
- (22-06-02)-1100-V05-PC3-BATIMENT A - NIVEAU 0
- (22-06-02)-1100-V05-PC4-BATIMENT A - COUPES D'INSERTION & FACADES
- (22-06-02)-1100-V05-PLAN MASSE

La structure étudiée est l'entrepôt, regroupant les activités de stockage et administratives.

Les 4 risques attendus pour ce type d'activité sont :

1. **L'explosion consécutive à une fuite de gaz naturel** dans le local chaufferie et inflammation causée par un impact de foudre.
La chaufferie sera conforme aux normes en vigueur et, le cas échéant, un système de détection gaz permettra de couper automatiquement l'alimentation en gaz naturel.
De la sorte, aucune zone ATEX n'est à prendre en compte (a fortiori pas de zones ATEX permanentes qui sont les seules zones à prendre en compte dans l'Analyse du Risque Foudre).
2. **L'explosion de la chaudière elle-même** si elle est traversée par un courant de foudre, la cheminée (hauteur non définie à ce jour) représentant un point naturel de capture.
La chaudière sera conforme aux normes en vigueur et les masses métalliques seront équipotentielles avec la terre électrique conformément à la norme NF C15-100.
De la sorte, ce risque ne sera pas retenu, **sous réserve d'assurer l'écoulement d'un éventuel courant de foudre circulant dans la cheminée de la chaudière.**
3. **L'explosion du dihydrogène émis dans les locaux de charge.**
Il est recommandé de mettre en place une ventilation mécanique permettant de limiter les zones ATEX à maxi. 1m autour des batteries en cours de charge. Ces zones ATEX ne seront donc pas accessibles à un impact de foudre éventuel.
De la sorte, aucune zone ATEX n'est à prendre en compte (a fortiori pas de zones ATEX permanentes qui sont les seules zones à prendre en compte dans l'Analyse du Risque Foudre).
4. **Incendie des matériaux combustibles** présents (matières premières, plastiques, palettes en bois, emballages carton...).
Les combustibles sont classiques de la plupart des activités industrielles.

Le **risque incendie sera donc retenu** dans le cadre de cette Analyse du Risque Foudre.

Le **risque incendie est considéré comme élevé** (>> 800 MJ/m²).

Dans le cadre de ce projet, il sera garanti que les seuils des effets irréversibles seront contenus à l'intérieur des limites de propriété. Nous considérerons donc une **absence d'atteinte environnementale**.

La **protection incendie sera puissante** puisque l'ensemble du site sera protégé par un **système sprinkler**, complété par un système de détection incendie.

En l'absence d'Etude Des Dangers, aucun E.I.P.S. n'a été identifié formellement par l'exploitant. Cependant, nous considérerons les **E.I.P.S. suivants** :

- **Système de protection sprinkler** et notamment son local source et la centrale d'alarmes,
- **Système de détection incendie**.

5. Commentaires de l'analyse de risque de perte de vie humaine :

La densité de foudroiement locale est de **0,57 coups de foudre/an/km²** (source Météorage période 2012 - 2021 pour la commune de Saint-Aubin-Sur Gaillon, voir [Annexe A1](#)), ce qui est clairement inférieur à la moyenne nationale (1,1). A noter que la densité de foudroiement est ici assimilée à la densité d'impacts au sol.

Il en résulte une périodicité d'impact direct sur le bâtiment (ce qui est réducteur en termes d'effets) de **1 impact tous les 22 ans**.

Les principaux paramètres utilisés sont :

- Usage industriel,
- Résistivité du sol typique de 500 Ohm.m,
- Toutes les lignes sont enterrées, entourées d'objets plus haut en milieu suburbain (hauteurs de bâtiments inférieures à 10m).

L'Analyse de Risque Foudre a été réalisée pour :

- Une structure unique « Entrepôt complet » constituée de l'ensemble du bâtiment,
- Une structure « cellule ».

En effet, comme l'entrepôt est divisé en 5 cellules (par des murs et portes coupe-feu 4h), il est possible de considérer les 5 cellules comme 5 zones foudres distinctes, ce qui pourra éventuellement permettre d'optimiser la protection foudre d'un point de vue technico-économique (cf. partie ETF de ce rapport).

Les autres paramètres sont décrits ci-dessous pour la structure unique « Entrepôt complet » :

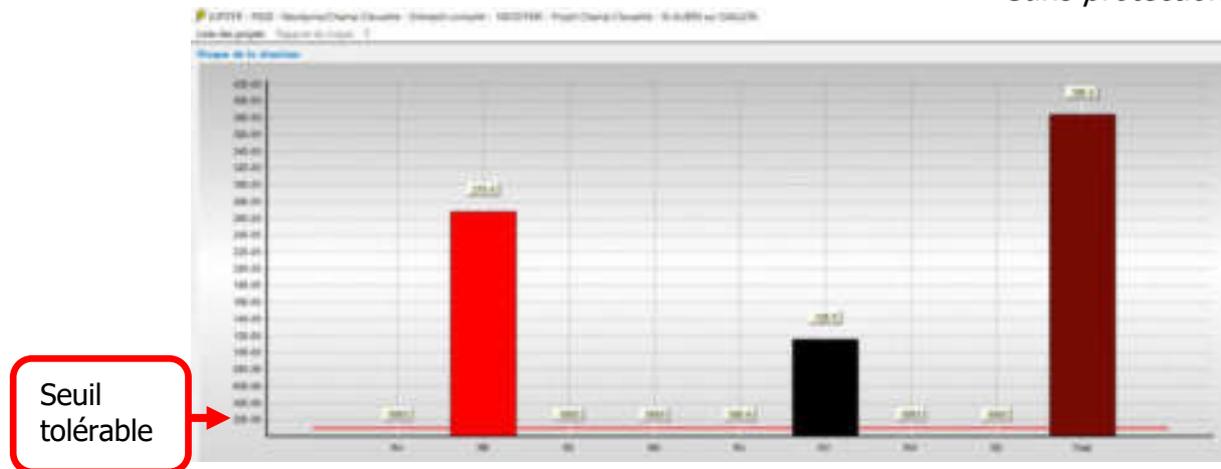
Structure :	Entrepôt complet
Facteur d'emplacement	Isolé
Dimensions	365x102m
Hauteur (garde-corps compris)	13m
Type de murs	Charpente béton. Habillage en bardage métallique.
Type de toiture	Toiture plate (bac acier et étanchéité non définie à ce jour)
Sol intérieur / extérieur	Béton / Asphalte
Equipements en toiture	Lanterneaux d'éclairage et de désenfumage Blocs froids Panneaux Photovoltaïques (projet) Escalier et échelles à crinoline d'accès ou traversantes
Activité	Activités logistiques et de stockage
Danger particulier	Risque de panique faible (moins de 100 personnes présentes simultanément, structure limitée à RDC et R+1 au niveau des bureaux)
Risque d'incendie	Elevé
Moyens d'extinction	Automatiques (Sprinkler)
Lignes	L1 : alimentation HT depuis l'entrée du site et vers le local transfo/TGBT (L=400m, enterrée, avec transformateur) L2 : alimentation BT candélabres (L=1000m, enterrée, avec structure adjacente 1x1x45m) Les lignes BT L3 (portail électrique) et L4 (téléphonie) ne sont ici pas considérées, car elles suivent le même cheminement que L1. Les 2 lignes considérées par l'ARF sont enterrées en milieu suburbain.
Facteurs de pertes	Usuels sur la base d'une présence humaine (équipes en 3x8), soit Lf = 0,15 et Lt = 0,0003

Le calcul de risque a été réalisé pour la structure, à l'aide du logiciel JUPITER UTE v2.0, dont les notes de calcul figurent en **Annexe A3 (projet P028)**.

L'analyse du risque, sans aucune protection installée, fait apparaître un niveau de risque R1 (risque de perte de vie humaine) de **38.10^{e-5}** supérieur au risque tolérable fixé à 1.10^{e-5}.

Le diagramme ci-dessous détaille les composantes de risques (sans et avec protection) pour la structure « Entrepôt complet » :

Sans protection



Nous constatons donc que tant les composantes des effets directs (RB) et indirects (RV) dépassent le seuil tolérable, la composante des effets directs étant prédominante.

La structure « Entrepôt complet » nécessitera donc un **Système de Protection Foudre de niveau I**, pour que le risque R1 passe en-dessous du risque tolérable.

Avec protection



Le SPF nécessaire comprend :

- Un dispositif de capture,
- Les descentes du courant de foudre associées,
- La mise à la terre des descentes de foudre,
- L'équipotentialité des prises de terre Foudre avec celle du bâtiment,
- La protection par parafoudre d'équipotentialité des lignes électriques entrantes,
- La protection des éventuels EIPS (Equipement Important pour la Sécurité).

Paramètres considérés pour la structure « Cellule » :

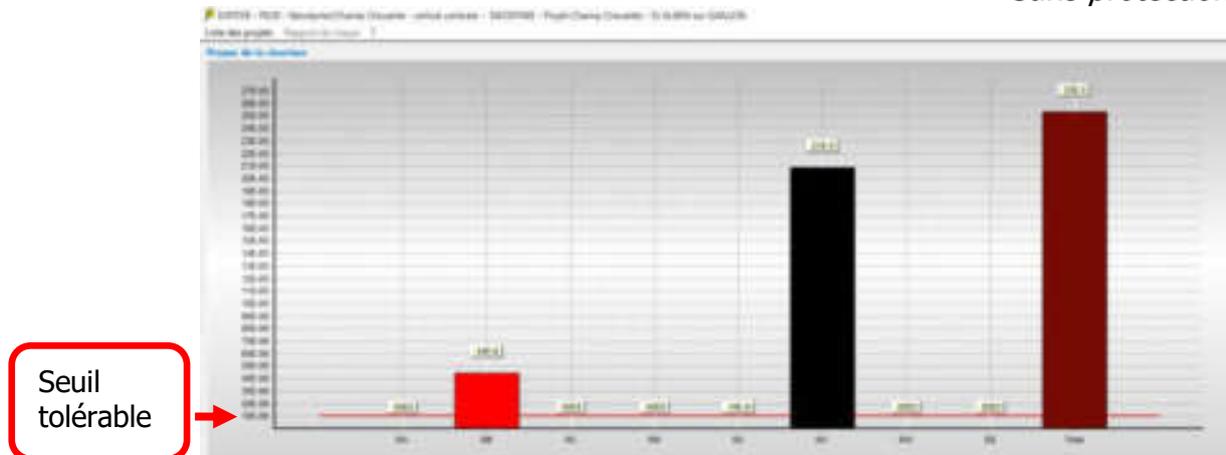
Structure :	Cellule
Facteur d'emplacement	Entouré bas (cellules voisines de même hauteur)
Dimensions	73x102m
Hauteur (garde-corps compris)	13m
Type de murs	Charpente béton. Habillage en bardage métallique et murs coupe-feu.
Type de toiture	Toiture plate (bac acier et étanchéité non définie à ce jour)
Sol intérieur / extérieur	Béton / Asphalte
Equipements en toiture	Lanterneaux d'éclairage et de désenfumage Blocs froids Panneaux Photovoltaïques (projet) Escalier et échelles à crinoline d'accès ou traversantes
Activité	Activités logistiques et de stockage
Danger particulier	Risque de panique faible (moins de 100 personnes présentes simultanément, structure limitée à RDC et R+1 au niveau des bureaux)
Risque d'incendie	Elevé
Moyens d'extinction	Automatiques (Sprinkler)
Lignes	<p>L1 : alimentation HT depuis l'entrée du site et vers le local transfo/TGBT (L=400m, enterrée, avec transformateur)</p> <p>L2 : alimentation BT candélabres (L=1000m, enterrée, avec structure adjacente 1x1x45m)</p> <p>L3 : alimentation BT des cellules 4 et 5 (L=200m, enterrée, avec structure adjacente 73x102x13m)</p> <p>L4 : alimentation BT des cellules 1 et 2 (L=200m, enterrées, avec structure adjacente 73x102x13m)</p> <p>Les 4 lignes considérées par l'ARF sont enterrées en milieu suburbain.</p>
Facteurs de pertes	Usuels sur la base d'une présence humaine (équipes en 3x8), soit Lf = 0,15 et Lt = 0,0003

Le calcul de risque a été réalisé pour la structure, à l'aide du logiciel JUPITER UTE v2.0, dont les notes de calcul figurent en **Annexe A3 (projet P029)**.

L'analyse du risque, sans aucune protection installée, fait apparaître un niveau de risque R1 (risque de perte de vie humaine) de **25.10^{e-5}** supérieur au risque tolérable fixé à 1.10^{e-5}.

Le diagramme ci-dessous détaille les composantes de risques (sans et avec protection) pour la structure « Cellule» :

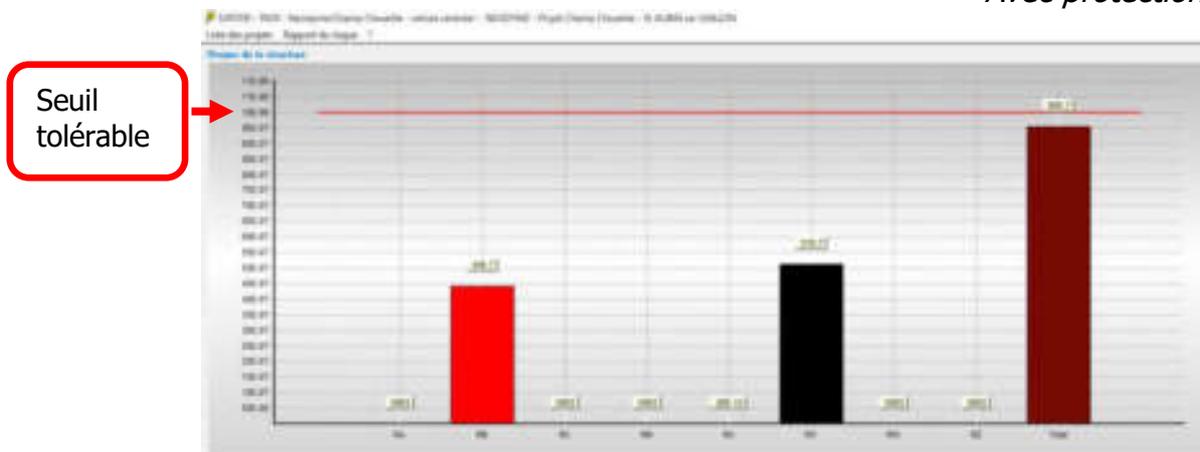
Sans protection



Nous constatons donc que tant les composantes des effets directs (RB) et indirects (RV) dépassent le seuil tolérable, la composante des effets indirects étant prédominante.

La structure « cellule » nécessitera donc un **Système de Protection Foudre de niveau III, renforcé au niveau II sur les lignes entrantes L1 et L2**, pour que le risque R1 passe en-dessous du risque tolérable.

Avec protection



Le SPF nécessaire comprend :

- Un dispositif de capture,
- Les descentes du courant de foudre associées,
- La mise à la terre des descentes de foudre,
- L'équipotentialité des prises de terre Foudre avec celle du bâtiment,
- La protection par parafoudre d'équipotentialité des lignes électriques entrantes,
- La protection des éventuels EIPS (Equipement Important pour la Sécurité),
- **La mise en place de parafoudres de séparation (type 2) au niveau des coffrets d'alimentation des cellules 1,2,4 et 5.**

6. Conclusion :

L'analyse de risque statistique montre qu'il faudra mettre en place :

- si on considère la structure « Entrepôt complet » :
un Système de Protection Foudre de niveau I pour la totalité du bâtiment,
- ou**
- si on considère les cellules comme des zones foudres distinctes :
un Système de Protection Foudre de niveau III, renforcé au niveau II sur les parafoudres d'équipotentialité des lignes entrantes L1 et L2, avec des parafoudres de séparation pour les cellules 1,2,4 et 5,

afin d'atteindre un risque de perte de vie humaine tolérable.

L'Etude Technique Foudre étudiera la solution la plus intéressante d'un point de vue technico-économique.

L'équipotentialité des tuyauteries métalliques devra être assurée, notamment pour :

- L'alimentation gaz naturel,

Aucun EIPS n'est formellement identifié, mais il convient de protéger l'alimentation du :

- **Système de protection sprinkler** et notamment son local source et la centrale d'alarmes et du
- **Système de détection incendie.**

L'étude technique définira de manière précise les éléments de protection et prévention nécessaires. Le cas échéant, elle portera une attention particulière à l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture.

ETUDE TECHNIQUE DES PROTECTIONS CONTRE LA FOUDRE

1. Rappel du besoin de protection :

L'analyse de risque statistique montre qu'il faudra mettre en place :

- si on considère la structure « Entrepôt complet » :
un Système de Protection Foudre de niveau I pour la totalité du bâtiment,

ou

- si on considère les cellules comme des zones foudres distinctes :
un Système de Protection Foudre de niveau III, renforcé au niveau II sur les parafoudres d'équipotentialité des lignes entrantes L1 et L2, avec des parafoudres de séparation pour les cellules 1,2,4 et 5,

afin d'atteindre un risque de perte de vie humaine tolérable.

L'Etude Technique Foudre étudiera la solution la plus intéressante d'un point de vue technico-économique.

L'équipotentialité des tuyauteries métalliques devra être assurée, notamment pour :

- L'alimentation gaz naturel,

Aucun EIPS n'est formellement identifié, mais il convient de protéger l'alimentation du :

- **Système de protection sprinkler** et notamment son local source et la centrale d'alarmes et du
- **Système de détection incendie.**

L'étude technique définira de manière précise les éléments de protection et prévention nécessaires. Le cas échéant, elle portera une attention particulière à l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture.

2. Principes de protection contre la foudre :

La protection contre les effets de la foudre, directs ou indirects, d'une structure (bâtie ou ouverte) comporte 2 types d'installations :

- L'Installation Extérieure de Protection Foudre (**IEPF**) qui vise à capturer et canaliser dans un endroit non dangereux l'impact de foudre, avant son écoulement à la terre,
- L'Installation Intérieure de Protection Foudre (**IIPF**) destinée à lutter contre les surtensions affectant les lignes électriques, de communication ou de tout réseau conducteur.

Elle est caractérisée par le niveau de protection qu'elle assure, c'est-à-dire l'efficacité qu'elle apporte compte tenu de la distribution des caractéristiques d'un impact de foudre : du niveau IV (protégeant contre 80% des impacts) au niveau I (contre 98% des impacts possibles), démontrant ainsi qu'une protection absolue est, sinon impossible, mais très coûteuse.

Pour ce qui concerne l'IEPF, plusieurs dispositifs de capture sont disponibles :

- Paratonnerre à pointe simple,
- Paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) qui permet d'étendre le rayon d'action,
- Cage maillée dont la dimension de maille varie de 5m (NPF I) à 20m (NPF IV),
- Fils tendus.

Ils peuvent être « naturels », c'est-à-dire constitués par des éléments conducteurs de la construction proprement dite qui présentent les mêmes propriétés qu'un dispositif artificiel.

La conception du dispositif peut s'appuyer sur différents modèles complémentaires :

- La méthode de la sphère fictive (rayon de 20m en niveau I à 60m en niveau IV) découlant du modèle électrogéométrique,
- La méthode de l'angle de capture,
- La cage maillée dont la taille de maille est imposée.

Le dispositif de capture se complète :

- De descentes : conducteurs verticaux ou non, au nombre minimum de 2 par paratonnerre, qui véhiculent le courant de foudre au sol,
- De prises de terre : conducteurs enfouis et destinés à écouler le courant dans le sol sous plusieurs formes géométriques possibles (patte d'oie, triangulaire, linéaire combinant électrodes horizontales et verticales ou ceinturage à fond de fouille qui est plus efficace).

Ces éléments peuvent être également naturels, s'ils répondent aux prescriptions applicables.

Pour ce qui concerne l'IIPF, 2 éléments sont associés :

- Le réseau d'équipotentialité qui nécessite un maillage le plus serré possible de toutes les masses métalliques et des bâtiments entre eux,
- La protection contre les surtensions conduites ou induites dans les différents réseaux ou provoquées par montée de potentiel de terre : cela est assuré par un parafoudre mais également par le blindage des conducteurs (avec mise à la terre du blindage), la séparation des réseaux par nature de signal et la mise à la terre des conducteurs passifs.

Les parafoudres sont de plusieurs types :

- Type 1 destinés à protéger une structure d'un impact conduit ou d'une surtension induite de forte énergie,
- Type 2 permettant de filtrer plus finement une perturbation pour protéger un équipement vulnérable.

Outre le type, 2 caractéristiques sont essentielles pour leur sélection :

- La capacité d'écoulement en courant : I_{imp} (pour impulsionnel) pour un type 1 (avec une onde type 10/350 μ s) ou I_n (pour nominal) pour un type 2 (avec une onde 8/20 μ s),
- La tension résiduelle qui correspond à « l'écrêtage » qu'assure à ses bornes le parafoudre : U_p (de 2,5 kV jusqu'à 1,2 kV). Elle est choisie en fonction de la tenue au choc des équipements à protéger.



Le déconnecteur associé au parafoudre (fusible, disjoncteur ou déconnecteur intégré) a pour fonction d'assurer la continuité de service de la ligne protégée en fin de vie du parafoudre (qui doit tenir au moins 20 chocs de foudre, suivant la norme).

Au-delà du choix du parafoudre (caractéristiques, fonctionnalités additionnelles, respect attesté des normes et marque), les conditions pratiques de montage sont déterminantes : la « règle des 50cm », en particulier, nécessite de minimiser la longueur des conducteurs amont et aval.

En cas de montage type 1 puis type 2 sur la même distribution, les parafoudres doivent être coordonnés (afin que le premier réagisse prioritairement).

Un système de protection foudre (SPF), requis pour assurer la protection des personnes et de l'environnement au sens de l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié, combine donc IEPF et IIPF :

- Dispositif de capture, descente et écoulement à la terre,
- Equipotentialité assurée par parafoudre sur les lignes d'entrée de la structure, ou dispositions équivalentes,
- Protection des EIPS et des équipements installés en zones ATEX 0 ou 20.

3. Installation extérieure de protection contre la foudre :

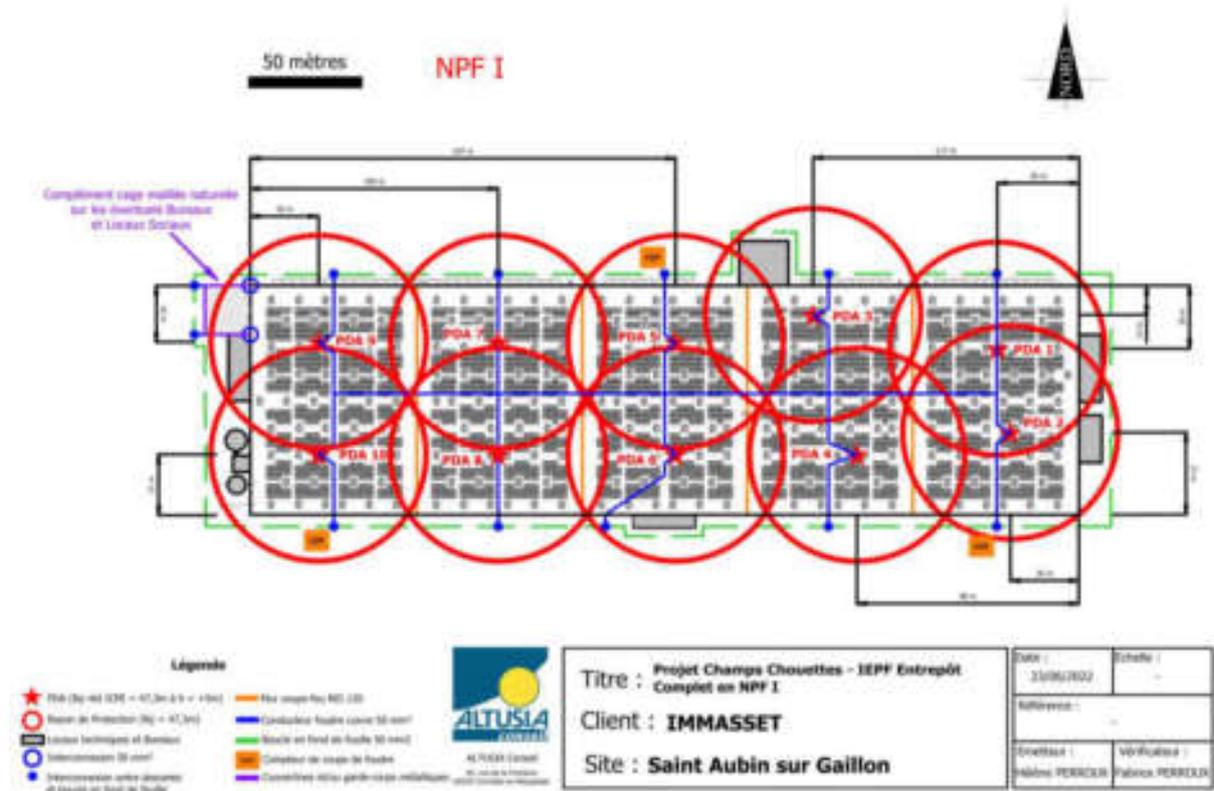
3.1. Dispositif de capture et descentes :

L'entrepôt sera construit avec une toiture en bac acier et une étanchéité combustible, ce qui conduit à prévoir impérativement un dispositif de capture protégeant l'ensemble de la toiture d'un impact de foudre. Parmi les différents moyens de capture, la cage maillée et la capture par pointes simples ne sont pas adaptés du fait de la taille du bâtiment, des nombreux équipements proéminents en toiture (lanterneaux...) et du projet d'installation de panneaux photovoltaïques.

Nous avons donc retenu la solution de protection par Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage, avec un complément de protection par cage maillée. Deux solutions ont été étudiées :

- **Solution 1 : Installation Extérieure de Protection Foudre de niveau I pour la totalité du bâtiment,**
- **Solution 2 : Installation Extérieure de Protection Foudre de niveau III, sous condition de séparation électrique (parafoudres) et incendie (murs et portes coupe-feu 120min.) des 5 cellules (en zones foudre).**

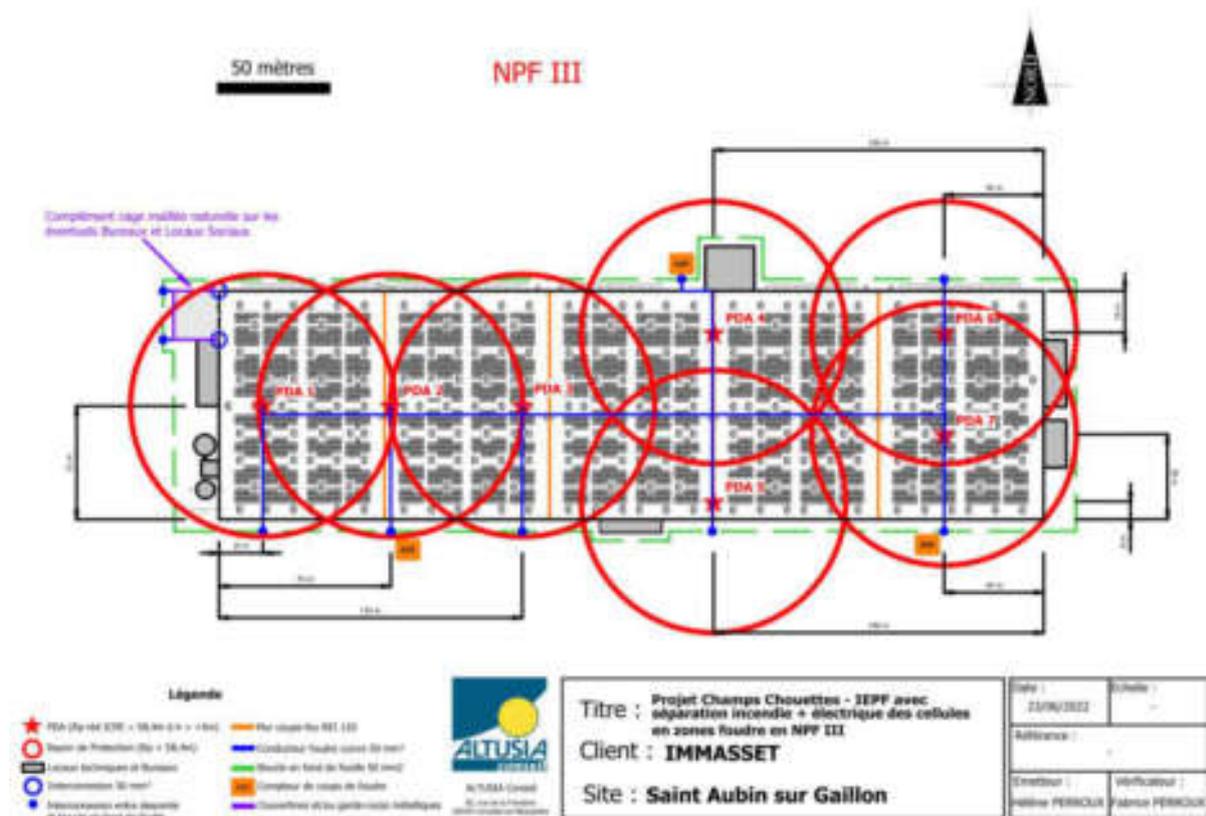
Solution 1 - dispositif de capture en NPF I (entrepôt complet)



- 10 PDA d'avance à l'amorçage 60 μ s, positionnés selon le plan IEPF, avec un surplomb de +5m par rapport à l'acrotère, et un rayon de protection réduit pour ICPE Rp=47,3m en NPF I,
- 1000mL env. de conducteur foudre cuivre 50mm²,
- 10 liaisons de terre à la boucle en fond de fouille cuivre 50mm²,
- 3 compteurs de coups de foudre,
- Un complément de protection par cage maillée naturelle (assurée par la couverture d'acrotère et/ou les garde-corps métalliques) sur les éventuels Bureaux et Locaux Sociaux à l'angle Nord-Ouest de l'entrepôt, avec 2 liaisons de terre cuivre 50mm² à la boucle en fond de fouille et 2 LEP 50mm² au bardage métallique de l'entrepôt.
(Note : application de la méthode de la sphère fictive au plus grand cercle inscrit dans la zone non protégée par le PDA 9).

Coût estimé (IEPF+IIPF): 80.000€ +/- 30%

Solution 2 – Dispositif de capture en NPF III (zones foudres)



- 7 PDA d'avance à l'amorçage 60µs, positionnés selon le plan IEPF, avec un surplomb de +5m par rapport à l'acrotère, et un rayon de protection réduit pour ICPE Rp=58,4m en NPF III,
 - 750mL env. de conducteur foudre cuivre 50mm²,
 - 7 liaisons de terre à la boucle en fond de fouille cuivre 50mm²,
 - 3 compteurs de coups de foudre par descente,
 - Un complément de protection par cage maillée naturelle (assurée par la couverture d'acrotère et/ou les garde-corps métalliques) sur les éventuels Bureaux et Locaux Sociaux à l'angle Nord-Ouest de l'entrepôt, avec 2 liaisons de terre cuivre 50mm² à la boucle en fond de fouille et 2 LEP 50mm² au bardage métallique de l'entrepôt.
- (Note : application de la méthode de la sphère fictive au plus grand cercle inscrit dans la zone non protégée par le PDA 1).

Coût estimé (IEPF + IIPF) : 60.000€ +/- 30%

Quelle que soit la solution retenue, les équipements devant être protégés devront se situer au moins à 2m en-dessous de la pointe du PDA (en plus d'être dans le rayon de protection du PDA).

Les panneaux photovoltaïques seront à proscrire dans la distance de séparation (cf. § suivant), afin d'éviter tout risque d'étincelage (et de dégâts) sur l'installation photovoltaïque.

Solution retenue

Les coûts estimés ci-dessus incluent également la protection intérieure IIPF de l'installation (parafoudres).

En effet, la solution 1 implique l'installation de 4 parafoudres seulement:

- 2 parafoudres de type 1 sur les lignes entrantes,
- 2 parafoudres de type 2 pour protéger les EIPS (recommandés).

La solution 2 (séparation en zones foudre) implique l'installation de 8 parafoudres:

- 2 parafoudres de type 1 sur les lignes entrantes,
- 4 parafoudres de type 2 pour la séparation électrique des cellules 1, 2, 4 et 5 en zones foudre,
- 2 parafoudres de type 2 pour protéger les EIPS (recommandés).

D'un point de vue technico-économique, **la solution 2 est optimale et sera ici retenue.**

3.2. Distances de séparation :

La distance de séparation a été calculée en plusieurs points et est donnée dans le tableau suivant :

Distance de séparation Entrepôt ZAC des Champs Chouettes			
	<i>Données</i>		<i>Justification</i>
A l'acrotère	ki =	0,04	Niveau III
s = ki * kc / km * L	kc =	0,5	NF C17-102
0,3	km =	1	Dans l'air
mètre	L =	14	Longueur en vertical et horizontal
Au pied des PDA 1, 2 et 3	ki =	0,04	Niveau III
s = ki * kc / km * L	kc =	0,5	NF C17-102
1,3	km =	1	Dans l'air
mètre	L =	64	Longueur en vertical et horizontal
Au pied du PDA 4	ki =	0,04	Niveau III
s = ki * kc / km * L	kc =	0,5	NF C17-102
0,96	km =	1	Dans l'air
mètre	L =	48	Longueur en vertical et horizontal
Au pied du PDA 5	ki =	0,04	Niveau III
s = ki * kc / km * L	kc =	0,5	NF C17-102
0,42	km =	1	Dans l'air
mètre	L =	21	Longueur en vertical et horizontal
Au pied du PDA 6	ki =	0,04	Niveau III
s = ki * kc / km * L	kc =	0,5	NF C17-102
0,66	km =	1	Dans l'air
mètre	L =	33	Longueur en vertical et horizontal
Au pied du PDA 7	ki =	0,04	Niveau III
s = ki * kc / km * L	kc =	0,5	NF C17-102
1,02	km =	1	Dans l'air
mètre	L =	51	Longueur en vertical et horizontal
Au niveau du conducteur central (cas majorant)	ki =	0,04	Niveau III
s = ki * kc / km * L	kc =	0,5	NF C17-102
1,76	km =	1	Dans l'air
mètre	L =	88	Longueur en vertical et horizontal

Equipements métalliques

Il sera nécessaire d'assurer l'équipotentialité de tout objet métallique en toiture, placé à proximité ($d < \text{distance de séparation}$) des conducteurs de foudre.

Cela pourra notamment être le cas des équipements suivants :

- Garde-corps périphériques en toiture au croisement des conducteurs foudre,
- Couvertines d'acrotère métalliques (si existantes) à proximité ou au croisement des conducteurs foudre,

- Echelle(s) à crinoline et échelles traversantes au niveau des murs coupe-feu,
- Châssis de groupes froid,
- Cadres métalliques de lanterneaux,...

Les équipements métalliques dans la distance de séparation devront être reliés au conducteur foudre par une liaison équipotentielle cuivre de section 50mm².

Equipements électriques

Il conviendra également de s'assurer que toute alimentation électrique soit bien éloignée des conducteurs de foudre d'une distance supérieure à la distance de séparation. Cela pourra par exemple concerner :

- l'alimentation des éclairages extérieurs (si existants en façade),
- l'alimentation de caméras de vidéosurveillance...

Il en sera de même pour toutes les **liaisons électriques de l'éventuelle installation de panneaux photovoltaïques**.

Il conviendra donc de faire circuler les liaisons électriques correspondantes au niveau des acrotères périphériques, en privilégiant les façades Est, Nord et Ouest, et en respectant la distance de séparation de 30cm.

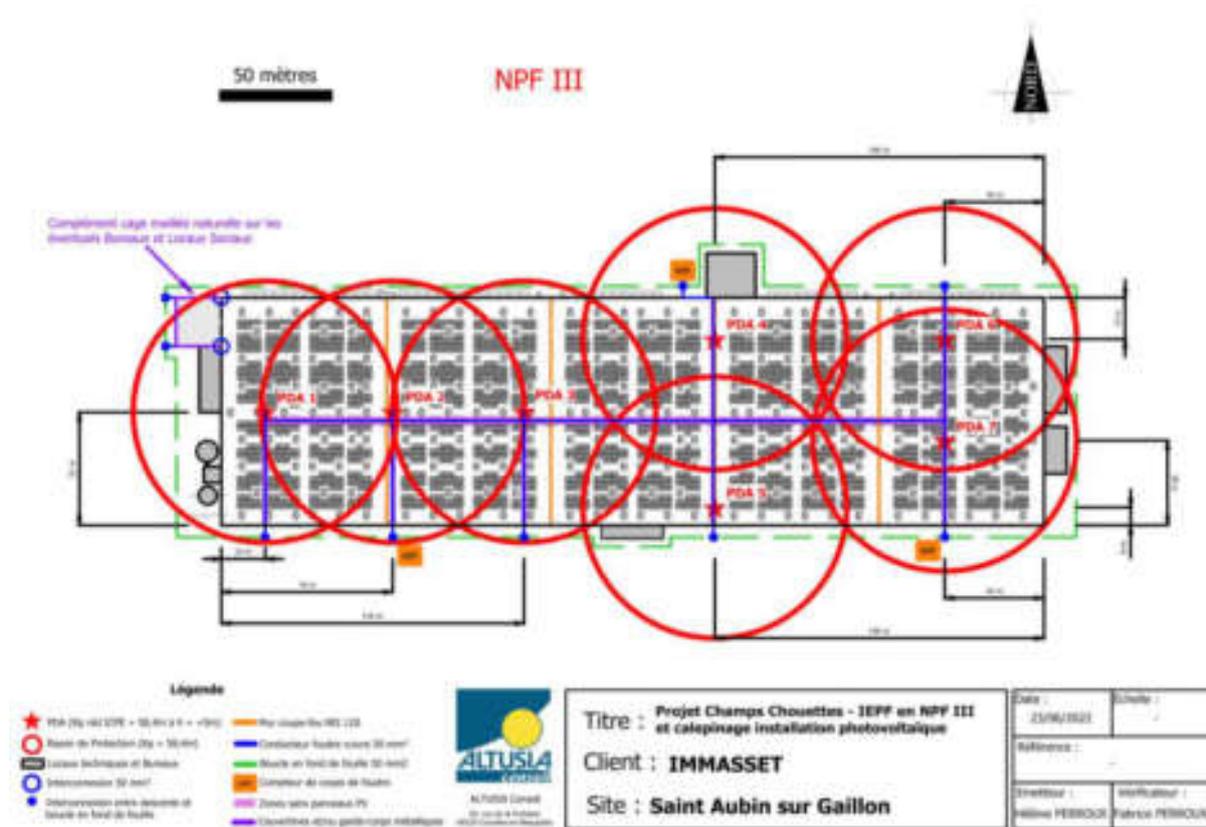
Panneaux photovoltaïques

Concernant les panneaux photovoltaïques, l'équipotentialité de l'ensemble des châssis métalliques entre eux et avec la terre électrique sera assurée soit structurellement, soit par une **liaison équipotentielle de section 6mm² (sous condition de respect de la distance de séparation)**.

Il conviendra de **proscrire l'installation de tout panneau photovoltaïque** :

- Dans une bande de 1,8m de part et d'autre du conducteur central (donc largeur de 3,6m en tout),
- Dans une bande de 1,3m de part et d'autre des conducteurs transverses/vers acrotère (donc largeur 2,6m en tout),
- Dans un rayon de 1,3m autour de chaque PDA.

Le plan suivant montre le calepinage à respecter entre IEPF et installation photovoltaïque (les bandes roses représentant les zones où les panneaux PV sont à proscrire) :



Cheminée de chaufferie

Enfin, la cheminée de la chaufferie constituera un élément naturel de capture (hauteur non déterminée à ce stade du projet).

Elle sera reliée au niveau de la toiture par un conducteur foudre de section 50mm² jusqu'à la descente la plus proche.

3.3. Prises de terre et équipotentialité:

La prise de terre électrique sera constituée d'une **boucle en fond de fouille 50mm²**. Elle constituera donc une prise **de terre de type B**, ce qui est la manière la plus efficace d'écouler un éventuel courant de foudre (en minimisant les effets de gradients de potentiel dans le sol) et permet d'éviter de créer des prises de terre foudre spécifiques (par ex. en patte d'oie).

Cette boucle en fond de fouille sera complétée par une **électrode verticale de longueur 2m** au droit de chacune des 7 descentes des PDA.

Ces électrodes de terre seront placées à :

- Mini. 0,5m de profondeur,
- Mini. 1m du bâtiment,
- Mini. 2m de toute canalisation métallique ou réseau électrique enterré.

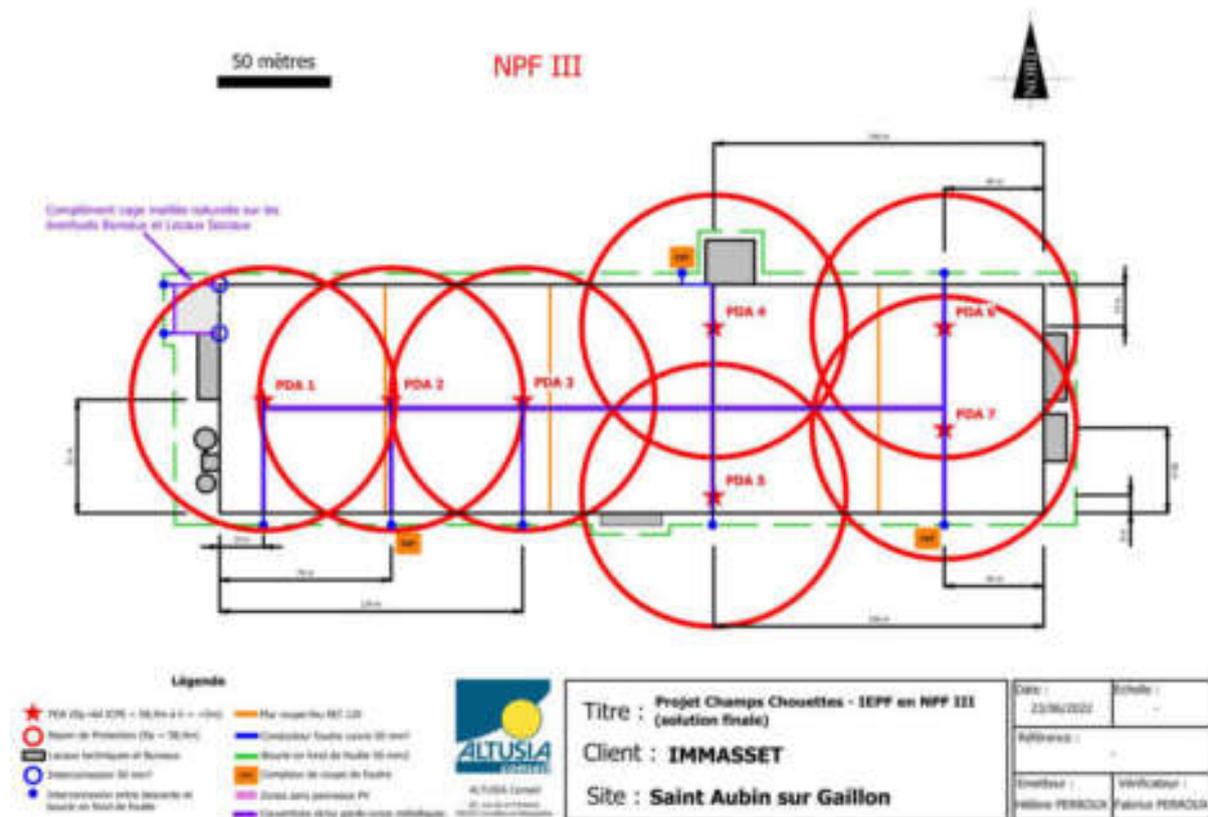
L'ensemble de la prise de terre devra avoir une **résistance inférieure à 10 Ohms**, ce qui devrait être largement assuré par la boucle en fond de fouille.

L'équipotentialité de l'ensemble sera assurée par des liaisons 50mm² :

- Entre les conducteurs de foudre et tout élément métallique à proximité si la distance de séparation n'est pas respectée (cf. calculs ci-dessus),
- Entre la barre d'équipotentialité du TGBT et la boucle en fond de fouille,
- Entre la terre électrique du local source sprinkler, sa cuve et la boucle en fond de fouille.

Par ailleurs, les **canalisations métalliques** entrantes (gaz naturel et sprinkler) seront reliées à la terre électrique la plus proche par une **liaison équipotentielle de section 16mm²** (après avoir retiré localement la peinture des canalisations).

En conséquence, l'IEPF retenue est représentée par le plan ci-dessous :



4. Installation intérieure de protection contre la foudre :

4.1. Equipotentialité des services entrants :

L'ARF a dénombré 4 lignes entrantes au total :

- **L1** : alimentation HT/BT depuis l'entrée du site,
- **L2** : alimentation BT des candélabres,
- **L3** : alimentation BT des cellules 4 et 5,
- **L4** : alimentation BT des cellules 1 et 2.

Les lignes L1 et L2 nécessitent une protection par parafoudre d'équipotentialité (type 1), renforcé au NPF II.

Les **parafoudres Type 1** des lignes L1 et L2 devront supporter un courant impulsionnel calculé de :

Courant impulsionnel attendu (L1)		
	Données	Justification
limp = Imax/2 / Ch x N	Imax =	150 Niveau II (EN 62305-3) pour les lignes L1 et L2
Calculé:	Ch =	4 Chemins (hors canalisation de gaz)
4,7	N =	4 Conducteurs d'énergie chemin électrique
kA		
Retenu (mini imposé 12,5 kA):		
12,5		
kA		
Courant impulsionnel attendu (L2)		
	Données	Justification
limp = Imax/2 / Ch x N	Imax =	150 Niveau II (EN 62305-3) pour les lignes L1 et L2
Calculé:	Ch =	4 Chemins (hors canalisation de gaz)
9,4	N =	2 Conducteurs d'énergie chemin électrique
kA		
Retenu (mini imposé 12,5 kA):		
12,5		
kA		

Les caractéristiques principales de ces parafoudres seront donc (régime de neutre à confirmer) :

Iimp =	12,5 kA mini.
Up =	2,5 kV maxi.
Uc =	253 V mini.
Ut =	334 V mini.

4.2. Parafoudres de séparation électrique des cellules (zones foudre) :

Les lignes L3 et L4 nécessitent une protection par parafoudre de séparation (type 2), en NPF III.

Chaque cellule sera équipée d'un coffret ou d'une armoire électrique divisionnaire, qu'il faudra équiper d'un parafoudre de type 2, avec un **Up de 2,5 kV maxi. pour In = 5 kA mini.**, installé en tête de l'armoire.

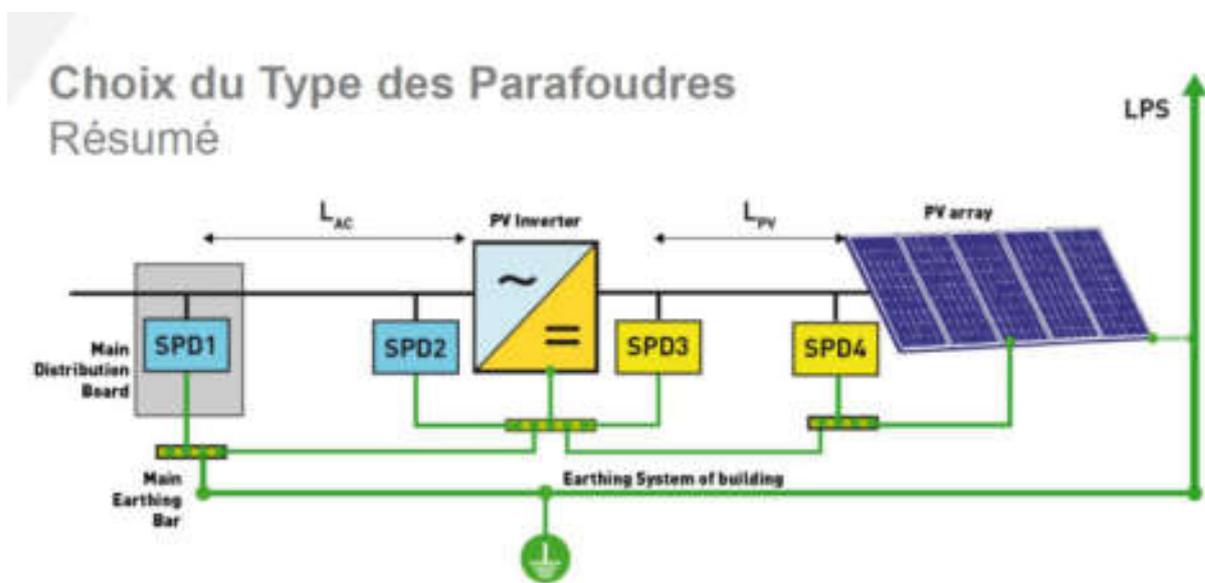
Il y aura donc 4 parafoudres de séparation (coffrets divisionnaires des cellules 1,2,4 et 5), la cellule 3 centrale étant le point d'entrée/de départ de toutes les lignes (local TGBT accolé).

4.3. Parafoudres de protection de l'installation photovoltaïque :

L'installation (projet) de panneaux photovoltaïques (PV) représente une installation de grande surface (minimum 30% de la toiture), avec des longueurs de lignes importantes.

Dans la mesure où la distance de séparation est respectée, l'installation photovoltaïque est considérée comme isolée du Système de Protection Foudre.

Il conviendra donc de protéger les éléments de l'installation photovoltaïque suivant les guides techniques UTE C15-712, CLC/TS 50539-12, notamment en prévoyant les parafoudres indiqués dans le cadre rouge du tableau ci-dessous :



	PV sur Bâtiment équipé de LPS				Champ PV	PV sur Bâtiment sans LPS	
LPS non-isolé	oui	oui	-	-	-	non	non
LPS isolé	-	-	oui	oui	-	non	non
Champ PV	-	-	-	-	oui	-	-
L _{AC}	> 10 m	< 10 m	> 10 m	< 10 m	> 10 m	> 10 m	< 10 m
L _{PV}	> 10 m	< 10 m	> 10 m	< 10 m	> 10 m	> 10 m	< 10 m
SPD1	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC type 2	AC Type 2	AC Type 2
SPD2	AC Type 1+2	sans	AC type 2	sans	AC type 2	AC Type 2	sans
SPD3	PV Type 1	PV Type 1	PV Type 2	PV Type 2	PV Type 1	PV Type 2	PV Type 1
SPD4	PV Type 1	sans	PV Type 2	sans	PV Type 1	PV Type 2	sans

4.4. Parafoudres de protection des Equipements Importants Pour la Sécurité :

Aucun EIPS n'est formellement identifié, mais il convient de protéger l'alimentation BT du :

- **Système de protection sprinkler** (local source et centrale d'alarmes) et du
- **Système de détection incendie.**

Les parafoudres associés auront pour caractéristique principale **Up de 1,2 kV maxi. pour In = 5 kA mini.** et seront placés dans le tableau électrique le plus proche (à moins de 10m des équipements à protéger).

En conséquence, la nomenclature des parafoudres est la suivante :

NOMENCLATURE DES PARAFOUDRES							
Projet: Protection Foudre Entrepôt ZAC des Champs Chouettes							
Date: 23-juin-22							
Emetteur: Hélène PERROUX							
							Régime de neutre: à confirmer
Repère	Qté	Protection assurée	Objectif	Niveau	Type	Obligatoire (O) Recommandé (R)	Tension
1	1	TGBT Entrepôt (alim. HT/BT)	Equipotentialité	II	1	O	400 V
2	1	TGBT Entrepôt (alim. candélabres)	Equipotentialité	II	1	O	230 V
3	4	Cellules 1,2,4,5 (zones foudre)	Séparation	III	2	O	400 V
4	n	Liaisons AC de l'installation photovoltaïque	Equipement vulnérable	III	2	O	à confirmer
5	n	Liaisons DC de l'installation photovoltaïque	Equipement vulnérable	III	2	O	à confirmer
6	1	Alimentation BT Sprinkler (local source et centrale d'alarme)	Equipements Importants pour la Sécurité	III	2	R	230 V ou 400 V
7	1	Alimentation BT Centrale Incendie	Equipements Importants pour la Sécurité	III	2	R	230 V

Les spécifications précises de choix de matériel et d'installation sont données en **Annexe A4** pour les parafoudres (dans la mesure des données disponibles à ce stade du projet).

Les parafoudres seront choisis en fonction du régime de neutre prévu, qui n'est pas défini à ce jour (sans doute TN ou TT).

5. Spécifications d'installation :

Se reporter à l'**Annexe A3** pour les spécifications d'IEPF et à l'**Annexe A4** pour les spécifications d'installation des parafoudres.

Le cahier des charges complet se compose donc :

- **De ce rapport d'étude technique,**
- **De la spécification IEPF,**
- **De la spécification des parafoudres avec sa nomenclature.**

Les matériels peuvent être choisis parmi la gamme de tous constructeurs répondant aux normes européennes. Tous les composants de l'IEPF ajoutés répondront aux normes NF EN 62561-1 à -7 concernées.

Cette installation est soumise à l'arrêté du 11 avril 2017 modifié, et devra donc être impérativement réalisée par un **installateur certifié QUALIFOUDRE**.

Il est important de souligner que l'implantation physique des parafoudres doit être soignée, en particulier la **règle dite « des 50 cm »** afin que ce dispositif de protection contre les effets indirects de la foudre soit efficace et que la coordination entre parafoudres type 1 et type 2 en cascade soit assurée (même marque impérative).

6. Mesures organisationnelles et de prévention :

La prévention des accidents par contact ou par tension de pas sera assurée par 3 moyens complémentaires :

- **Interdire l'accès en toiture en cas d'orage (tonnerre vu, entendu et/ou attendu)**, interdiction qui sera à formaliser par des panneaux posés en pied de chaque accès en toiture,
- **Les descentes verticales (sur les façades) seront dans la mesure du possible à plus de 3m des portes/zones de passages piétons,**
- **Signaliser le risque sur 3m autour des descentes vers les prises de terre en cas d'orage (tonnerre vu, entendu et/ou attendu).**

Exemple :



7. Surveillance et vérifications :

La vérification régulière des installations de protection contre la foudre est une pratique indispensable pour maintenir le système opérationnel.

Rappelons à cette occasion, les **obligations réglementaires** qui sont applicables :

- ❖ Vérification initiale complète dans les 6 mois suivant l'installation (également recommandée comme moyen de réception contradictoire de l'installation),
- ❖ Vérification visuelle annuelle et dans le mois suivant un coup de foudre enregistré ensuite,
- ❖ Vérification complète tous les 2 ans ensuite.

Ces vérifications seront réalisées par un organisme certifié QUALIFOUDRE, suivant la Notice de Vérification et de Maintenance (cf. [Annexe A5](#)).

Le Carnet de Bord Foudre (cf. [Annexe A6](#)) tracera la vie du SPF :

- Références des Etudes Foudre,
- Références des Dossiers d'Ouvrage Exécutés et rapports d'intervention,
- Résultats des vérifications périodiques,
- Suivi des impacts constatés et/ou relevés (partie à remplir par l'exploitant).

8. Conclusion :

L'Etude Technique Foudre conduit à prévoir :

- L'installation de 7 Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage en NPF III sur le bâtiment principal, avec complément de protection par cage maillée naturelle pour les Bureaux et Locaux Sociaux à l'angle Nord-Ouest de l'entrepôt,
- La création d'une boucle en fond de fouille de section 50mm² complétée par 7 électrodes additionnelles au droit des 7 descentes de PDA,
- De nombreuses liaisons équipotentielles (tuyauteries métalliques entrantes, équipements métalliques proches des descentes foudre, panneaux photovoltaïques, ...),
- La mise en place de parafoudres :
 - ➔ La protection de 2 lignes électriques par parafoudre d'équipotentialité/type 1 (obligatoire),
 - ➔ La séparation électrique des cellules 1,2,4 et 5 par 4 parafoudres de type2 (obligatoire),
 - ➔ La protection de 2 équipements de sécurité par parafoudres de type 2 (recommandé),
 - ➔ Pour les panneaux photovoltaïques, la protection des liaisons AC/DC par parafoudre sera nécessaire suivant les guides UTE C15-712, CLC/TS 50539-12.
Une étude spécifique est recommandée le moment venu, afin d'analyser précisément les interactions entre installation photovoltaïque et Système de Protection Foudre, en fonction notamment :
 - Du plan de calepinage,
 - Du type de raccordement au réseau BT,
 - De la disposition des équipements électriques côté DC.

Par ailleurs, il convient de prendre en compte les mesures organisationnelles et de prévention prévues au chap. 6.

Cette installation étant soumise à l'arrêté du 11 avril 2017 modifié, elle devra impérativement être réalisée par un **installateur certifié QUALIFOUDRE** puis vérifiée initialement et périodiquement.

LISTE DES ANNEXES

- A1 – Statistique de foudroiement St Aubin sur Gaillon 2012-2021
- A2 – Notes de calcul suivant logiciel JUPITER v2.1.0 (P028 et P029)
- A3 – Spécification IEPF (23/06/2022)
- A4 – Spécification des parafoudres (23/06/2022)
- A5 – Notice de Vérification et de Maintenance prévisionnelle (23/06/2022)
- A6 – Carnet de Bord du Système de Protection Foudre (23/06/2022)

NORMES ET DOCUMENTS DE REFERENCE PRIS EN COMPTE

- NF EN 62305-1 Principes généraux de protection contre la foudre (Juin 2006)
- NF EN 62305-2 Evaluation du risque foudre (Novembre 2006)
- NF EN 62305-3 Dommages physiques sur les structures et risque humain (Décembre 2006)
- NF EN 62305-4 Réseaux de puissance et de communication dans les structures (Décembre 2006)
- NF C17-102 Paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) (Septembre 2011)
- IEC 61643-12 Parafoudres connectés aux réseaux de distribution BT (Novembre 2008)
- NF EN 62561-6 Exigences pour les compteurs de coups de foudre (Mars 2018)
- NF EN 61643-31 Exigences pour les parafoudres pour installations photovoltaïques
- Arrêté Ministériel du 11 Avril 2017 modifié
- Arrêté Ministériel du 04 Octobre 2010 modifié (section III Foudre / Section V installation Photovoltaïque)
- Recommandations GESIP de protection installations industrielles d'Octobre 2009
- Lightning protection guide (DEHN Editions)
- Compatibilité Electro-Magnétique (Alain CHAROY – Dunod éditions)

Résumé

**Ville :**

SAINT-AUBIN-SUR-GAILLON (27517)

Superficie :19,22 km²**Période d'analyse :**

1 janvier 2012 - 31 décembre 2021

Statistiques du foudroiement

➔ **N_{SG} : 0,57 impacts/km²/an**Indice de confiance statistique : **Excellent**

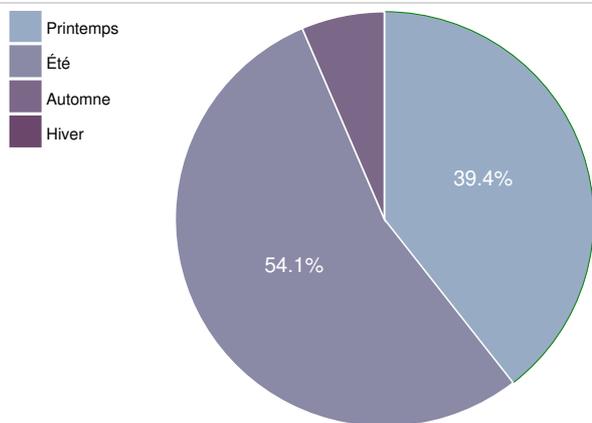
L'intervalle de confiance à 95% est : [0,47 - 0,69].

➔ **Nombre de jours d'orage : 6 jours par an**N_{SG} : valeur normative de référence (NF EN 62858 – NF C 17-858)

Records

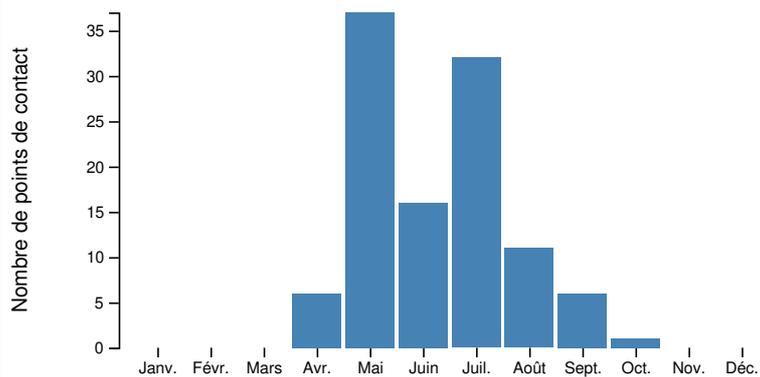
Année record : 2016 (1,41 impacts/km²/an)**Mois record :** Mai 2016**Jour record :** 13 mai 2016

Répartition saisonnière



Répartition saisonnière sur toute la période du Nombre de points de contact.

Répartition par mois



Répartition par mois sur toute la période du Nombre de points de contact.

Les résultats ci-dessus sont fournis par Météorage à partir des données du réseau de détection des impacts de foudre pour la période 2012-2021. La meilleure représentation actuelle de l'activité orageuse est la densité de points de contact qui est le nombre de points de contact par km² et par an. En France, la valeur moyenne de la densité de foudroiement (N_{SG}) est de l'ordre de 1,1 impacts/km²/an. [Cliquez ici pour en savoir plus sur l'évolution des statistiques de foudroiement.](#)

COPYRIGHT METEORAGE

RAPPORT TECHNIQUE



Protection contre la foudre

Évaluation des risques Sélection des mesures de protection

Projet Champs Chouettes – Entrepôt Complet

Information sur le projeteur :

Nom : Hélène PERROUX
Adresse : 65, rue de la Fontaine
Ville : CORCELLES EN BEAUJOLAIS
Code postal : 69220
Pays : FRANCE
Raison sociale : ALTUSIA CONSEIL
Numéro Qualifoudre : 0923104783050
Numéro de TVA : FR82450338108
Numéro de SIRET : 45033810800035

Client :

Client : IMMASET
Description de la structure : Projet Champs Chouettes – Entrepôt Complet
Adresse : Rue des Houssières
Ville : 27600 St AUBIN sur GAILLON
Région : Normandie

INDEX

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

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

1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

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

2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

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

3. STRUCTURE A PROTEGER

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

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions.

Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

4. DONNEES D'ENTREES

4.1 Densité de foudroiemnt

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

$$N_g = 0,6 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

4.2 Données de la structure

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

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine
- perte de valeurs économiques

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

- risque R1;

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

4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: L1 - alim HT site
- Ligne de puissance: L2 - Alim Candélabres

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

4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

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

sont définies les zones suivantes :

Z1: Entrepôt complet

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

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

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

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

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

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

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

6. EVALUATION DES RISQUES

6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

6.1.1 Calcul de R1

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

Z1: Entrepôt complet

RB: 2,68E-04

RU(L1- Distribution BT): 6,56E-10

RV(L1- Distribution BT): 1,31E-06

RU(L2 - Départ Candélabres): 5,73E-08

RV(L2 - Départ Candélabres): 1,15E-04

Total: 3,84E-04

Valeur du risque total R1 pour la structure : 3,84E-04

6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total $R1 = 3,84E-04$ est plus grand que le risque tolérable $RT = 1E-05$, et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire. composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - Entrepôt complet

RD = 69,812 %

RI = 30,188 %

Total = 100 %

RS = 0,0151 %
RF = 99,9849 %
RO = 0 %
Total = 100 %

où:

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

et :

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

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

Z1 - Entrepôt complet (100 %)

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

les composantes du risque :

RB = 69,8120 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la structure

RV (L2 - Départ Candélabres) = 29,8315 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

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

- RB dans les zones:
 - Z1 - Entrepôt complet
- RV dans les zones:
 - Z1 - Entrepôt complet

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

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

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

- installer un Paratonnerre de niveau I ($P_b = 0,02$)
- Pour la ligne Ligne1 - L1 - alim HT site:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: I
- Pour la ligne Ligne2 - L2 - Alim Candélabres:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: I

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

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

Zone Z1: Entrepôt complet

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 0,02$

P_c (L1- Distribution BT) = $1,00E+00$

P_c (L2 - Départ Candélabres) = $1,00E+00$

$P_c = 1,00E+00$

P_m (L1- Distribution BT) = $1,00E+00$

P_m (L2 - Départ Candélabres) = $1,00E-04$

$P_m = 1,00E+00$

P_u (L1- Distribution BT) = $1,00E-02$

P_v (L1- Distribution BT) = $1,00E-02$

Pw (L1- Distribution BT) = 9,50E-01
Pz (L1- Distribution BT) = 6,00E-02
Pu (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E-02
Pv (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E-02
Pw (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00
Pz (L2 - Départ Candélabres) = 4,00E-01
ra = 0,01
rp = 0,2
rf = 0,1
h = 2

Risque R1: pertes en vies humaines

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

Z1: Entrepôt complet
RB: 5,36E-06
RU(L1- Distribution BT): 6,90E-12
RV(L1- Distribution BT): 1,38E-08
RU(L2 - Départ Candélabres): 5,73E-10
RV(L2 - Départ Candélabres): 1,15E-06
Total: 6,52E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 6,52E-06

8. CONCLUSIONS

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

Risque inférieur au risque tolérable:R1

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

Date20/06/2022

Cachet et signature

9. APPENDICES

APPENDICE - Type de structure

Dimensions: se référer à l'annexe d'emplacement: Isolé ($C_d = 1$)

Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ($1/\text{km}^2 \text{ an}$) $N_g = 0,57$

APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: L1 - alim HT site

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée avec transformateur HT / BT

Longueur (m) $L_c = 400$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

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

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

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

Caractéristiques des lignes: L2 - Alim Candélabres

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

Longueur (m) $L_c = 1000$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

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

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

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 1 B (m): 1 H (m): 45

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

APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Entrepôt complet

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ($r_u = 0,01$)

Risque d'incendie: élevé ($r_f = 0,1$)

Danger particulier: Niveau de panique faible ($h = 2$)

Protections contre le feu: actionnés automatiquement ($r_p = 0,2$)

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneL1- Distribution BT

Connecté à la ligne L1 - alim HT site

câblage: superficie de boucle de l'ordre de 50 m² (Ks3 = 1)

Tension de tenue: 2,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Réseaux interneL2 - Départ Candélabres

Connecté à la ligne L2 - Alim Candélabres

câblage: superficie de boucle de l'ordre de 0,5 m² (Ks3 = 0,02)

Tension de tenue: 2,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Valeur moyenne des pertes pour la zone:Entrepôt complet

Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) Lt =0,0003

Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) Lf =0,15

Perte dues à des dommages physiques (liées à R4) Lf =0,5

Pertes dues à la défaillance des réseaux internes (liées à la R4) = Lo0,01

Risque et composantes du risque pour la zone:Entrepôt complet

Risque 1: Rb Ru Rv

Risque 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

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

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure Ad =7,84E-02 km²

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure Am =4,80E-01 km²

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure Nd =4,47E-02

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure Nm =2,29E-01

Lignes électriques

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

L1 - alim HT site

Al = 0,008072 km²

Ai = 0,223607 km²

L2 - Alim Candélabres

Al = 0,018470 km²

Ai = 0,559017 km²

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

L1 - alim HT site

Nl = 0,000230

Ni = 0,002549

L2 - Alim Candélabres

Nl = 0,002632

Ni = 0,031864

APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée

Zone Z1: Entrepôt complet

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (L1- Distribution BT) = 1,00E+00

Pc (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (L1- Distribution BT) = 1,00E+00

Pm (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E-04

Pm = 1,00E+00

Pu (L1- Distribution BT) = 9,50E-01

Pv (L1- Distribution BT) = 9,50E-01

Pw (L1- Distribution BT) = 9,50E-01

Pz (L1- Distribution BT) = 6,00E-02

Pu (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00

Pv (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00

Pw (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00

Pz (L2 - Départ Candélabres) = 4,00E-01

RAPPORT TECHNIQUE



Protection contre la foudre

Évaluation des risques Sélection des mesures de protection

Projet Champs Chouettes – Cellule centrale 03

Information sur le projeteur :

Nom : Hélène PERROUX
Adresse : 65, rue de la Fontaine
Ville : CORCELLES EN BEAUJOLAIS
Code postal : 69220
Pays : FRANCE
Raison sociale : ALTUSIA CONSEIL
Numéro Qualifoudre : 0923104783050
Numéro de TVA : FR82450338108
Numéro de SIRET : 45033810800035

Client :

Client : IMMASSET
Description de la structure : Projet Champs Chouettes – Cellule centrale 03
Adresse : Rue des Houssières
Ville : 27600 St AUBIN sur GAILLON
Région : Normandie

INDEX

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

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

1. CONTENU DU DOCUMENT

Ce document contient :

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

2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

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

3. STRUCTURE A PROTEGER

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

La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions.

Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

4. DONNEES D'ENTREES

4.1 Densité de foudroiemnt

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

$$N_g = 0,6 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

4.2 Données de la structure

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

Le type de structure usuel est : Industrielle

La structure pourrait être soumise à :

- perte de vie humaine
- perte de valeurs économiques

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

- risque R1;

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

4.3 Données des lignes électriques

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:

- Ligne de puissance: L1 - Alimentation HT
- Ligne de puissance: L2 - Alimentation candélabres
- Ligne de puissance: L3 - Alim BT cellules 1 et 2
- Ligne de puissance: L4 - Alim BT cellules 4 et 5

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

4.4 Définition et caractéristiques des zones

Se référant à:

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

sont définies les zones suivantes :

Z1: Cellule centrale 03

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

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

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

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

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

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

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

6. EVALUATION DES RISQUES

6.1 Risque R1: pertes en vies humaines

6.1.1 Calcul de R1

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

Z1: Cellule centrale 03

RB: 4,43E-05

RU(L1 - Distribution BT): 6,56E-10

RV(L1 - Distribution BT): 1,31E-06

RU(L2 - Départ Candélabres): 5,73E-08

RV(L2 - Départ Candélabres): 1,15E-04

RU(L3 - Départ vers cellules 1 et 2): 2,33E-08

RV(L3 - Départ vers cellules 1 et 2): 4,66E-05

RU(L4 - Départ vers cellules 4 et 5): 2,33E-08

RV(L4 - Départ vers cellules 4 et 5): 4,66E-05

Total: 2,53E-04

Valeur du risque total R1 pour la structure : 2,53E-04

6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total $R1 = 2,53E-04$ est plus grand que le risque tolérable $RT = 1E-05$, et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de le réduire. Les composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - Cellule centrale 03

RD = 17,4761 %

RI = 82,5239 %

Total = 100 %

RS = 0,0412 %

RF = 99,9588 %

RO = 0 %

Total = 100 %

où:

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

et :

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

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

Z1 - Cellule centrale 03 (100 %)

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

les composantes du risque :

RV (L2 - Départ Candélabres) = 45,2101 %

dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

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

- RB dans les zones:
 - Z1 - Cellule centrale 03
- RV dans les zones:
 - Z1 - Cellule centrale 03

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

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

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

- installer un Paratonnerre de niveau III ($P_b = 0,1$)
- Pour la ligne Ligne1 - L1 - Alimentation HT:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: II
- Pour la ligne Ligne2 - L2 - Alimentation candélabres:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: II
- Pour la ligne Ligne3 - L3 - Alim BT cellules 1 et 2:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: III
- Pour la ligne Ligne4 - L4 - Alim BT cellules 4 et 5:
 - Parafoudre d'entrée - niveau: III

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

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

Zone Z1: Cellule centrale 03

$P_a = 1,00E+00$

$P_b = 0,1$

P_c (L1 - Distribution BT) = $1,00E+00$

P_c (L2 - Départ Candélabres) = $1,00E+00$

P_c (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = $1,00E+00$

P_c (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 1,00E+00
 $P_c = 1,00E+00$
 P_m (L1 - Distribution BT) = 1,00E+00
 P_m (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E-04
 P_m (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 1,00E-04
 P_m (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 1,00E-04
 $P_m = 1,00E+00$
 P_u (L1 - Distribution BT) = 2,00E-02
 P_v (L1 - Distribution BT) = 2,00E-02
 P_w (L1 - Distribution BT) = 9,50E-01
 P_z (L1 - Distribution BT) = 6,00E-02
 P_u (L2 - Départ Candélabres) = 2,00E-02
 P_v (L2 - Départ Candélabres) = 2,00E-02
 P_w (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00
 P_z (L2 - Départ Candélabres) = 4,00E-01
 P_u (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 3,00E-02
 P_v (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 3,00E-02
 P_w (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 1,00E+00
 P_z (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 4,00E-01
 P_u (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 3,00E-02
 P_v (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 3,00E-02
 P_w (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 1,00E+00
 P_z (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 4,00E-01
 $r_a = 0,01$
 $r_p = 0,2$
 $r_f = 0,1$
 $h = 2$

Risque R1: pertes en vies humaines

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

Z1: Cellule centrale 03

RB: 4,43E-06

RU(L1 - Distribution BT): 1,38E-11

RV(L1 - Distribution BT): 2,76E-08

RU(L2 - Départ Candélabres): 1,15E-09

RV(L2 - Départ Candélabres): 2,29E-06

RU(L3 - Départ vers cellules 1 et 2): 6,99E-10

RV(L3 - Départ vers cellules 1 et 2): 1,40E-06

RU(L4 - Départ vers cellules 4 et 5): 6,99E-10

RV(L4 - Départ vers cellules 4 et 5): 1,40E-06

Total: 9,54E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 9,54E-06

8. CONCLUSIONS

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

Risque inférieur au risque tolérable:R1

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

Date 20/06/2022

Cachet et signature

9. APPENDICES

APPENDICE - Type de structure

Dimensions: se référer à l'annexe d'emplacement: Entouré d'objets plus petits ($C_d = 0,5$)

Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement ($1/\text{km}^2 \text{ an}$) $N_g = 0,57$

APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: L1 - Alimentation HT

L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée avec transformateur HT / BT

Longueur (m) $L_c = 400$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

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

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

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

Caractéristiques des lignes: L2 - Alimentation candélabres

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

Longueur (m) $L_c = 1000$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

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

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

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 1 B (m): 1 H (m): 45

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

Caractéristiques des lignes: L3 - Alim BT cellules 1 et 2

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

Longueur (m) $L_c = 200$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

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

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

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 73 B (m): 102 H (m): 13

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

Caractéristiques des lignes: L4 - Alim BT cellules 4 et 5

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

Longueur (m) $L_c = 200$

résistivité (ohm.m) $\rho = 500$

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

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

Dimensions de la structure adjacente: A (m): 73 B (m): 102 H (m): 13

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

APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Cellule centrale 03

Type de zone: Intérieur

Type de surface: Béton ($r_u = 0,01$)

Risque d'incendie: élevé ($r_f = 0,1$)

Danger particulier: Niveau de panique faible ($h = 2$)

Protections contre le feu: actionnés automatiquement ($r_p = 0,2$)

zone de protection: Aucun bouclier

Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneL1 - Distribution BT

Connecté à la ligne L1 - Alimentation HT

câblage: superficie de boucle de l'ordre de 50 m^2 ($K_{s3} = 1$)

Tension de tenue: 2,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ($P_{spd} = 1$)

Réseaux interneL2 - Départ Candélabres

Connecté à la ligne L2 - Alimentation candélabres

câblage: superficie de boucle de l'ordre de $0,5 \text{ m}^2$ ($K_{s3} = 0,02$)

Tension de tenue: 2,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun ($P_{spd} = 1$)

Réseaux interneL3 - Départ vers cellules 1 et 2

Connecté à la ligne L3 - Alim BT cellules 1 et 2

câblage: superficie de boucle de l'ordre de 0,5 m² (Ks3 = 0,02)

Tension de tenue: 2,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Réseaux interneL4 - Départ vers cellules 4 et 5

Connecté à la ligne L4 - Alim BT cellules 4 et 5

câblage: superficie de boucle de l'ordre de 0,5 m² (Ks3 = 0,02)

Tension de tenue: 2,5 kV

Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Valeur moyenne des pertes pour la zone:Cellule centrale 03

Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) Lt =0,0003

Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) Lf =0,15

Perte dues à des dommages physiques (liées à R4) Lf =0,5

Pertes dues à la défaillance des réseaux internes (liées à la R4) = Lo0,01

Risque et composantes du risque pour la zone:Cellule centrale 03

Risque 1: Rb Ru Rv

Risque 4: Rb Rc Rm Rv Rw Rz

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

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure Ad =2,59E-02 km²

Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure Am =2,91E-01 km²

Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure Nd =7,38E-03

Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure Nm =1,58E-01

Lignes électriques

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

L1 - Alimentation HT

Al = 0,008072 km²

Ai = 0,223607 km²

L2 - Alimentation candélabres

Al = 0,018470 km²

Ai = 0,559017 km²

L3 - Alim BT cellules 1 et 2

Al = 0,002728 km²

Ai = 0,111803 km²

L4 - Alim BT cellules 4 et 5

Al = 0,002728 km²

Ai = 0,111803 km²

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

L1 - Alimentation HT

NI = 0,000230

Ni = 0,002549

L2 - Alimentation candélabres

NI = 0,002632

Ni = 0,031864

L3 - Alim BT cellules 1 et 2

NI = 0,000389

Ni = 0,006373

L4 - Alim BT cellules 4 et 5

NI = 0,000389

Ni = 0,006373

APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée

Zone Z1: Cellule centrale 03

Pa = 1,00E+00

Pb = 1,0

Pc (L1 - Distribution BT) = 1,00E+00

Pc (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00

Pc (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 1,00E+00

Pc (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 1,00E+00

Pc = 1,00E+00

Pm (L1 - Distribution BT) = 1,00E+00

Pm (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E-04

Pm (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 1,00E-04
Pm (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 1,00E-04
Pm = 1,00E+00
Pu (L1 - Distribution BT) = 9,50E-01
Pv (L1 - Distribution BT) = 9,50E-01
Pw (L1 - Distribution BT) = 9,50E-01
Pz (L1 - Distribution BT) = 6,00E-02
Pu (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00
Pv (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00
Pw (L2 - Départ Candélabres) = 1,00E+00
Pz (L2 - Départ Candélabres) = 4,00E-01
Pu (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 1,00E+00
Pv (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 1,00E+00
Pw (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 1,00E+00
Pz (L3 - Départ vers cellules 1 et 2) = 4,00E-01
Pu (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 1,00E+00
Pv (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 1,00E+00
Pw (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 1,00E+00
Pz (L4 - Départ vers cellules 4 et 5) = 4,00E-01

SPECIFICATION DE L'INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION Foudre



Projet: Protection Foudre Entrepôt ZAC des Champs Chouettes
 Date: 23-juin-22
 Emetteur: Hélène PERROUX

Normes de référence: NF C 17-102 Paratonnerre à dispositif d'amorçage (09/2011)
 NF EN 62305-3 (12/2006)
 Tous composants conformes aux normes en vigueur EN 62561 -1 à -7

Entrepôt avec zones foudre - Protection par PDA (NPF III) et complément en cage maillée

Capture	Pointe	7 PDA d'avance à l'amorçage 60µs (rayon de protection réduit ICPE = 58,4m en niveau III). Testables à distance (choisir de préférence un modèle avec boîtier de test universel). voir plan IEPF.
	Dimension	Hauteur de la pointe: + 5,0 m par rapport à l'acrotère (de hauteur 13m40).
	Position	Suivant les cotes du plan IEPF, à +/- 1 m près.
	Mode de pose	Hampe et structure support posé sur toiture ou en applique des acrotères de murs coupe-feu (PDA 4 et 5), selon plan IEPF. Maintenir l'étanchéité et prendre en compte la tenue au vent suivant Eurocode 1 (zone de vent 2).
	<i>Capture additionnelle</i>	<i>Sur la partie des Bureaux et Locaux Sociaux (angle N-O de l'entrepôt) étant hors rayon de protection du PDA 1: Cage maillée naturelle formée par la couverture d'acrotère et/ou les garde-corps métalliques.</i>
Descentes	Position	Suivant les cotes du plan IEPF. Les descentes des 7 PDA sont mutualisées. Chacune des 7 descentes est raccordée à la prise de terre de type B (boucle en fond de fouille).
	Isolée?	non
	Constitution	Cuivre étamé 50 mm ² plat ou rond ; conducteur posé sur la couverture en partie horizontale (attaches ou plots lestés à bride vissée) et fixé par crampon ou attache en partie verticale. Dans tous les cas, 3 fixations par m.
	Cheminement sur toiture	Rectiligne autant que possible. A distance des lanterneaux supérieure à la distance de séparation, autant que possible.
	Cheminement vertical	Rectiligne fixé sur bardage métallique, à mini. 0,3m des fenêtres, portes et éclairages.
	Pt de raccordement	Au plus court avec la prise de terre, par l'intermédiaire d'une barre d'équipotentialité installée sur bardage métallique, permettant la déconnexion.

<i>Descentes de la cage maillée additionnelle</i>	<p><i>Descentes horizontales naturelles formées par la couverture et/ou les garde-corps métalliques, reliées à 2 descentes verticales en cuivre étamé 50mm², plat ou rond (liaisons à la boucle en fond de fouille), selon plan IEPF.</i></p> <p><i>1 fixation tous les 50cm.</i></p> <p><i>Descentes verticales raccordées à la boucle en fond de fouille, avec barres d'équipotentialité pour la déconnexion.</i></p>
Distance de séparation dans air	<p>0,3m à l'acrotère</p> <p>1,3m au pied des PDA 1,2 et 3</p> <p>0,96m au pied du PDA 4</p> <p>0,42m au pied du PDA 5</p> <p>0,66m au pied du PDA 6</p> <p>1,02m au pied du PDA 7</p> <p>1,76m au niveau du conducteur central (cas majorant)</p> <p>Interconnecter toutes les masses métalliques plus proches que ces distances (section 50mm²) et proscrire tout conducteur électrique non protégé par parafoudre dans cette zone.</p> <p>Proscrire l'installation de panneaux photovoltaïques et leur alimentation dans les zones définies en rose sur le plan IEPF (1,8m de part et d'autre du conducteur central, 1,3m de part et d'autres des conducteurs transversaux et 1,3m autour des PDA).</p>
Comptage	Dispositif de comptage des coups de foudre à hauteur d'homme (3 compteurs, sur les descentes des PDA 2, 4 et 7).
Protection au sol	Oui, sans gêner la visibilité du compteur.
Signalisation	OUI : signalisation de danger dans la zone des 3 m et n° des liaisons de terre, en marquage durable.
Liaisons equipotentielles	<p>- Liaison équipotentielle 50mm² des équipements métalliques plus proches que la distance de séparation.</p> <p><u>Bureaux et Locaux Sociaux angle N-O:</u></p> <p>- 2 interconnexions (LEP 50mm²) entre la cage maillée (couverture et/ou garde-corps métallique) et le bardage métallique de l'entrepôt.</p> <p>- s'assurer de l'équipotentialité au niveau des tronçons de rambarde de la cage maillée (ajouter des LEP 50mm² entre tronçons si l'équipotentialité n'est pas assurée structurellement).</p>

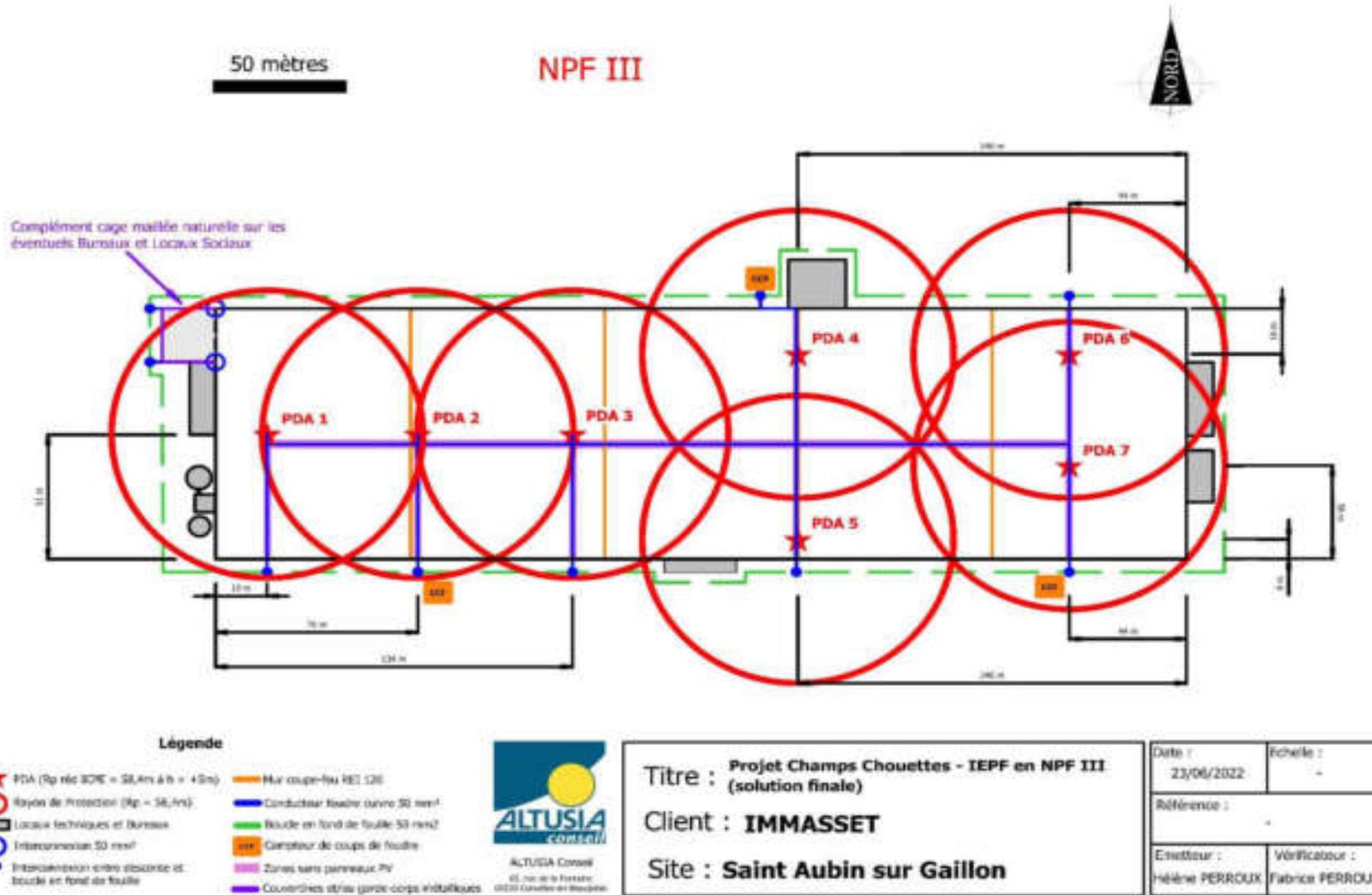
Prises de terre

Type	prise de terre de type B boucle en fond de fouille cuivre min. 50mm ² , permettant une résistance < 10 Ohms. La prise de terre en boucle doit être enterrée à au moins 2m de toute canalisation métallique ou électrique.
Résistivité du sol	résistivité typique de 500 Ohms.m
Nombre	1
Electrodes additionnelles	Pour les descentes des PDA: Chaque conducteur de descente doit être connecté à une électrode complémentaire verticale de 2m.
Emplacement	Suivant possibilités techniques, voir plan IEPF, en prenant attention à la présence éventuelle de réseaux enterrés.
Interconnexion	entre chaque conducteur de descente verticale et la boucle en fond de fouille d'une part, et l'électrode additionnelle d'autre part (pour les descentes des PDA), via une barre d'équipotentialité.
Barrette de déconnection	Oui, par barre d'équipotentialité fixée en surface, sur bardage métallique. En aval de la borne d'équipotentialité, le conducteur de descente foudre sera suffisamment dégagé afin de pouvoir faire une mesure de terre à la pince.

Liaisons equipotentielles

Liaisons équipotentielles cuivre avec la terre électrique la plus proche pour: - les tuyauteries métalliques entrantes: 16mm² , - les châssis des panneaux photovoltaïques: 6mm² . Liaisons équipotentielles 50mm² : - entre la cheminée de la chaufferie et la descente foudre la plus proche, - entre la barre d'équipotentialité du TGBT et la boucle en fond de fouille, - entre la terre électrique du local Sprinkler, sa cuve, et la boucle en fond de fouille.
--

PLAN IEPF :



NOMENCLATURE DES PARAFONDRES



Projet: Protection Foudre Entrepôt ZAC des Champs Chouettes
 Date: 23-juin-22
 Emetteur: Hélène PERROUX

Régime de neutre: à confirmer

Repère	Qté	Protection assurée	Objectif	Niveau	Type	Obligatoire (O) Recommandé (R)	Tension
1	1	TGBT Entrepôt (alim. HT/BT)	Equipotentialité	II	1	O	400 V
2	1	TGBT Entrepôt (alim. candélabres)	Equipotentialité	II	1	O	230 V
3	4	Cellules 1,2,4,5 (zones foudre)	Séparation	III	2	O	400 V
4	n	Liaisons AC de l'installation photovoltaïque	Equipement vulnérable	III	2	O	à confirmer
5	n	Liaisons DC de l'installation photovoltaïque	Equipement vulnérable	III	2	O	à confirmer
6	1	Alimentation BT Sprinkler (local source et centrale d'alarme)	Equipements Importants pour la Sécurité	III	2	R	230 V ou 400 V
7	1	Alimentation BT Centrale Incendie	Equipements Importants pour la Sécurité	III	2	R	230 V

SPECIFICATION DE PARAFOUDRES

Projet: Protection Foudre Entrepôt ZAC des Champs Chouettes
 Date: 23-juin-22
 Emetteur: Hélène PERROUX



Schéma de liaison à la terre: **(TN ou TT, à confirmer)**

Repère	1
Objectif de Protection	Equipotentialité (alim HT/BT)
Localisation	en tête du TGBT de l'entrepôt
Quantité	1
O ou R (1)	O
E ou C (2)	E
Type	1
Niveau	II
Nombre de pôles	4
Uc	253 V
Ut	334 ou 400 V
Icc	à préciser par l'installateur
Protection amont	à préciser par l'installateur
I imp mini (type 1)	12,5 kA
In mini (type 2)	
Up maxi	2,5 kV
Protection (un des 3)	par fusible 125A EUTELEC EFSI-12,5/22 ou suivant préconisation conforme du fabricant ou suivant Annexe P EN 61643-12
Coffret à créer?	non
Remarque	

Normes de référence: Installation suivant NFC 15-443 et EN 62305-4 EN 61643-1, 12, 21, 22 Parafoudres BT

Tensions en Volts, sauf Up en kV et Intensités en kA

(1): Obligatoire ou recommandé

(2): Energie ou Communication

(3): Suivant préconisation constructeur (F=fusible, Di=disjoncteur, De=déconnecteur intégré de préférence fusible)

Pour tous parafoudres, veiller à respecter la règle des 50 cm,

à réduire les surfaces de boucle,

séparer les câbles arrivée/départ ou énergie/communication.

Pour parafoudres type 2, veiller à coordination et distance < 10m du matériel à protéger.

DJ = disjoncteur; JDB = jeu de barres; BEP = barre d'équipotentialité

Pour maintenir une continuité de service, un déconnecteur associé au parafoudre est impératif

Les indications d'implantation sont des préconisations pour respecter les règles d'installation, même si d'autres choix motivés peuvent être proposés.

Repère	2
Objectif de Protection	Equipotentialité (alim. BT des candélabres)
Localisation	dans le TGBT, en aval du départ "alim. Candélabres"
Quantité	1
O ou R (1)	O
E ou C (2)	E
Type	1
Niveau	II
Nombre de pôles	2
Uc	253 V
Ut	334 ou 400 V
Icc	à préciser par l'installateur
Protection amont	à préciser par l'installateur
I imp mini (type 1)	12,5 kA
In mini (type 2)	
Up maxi	2,5 kV
Protection (un des 3)	par fusible 125A EUTELEC EFSI-12,5/22 ou suivant préconisation conforme du fabricant ou suivant Annexe P EN 61643-12
Coffret à créer?	non
Remarque	

Normes de référence: Installation suivant NFC 15-443 et EN 62305-4
EN 61643-1, 12, 21, 22 Parafoudres BT

Tensions en Volts, sauf Up en kV et Intensités en kA

(1): Obligatoire ou recommandé

(2): Energie ou Communication

(3): Suivant préconisation constructeur (F=fusible, Di=disjoncteur, De=déconnecteur intégré de préférence fusible)

DJ = disjoncteur; JDB = jeu de barres; BEP = barre d'équipotentialité

Pour tous parafoudres, veiller à respecter la règle des 50 cm,

à réduire les surfaces de boucle,

Pour parafoudres type 2, veiller à coordination et distance < 10m du matériel à protéger.

Pour maintenir une continuité de service, un déconnecteur associé au parafoudre est impératif

Les indications d'implantation sont des préconisations pour respecter les règles d'installation, même si d'autres choix motivés peuvent être proposés.

Repère	3
Objectif de Protection	Séparation (zones foudre)
Localisation	Dans les coffrets divisionnaires des cellules 1,2,4,5, en tête de l'alimentation
Quantité	4
O ou R (1)	O
E ou C (2)	E
Type	2
Niveau	III
Nombre de pôles	4
Uc	253 V
Ut	334 ou 400 V
Icc	à préciser par l'installateur
Protection amont	à préciser par l'installateur
I imp mini (type 1)	
In mini (type 2)	5 kA
Up maxi	2,5 kV
Protection (un des 3)	par fusible 25A gG ou suivant préconisation conforme du fabricant ou suivant Annexe P EN 61643-12
Coffret à créer?	non
Remarque	

Normes de référence: Installation suivant NFC 15-443 et EN 62305-4
EN 61643-1, 12, 21, 22 Parafoudres BT

Tensions en Volts, sauf Up en kV et Intensités en kA

(1): Obligatoire ou recommandé

(2): Energie ou Communication

(3): Suivant préconisation constructeur (F=fusible, Di=disjoncteur, De=déconnecteur intégré de préférence fusible)

DJ = disjoncteur; JDB = jeu de barres; BEP = barre d'équipotentialité

Pour tous parafoudres, veiller à respecter la règle des 50 cm,

à réduire les surfaces de boucle,

Pour parafoudres type 2, veiller à coordination et distance < 10m du matériel à protéger.

Pour maintenir une continuité de service, un déconnecteur associé au parafoudre est impératif

Les indications d'implantation sont des préconisations pour respecter les règles d'installation, même si d'autres choix motivés peuvent être proposés.

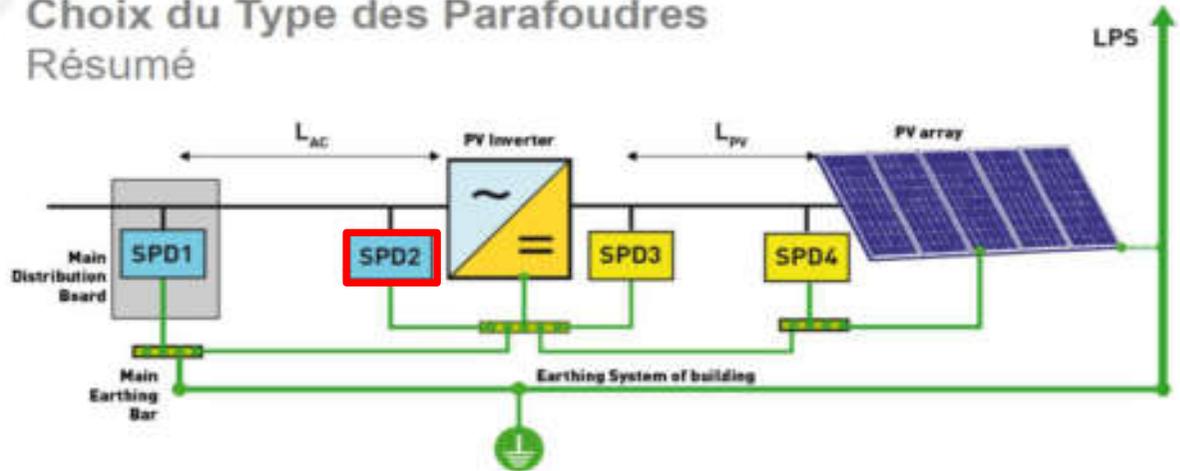
Repère 4

Objectif de Protection

Equipement vulnérable (installation photovoltaïque)

Localisation	Liaisons AC de l'installation photovoltaïque (départs BT vers l'installation)
Quantité	n
O ou R (1)	O
E ou C (2)	E
Type	2
Niveau	III
Nombre de pôles	n
Uc	à préciser
Ut	à préciser
Icc	à préciser par l'installateur
Protection amont	à préciser par l'installateur
I imp mini (type 1)	
In mini (type 2)	à préciser
Up maxi	1,5 kV
Protection (un des 3)	suitant préconisation conforme du fabricant ou suivant Annexe P EN 61643-12
Coffret à créer?	non
Remarque	

Choix du Type des Parafoudres Résumé



	PV sur Bâtiment équipé de LPS				Champ PV	PV sur Bâtiment sans LPS	
LPS non-isolé	oui	oui	-	-	-	non	non
LPS isolé	-	-	oui	oui	-	non	non
Champ PV	-	-	-	-	oui	-	-
L _{ac}	> 30 m	< 30 m	> 30 m	< 30 m	> 30 m	> 30 m	< 30 m
L _{pv}	> 30 m	< 30 m	> 30 m	< 30 m	> 30 m	> 30 m	< 30 m
SPD1	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC type 2	AC Type 2	AC Type 2
SPD2	AC Type 1+2	sans	AC type 2	sans	AC type 2	AC Type 2	sans
SPD3	PV Type 1	PV Type 1	PV Type 2	PV Type 2	PV Type 1	PV Type 2	PV Type 1
SPD4	PV Type 1	sans	PV Type 2	sans	PV Type 1	PV Type 2	sans

Normes de référence PV: Installation suivant UTE C15-712 et CLC/TS 50539-12
EN 61643-31 parafoudres BT PV

Normes de référence: Installation suivant NFC 15-443 et EN 62305-4
EN 61643-1, 12, 21, 22 Parafoudres BT

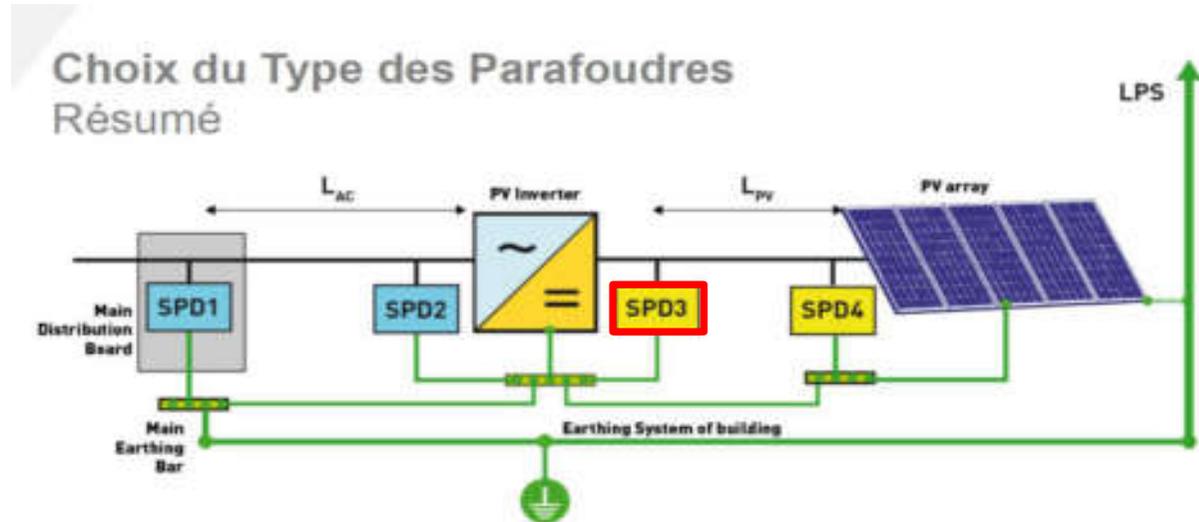
Tensions en Volts, sauf Up en kV et Intensités en kA

- (1): Obligatoire ou recommandé
 - (2): Energie ou Communication
 - (3): Suitant préconisation constructeur (F=fusible, Di=disjoncteur, De=déconnecteur intégré de préférence fusible)
- DJ = disjoncteur; JDB = jeu de barres; BEP = barre d'équipotentialité

- Pour tous parafoudres, veiller à respecter la règle des 50 cm, à réduire les surfaces de boucle,
- Pour parafoudres type 2, veiller à coordination et distance < 10m du matériel à protéger.
- Pour maintenir une continuité de service, un déconnecteur associé au parafoudre est impératif

Les indications d'implantation sont des préconisations pour respecter les règles d'installation, même si d'autres choix motivés peuvent être proposés.

Repère	5
Objectif de Protection	Equipement vulnérable (installation photovoltaïque)
Localisation	Liaisons DC de l'installation photovoltaïque
Quantité	n
O ou R (1)	O
E ou C (2)	E
Type	2
Niveau	III
Nombre de pôles	2
Uc	1000 V
Ut	à préciser
Icc	à préciser par l'installateur
Protection amont	à préciser par l'installateur
I imp mini (type 1)	
In mini (type 2)	5 kA
Up maxi	2,6 à 4,6 kV
Protection (un des 3)	suivant préconisation du fabricant
Coffret à créer?	non
Remarque	



	PV sur Bâtiment équipé de LPS				Champ PV	PV sur Bâtiment sans LPS	
LPS non-isolé	oui	oui	-	-	-	non	non
LPS isolé	-	-	oui	oui	-	non	non
Champ PV	-	-	-	-	oui	-	-
L _{AC}	> 30 m	< 30 m	> 30 m	< 30 m	> 30 m	> 30 m	< 30 m
L _{PV}	> 30 m	< 30 m	> 30 m	< 30 m	> 30 m	> 30 m	< 30 m
SPD1	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC Type 1+2	AC type 2	AC Type 2	AC Type 2
SPD2	AC Type 1+2	sans	AC type 2	sans	AC type 2	AC Type 2	sans
SPD3	PV Type 1	PV Type 1	PV Type 2	PV Type 2	PV Type 1	PV Type 2	PV Type 1
SPD4	PV Type 1	sans	PV Type 2	sans	PV Type 1	PV Type 2	sans

Normes de référence PV: Installation suivant UTE C15-712 et CLC/TS 50539-12
EN 61643-31 parafoudres BT PV

Normes de référence: Installation suivant NFC 15-443 et EN 62305-4
EN 61643-1, 12, 21, 22 Parafoudres BT

Tensions en Volts, sauf Up en kV et Intensités en kA

(1): Obligatoire ou recommandé

(2): Energie ou Communication

(3): Suivant préconisation constructeur (F=fusible, Di=disjoncteur, De=déconnecteur intégré de préférence fusible)

DJ = disjoncteur; JDB = jeu de barres; BEP = barre d'équipotentialité

Pour tous parafoudres, veiller à respecter la règle des 50 cm,

à réduire les surfaces de boucle,

Pour parafoudres type 2, veiller à coordination et distance < 10m du matériel à protéger.

Pour maintenir une continuité de service, un déconnecteur associé au parafoudre est impératif

Les indications d'implantation sont des préconisations pour respecter les règles d'installation, même si d'autres choix motivés peuvent être proposés.

Repère	6
Objectif de protection	Equipements Importants pour la Sécurité
Localisation	en tête de l'alimentation BT Sprinkler
Quantité	1
O ou R (1)	R
E ou C (2)	E
Type	2
Niveau	III
Nombre de pôles	4 (à confirmer)
Uc	253 V
Ut	334 ou 400 V
Icc	à préciser par l'installateur
Protection amont	à préciser par l'installateur
I imp mini (type 1)	
In mini (type 2)	5 kA
Up maxi	1,2 kV
Protection (un des 3)	suivant préconisation du fabricant
Coffret à créer?	non
Remarque	/

Normes de référence: Installation suivant NFC 15-443 et EN 62305-4
EN 61643-1, 12, 21, 22 Parafoudres BT

Tensions en Volts, sauf Up en kV et Intensités en kA

(1): Obligatoire ou recommandé

(2): Energie ou Communication

(3): Suivant préconisation constructeur (F=fusible, Di=disjoncteur, De=déconnecteur intégré de préférence fusible)

DJ = disjoncteur; JDB = jeu de barres; BEP = barre d'équipotentialité

Pour tous parafoudres, veiller à respecter la règle des 50 cm,

à réduire les surfaces de boucle,

Pour parafoudres type 2, veiller à coordination et distance < 10m du matériel à protéger.

Pour maintenir une continuité de service, un déconnecteur associé au parafoudre est impératif

Les indications d'implantation sont des préconisations pour respecter les règles d'installation, même si d'autres choix motivés peuvent être proposés.

Repère	7
Objectif de protection	Equipements Importants pour la Sécurité
Localisation	alimentation BT Centrale Incendie
Quantité	1
O ou R (1)	R
E ou C (2)	E
Type	2
Niveau	III
Nombre de pôles	2
Uc	253 V
Ut	334 ou 400 V
Icc	à préciser par l'installateur
Protection amont	à préciser par l'installateur
I imp mini (type 1)	
In mini (type 2)	5 kA
Up maxi	1,2 kV
Protection (un des 3)	suivant préconisation du fabricant
Coffret à créer?	non
Remarque	à moins de 10m de la centrale, de préférence dans un coffret, avec câblage en Vé

Normes de référence: Installation suivant NFC 15-443 et EN 62305-4
EN 61643-1, 12, 21, 22 Parafoudres BT

Tensions en Volts, sauf Up en kV et Intensités en kA

(1): Obligatoire ou recommandé

(2): Energie ou Communication

(3): Suivant préconisation constructeur (F=fusible, Di=disjoncteur, De=déconnecteur intégré de préférence fusible)

DJ = disjoncteur; JDB = jeu de barres; BEP = barre d'équipotentialité

Pour tous parafoudres, veiller à respecter la règle des 50 cm,

à réduire les surfaces de boucle,

Pour parafoudres type 2, veiller à coordination et distance < 10m du matériel à protéger.

Pour maintenir une continuité de service, un déconnecteur associé au parafoudre est impératif

Les indications d'implantation sont des préconisations pour respecter les règles d'installation, même si d'autres choix motivés peuvent être proposés.

La nomenclature des parafoudres est la suivante:

NOMENCLATURE DES PARAFOUDRES

Projet: Protection Foudre Entrepôt ZAC des Champs Chouettes
 Date: 23-juin-22
 Emetteur: Hélène FERROUX



Régime de neutre à confirmer

Repère	Qté	Protection assurée	Objectif	Niveau	Type	Obligatoire (O) Recommandé (R)	Tension
1	1	TGBT Entrepôt (alim. HT/BT)	Equipotentialité	II	1	O	400 V
2	1	TGBT Entrepôt (alim. candélabres)	Equipotentialité	II	1	O	230 V
3	4	Cellules 1,2,4,5 (zones foudre)	Séparation	III	2	O	400 V
4	n	Liaisons AC de l'installation photovoltaïque	Equipement vulnérable	III	2	O	à confirmer
5	n	Liaisons DC de l'installation photovoltaïque	Equipement vulnérable	III	2	O	à confirmer
6	1	Alimentation BT Sprinkler (local source et centrale d'alarme)	Equipements Importants pour la Sécurité	III	2	R	230 V ou 400 V
7	1	Alimentation BT Centrale Incendie	Equipements Importants pour la Sécurité	III	2	R	230 V

Les **dispositions organisationnelles et de protection des personnes** sont les suivantes:

- Interdire l'accès en toiture en cas d'orage (tonnerre vu, entendu et/ou attendu) - signalisation aux accès en toiture,
- Les descentes verticales (sur les façades) seront dans la mesure du possible à plus de 3m des portes/zones de passage piétons,
- Signaler le risque sur 3m autour des descentes vers les prises de terre en cas d'orage (tonnerre vu, entendu et/ou attendu).

NORMES EN VIGUEUR :

Applicable?

EN 62305-3 : 2006 Installation extérieure de protection foudre	X
EN 62305-4 : 2006 Installation des parafoudres	X
NFC 17-102 : 2011 Paratonnerres à dispositif d'amorçage	X
EN 62561-1 : 2017 Composants de connexion	X
EN 62561-2 : 2018 Conducteurs et électrodes de terre	X
EN 62561-3 : 2016 Eclateurs d'isolement	
EN 62561-4 : 2017 Fixation des conducteurs	X
EN 62561-5 : 2017 Regards de visite et étanchéité	X
EN 62561-6 : 2018 Compteurs de coups de foudre	X
EN 62651-7 : Enrichisseur de terre	
EN 62561-8 : à venir Systèmes isolés	
EN 61643-11 : 2014 Prescriptions parafoudres BT	X
EN 61643-12 : 2008 Choix et installation parafoudres BT	X
EN 61643-21 : 2001 Prescriptions parafoudres de signaux	X
EN 61643-22 : 2015 Choix et installation parafoudres de signaux	X
Guides pour installation photovoltaïque UTE C15-712 et CLC/TS 50539-12	X
EN 61643-31 parafoudres BT PV	X

OUTILLAGE NECESSAIRE A LA VERIFICATION ET UTILISE:

Désignation	Oui?
Petit outillage du vérificateur	X
Telluromètre	X (VI et VC)
Pince de mesure de terre	X
Vérificateur d'absence de tension	X (VI et VC)
Boitier de test de fonctionnement de PDA	X (VI et VC)
Milliohmètre	

CARACTERISTIQUES PARTICULIERES A VERIFIER:

Localisation:	Distance de séparation (en mètre)
à l'acrotère	0,3
au pied des PDA 1, 2 et 3	1,3
au pied du PDA 4	0,96
au pied du PDA 5	0,42
au pied du PDA 6	0,66
au pied du PDA 7	1,02
au niveau du conducteur central	1,76

Panneaux photovoltaïques:

Installation proscrite (cf. zones roses plan IEPF):

- à moins de 1,8m de part et d'autre du conducteur central,
- à moins de 1,3m de part et d'autre des conducteurs transversaux,
- dans un rayon de 1,3m autour des PDA.

MODES OPERATOIRES DE VERIFICATION :

OK = conforme
 NCR = non-conforme à la réglementation et/ou aux normes
 NCE = non-conforme à l'Etude Technique Foudre

OBS = observation d'action ne mettant pas en cause la conformité
 INF = simple information
 NA = non applicable

Statut
 OK / NCR / NCE
 OBS / INF / NA

	Application				
	VI	VS	VC	Vi	
PARATONNERRE A DISPOSITIF D'AMORCAGE					
•• Caractéristiques conformes à la norme et l'étude foudre (position, hauteur, +2m)	X	X	X		<input type="text"/>
•• Avance à l'amorçage conforme à l'étude	X		X		<input type="text"/>
•• PDA et composants conformes aux normes applicables	X		X		<input type="text"/>
•• Nombre de descentes conforme (au moins 2 à l'origine)	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Pointe et supports en bon état	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Fonctionnement du dispositif d'amorçage	X		X	X	<input type="text"/>
•• Section et nature des conducteurs de descente satisfaisants	X	X	X		<input type="text"/>
•• Cheminement, fixation et protections suivant les règles de l'art	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Connecteurs serrés et continuité assurée	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Respect de la distance de séparation ou mesures compensatoires	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Ecrans de câbles en bon état	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Absence de corrosion	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Etat du compteur de coups de foudre satisfaisant	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Présence et visibilité de la signalisation de danger	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Raccordement des prises de terre SPF et bâtiment	X		X		<input type="text"/>
•• Résistance des liaisons masquées inférieures à 0,1 Ohm	X		X		<input type="text"/>
•• Résistances de terre inférieures à 10 Ohm (séparateur ouvert) et stables	X		X		<input type="text"/>
ELEMENTS NATURELS DE L'IEPF (cage maillée bureaux Nord-Ouest)					
•• Présence et caractéristiques conformes aux normes et à l'étude foudre	X	X	X		<input type="text"/>
•• Liaison aux éléments non naturels ajoutés en bon état	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Absence de corrosion	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Respect de la distance de séparation ou mesures compensatoires	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Ecrans de câbles en bon état	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Etat du compteur de coups de foudre satisfaisant	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Présence et visibilité de la signalisation de danger	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Résistance des liaisons masquées inférieures à 0,2 Ohm	X		X		<input type="text"/>
•• Raccordement des prises de terre SPF et bâtiment	X		X		<input type="text"/>
•• Résistances de terre idéalement < 10 Ohm et stables dans le temps	X		X		<input type="text"/>
LIAISONS EQUIPOTENTIELLES AUTRES					
•• Présence, section et continuité satisfaisantes (extérieures)	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Présence, section et continuité satisfaisantes (intérieures)	X	X	X	X	<input type="text"/>
PARAFOUDRE DE TYPE 1					
•• Caractéristiques du parafoudre conformes à la spécification	X		X		<input type="text"/>
•• Conformité du parafoudre aux normes applicables	X		X		<input type="text"/>
•• Calibre déconnecteur externe adapté aux normes ou prescription du fabricant	X		X		<input type="text"/>
•• Respect de la règle des 50 cm et absence de boucle	X		X		<input type="text"/>
•• Section des conducteurs et raccordement satisfaisants	X		X		<input type="text"/>
•• Bon état armoire ou coffret et liaison effective de terre	X	X	X		<input type="text"/>
•• Déconnecteur actif	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Tous pôles protégés (indicateurs d'état du parafoudre)	X	X	X	X	<input type="text"/>
PARAFOUDRE DE TYPE 2					
•• Caractéristiques du parafoudre conformes à spécification	X		X		<input type="text"/>
•• Conformité du parafoudre aux normes applicables	X		X		<input type="text"/>
•• Calibre déconnecteur externe adapté aux normes ou prescription du fabricant	X		X		<input type="text"/>
•• Respect de la règle des 50 cm et absence de boucle	X		X		<input type="text"/>
•• Distance filaire entre équipement et son parafoudre inférieure à 10 m	X		X		<input type="text"/>
•• Section des conducteurs et raccordement	X		X		<input type="text"/>
•• Bon état armoire ou coffret et liaison effective de terre	X	X	X		<input type="text"/>
•• Déconnecteur actif	X	X	X	X	<input type="text"/>
•• Tous pôles protégés (indicateurs d'état du parafoudre)	X	X	X	X	<input type="text"/>
MESURES DE PROTECTION DES PERSONNES					
•• Mesures organisationnelles complémentaires	X		X		<input type="text"/>

	Carnet de bord Dispositif de Protection contre la Foudre	FO-FE-02 Ind. 10
	<small>ALTUSIA Conseil - 65, rue de la Fontaine 69220 CORCELLES en BEAUJOLAIS - Tél. 09 82 50 70 90</small>	



Entreprise: IMMASET **Site: ZAC des Champs Chouettes, Saint Aubin sur Gaillon**

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'Etablissement.
 Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Etablissement.
 Il ne doit pas sortir de l'Etablissement ni être détruit lorsqu'il est remplacé par un autre carnet de bord.

Raison sociale : IMMASET
 Désignation de l'établissement : Projet EPSILON
 Adresse de l'établissement : Zone d'Activité des Champs Chouettes
 Rue des Houssières, SAINT AUBIN SUR GAILLON (27600)
 Adresse du siège social : 6 et 6 bis rue Duqas Montbel 69002 LYON

Nature de l'activité : Logistique
 Classement ICPE de l'établissement : Enregistrement
 Rubrique soumise à enregistrement : 1510 – Stockage de matières, produits ou substances combustibles dans des entrepôts couverts
 Date autorisation préfectorale :
 Référence de l'autorisation :

Inspection du Travail:

DREAL:

Responsable interne de la surveillance des installations:

INTRODUCTION

La société a fait réaliser une **étude du risque de protection contre la foudre** suivant l'arrêté du 4 Octobre 2010, modifié le 23 Juin 2015.

Au-delà de l'installation du dispositif de protection, il est important de **vérifier et de maintenir** ce dispositif et si besoin de le faire **évaluer**.

Ce dossier est destiné à **suivre la vie** du dispositif dans son ensemble.
 Il se complète de la notice de vérification du dispositif de protection, qui inclut son descriptif.

Du fait de sa situation d'Installation Classée pour la Protection de l'Environnement soumise à autorisation préalable pour les rubriques citées dans l'arrêté du 4 Octobre 2010, la **périodicité et l'étendue** des contrôles sont les suivants:

Visite initiale	Complète, dans les 6 mois suivant l'installation
Visite après impact	Visuelle dans le mois suivant l'impact
Visite simple	Visuelle, tous les ans
Visite complète	Complète, tous les 2 ans

Ces contrôles doivent être réalisés par un **organisme qualifié**.
 Tous les rapports de vérification doivent être conservés avec ce carnet de bord.

Ce dossier a été créé par: Hélène PERROUX - ALTUSIA Conseil, en date du 23/06/2022

HISTORIQUE DE L'INSTALLATION

DEFINITION DES BESOINS DE PROTECTION

Date	Intitulé du rapport	Nom du rédacteur et qualification	Société
23/06/2022	Analyse du Risque Foudre	Hélène PERROUX (0923104783050)	ALTUSIA

ETUDE TECHNIQUE DES PROTECTIONS

Date	Intitulé du rapport	Nom du rédacteur et qualification	Société
23/06/2022	Etude Technique Foudre	Hélène PERROUX (0923104783050)	ALTUSIA

NOTICE DE VERIFICATION ET DE MAINTENANCE

Date	Intitulé du rapport	Nom du rédacteur et qualification	Société
23/06/2022	Notice prévisionnelle de vérification et de maintenance	Hélène PERROUX (0923104783050)	ALTUSIA

INSTALLATION DES PROTECTIONS

Date	Intitulé du rapport	Nom du rédacteur et qualification	Société

