



Tel : 09 82 50 70 90  
 Mobile : 06 07 25 73 20  
[marc.pawliez@altusia.fr](mailto:marc.pawliez@altusia.fr)



**Etude Foudre (ARF et ETF)**  
**Bâtiment n°2**  
**Projet Pan Euro Parc à BOLLENE**  
 Suivant les normes NF EN 62305 et NFC 17-102  
**Révision 1**

**SOMMAIRE :**

Objet et Commentaire de la Révision 1

**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 (ETF)**

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

**ANNEXES**

|              | Nom et prénom   | Date     | Visa |
|--------------|-----------------|----------|------|
| Emetteur     | PAWLIEZ Marc    | 04/09/18 |      |
| Vérificateur | PERROUX Fabrice | 07/09/18 |      |

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

**Objet et Commentaire de la Révision 1 :**

La révision 1 prend en compte 2 modifications par rapport à la version initiale établie le 12/09/17 :

- la subdivision de l'entrepôt en 8 cellules principales de 6 000 m<sup>2</sup> contre 4 de 12 000 m<sup>2</sup> précédemment,
- le léger agrandissement des locaux de charge maintenant groupés en 2 blocs contigus.

L'incidence est très faible sur l'analyse de risque foudre et n'apporte pas de modification quant au besoin de protection.

Sur le plan de l'étude technique, l'incidence est également limitée :

- modification du cheminement des descentes compte tenu des nouvelles séparations de cellules en toiture,
- léger déplacement de 4 prises de terre du fait des locaux de charge,
- accroissement de 4 à 8 du nombre de parafoudre de séparation.

Se reporter à la liste des annexes applicable en dernière page.

# ANALYSE DU RISQUE Foudre

## **1. Objet de l'étude :**

Cette étude concerne le projet de construction d'un nouvel entrepôt logistique désigné « Bât. 2 Tranche 2 » dans la ZAC PAN EURO PARC située à BOLLENE (84500). Elle s'inscrit dans le cadre du dossier de demande de permis de construire et du cahier des charges de construction.

Cette première partie concerne le risque foudre qui fait ici l'objet d'une analyse suivant les normes NF EN 62305-2 de Novembre 2006 et NFC 17-102 de Septembre 2011, en vue de prévoir le dispositif de protection contre la foudre, et cela, de manière optimale.

Cette analyse vise donc à caractériser **l'exposition au risque** des 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 AMFQSE, actée par Mathieu CAMBON le 30/08/18 sur la base de notre offre AS1883.

Le projet est de construire une plateforme logistique de 8 cellules, équipée de 2 blocs de bureaux. Elle est donc modulable pour tout produit de grande consommation, suivant les besoins éventuels de plusieurs occupants.

Le site sera une ICPE soumise à autorisation, notamment au titre des rubriques :

- N° 1510 « Stockage de plus de 500 Tonnes de matières combustibles »,
- N° 1530 « Dépôt de papier, carton ou combustible analogue »,
- N° 1532 « Stockage de bois »,
- N° 2662 « Stockage de polymères »,
- N° 2663 « Stockage de pneumatiques ou polymères ».

Cette analyse, qui servira de données d'entrée à l'Etude Technique répond donc à la demande de l'arrêté du 4 Octobre 2010, révisé le 23 Juin 2015.

Nous intervenons au titre de compétence qualifiée, suivant la certification QUALIFOUDRE n° 0923104783050. L'étude a été réalisée par Marc PAWLIEZ, qualification individuelle n°5001 de niveau 3.

L'étude d'ensemble a été réalisée sur documents puisqu'il s'agit d'un projet de construction « ex nihilo » et a donné lieu à échanges avec Mathieu CAMBON et Emilie DUCHÂTEAU (AMFQSE) qui établissent le dossier ICPE.

*NB : pour simplifier la lecture, voici plusieurs abréviations couramment employées, dans ce document et ses annexes :*

- ICPE :** Installation Classée pour la Protection de l'Environnement,  
**PDA :** Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage  
**EIPS :** Equipement Important pour la Sécurité  
**EF :** Etude Foudre (= ARF + ETF)  
**ARF :** Analyse du Risque Foudre

|               |   |
|---------------|---|
| <b>ETF :</b>  | <i>Etude Technique Foudre</i>                                 |
| <b>SPF :</b>  | <i>Système de Protection Foudre</i>                           |
| <b>NPF :</b>  | <i>Niveau de Protection Foudre (I, II, III ou IV)</i>         |
| <b>IEPF :</b> | <i>Installation Extérieure de Protection contre la Foudre</i> |
| <b>IIPF :</b> | <i>Installation Intérieure de Protection contre la Foudre</i> |
| <b>MALT :</b> | <i>Mise à la terre</i>  |
| <b>TGBT :</b> | <i>Tableau Général Basse Tension</i>                          |
| <b>JDB :</b>  | <i>Jeu de barre</i>   |
| <b>DJG :</b>  | <i>Disjoncteur Général</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 ( $\mu$ 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.

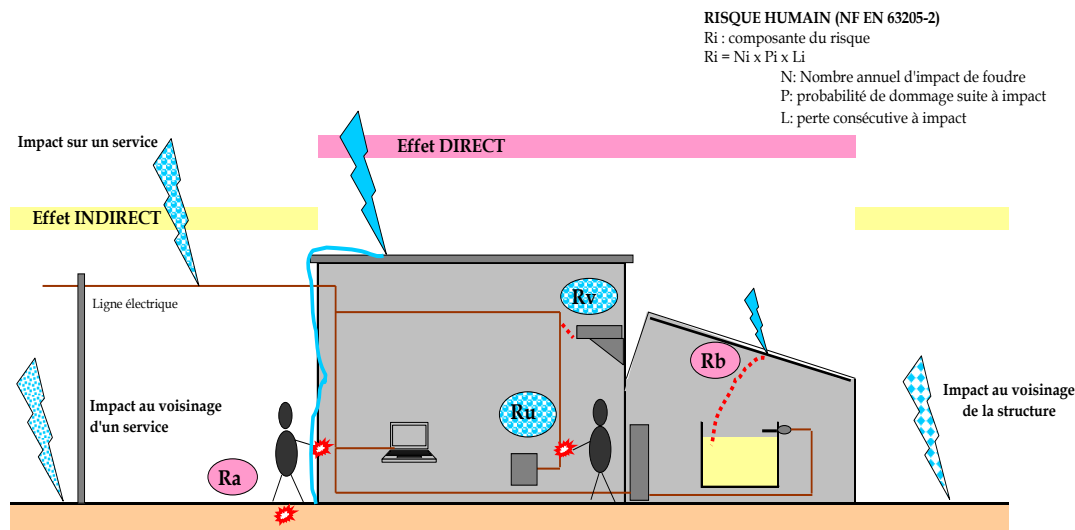
La démarche préconisée par la norme internationale EN 62305-2 adopte une vision statistique du phénomène : au-delà de l'impossibilité d'empêcher le phénomène, **il n'est pas possible, à coût raisonnable, de s'en protéger à 100%.**

Aussi, vise-t-on à limiter le risque à un niveau faible, au 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 (Ra),
  - Dommages physiques par étincelage dangereux (Rb),
- Par impact sur une ligne attenante au bâtiment :
  - Blessure liée aux tensions de pas ou de toucher (Ru),
  - Dommages physiques par étincelage dangereux (Rv),

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 :

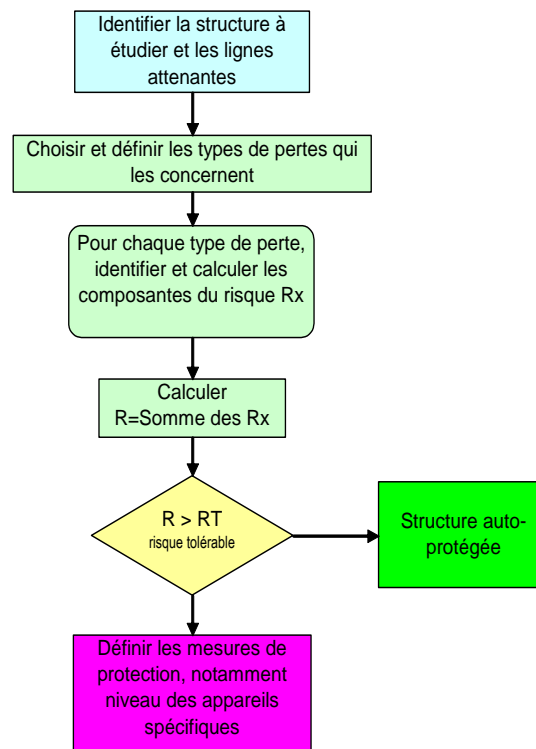
- Éviter un impact direct sur les structures ou leur voisinage,
- Empêcher la circulation des courants de décharge dans les équipements, les appareils et les liaisons entre appareils,
- Limiter les tensions induites dans les lignes électriques et tuyauteries,
- Limiter la montée en potentiel de la prise 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,
- Liaisons équipotentielles et mises 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 :**

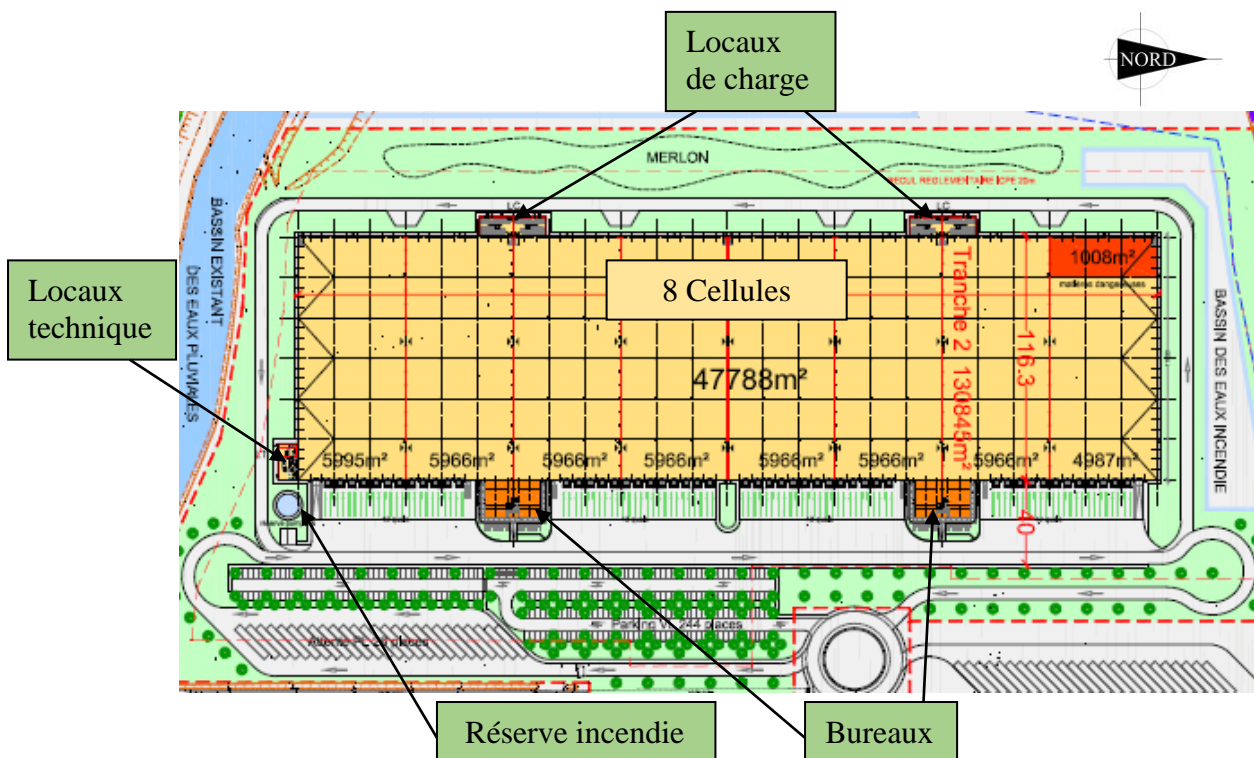
Le projet est prévu d'être implanté dans la plaine à l'Ouest du Rhône en bordure du CD8 et de la rivière Lauzon. L'entrepôt sera construit sur un terrain plat d'environ 15 ha, à côté d'un entrepôt déjà construit.

Une ligne HT aérienne chemine à environ 3 à 400 m, à l'Ouest du bâtiment projeté.



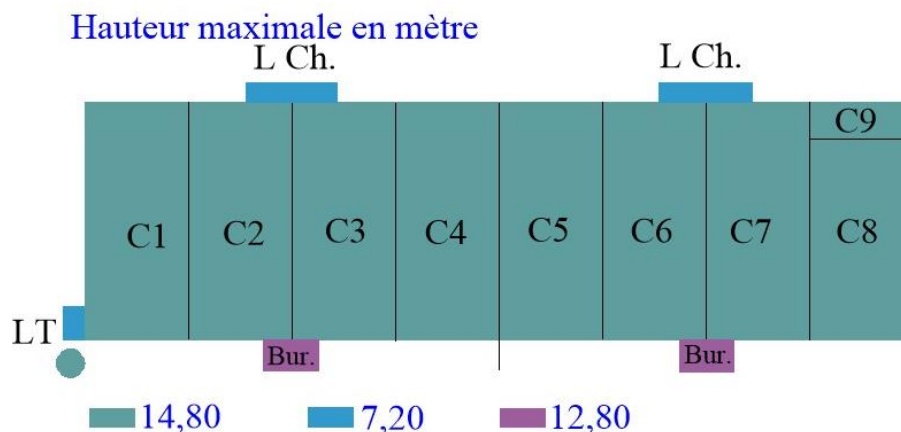
Cette plateforme logistique se veut modulable et pourra donc être employée pour toute activité logistique s'inscrivant dans l'arrêté de classement demandé.

Elle sera constituée par un bâtiment principal d'environ 48000 m<sup>2</sup> rassemblant 8 cellules de stockage et de préparation de 6000 m<sup>2</sup>, les bureaux en 2 blocs et les locaux techniques afférents. Une des cellules est subdivisée en 2, une partie étant réservée aux produits dangereux.



La seule autre construction du site est le local Sprinkler, en pied de la réserve Incendie.

Les dimensions totales de l'entrepôt sont de 409 m x 117 m, pour une hauteur à l'acrotère de 14,80 m alors que celle des locaux périphériques s'échelonne, au maximum, entre 7,20 m (locaux techniques et de charge) et 12,60 m (bureaux) :



Les cellules présentent des surfaces de 5995 m<sup>2</sup> (C1), 5966 m<sup>2</sup> (C2 à C7), 4987 m<sup>2</sup> (C8) et 1008 m<sup>2</sup> (C9).

Les locaux techniques comprennent le poste électrique et la chaufferie à gaz, alors que le local Sprinkler est détaché de l'entrepôt.

Sur le plan constructif, nous avons pris en compte les éléments suivants :

- Charpente en béton armé, sur dalle et soubassement en béton, sauf pour les locaux annexes qui présenteront une charpente métallique,
- Murs extérieurs en bardage métallique double peau fixé sur ossature métallique secondaire,
- Couverture en membrane bitumineuse ou élastomère sur bac acier support et isolant minéral,
- Séparation coupe-feu au moins 2 heures entre chacune des cellules (et remontée d'un mètre en toiture) et avec les locaux périphériques,
- Toutes toitures avec acrotère périphérique.

Le site sera alimenté en haute tension 20 kV par un transformateur intérieur à l'entrepôt et relié au TGBT intégré dans le poste électrique des « Locaux techniques ».

Le régime de neutre est supposé être TNC en amont et TNS en aval.

L'installation conduit à dénombrer 3 lignes entrantes, dont les longueurs ont été estimées à :

- Alimentation 20 kV (enterrée, longueur 200 m),
- Arrivée des lignes téléphoniques (enterrée, longueur 200 m),
- Desserte des candélabres (enterrée, longueur 300 m pour 10 candélabres de 8 m).

Chacune des cellules de l'entrepôt et chacun des locaux périphériques sont équipés d'une armoire divisionnaire alimentant tous les équipements électriques contenus.

L'entrepôt est doté de puissants moyens de lutte contre l'incendie :

- Un système Sprinkler, pour l'ensemble des locaux (avec une réserve d'eau extérieure et un local motopompe Diesel),
- Une détection Incendie, avec report pour télésurveillance.

#### **4. Documents et dangers spécifiques pris en compte :**

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

- Vue aérienne générale GOOGLE,
- Descriptif technique du projet NEXITY du 3/02/17,
- Plan du projet – Lot 2 (tranche 2) du 24/10/17.



L'étude de dangers de ce type d'installation met en évidence, en regard du risque Foudre, 3 scénarios de dangers :

- **Incendie** dans les cellules de stockage : la charge combustible est considérée comme élevée (plus de 800 kJ/m<sup>2</sup>) du fait de la grande hauteur de stockage en casiers à palettes. Toutefois, les dispositions de compartimentage et d'extinction limitent l'extension et la probabilité d'un accident majeur. Si la foudre peut être initiatrice d'un tel scénario (la couverture est combustible), il est considéré qu'aucun effet irréversible ne se produit à l'extérieur du site, du fait du respect de l'arrêté du 11/04/17 (Entrepôts soumis à la rubrique 1510) et de l'éloignement de toute construction voisine, d'au moins 100 m.
- **Explosion de la chaufferie gaz** : dans la mesure où les tuyauteries sont mises à la terre ainsi que les conduits de fumées de chaudières en extérieur du bâtiment (ou protégé), la foudre ne peut initier une telle explosion.
- **Explosion d'hydrogène** accumulé dans un local de charge : la ventilation et l'asservissement de la charge à cette ventilation empêchent toute atmosphère explosive, sauf dysfonctionnement grave. Par ailleurs, cette zone ATEX de niveau 1 n'est pas accessible par la foudre dans la mesure où le conduit éventuel est mis à la terre en extérieur du bâtiment (ou protégé).

Pour ces 2 derniers, les zones de risque ATEX ne sont pas de niveau 0 (ATEX fréquente) et ne sont donc pas appréhendées comme facteur aggravant du risque Foudre.

**La pollution du sol** est impossible du fait des rétentions prévues et ne peut être initiée par la foudre.

Les seuls **EIPS** identifiés (Equipements Importants Pour la Sécurité) sont les équipements de détection et de lutte automatique contre l'incendie.

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

La densité de foudroiement locale est de **2,20 coups de foudre/an/km<sup>2</sup>** (source Météorage période 2007 - 2016 pour la commune de BOLLENE), ce qui est le double de la moyenne nationale (1,12).

A noter que la densité de foudroiement est ici assimilée à la densité des impacts au sol.

On peut donc estimer la probabilité d'impact direct (ce qui est réducteur) sur le site à 1 impact en 3 ans.

Du fait de la séparation coupe-feu de toutes les cellules et de l'architecture de distribution électrique qui isole également chaque cellule, nous avons examiné 2 cas de figure :

- L'entrepôt considéré dans son **intégralité**,
- L'entrepôt **subdivisé** en zones Foudre, correspondant à chaque cellule (ce qui supposerait des parafoudres de séparation aux « frontières ») : dans ce cas, c'est la cellule C7 qui présente la plus grande surface de capture (117 m x 102 m) et est la plus éloignée du TGBT qui a été prise en compte comme cas maximal.

Le local Sprinkler n'a pas fait l'objet d'analyse statistique du fait de sa taille réduite. Il est en revanche considéré comme dispositif de sécurité.

Les 2 calculs de risque ont été réalisés à l'aide du logiciel UTE v2.0, dont les notes de calcul figurent en annexe (projets P356 et P357).

Les autres principaux paramètres considérés sont donc les suivants :

- Usage industriel,
- Exposition du bâtiment « isolé », du fait de l'absence de construction voisine,
- 3 lignes attenantes,
- Résistivité du sol considérée par défaut à 500 Ohm.m,
- Risque incendie « Elevé » avec des moyens automatiques de sauvegarde (sprinkler ou détection), sous réserve de protéger par parafoudre la centrale Incendie,
- Aucune atteinte environnementale du fait des dispositions prises,
- Risque de panique faible (nombreuses issues de secours),
- Facteurs de perte usuels pour une activité en journée.

La surface de capture du bâtiment en totalité est importante : environ 101000 m<sup>2</sup>.

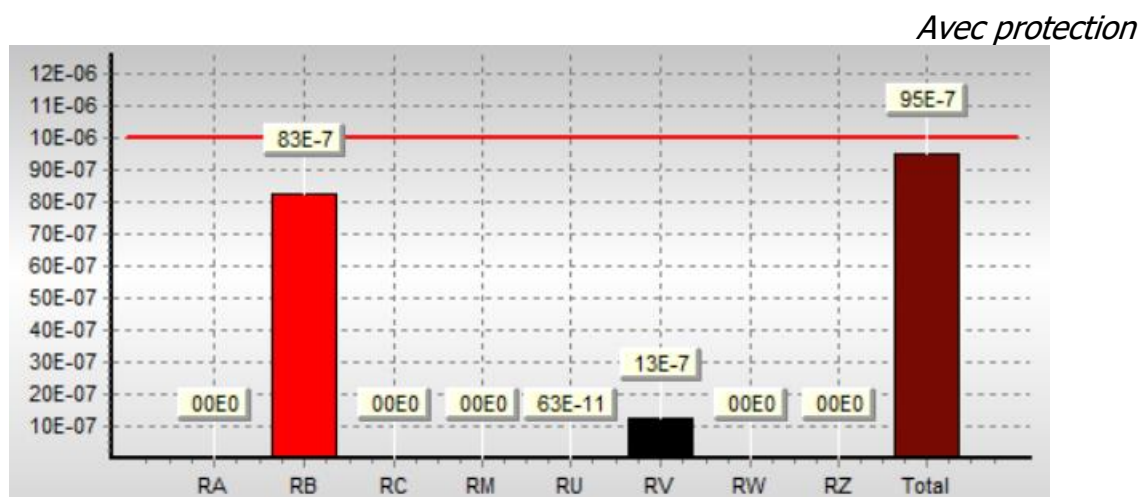
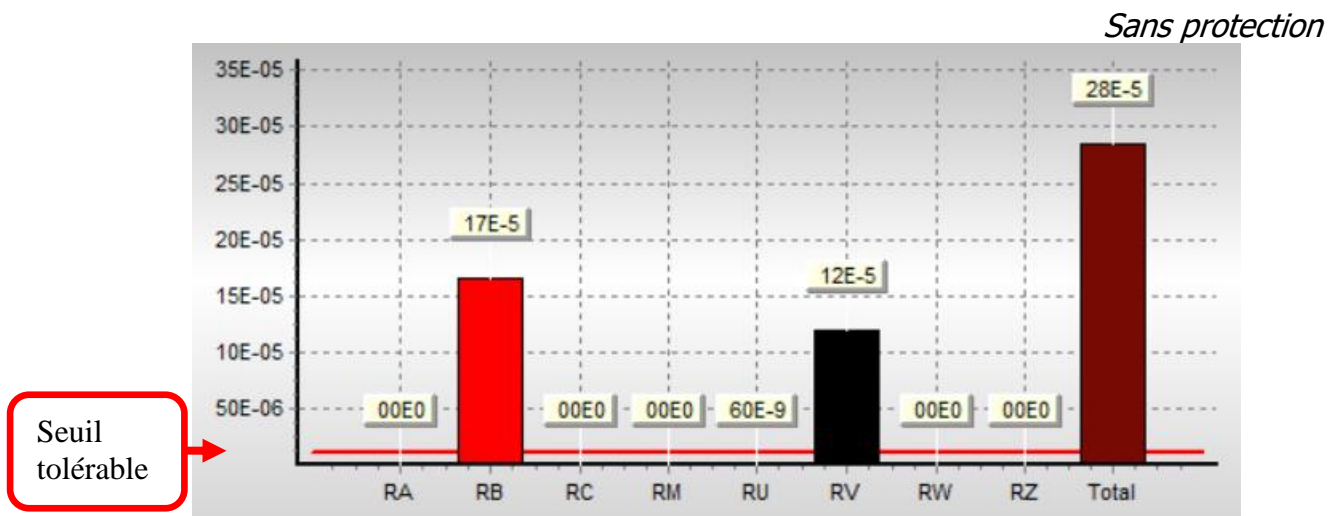
L'analyse du risque, sans aucune protection installée, fait apparaître les niveaux de risque dans les 2 cas de figure étudiés :

| R1   | Rep. | Structure                              | Risque sans | Protection requise                    | Risque après |
|--|------|--|-------------|---------------------------------------|--------------|
|  |      |  | protection  |                                       | protection   |
| P356   |      | Entrepôt dans son intégralité          | 51          | SPF de niveau I                       | 0,96         |
| P464   |      | Entrepôt subdivisé en cellules (zones) | 28,4        | SPF de niveau II et parafoudre niv. I | 0,95         |
| <b>risque exprimé en 10E-5/an, pour un seuil tolérable de 1.10E-5/an</b> |      |  |             |                                       |              |

On constate donc :

- Qu'un dispositif de protection est requis dans les 2 cas, puisque le niveau de risque sans protection dépasse largement le seuil tolérable,
- Que la subdivision en zone foudre correspondant aux cellules réduit le niveau de protection extérieure exigée de I à II.

A titre d'illustration, voici le diagramme des composantes de risques pour l'entrepôt en totalité :



Cette situation de risque nécessite donc un **Système de Protection contre la Foudre (SPF) de niveau I** (niveau le plus élevé, qui réduit de 98% les effets directs d'un impact de foudre) ou **II** (réduction des effets directs de 90%) avec parafoudres renforcés en niveau I et une séparation complète des cellules entre-elles (parois coupe-feu de plus de 2 heures et installations électriques séparées).

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 et celle du bâtiment,
- La protection par parafoudre d'équipotentialité des lignes électriques entrantes,
- La protection de l'EIPS (Equipement Important pour la Sécurité).

## **6. Conclusion :**

L'analyse de risque statistique montre qu'il est nécessaire de doter le bâtiment d'un Système de Protection Foudre (**SPF**) de niveau **I** (entrepôt considéré dans sa totalité) ou **II** si l'on opte pour une séparation en zones foudre, ce qui nécessite de plus :

- ✓ Séparation coupe-feu au moins 2 heures, jusqu'au niveau de la toiture (le projet le prévoit),
- ✓ Séparation électrique : avec un parafoudre pour chaque ligne franchissant la limite entre cellules. Cette contrainte doit être intégrée dans le projet : la distribution prévue avec une armoire divisionnaire par cellule ou local périphérique limite fortement cette contrainte,
- ✓ Renforcement des parafoudres en niveau I.

Il y a lieu de protéger par parafoudre la **centrale de détection Incendie** (seul EIPS au demeurant), puisqu'elle a été considérée comme facteur de réduction du risque Foudre (en appui du système Sprinkler, qui est lui autonome).

L'étude technique étudiera ce qui est optimal, et notamment vis-à-vis des 2 cas étudiés, et définira de manière précise les éléments de protection et prévention nécessaires.

# ETUDE TECHNIQUE DES PROTECTIONS CONTRE LA FOUDRE

## **1. Le besoin de protection :**

L'entrepôt nécessite un Système de Protection Foudre de **niveau I** (totalité) **ou de niveau II** (subdivisé) avec parafoudres renforcés en niveau I, ainsi que la protection de la (les) centrales Incendie.

Au-delà de cette prescription réglementaire, il est recommandé de protéger les équipements informatiques et de communication, qui sont des équipements stratégiques et vulnérables, contre les effets indirects de la foudre (surtensions).

## **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'installation :

- 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 (niveau I) à 20m (niveau 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, 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 $\mu$ s) ou  $I_n$  (pour nominal) pour un type 2 (avec une onde 8/20 $\mu$ 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, combine 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 Foudre :**

#### 3.1. Dispositif de capture nécessaire :

Le mode constructif prévu ne présente pas d'élément naturel utilisable pour le dispositif de protection.

De plus, il est indispensable d'éviter tout impact de foudre sur la couverture qui pourrait alors propager un incendie.

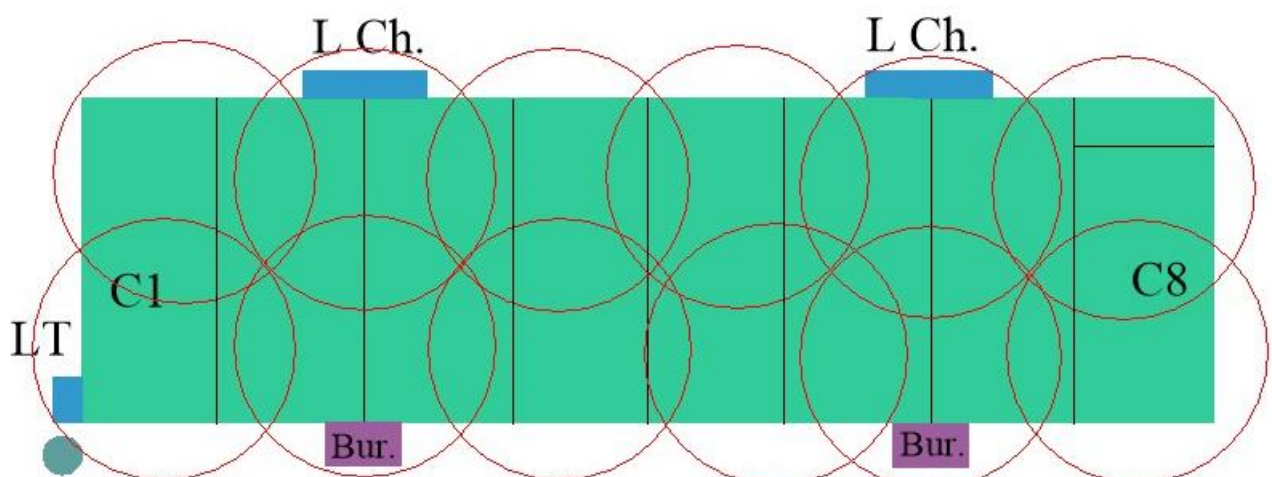
La solution PDA (paratonnerre à dispositif d'amorçage) s'impose pour 2 raisons principales :

- Économiquement du fait de la très grande surface à protéger,
- Du fait de l'absence d'élément naturel de protection significatif.

De plus, cela assure la protection des équipements de faible hauteur qui pourraient être placés sur la toiture (à concurrence d'une hauteur de garde nécessaire).

Suivant les croquis ci-dessous, l'étude géométrique montre que le nombre de PDA nécessaire est différent suivant que l'on considère l'entrepôt en totalité ou séparé :

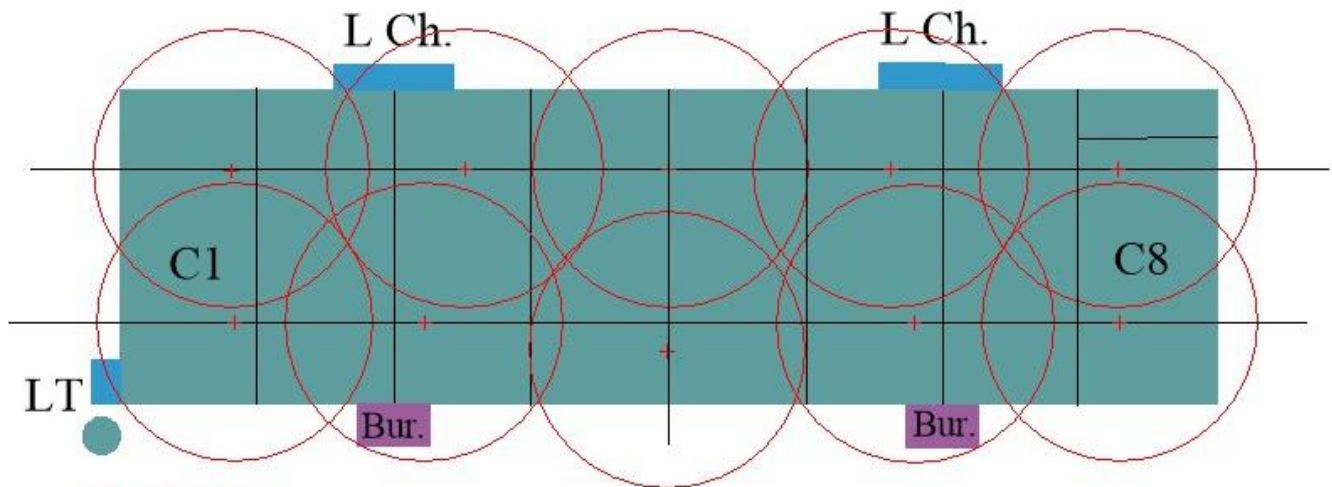
- ✓ 12 PDA (niveau I) dans le cas « entrepôt en totalité » :



**NPF I**



- ✓ 10 PDA (niveau II) dans le cas « entrepôt subdivisé en zones Foudre » :



## NPF II

Dans ce second cas, on constate que les locaux de charge sont partiellement protégés par les PDA : toutefois le surplomb de l'entrepôt (12,80 m) par rapport à ces locaux (7,20 m) assure une protection naturelle de ces derniers (méthode de l'angle).

La première solution est légèrement plus couteuse. C'est pourquoi nous avons retenu la seconde solution, qui nécessite **une séparation complète des cellules entre elles**.

Les PDA auront donc une avance à l'amorçage de 60  $\mu$ s et seront placés à +5 m par rapport au niveau d'acrotère de la toiture (ce qui définit un rayon de protection de 51,60 m pour les ICPE en niveau II). Il est impératif d'opter pour un modèle testable à distance (par boîtier sans fil ou avec report filaire en pied), puisque ces appareils doivent être testés en fonctionnement tous les 2 ans.

Ces PDA seront fixés en applique d'acrotère de séparation ou sur support auto-équilibré en pleine toiture.

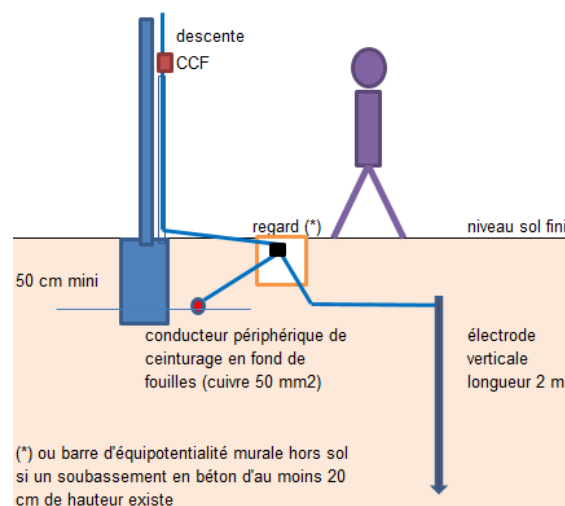
Sans indication sur la hauteur des cheminées de chaufferie, il est possible qu'elles dépassent l'altitude de protection du PDA voisin : il est donc impératif qu'elles soient reliées à la descente la plus proche au niveau de l'acrotère supérieur.

Il faut souligner que les équipements qui pourraient être posés en toiture sont systématiquement protégés d'un impact de foudre direct, à concurrence qu'ils ne dépassent le niveau supérieur de l'acrotère de l'entrepôt. Au-dessus, il faut vérifier cela au cas par cas suivant l'éloignement du PDA le plus proche et la hauteur de l'équipement.

### 3.2. Descentes et prises de terre :

Chaque PDA sera relié aux prises de terre par 2 descentes au minimum et ils seront interconnectés entre-eux.

Nous avons retenu d'utiliser le ceinturage en fonds de fouilles du bâtiment comme élément principal des prises de terre : cela garantit la meilleure équipotentialité possible (indépendamment de la résistivité du sol) et réduit les coûts de mise en œuvre, puisque cela limite le complément à une électrode verticale de 2m additionnelle à chaque liaison :



Cela impose toutefois une section minimale de 50 mm<sup>2</sup> pour le ceinturage (contre 25 mm<sup>2</sup> prescrit par la norme électrique NFC 15-100) mais s'avère beaucoup moins couteux que des prises de terre spécifiques dont la résistance doit être impérativement inférieure à 10 Ohms.

Du fait de la mutualisation possible des prises de terre (en principe 2 par PDA) et compte-tenu de la distance de séparation, nous avons retenu 10 liaisons descentes / ceinturage avec électrode additionnelle.

La position des liaisons à la terre a privilégié les zones de faible présence humaine et de sol meuble. Il y a lieu de les éloigner de toute issue de secours d'au moins 3 mètres.

Un compteur de coups de foudre sera ajouté sur chaque descente verticale.

### 3.3. Distance de séparation :

Elle est calculée ci-dessous en plusieurs emplacements, puisque tous les PDA sont plus ou moins éloignés de la prise de terre la plus proche :

| Distance de séparation           |         |               |                                    |
|----------------------------------|---------|---------------|------------------------------------|
|                                  | Données | Justification |                                    |
| Au pied des PDA n° 1, 5, 6 et 10 | ki =    | 0,06          | Niveau II                          |
| $s = ki * kc / km * L$           | kc =    | 0,75          | NFC 17-102                         |
| <b>2,57</b>                      | km =    | 1             | Dans air                           |
| <b>mètre</b>                     | L =     | 57            | Longueur en vertical et horizontal |
| Au pied des PDA n° 2, 4, 7 et 9  | ki =    | 0,06          | Niveau II                          |
| $s = ki * kc / km * L$           | kc =    | 0,75          | NFC 17-102                         |
| <b>4,05</b>                      | km =    | 1             | Dans air                           |
| <b>mètre</b>                     | L =     | 90            | Longueur en vertical et horizontal |
| Au pied du PDA n° 3              | ki =    | 0,06          | Niveau II                          |
| $s = ki * kc / km * L$           | kc =    | 0,75          | NFC 17-102                         |
| <b>1,98</b>                      | km =    | 1             | Dans air                           |
| <b>mètre</b>                     | L =     | 44            | Longueur en vertical et horizontal |
| Au pied du PDA n° 8              | ki =    | 0,06          | Niveau II                          |
| $s = ki * kc / km * L$           | kc =    | 0,75          | NFC 17-102                         |
| <b>1,53</b>                      | km =    | 1             | Dans air                           |
| <b>mètre</b>                     | L =     | 34            | Longueur en vertical et horizontal |
| Sur acrotère                     | ki =    | 0,06          | Niveau II                          |
| $s = ki * kc / km * L$           | kc =    | 0,75          | NFC 17-102                         |
| <b>0,68</b>                      | km =    | 1             | Dans air                           |
| <b>mètre</b>                     | L =     | 15            | Longueur en vertical               |

Il y a donc lieu de **relier à la descente** toutes les masses métalliques plus proches et d'éviter tout conducteur électrique dans ce voisinage.

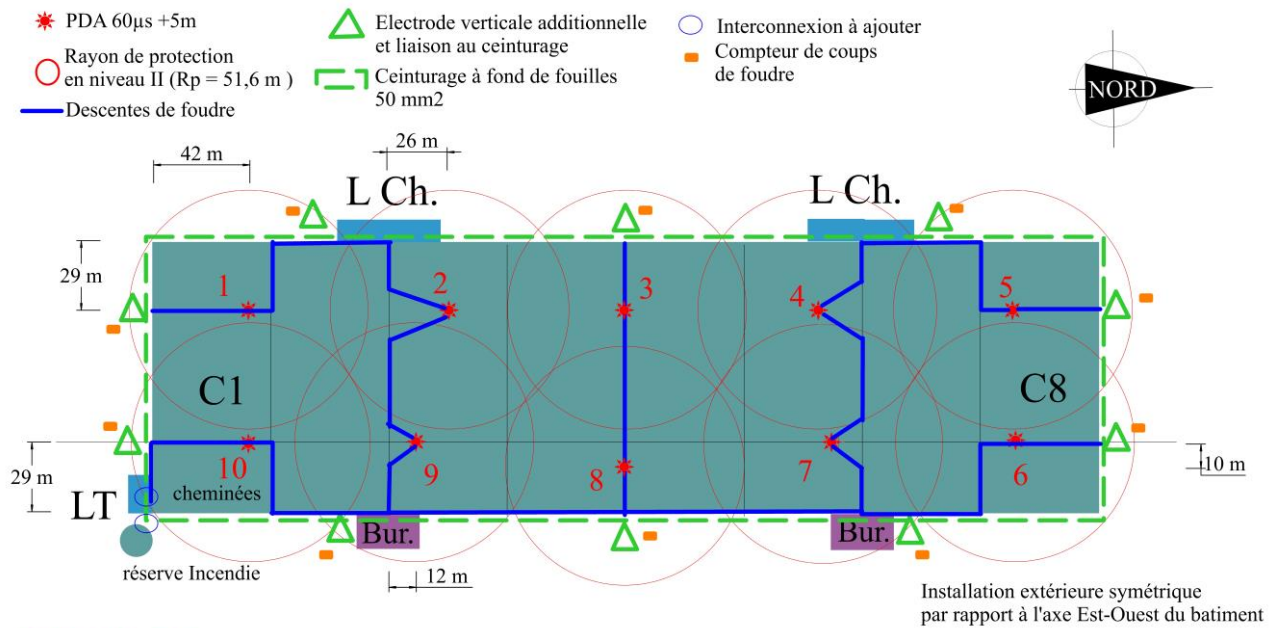
La contrainte de distance de séparation ne s'applique que pour l'extérieur du bâtiment puisque le volume intérieur est délimité par une paroi métallique continue (bac acier et bardage qui assurent un écran électromagnétique), qui est reliée à la terre du bâtiment.

#### 3.4. Liaisons équipotentielle extérieures :

Outre les éventuelles liaisons imposées par la distance de séparation, il a lieu de prévoir une liaison de terre (section 50 mm<sup>2</sup>) :

- Pour les 2 cheminées de chaufferie,
- Pour la réserve Incendie,
- Pour les rambardes périphériques des bureaux, s'il en est prévu.

En conséquence, le plan de l'installation extérieure est le suivant :



## NPF II

# IEPF PAN EURO PARC de Bollène Bat. 2

Révision 1

30/08/18



### 4. Installation intérieure de l'extension :

#### 4.1. Protections nécessaires des réseaux électriques et de communication :

Au vu des lignes entrantes identifiées et leur contribution au risque d'étincelage, il y a lieu de prévoir d'installer un parafoudre d'équipotentialité (type 1) :

- En tête du TGBT,
- A l'arrivée de chaque ligne téléphonique extérieure, sauf celles en fibre optique (qui assure alors une immunité totale vis-à-vis de la foudre),
- En aval de chaque départ d'alimentation extérieure des circuits d'éclairage par candélabres et des équipements extérieurs non protégés d'un impact direct.

Dans les 2 cas de lignes d'énergie, l'intensité de choc minimale est 25 kA, calculée suivant la formule (nous avons fait l'hypothèse d'une distribution en régime de neutre TNS ou TT) :

|  | Données            | Justification                             |  |  |
|--|--------------------|---|--|--|
| <b>limp = I<sub>max</sub>/2 / Ch x N</b> | I <sub>max</sub> = | 150 Niveau II                             |  |  |
| <b>18,8</b>                              | Ch =               | 2 Chemin                                  |  |  |
| <b>kA</b>                                | N =                | 4 Conducteurs d'énergie chemin électrique |  |  |
| Mini imposé 12,5 kA                      |                    |   |  |  |

La tension d'écrêtage sera de 2,5 kV au plus.

Puisque les armoires électriques sont à construire, les parafoudres y seront implantés directement, en ménageant les meilleures conditions de montage (règle des 50 cm et absence de boucles excessives).

Les déconnecteurs respecteront l'annexe P de la norme EN 62305-12 (fusibles NH 250 A ou fusibles 22x58 125 A type EFSI ou intégré) ou les prescriptions étayées du constructeur de parafoudre.

#### 4.2. Parafoudres de séparation :

Comme évoqué ci-dessus, toutes les cellules doivent être électriquement séparées. En l'absence de la conception détaillée de la distribution BT, le plus simple est de doter chaque armoire divisionnaire d'un parafoudre de type 1 en tête. Il est recommandé de placer ce parafoudre en amont du disjoncteur général (montage en Vé, sans déconnecteur externe) afin de protéger intégralement l'appareillage. Ce parafoudre présentera les mêmes caractéristiques que les précédents.

#### 4.3. Protections des EIPS :

Le seul équipement à protéger règlementairement est la (les) centrale (s) Incendie puisque le système Sprinkler est autonome (motopompe Diesel). L'alimentation 220V de cette centrale Incendie sera donc protégée par parafoudre de type 2. Celui-ci sera installé en coffret (pour ne pas mettre en cause sa certification), au plus près de la centrale.

#### 4.4. Protection des équipements stratégiques et vulnérables :

La protection des équipements informatiques et téléphoniques n'est pas une obligation règlementaire mais elle est vivement conseillée puisque ces outils sont fragiles et stratégiques. Cela concerne l'alimentation électrique mais également les lignes téléphoniques utilisées par l'informatique, qu'il est utile de protéger finement par un étage supplémentaire avec un parafoudre de type 3. Les parafoudres concernés seront alors définis suivant la distribution électrique effective, afin que tout équipement protégé ne soit pas distant de plus de 10 m filaire : en première approche, un parafoudre pour l'armoire principale de chaque blocs bureau et un pour chaque salle informatique devrait suffire.

En conséquence, la nomenclature des parafoudres règlementaires et volontaires est la suivante :

| Repère | Qté | Protection assurée  | Objectif                                   | Niveau | Type    | Tension         |
|--------|-----|---|--|--------|---------|-----------------|
| 1      | 1   | En tête du TGBT   | Equipotentialité                           | II     | 1       | 400 V TNS ou TT |
| 2      | n   | En aval du ou des départs alimentant les candélabres extérieurs                                 | Equipotentialité                           | II     | 1       | 400 V TNS ou TT |
| 3      | t   | A l'arrivée de chaque ligne téléphonique externe (y compris report centrale alarme Incendie)    | Equipotentialité et Equipement vulnérables | II     | 1+3 (*) | Téléphonie      |
| 4      | 8   | En tête de chacune des armoires divisionnaires des cellules                                     | Protection renforcée volontariste          | II     | 1       | 400 V TNS ou TT |
| 5      | k   | Alimentation de(s) centrale(s) d'alarme Incendie  | Equipement de sécurité                     | II     | 2       | 220 V mono      |
| 6      | m   | Alimentation générale des bureaux et des salles informatiques (serveur)                         | Equipement vulnérable                      | II     | 2       | 400 V TNS ou TT |
|        |     | <i>n, t, k, m à préciser une fois la conception détaillée établie</i>                           |  |        |         |                 |
|        |     | <i>(*) la protection de type 3 est limitée aux lignes desservant les serveurs informatiques</i> |  |        |         |                 |

Les quantités de parafoudres sont à préciser en fonction de l'architecture détaillée définie.

#### 4.5. Liaisons équipotentielle intérieures :

Toutes les tuyauteries métalliques entrantes doivent être reliées à l'équipotentielle (section 16 mm<sup>2</sup>) au voisinage du point de pénétration dans le bâtiment.

Cela concerne donc :

- Le réseau Sprinkler, ce qui nécessite une liaison de chacun des postes de distribution,
- Le réseau gaz alimentant la chaufferie,
- Le circuit d'eau chaude de chauffage,
- Les gaines de conditionnement de CTA, s'il y en a.

### **5. Spécifications d'installation :**

Se reporter aux annexes qui indiquent les prescriptions d'installations essentielles ainsi que le plan d'installation extérieure.

Le cahier des charges complet se compose donc :

- De ce rapport d'étude technique,
- Du plan de l'installation extérieure (IEPF),
- De la spécification d'IEPF,
- De la spécification des parafoudres avec sa nomenclature.

Les matériels peuvent être choisis parmi la gamme de tous constructeurs répondant aux normes européennes.

Cette installation étant soumise à l'arrêté du 4 Octobre 2010, il est obligatoire qu'elle soit réalisée par un installateur qualifié 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 :**

Il est bien sûr recommandé de « ne pas accéder **en toiture** en cas d'orage ». Pour cela, une signalisation sera prévue au point d'accès au sol.

Au droit des prises de terre, une signalisation « ne pas se tenir **à moins de 3 m** de la descente en cas d'orage » sera également apposée.

## **7. Surveillance et vérifications :**

La vérification régulière des installations de protections 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 qualifié, suivant les notices de vérification. De la même manière, cette étude et l'installation seront reportées dans le carnet de bord existant, le moment venu. Un modèle de ces documents figure en annexe.

## **8. Conclusion :**

Le bâtiment nécessite un Système de Protection Foudre : après comparaison, nous avons retenu le **niveau II** (avec parafoudres renforcés en niveau I), **avec une séparation totale** des cellules entre elles et avec les locaux périphériques.

Cela permet de réduire le coût de la protection par rapport à la vision de l'entrepôt considéré en totalité.

Cela nécessite les principaux éléments :

- 10 paratonnerres à dispositif d'amorçage,
- 10 liaisons descente / ceinturage à fond de fouilles en section 50 mm<sup>2</sup>, renforcées par une électrode additionnelle,
- 6 différents groupes de parafoudres (dont 3 d'équipotentialité et 1 de séparation),
- La liaison équipotentielle de tous les réseaux métalliques entrants et des cheminées ainsi que de la réserve d'eau sprinkler.

Le choix d'utiliser le ceinturage en fond de fouilles de l'entrepôt pour les prises de terre impose d'intégrer cela dès l'origine de la construction (il doit présenter une section de 50 mm<sup>2</sup>).

Une simple signalisation en pied des descentes (hors zones de passage fréquent ou de travail) et de l'accès en toiture est suffisante en termes de prévention.

L'installation sera réalisée par une entreprise certifiée QUALIFOUDRE puis vérifiée initialement et périodiquement.

# ANNEXES

Note de calcul suivant logiciel JUPITER v2.1.0 (P356 et P357 du 28/08/17)

Statistique de foudroiement METEORAGE 2017

Plan de l'IEPF (Installation Extérieure de Protection contre la Foudre) (30/08/17)

Spécification de l'IEPF (30/08/17)

Nomenclature et spécification des parafoudres (30/08/17)

Modèle de carnet de bord et notices de vérification

### **Normes et documents de référence 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)

NFC 17-102 Paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) (Septembre 2011)

IEC 61643-12 Parafoudres connectés aux réseaux de distribution BT (Novembre 2008)

Arrêté du 4 Octobre 2010 et circulaire d'application du 24 Avril 2008

Guide GESIP de protection des installations industrielles de Juillet 2013.

Lightning protection guide (DEHN Editions)

Compatibilité Electro-Magnétique (Alain CHAROY - Dunod éditions)