



# **DOSSIER DE DEMANDE D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE AU TITRE DES INSTALLATIONS CLASSÉES (ICPE)**

**PROJET DE PLATEFORME DE LOGISTIQUE URBAINE MULTIMODALE  
SUR LE PORT DE GENNEVILLIERS (92)**

## **PROJET GREEN DOCK**

# **PARTIE 4**

---

## **Pièce 4.2 / DDAE n°49. B**

### **Annexes de l'étude de dangers**

---

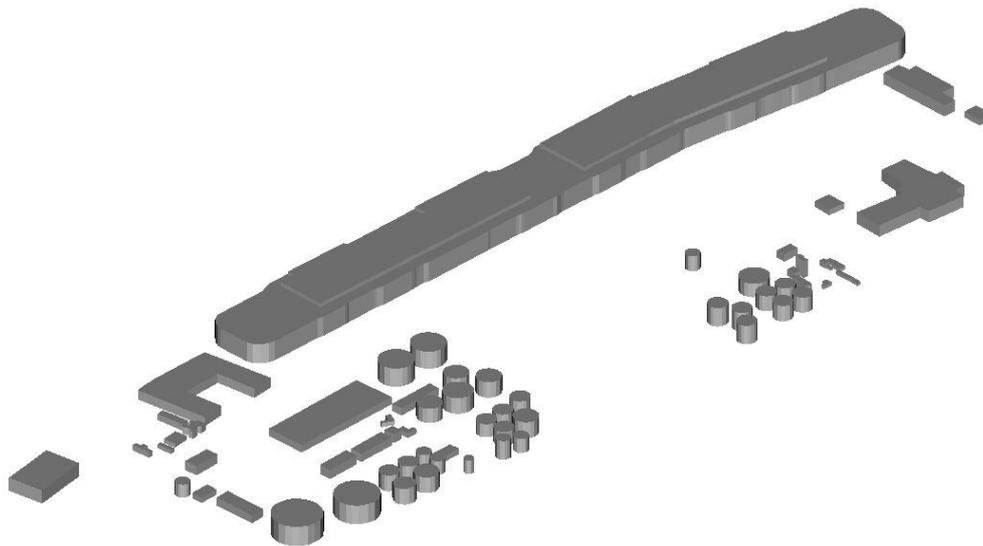
Cahier 2/8

#### **Annexes 1, 2 et 3a**

Sommaire

1. Annexe 1 / Évaluation des surpressions attendues sur le bâtiment lors d'explosions
2. Annexe 2 / Analyse du risque foudre
3. Annexe 3.a. / Étude technique foudre

## ÉVALUATION DES SURPRESSIONS ATTENDUES SUR LE BATIMENT LORS D'EXPLOSIONS



|                          |   |
|--------------------------|---|
| <b>FLUIDYN reference</b> | 1122153   |
| <b>Document</b>          | Rapport   |
| <b>Nombre de pages</b>   | 45  |
| <b>Pour</b>              |  |

| Version | Date     | Modifications                             | Written by | Checked by |
|---------|----------|---|------------|------------|
| 1.0     | 30/03/23 |   | C.BOUVARET | A.TRIPATHI |
| 1.1     | 19/04/23 | Ajout des surpressions côté Seine et toit | C.BOUVARET | A.TRIPATHI |
| 1.2     | 05/06/23 | Correction numéro de bac                  | C.BOUVARET | A.TRIPATHI |
| 2.0     | 20/06/23 | Ajout de la surpression réfléchie         | C.BOUVARET | A.TRIPATHI |

## TABLE DES MATIÈRES

|  |           |
|--|-----------|
| <b>TABLE DES MATIÈRES .....</b>                                      | <b>2</b>  |
| <b>LISTE DES FIGURES .....</b>                                       | <b>2</b>  |
| <b>LISTE DES TABLES .....</b>  | <b>3</b>  |
| <b>I. INTRODUCTION .....</b>   | <b>4</b>  |
| I.1 CONTEXTE .....   | 4         |
| I.2 DOCUMENTS DE REFERENCE .....                                     | 5         |
| I.3 METHODOLOGIE : L'OUTIL FLUIDYN-VENTEX .....                      | 5         |
| I.4 SCENARIOS .....  | 5         |
| <b>II. MODÈLE PHYSIQUE .....</b>                                     | <b>6</b>  |
| II.1 DOMAINE D'ETUDE .....   | 6         |
| II.2 SCENARIOS .....   | 7         |
| II.2.1 UVCE.....   | 7         |
| II.2.2 Ciel gazeux.....  | 8         |
| II.3 SEUILS DE SURPRESSION .....                                     | 8         |
| <b>III. MODÈLE NUMÉRIQUE.....</b>                                    | <b>10</b> |
| III.1 GEOMETRIE .....  | 10        |
| III.2 MAILLAGE .....   | 11        |
| III.3 POINTS DE PRELEVEMENTS .....                                   | 14        |
| III.4 PARAMETRES DE SIMULATION.....                                  | 15        |
| III.5 CONDITIONS INITIALES .....                                     | 16        |
| III.5.1 UVCE.....  | 16        |
| III.5.2 Ciel gazeux.....   | 16        |
| III.6 MATÉRIAUX .....  | 16        |
| <b>IV. RESULTATS ET ANALYSE POUR L'UVCE.....</b>                     | <b>17</b> |
| IV.1 COMPORTEMENT GENERAL DE L'ONDE.....                             | 17        |
| IV.2 ONDES DE SURPRESSION AU NIVEAU DES POINTS D'INTERET .....       | 20        |
| IV.3 SURPRESSION REFLECHIE AU NIVEAU DU SITE DE L'EXPLOSION .....    | 30        |
| <b>V. RESULTATS ET ANALYSE POUR L'EXPLOSION EN CIEL GAZEUX .....</b> | <b>31</b> |
| V.1 COMPORTEMENT GENERAL DE L'ONDE.....                              | 31        |
| V.2 ONDES DE SURPRESSION AU NIVEAU DES POINTS D'INTERET .....        | 36        |
| V.3 SURPRESSION REFLECHIE AU NIVEAU DU SITE DE L'EXPLOSION .....     | 44        |
| <b>VI. CONCLUSION.....</b>   | <b>45</b> |

## LISTE DES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| FIGURE 1 : VUE AÉRIENNE DU SITE .....                    | 6  |
| FIGURE 2 : EMPLACEMENT DES SOURCES D'EXPLOSIONS.....     | 7  |
| FIGURE 3 : ABAQUES VAN DEN BERG .....                    | 8  |
| FIGURE 4 : GÉOMÉTRIE DES OBSTACLES ET DU BÂTIMENT .....  | 10 |
| FIGURE 5 : GÉOMÉTRIE DU BÂTIMENT .....                   | 10 |
| FIGURE 6 : IDENTIFICATIONS DES ÉTAGES DU BÂTIMENT .....  | 11 |
| FIGURE 7 : MAILLAGE FLUIDE ET STRUCTURE CAS 1 .....      | 11 |
| FIGURE 8 : MAILLAGE OUVERT CAS 1 .....                   | 12 |
| FIGURE 9 : MAILLAGE STRUCTURE CAS 2.....                 | 12 |
| FIGURE 10 : MAILLAGE FLUIDE ET STRUCTURE CAS 2 .....     | 13 |
| FIGURE 11 : MAILLAGE OUVERT CAS 2 .....                  | 13 |
| FIGURE 12 : MAILLAGE STRUCTURE CAS 2 .....               | 14 |
| FIGURE 13 : EMPLACEMENT POINTS DE PRÉLÈVEMENT CAS 1..... | 15 |

|   |    |
|---|----|
| FIGURE 14 : EMBLEMMENT POINTS DE PRÉLÈVEMENT CAS 2.....   | 15 |
| FIGURE 15 : ÉVOLUTION DE LA PRESSION DANS LE DOMAINE DE 0.09s À 1.34s (VUE DE COUPE À z=1.5M) (ÉCHELLE FIXE)..... | 20 |
| FIGURE 16 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION AU NIVEAU DES MURS DU REZ-DE-CHAUSSÉE DE 0.84s À 1.34s .....              | 22 |
| FIGURE 17 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION AU NIVEAU DES MURS DU 1 <sup>ER</sup> ÉTAGE DE 0.84s À 1.34s.....         | 24 |
| FIGURE 18 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION AU NIVEAU DES MURS DU 2 <sup>ÈME</sup> ÉTAGE DE 0.84s À 1.34s .....       | 26 |
| FIGURE 19 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION AU NIVEAU DES MURS DU DERNIER ÉTAGE DE 0.84s À 1.34s .....                | 28 |
| FIGURE 20 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION EN CHAMP LIBRE .....  | 28 |
| FIGURE 21 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION PAR ÉTAGE .....   | 29 |
| FIGURE 22 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION EN DEUX POINTS AU REZ-DE-CHAUSSÉE.....                                    | 29 |
| FIGURE 23 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION CÔTÉ SEINE ET SUR LE TOIT .....   | 30 |
| FIGURE 24 : ÉVOLUTION DE LA PRESSION DANS LE DOMAINE DE 0.02s À 0.47s (VUE DE COUPE À z=1.5M) (ÉCHELLE FIXE)..... | 35 |
| FIGURE 25 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION AU NIVEAU DES MURS DU REZ-DE-CHAUSSÉE DE 0.84s À 1.34s .....              | 37 |
| FIGURE 26 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION AU NIVEAU DES MURS DU 1 <sup>ER</sup> ÉTAGE DE 0.84s À 1.34s.....         | 39 |
| FIGURE 27 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION AU NIVEAU DES MURS DU 2 <sup>ÈME</sup> ÉTAGE DE 0.84s À 1.34s .....       | 40 |
| FIGURE 28 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION AU NIVEAU DES MURS DU DERNIER ÉTAGE DE 0.84s À 1.34s .....                | 42 |
| FIGURE 29 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION EN CHAMP LIBRE .....  | 43 |
| FIGURE 30 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION PAR ÉTAGE .....   | 43 |
| FIGURE 31 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION EN DEUX POINTS AU REZ-DE-CHAUSSÉE.....                                    | 44 |
| FIGURE 32 : ÉVOLUTION DE LA SURPRESSION CÔTÉ SEINE ET SUR LE TOIT .....   | 44 |

### LISTE DES TABLES

|   |    |
|---|----|
| TABEAU 1 : SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSIONS POUR LES HUMAINS (ARRÊTÉ DU 29 SEPTEMBRE 2005).....    | 9  |
| TABEAU 2 : SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSIONS POUR LES STRUCTURES (ARRÊTÉ DU 29 SEPTEMBRE 2005)..... | 9  |
| TABEAU 3 : CARACTÉRISTIQUES DU MAILLAGE CAS 1 .....   | 14 |
| TABEAU 4 : CARACTÉRISTIQUES DU MAILLAGE CAS 2 .....   | 14 |
| TABEAU 5 : PROPRIÉTÉS DU FLUIDE .....   | 16 |
| TABEAU 6 : COMPARAISON DES DEUX CONFIGURATIONS .....  | 45 |
| TABEAU 7 : SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSIONS POUR LES HUMAINS (ARRÊTÉ DU 29 SEPTEMBRE 2005).....    | 45 |
| TABEAU 8 : SEUILS D'EFFETS DE SURPRESSIONS POUR LES STRUCTURES (ARRÊTÉ DU 29 SEPTEMBRE 2005)..... | 45 |

## I. INTRODUCTION

---

### I.1 CONTEXTE

L'ingénierie de GSE conçoit pour l'entreprise Goodman un futur bâtiment de logistique qui sera situé à proximité de deux sites industriels soumis à autorisation avec servitude sur le port de Gennevilliers.

Le cadre réglementaire particulier pour la maîtrise de l'urbanisation autour de ces sites est celui du Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) dont les termes ont été définis dans un arrêté préfectoral n°2012-234 de Décembre 2012 et ses documents attachés : note de présentation, plan de zonage réglementaire et cahier des recommandations.

Les plans de zonage du PPRT présentent les périmètres et zones d'aléa hiérarchisés (risques/effets/probabilité cumulée/enjeux). Les risques sont définis sur la base des études des dangers (EDD) des deux sites industriels concernés, SOGEPP et TRAPIL pour lesquels des couples de phénomènes dangereux et de probabilité d'occurrence sont modélisés et estimés.

Plus particulièrement un examen de la vulnérabilité du bâtiment doit être produit via une étude préalable pour les effets de surpression et éventuellement pour les effets thermiques dont les intensités sont définies et rappelées dans le règlement PPRT. L'étude de vulnérabilité pour les chargements s'appuie sur les guides et annexes INERIS et du point de vue des recommandations sur le guide du CTSB « Guide PPRT - Complément technique relatif à l'effet de surpression », V2 de Mars 2008, ref 26005165.

La méthodologie de définition du chargement pour l'étude structurelle des bâtiments neufs fait référence :

- au régime de type déflagration/détonation attendu
- à l'intensité pic du front de pression incident
- à la durée de phase positive du front de pression,
- à des facteurs d'amplification entre onde incidente (champ libre)+onde réfléchie et pression appliquée d'une part et fonction aussi des angles d'incidence par rapport à l'orientation des parois
- à des amplifications liées à la période de réponse du bâtiment (1<sup>er</sup> mode propre) en fonction de la largeur du front de pression.

Parmi les scénarios des EDD de la SOGEPP et de TRAPIL, il est possible d'identifier et extraire de la liste exhaustive des phénomènes dangereux analysés ceux dont les distances d'effets aux seuils entre 50mb et 20mb atteignent les façades du bâtiment projeté. Sur la base des cartographies produites pour chacun des scénarios, on note que seuls les effets induits par des explosions de type UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion) et explosion de ciel gazeux de réservoir pour le site de SOGEPP concerneraient le bâtiment futur. Ce sont les scénarios qui sont examinés dans cette étude.

Deux résultats principaux doivent se dégager de l'étude :

- Objectif 1 : obtenir les valeurs de surpressions sur le nouveau bâtiment
- Objectif 2 : obtenir les valeurs de températures auxquelles seraient soumis les parois du bâtiment

Le CLIENT a sollicité FLUIDYN afin d'évaluer les distances d'effet pour des seuils réglementaires (léthalité, seuil d'effets irréversibles, etc. pour les atteintes aux personnes) ainsi que des plans de chargements en pression (transitoires) sur des structures verticales.

## I.2 DOCUMENTS DE REFERENCE

Les documents de référence sont les suivants :

- [1] Géométrie 3D du bâtiment  
[1674\\_GOODMAN\\_GNV\\_MAQUETTE\\_ENTREPOT+SITE\\_20230208.dwg](#)
- [2] Plan des installations autour du bâtiment  
[planet-SIG.rar](#)

## I.3 METHODOLOGIE : L'OUTIL FLUIDYN-VENTEX

Le logiciel **fluidyn-MP** est un outil numérique CFD généraliste pour la simulation d'écoulements fluides de tous types autour de géométries complexes, et maillages de type « polyèdres » (hexaèdres, tétraèdres, prismes, pyramides, etc.). Il inclut en particulier :

- Écoulements compressible à des vitesses sub- et/ou trans- et/ou supersoniques.
- La résolution des problèmes d'écoulements **stationnaire** ou **transitoire** (jusqu'à transitoires très rapides).
- La résolution des problèmes de fluides eulériens (non visqueux), newtoniens ou non-newtoniens.
- Une résolution basée sur une méthode numérique de type **Volumes Finis** utilisable sur des maillages non structurés (généraux), structurés ou structurés par blocks.
- La prise en compte de maillages non-conformes et des éléments suivants:
  - Éléments hexaèdres, tétraèdres, prismes, et autres polyèdres généralement utilisés en CFD.
  - Maillages non conformes, maillages glissants, maillages tournants.
  - Maillages déformants.

Il est utilisé ici dans sa version VENTEX dédiée à la simulation des explosions en milieu confiné ou externe.

## I.4 SCENARIOS

Deux scénarios sont modélisés pour cette étude avec deux mélanges hydrogène-air différents dans le caisson :

- Cas 1 : scénario d'explosion (UVCE) avec un nuage de pentane dans une cuvette
- Cas 2 : scénario d'explosion en ciel gazeux, avec le relâchement de pression d'un bac

## II. MODELE PHYSIQUE

### II.1 DOMAINE D'ETUDE

Le domaine de simulation est représenté sur la figure suivante. Il s'agit d'une vue aérienne avec les différents obstacles. Le bâtiment principal n'est pas représenté sur cette figure.

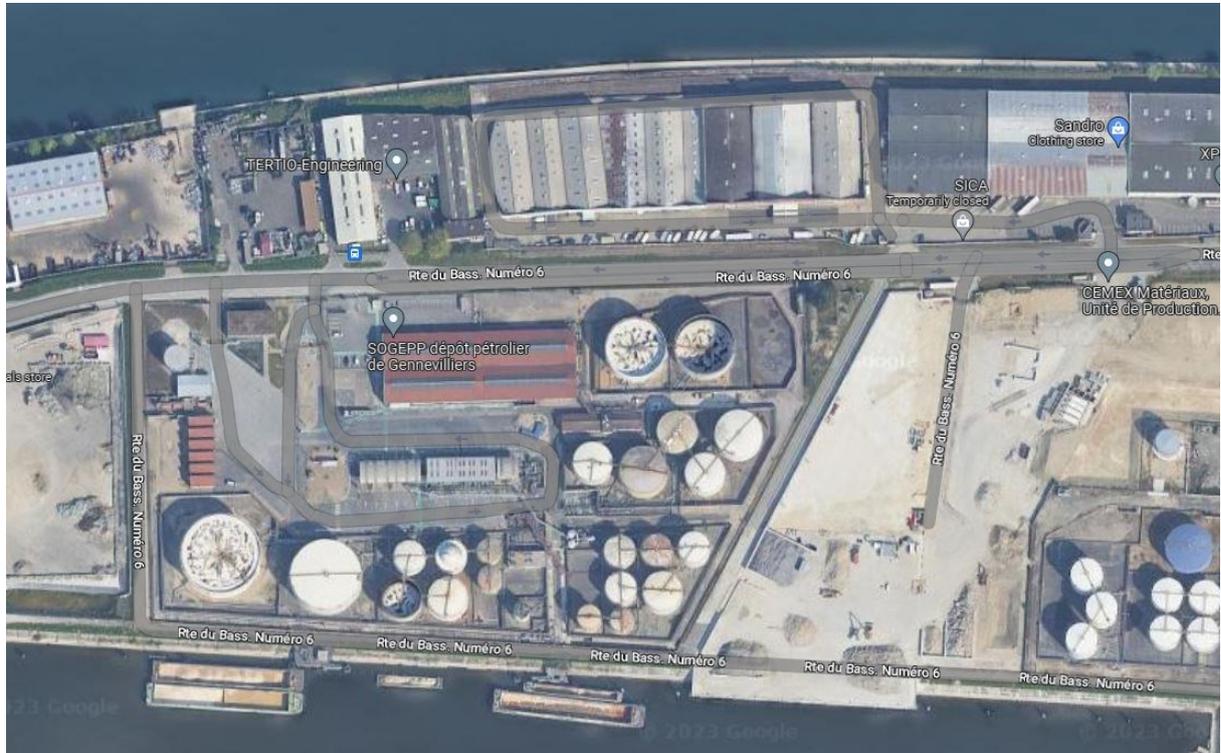


Figure 1 : Vue aérienne du site

Les sources d'explosion sont décrites sur la figure suivante.

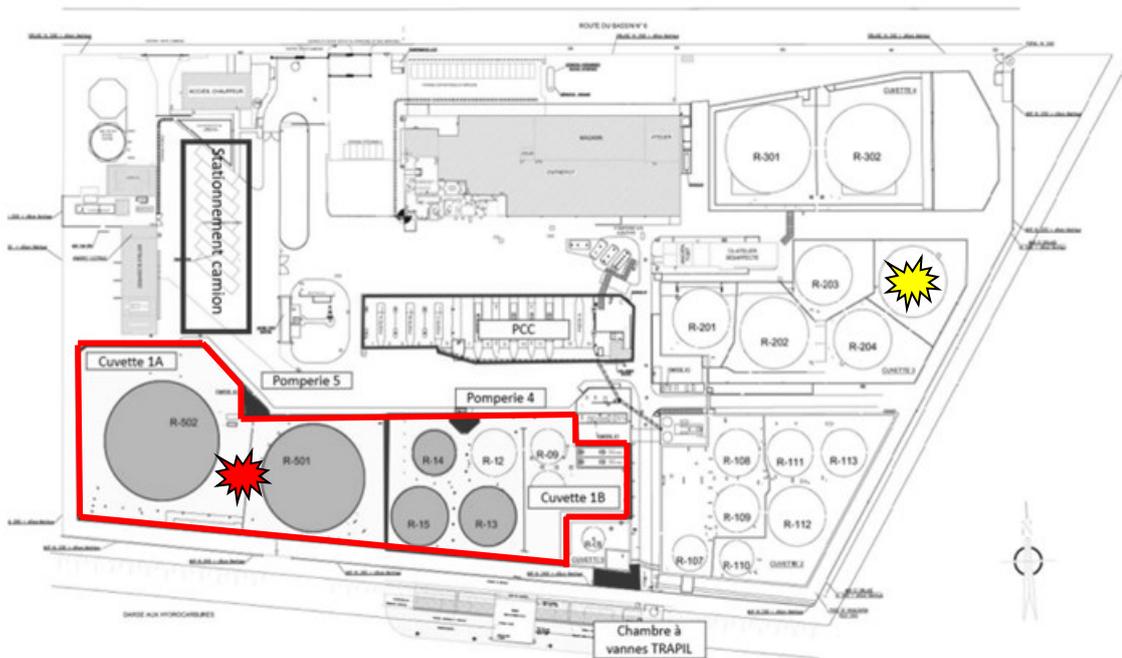


Figure 2 : Emplacement des sources d'explosions

La zone représentée en rouge sur la figure précédente montre la cuvette dans laquelle se répartit le nuage gazeux pour l'explosion UVCE.

L'explosion en ciel gazeux, au niveau du bac 205 est elle représentée en jaune.

## II.2 SCENARIOS

Deux scénarios transitoires sont réalisés :

- Une explosion de type UVCE associée à une perte de confinement sur cuvette
- Une explosion de ciel gazeux de réservoir pour un bac à toit fixe de volume important.

### II.2.1 UVCE

Le volume du nuage explosif est estimé en utilisant les abaques Van den Berg adaptés à la méthode multi-énergies.

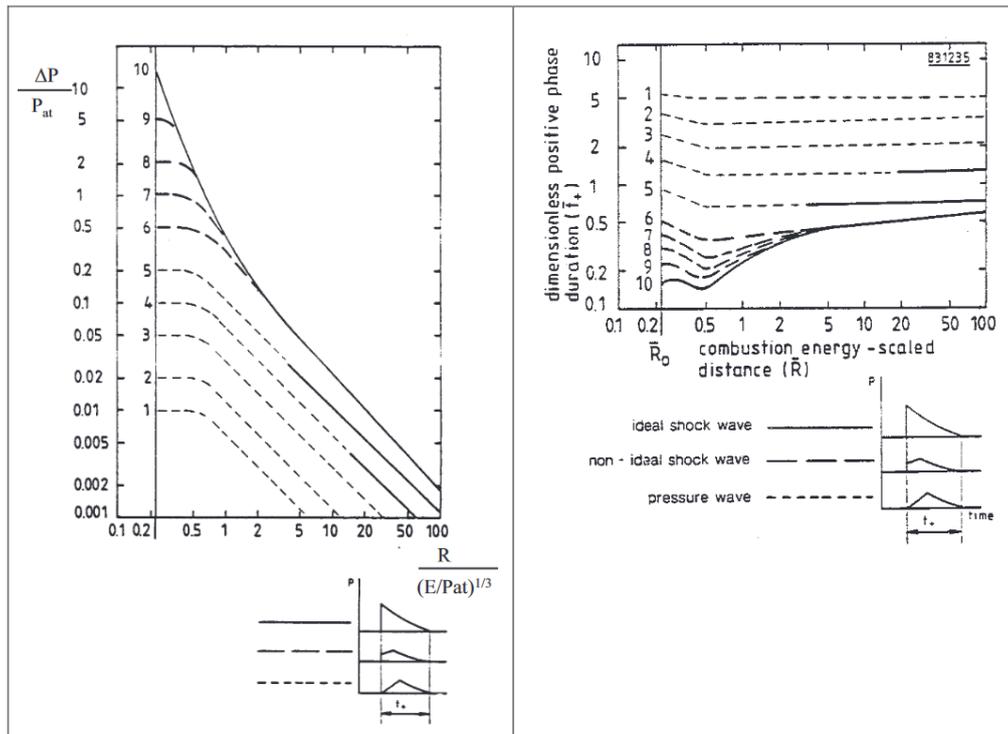


Figure 3 : Abaques Van den Berg

Pour une pression de 50mbar on a  $P/P_{atm} = 0.05$ . Ainsi on obtient la distance normalisée  $rb_{50}=1.8$ . Sachant, d'après les études d'impact réalisées pour le site de la SOGEPP, que la distance d'effets du seuil des 50mbar est de 147m, on trouve l'énergie du nuage explosif nécessaire ainsi que son volume et donc sa hauteur.

La hauteur du nuage gazeux est de 2.5 m pour un volume de 14 915 m<sup>3</sup>.

### II.2.2 Ciel gazeux

Dans ce cas, on considère le bac 205 de volume 6 129 m<sup>3</sup> rempli d'air à 500mbar de surpression.

### II.3 SEUILS DE SURPRESSION

L'arrêté du 29 septembre 2005 propose des seuils de surpression selon les dégâts et dommages attendus lors d'une explosion. Ces seuils sont détaillés dans les tableaux suivants.

|   | <b>Seuils des effets de surpression</b>                                    |
|---|--|
| <b>Effets irréversibles par effets indirects</b>          | 20 mbar<br><i>Effets irréversibles par projection de bris de vitres</i>    |
| <b>Dangers significatifs ou effets irréversibles</b>      | 50 mbar<br><i>Effets irréversibles par mise en mouvement des individus</i> |
| <b>Dangers graves ou premiers effets létaux</b>           | 140 mbar<br><i>Effets létaux par risque d'écrasement</i>                   |
| <b>Dangers très graves ou effets létaux significatifs</b> | 200 mbar<br><i>Effets létaux par effet direct (hémorragie pulmonaire)</i>  |

Tableau 1 : Seuils d'effets de surpressions pour les humains (Arrêté du 29 Septembre 2005)

|   | <b>Seuils des effets de surpression</b>   |
|---|---|
| <b>Seuil de destructions significatives des vitres (plus de 10% des vitres)</b> | 20 mbar   |
| <b>Seuil des dégâts légers</b>  | 50 mbar<br><i>Destruction de 75% des vitres</i>   |
| <b>Seuil des dégâts graves</b>  | 140 mbar<br><i>Effondrement partiel de certaines parois et des tuiles des maisons</i>                     |
| <b>Seuil des effets dominos</b>   | 200 mbar<br><i>Destruction des murs en parpaings<br/>Destruction de plus de 50% des maisons en brique</i> |
| <b>Seuil de dégâts très graves sur les structures, hors structure béton</b>     | 300 mbar  |

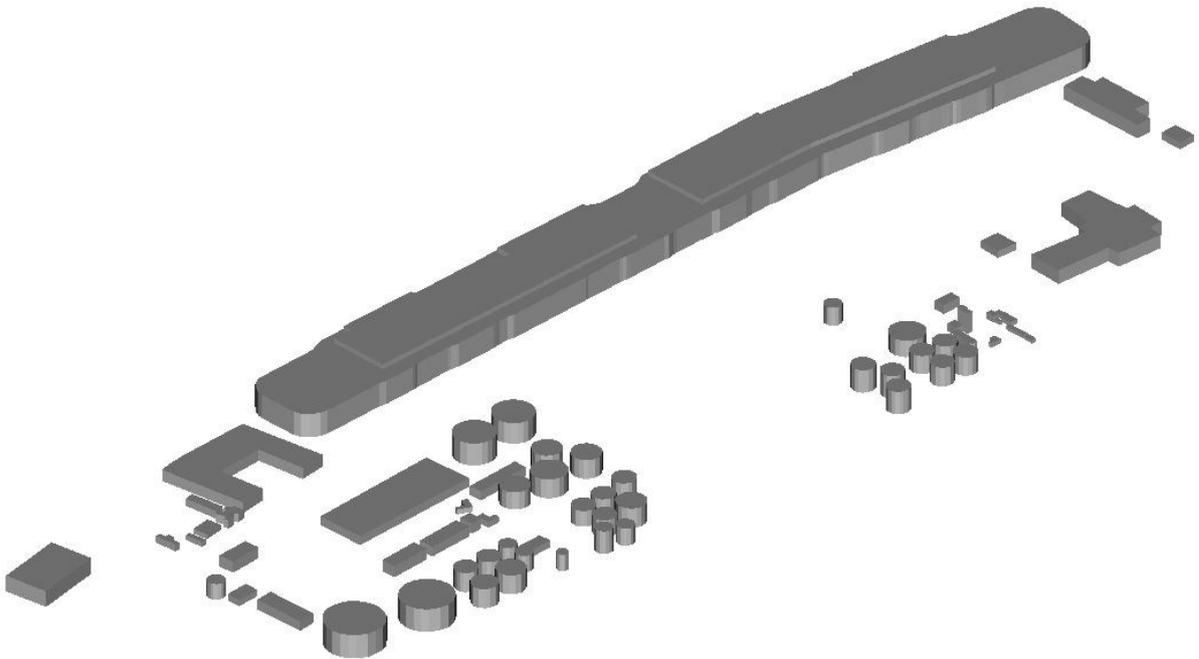
Tableau 2 : Seuils d'effets de surpressions pour les structures (Arrêté du 29 Septembre 2005)

### III. MODELE NUMERIQUE

---

#### III.1 GEOMETRIE

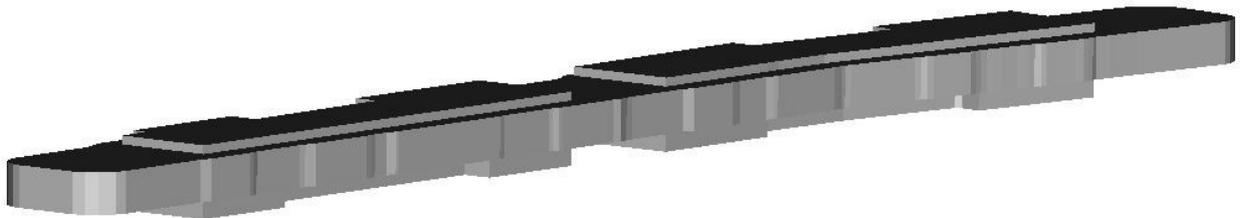
Les figures suivantes détaillent les géométries 3D créées pour modéliser les différents éléments du site.



*Figure 4 : Géométrie des obstacles et du bâtiment*

Le bâtiment est modélisé uniquement par ses faces extérieures, sur lesquelles sont mesurées les surpressions. Au rez-de-chaussée, les surpressions sont mesurées sur les murs du bâtiment, comme pour le dernier étage. Pour les premier et deuxième étages, une façade sera installée pour couvrir les coursives dans lesquelles vont se déplacer les camions. C'est donc sur ces façades que sont mesurées les surpressions.

Les figures suivantes détaillent la géométrie du bâtiment.



*Figure 5 : Géométrie du bâtiment*

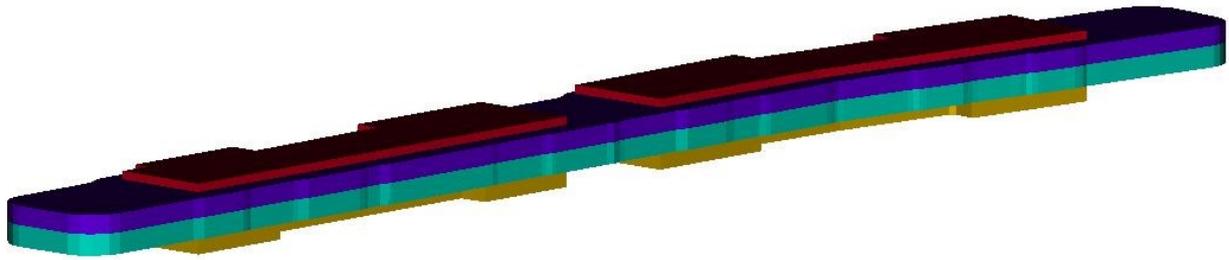


Figure 6 : Identifications des étages du bâtiment

### III.2 MAILLAGE

Un maillage de 1.4 millions d'éléments est mis en place pour modéliser les différents scénarios. Les figures suivantes montrent le maillage utilisé.

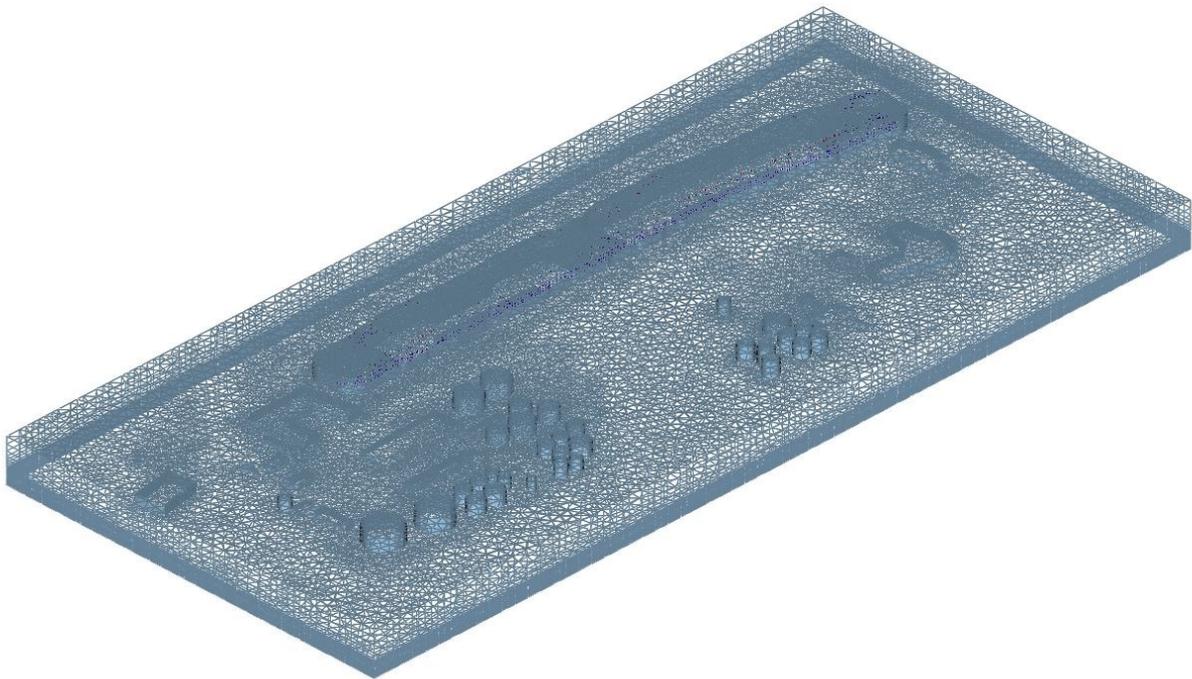
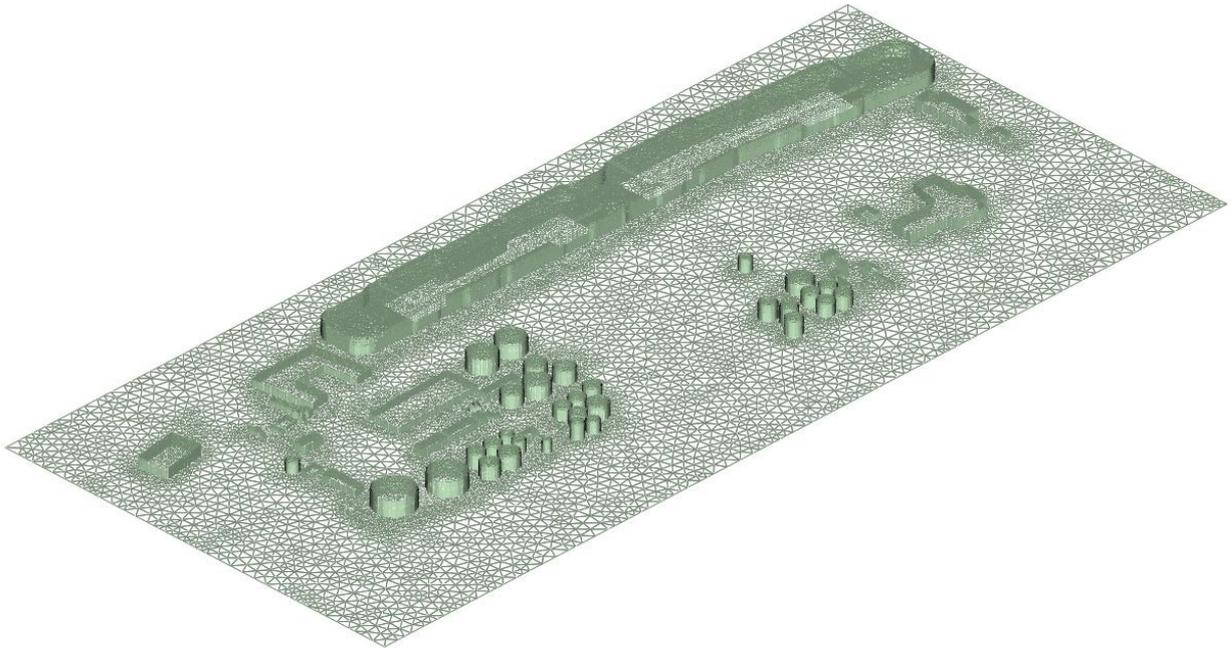
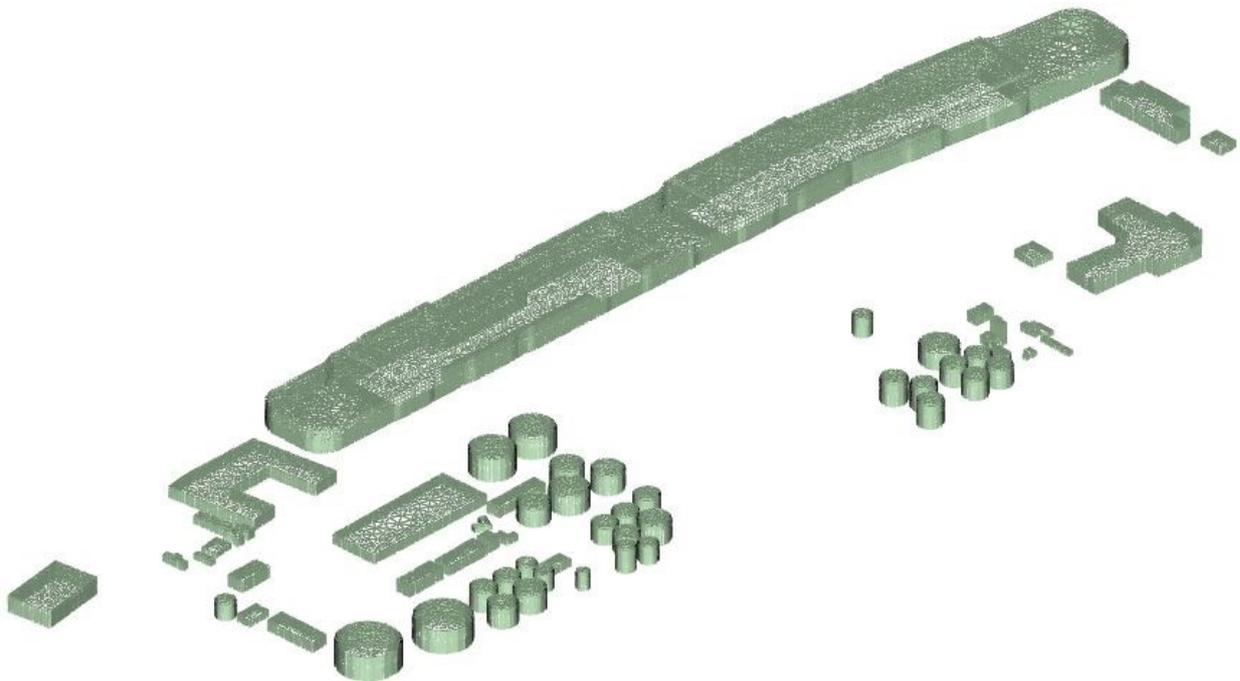


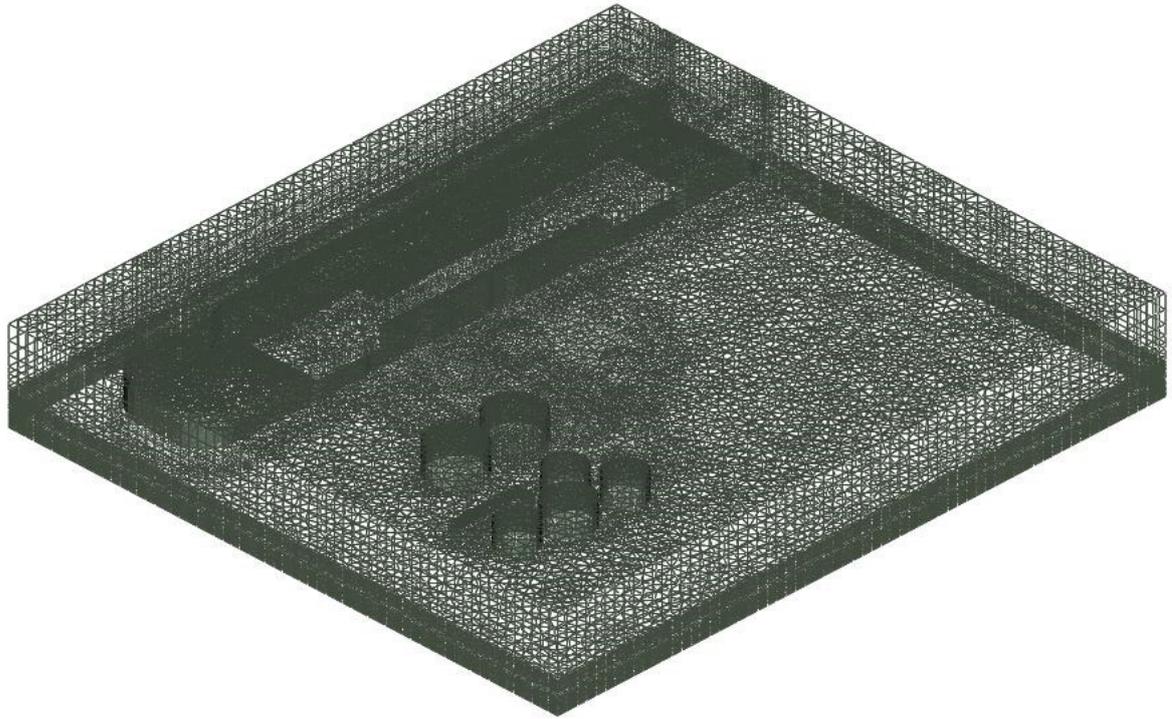
Figure 7 : Maillage fluide et structure cas 1



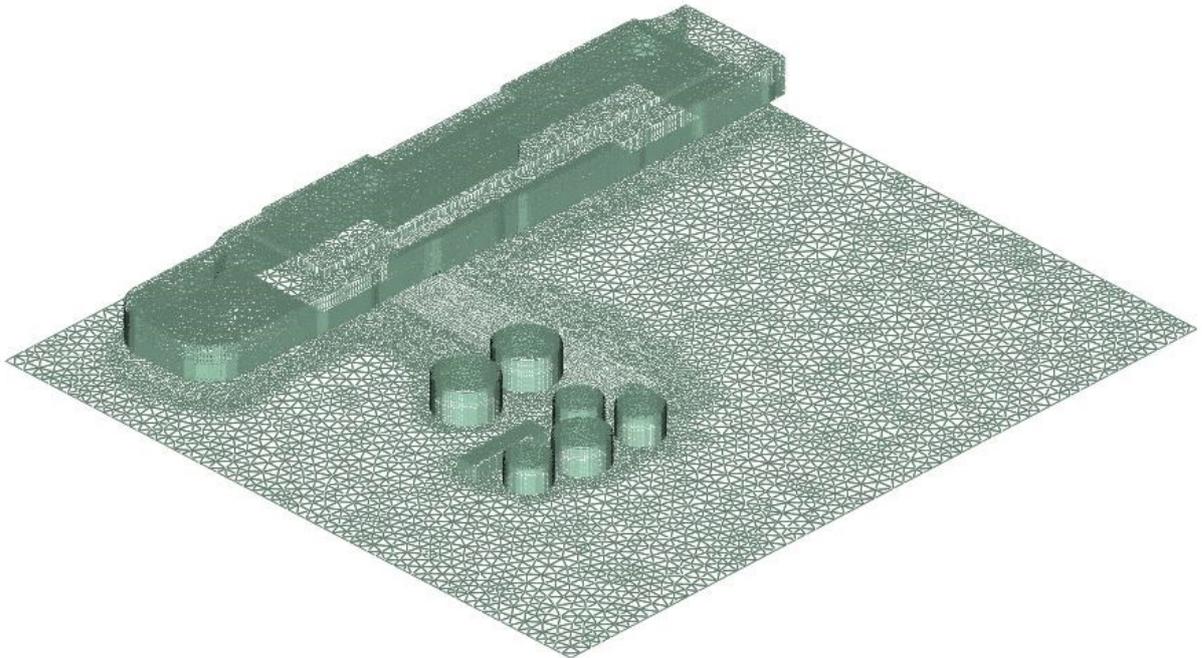
*Figure 8 : Maillage ouvert cas 1*



*Figure 9 : Maillage structure cas 2*



*Figure 10 : Maillage fluide et structure cas 2*



*Figure 11 : Maillage ouvert cas 2*

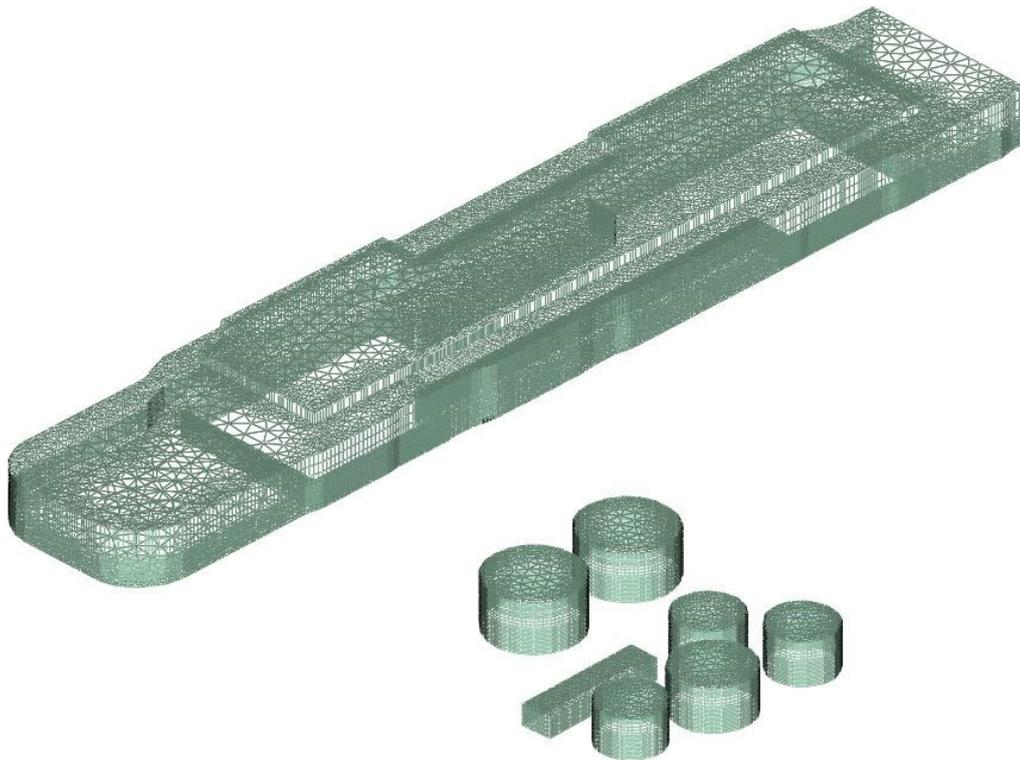


Figure 12 : Maillage structure cas 2

Le maillage est adapté pour chaque cas avec un raffinement autour de la zone de l'explosion dans chaque cas.

Le tableau suivant récapitule les caractéristiques du maillage pour chaque cas.

| Maillage | Mailles | Eléments | Nœuds   | Taille du plus petit élément |
|----------|---------|----------|---------|------------------------------|
| Fluide   | Wedge   | 1.4E+06  | 7.9E+05 | 2.5E-01 m                    |

Tableau 3 : Caractéristiques du maillage cas 1

| Maillage | Mailles | Eléments | Nœuds   | Taille du plus petit élément |
|----------|---------|----------|---------|------------------------------|
| Fluide   | Wedge   | 3.9E+06  | 2.1E+06 | 6.25E-02 m                   |

Tableau 4 : Caractéristiques du maillage cas 2

### III.3 POINTS DE PRELEVEMENTS

Dans le but de mesurer la distance aux différents seuils de surpression, des points de prélèvement sont positionnés autour des zones d'explosions. Ces points sont représentés sur la figure suivante.

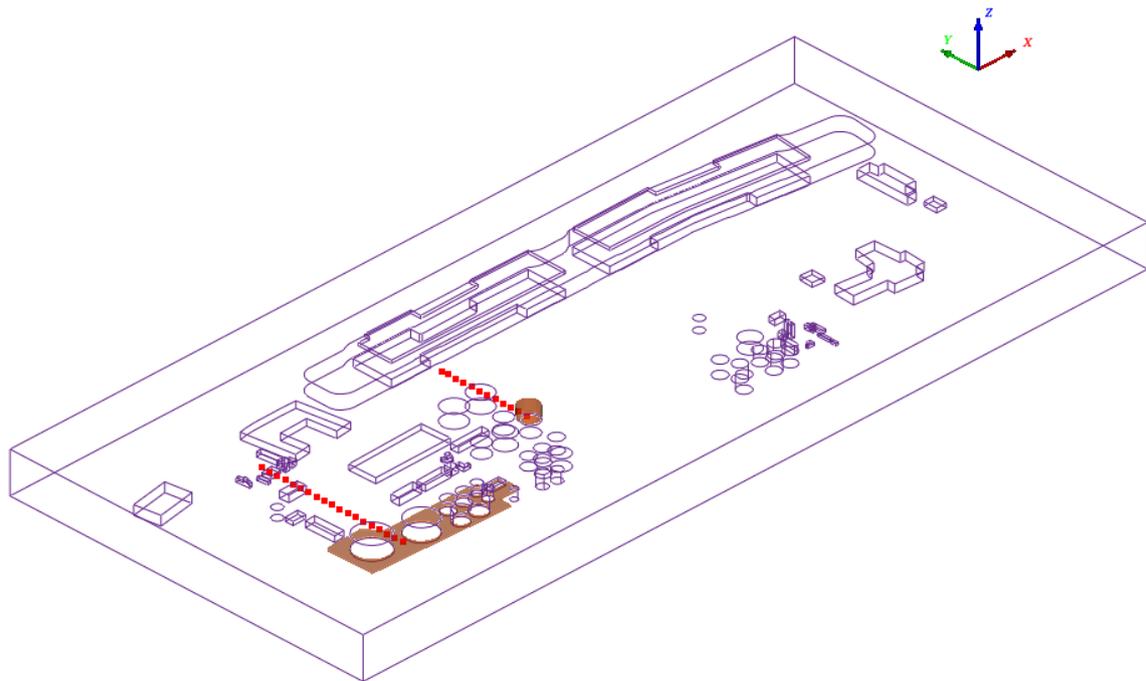


Figure 13 : Emplacement points de prélèvement cas 1

De plus des points de prélèvements sont sur les parois du bâtiment afin d'y mesurer les surpressions.

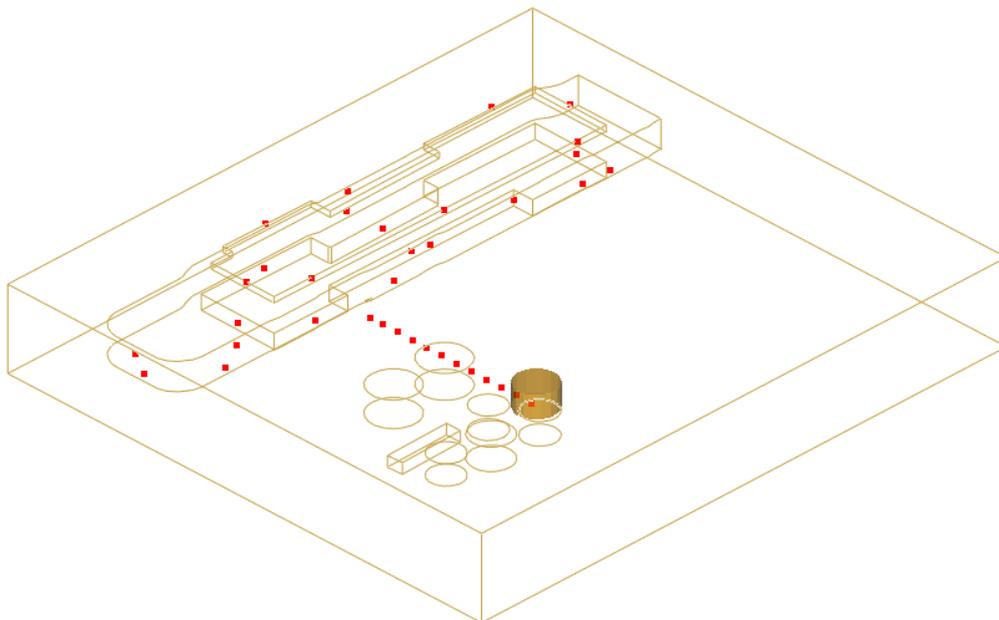


Figure 14 : Emplacement points de prélèvement cas 2

#### III.4 PARAMETRES DE SIMULATION

Les paramètres de simulation suivant sont considérés :

- Écoulement compressible
- Modèle de turbulence : k-ε standard
- La gravité est négligée.

La déflagration est modélisée par un modèle EDT de combustion turbulente.

### III.5 CONDITIONS INITIALES

#### III.5.1 UVCE

Le mélange explosif est allumé à l'instant initial.

#### III.5.2 Ciel gazeux

A l'instant initial, la pression est relâchée. L'air dans le bac est à température ambiante.

### III.6 MATÉRIAUX

Le mélange gazeux utilisé pour l'UVCE est un mélange air-essence à la stœchiométrie. (3.5% d'essence).

L'essence pris en compte est du C<sub>5</sub>H<sub>12</sub>.

Les propriétés des fluides sont détaillées dans le tableau suivant.

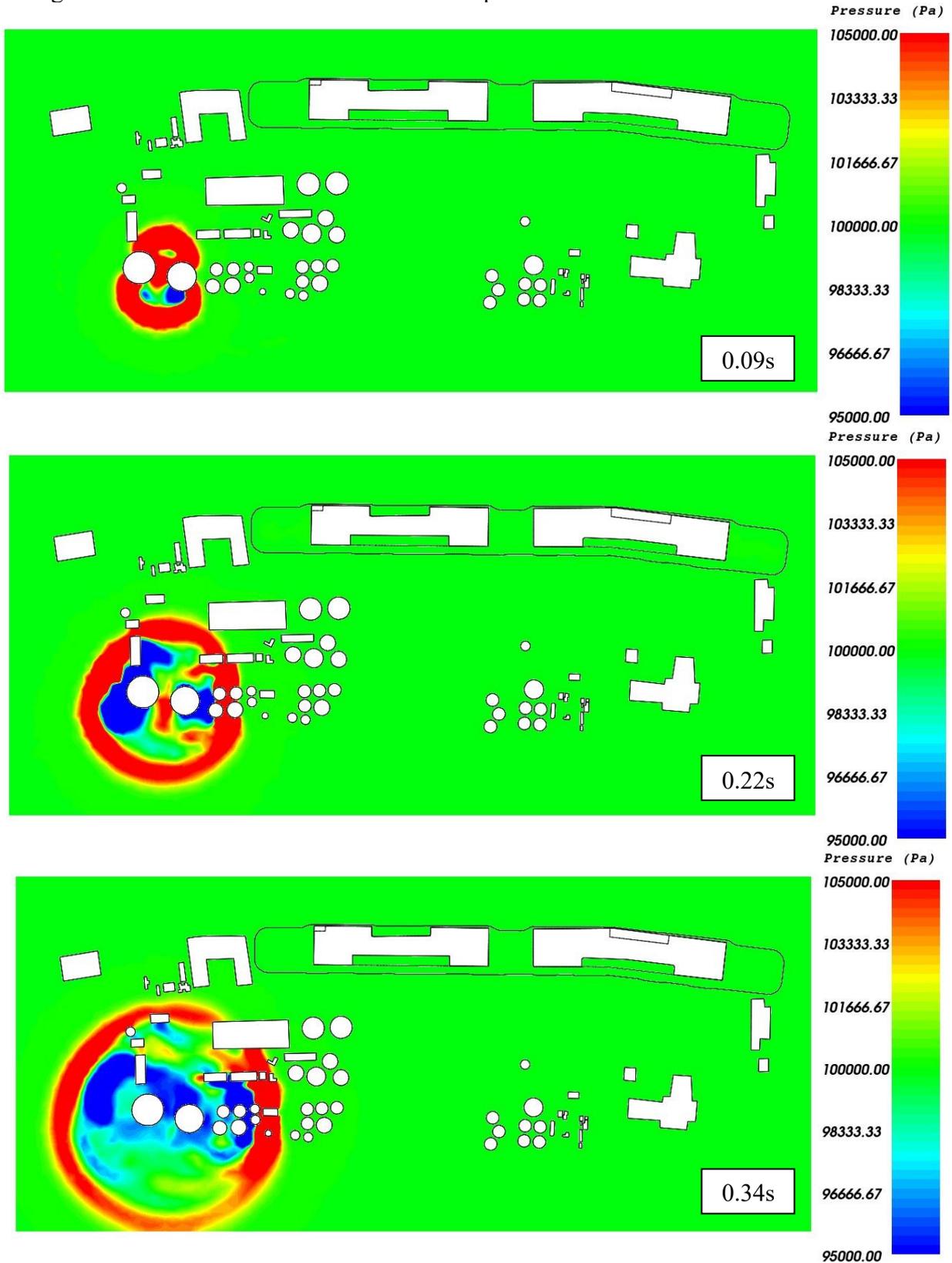
| Produit | Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> ) | Viscosité dynamique (mPa.s) | Température (°C) |
|---------|--------------------------------------|-----------------------------|------------------|
| Essence | 621                                  | 0.225                       | 25               |

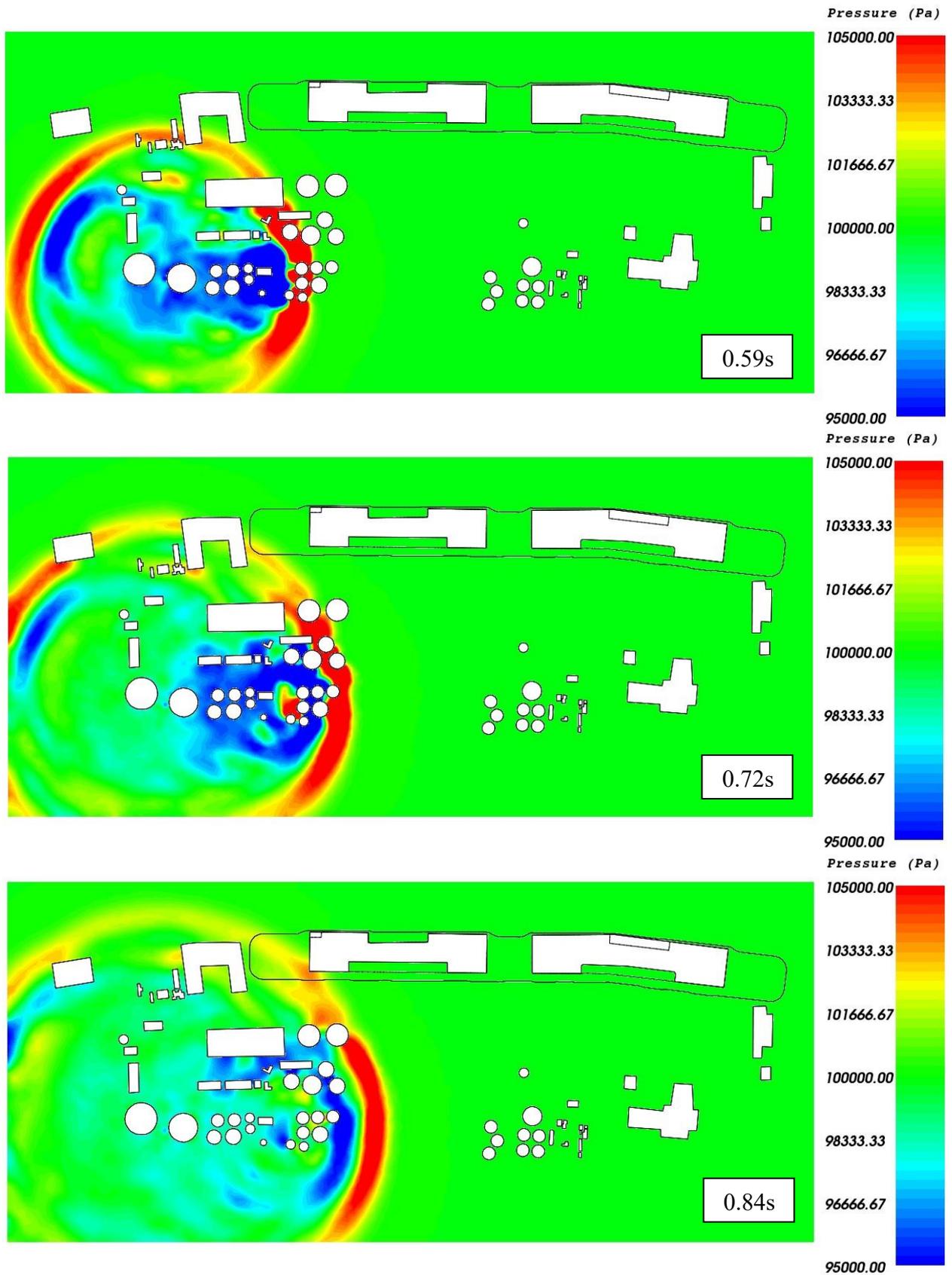
Tableau 5 : Propriétés du fluide

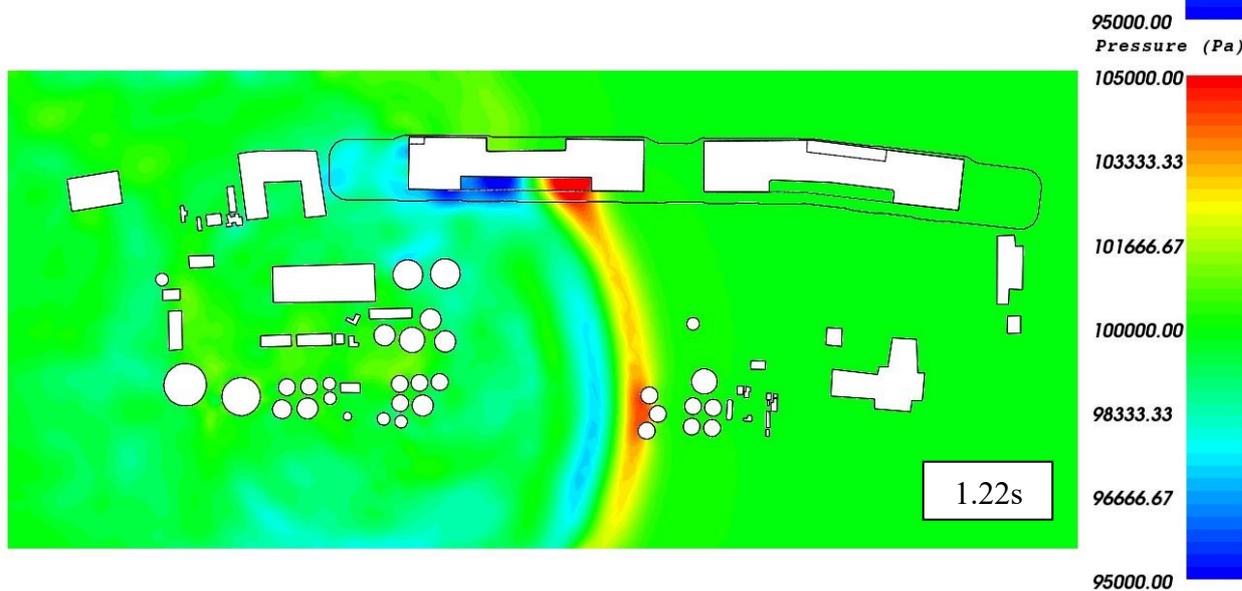
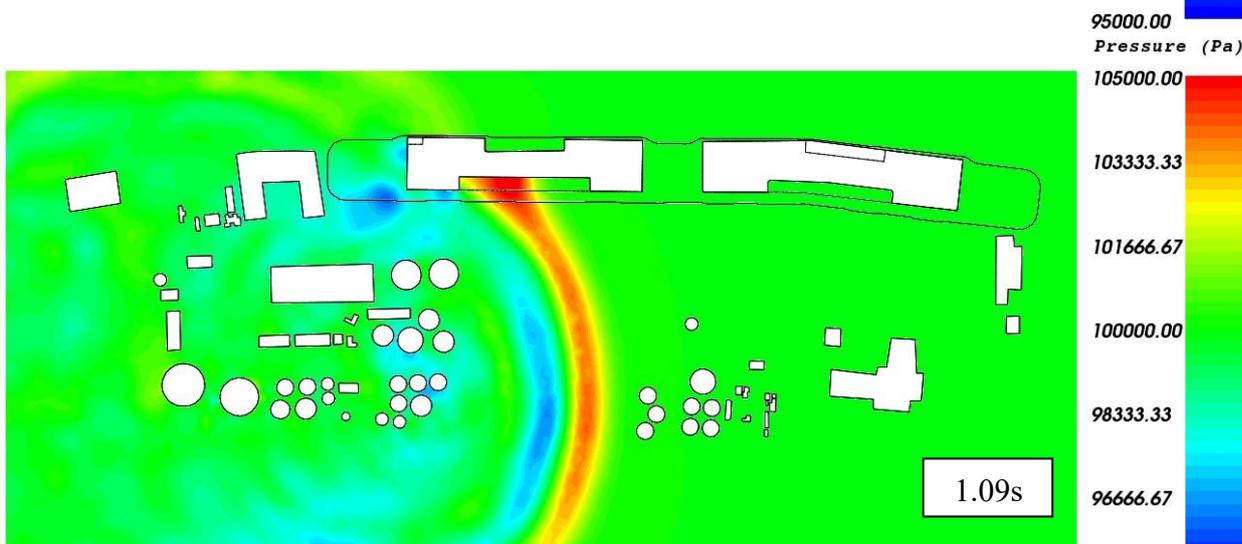
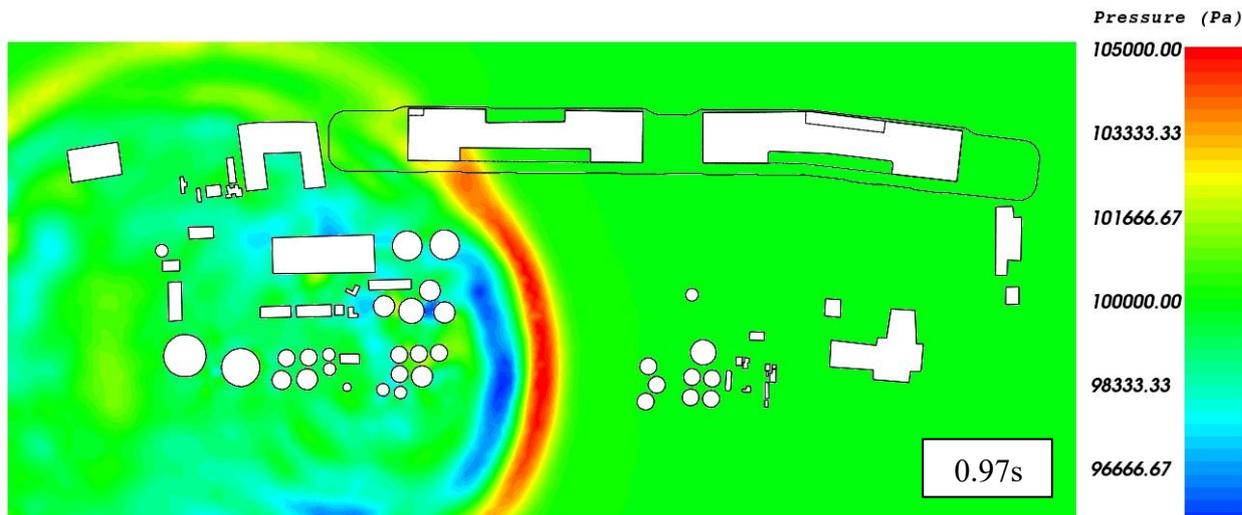
## IV. RESULTATS ET ANALYSE POUR L'UVCE

### IV.1 COMPORTEMENT GENERAL DE L'ONDE

Les figures suivantes montrent l'évolution de la pression dans le domaine de  $t=0.09s$  à  $t=1.34s$ .







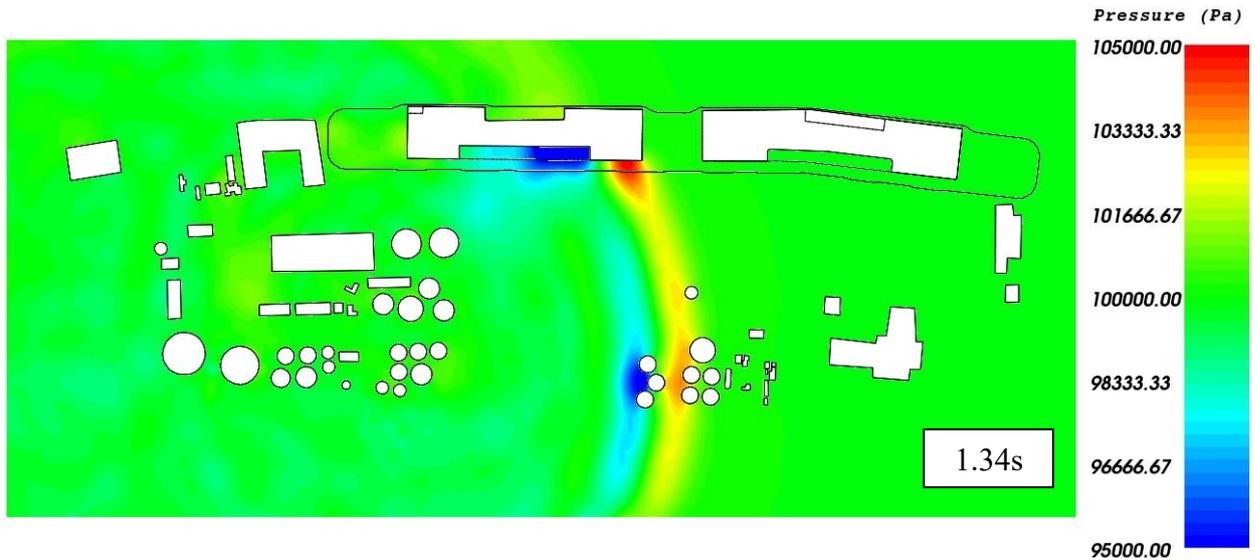
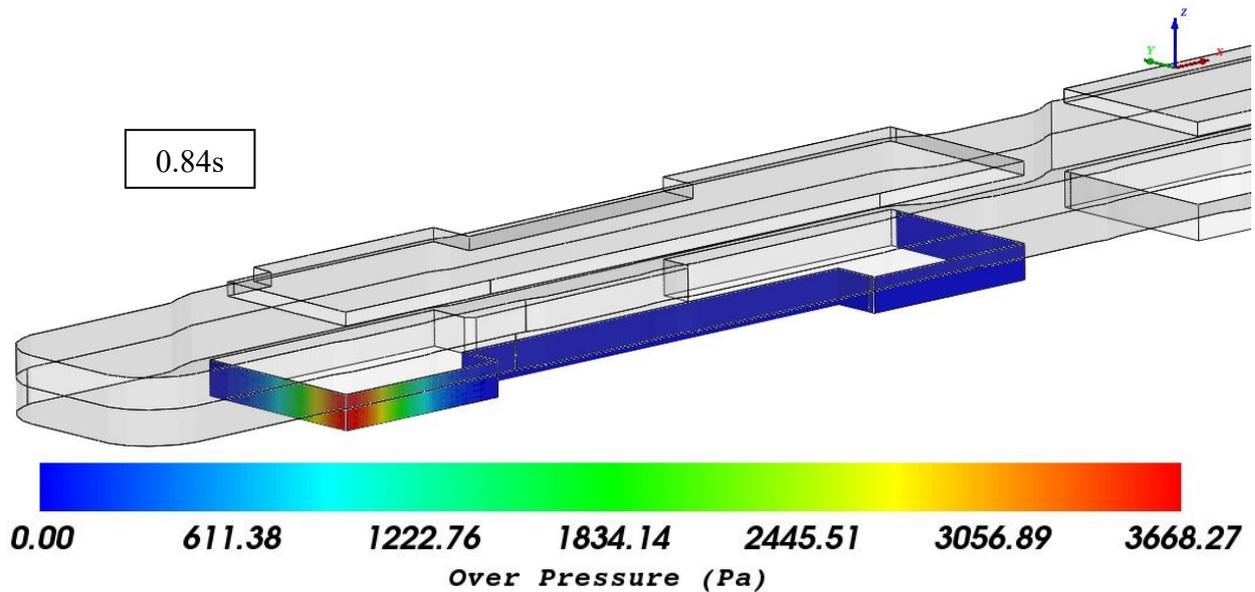


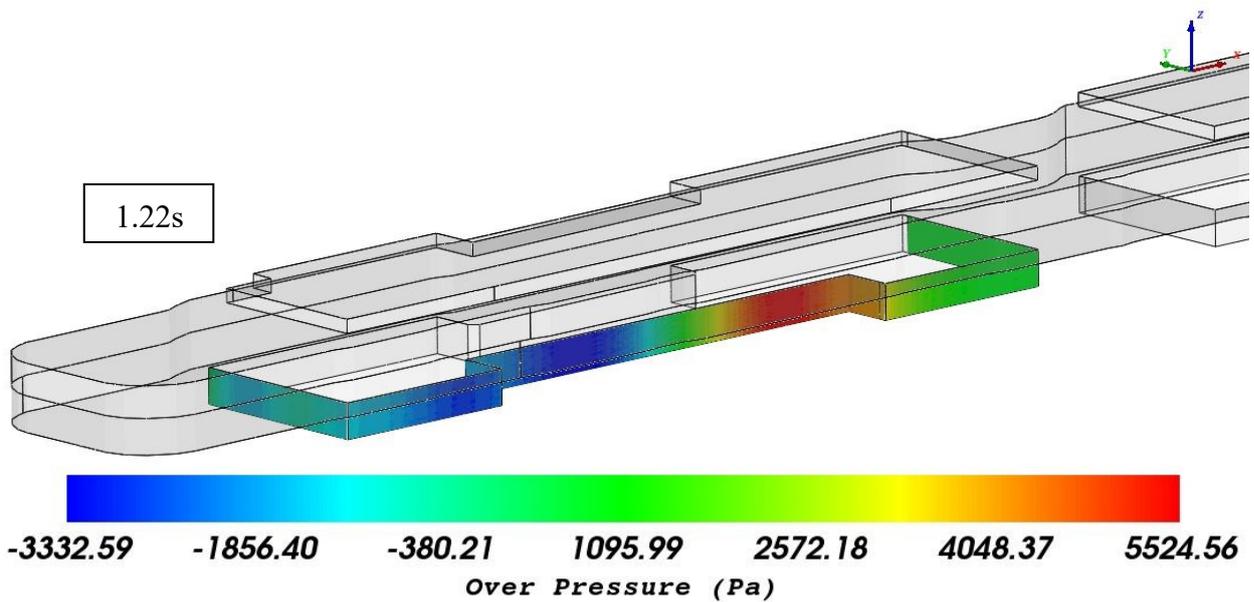
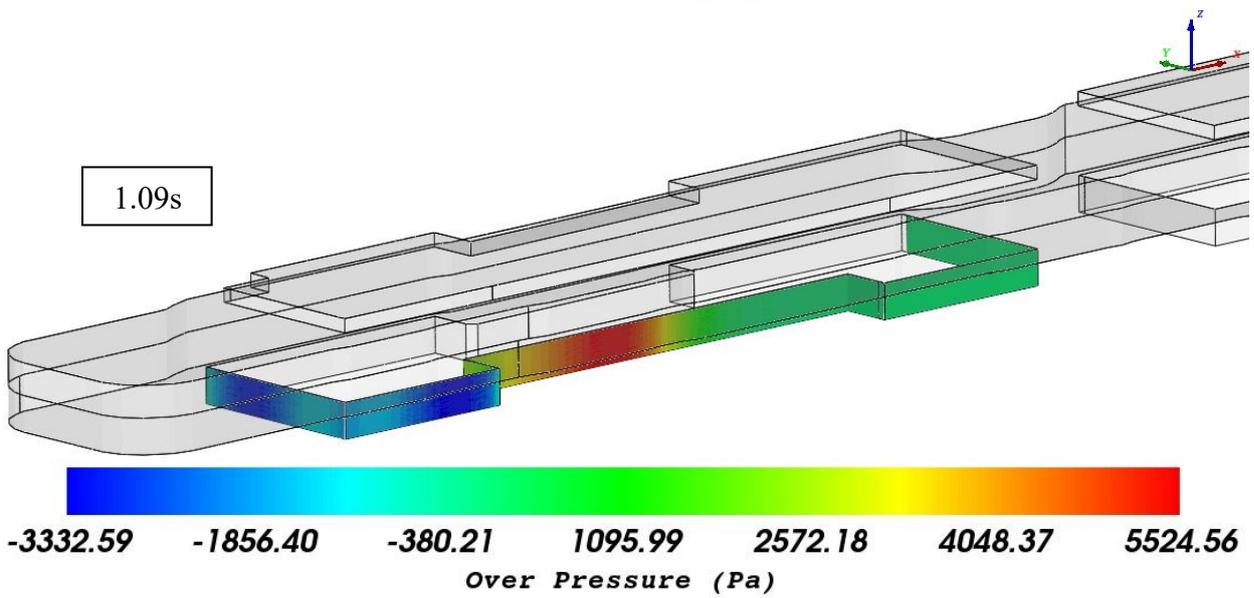
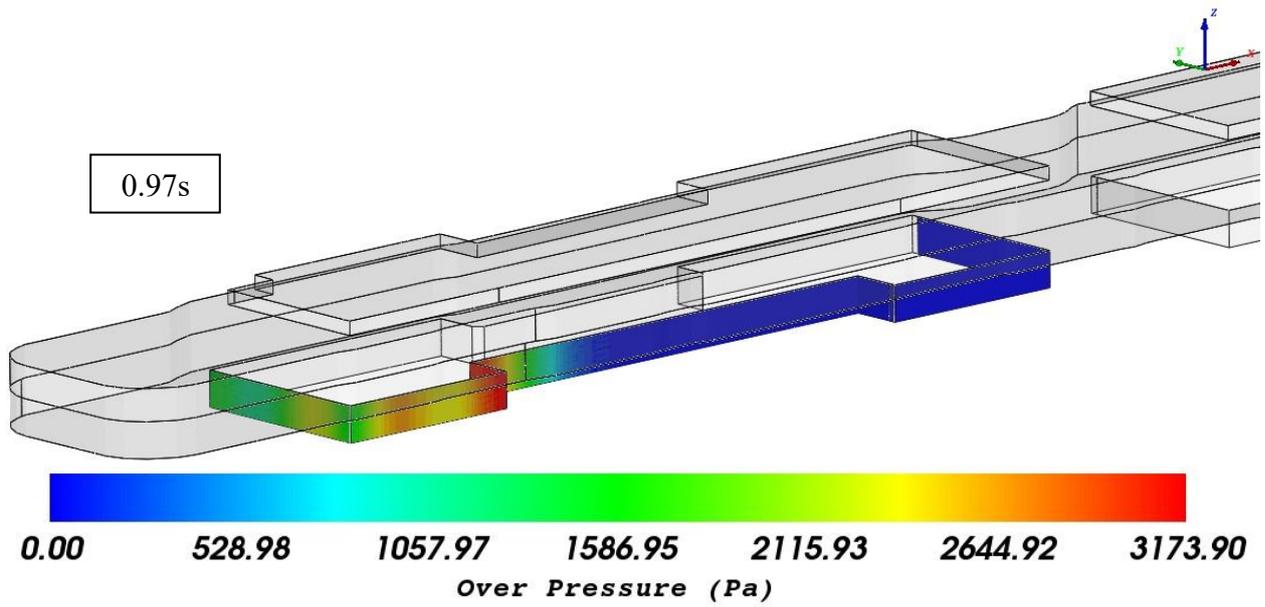
Figure 15 : Évolution de la pression dans le domaine de 0.09s à 1.34s (vue de coupe à  $z=1.5m$ ) (échelle fixe)

#### IV.2 ONDES DE SURPRESSION AU NIVEAU DES POINTS D'INTERET

Les figures suivantes montrent l'évolution de la surpression au niveau des parois du bâtiment de 0.84s à 1.34s pour chaque étage.

Pour le rez-de-chaussée on a l'évolution suivante.





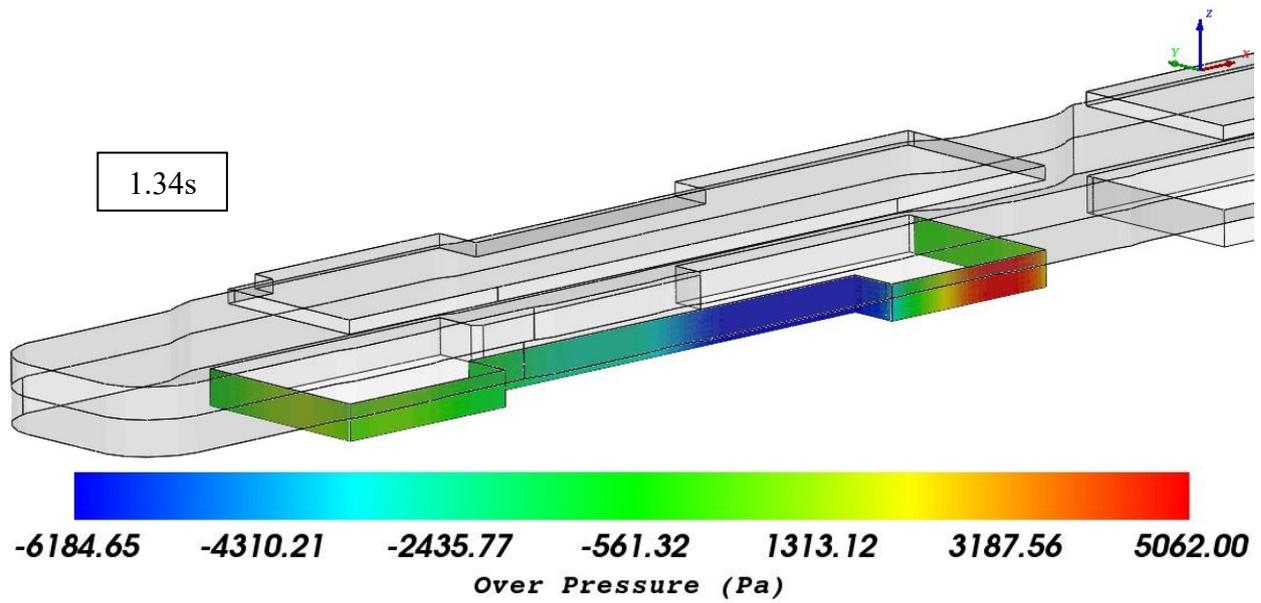
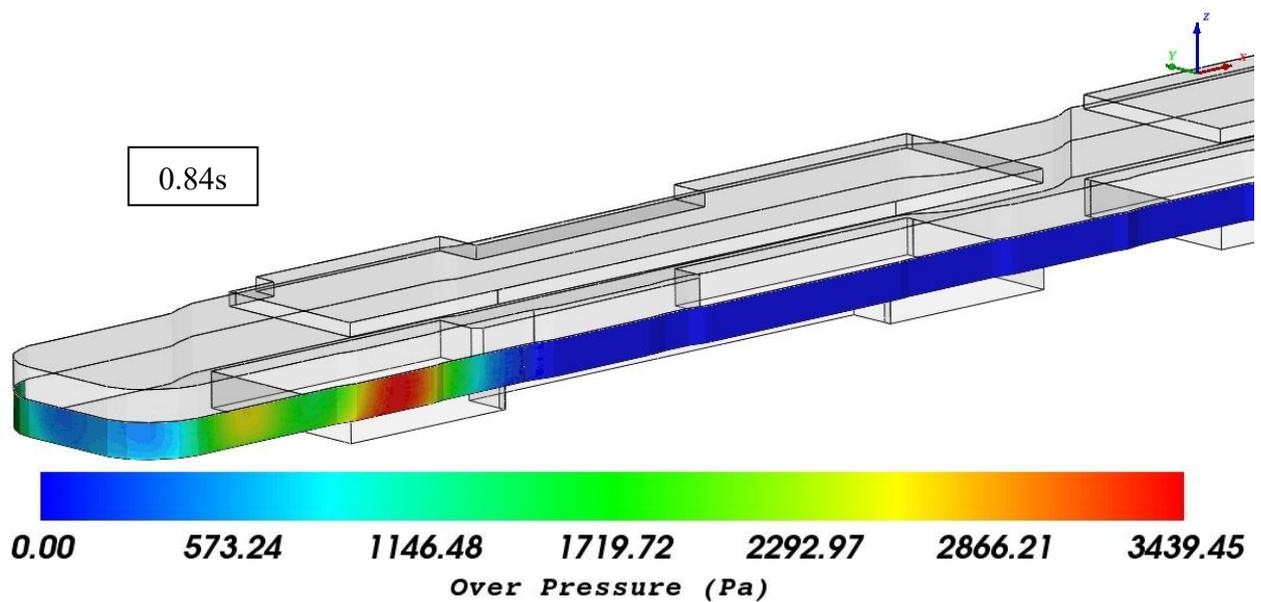
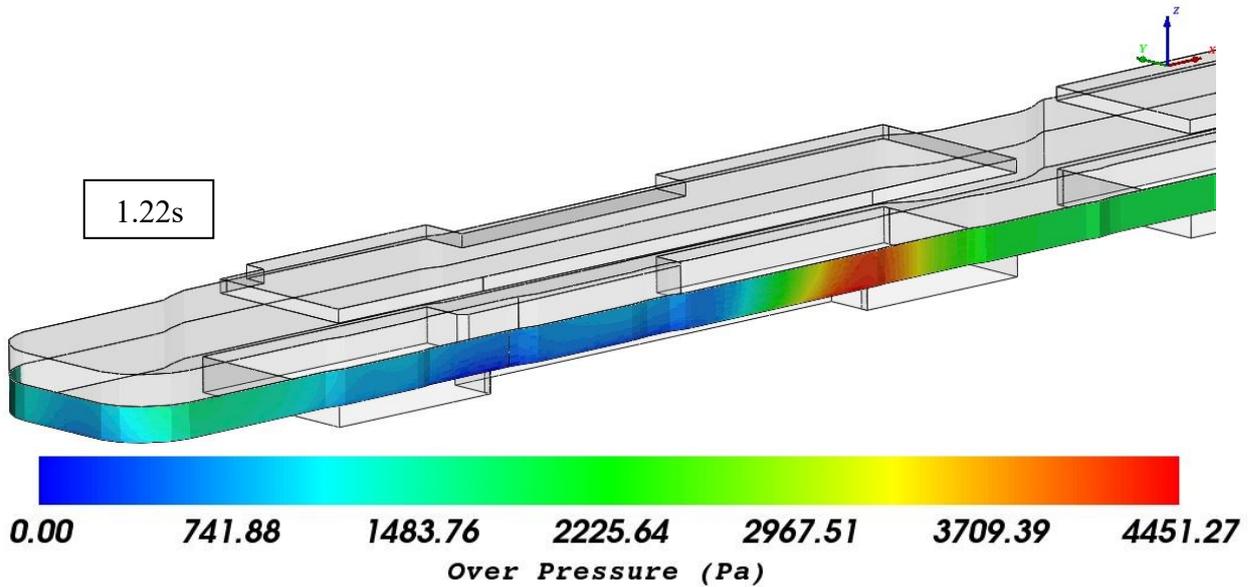
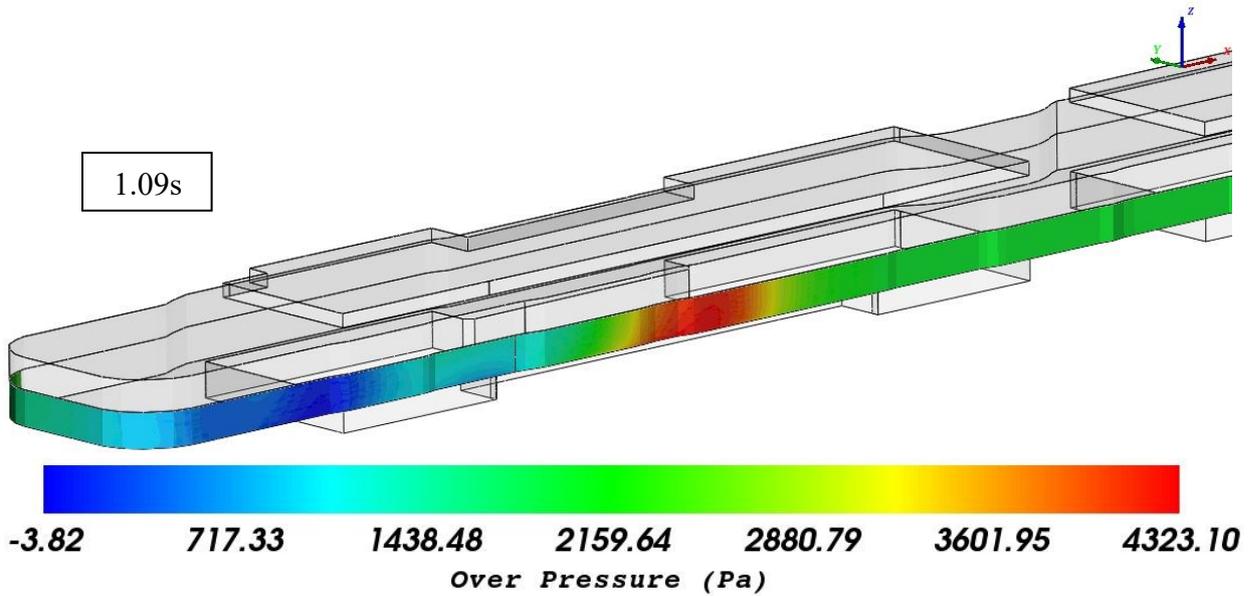
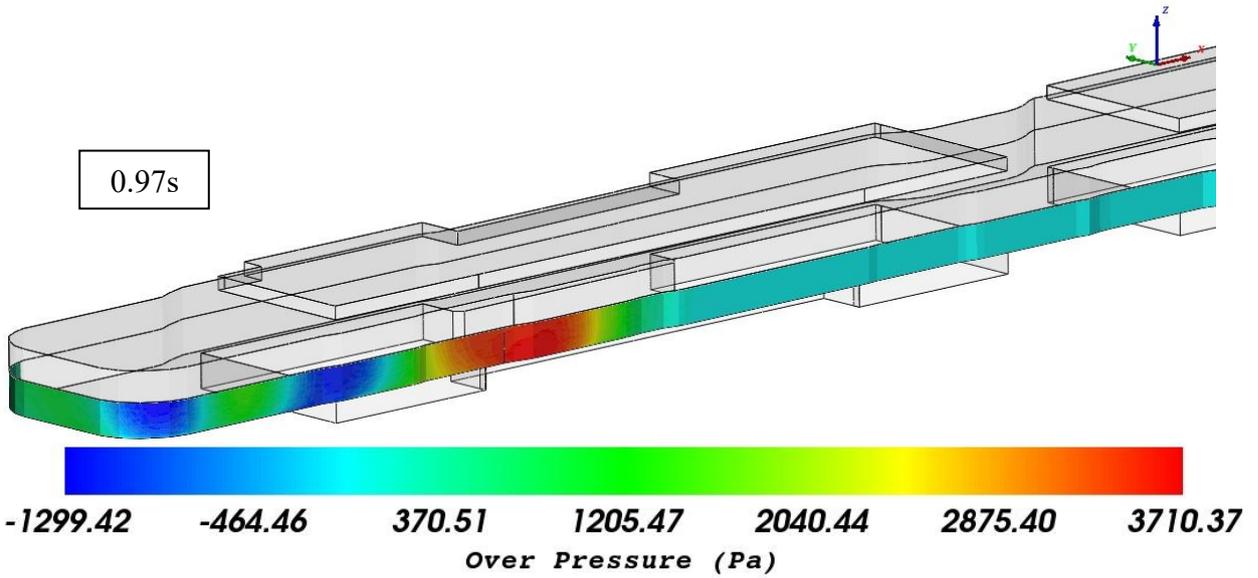


Figure 16 : Évolution de la surpression au niveau des murs du rez-de-chaussée de 0.84s à 1.34s

Les figures suivantes montrent la même évolution pour le 1<sup>er</sup> étage.





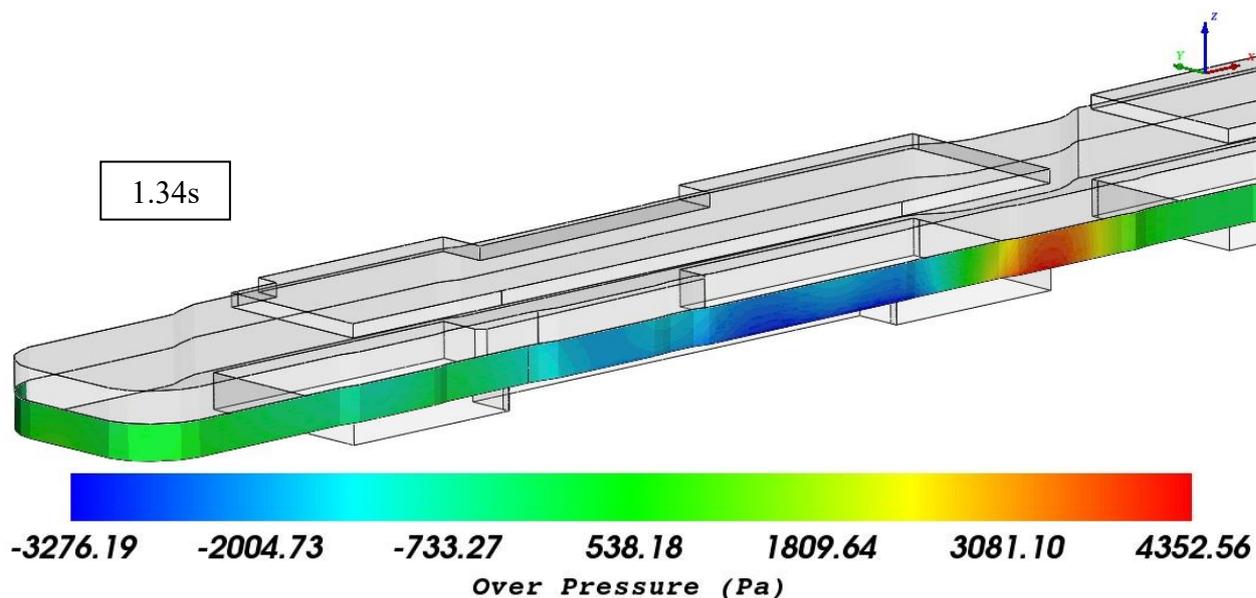
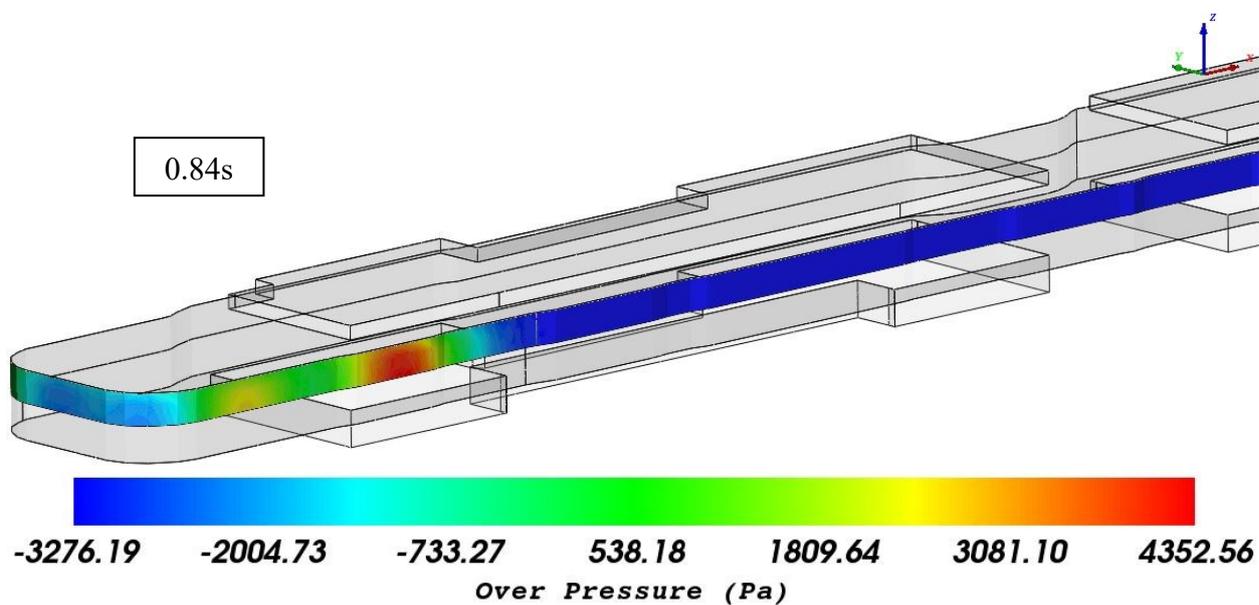
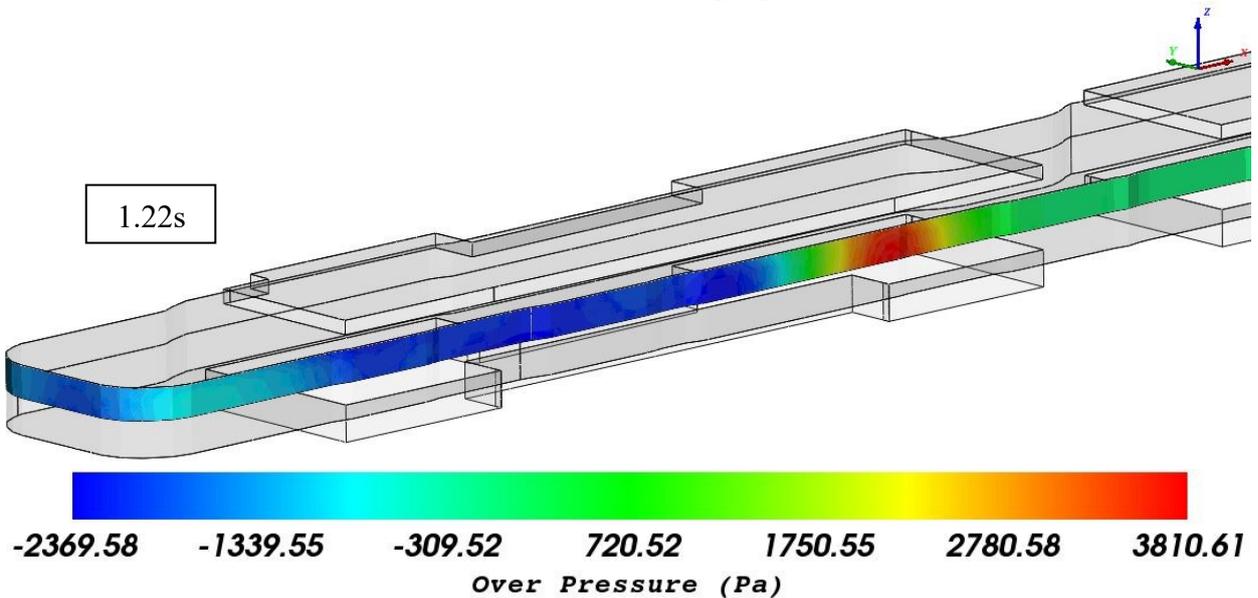
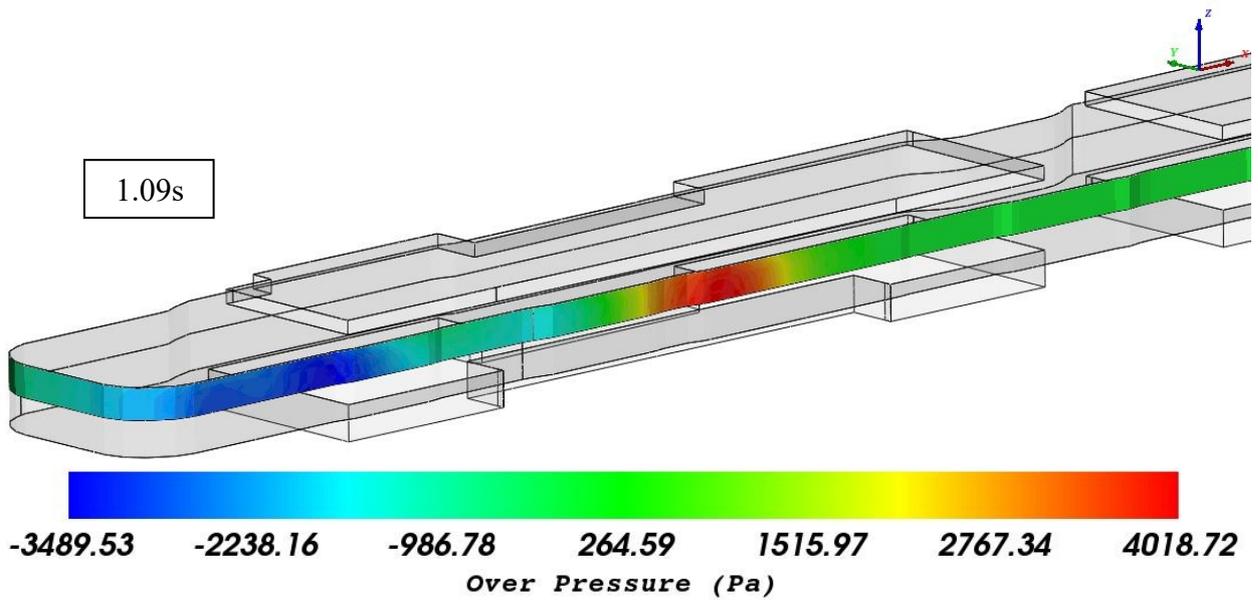
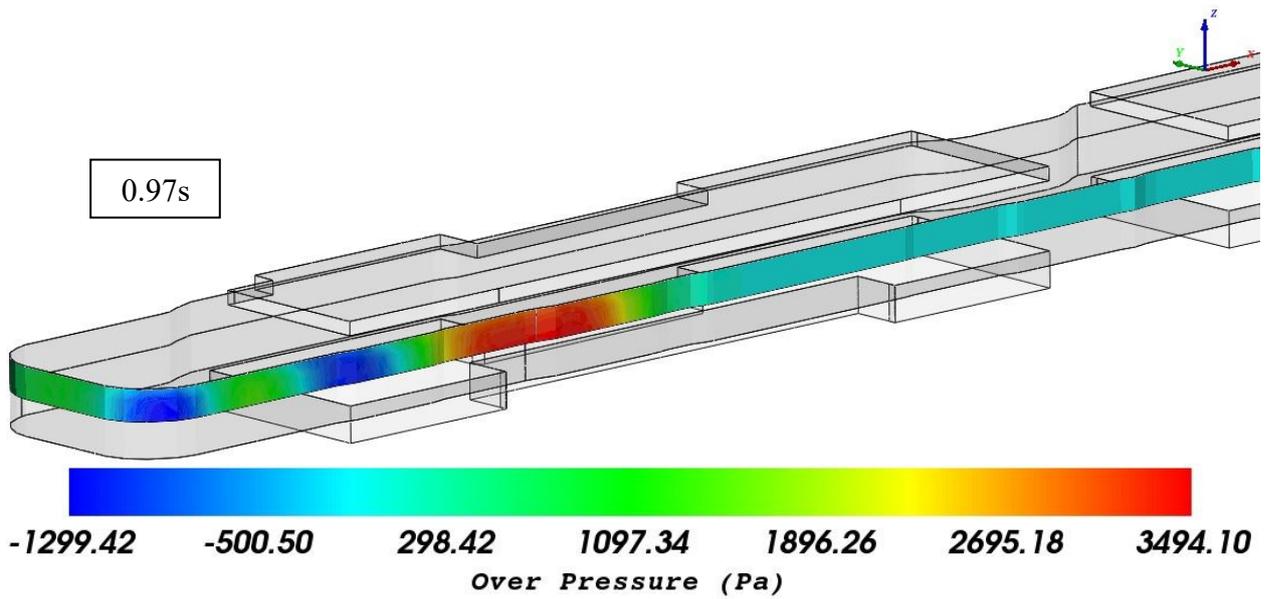


Figure 17 : Évolution de la surpression au niveau des murs du 1<sup>er</sup> étage de 0.84s à 1.34s

Les figures suivantes montrent la même évolution pour le 2<sup>ème</sup> étage.





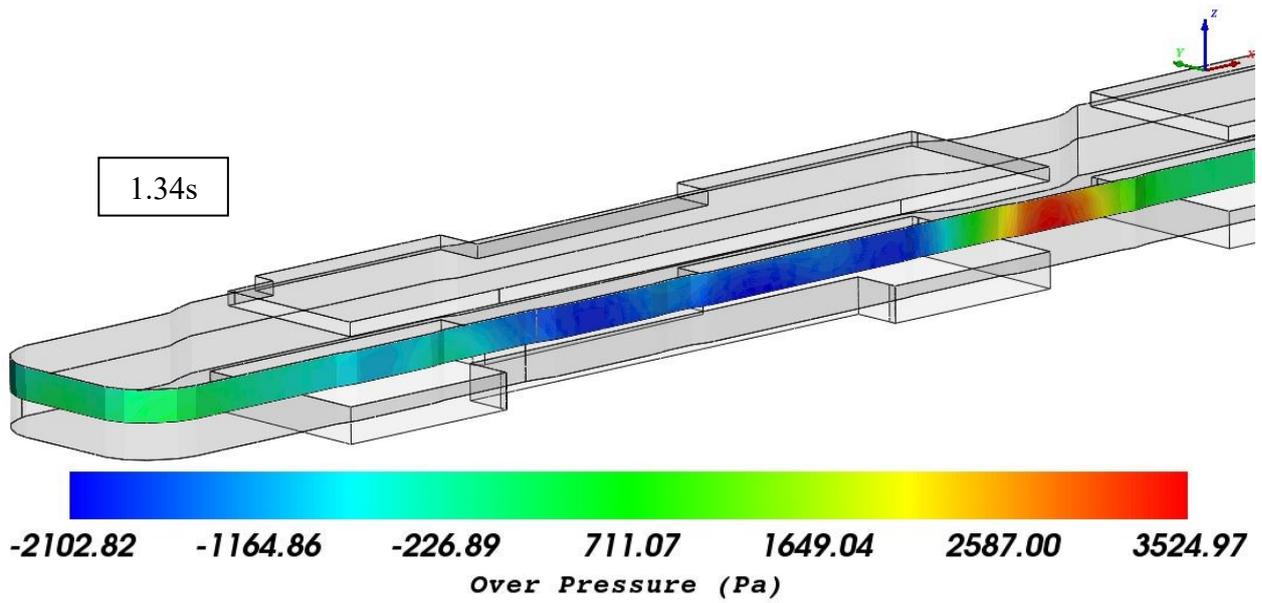
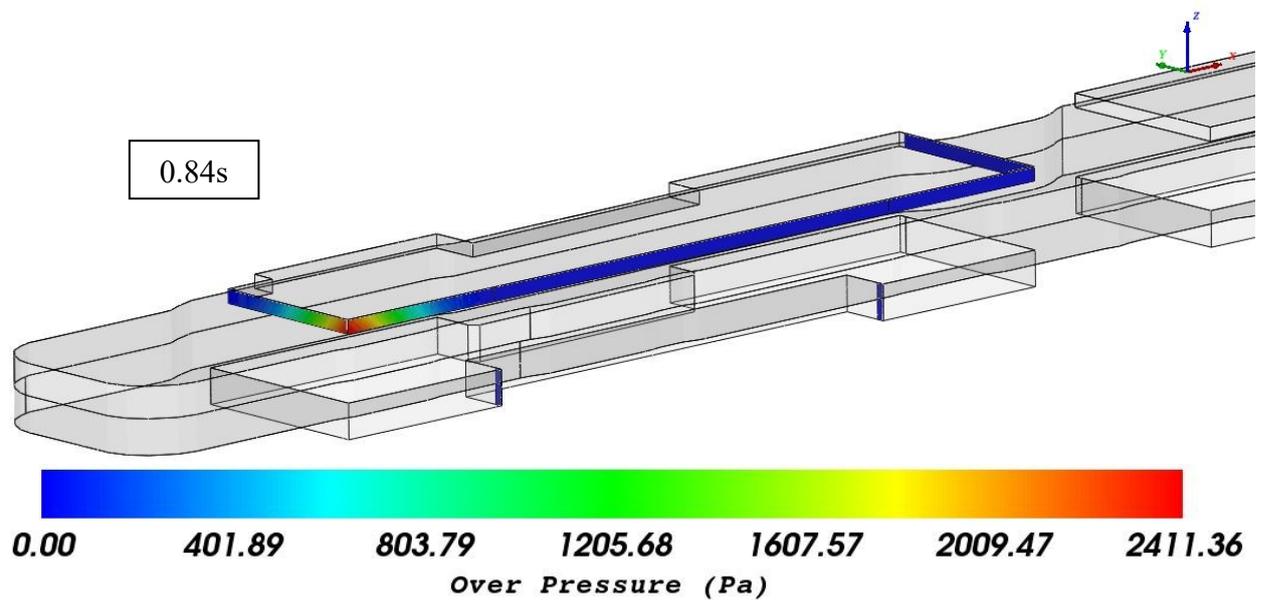
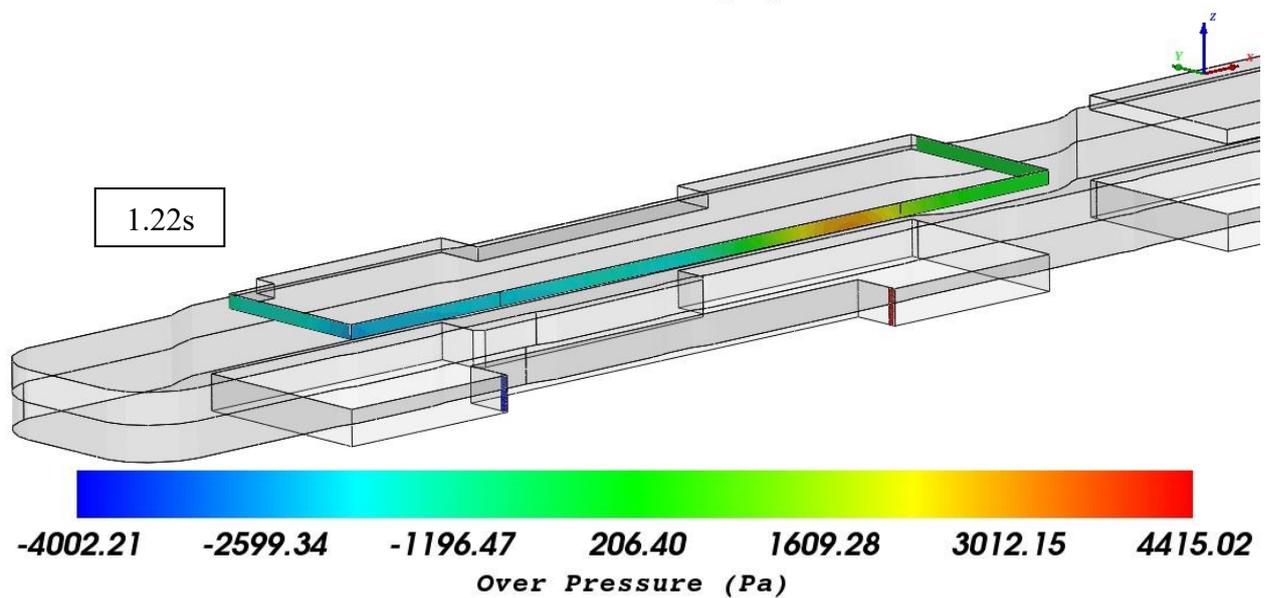
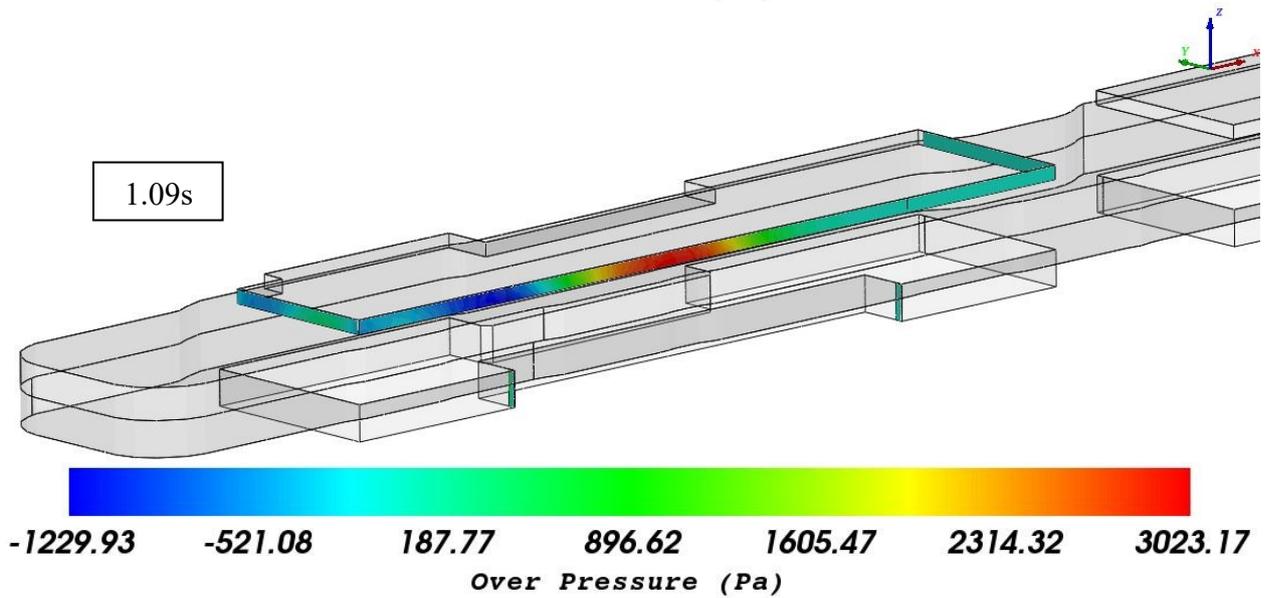
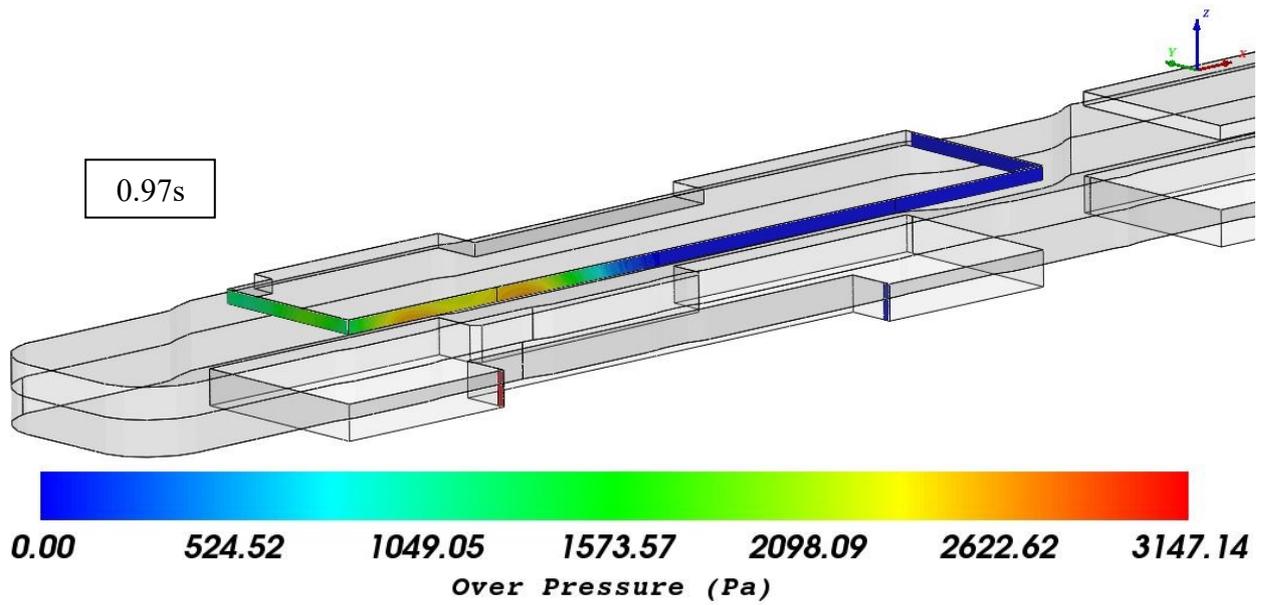


Figure 18 : Évolution de la surpression au niveau des murs du 2<sup>ème</sup> étage de 0.84s à 1.34s

Les figures suivantes montrent la même évolution pour le dernier étage.





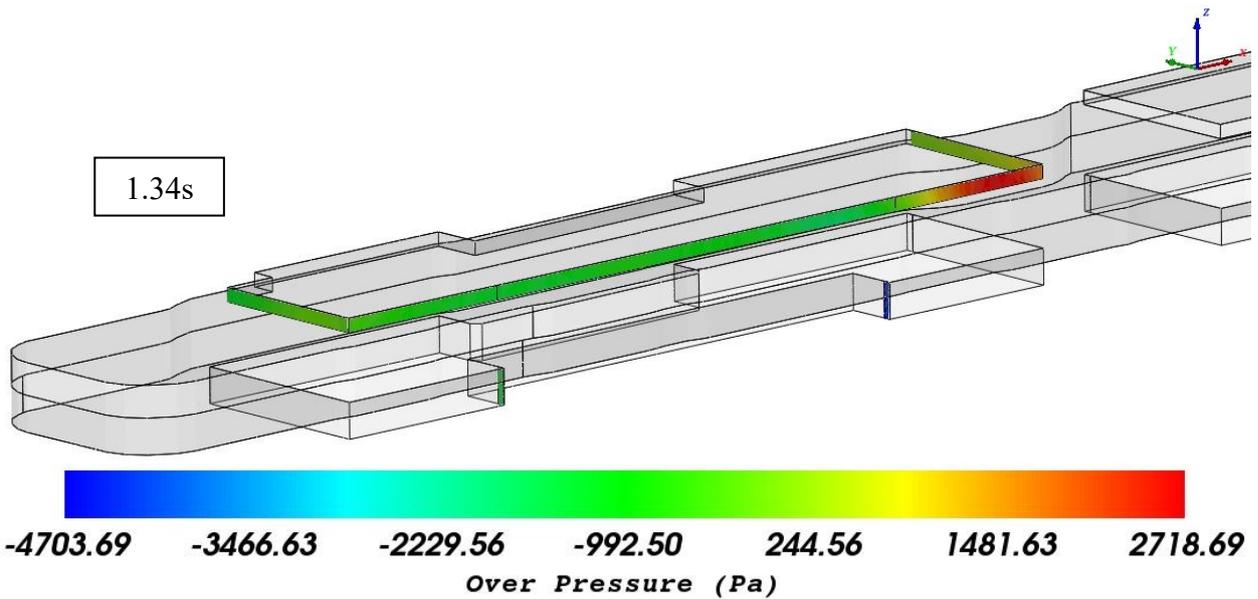


Figure 19 : Évolution de la surpression au niveau des murs du dernier étage de 0.84s à 1.34s

Les figures précédentes ne montrent les surpressions que sur la partie gauche du bâtiment car c'est ici que se situe les pressions les plus élevées.

Le graphe suivant montre l'évolution de la surpression enregistré par différents capteurs en champ libre.

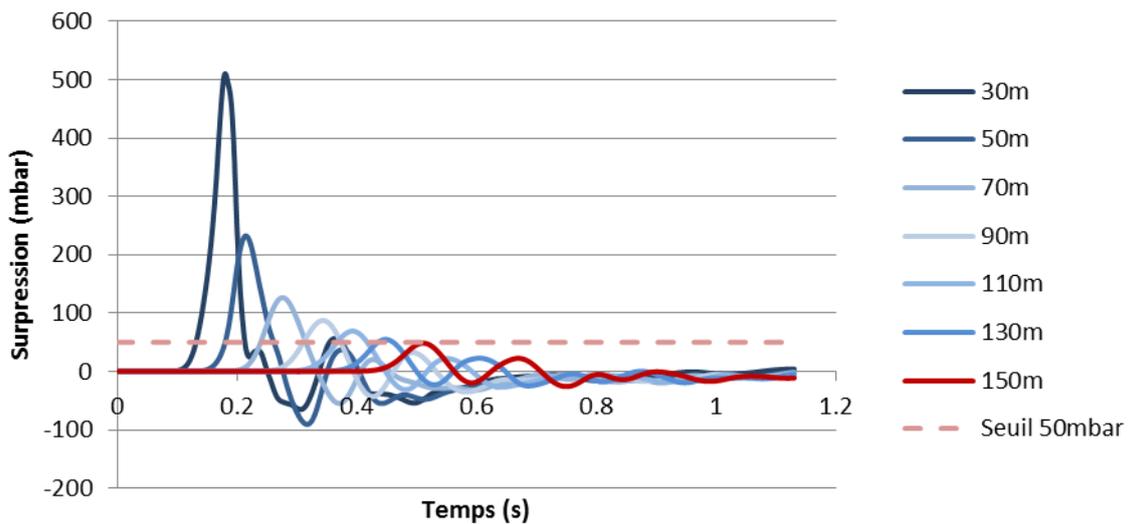


Figure 20 : Évolution de la surpression en champ libre

Le capteur positionné à 150m enregistre bien une surpression maximale de 50mbar correspondant au seuil des effets irréversibles. La modélisation effectuée ici est donc en accord avec l'étude menée précédemment.

Le graphe suivant montre l'évolution de la surpression maximale au niveau de chaque étage.

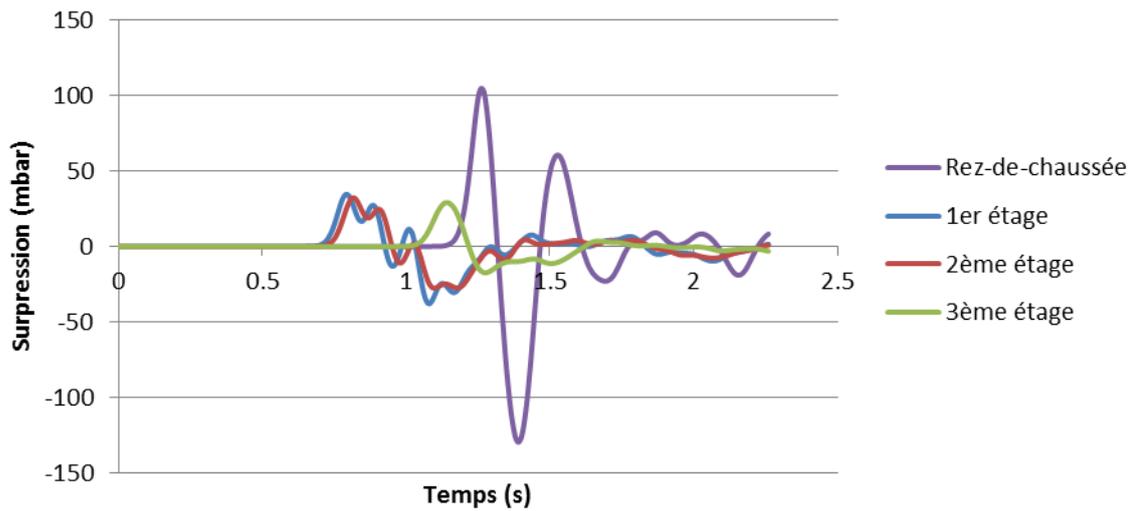


Figure 21 : Évolution de la surpression par étage

Les graphes montrent une surpression maximale sur le bâtiment de 105 mbar au rez-de-chaussée. Il est important de noter que le modèle utilisé indique la surpression réfléchiée au niveau des parois.

De plus, la surpression maximale observée au rez-de-chaussée se situe dans un coin de la structure. Le graphe suivant compare l'évolution de la surpression dans ce coin et au milieu de la paroi adjacente.

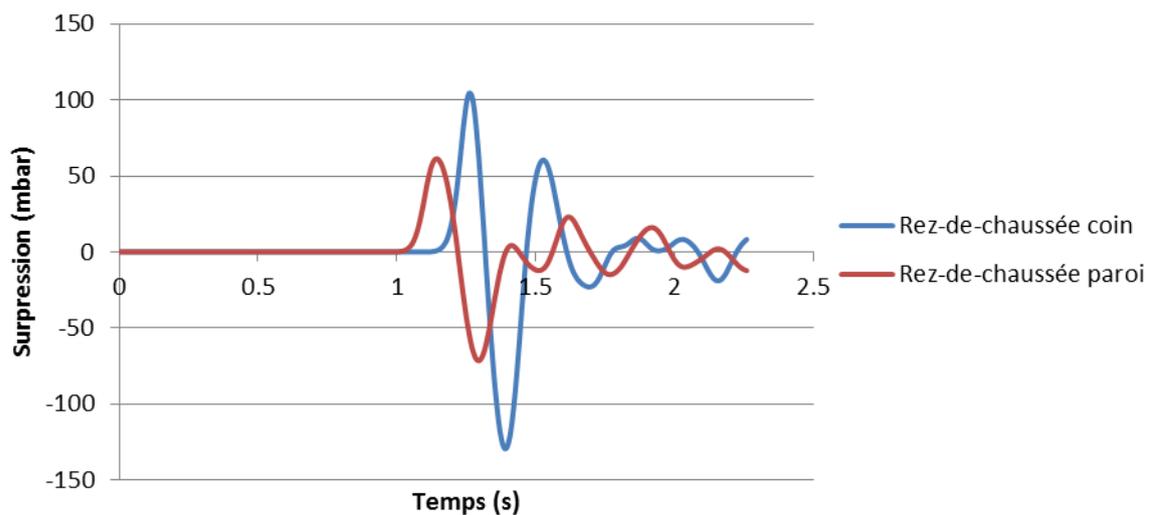


Figure 22 : Évolution de la surpression en deux points au rez-de-chaussée

Ainsi, la valeur maximale de la surpression (réfléchiée) mesurée au milieu de la paroi adjacente est de 61 mbar.

En ce qui concerne les parois du côté Seine ainsi que le toit, le graphe suivant montre les différentes surpressions enregistrées.

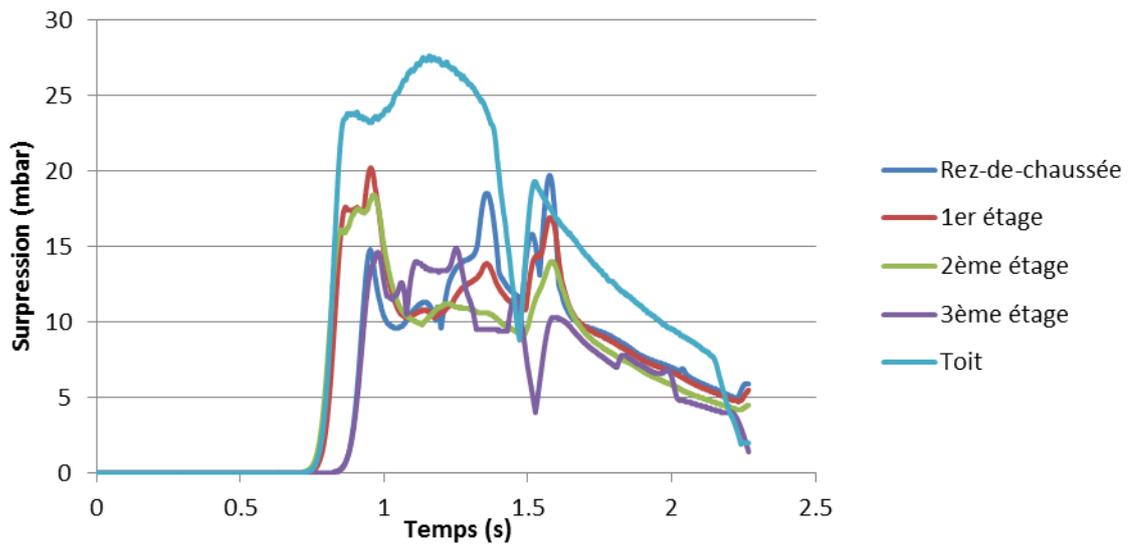


Figure 23 : Évolution de la surpression côté Seine et sur le toit

La valeur maximale de surpression enregistrée est donc de 27.6 mbar au niveau du toit et de 20.2 mbar sur les parois côté Seine.

### IV.3 SURPRESSION REFLECHIE AU NIVEAU DU SITE DE L'EXPLOSION

Comme vu dans le paragraphe précédent, la pression maximale enregistrée par le bâtiment sur une paroi plane est de 61 mbar au rez-de-chaussée.

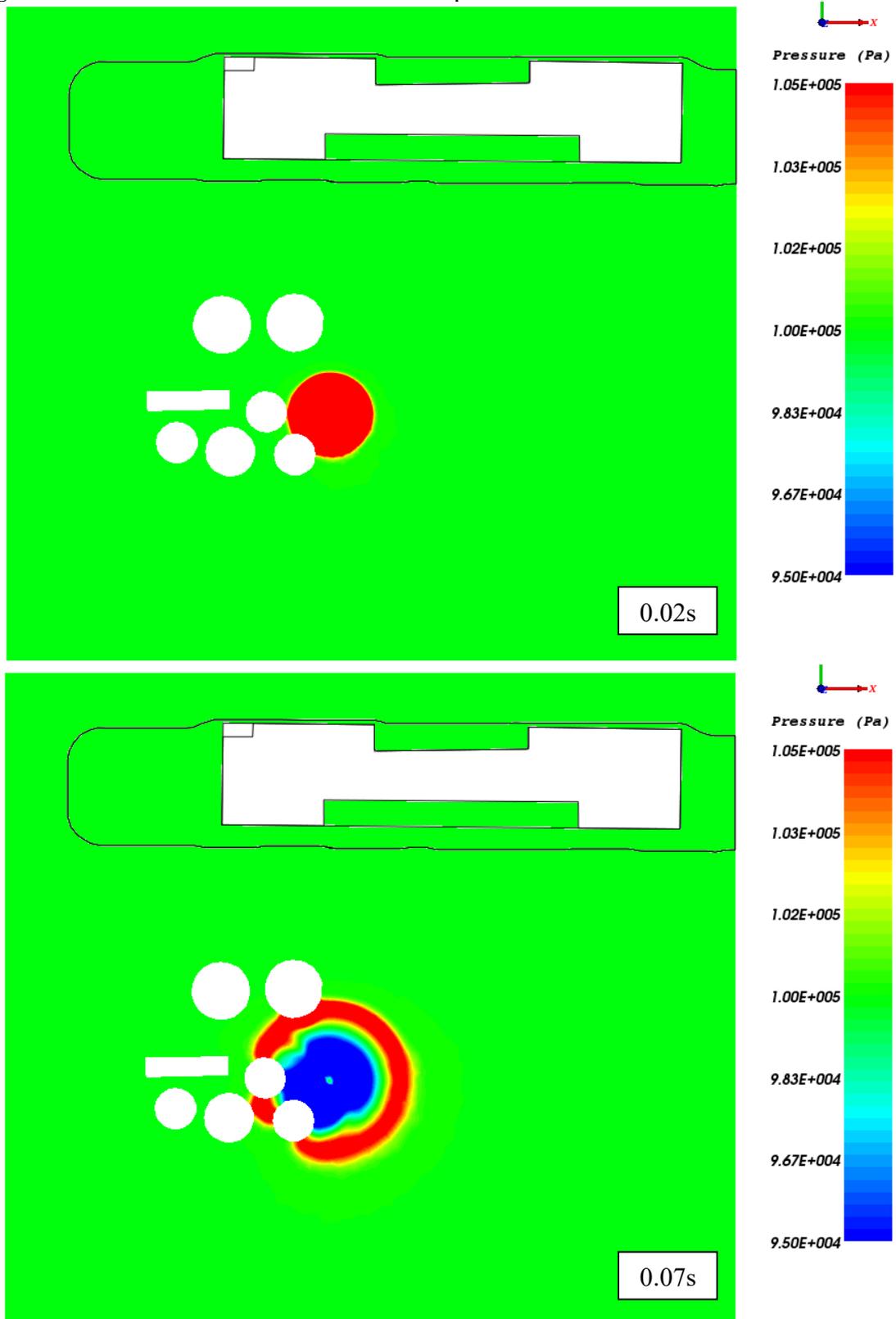
En supposant une réflexion parfaite de l'onde de pression par le bâtiment, l'onde de surpression balaiera de nouveau les installations. Un calcul analytique permet d'estimer la surpression maximale de retour sur les installations à 4 mbar, soit une valeur bien en-deçà des seuils de surpression définis.

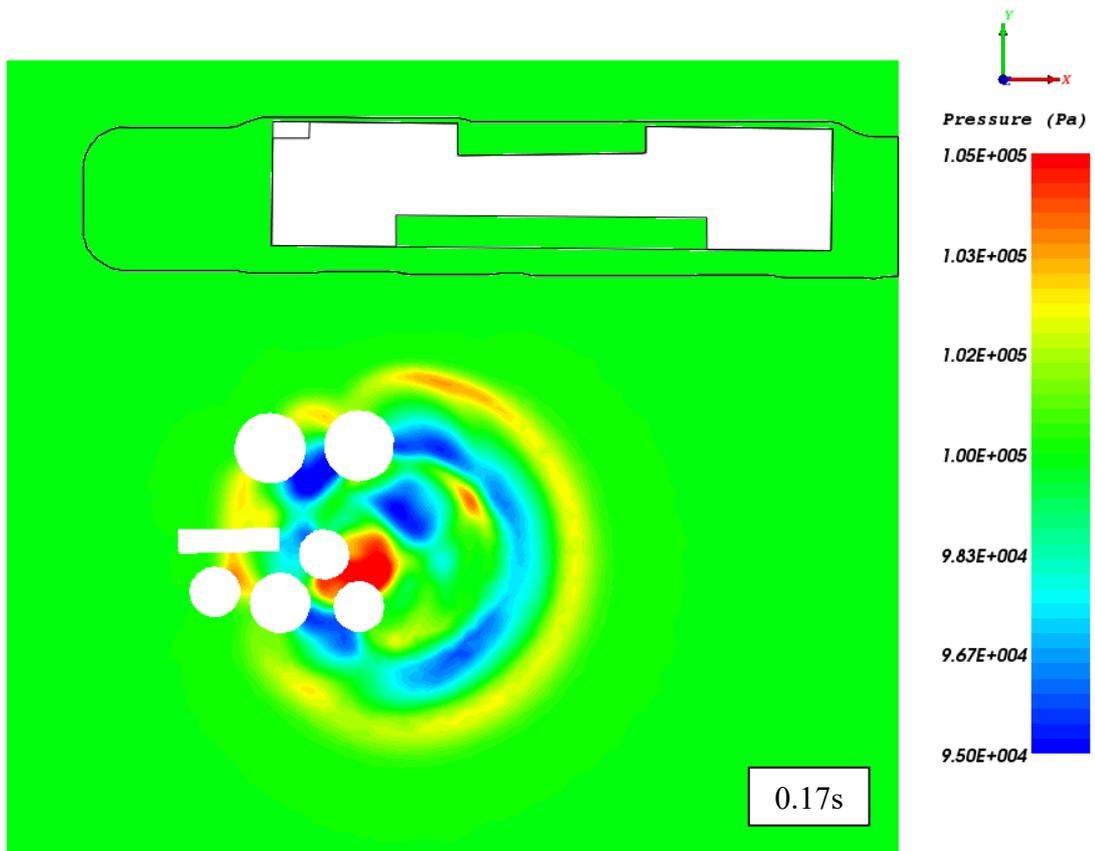
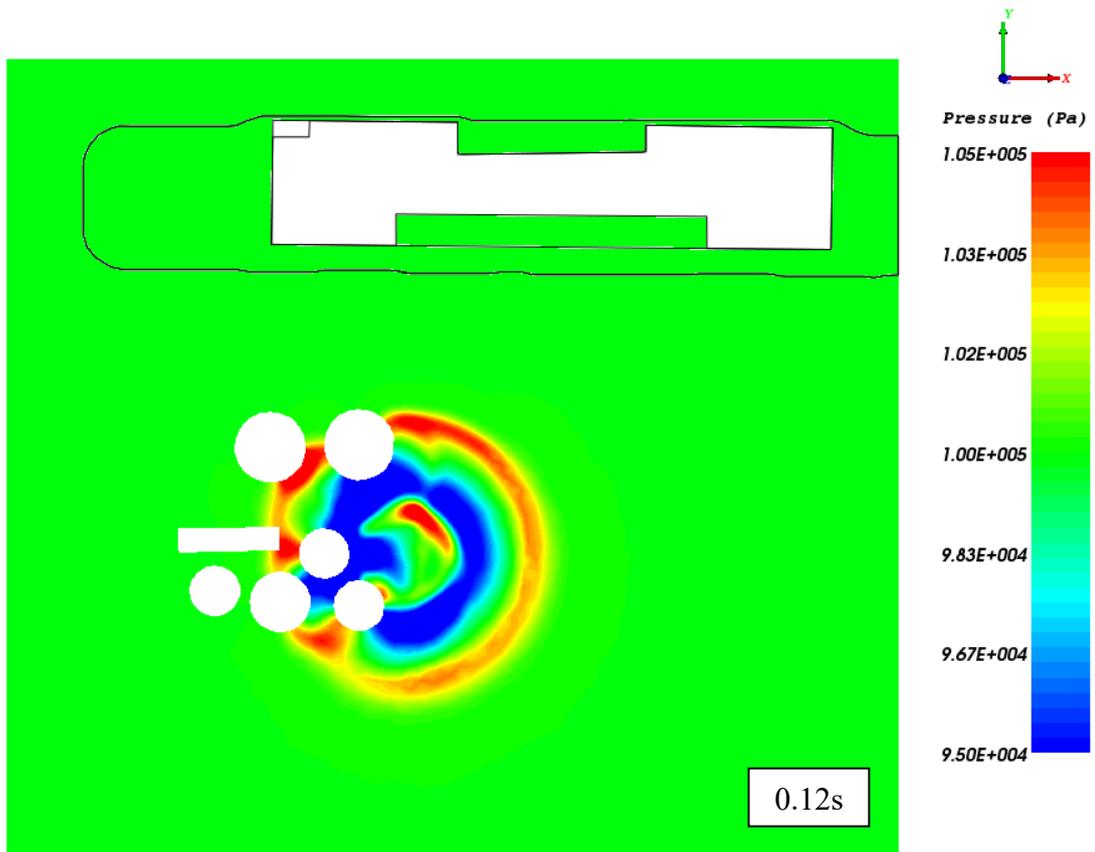
La réflexion étant supposée parfaite, cette valeur est en outre majorante puisqu'elle suppose qu'il n'y a eu aucune absorption de l'onde de pression lors de ses interactions avec les éléments présents sur site.

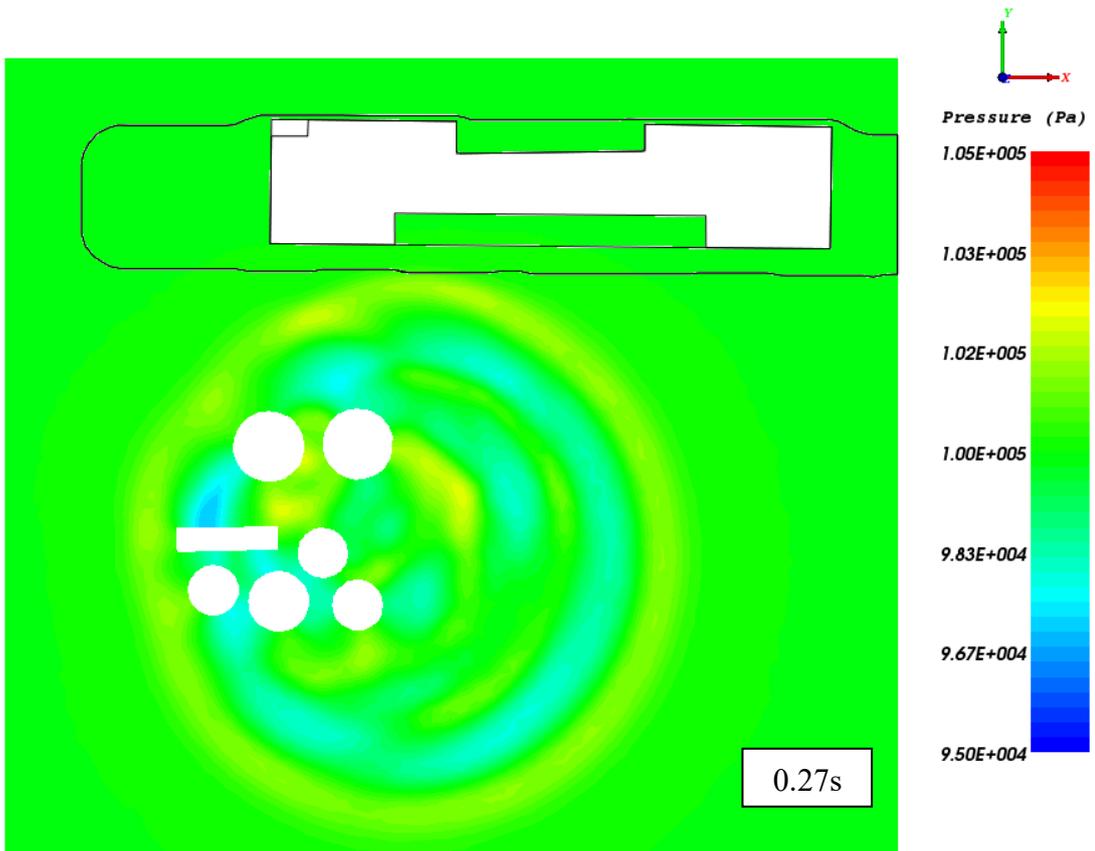
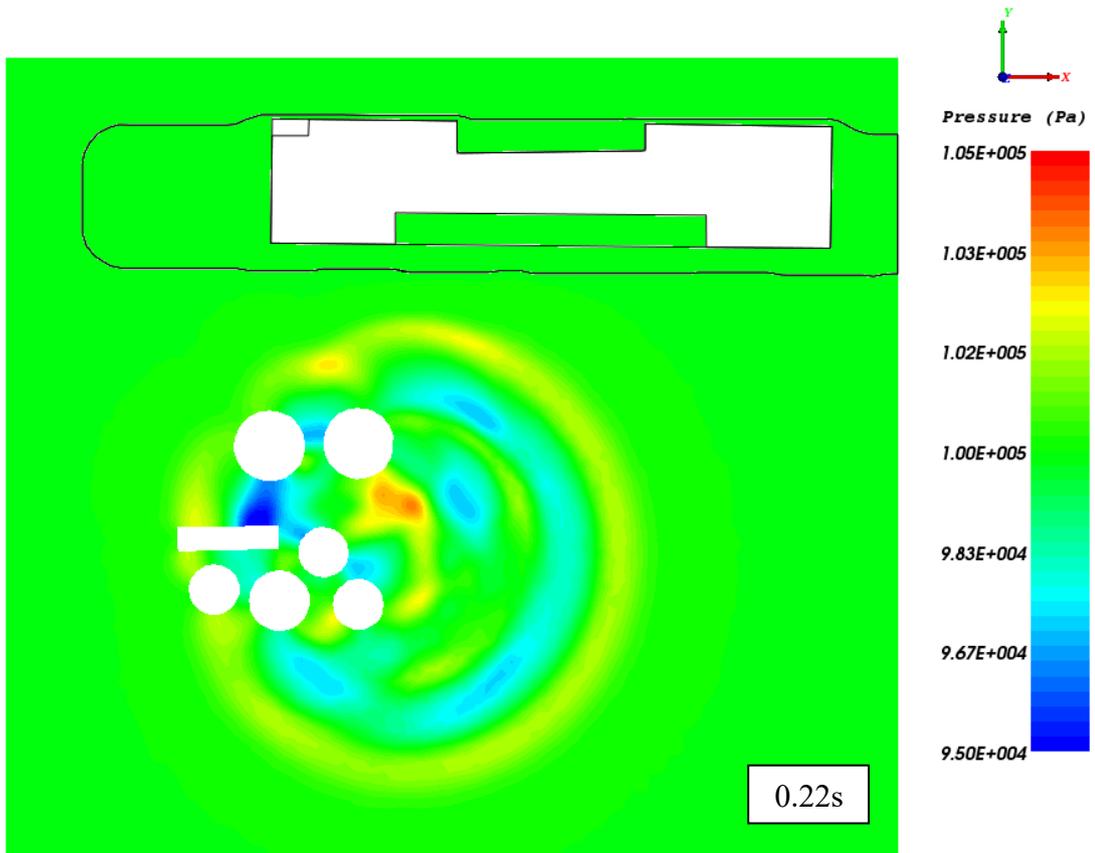
## V. RESULTATS ET ANALYSE POUR L'EXPLOSION EN CIEL GAZEUX

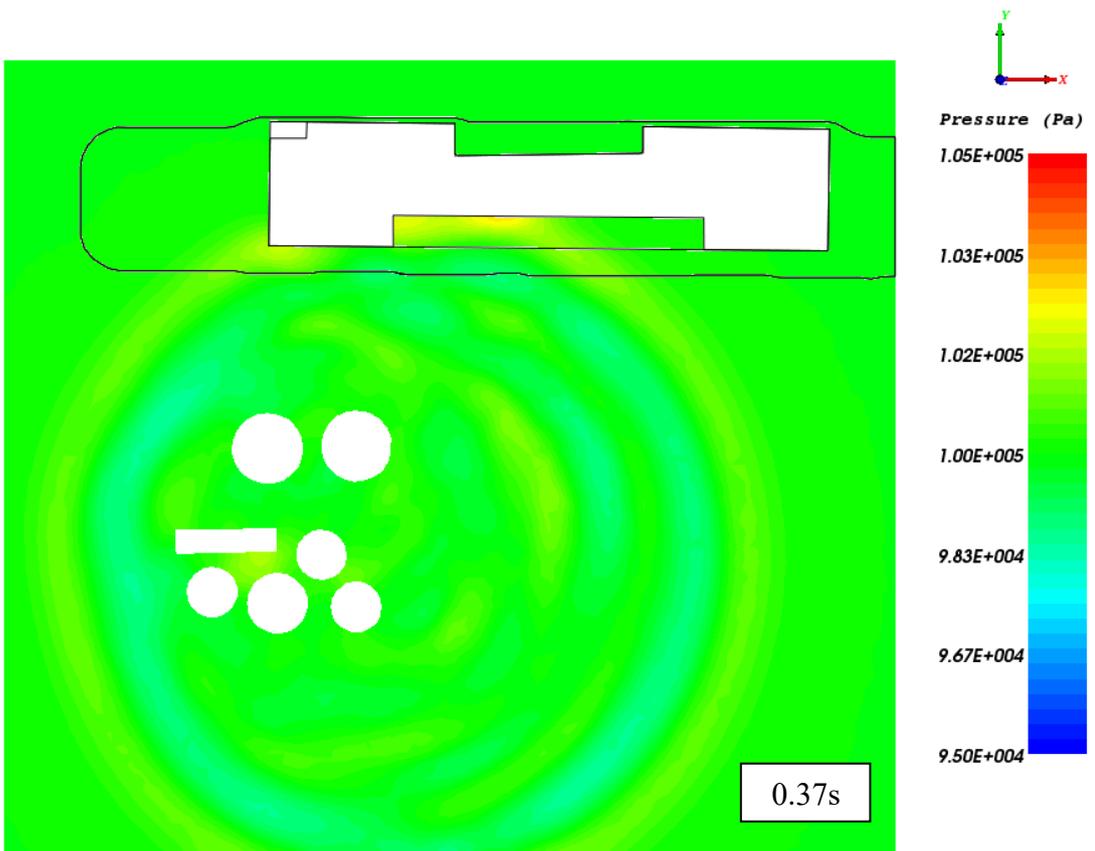
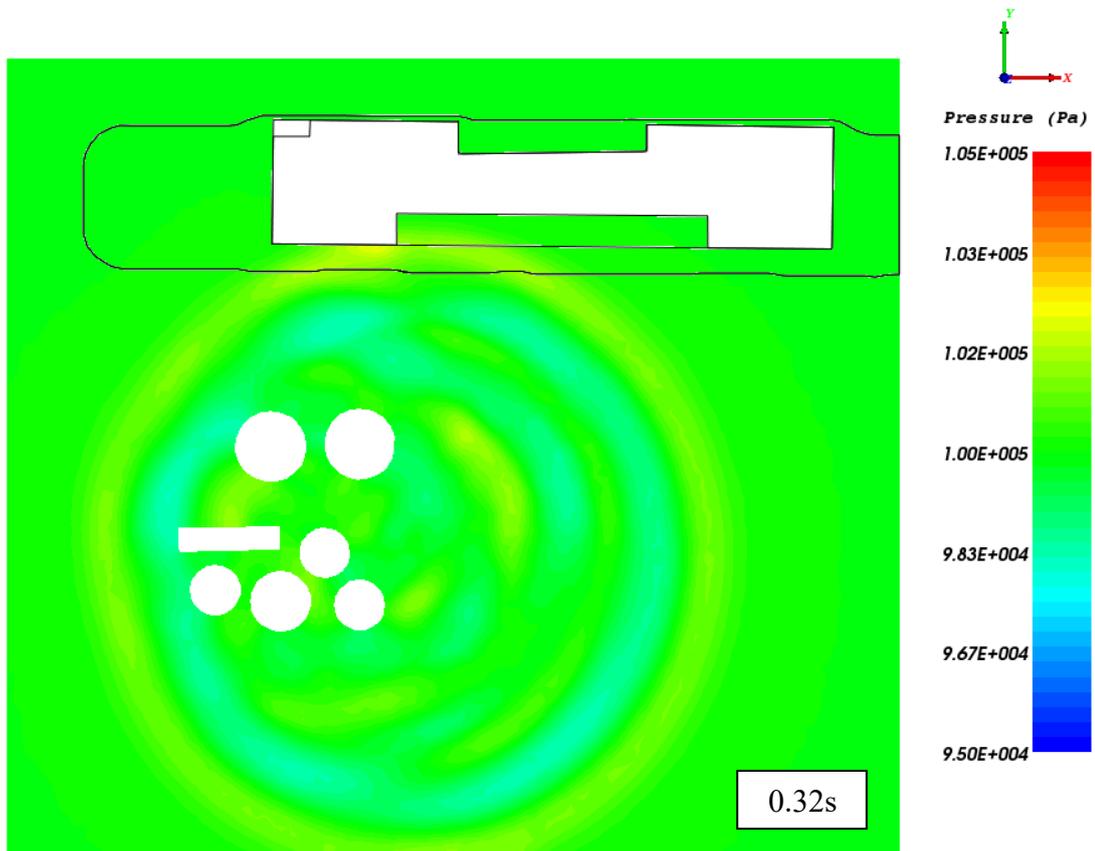
### V.1 COMPORTEMENT GENERAL DE L'ONDE

Les figures suivantes montrent l'évolution de la pression dans le domaine de  $t=0.09s$  à  $t=1.34s$ .









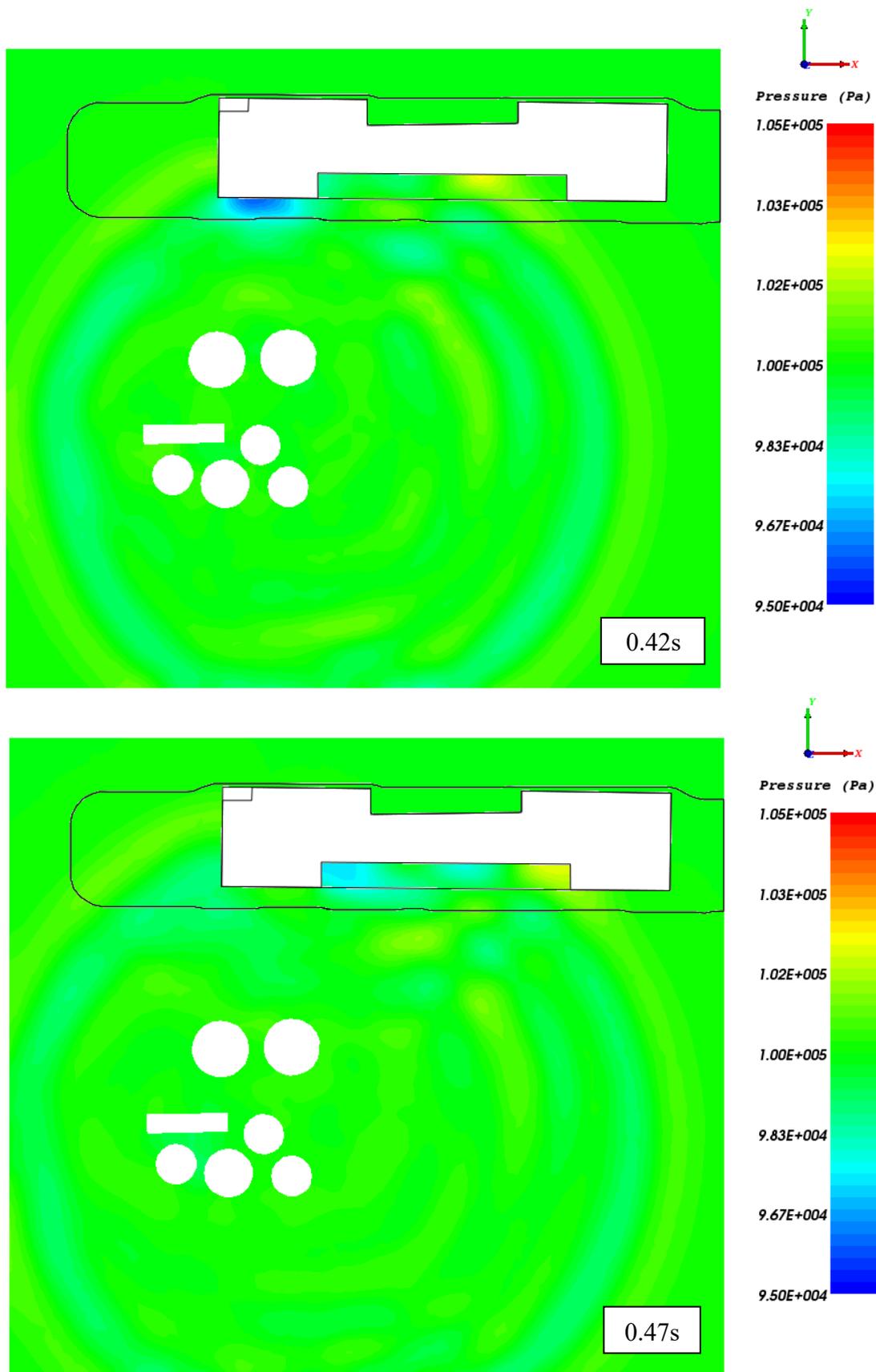
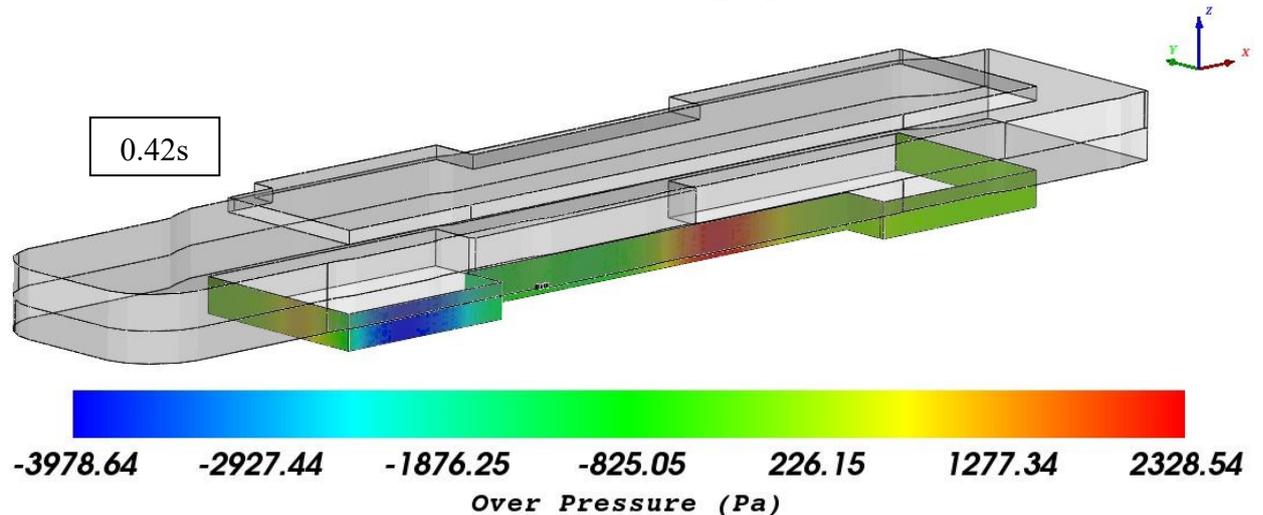
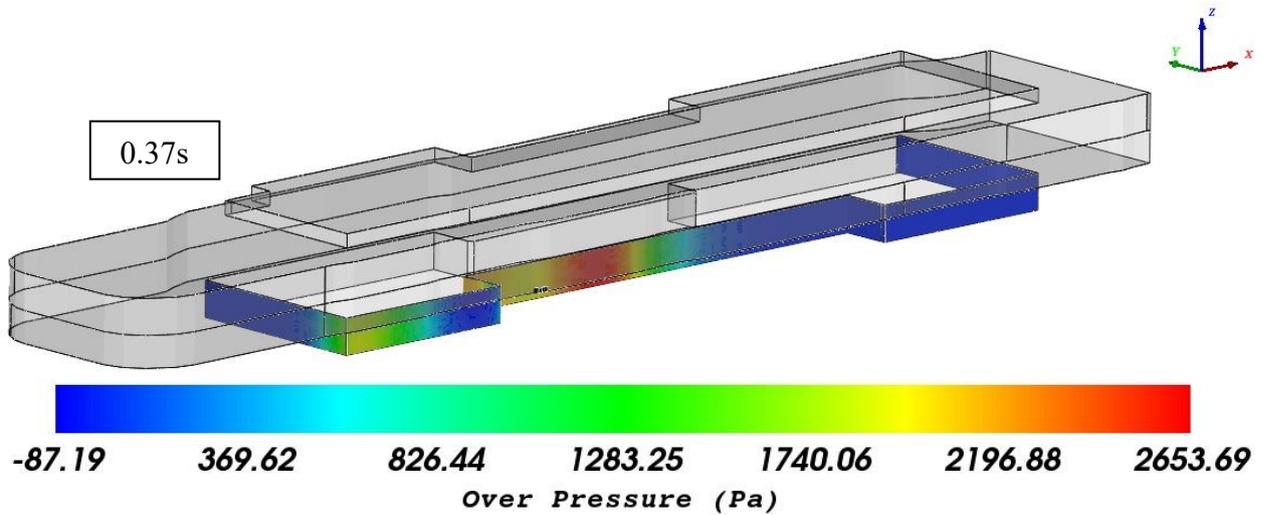
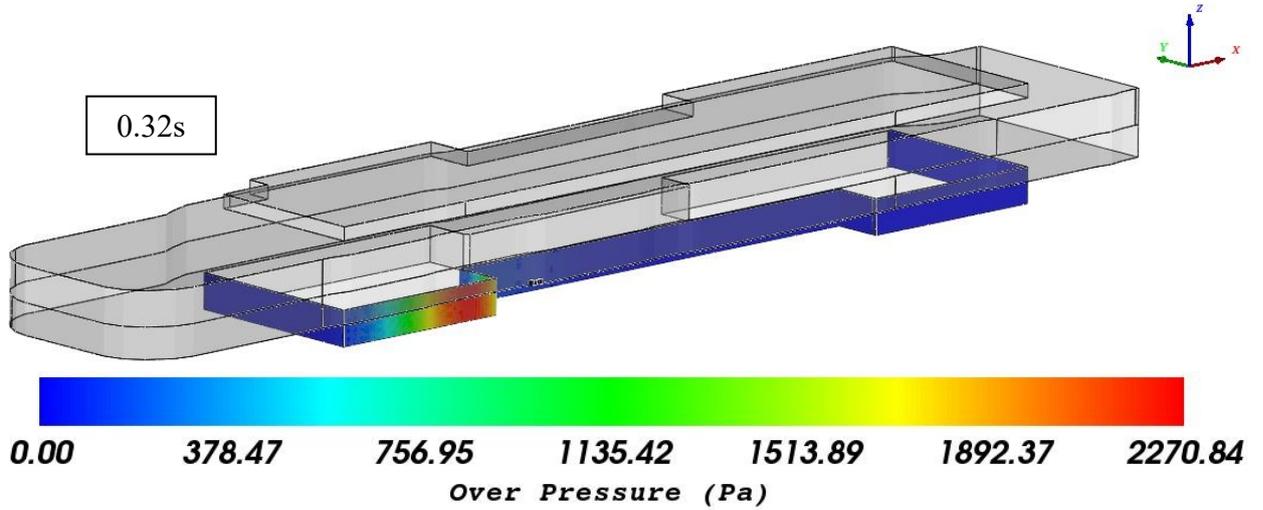


Figure 24 : Évolution de la pression dans le domaine de 0.02s à 0.47s (vue de coupe à  $z=1.5m$ )  
 (échelle fixe)

**V.2 ONDES DE SURPRESSION AU NIVEAU DES POINTS D'INTERET**

Les figures suivantes montrent l'évolution de la surpression au niveau des parois du bâtiment de 0.84s à 1.34s pour chaque étage.

Pour le rez-de-chaussée on a l'évolution suivante.



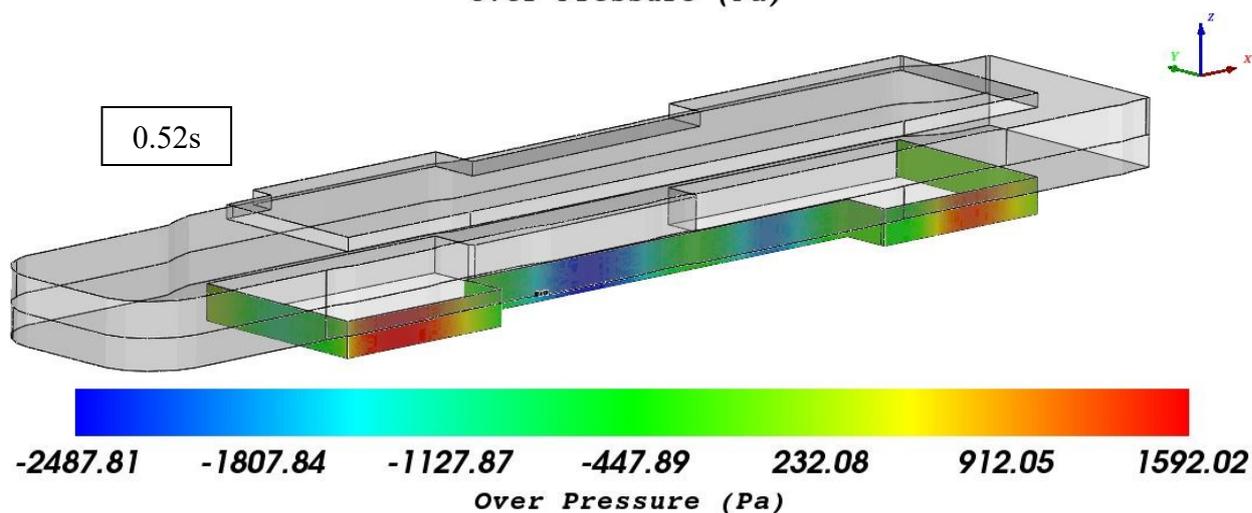
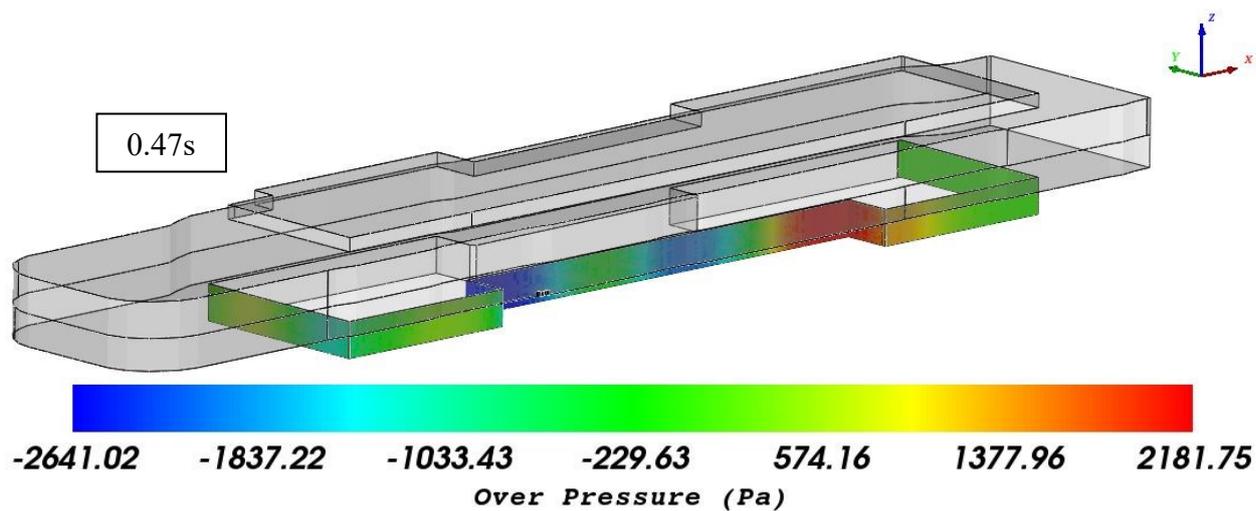
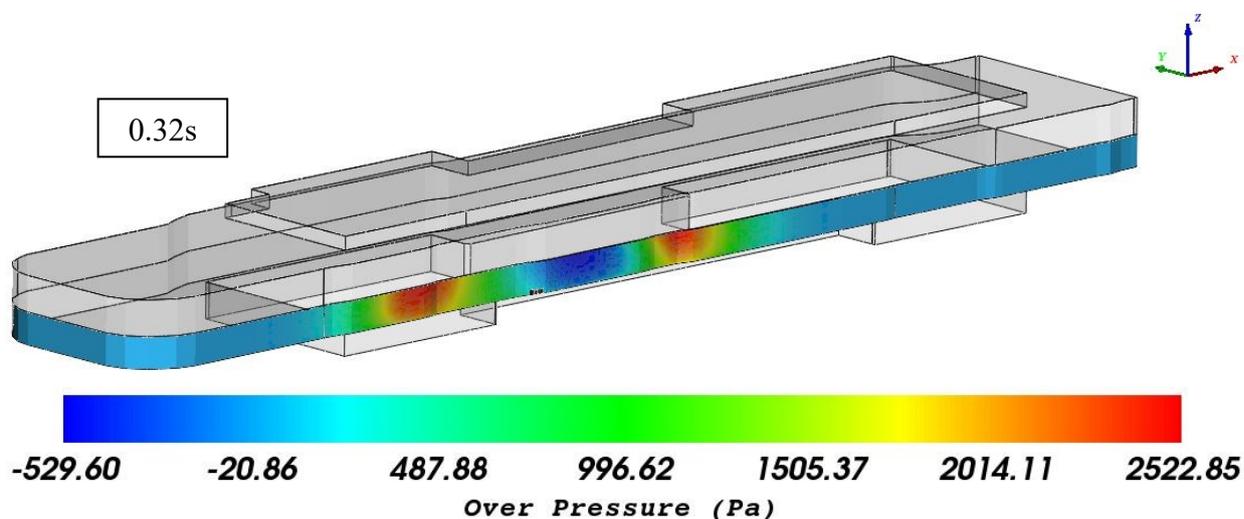
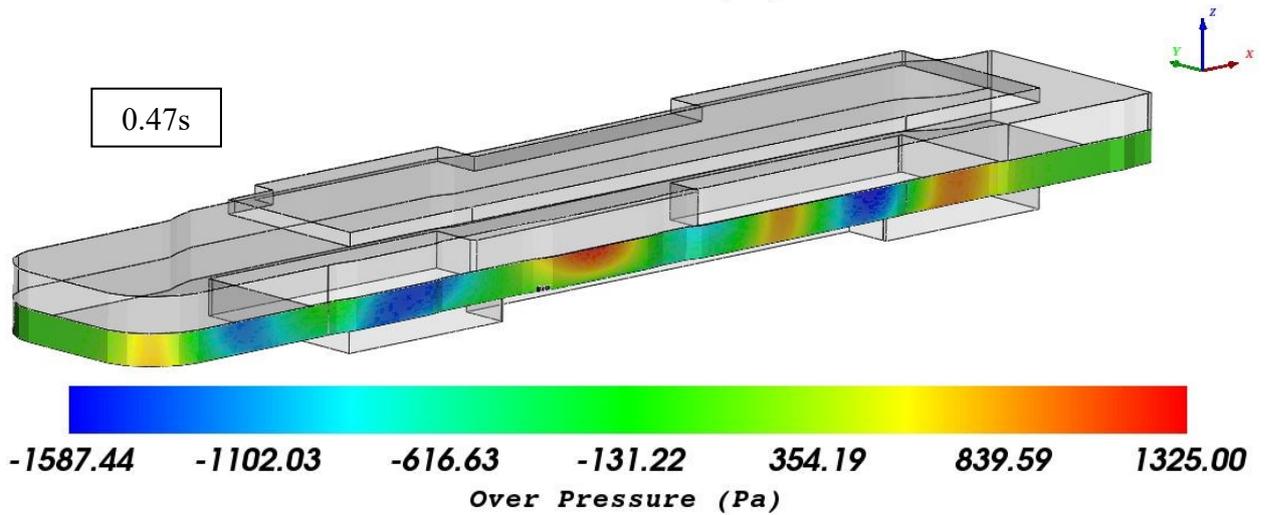
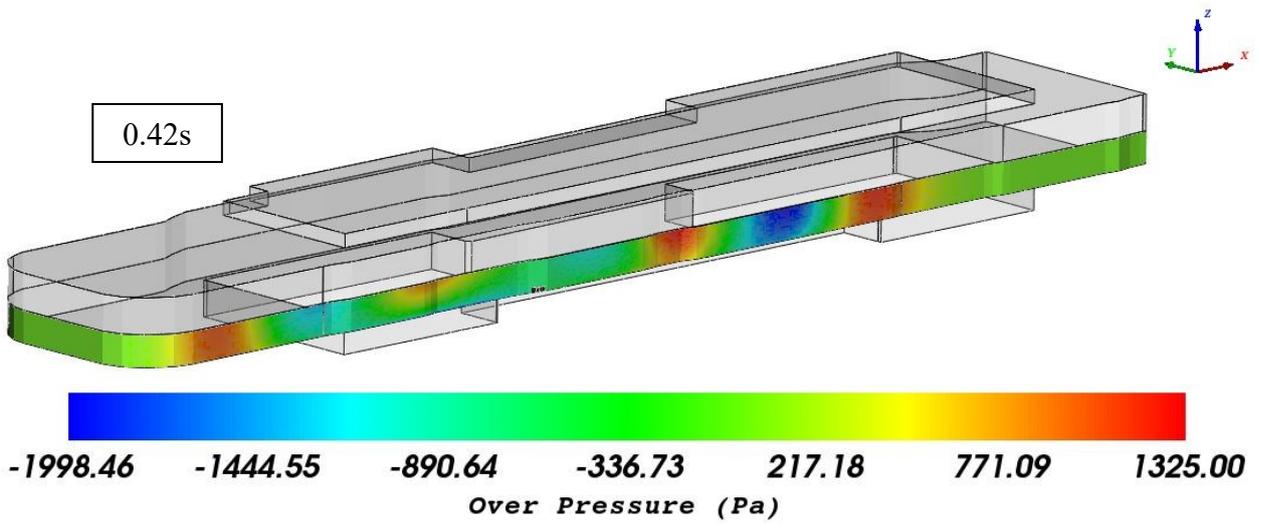
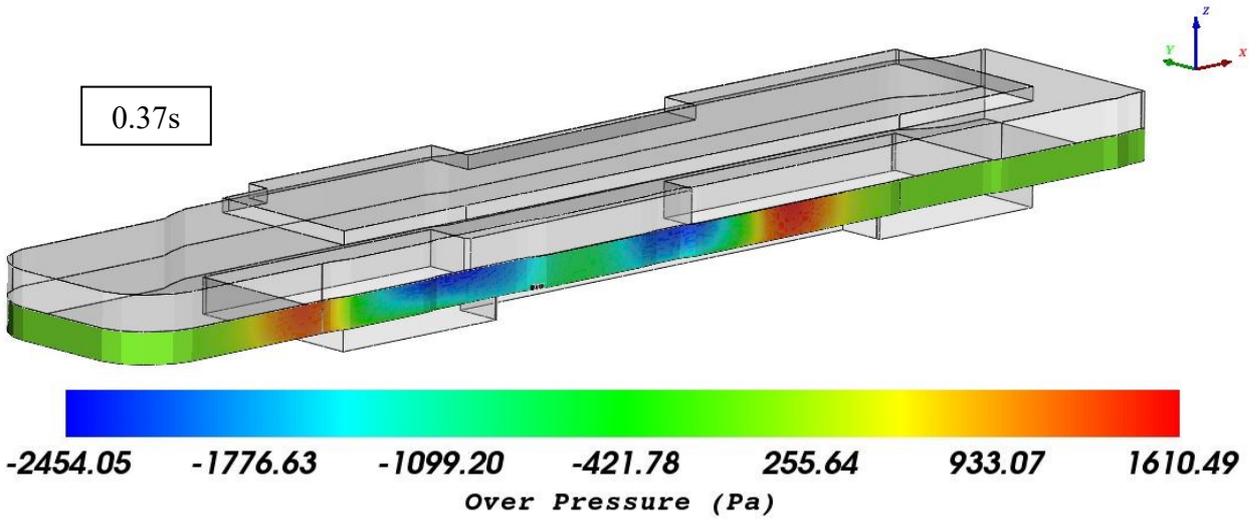


Figure 25 : Évolution de la surpression au niveau des murs du rez-de-chaussée de 0.84s à 1.34s

Les figures suivantes montrent la même évolution pour le 1<sup>er</sup> étage.





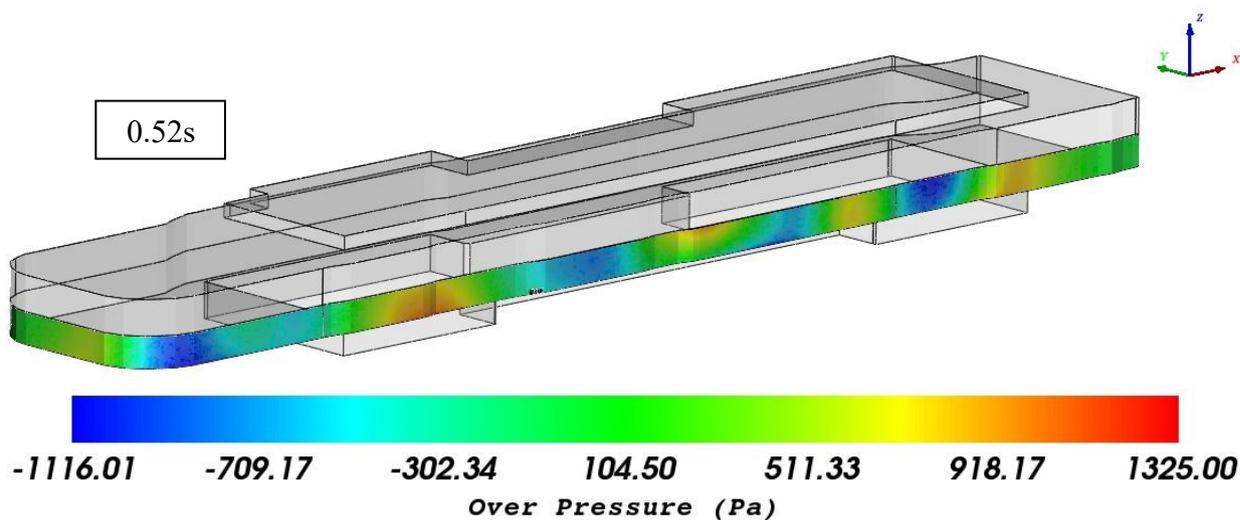
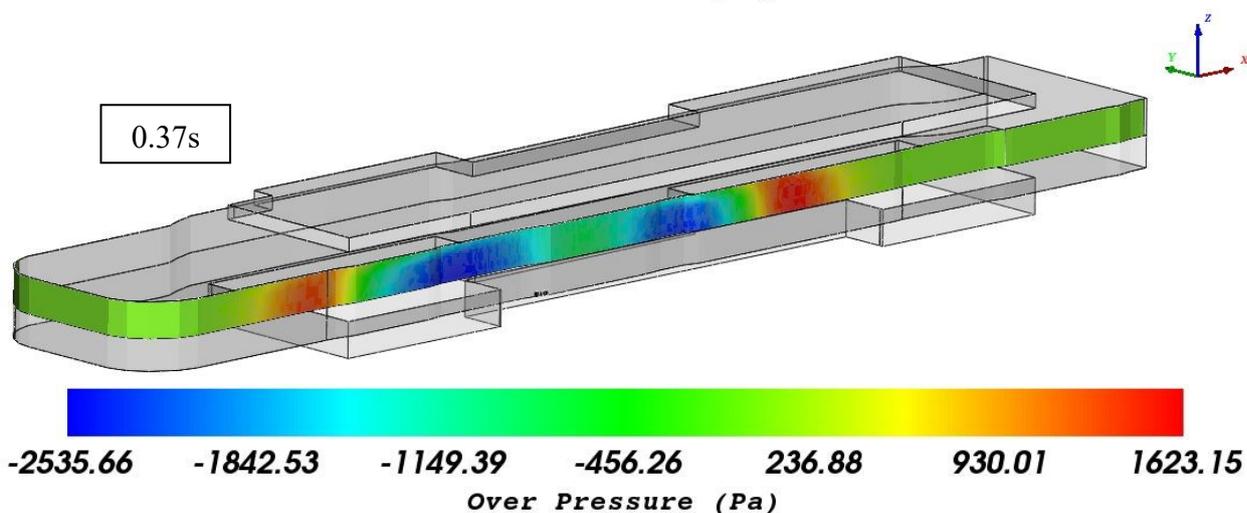
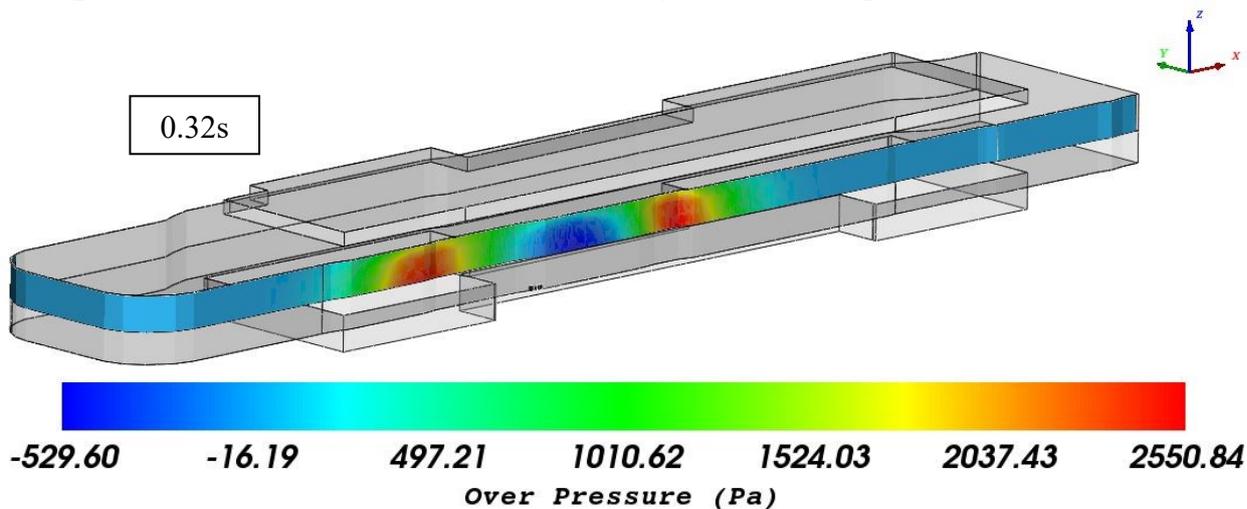


Figure 26 : Évolution de la surpression au niveau des murs du 1<sup>er</sup> étage de 0.84s à 1.34s

Les figures suivantes montrent la même évolution pour le 2<sup>ème</sup> étage.



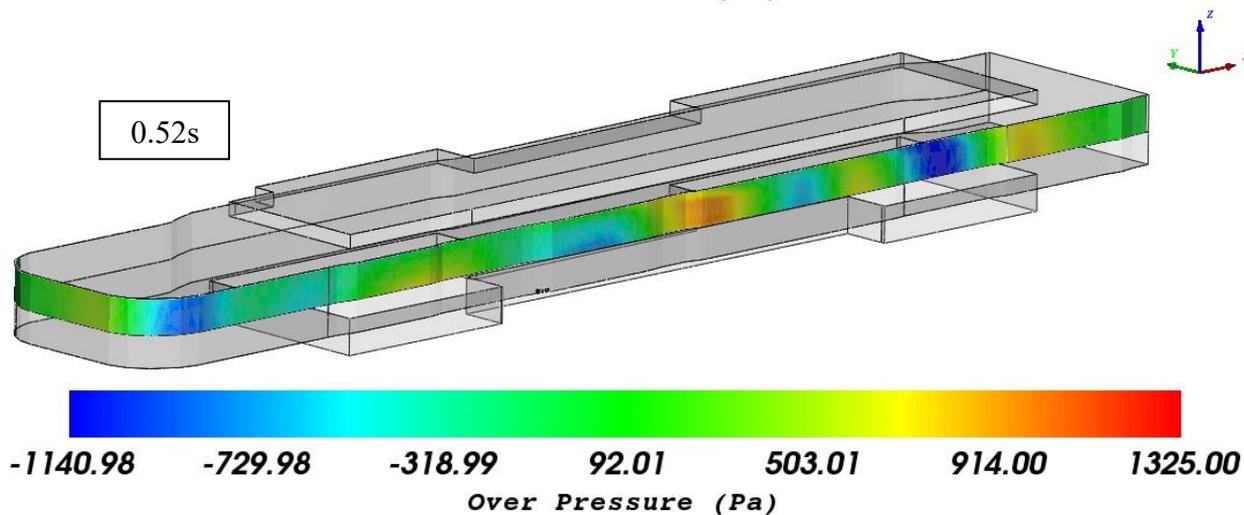
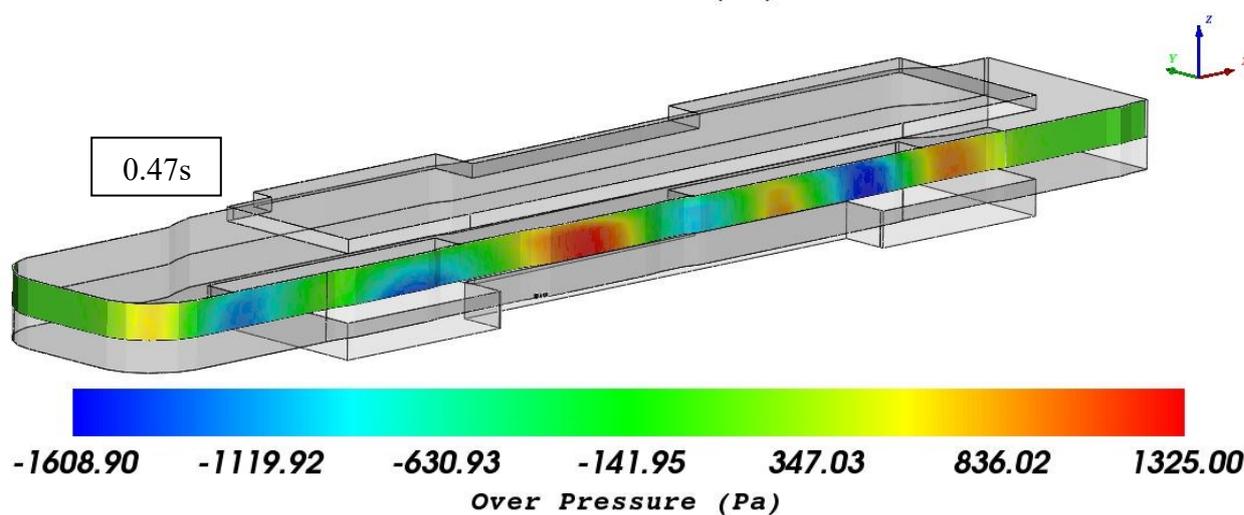
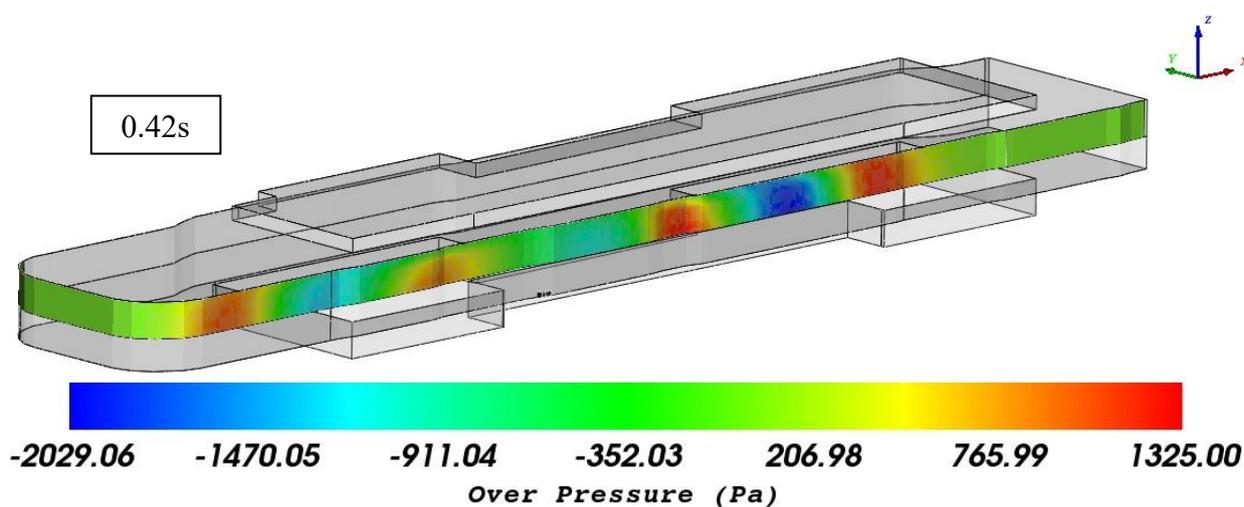
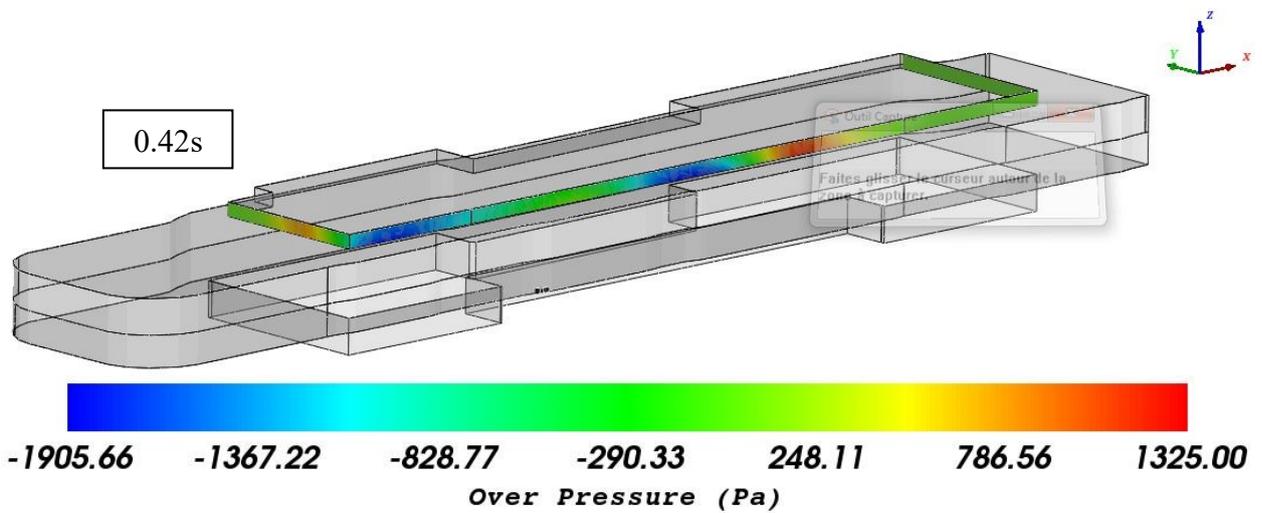
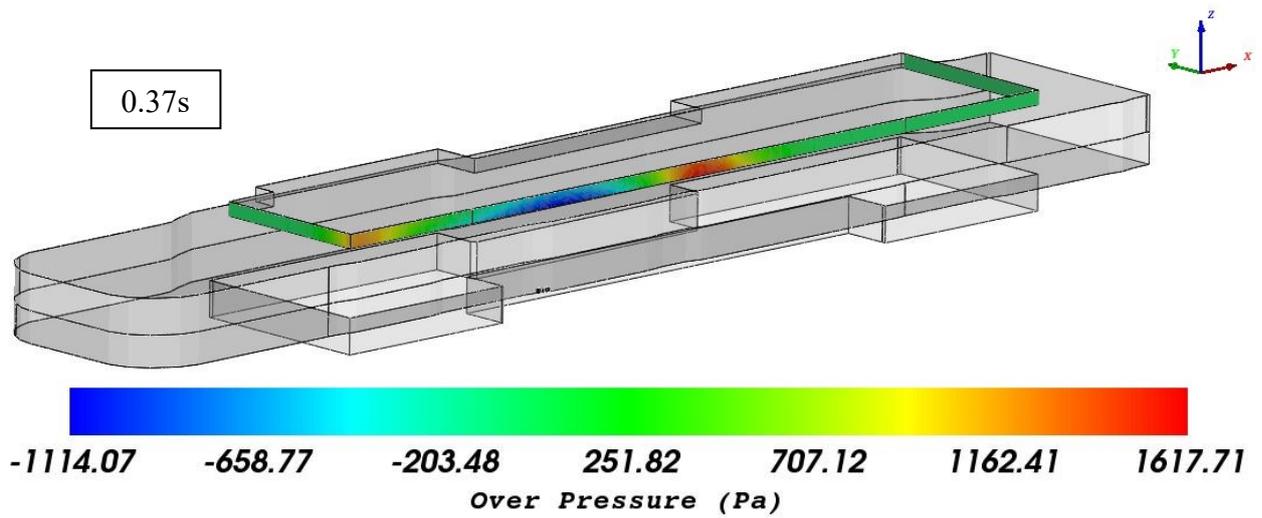
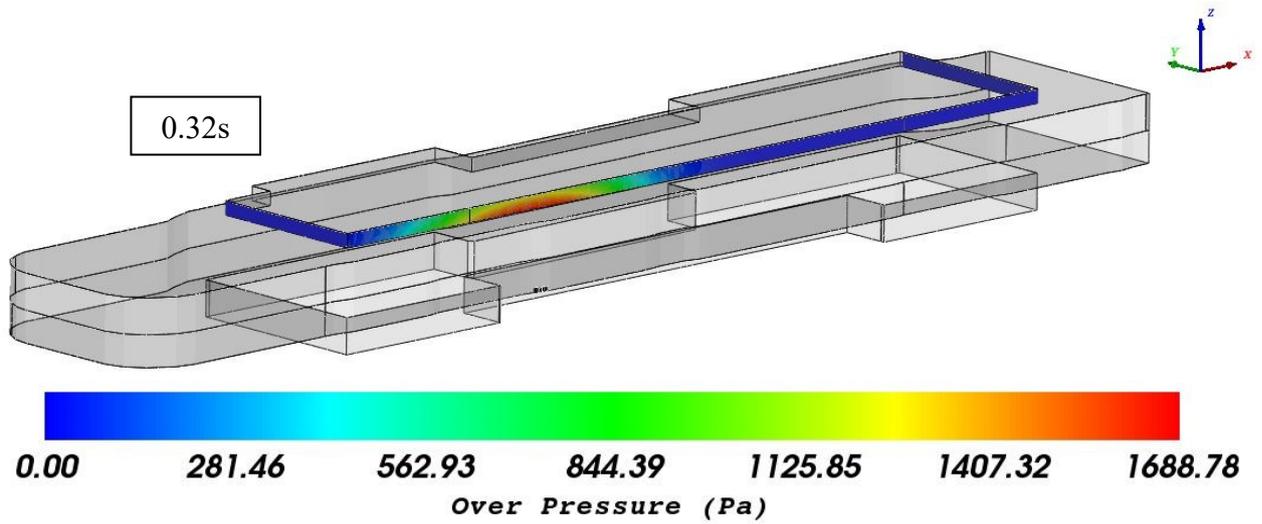


Figure 27 : Évolution de la surpression au niveau des murs du 2<sup>ème</sup> étage de 0.84s à 1.34s

Les figures suivantes montrent la même évolution pour le dernier étage.



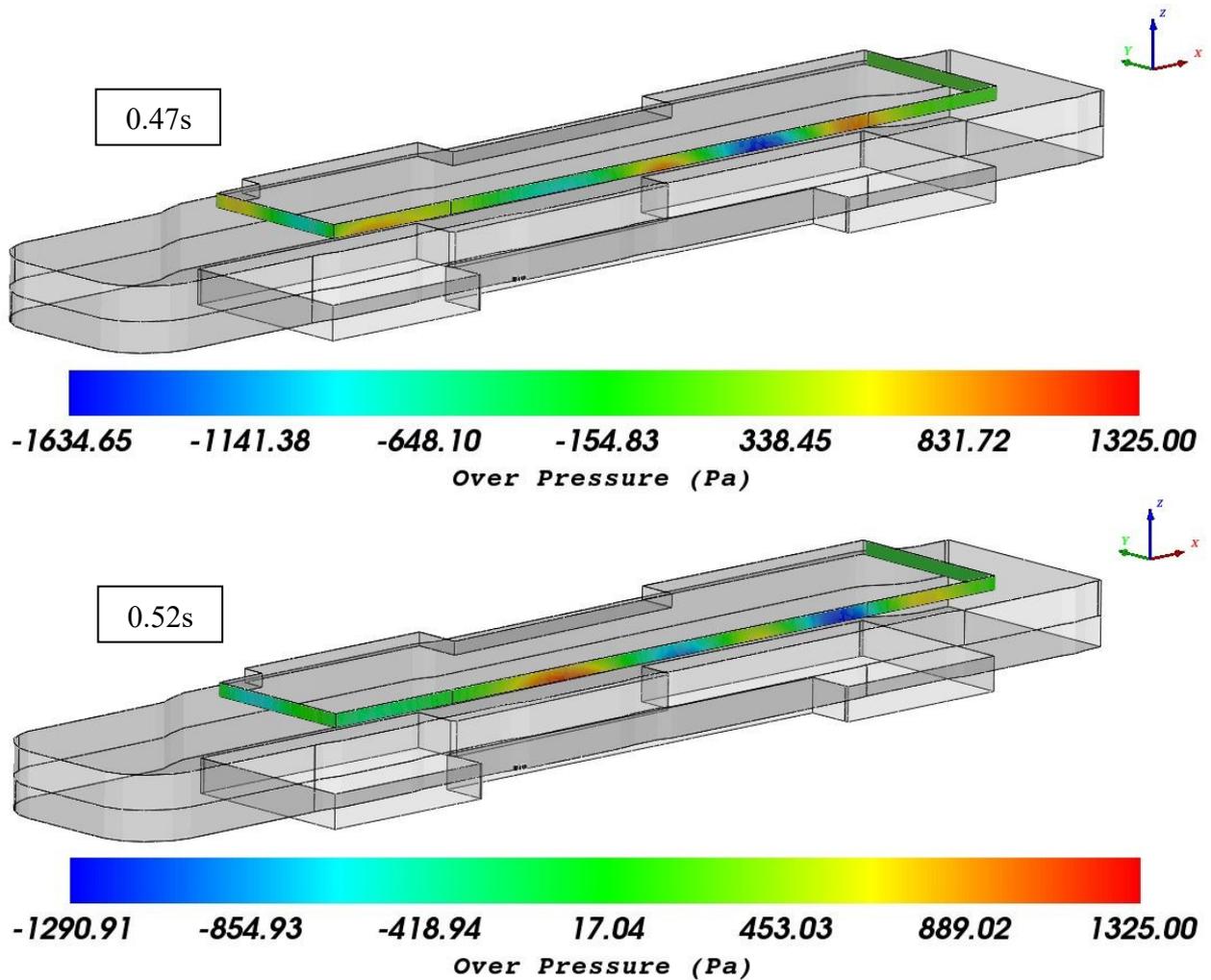


Figure 28 : Évolution de la surpression au niveau des murs du dernier étage de 0.84s à 1.34s

Les figures précédentes ne montrent les surpressions que sur la partie gauche du bâtiment car c'est ici que se situe les pressions les plus élevées.

Le graphe suivant montre l'évolution de la surpression enregistré par différents capteurs en champ libre.

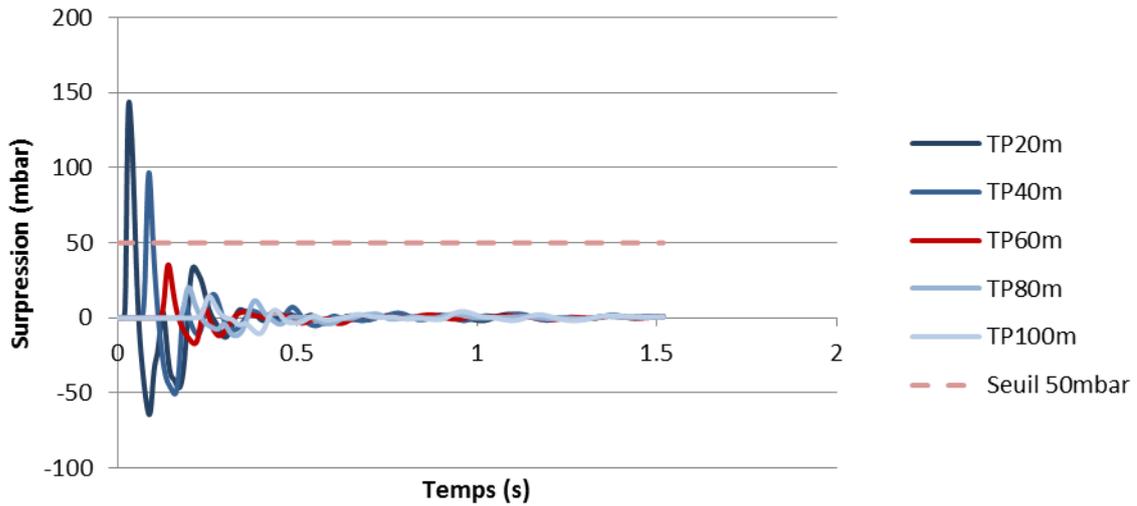


Figure 29 : Évolution de la surpression en champ libre

Le seuil des 50mbar est atteint pour une distance légèrement inférieure à 60 m.

Le graphe suivant montre l'évolution de la surpression maximale au niveau de chaque étage.

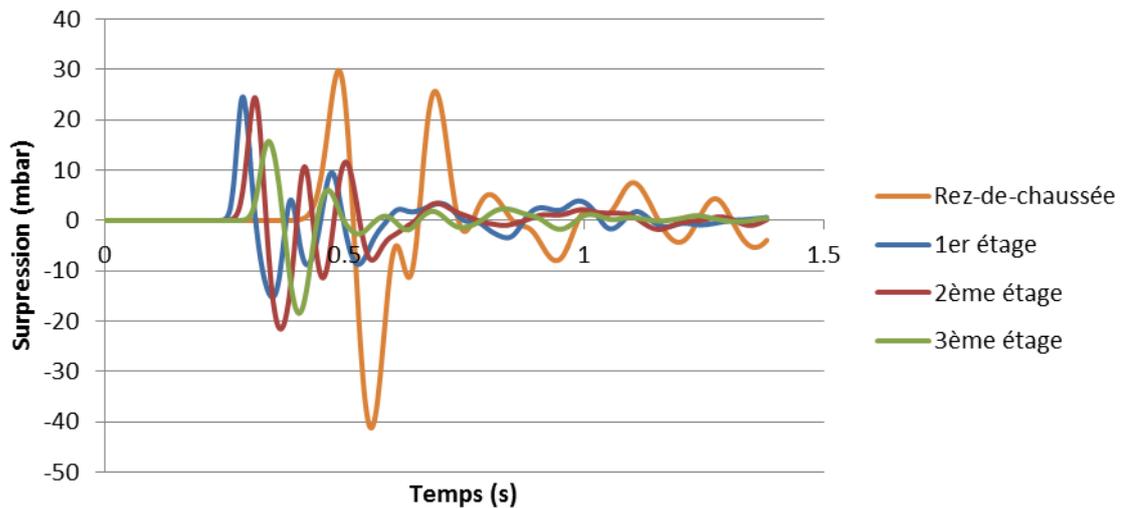


Figure 30 : Évolution de la surpression par étage

Les graphes montrent une surpression maximale sur le bâtiment de 30mbar au rez-de-chaussée. Il est important de noter que le modèle utilisé indique la surpression réfléchie au niveau des parois.

De plus, la surpression maximale observée au rez-de-chaussée se situe dans un coin de la structure. Le graphe suivant compare l'évolution de la surpression dans ce coin et au milieu de la paroi adjacente.

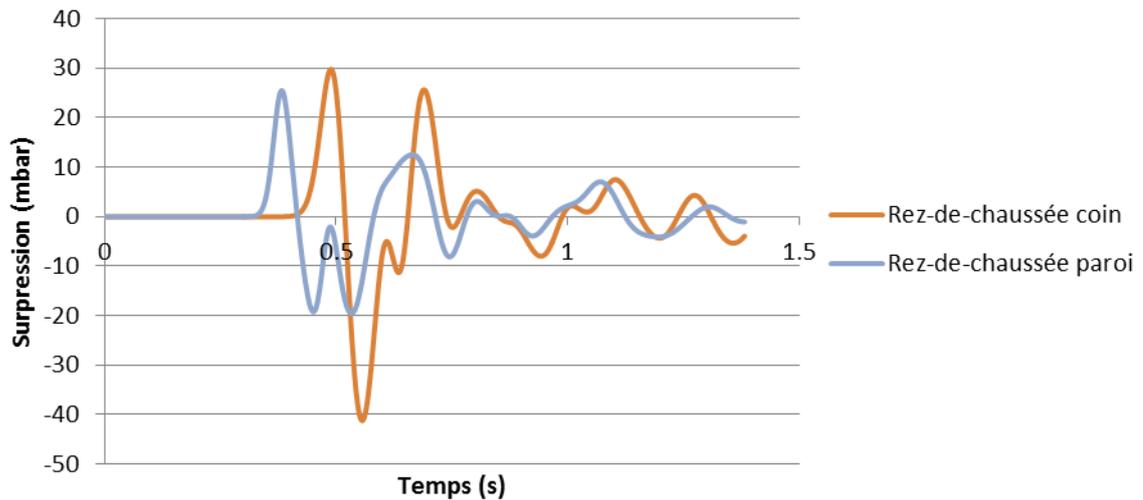


Figure 31 : Évolution de la surpression en deux points au rez-de-chaussée

En ce qui concerne les parois du côté Seine ainsi que le toit, le graphe suivant montre les différentes surpressions enregistrées.

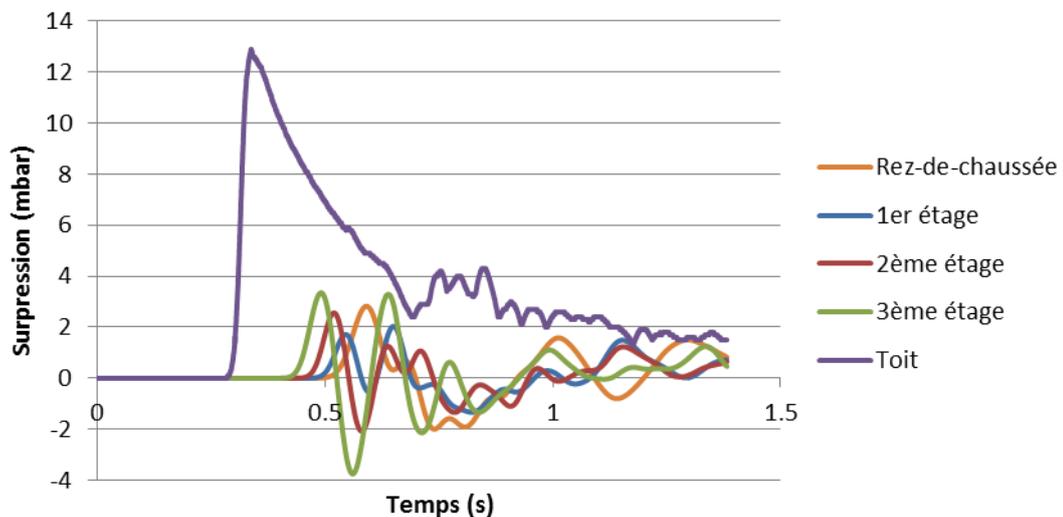


Figure 32 : Évolution de la surpression côté Seine et sur le toit

La valeur maximale de surpression enregistrée est donc de 12.9 mbar au niveau du toit et de 3.4 mbar sur les parois côté Seine.

### V.3 SURPRESSION REFLECHIE AU NIVEAU DU SITE DE L'EXPLOSION

Comme vu dans le paragraphe précédent, la pression maximale enregistrée par le bâtiment sur une paroi plane est de 25 mbar au rez-de-chaussée.

En supposant une réflexion parfaite de l'onde de pression par le bâtiment, l'onde de surpression balaiera de nouveau les installations. Un calcul analytique permet d'estimer la surpression maximale de retour sur les installations à 18 mbar, soit une valeur en-deçà des seuils de surpression définis. La réflexion étant supposée parfaite, cette valeur est en outre majorante puisqu'elle suppose qu'il n'y a eu aucune absorption de l'onde de pression lors de ses interactions avec les éléments présents sur site.

## VI. CONCLUSION

L'ingénierie de GSE conçoit pour l'entreprise Goodman un futur bâtiment de logistique qui sera situé à proximité de deux sites industriels soumis à autorisation avec servitude sur le port de Genevilliers.

Le CLIENT a sollicité FLUIDYN afin de vérifier le dimensionnement du bâtiment lors de deux potentielles explosions en évaluant des distances d'effet pour des seuils réglementaires ainsi que les chargements en pression (transitoires) sur les parois du bâtiment.

Les simulations ont permis d'obtenir les surpressions sur les différentes parois et dans l'ensemble du domaine. Les résultats des deux explosions sont comparés dans le tableau suivant.

|  | UVCE | Ciel gazeux |
|--|------|-------------|
| Distance pour atteindre 50mbar (m)     | 150  | 55          |
| Surpression max sur le bâtiment (mbar) | 104  | 30          |

Tableau 6 : Comparaison des deux configurations

En comparant ces valeurs aux seuils de l'arrêté de 2005 rappelés ci dessous, les surpressions dues aux explosions sont relativement faibles mais pourraient causer de légers dégâts sur les structures, notamment les vitres qui pourraient se briser.

Dans le cas de l'UVCE, le seuil des 50mbar est néanmoins dépassé mais les images montrent que ce seuil est atteint ponctuellement dans un coin du bâtiment.

|   | Seuils des effets de surpression   |
|---|--|
| <b>Effets irréversibles par effets indirects</b>          | 20 mbar<br><i>Effets irréversibles par projection de bris de vitres</i>    |
| <b>Dangers significatifs ou effets irréversibles</b>      | 50 mbar<br><i>Effets irréversibles par mise en mouvement des individus</i> |
| <b>Dangers graves ou premiers effets létaux</b>           | 140 mbar<br><i>Effets létaux par risque d'écrasement</i>                   |
| <b>Dangers très graves ou effets létaux significatifs</b> | 200 mbar<br><i>Effets létaux par effet direct (hémorragie pulmonaire)</i>  |

Tableau 7 : Seuils d'effets de surpressions pour les humains (Arrêté du 29 Septembre 2005)

|   | Seuils des effets de surpression  |
|---|---|
| <b>Seuil de destructions significatives des vitres (plus de 10% des vitres)</b> | 20 mbar   |
| <b>Seuil des dégâts légers</b>  | 50 mbar<br><i>Destruction de 75% des vitres</i>   |
| <b>Seuil des dégâts graves</b>  | 140 mbar<br><i>Effondrement partiel de certaines parois et des tuiles des maisons</i>                     |
| <b>Seuil des effets dominos</b>   | 200 mbar<br><i>Destruction des murs en parpaings<br/>Destruction de plus de 50% des maisons en brique</i> |
| <b>Seuil de dégâts très graves sur les structures, hors structure béton</b>     | 300 mbar  |

Tableau 8 : Seuils d'effets de surpressions pour les structures (Arrêté du 29 Septembre 2005)



**1G GROUP SAS**

6 Rue de Genève

69 800 SAINT-PRIEST

☎ 04 28 29 64 58

[contact@1g-foudre.com](mailto:contact@1g-foudre.com)

[www.1g-foudre.com](http://www.1g-foudre.com)



# ANALYSE DU RISQUE Foudre



|  |   |
|--|---|
| <p><b><u>Commanditaire de l'étude :</u></b></p>   <p>Bât C, 14-30 rue Alexandre<br/>92 635 GENNEVILLIERS</p> | <p><b><u>Adresse du site :</u></b></p> <p>Route du Bassin Numéro 6<br/>Zone Industriale-portuaire<br/>92 230 GENNEVILLIERS</p>  |
| <p><b><u>Date de l'intervention :</u></b></p>  | <p>Étude sur plans</p>  |
| <p><b><u>Rédigé par :</u></b><br/><b>30/05/2023</b></p>  | <p>Mohamed BADRI<br/>Chargé d'études<br/>Qualifoudre N1<br/>04 28 29 64 58<br/><a href="mailto:m.badri@1g-group.com">m.badri@1g-group.com</a></p>                  |
| <p><b><u>Validé par :</u></b><br/><b>07/06/2023</b></p>  | <p>Abdallah OUBAH<br/>Responsable d'Affaires<br/>Qualifoudre N3 - 19004<br/>07 69 38 34 57<br/><a href="mailto:a.oubah@1g-group.com">a.oubah@1g-group.com</a></p>  |

| DATE       | INDICE | MODIFICATIONS                 |
|------------|--------|-------------------------------|
| 07/06/2023 | A      | Première diffusion            |
| 26/06/2023 | B      | Modifications suite remarques |
| 05/09/2023 | C      | Modifications suite remarques |
| 14/12/2023 | D      | Modifications suite remarques |

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.  
Le seul rapport faisant foi est le rapport envoyé par **1G Foudre**.

## ABRÉVIATIONS

|               |   |
|---------------|---|
| <b>ARF</b>    | Analyse du Risque Foudre  |
| <b>ATEX</b>   | Atmosphère Explosive  |
| <b>BT</b>     | Basse Tension   |
| <b>CEM</b>    | Compatibilité Électromagnétique   |
| <b>DREAL</b>  | Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement |
| <b>ET</b>     | Étude Technique   |
| <b>HT</b>     | Haute Tension   |
| <b>ICPE</b>   | Installation Classée pour la Protection de l'Environnement              |
| <b>IEMF</b>   | Impulsion Électromagnétique Foudre                                      |
| <b>IEPF</b>   | Installation Extérieure de Protection contre la Foudre                  |
| <b>IIPF</b>   | Installation Intérieure de Protection contre la Foudre                  |
| <b>INB</b>    | Installation Nucléaire de Base  |
| <b>INERIS</b> | Institut National de l'Environnement industriel et des Risques          |
| <b>MALT</b>   | Mise À La Terre   |
| <b>MMR</b>    | Mesures de Maîtrise des Risques   |
| <b>Ng</b>     | Densité de foudroiement (nombre d'impacts par an au km <sup>2</sup> )   |
| <b>NPF</b>    | Niveau de Protection contre la Foudre                                   |
| <b>PDA</b>    | Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage                                    |
| <b>PDT</b>    | Prise De Terre  |
| <b>RIA</b>    | Robinet d'Incendie Armé   |
| <b>SPF</b>    | Système de Protection Foudre  |
| <b>TGBT</b>   | Tableau Général Basse Tension   |
| <b>ZPF</b>    | Zone de Protection Foudre   |

# SOMMAIRE

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
| <b>CHAPITRE 1</b> | <b>SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre</b>                  | <b>6</b>  |
| <b>CHAPITRE 2</b> | <b>GÉNÉRALITÉS SUR LA MISSION</b>                              | <b>8</b>  |
| 2.1               | PRÉSENTATION DE LA MISSION                                     | 8         |
| 2.2               | PÉRIMÈTRE D'APPLICATION DE L'ARF                               | 8         |
| 2.3               | RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES                        | 9         |
| 2.4               | BASE DOCUMENTAIRE  | 11        |
| 2.5               | LOGICIEL DE CALCUL   | 12        |
| <b>CHAPITRE 3</b> | <b>MÉTHODOLOGIE D'ÉVALUATION DU RISQUE Foudre</b>              | <b>13</b> |
| 3.1               | OBJECTIF DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre                         | 13        |
| 3.2               | PROCÉDURE D'ÉVALUATION DU RISQUE Foudre SELON LA NF EN 62305-2 | 13        |
| 3.3               | IDENTIFICATION DES INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE           | 14        |
| 3.4               | IDENTIFICATION DES TYPES DE PERTE                              | 14        |
| 3.5               | DÉFINITION DES RISQUES A ÉVALUER                               | 14        |
| 3.6               | CALCUL DU RISQUE R1  | 15        |
| 3.7               | DÉFINITION DU RISQUE TOLÉRABLE                                 | 16        |
| 3.8               | RÉDUCTION DU RISQUE R1   | 16        |
| 3.9               | PRINCIPAUX PARAMÈTRES PRIS EN COMPTE DANS L'ARF                | 16        |
| <b>CHAPITRE 4</b> | <b>PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET</b>                         | <b>17</b> |
| 4.1               | ADRESSE DU SITE  | 17        |
| 4.2               | PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET                                | 17        |
| 4.3               | LISTE DES RUBRIQUES ICPE                                       | 20        |
| 4.4               | DENSITÉ DE FoudROIEMENT  | 21        |
| 4.5               | POTENTIELS DE DANGERS  | 22        |
| 4.6               | ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS  | 22        |
| 4.7               | ZONAGE ATEX  | 22        |
| 4.8               | LISTE DES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ (MMR)                        | 22        |
| 4.9               | MOYENS D'INTERVENTION ET DE SECOURS DU SITE                    | 22        |
| 4.10              | SERVICES ET CANALISATIONS                                      | 23        |
| <b>CHAPITRE 5</b> | <b>INSTALLATION À PRENDRE EN COMPTE POUR L'ARF</b>             | <b>25</b> |
| <b>CHAPITRE 6</b> | <b>CALCUL PROBABILISTE : BÂTIMENT « BLOC A/B »</b>             | <b>26</b> |
| 6.1               | DONNÉES & CARACTÉRISTIQUES DE LA STRUCTURE                     | 26        |
| 6.2               | CARACTÉRISTIQUES DES LIGNES ENTRANTES OU SORTANTES             | 26        |
| 6.3               | DÉFINITION DES ZONES   | 27        |
| 6.4               | PRÉSENTATION DES RÉSULTATS                                     | 28        |
| <b>CHAPITRE 7</b> | <b>CALCUL PROBABILISTE : BÂTIMENT « BLOC C/D »</b>             | <b>29</b> |
| 7.1               | DONNÉES & CARACTÉRISTIQUES DE LA STRUCTURE                     | 29        |
| 7.2               | CARACTÉRISTIQUES DES LIGNES ENTRANTES OU SORTANTES             | 29        |
| 7.3               | DÉFINITION DES ZONES   | 30        |
| 7.4               | PRÉSENTATION DES RÉSULTATS                                     | 31        |

## **LISTE DES ANNEXES**

**Annexe 1** : Fiche de calcul d'Analyse du Risque Foudre du **bâtiment BLOC A/B**.

**Annexe 2** : Fiche de calcul d'Analyse du Risque Foudre du **bâtiment BLOC C/D**.

## Chapitre 1 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

### Récapitulatif des résultats de l'Analyse du Risque Foudre

L'Analyse du Risque Foudre est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2 de Décembre 2012, à l'aide du logiciel « DEHN Risk Tool » version 3.260.03.

Le tableau suivant récapitule pour l'ensemble du site, si oui ou non, l'analyse des dangers conduit à retenir un risque vis-à-vis des effets de la foudre, et si, dans ce cas il y a nécessité de protection.

| STRUCTURE                 | PROTECTION EFFETS DIRECTS  | PROTECTION EFFETS INDIRECTS  |
|---------------------------|--|--|
| Bâtiment « BLOC A/B »     | Niveau II (ICPE)   | Niveau II  |
| Bâtiment « BLOC C/D »     | Niveau II (ICPE)   | Niveau II  |
| MMR                       | Sans Objet   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Détection incendie ;</li> <li>➤ Sprinkler ;</li> <li>➤ Surpresseurs RIA.</li> </ul> |
| CANALISATIONS MÉTALLIQUES | Liaisons équipotentielle à prévoir pour : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Canalisations sprinkler ;</li> <li>➤ Eau de ville (si métallique).</li> </ul>   |  |
| PRÉVENTION                | Une mise en place de procédure spécifique (en interne) de prévention d'orage est nécessaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ne pas accéder en toiture ;</li> <li>➤ Ne pas intervenir sur les installations électriques BT et courants faibles.</li> </ul> |  |

Une installation de protection contre la foudre ne peut, comme tout ce qui concerne les éléments naturels, assurer la protection absolue des structures, des personnes ou des objets. L'application des principes de protection permet de réduire de façon significative les risques de dégâts dus à la foudre sur les structures protégées.

## **Suite à l'Analyse du Risque Foudre**

Conformément à l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié, une **Étude Technique** doit être réalisée par un **organisme compétent** (QUALIFOUDRE ou F2C) et définissant précisément les dispositifs de protection et les mesures de prévention, leurs lieux d'implantation ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance.

Une **notice de vérification et de maintenance** est rédigée lors de l'étude technique puis complétée, si besoin, après la réalisation des dispositifs de protection.

Un **carnet de bord** doit être tenu par l'exploitant et laissé à la disposition de l'inspecteur de la DREAL ou l'Inspection des Installations Classées. Les chapitres qui y figurent sont rédigés lors de l'étude technique.

Les systèmes de protection contre la foudre prévus dans l'étude technique sont conformes aux normes françaises ou à toute norme équivalente en vigueur dans un état membre de l'Union Européenne.

## Chapitre 2 GÉNÉRALITÉS SUR LA MISSION

### 2.1 PRÉSENTATION DE LA MISSION

La mission confiée à **1G Foudre** a pour objet la réalisation de l'Analyse du Risque Foudre (ARF) visée par **l'Arrêté du 11 avril 2017** relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis aux rubriques 1510, 1530, 1532, 2662 et 2663 qui renvoie à l'article 18 de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié, section III « Dispositions relatives à la protection contre la foudre ».

L'Analyse du Risque Foudre identifie les équipements et installations dont une protection doit être assurée. Elle est basée sur une évaluation des risques réalisée conformément à la norme NF EN 62-305-2 version de décembre 2012. Elle définit les niveaux de protection nécessaires aux installations.

### 2.2 PÉRIMÈTRE D'APPLICATION DE L'ARF

L'Analyse du Risque Foudre prend en compte :

- Les **effets directs** relatifs à l'impact direct du coup de foudre sur la structure ;
- Les **effets indirects** causés par les phénomènes électromagnétiques et par la circulation du courant de foudre. Ces phénomènes conduisent à des surtensions dans les parties métalliques et les installations électriques. Elles sont à l'origine des défaillances des équipements et des fonctions de sécurité.

L'Analyse du Risque Foudre devra être tenue en permanence à la disposition de l'inspection de la DREAL ou l'Inspection des Installations Classées.

Elle sera systématiquement **mise à jour** à l'occasion de modifications notables des installations, notamment :

- **Dépôt d'une nouvelle autorisation** ;
- **Révision de l'étude de dangers** ;
- **Modification des installations** pouvant entraîner des répercussions sur les données d'entrée du calcul d'ARF.

La présente mission concerne exclusivement les installations pour lesquelles une agression par la foudre est susceptible de porter gravement atteinte à l'environnement et à la sécurité des personnes.

L'évaluation des pertes économiques et financières est exclue de la mission. Cette mission ne comprend pas la réalisation de l'étude technique au sens de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

La responsabilité d'**1G Foudre** ne saurait être recherchée si les déclarations et informations fournies par l'Exploitant se révèlent incomplètes ou inexactes, ou si des installations ou procédés n'ont pas été présentés, ou s'ils ont été présentés dans des conditions différentes des conditions réelles de fonctionnement, ou en cas de modification postérieure à notre mission.

Les informations prises en compte sont celles établies à la date du présent rapport.

## 2.3 RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES

### Textes réglementaires

| Arrêté                                  | Désignation  |
|---|--|
| <b>Arrêté du 4 octobre 2010 modifié</b> | Arrêté relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.   |
| <b>Circulaire du 24 avril 2008</b>      | Relative à l'application de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.  |
| <b>Arrêté du 11 avril 2017</b>          | Arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, y compris lorsqu'ils relèvent également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. |

### Normes de références

| Norme                   | Version        | Désignation  |
|-------------------------|----------------|--|
| <b>NF EN 62 305-1</b>   | Novembre 2013  | Protection des structures contre la foudre - Partie 1 : Principes généraux.  |
| <b>NF EN 62 305-2</b>   | Décembre 2012  | Protection des structures contre la foudre - Partie 2 : Évaluation du risque.  |
| <b>NF EN 62 305-3</b>   | Décembre 2012  | Protection des structures contre la foudre :<br>Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains.   |
| <b>NF EN 62 305-4</b>   | Décembre 2012  | Protection des structures contre la foudre :<br>Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures.   |
| <b>NF C 17-102</b>      | Septembre 2011 | Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage.   |
| <b>NF C 15-100</b>      | Compil 2013    | Installations électriques basse tension.   |
| <b>NF EN 62 561-1</b>   | Aout 2017      | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 1 : exigences pour les composants de connexion.  |
| <b>NF EN 62 561-2</b>   | Mars 2018      | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 2 : exigences pour les conducteurs et les électrodes de terre.                               |
| <b>NF EN 62 561-3</b>   | Septembre 2017 | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 3 : exigences pour les éclateurs d'isolement.  |
| <b>NF EN 62 561-4</b>   | Décembre 2017  | Composants de système de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 4 : exigences pour les fixations de conducteur.  |
| <b>NF EN 62 561-5</b>   | Décembre 2017  | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 5 : exigences pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre. |
| <b>NF EN 62 561-6</b>   | Mars 2018      | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 6 : exigences pour les compteurs de coups de foudre.   |
| <b>NF EN 62 561-7</b>   | Mars 2018      | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 7 : exigences pour les enrichisseurs de terre.   |
| <b>NF EN 61 643-11</b>  | Mai 2014       | Parafoudres BT - Partie 11 : parafoudres connectés aux systèmes basse tension - Exigences et méthodes d'essai.   |
| <b>CEI 61 643-21/A2</b> | Juillet 2013   | Parafoudres BT – Partie 21 : parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunication – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d'essais.              |

|                         |           |  |
|-------------------------|-----------|--|
| <b>IEC 61 643-22</b>    | Juin 2015 | Parafoudres BT – Partie 22 : parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunication – Principes de choix et d’application. |
| <b>NF EN IEC 62 793</b> | Juin 2018 | Protection contre la foudre - Systèmes d'alerte aux orages.  |

**Guides pratiques (à titre informatif)**

| <b>Guide</b>   | <b>Version</b>               | <b>Désignation</b>  |
|--|------------------------------|---|
| <b>Guide UTE C 15-443</b>                              | Août 2004                    | Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions d’origine atmosphérique ou dues à des manœuvres.  |
| <b>Guide UTE C 15-712-1</b>                            | Juillet 2010                 | Guide pratique des installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution.   |
| <b>Guide UTE C 61-740-52</b>                           | Mars 2011                    | Parafoudres pour applications spécifiques incluant le courant continu - Partie 52 : principes de choix et d'application - Parafoudres connectés aux installations photovoltaïques.                |
| <b>Guide INERIS OMEGA 3</b>                            | Décembre 2011                | Protection contre la foudre des installations classées pour la protection de l’environnement.   |
| <b>Note QUALIFOUDRE n°1</b>                            | Décembre 2011                | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre - Utilisation de la norme NF C 17-102 de septembre 2011.  |
| <b>Note QUALIFOUDRE n°2</b>                            | Décembre 2013                | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre - Choix et installation des déconnecteurs pour les parafoudres BT de Type 1.  |
| <b>Note QUALIFOUDRE n°3</b>                            | Décembre 2013                | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre - Notice de vérification et de maintenance.   |
| <b>Note QUALIFOUDRE n°4</b>                            | Juillet 2015                 | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre - Détermination du paramètre LFE défini dans la norme NF EN 62305-2 de 2012   |
| <b>Note QUALIFOUDRE n°5</b>                            | Février 2017                 | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre - Critères d’acceptation des CSPF (Composants des Systèmes de Protection contre la Foudre) suivant la série NF EN 62561-* |
| <b>Note QUALIFOUDRE n°6</b>                            | Octobre 2017                 | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre - Application de la valeur de la densité de foudroiement NSG et NG.   |
| <b>FAQ INERIS</b><br><i>Règles de bonnes pratiques</i> | Version 2.0 du<br>10/02/2021 | Règles spécifiques qui sont mises en œuvre pour les professionnels QUALIFOUDRE dans un objectif d’harmonisation des pratiques.  |

## 2.4 BASE DOCUMENTAIRE

L'ARF ci-après se base sur les informations et documents fournis par la société **ANTEAGROUP**.

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

| Documents                  | Auteur    | Référence                                      | Fourni |   |
|----------------------------|-----------|--|--------|---|
| Fiche de renseignement 1G  | 1G Foudre | -  | ✓      |   |
| Étude de dangers           | -         | -  | ✗      |   |
| Rubriques ICPE             | -         | -  | ✗      |   |
| Plan de masse              | GOODMAN   | 1674-APD-A26GL-ARC-PLN – TN - A A2             | ✓      |   |
| Plan sous-sol              |           | PLAN SOUS SOL - 1674-APD-A26GL-ARC-S1-A        | ✓      |   |
| Plan RDC                   |           | Plan RDC - 1674-APD-A26GL-ARC-RDC-A – ANX 01-B | ✓      |   |
| Plan R+1                   |           | Plan R+1 - 1674-APD-A – ANX 01-C               | ✓      |   |
| Plan R+2                   |           | Plan R+2 - 1674-APD-A – ANX 01 D               | ✓      |   |
| Plan R+3                   |           | Plan R+3 - 1674-APD-A – ANX 01 E               | ✓      |   |
| Plan des coupes            |           | 1674 – APD -A A3                               | ✓      |   |
| Plan des façades           |           | 1674-APD-A26GL-ARC-A A5 F1                     | ✓      |   |
| Plan des façades           |           | 1674-APD-A26GL-ARC-A A5 F2                     | ✓      |   |
| Plans des réseaux enterrés |           | -  | -      | ✗ |
| Schémas électriques        |           | -  | -      | ✗ |
| Synoptique HT/BT           | -         | -  | ✗      |   |
| Zonage ATEX                | -         | -  | ✗      |   |

En l'absence de certains éléments d'information nécessaires, la détermination des valeurs des facteurs correspondants est remplacée par les valeurs prévues par la norme NF EN 62305-2. Les calculs des composantes des risques sont effectués avec ces valeurs par défaut.

## 2.5 LOGICIEL DE CALCUL

L'Analyse du Risque Foudre est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2 de Décembre 2012, à l'aide du logiciel « DEHN Risk Tool » version 3.260.03.

Les notes de calcul complètes et détaillées sont en annexe du présent rapport.

## Chapitre 3 MÉTHOLOGIE D'ÉVALUATION DU RISQUE Foudre

### 3.1 OBJECTIF DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

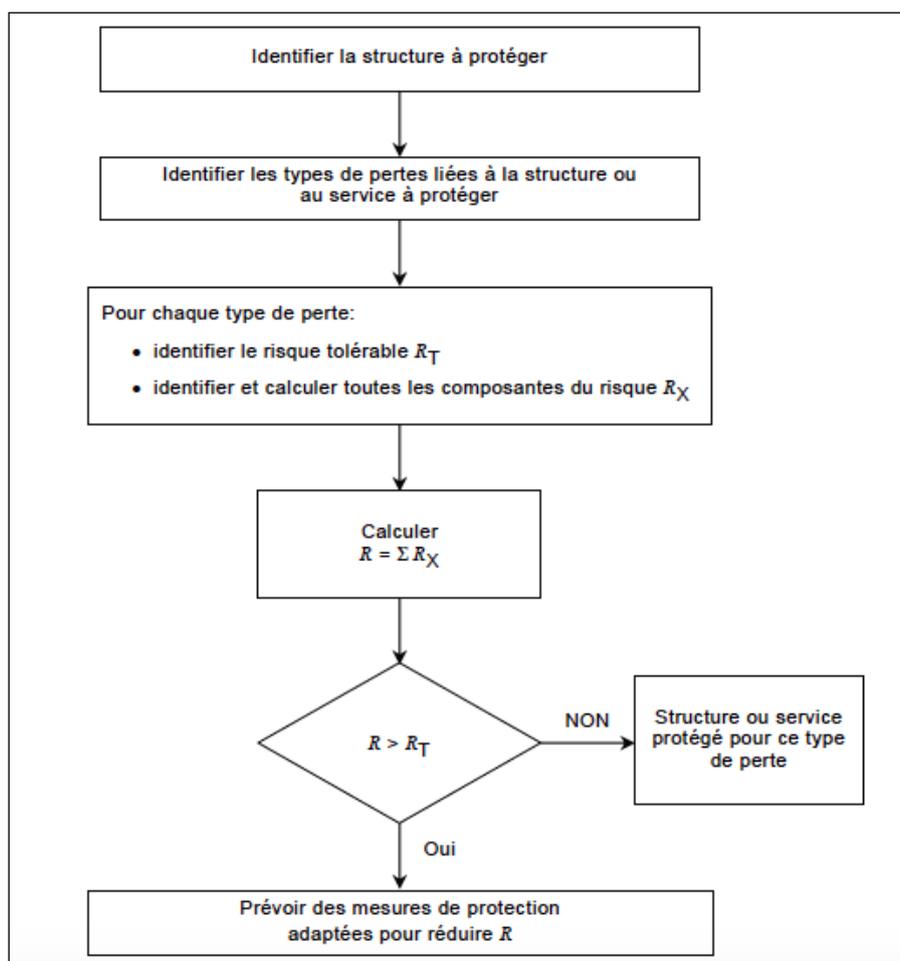
L'objectif de l'Analyse du Risque Foudre est :

- Soit de **s'assurer** que les mesures de protection de la structure et des services sont suffisantes pour que le **risque** reste **acceptable** à une valeur **tolérée** ;
- Soit de **déterminer le besoin** de mettre en œuvre **des mesures de prévention et de protection**.

### 3.2 PROCÉDURE D'ÉVALUATION DU RISQUE Foudre SELON LA NF EN 62305-2

L'arrêté du 4 octobre 2010 modifié et sa circulaire précisent que **seul le risque  $R_1$  « risque de perte de vie humaine » défini par la norme NF EN 62305-2 est évalué** pour l'analyse du risque foudre. Cette évaluation est relative aux caractéristiques de la structure et aux pertes.

Le risque  $R_1$  retenu doit être **inférieur ou égal** au risque tolérable  $R_T$  ( $1,0 \times 10^{-5}$ ).



<sup>1</sup> La structure est un ouvrage ou un bâtiment conformément à la norme.

<sup>2</sup> Les services sont des éléments métalliques conducteurs tels que réseaux de puissance, lignes de communication, canalisations, connectés à une structure.

### 3.3 IDENTIFICATION DES INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE

Une **structure** est constituée par :

- Un **bâtiment**, un **local**, un **ouvrage**, un **édifice**, etc. ; partitionné en zones si nécessaire ;
- Des **contenus** : substances, procédés de fabrication, installations, équipements, éléments importants pour la sécurité, etc... ;
- Des **personnes** à l'intérieur ou à moins de 3 mètres à l'extérieur ;
- Un **environnement** proche, extérieur à la structure ou du site.

Les **services** connectés à la structure sont **identifiés** et déterminés.

Les informations relatives à la structure sont données par l'Etude de dangers ou communiquées par l'Exploitant des Installation classées ou les documents relatifs au projet.

### 3.4 IDENTIFICATION DES TYPES DE PERTE

Quatre types de perte sont définis :

- L1 : Perte de vie humaine ;
- L2 : Perte de service public ;
- L3 : Perte d'héritage culturel ;
- L4 : Perte de valeurs économiques (structure et son contenu).

Dans le cadre de cette étude, nous n'étudierons que **les pertes de vie humaine (L1)**.

### 3.5 DÉFINITION DES RISQUES A ÉVALUER

Le risque R est la valeur d'une perte moyenne annuelle probable. Pour chaque type de perte qui peut apparaître dans une structure ou un service, le risque correspondant doit être évalué.

Les risques à évaluer dans une structure peuvent être les suivants :

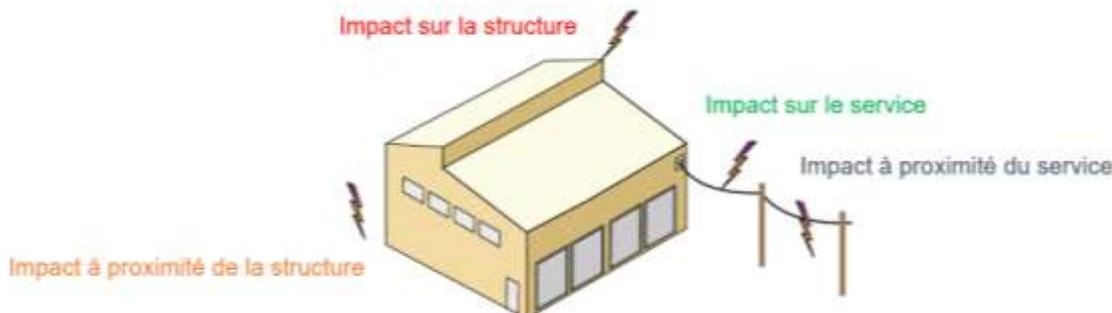
- R1 : Risque de perte de vie humaine ;
- R2 : Risque de perte de service public ;
- R3 : Risque de perte d'héritage culturel ;
- R4 : Risque de perte de valeurs économiques.

Pour évaluer les risques R, les composantes appropriées du risque (risques partiels dépendant de la source et du type de dommage) doivent être définies et calculées.

Dans notre cas, seul le **risque R1 fera l'objet d'une évaluation**.

### 3.6 CALCUL DU RISQUE R1

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



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

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

#### Composantes des risques pour une structure dus aux impacts sur la structure :

- R<sub>A</sub>** **Impact sur la structure** : Composante liée aux blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas dans les zones jusqu'à 3 m à l'extérieur de la structure.
- R<sub>B</sub>** **Impact sur la structure** : Composante liée aux dommages physiques d'un étincelage dangereux dans la structure entraînant un incendie ou une explosion pouvant produire des dangers pour l'environnement.
- R<sub>C</sub>** **Impact sur la structure** : Composante liée aux défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF.

#### Composantes des risques pour une structure dus aux impacts à proximité de la structure :

- R<sub>M</sub>** **Impact à proximité de la structure** : Composante liée aux défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF.

#### Composantes des risques pour une structure dus aux impacts sur un service connecté à la structure :

- R<sub>U</sub>** **Impact sur un service** : Composante liée aux blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact à l'intérieur de la structure en raison du courant de foudre injecté dans une ligne entrante.
- R<sub>V</sub>** **Impact sur un service** : Composante liée aux dommages physiques (incendie ou explosion dus à un étincelage dangereux entre une installation extérieure et les parties métalliques généralement situées au point de pénétration de la ligne dans la structure) dus aux courants de foudre transmis dans les lignes entrantes.
- R<sub>W</sub>** **Impact sur un service** : Composante liée aux défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises à la structure.

#### Composantes des risques pour une structure dus à un impact à proximité d'un service connecté à la structure :

- R<sub>Z</sub>** **Impact à proximité d'un service** : Composante liée aux défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises à la structure.

### 3.7 DÉFINITION DU RISQUE TOLÉRABLE

| Type de pertes       | RT        |
|----------------------|-----------|
| Perte de vie humaine | $10^{-5}$ |

Valeur type pour le risque tolérable RT selon la norme NF EN 62305-2

### 3.8 RÉDUCTION DU RISQUE R1

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

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

- Si  $R_1 > R_T$ 
  - Il faut prévoir des mesures de protection pour  $R_1 \leq R_T$ .
- Si  $R_1 \leq R_T$ 
  - Une protection contre la foudre n'est pas nécessaire.

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

### 3.9 PRINCIPAUX PARAMÈTRES PRIS EN COMPTE DANS L'ARF

Pour chaque bâtiment, un ensemble de caractéristiques doit être pris en compte :

- Ses dimensions ;
- Sa structure ;
- L'activité qu'il abrite ;
- Les dommages que peut engendrer la foudre en cas de foudroiement sur ou à proximité des bâtiments.

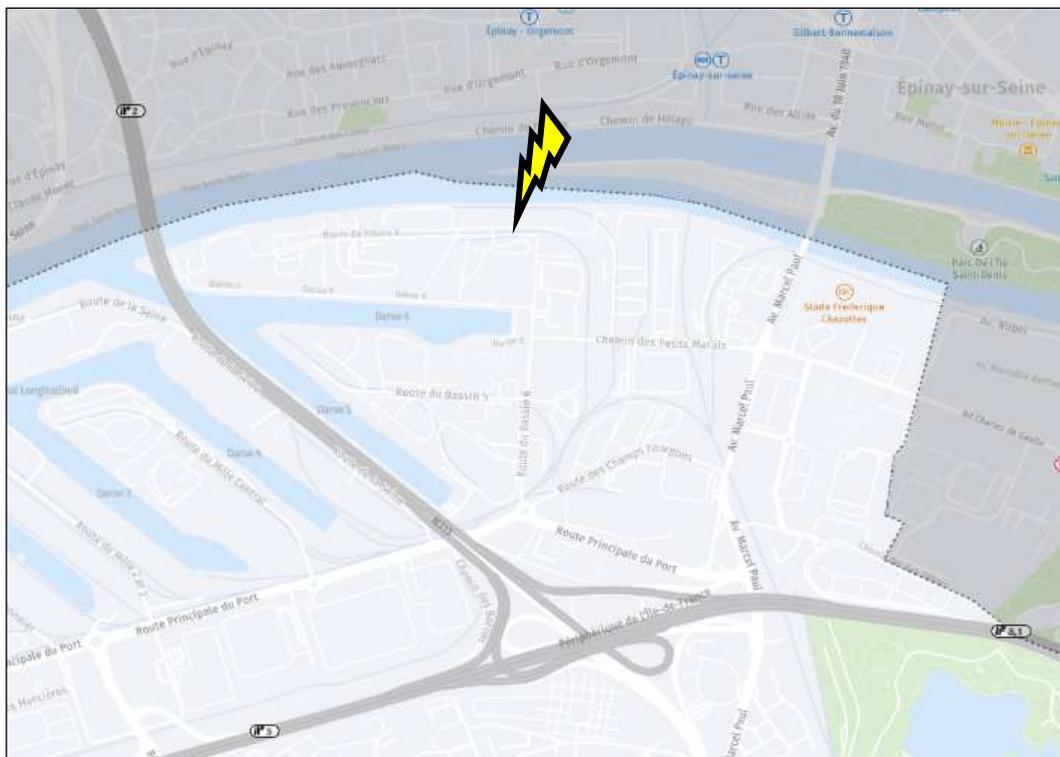
Les principaux critères en considération dans l'évaluation des composantes du risque foudre sont les suivants :

- Le type de danger particulier dans la structure ;
- Le risque incendie ;
- Les dispositions prises pour réduire la conséquence du feu.

## Chapitre 4 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

### 4.1 ADRESSE DU SITE

Le site sera situé : Route du Bassin Numéro 6 - zone industrialo-portuaire - 92230 GENNEVILLIERS



### 4.2 PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU PROJET

#### Implantation géographique

Le site sera implanté en bordure de Seine, sur une ancienne friche industrielle du port de GENNEVILLIERS dans le département des Hauts-de-Seine (92), à 5 Km du cœur de Paris.

#### Description :

Le projet GREEN DOCK consiste en la réalisation **d'une plateforme de logistique urbaine multimodale comprenant deux bâtiments** à usage d'entrepôt et de distribution, fluviale et routière et de bureaux.

La plateforme se développera sur 650 m de longueur et 59 m de largeur (résille comprise) avec un niveau de sous-sol sur 500 m de long et 37 m de profondeur. La Surface de Plancher totale (SDP) du projet sera d'environ 96 000 m<sup>2</sup>.

Chacun des 2 bâtiments logistiques (nommés **BLOC A/B** et **BLOC C/D**) comprendra :

- Un niveau de sous-sol pour parking exclusivement réservé au remisage de véhicules d'un poids total en charge inférieur à 3,5 tonnes (VL et VUL), avec bornes de charge de véhicules électriques ou hybrides ;

- Trois niveaux d'étages, destiné à la réception, à l'entreposage et à la réexpédition de divers produits combustibles non dangereux (à raison de deux cellules de moins de 5 000 m<sup>2</sup> par étage et par bâtiment) ;
- Un plot de bureaux et locaux sociaux de 8 niveaux sur rez-de-chaussée.

Le plancher bas du dernier niveau sera inférieur à 28 m depuis la voie échelle constituée par la voie nord permettant la desserte des deux zones de bureaux.

Chaque bâtiment sera divisé en 2 cellules par niveau. Les 2 bâtiments seront séparés par une cour camion centrale de 45 m x 54 m.

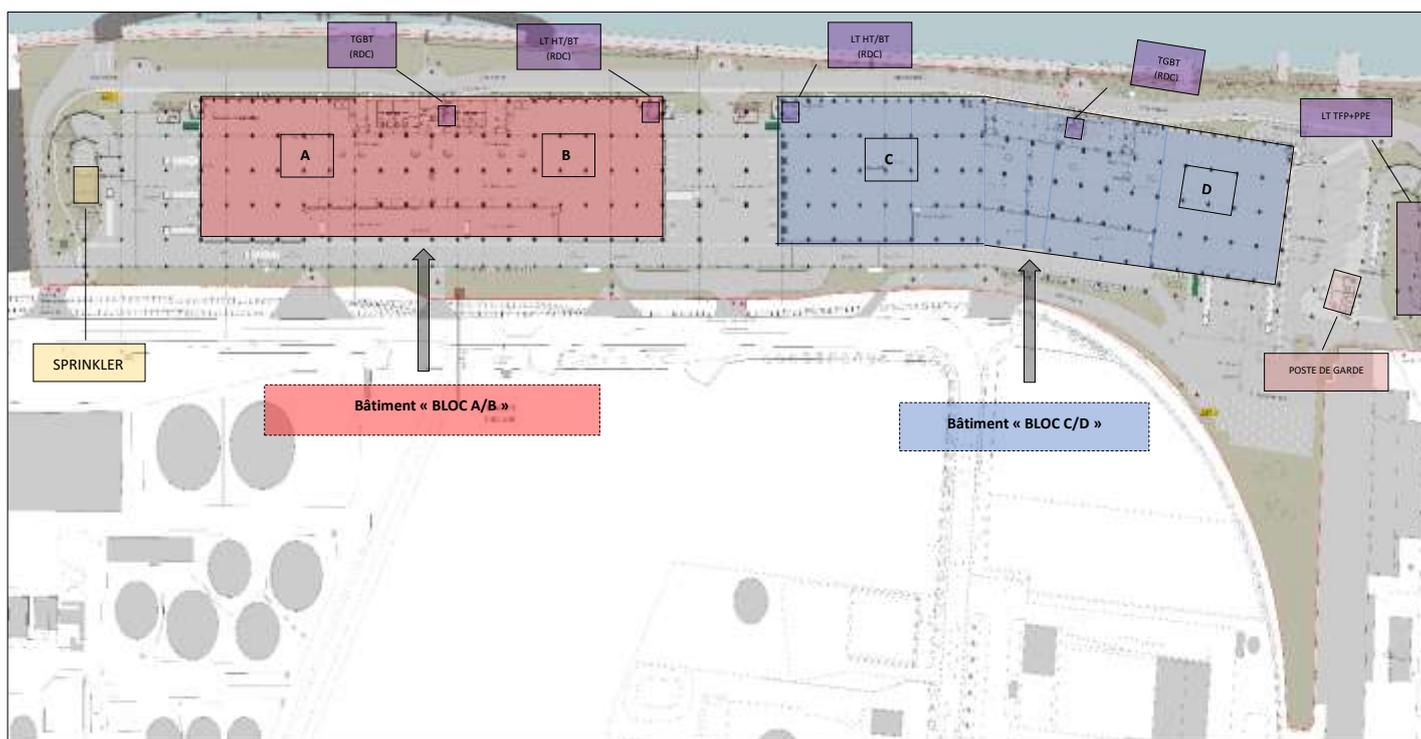
L'établissement sera complété par :

- Une zone de chargement/déchargement dédié à la logistique fluviale, positionné au nord-ouest du site, comportant un ponton ;
- Une voirie avec emplacements d'attente pour les poids-lourds équipée de bornes de charge de véhicules électriques (parking PL 21 places situé à l'entrée du site permettant d'éviter un encombrement de la voie publique par les véhicules en attente);
- Une voie de circulation au sud, recouverte par les voiries logistiques en étages, en sens unique pour les PL et VUL (également accessible aux engins d'incendie et de secours) ;
- Des panneaux photovoltaïques en ombrière, au-dessus des voiries desservant les espaces logistiques au R+3, et toiture des blocs AB et CD (positionnées sur le système de végétalisation selon le concept de toiture bio-solaire), et éventuellement des panneaux photovoltaïques positionnés en façade sud du bâtiment (solution encore à l'étude) ;
- Une microstation privative autonome de traitement des eaux usées domestiques ;
- Une noue d'infiltration des eaux pluviales de toiture ;
- Des locaux techniques (transformateur, TGBT, onduleurs, local photovoltaïque) ;
- Un poste de garde ;
- Des espaces verts ;
- Des tours pompiers ;
- Une voie pompiers en partie nord (voie réservée à l'accès des secours et seulement utilisée ponctuellement dans le cadre du process d'exploitation du ponton) et des aires de stationnement associées pour les engins de secours ;
- Un local sprinkler / RIA ;
- Des équipements enterrés de rétention étanche en béton pour le confinement des eaux d'extinction incendie.

**Vue 3D du projet**



**Plan de masse**



### Structures analysées

Notre étude portera principalement sur le **bâtiment « BLOC A/B »** et le **bâtiment « BLOC C/D »**.

### 4.3 LISTE DES RUBRIQUES ICPE

Les rubriques ICPE sont listées dans le tableau suivant :

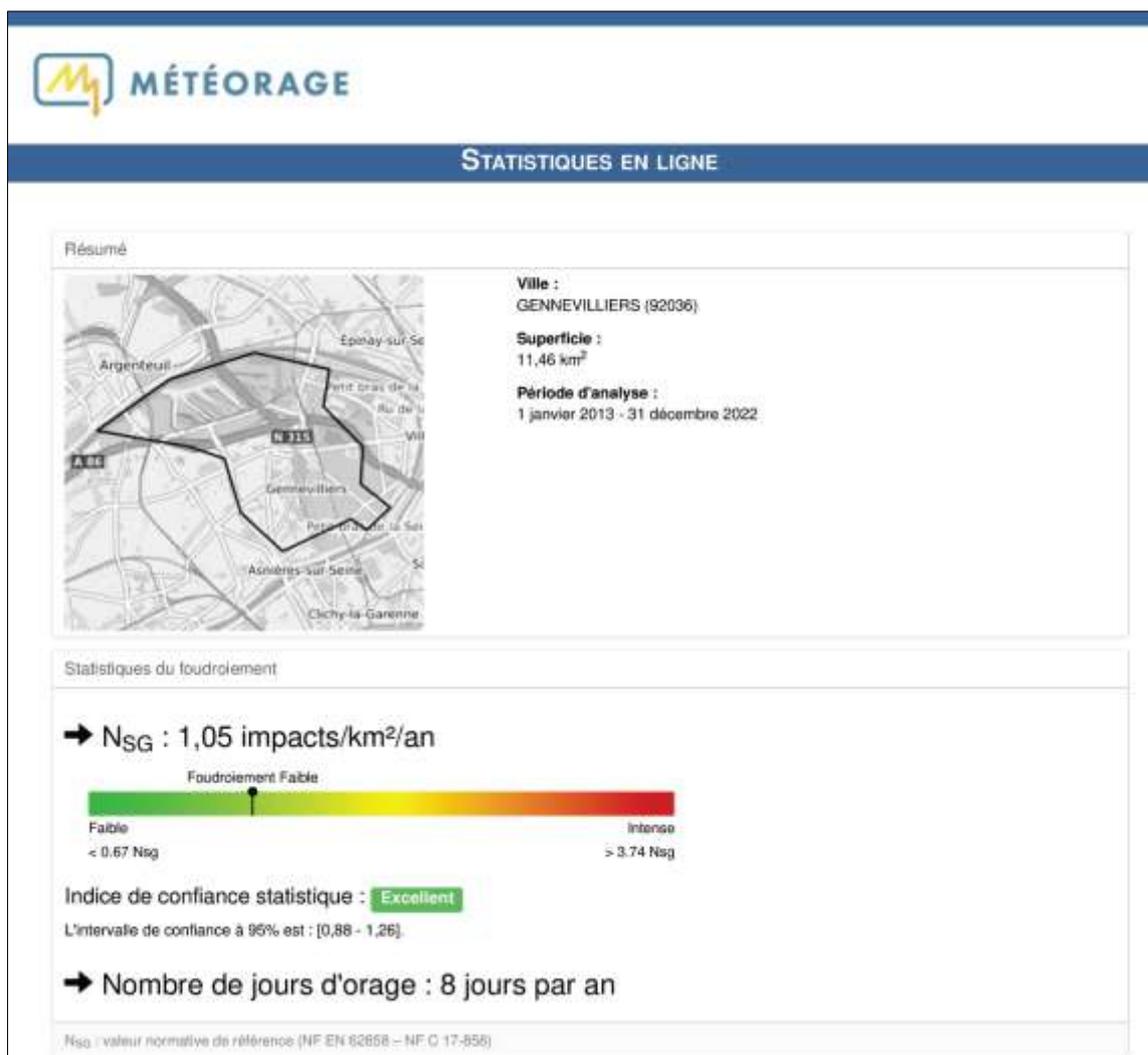
| N° de rubrique | Désignation simplifiée de la rubrique | Classement |
|----------------|---------------------------------------|------------|
| 1510           | Entrepôt couvert.                     | -          |

Le site est concerné par l'**arrêté du 11 avril 2017** relatif aux entrepôts couverts par la rubrique 1510 à enregistrement. De ce fait, la section III de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement s'applique.

#### 4.4 DENSITÉ DE Foudroiement

D'après les statistiques de foudroiement en France de METEORAGE (résultats à partir des données du réseau de détection des impacts foudre pour la période 2013-2022), la densité moyenne de foudroiement pour la commune de **GENNEVILLIERS (92)** est de :

$N_{SG} = 1,05$  (coups de foudre / km<sup>2</sup> / an)



Source : [http://public.meteorage.fr/web\\_statsmap/web\\_statsmap.html](http://public.meteorage.fr/web_statsmap/web_statsmap.html)

#### 4.5 POTENTIELS DE DANGERS

Nous estimons qu'en raison de l'activité du site le principal risque redouté est l'**incendie**.

#### 4.6 ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS

Les principaux risques où la foudre peut être identifiée comme une cause possible :

| Zones            | Évènement redoutés |
|------------------|--------------------|
| Ensemble du site | ➤ Incendie         |

#### 4.7 ZONAGE ATEX

Aucune information ne nous a été transmise à ce stade du projet concernant les éventuelles zones ATEX, néanmoins nous savons qu'il n'y aura pas de zone ATEX 0 ou 20.

Par conséquent, le risque d'explosion n'a pas été retenu dans l'Analyse de Risque Foudre.

#### 4.8 LISTE DES ÉQUIPEMENTS DE SÉCURITÉ (MMR)

Les équipements dont la défaillance entraîne une interruption des moyens de sécurité et provoquant ainsi des conditions aggravantes à un risque d'accident sont à prendre en compte.

La liste de ces équipements est la suivante avec leur susceptibilité à la foudre :

| MMR                             | Susceptibilité à la foudre |
|---------------------------------|----------------------------|
| Extincteurs                     | Non                        |
| Déclencheurs manuels d'incendie | Non                        |
| Désenfumage                     | Non                        |
| Portes coupe-feu                | Oui                        |
| Centrale détection incendie     | Oui                        |
| Détection fumée                 | Non                        |
| Sprinkler / Surpresseur RIA     | Oui                        |

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

#### 4.9 MOYENS D'INTERVENTION ET DE SECOURS DU SITE

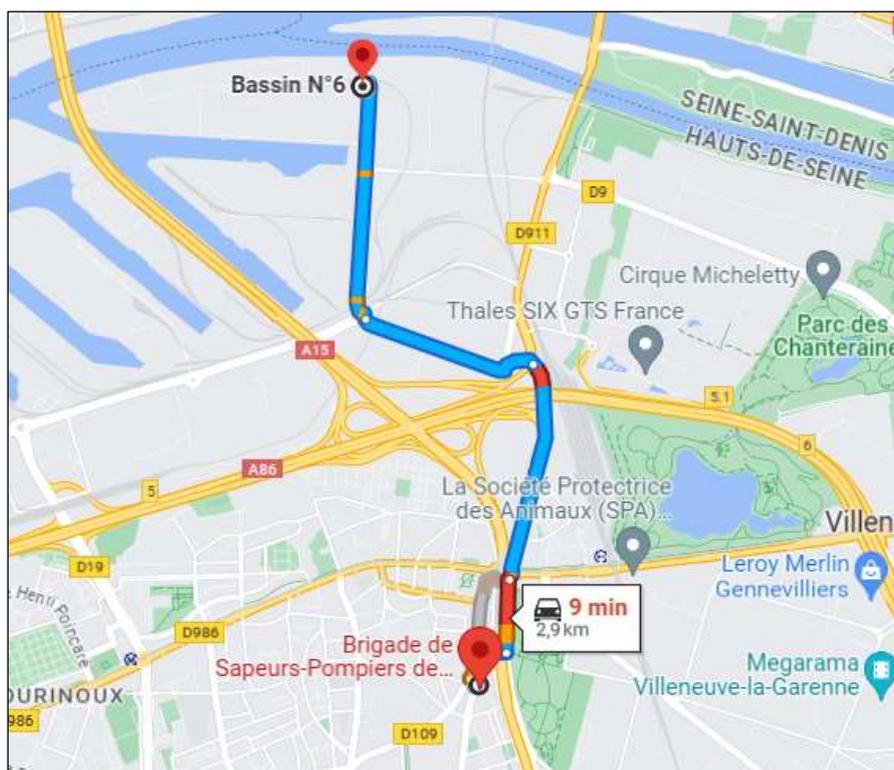
Le site disposera, suivant les zones, de différents moyens de lutte contre l'incendie :

- Les moyens automatiques : détection incendie / sprinkler / surpresseurs RIA ;
- Les moyens manuels : extincteurs / déclencheurs manuels / désenfumage / poteaux incendie.

Les pompiers disposeront des consignes de sécurité et des moyens d'intervention disponibles sur le site.

En cas d'alerte, le centre de secours mettrait en œuvre les moyens adaptés à la situation. En fonction des besoins et des moyens disponibles, le centre susceptible d'être mobilisé, en premier départ, est la **Brigade de Sapeurs-Pompiers de Paris-Caserne Gennevilliers (92)**.

Compte tenu de la proximité du centre de secours, le **délaï d'intervention estimé est inférieur à 10 minutes**.



#### 4.10 SERVICES ET CANALISATIONS

##### Caractéristiques du réseau de puissance

En l'absence de données, nous considérons que chaque bâtiment (« BLOC A/B et BLOC C/D ») sera alimenté par une ligne en 20 kV souterraine issue du réseau ENEDIS vers un poste HT/BT en local technique.

Par la suite, les postes alimenteront chacun un (ou plusieurs) TGBT afin de desservir l'ensemble des équipements du site.

Le régime de neutre n'est pas encore défini à ce stade du projet.

### Caractéristiques du réseau de communication

Chaque bâtiment du projet sera raccordé au réseau téléphonique via des lignes souterraines de type « fibre optique » vers les zones administratives (bureaux).

La fibre n'étant pas vulnérable à la foudre ces lignes ne seront donc pas prises en compte dans cette étude.

### Liste des canalisations entrantes ou sortantes

| Structure                    | Désignation         | Nature     |
|------------------------------|---------------------|------------|
| <b>Bâtiment « BLOC A/B »</b> | Eau                 | PER / PE   |
|                              | Évacuation des eaux | PVC        |
|                              | Sprinkler           | Métallique |
| <b>Bâtiment « BLOC C/D »</b> | Eau                 | PER / PE   |
|                              | Évacuation des eaux | PVC        |
|                              | Sprinkler           | Métallique |

## Chapitre 5 INSTALLATION À PRENDRE EN COMPTE POUR L'ARF

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

| Bâtiments / Installations | Traitements statistiques selon la norme NF EN 62305-2 | Traitement déterministe <sup>1</sup> |
|---------------------------|---|--------------------------------------|
| Bâtiment « BLOC A/B »     | ✓   |                                      |
| Bâtiment « BLOC C/D »     | ✓   |                                      |

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

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

Par conséquent, quel que soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme **Moyens des Maitrises de Risque (MMR)**, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes.

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

## Chapitre 6 CALCUL PROBABILISTE : BÂTIMENT « BLOC A/B »

### 6.1 DONNÉES & CARACTÉRISTIQUES DE LA STRUCTURE

| Caractéristiques de la structure |  |
|----------------------------------|--|
| Facteur d'emplacement $C_{d/b}$  | Le bâtiment est entouré par des structures plus petites ou même hauteur. |
| Longueur $L$                     | 220 m  |
| Largeur $W$                      | 51 m   |
| Hauteur $H_b$                    | 33 m   |
| Aire Equivalente $A_{d/b}$       | 9,57E-02 km <sup>2</sup>   |
| Type de sol à l'intérieur        | Béton  |

### 6.2 CARACTÉRISTIQUES DES LIGNES ENTRANTES OU SORTANTES

| Caractéristiques de la ligne « Alimentation HT <sub>1</sub> » : |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Type de ligne   | Énergie avec transformateur HT/BT |
| Origine de la ligne   | Réseau ENEDIS                     |
| Dimension du bâtiment d'où provient cette ligne                 | -                                 |
| Longueur de ligne entre les équipements                         | 1 000 m                           |
| Cheminement (aérien / enterré)                                  | Enterré                           |
| Tension de tenue aux chocs du réseau                            | > 6 kV                            |
| Désignation de l'équipement reliée dans la structure            | Poste transfo HT/BT               |

| Caractéristiques de la ligne « POSTE DE GARDE » :    |                |
|--|----------------|
| Type de ligne  | Énergie BT     |
| Origine de la ligne                                  | Poste de garde |
| Dimension du bâtiment d'où provient cette ligne      | 5 x 5 x 3m     |
| Longueur de ligne entre les équipements              | 500 m          |
| Cheminement (aérien / enterré)                       | Enterré        |
| Tension de tenue aux chocs du réseau                 | > 2,5 kV       |
| Désignation de l'équipement reliée dans la structure | TGBT           |

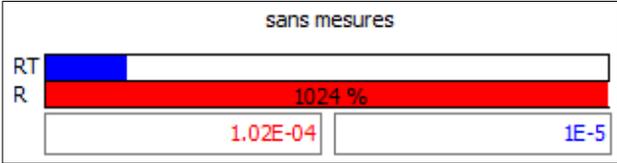
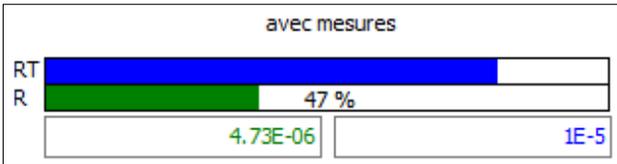
| Caractéristiques de la ligne « Téléphone » :              |  |
|---|--|
| Ligne fibre optique → Non prise en compte dans l'analyse. |  |

## 6.3 DÉFINITION DES ZONES

### Définition de la zone :

| <b>Zone : BÂTIMENT « BLOC A/B »</b>                 |   |
|---|---|
| Type de sol $r_u$                                   | <b>Béton</b>  |
| Risque incendie $r_f$                               | <p><b>Élevé <math>\rightarrow r_f = 0,1</math></b></p> <p><i>Justification : Absence de données précises concernant la quantité et le volume. Toutefois, au vu des futures quantités de matières inflammables présentes (entrepôt de stockage), le risque incendie est estimé « élevé ».</i></p> <p><i>Selon la norme NF EN 62305-2 : charge calorifique supérieure à 800 MJ/m<sup>2</sup>.</i></p> |
| Dangers particuliers $h_z$                          | <p><b>Niveau de panique faible <math>\rightarrow h_z = 2</math></b></p> <p><i>Justification : Le nombre de personnes qui seront présentes dans la structure est inférieur à 100.</i></p>  |
| Protection contre l'incendie $r_p$                  | <p><b>Automatique <math>\rightarrow r_p = 0,2</math></b></p> <p><i>Justification : La protection incendie est assurée à l'aide de sprinklers.</i></p>   |
| Protection contre les tensions de pas et de contact | Aucune mesure de protection   |
| Perte par tensions de contact et de pas $L_t$       | <p><b><math>L_t = 0,0001</math></b></p> <p><i>Justification : Personnes à l'intérieur du bâtiment</i></p>   |
| Perte par dommages physiques $L_f$                  | <p><b><math>L_f = 0,042</math></b></p> <p><i>Justification : Structure stockage industriel</i></p>  |

## 6.4 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

| BÂTIMENT « BLOC A/B » |   |
|-----------------------|---|
| SANS PROTECTION       | <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>sans mesures</p>  </div> <p>Dans ces conditions le risque de perte de vie humaine R1 n'est <b>pas acceptable</b> (<math>R1 &gt; RT</math>) :</p> <p style="text-align: center; color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;"><math>1,02 \times 10^{-4} &gt; 1 \times 10^{-5}</math></p> <p>Il y a donc lieu de <b>procéder à la mise en œuvre de mesures de protection.</b></p> <p>La composante de risque qui influence le plus défavorablement le résultat est :</p> <p><b>RB</b> : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur la structure)<br/> <b>RV</b> : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté)</p> <p>Chaque composante de risque peut être réduite ou augmentée selon différents paramètres.</p> |
| AVEC PROTECTION       | <div style="text-align: center; border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p>avec mesures</p>  </div> <p>Afin de réduire les composantes RB et RV sous la valeur tolérable, nous préconisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La mise en place d'une Installation Extérieur de Protection Foudre (IEPF) de niveau II ;</li> <li>➤ La mise en place d'une Installation Intérieur de Protection Foudre (IIPF) de niveau II en conformité avec les recommandations de la norme NF EN 62305-4 sur les lignes de puissance.</li> </ul> <p>Avec la mise en œuvre de mesures de protection, le risque de perte de vie humaine R1 devient acceptable (<math>R1 &lt; RT</math>) :</p> <p style="text-align: center; color: green; font-weight: bold; font-size: 1.2em;"><math>4,73 \times 10^{-6} &lt; 1 \times 10^{-5}</math></p>   |

## Chapitre 7      **CALCUL PROBABILISTE : BÂTIMENT « BLOC C/D »**

### 7.1    **DONNÉES & CARACTÉRISTIQUES DE LA STRUCTURE**

| <b>Caractéristiques de la structure</b>      |  |
|--|--|
| Facteur d'emplacement <b>C<sub>d/b</sub></b> | Le bâtiment est entouré par des structures plus petites ou même hauteur. |
| Longueur <b>L</b>                            | 243 m  |
| Largeur <b>W</b>                             | 51 m   |
| Hauteur <b>H<sub>b</sub></b>                 | 33 m   |
| Aire Equivalente <b>A<sub>d/b</sub></b>      | 1,01E-01 km <sup>2</sup>   |
| Type de sol à l'intérieur                    | Béton  |

### 7.2    **CARACTÉRISTIQUES DES LIGNES ENTRANTES OU SORTANTES**

| <b>Caractéristiques de la ligne « Alimentation HT<sub>2</sub> » :</b> |                                   |
|---|-----------------------------------|
| Type de ligne   | Énergie avec transformateur HT/BT |
| Origine de la ligne   | Réseau ENEDIS                     |
| Dimension du bâtiment d'où provient cette ligne                       | -                                 |
| Longueur de ligne entre les équipements                               | 1 000 m                           |
| Cheminement (aérien / enterré)  | Enterré                           |
| Tension de tenue aux chocs du réseau                                  | > 6 kV                            |
| Désignation de l'équipement reliée dans la structure                  | Poste transfo HT/BT               |

| <b>Caractéristiques de la ligne « POSTE DE GARDE » :</b> |                |
|--|----------------|
| Type de ligne  | Énergie BT     |
| Origine de la ligne                                      | Poste de garde |
| Dimension du bâtiment d'où provient cette ligne          | 5 x 5 x 3 m    |
| Longueur de ligne entre les équipements                  | 250 m          |
| Cheminement (aérien / enterré)                           | Enterré        |
| Tension de tenue aux chocs du réseau                     | > 2,5 kV       |
| Désignation de l'équipement reliée dans la structure     | TGBT           |

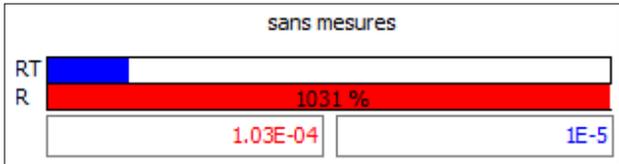
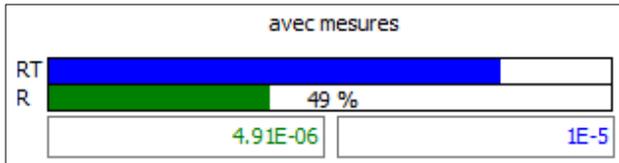
| <b>Caractéristiques de la ligne « Téléphone » :</b>       |
|---|
| Ligne fibre optique → Non prise en compte dans l'analyse. |

## 7.3 DÉFINITION DES ZONES

### Définition de la zone :

| Zone : BÂTIMENT « BLOC C/D »                        |  |
|---|--|
| Type de sol $r_u$                                   | <b>Béton</b>   |
| Risque incendie $r_f$                               | <p><b>Élevé</b> → <math>r_f = 0,1</math></p> <p><i>Justification</i> : Absence de données précises concernant la quantité et le volume. Toutefois, au vu des quantités de matières inflammables présentes (entrepôt de stockage), le risque incendie est estimé « élevé ».</p> <p>Selon la norme NF EN 62305-2 : charge calorifique supérieure à 800 MJ/m<sup>2</sup>.</p> |
| Dangers particuliers $h_z$                          | <p><b>Niveau de panique faible</b> → <math>h_z = 2</math></p> <p><i>Justification</i> : Le nombre de personnes qui seront présentes dans la structure est inférieur à 100.</p>   |
| Protection contre l'incendie $r_p$                  | <p><b>Automatique</b> → <math>r_p = 0,2</math></p> <p><i>Justification</i> : La protection incendie est assurée à l'aide de sprinklers.</p>  |
| Protection contre les tensions de pas et de contact | Aucune mesure de protection  |
| Perte par tensions de contact et de pas $L_t$       | <p><b><math>L_t = 0,0001</math></b></p> <p><i>Justification</i> : Personnes à l'intérieur du bâtiment</p>  |
| Perte par dommages physiques $L_f$                  | <p><b><math>L_f = 0,042</math></b></p> <p><i>Justification</i> : Structure stockage industriel</p>   |

## 7.4 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

| BÂTIMENT « BLOC C/D » |   |
|-----------------------|---|
| SANS PROTECTION       | <div style="text-align: center;">  <p>RT <span style="color: blue;">1.03E-04</span></p> <p>R <span style="color: red;">1031 %</span> <span style="color: blue;">1E-5</span></p> </div> <p>Dans ces conditions le risque de perte de vie humaine R1 n'est <b>pas acceptable</b> (<math>R1 &gt; RT</math>) :</p> <p style="text-align: center; color: red; font-size: 1.2em;"><math>1,03 \times 10^{-4} &gt; 1 \times 10^{-5}</math></p> <p>Il y a donc lieu de <b>procéder à la mise en œuvre de mesures de protection.</b></p> <p>La composante de risque qui influence le plus défavorablement le résultat est :</p> <p><b>RB</b> : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur la structure)</p> <p><b>RV</b> : Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le service connecté)</p> <p>Chaque composante de risque peut être réduite ou augmentée selon différents paramètres.</p> |
| AVEC PROTECTION       | <div style="text-align: center;">  <p>RT <span style="color: blue;">4.91E-06</span></p> <p>R <span style="color: green;">49 %</span> <span style="color: blue;">1E-5</span></p> </div> <p>Afin de réduire les composantes RB et RV sous la valeur tolérable, nous préconisons :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ La mise en place d'une Installation Extérieur de Protection Foudre (IEPF) de niveau II ;</li> <li>➤ La mise en place d'une Installation Intérieur de Protection Foudre (IIPF) de niveau II en conformité avec les recommandations de la norme NF EN 62305-4 sur les lignes de puissance.</li> </ul> <p>Avec la mise en œuvre de mesures de protection, le risque de perte de vie humaine R1 devient acceptable (<math>R1 &lt; RT</math>) :</p> <p style="text-align: center; color: green; font-size: 1.2em;"><math>4,91 \times 10^{-6} &lt; 1 \times 10^{-5}</math></p>   |

# **RAPPORT TECHNIQUE**

## **ÉVALUATION DES RISQUES**

---

**Données du projeteur :**

Raison sociale : 1G Foudre  
Nom du projeteur : M. BADRI

**Projet ARF :**

Client : ANTEAGROUP  
Site : GREEN DOCK  
Commune : GENNEVILLIERS (92)  
Pays : FRANCE  
Ng : 1,05

---

# Annexe n°1

## Fiche de calcul d'Analyse du Risque Foudre ZONE : BÂTIMENT « BLOC A/B »

L'analyse de risque est effectuée à l'aide du logiciel DEHN RISK TOOL version 3.260.03  
conforme à la norme NF EN 62305-2 (Décembre 2012)

*Le contenu de l'annexe est extrait du logiciel qui est responsable de sa cohérence de rédaction.  
Seules les données d'entrée du calcul sont insérées par 1G Foudre.*

## **Contenu**

- 1. abréviations**
- 2. Fondements normatifs**
- 3. Risque et source de dommages**
- 4. Informations sur le projet**
  - 4.1. Sélection des risques à prendre en considération
  - 4.2. Paramètres géographiques et paramètres du bâtiment
  - 4.3. Division de la structure en zones / zones de protection contre la foudre
  - 4.4. Lignes d'alimentation
  - 4.5. Risque d'incendie
  - 4.6. Mesures visant à réduire les conséquences d'un incendie
  - 4.7. Dangers particuliers dans le bâtiment pour les personnes
- 5. Analyse des risques**
  - 5.1. Risque R1, vie humaine
  - 5.2. Sélection des mesures de protection
- 6. Obligation légale**
- 7. Information générale**
- 8. Définition**

## 1. abréviations

|                         |   |
|-------------------------|---|
| a                       | Taux d'amortissement  |
| $a_t$                   | Période d'amortissement   |
| $c_a$                   | Coût des animaux dans la zone, en monnaie   |
| $c_b$                   | Coût du bâtiment dans la zone, en monnaie   |
| $c_c$                   | Coût du contenu de la zone, en monnaie  |
| $c_s$                   | Coût des réseaux internes (y compris leurs activités) dans la zone, en monnaie  |
| $c_t$                   | Valeur totale de la structure, en monnaie   |
| $C_D;C_{DJ}$            | Facteur d'emplacement   |
| $C_L$                   | Coût annuel des pertes totales en l'absence de mesures de protection  |
| $C_{PM}$                | Coût annuel des mesures de protection choisies  |
| $C_{RL}$                | Coût annuel des pertes résiduelles  |
| EB                      | Liaison équipotentielle de foudre   |
| H                       | Hauteur de la structure   |
| $H_p$                   | Point culminant de la structure   |
| i                       | Taux d'intérêt  |
| $K_{S1}$                | Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure (blindage spatial externe)   |
| $K_{S1W}$               | Largeurs de maille du blindage spatial maillé d'une structure   |
| $K_{S2}$                | Facteur associé à l'efficacité de blindage des blindages internes à la structure  |
| $K_{S2W}$               | Largeurs de maille du blindage spatial maillé à l'intérieur de la structure   |
| L1                      | Perte de vie humaine  |
| L2                      | Perte de service public   |
| L3                      | Perte d'héritage culturel   |
| L4                      | Pertes de valeurs économiques   |
| L                       | Longueur de la structure  |
| IEMF                    | Impulsion électromagnétique de foudre   |
| PCLF                    | Protection contre la foudre (installation complète de protection des structures contre les effets de la foudre, y compris ses réseaux internes et leurs contenus, ainsi que des personnes, comprenant généralement un SPF et une MPF) |
| NPF                     | Niveau de protection contre la foudre   |
| SPF                     | Système de protection contre la foudre  |
| ZPF                     | Zone de protection contre la foudre (zone dans laquelle l'environnement électromagnétique de foudre est défini)   |
| m                       | Coût de maintenance   |
| $N_D$                   | Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure  |
| $N_G$                   | Densité de foudroiement au sol  |
| $P_B$                   | Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)   |
| PEB                     | Liaison équipotentielle de foudre   |
| $P_{\text{parafoudre}}$ | Système de protection coordonnée par parafoudres  |
| R                       | Risque  |
| $R_1$                   | Risque de pertes de vie humaine dans une structure  |
| $R_2$                   | Risque de perte de service public dans une structure  |
| $R_3$                   | Risque de perte d'héritage culturel dans une structure  |
| $R_4$                   | Risque de pertes de valeur économique dans une structure  |
| $R_A$                   | Composante du risque lié aux blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)  |
| $R_B$                   | Composante du risque lié aux dommages physiques sur une structure (impacts sur la structure)  |
| $R_C$                   | Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)  |
| $R_M$                   | Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure)  |
| $R_U$                   | Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)   |
| $R_V$                   | Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le  |

|                |   |
|----------------|---|
| R <sub>W</sub> | service connecté)<br>Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) |
| R <sub>Z</sub> | Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service)                     |
| R <sub>T</sub> | Tolerable risk (maximum value of the risk which can be tolerated for the structure to be protected)                   |
| r <sub>f</sub> | Facteur de réduction associé au risque d'incendie   |
| r <sub>p</sub> | Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie  |
| S <sub>M</sub> | Economie annuelle en monnaie  |
| SPD            | Parafoudre (Surge protection device)  |
| SPM            | LEMP protection measures (measures to reduce the risk of failure of electrical and electronic equipment due to LEMP)  |
| t <sub>Z</sub> | Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux                              |
| W              | Largeur de la structure   |
| Z <sub>S</sub> | Zones d'une structure   |

## 2. Fondements normatifs

La norme NF EN 62305 se compose des parties suivantes:

- NF EN 62305-1:2012-12 - "Protection contre la foudre - Partie 1: Principes généraux"
- NF EN 62305-2:2012-12 - "Protection contre la foudre - Partie 2: Evaluation des risques"
- NF EN 62305-3:2012-12 - "Protection contre la foudre - Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains"
- NF EN 62305-4:2012-12 - "Protection contre la foudre - Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures"

## 3. Risque et source de dommages

Afin d'éviter les dommages résultant d'un coup de foudre, les mesures de protection spécifiques doivent être prises pour les objets à protéger. L'évaluation / analyse des risques décrite dans la norme NF EN 62305-2:2012-12 décrit l'évaluation du risque et détermine les exigences d'une protection contre la foudre d'une structure. L'objectif de l'analyse des risques est de réduire le risque à un niveau acceptable en prenant des mesures de protection.

L'analyse de risque en conformité avec la norme NF EN 62305-2:2012-12 pour le projet GREEN DOCK - objet BÂTIMENT "BLOC A/B" montre la nécessité de mettre en oeuvre des protections contre la foudre. Le potentiel de risque pour la structure est déterminé et, si nécessaire, des mesures de protection pour réduire les risques doivent être prises. Le résultat de l'analyse des risques non seulement spécifie la classe SPF, mais fournit également un concept de protection complet, y compris les mesures nécessaires à la protection des IEMF.

En conséquence, un choix économiquement raisonnable des mesures de protection approprié pour la structure et l'utilisation de la structure est assurée.

## 4. Informations sur le projet

### 4.1 Sélection des risques à prendre en considération

En raison de la nature et de l'utilisation de la structure, objet BÂTIMENT "BLOC A/B", les risques suivants ont été sélectionnés et pris en considération:

Risque R<sub>1</sub>: Risque de perte de vie humaine R<sub>T</sub>: 1.00E-05

Le risque tolérable R<sub>T</sub> ont été définis par la sélection des risques.

L'objectif d'une analyse des risques est de réduire le risque à un niveau acceptable RT par une sélection

économiquement saine des mesures de protection.

#### 4.2 Paramètres géographiques et paramètres du bâtiment

La densité de foudroiement  $N_g$  est la base de l'analyse des risques en fonction de NF EN 62305-2:2012-12. Il définit le nombre de coups de foudre en 1 / an / km<sup>2</sup>. Une valeur de 1.05 coups de foudre / an / km<sup>2</sup> a été déterminée pour l'emplacement de la structure BÂTIMENT "BLOC A/B" grâce à la carte de densité de foudroiement au sol. En conséquence, il y a un nombre calculé de 10.50 jours d'orage par an pour l'emplacement du projet.

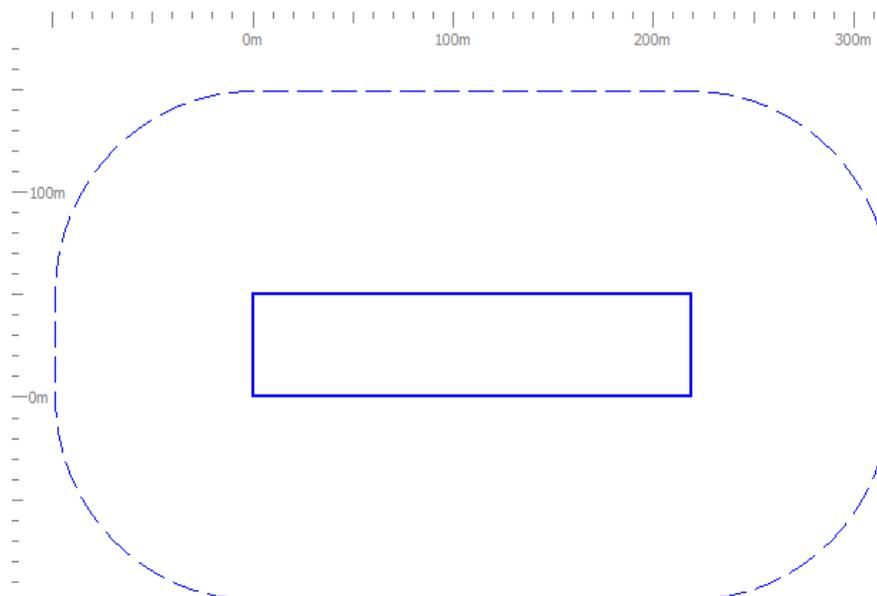
Les dimensions du bâtiment sont importantes pour le risque de coups de foudre direct. Les surfaces d'expositions des coups de foudre directs / indirects sont déterminées en fonction de ces dimensions. La structure BÂTIMENT "BLOC A/B" a les dimensions suivantes:

|          |                                   |          |
|----------|-----------------------------------|----------|
| $L_b$    | Longueur:                         | 220.00 m |
| $W_b$    | Largeur:                          | 51.00 m  |
| $H_b$    | Hauteur:                          | 33.00 m  |
| $H_{pb}$ | Point culminant (le cas échéant): | 0.00 m   |

Sur la base des dimensions de la structure, il y a des zones de surface d'exposition:

Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure isolé: 95,668.00 m<sup>2</sup>

Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure: 1,056,398.00 m<sup>2</sup>



L'environnement entourant la structure est un facteur important pour déterminer le nombre possibles de coups de foudre directs / indirects. Il est défini comme suit pour la structure BÂTIMENT "BLOC A/B":  
Emplacement relatif  $C_D$ : 0.50

Si la densité de foudroiement au sol se réfère aux objets environnants et à l'environnement de la structure, une fréquence de nombre d'événements dangereux dus aux:

- coups de foudre direct pour une structure  $N_D = 0.0502$  coups de foudre / an,

- coups de foudre à proximité d'une structure NM = 1.1092 coups de foudre / an,

est à prévoir.

#### 4.3 Division de la structure en zones / zones de protection contre la foudre

La structure BÂTIMENT "BLOC A/B" n'était pas divisée en zones de protection contre la foudre / zones.

L1tz – Temps pour lequel les personnes se trouvent dans la zone.: 8,760 heures / an  
L1nz – Nombre de personnes dans la zone: 0 Personnes

#### 4.4 Lignes d'alimentation

Tous les services entrants et sortants de la structure doivent être pris en considération dans l'analyse des risques. Les conduits ne doivent pas être pris en considération si elles sont reliées à la barre principale de terre de la structure. Si ce n'est pas le cas, le risque des conduits entrants devrait être considérée dans l'analyse des risques (la liaison équipotentielle est obligatoire).

Les services suivants ont été considérés pour la structure BÂTIMENT "BLOC A/B" dans l'analyse des risques:

- ALIM HT
- POSTE DE GARDE BT

Paramètre d'entrée

- Facteur d'installation (enterré / aérien)
- Longueur du conducteur (à l'extérieur du bâtiment)
- Environnement
- Structure connectée
- Type de câblage interne (blindé / non blindé)
- Tension de tenue du réseau interne (rigidité diélectrique de l'équipement terminal) ont été déterminées pour chaque conducteur.

Sur cette base, le risque pour la structure et le contenu résultant des coups de foudre et à proximité des services a été déterminée et évaluée dans l'analyse des risques.

#### 4.5 Risque d'incendie

Le risque d'incendie dans une structure est un facteur important pour déterminer les mesures de protection nécessaires. Le risque d'incendie de la structure BÂTIMENT "BLOC A/B" a été défini comme suit:

- Elevé

#### 4.6 Mesures visant à réduire les conséquences d'un incendie

Les mesures suivantes ont été sélectionnées pour réduire les conséquences d'un incendie:

- Une des dispositions suivantes : installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques

#### 4.7 Dangers particuliers dans le bâtiment pour les personnes

En raison du nombre de personnes, le risque éventuel de panique pour la structure BÂTIMENT "BLOC A/B" a été défini comme suit:

- Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)

## 5. Analyse des risques

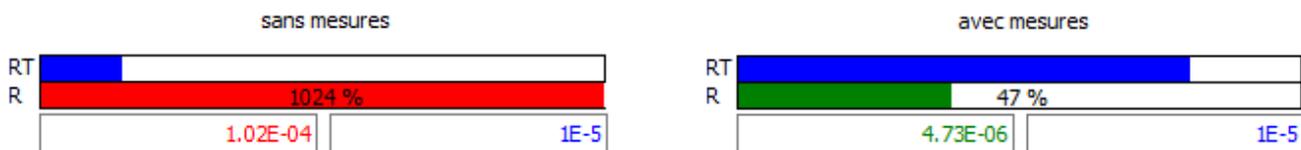
Comme décrit dans 4.1, les risques suivants selon 5. ont été évalués. La barre bleue indique la valeur de risque tolérable et la barre verte / rouge indique le risque déterminé.

### 5.1 Risque R1, vie humaine

Le risque suivant a été déterminé pour les personnes à l'extérieur et à l'intérieur de la structure BÂTIMENT "BLOC A/B":

Risque tolérable  $R_T$ : 1.00E-05  
 Calcul du risque R1 (sans protection): 1.02E-04

Calcul du risque R1 (protégé): 4.73E-06



Pour réduire le risque, il est nécessaire de prendre des mesures, comme décrit dans 5.

### 5.2 Sélection des mesures de protection

Le risque a été réduit à un niveau acceptable en sélectionnant les mesures de protection suivantes.

Cette sélection de mesures de protection fait partie de la gestion du risque pour l'objet BÂTIMENT "BLOC A/B" et n'est valable que dans le cadre de cet objet.

#### Mesures PROTECTION NIV II:

| Région | Mesures   | Facteur   |
|--------|---|-----------|
| pB:    | Système de protection contre la foudre SPF Classe SPF II                    | 5.000E-02 |
| pEB:   | Liaison équipotentielle de foudre<br>Liaison équipotentielle pour un NPF II | 2.000E-02 |

## 6. Obligation légale

L'analyse des risques effectuée réfère aux informations fournies par l'exploitant et / ou propriétaire du bâtiment ou de l'expert qui a été supposé, évalués ou défini sur place les différentes informations. Veuillez noter que ces informations doivent être vérifiées après évaluation.

La procédure du logiciel DEHNsupport pour le calcul des risques est basée sur la norme NF EN 62305-2:2012-12.

Merci de noter que toutes les hypothèses, les documents, les illustrations, les dessins, les dimensions, les paramètres et les résultats ne sont pas juridiquement contraignant pour la personne qui effectue l'analyse des risques.

## 7. Information générale

### 7.1 Components of the external lightning protection system

Les composants de protection contre la foudre utilisés pour faire un système de protection extérieure contre la foudre doivent être conformes aux exigences mécaniques et électriques définies dans la série de norme EN 62561. Cette série de normes est par exemple divisée en parties:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| - EN 62561-1:2012 | Prescriptions pour les composants de connexion  |
| - EN 62561-2:2012 | Caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre                             |
| - EN 62561-3:2012 | Prescriptions pour les éclateurs d'isolement  |
| - EN 62561-4:2011 | Prescriptions pour les fixations de conducteur  |
| - EN 62561-5:2011 | Exigences pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre |

#### 7.1.1 EN 62561-1:2012 Prescriptions pour les composants de connexion

Pour l'installateur d'un système de protection contre la foudre, cela signifie que les éléments de connexion doivent pouvoir être sélectionnés sur le lieu d'installation en fonction de la décharge prévue (**H** ou **N**). Ainsi, par exemple pour une pointe de capture (courant de foudre complet), on utilisera une borne pour décharge **H** (100 kA) et par exemple pour une maille ou pour une barre de terre (courant de foudre déjà réparti), on utilisera une borne pour décharge **N** (50 kA).

#### 7.1.2 EN 62561-2:2012 Caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre

La norme NF EN 62561-2 pose également des exigences concrètes aux conducteurs tels que les conducteurs de capture et les conducteurs de descente ou aux électrodes de terre, par exemple aux boucles de terre, telles que:

- caractéristiques mécaniques (résistance minimale à la traction, déformation minimale à la rupture),
- caractéristiques électriques (résistance spécifique maximale) et
- caractéristiques anticorrosion (vieillesse artificiel comme décrit plus haut)

Dans la norme NF EN 62561-2, il est fait mention des exigences qui doivent être remplies par les électrodes de terre. Les exigences à respecter concernent le matériau, la géométrie, les dimensions minimales ainsi que les caractéristiques mécaniques et électriques.

#### 7.1.3 EN 62561-3:2012 Prescriptions pour les éclateurs d'isolement

Les éclateurs peut être utilisé pour la séparation galvanique d'un système de mise à la terre.

D'après la norme NF EN 62561-3, les éclateurs doivent être dimensionnées de telle sorte que les composants lorsqu'ils sont installés selon les données du fabricant, ils doivent être fiable, stable et sûr pour les personnes et les installations environnantes.

#### 7.1.4 EN 62561-4:2011 Prescriptions pour les fixations de conducteur

La norme NF EN 62561-4 spécifie les exigences et essais pour les serre-câbles métalliques et non métalliques qui sont utilisés dans le cadre de lignes de pêche et ses dérivés.

#### 7.1.5 EN 62561-5:2011 Exigences pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre

D'après la norme NF EN 62561-5, les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre doivent être

conçus et construits de sorte qu'ils soient fiables. S'ils sont utilisés correctement selon les données du fabricant, ils doivent être sans risque pour les personnes ou l'environnement.

## 8. Définition

### **Protection coordonnée par parafoudres (Parafoudres coordonnés)**

Ensemble de parafoudres coordonnés choisis de manière appropriée et mis en oeuvre afin de réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

### **Interfaces d'isolement**

Dispositifs capables de réduire les chocs conduits sur les services pénétrant dans la ZPF. Ceci comprend des transformateurs d'isolement à écran mis à la terre entre les enroulements, les câbles à fibre optique non métalliques et les opto-isolateurs. Les caractéristiques de tenue d'isolement de ces dispositifs sont appropriées à la présente application de manière intrinsèque ou par parafoudre.

### **IEMF (impulsion électromagnétique de foudre)**

Tous les effets électromagnétiques dus au courant de foudre par couplage résistif, inductif et capacitif qui crée des chocs de tension et des champs électromagnétiques.

### **PCLF (protection contre la foudre)**

Installation complète de protection des structures contre les effets de la foudre, y compris ses réseaux internes et leurs contenus, ainsi que des personnes, comprenant généralement un SPF et une MPF

### **NPF (niveau de protection contre la foudre)**

Nombre lié à un ensemble de valeurs de paramètres du courant de foudre et relatif à la probabilité que les valeurs de conception associées maximales et minimales ne seront pas dépassées lorsque la foudre apparaît de manière naturelle

### **SPF (système de protection contre la foudre)**

Installation complète utilisée pour réduire les dangers de dommages physiques dus aux coups de foudre directs sur une structure

### **EB (liaison équipotentielle de foudre)**

interconnexion des parties métalliques d'une installation de SPF, par des connexions directes ou par des parafoudres réduisant les différences de potentiel engendrées par le courant de foudre

### **SPD (parafoudre)**

Dispositif conçu pour limiter les surtensions transitoires et évacuer les courants de choc.  
Il comporte au moins un composant non linéaire

### **Noeud**

Point d'une ligne d'un service où la propagation d'un choc peut être négligée.  
Des exemples de noeuds sont un point de connexion d'un transformateur HT/BT ou d'une sous-station, un poste ou matériel de télécommunication (par exemple multiplexeur ou matériel xDSL) d'une ligne de communication

### **Dommages physiques**

Dommage touchant la structure (ou son contenu) et dû aux effets mécaniques, thermiques, chimiques et explosifs de la foudre.

### **Blessures d'êtres vivants**

Blessures, y compris la mort, de personnes ou d'animaux par choc électrique en raison des tensions de contact et de pas dues à la foudre

### **Risque R**

Mesure de la perte annuelle moyenne probable (personnes et biens) due à la foudre, par rapport à la valeur totale (personnes et biens) de la structure à protéger

### **Zone d'une structure ZS**

Partie d'une structure dont les caractéristiques sont homogènes et dans laquelle un seul jeu de paramètres est utilisé pour l'évaluation d'une composante du risque

**ZPF (zone de protection contre la foudre)**

Zone dans laquelle l'environnement électromagnétique de foudre est défini. Les frontières d'une ZPF ne sont pas nécessairement physiques (par exemple parois, plancher, plafond).

**Blindage magnétique**

Grillage métallique fermé ou écran continu entourant la structure à protéger, ou une partie de celle-ci, afin de réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

**Câble de protection contre la foudre**

Câble spécial présentant une résistance diélectrique élevée et dont la gaine métallique est en contact continu avec le sol, directement ou au moyen d'un revêtement plastique conducteur

**Conduit de protection contre la foudre**

Conduit de faible résistivité en contact avec le sol (béton armé avec connexion aux structures métalliques internes ou conduit métallique).

# Annexe n°2

## Fiche de calcul d'Analyse du Risque Foudre ZONE : BÂTIMENT « BLOC C/D »

L'analyse de risque est effectuée à l'aide du logiciel DEHN RISK TOOL version 3.260.03  
conforme à la norme NF EN 62305-2 (Décembre 2012)

*Le contenu de l'annexe est extrait du logiciel qui est responsable de sa cohérence de rédaction.  
Seules les données d'entrée du calcul sont insérées par 1G Foudre.*

## Contenu

- 1. abréviations**
- 2. Fondements normatifs**
- 3. Risque et source de dommages**
- 4. Informations sur le projet**
  - 4.1. Sélection des risques à prendre en considération
  - 4.2. Paramètres géographiques et paramètres du bâtiment
  - 4.3. Division de la structure en zones / zones de protection contre la foudre
  - 4.4. Lignes d'alimentation
  - 4.5. Risque d'incendie
  - 4.6. Mesures visant à réduire les conséquences d'un incendie
  - 4.7. Dangers particuliers dans le bâtiment pour les personnes
- 5. Analyse des risques**
  - 5.1. Risque R1, vie humaine
  - 5.2. Sélection des mesures de protection
- 6. Obligation légale**
- 7. Information générale**
- 8. Définition**

## 1. abréviations

|                         |   |
|-------------------------|---|
| a                       | Taux d'amortissement  |
| $a_t$                   | Période d'amortissement   |
| $c_a$                   | Coût des animaux dans la zone, en monnaie   |
| $c_b$                   | Coût du bâtiment dans la zone, en monnaie   |
| $c_c$                   | Coût du contenu de la zone, en monnaie  |
| $c_s$                   | Coût des réseaux internes (y compris leurs activités) dans la zone, en monnaie  |
| $c_t$                   | Valeur totale de la structure, en monnaie   |
| $C_D;C_{DJ}$            | Facteur d'emplacement   |
| $C_L$                   | Coût annuel des pertes totales en l'absence de mesures de protection  |
| $C_{PM}$                | Coût annuel des mesures de protection choisies  |
| $C_{RL}$                | Coût annuel des pertes résiduelles  |
| EB                      | Liaison équipotentielle de foudre   |
| H                       | Hauteur de la structure   |
| $H_p$                   | Point culminant de la structure   |
| i                       | Taux d'intérêt  |
| $K_{S1}$                | Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure (blindage spatial externe)   |
| $K_{S1W}$               | Largeurs de maille du blindage spatial maillé d'une structure   |
| $K_{S2}$                | Facteur associé à l'efficacité de blindage des blindages internes à la structure  |
| $K_{S2W}$               | Largeurs de maille du blindage spatial maillé à l'intérieur de la structure   |
| L1                      | Perte de vie humaine  |
| L2                      | Perte de service public   |
| L3                      | Perte d'héritage culturel   |
| L4                      | Pertes de valeurs économiques   |
| L                       | Longueur de la structure  |
| IEMF                    | Impulsion électromagnétique de foudre   |
| PCLF                    | Protection contre la foudre (installation complète de protection des structures contre les effets de la foudre, y compris ses réseaux internes et leurs contenus, ainsi que des personnes, comprenant généralement un SPF et une MPF) |
| NPF                     | Niveau de protection contre la foudre   |
| SPF                     | Système de protection contre la foudre  |
| ZPF                     | Zone de protection contre la foudre (zone dans laquelle l'environnement électromagnétique de foudre est défini)   |
| m                       | Coût de maintenance   |
| $N_D$                   | Fréquence des événements dangereux dus aux coups de foudre sur une structure  |
| $N_G$                   | Densité de foudroiement au sol  |
| $P_B$                   | Probabilité de dommages physiques sur une structure (impacts sur une structure)   |
| PEB                     | Liaison équipotentielle de foudre   |
| $P_{\text{parafoudre}}$ | Système de protection coordonnée par parafoudres  |
| R                       | Risque  |
| $R_1$                   | Risque de pertes de vie humaine dans une structure  |
| $R_2$                   | Risque de perte de service public dans une structure  |
| $R_3$                   | Risque de perte d'héritage culturel dans une structure  |
| $R_4$                   | Risque de pertes de valeur économique dans une structure  |
| $R_A$                   | Composante du risque lié aux blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure)  |
| $R_B$                   | Composante du risque lié aux dommages physiques sur une structure (impacts sur la structure)  |
| $R_C$                   | Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur une structure)  |
| $R_M$                   | Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité de la structure)  |
| $R_U$                   | Composante du risque de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté)   |
| $R_V$                   | Composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure (impacts sur le  |

|                |  |
|----------------|--|
|                | service connecté)  |
| R <sub>W</sub> | Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté)                     |
| R <sub>Z</sub> | Composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes (impacts à proximité d'un service)                    |
| R <sub>T</sub> | Tolerable risk (maximum value of the risk which can be tolerated for the structure to be protected)                  |
| r <sub>f</sub> | Facteur de réduction associé au risque d'incendie  |
| r <sub>p</sub> | Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie   |
| S <sub>M</sub> | Economie annuelle en monnaie   |
| SPD            | Parafoudre (Surge protection device)   |
| SPM            | LEMP protection measures (measures to reduce the risk of failure of electrical and electronic equipment due to LEMP) |
| t <sub>z</sub> | Temps, en heures, par année pendant lequel des personnes sont à un emplacement dangereux                             |
| W              | Largeur de la structure  |
| Z <sub>S</sub> | Zones d'une structure  |

## 2. Fondements normatifs

La norme NF EN 62305 se compose des parties suivantes:

- NF EN 62305-1:2012-12 - "Protection contre la foudre - Partie 1: Principes généraux"
- NF EN 62305-2:2012-12 - "Protection contre la foudre - Partie 2: Evaluation des risques"
- NF EN 62305-3:2012-12 - "Protection contre la foudre - Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains"
- NF EN 62305-4:2012-12 - "Protection contre la foudre - Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures"

## 3. Risque et source de dommages

Afin d'éviter les dommages résultant d'un coup de foudre, les mesures de protection spécifiques doivent être prises pour les objets à protéger. L'évaluation / analyse des risques décrite dans la norme NF EN 62305-2:2012-12 décrit l'évaluation du risque et détermine les exigences d'une protection contre la foudre d'une structure. L'objectif de l'analyse des risques est de réduire le risque à un niveau acceptable en prenant des mesures de protection.

L'analyse de risque en conformité avec la norme NF EN 62305-2:2012-12 pour le projet GREEN DOCK - objet BÂTIMENT "BLOC C/D" montre la nécessité de mettre en oeuvre des protections contre la foudre. Le potentiel de risque pour la structure est déterminé et, si nécessaire, des mesures de protection pour réduire les risques doivent être prises. Le résultat de l'analyse des risques non seulement spécifie la classe SPF, mais fournit également un concept de protection complet, y compris les mesures nécessaires à la protection des IEMF.

En conséquence, un choix économiquement raisonnable des mesures de protection approprié pour la structure et l'utilisation de la structure est assurée.

## 4. Informations sur le projet

### 4.1 Sélection des risques à prendre en considération

En raison de la nature et de l'utilisation de la structure, objet BÂTIMENT "BLOC C/D", les risques suivants ont été sélectionnés et pris en considération:

Risque R<sub>1</sub>: Risque de perte de vie humaine R<sub>T</sub>: 1.00E-05

Le risque tolérable R<sub>T</sub> ont été définis par la sélection des risques.

L'objectif d'une analyse des risques est de réduire le risque à un niveau acceptable RT par une sélection

économiquement saine des mesures de protection.

#### 4.2 Paramètres géographiques et paramètres du bâtiment

La densité de foudroiement  $N_g$  est la base de l'analyse des risques en fonction de NF EN 62305-2:2012-12. Il définit le nombre de coups de foudre en 1 / an / km<sup>2</sup>. Une valeur de 1.05 coups de foudre / an / km<sup>2</sup> a été déterminée pour l'emplacement de la structure BÂTIMENT "BLOC C/D" grâce à la carte de densité de foudroiement au sol. En conséquence, il y a un nombre calculé de 10.50 jours d'orage par an pour l'emplacement du projet.

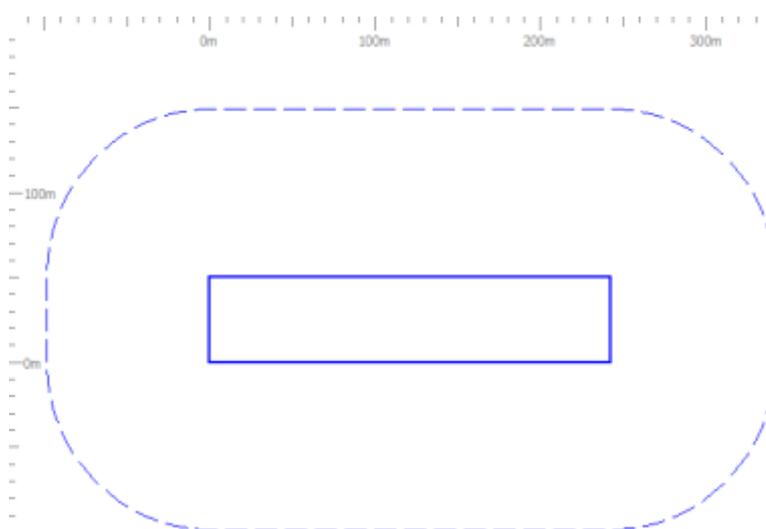
Les dimensions du bâtiment sont importantes pour le risque de coups de foudre direct. Les surfaces d'expositions des coups de foudre directs / indirects sont déterminées en fonction de ces dimensions. La structure BÂTIMENT "BLOC C/D" a les dimensions suivantes:

|          |                                   |          |
|----------|-----------------------------------|----------|
| $L_b$    | Longueur:                         | 243.00 m |
| $W_b$    | Largeur:                          | 51.00 m  |
| $H_b$    | Hauteur:                          | 33.00 m  |
| $H_{pb}$ | Point culminant (le cas échéant): | 0.00 m   |

Sur la base des dimensions de la structure, il y a des zones de surface d'exposition:

Surface équivalente d'exposition pour les impacts sur une structure isolé: 101,395.00 m<sup>2</sup>

Surface équivalente d'exposition pour les impacts à proximité d'une structure: 1,079,398.00 m<sup>2</sup>



L'environnement entourant la structure est un facteur important pour déterminer le nombre possibles de coups de foudre directs / indirects. Il est défini comme suit pour la structure BÂTIMENT "BLOC C/D":  
Emplacement relatif  $C_D$ : 0.50

Si la densité de foudroiement au sol se réfère aux objets environnants et à l'environnement de la structure, une fréquence de nombre d'évènements dangereux dus aux:

- coups de foudre direct pour une structure  $ND = 0.0532$  coups de foudre / an,
- coups de foudre à proximité d'une structure  $NM = 1.1334$  coups de foudre / an,

est à prévoir.

#### 4.3 Division de la structure en zones / zones de protection contre la foudre

La structure BÂTIMENT "BLOC C/D" n'était pas divisée en zones de protection contre la foudre / zones.

L1tz – Temps pour lequel les personnes se trouvent dans la zone.: 8,760 heures / an  
L1nz – Nombre de personnes dans la zone: 0 Personnes

#### 4.4 Lignes d'alimentation

Tous les services entrants et sortants de la structure doivent être pris en considération dans l'analyse des risques. Les conduits ne doivent pas être pris en considération si elles sont reliées à la barre principale de terre de la structure. Si ce n'est pas le cas, le risque des conduits entrants devrait être considérée dans l'analyse des risques (la liaison équipotentielle est obligatoire).

Les services suivants ont été considérés pour la structure BÂTIMENT "BLOC C/D" dans l'analyse des risques:

- ALIM BT POSTE DE GARDE
- ALIM HT

Paramètre d'entrée

- Facteur d'installation (enterré / aérien)
- Longueur du conducteur (à l'extérieur du bâtiment)
- Environnement
- Structure connectée
- Type de câblage interne (blindé / non blindé)
- Tension de tenue du réseau interne (rigidité diélectrique de l'équipement terminal) ont été déterminées pour chaque conducteur.

Sur cette base, le risque pour la structure et le contenu résultant des coups de foudre et à proximité des services a été déterminée et évaluée dans l'analyse des risques.

#### 4.5 Risque d'incendie

Le risque d'incendie dans une structure est un facteur important pour déterminer les mesures de protection nécessaires. Le risque d'incendie de la structure BÂTIMENT "BLOC C/D" a été défini comme suit:

- Elevé

#### 4.6 Mesures visant à réduire les conséquences d'un incendie

Les mesures suivantes ont été sélectionnées pour réduire les conséquences d'un incendie:

- Une des dispositions suivantes : installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques

#### 4.7 Dangers particuliers dans le bâtiment pour les personnes

En raison du nombre de personnes, le risque éventuel de panique pour la structure BÂTIMENT "BLOC C/D" a été défini comme suit:

- Faible niveau de panique (par exemple, structure limitée à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100)

## 5. Analyse des risques

Comme décrit dans 4.1, les risques suivants selon 5. ont été évalués. La barre bleue indique la valeur de risque tolérable et la barre verte / rouge indique le risque déterminé.

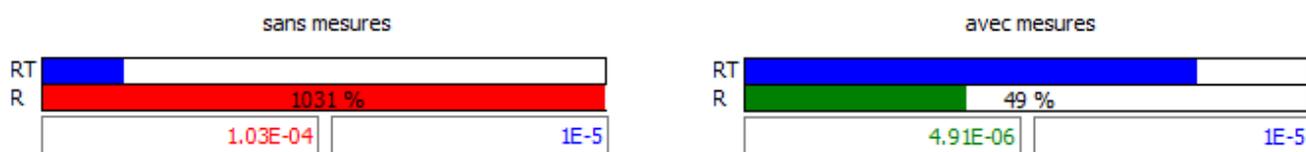
### 5.1 Risque R1, vie humaine

Le risque suivant a été déterminé pour les personnes à l'extérieur et à l'intérieur de la structure BÂTIMENT "BLOC C/D":

Risque tolérable  $R_T$ : 1.00E-05

Calcul du risque R1 (sans protection): 1.03E-04

Calcul du risque R1 (protégé): 4.91E-06



Pour réduire le risque, il est nécessaire de prendre des mesures, comme décrit dans 5.

### 5.2 Sélection des mesures de protection

Le risque a été réduit à un niveau acceptable en sélectionnant les mesures de protection suivantes.

Cette sélection de mesures de protection fait partie de la gestion du risque pour l'objet BÂTIMENT "BLOC C/D" et n'est valable que dans le cadre de cet objet.

#### Mesures PROTECTION NIV II:

| Région | Mesures   | Facteur   |
|--------|---|-----------|
| pB:    | Système de protection contre la foudre SPF Classe SPF II                    | 5.000E-02 |
| pEB:   | Liaison équipotentielle de foudre<br>Liaison équipotentielle pour un NPF II | 2.000E-02 |

## 6. Obligation légale

L'analyse des risques effectuée réfère aux informations fournies par l'exploitant et / ou propriétaire du bâtiment ou de l'expert qui a été supposé, évalués ou défini sur place les différentes informations. Veuillez noter que ces informations doivent être vérifiées après évaluation.

La procédure du logiciel DEHNsupport pour le calcul des risques est basée sur la norme NF EN 62305-2:2012-12.

Merci de noter que toutes les hypothèses, les documents, les illustrations, les dessins, les dimensions, les paramètres et les résultats ne sont pas juridiquement contraignant pour la personne qui effectue l'analyse des risques.

## 7. Information générale

### 7.1 Components of the external lightning protection system

Les composants de protection contre la foudre utilisés pour faire un système de protection extérieure contre la foudre doivent être conformes aux exigences mécaniques et électriques définies dans la série de norme EN 62561. Cette série de normes est par exemple divisée en parties:

- |                   |   |
|-------------------|---|
| - EN 62561-1:2012 | Prescriptions pour les composants de connexion  |
| - EN 62561-2:2012 | Caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre                             |
| - EN 62561-3:2012 | Prescriptions pour les éclateurs d'isolement  |
| - EN 62561-4:2011 | Prescriptions pour les fixations de conducteur  |
| - EN 62561-5:2011 | Exigences pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre |

#### 7.1.1 EN 62561-1:2012 Prescriptions pour les composants de connexion

Pour l'installateur d'un système de protection contre la foudre, cela signifie que les éléments de connexion doivent pouvoir être sélectionnés sur le lieu d'installation en fonction de la décharge prévue (**H** ou **N**). Ainsi, par exemple pour une pointe de capture (courant de foudre complet), on utilisera une borne pour décharge **H** (100 kA) et par exemple pour une maille ou pour une barre de terre (courant de foudre déjà réparti), on utilisera une borne pour décharge **N** (50 kA).

#### 7.1.2 EN 62561-2:2012 Caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre

La norme NF EN 62561-2 pose également des exigences concrètes aux conducteurs tels que les conducteurs de capture et les conducteurs de descente ou aux électrodes de terre, par exemple aux boucles de terre, telles que:

- caractéristiques mécaniques (résistance minimale à la traction, déformation minimale à la rupture),
- caractéristiques électriques (résistance spécifique maximale) et
- caractéristiques anticorrosion (vieillesse artificielle comme décrit plus haut)

Dans la norme NF EN 62561-2, il est fait mention des exigences qui doivent être remplies par les électrodes de terre. Les exigences à respecter concernent le matériau, la géométrie, les dimensions minimales ainsi que les caractéristiques mécaniques et électriques.

#### 7.1.3 EN 62561-3:2012 Prescriptions pour les éclateurs d'isolement

Les éclateurs peut être utilisé pour la séparation galvanique d'un système de mise à la terre.

D'après la norme NF EN 62561-3, les éclateurs doivent être dimensionnées de telle sorte que les composants lorsqu'ils sont installés selon les données du fabricant, ils doivent être fiable, stable et sûr pour les personnes et les installations environnantes.

#### 7.1.4 EN 62561-4:2011 Prescriptions pour les fixations de conducteur

La norme NF EN 62561-4 spécifie les exigences et essais pour les serre-câbles métalliques et non métalliques qui sont utilisés dans le cadre de lignes de pêche et ses dérivés.

#### 7.1.5 EN 62561-5:2011 Exigences pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre

D'après la norme NF EN 62561-5, les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre doivent être

conçus et construits de sorte qu'ils soient fiables. S'ils sont utilisés correctement selon les données du fabricant, ils doivent être sans risque pour les personnes ou l'environnement.

## 8. Définition

### **Protection coordonnée par parafoudres (Parafoudres coordonnés)**

Ensemble de parafoudres coordonnés choisis de manière appropriée et mis en oeuvre afin de réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

### **Interfaces d'isolement**

Dispositifs capables de réduire les chocs conduits sur les services pénétrant dans la ZPF. Ceci comprend des transformateurs d'isolement à écran mis à la terre entre les enroulements, les câbles à fibre optique non métalliques et les opto-isolateurs. Les caractéristiques de tenue d'isolement de ces dispositifs sont appropriées à la présente application de manière intrinsèque ou par parafoudre.

### **IEMF (impulsion électromagnétique de foudre)**

Tous les effets électromagnétiques dus au courant de foudre par couplage résistif, inductif et capacitif qui crée des chocs de tension et des champs électromagnétiques.

### **PCLF (protection contre la foudre)**

Installation complète de protection des structures contre les effets de la foudre, y compris ses réseaux internes et leurs contenus, ainsi que des personnes, comprenant généralement un SPF et une MPF

### **NPF (niveau de protection contre la foudre)**

Nombre lié à un ensemble de valeurs de paramètres du courant de foudre et relatif à la probabilité que les valeurs de conception associées maximales et minimales ne seront pas dépassées lorsque la foudre apparaît de manière naturelle

### **SPF (système de protection contre la foudre)**

Installation complète utilisée pour réduire les dangers de dommages physiques dus aux coups de foudre directs sur une structure

### **EB (liaison équipotentielle de foudre)**

interconnexion des parties métalliques d'une installation de SPF, par des connexions directes ou par des parafoudres réduisant les différences de potentiel engendrées par le courant de foudre

### **SPD (parafoudre)**

Dispositif conçu pour limiter les surtensions transitoires et évacuer les courants de choc. Il comporte au moins un composant non linéaire

### **Noeud**

Point d'une ligne d'un service où la propagation d'un choc peut être négligée. Des exemples de noeuds sont un point de connexion d'un transformateur HT/BT ou d'une sous-station, un poste ou matériel de télécommunication (par exemple multiplexeur ou matériel xDSL) d'une ligne de communication

### **Dommages physiques**

Dommage touchant la structure (ou son contenu) et dû aux effets mécaniques, thermiques, chimiques et explosifs de la foudre.

### **Blessures d'êtres vivants**

Blessures, y compris la mort, de personnes ou d'animaux par choc électrique en raison des tensions de contact et de pas dues à la foudre

### **Risque R**

Mesure de la perte annuelle moyenne probable (personnes et biens) due à la foudre, par rapport à la valeur totale (personnes et biens) de la structure à protéger

### **Zone d'une structure ZS**

Partie d'une structure dont les caractéristiques sont homogènes et dans laquelle un seul jeu de paramètres est utilisé pour l'évaluation d'une composante du risque

**ZPF (zone de protection contre la foudre)**

Zone dans laquelle l'environnement électromagnétique de foudre est défini. Les frontières d'une ZPF ne sont pas nécessairement physiques (par exemple parois, plancher, plafond).

**Blindage magnétique**

Grillage métallique fermé ou écran continu entourant la structure à protéger, ou une partie de celle-ci, afin de réduire les défaillances des réseaux de puissance et de communication

**Câble de protection contre la foudre**

Câble spécial présentant une résistance diélectrique élevée et dont la gaine métallique est en contact continu avec le sol, directement ou au moyen d'un revêtement plastique conducteur

**Conduit de protection contre la foudre**

Conduit de faible résistivité en contact avec le sol (béton armé avec connexion aux structures métalliques internes ou conduit métallique).





**1G GROUP SAS**

6 Rue de Genève

69 800 SAINT-PRIEST

☎ 04 28 29 64 58

[contact@1g-foudre.com](mailto:contact@1g-foudre.com)

[www.1g-foudre.com](http://www.1g-foudre.com)



# ÉTUDE TECHNIQUE Foudre



|   |   |
|---|---|
| <p><b>Commanditaire de l'étude :</b></p>   <p>Bât C, 14-30 rue Alexandre<br/>92 635 GENNEVILLIERS</p> | <p><b>Adresse du site :</b></p> <p>Route du Bassin Numéro 6<br/>Zone Industriale-portuaire<br/>92 230 GENNEVILLIERS</p>   |
| <p><b>Date de l'intervention :</b></p>  | <p>Étude sur plans</p>  |
| <p><b>Rédigé par :</b><br/><b>01/06/2023</b></p>  | <p>Mohamed BADRI<br/>Chargé d'études<br/>Qualifoudre N1<br/>04 28 29 64 58<br/><a href="mailto:m.badri@1g-group.com">m.badri@1g-group.com</a></p>                  |
| <p><b>Validé par :</b><br/><b>07/06/2023</b></p>  | <p>Abdallah OUBAH<br/>Responsable d'Affaires<br/>Qualifoudre N3 - 19004<br/>07 69 38 34 57<br/><a href="mailto:a.oubah@1g-group.com">a.oubah@1g-group.com</a></p>  |

| DATE       | INDICE | MODIFICATIONS                 |
|------------|--------|-------------------------------|
| 07/06/2023 | A      | Première diffusion            |
| 26/06/2023 | B      | Modifications suite remarques |
| 04/09/2023 | C      | Modifications suite remarques |
| 14/12/2023 | D      | Modifications suite remarques |

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.  
Le seul rapport faisant foi est le rapport envoyé par **1G Foudre**.

## ABRÉVIATIONS

|               |   |
|---------------|---|
| <b>ARF</b>    | Analyse du Risque Foudre  |
| <b>ATEX</b>   | Atmosphère Explosive  |
| <b>BT</b>     | Basse Tension   |
| <b>CEM</b>    | Compatibilité Électromagnétique   |
| <b>DREAL</b>  | Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement |
| <b>ET</b>     | Étude Technique   |
| <b>HT</b>     | Haute Tension   |
| <b>ICPE</b>   | Installation Classée pour la Protection de l'Environnement              |
| <b>IEMF</b>   | Impulsion Électromagnétique Foudre                                      |
| <b>IEPF</b>   | Installation Extérieure de Protection contre la Foudre                  |
| <b>IIPF</b>   | Installation Intérieure de Protection contre la Foudre                  |
| <b>INB</b>    | Installation Nucléaire de Base  |
| <b>INERIS</b> | Institut National de l'Environnement industriel et des Risques          |
| <b>MALT</b>   | Mise À La Terre   |
| <b>MMR</b>    | Mesures de Maîtrise des Risques   |
| <b>Ng</b>     | Densité de foudroiement (nombre d'impacts par an au km <sup>2</sup> )   |
| <b>NPF</b>    | Niveau de Protection contre la Foudre                                   |
| <b>PDA</b>    | Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage                                    |
| <b>PDT</b>    | Prise De Terre  |
| <b>RIA</b>    | Robinet d'Incendie Armé   |
| <b>Rp</b>     | Rayon de protection (paratonnerre)                                      |
| <b>SPF</b>    | Système de Protection Foudre  |
| <b>TGBT</b>   | Tableau Général Basse Tension   |
| <b>ZPF</b>    | Zone de Protection Foudre   |

# SOMMAIRE

|                   |   |           |
|-------------------|---|-----------|
| <b>CHAPITRE 1</b> | <b>OBJET DE L'ÉTUDE</b>                             | <b>6</b>  |
| 1.1               | PRÉSENTATION DE LA MISSION                          | 6         |
| 1.2               | RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES             | 7         |
| 1.3               | BASE DOCUMENTAIRE                                   | 9         |
| <b>CHAPITRE 2</b> | <b>MÉTHODOLOGIE</b>                                 | <b>10</b> |
| <b>CHAPITRE 3</b> | <b>SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre</b>       | <b>11</b> |
| <b>CHAPITRE 4</b> | <b>PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS</b>         | <b>12</b> |
| 4.1               | GÉNÉRALITÉS SUR LES IEPF                            | 12        |
| 4.2               | LES DIFFÉRENTS TYPE D'IEPF                          | 13        |
| 4.3               | TRAVAUX À RÉALISER                                  | 15        |
| <b>CHAPITRE 5</b> | <b>PROTECTION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS</b>       | <b>26</b> |
| 5.1               | GÉNÉRALITÉS SUR LES IIPF                            | 26        |
| 5.2               | LES DIFFÉRENTS TYPES DE PARAFoudRES                 | 26        |
| 5.3               | PROTECTION DES COURANTS FORTS                       | 27        |
| 5.3.1             | DÉTERMINATIONS DES CARACTÉRISTIQUES DES PARAFoudRES | 27        |
| <b>CHAPITRE 6</b> | <b>PRÉVENTION DU PHÉNOMÈNE ORAGEUX</b>              | <b>34</b> |
| 6.1               | PROTECTION CONTRE LES TENSIONS DE CONTACT ET DE PAS | 34        |
| 6.2               | DÉTECTION D'ORAGE                                   | 34        |
| 6.3               | PROCÉDURE   | 35        |
| <b>CHAPITRE 7</b> | <b>RÉALISATION DES TRAVAUX</b>                      | <b>36</b> |
| <b>CHAPITRE 8</b> | <b>VÉRIFICATIONS DES INSTALLATIONS</b>              | <b>37</b> |
| 8.1               | VÉRIFICATION INITIALE                               | 37        |
| 8.2               | VÉRIFICATION PÉRIODIQUE                             | 37        |
| 8.3               | VÉRIFICATION SUPPLÉMENTAIRE                         | 38        |
| 8.4               | MAINTENANCE   | 38        |
| <b>CHAPITRE 9</b> | <b>BILAN DES TRAVAUX À RÉALISER</b>                 | <b>39</b> |

## LISTE DES ANNEXES

**Annexe 1** : Calcul de distance de séparation.

**Annexe 2** : Notice de Vérification & de Maintenance (NVM).

**Annexe 3** : Carnet de Bord (CB).

# Chapitre 1 OBJET DE L'ÉTUDE

## 1.1 PRÉSENTATION DE LA MISSION

Dans le cadre de la réglementation (arrêté ministériel 11 avril 2017) relatif aux entrepôts couverts par la rubrique 1510 à enregistrement, le **PROJET GREEN DOCK** située sur la commune de **GENNEVILLIERS (92)** doit réaliser une Analyse de Risque Foudre (ARF), et une Etude Technique de protection contre la Foudre (ETF).

L'Analyse de Risque Foudre du site a été réalisée par **nos soins** (rapport n°**1GF.IDF.0353** du **07/06/2023**).

Cette analyse montre que certaines installations requièrent des protections contre la foudre vis-à-vis du risque de perte de vie humaine (R1).

Le présent document constitue **l'Étude Technique** de protection contre la foudre détaillée, pour les bâtiments étudiés, et pour chaque protection requise par l'Analyse de Risque Foudre, qu'elle soit une protection contre les effets directs ou contre les effets indirects de la foudre :

- Le type de protection existante ou complémentaire requise ;
- Ses caractéristiques techniques ;
- Sa localisation ;
- Les modalités de sa vérification.

L'installateur doit impérativement se reporter aux prescriptions particulières et à la description des travaux définis dans ce document pour la mise en place des protections dans les détails et se conformer aux documents de référence.

**IMPORTANT** : l'Étude Technique réglementaire, traitée dans le présent document, ne concerne que le risque de type R1 (perte de vie humaine). Elle ne concerne pas :

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

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

## 1.2 RÉFÉRENCES RÉGLEMENTAIRES ET NORMATIVES

### Textes réglementaires

| Arrêté                                  | Désignation  |
|---|--|
| <b>Arrêté du 4 octobre 2010 modifié</b> | Arrêté relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.   |
| <b>Circulaire du 24 avril 2008</b>      | Relative à l'application de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.  |
| <b>Arrêté du 11 avril 2017</b>          | Arrêté relatif aux prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à la rubrique 1510, y compris lorsqu'ils relèvent également de l'une ou plusieurs des rubriques 1530, 1532, 2662 ou 2663 de la nomenclature des installations classées pour la protection de l'environnement. |

### Normes de références

| Norme                  | Version        | Désignation  |
|------------------------|----------------|--|
| <b>NF EN 62 305-1</b>  | Novembre 2013  | Protection des structures contre la foudre – Partie 1 : Principes généraux.  |
| <b>NF EN 62 305-2</b>  | Décembre 2012  | Protection des structures contre la foudre – Partie 2 : Évaluation du risque.  |
| <b>NF EN 62 305-3</b>  | Décembre 2012  | Protection des structures contre la foudre :<br>Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains.   |
| <b>NF EN 62 305-4</b>  | Décembre 2012  | Protection des structures contre la foudre :<br>Partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures.   |
| <b>NF C 17-102</b>     | Septembre 2011 | Systèmes de protection contre la foudre à dispositif d'amorçage.   |
| <b>NF C 15-100</b>     | Compil 2013    | Installations électriques basse tension.   |
| <b>NF EN 62 561-1</b>  | Aout 2017      | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 1 : exigences pour les composants de connexion.  |
| <b>NF EN 62 561-2</b>  | Mars 2018      | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 2 : exigences pour les conducteurs et les électrodes de terre.                               |
| <b>NF EN 62 561-3</b>  | Septembre 2017 | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 3 : exigences pour les éclateurs d'isolement.  |
| <b>NF EN 62 561-4</b>  | Décembre 2017  | Composants de système de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 4 : exigences pour les fixations de conducteur.  |
| <b>NF EN 62 561-5</b>  | Décembre 2017  | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 5 : exigences pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre. |
| <b>NF EN 62 561-6</b>  | Mars 2018      | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 6 : exigences pour les compteurs de coups de foudre.   |
| <b>NF EN 62 561-7</b>  | Mars 2018      | Composants des systèmes de protection contre la foudre (CSPF) :<br>Partie 7 : exigences pour les enrichisseurs de terre.   |
| <b>NF EN 61 643-11</b> | Mai 2014       | Parafoudres BT – Partie 11 : parafoudres connectés aux systèmes basse tension – Exigences et méthodes d'essai.   |

|                         |              |   |
|-------------------------|--------------|---|
| <b>CEI 61 643-21/A2</b> | Juillet 2013 | Parafoudres BT – Partie 21 : parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunication – Prescriptions de fonctionnement et méthodes d’essais. |
| <b>IEC 61 643-22</b>    | Juin 2015    | Parafoudres BT – Partie 22 : parafoudres connectés aux réseaux de signaux et de télécommunication – Principes de choix et d’application.                  |
| <b>NF EN IEC 62 793</b> | Juin 2018    | Protection contre la foudre – Systèmes d’alerte aux orages.   |

### Guides pratiques (à titre informatif)

| <b>Guide</b>   | <b>Version</b>               | <b>Désignation</b>  |
|--|------------------------------|---|
| <b>Guide UTE C 15-443</b>                              | Août 2004                    | Protection des installations électriques à basse tension contre les surtensions d’origine atmosphérique ou dues à des manœuvres.  |
| <b>Guide UTE C 15-712-1</b>                            | Juillet 2010                 | Guide pratique des installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution.   |
| <b>Guide UTE C 61-740-52</b>                           | Mars 2011                    | Parafoudres pour applications spécifiques incluant le courant continu – Partie 52 : principes de choix et d’application – Parafoudres connectés aux installations photovoltaïques.                |
| <b>Guide INERIS OMEGA 3</b>                            | Décembre 2011                | Protection contre la foudre des installations classées pour la protection de l’environnement.   |
| <b>Note QUALIFOUFRE n°1</b>                            | Décembre 2011                | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre – Utilisation de la norme NF C 17-102 de septembre 2011.  |
| <b>Note QUALIFOUFRE n°2</b>                            | Décembre 2013                | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre – Choix et installation des déconnecteurs pour les parafoudres BT de Type 1.  |
| <b>Note QUALIFOUFRE n°3</b>                            | Décembre 2013                | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre – Notice de vérification et de maintenance.   |
| <b>Note QUALIFOUFRE n°4</b>                            | Juillet 2015                 | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre – Détermination du paramètre LFE défini dans la norme NF EN 62305-2 de 2012   |
| <b>Note QUALIFOUFRE n°5</b>                            | Février 2017                 | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre – Critères d’acceptation des CSPF (Composants des Systèmes de Protection contre la Foudre) suivant la série NF EN 62561-* |
| <b>Note QUALIFOUFRE n°6</b>                            | Octobre 2017                 | Note d’information aux professionnels de la protection contre la foudre – Application de la valeur de la densité de foudroiement NSG et NG.   |
| <b>FAQ INERIS</b><br><i>Règles de bonnes pratiques</i> | Version 2.0 du<br>10/02/2021 | Règles spécifiques qui sont mises en œuvre pour les professionnels QUALIFOUFRE dans un objectif d’harmonisation des pratiques.  |

### 1.3 BASE DOCUMENTAIRE

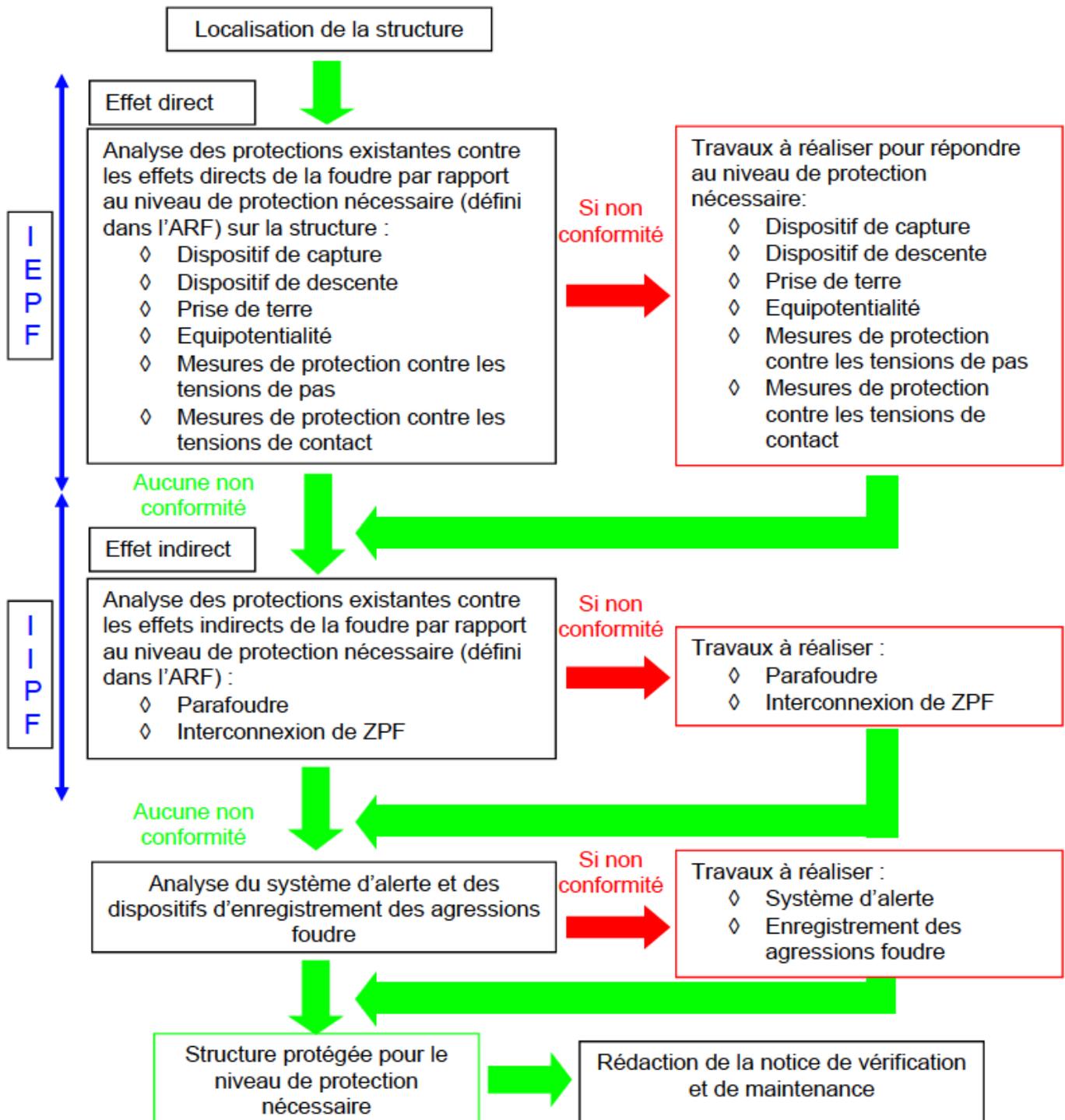
L'étude technique ci-après se base sur les conclusions de l'ARF ainsi que les informations et plans fournis par la société **ANTEAGROUP**.

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

| Documents                  | Auteur    | Référence                                      | Fourni |   |
|----------------------------|-----------|--|--------|---|
| Fiche de renseignement     | 1G Foudre | 1GF.IDF.0353/FR                                | ✓      |   |
| Analyse du Risque Foudre   | 1G Foudre | 1GF.IDF.0353                                   | ✓      |   |
| Étude de dangers           | -         | -  | ✗      |   |
| Rubriques ICPE             | -         | -  | ✗      |   |
| Plan de masse              | GOODMAN   | 1674-APD-A26GL-ARC-PLN – TN - A A2             | ✓      |   |
| Plan sous-sol              |           | PLAN SOUS SOL - 1674-APD-A26GL-ARC-S1-A        | ✓      |   |
| Plan RDC                   |           | Plan RDC - 1674-APD-A26GL-ARC-RDC-A – ANX 01-B | ✓      |   |
| Plan R+1                   |           | Plan R+1 - 1674-APD-A – ANX 01-C               | ✓      |   |
| Plan R+2                   |           | Plan R+2 - 1674-APD-A – ANX 01 D               | ✓      |   |
| Plan R+3                   |           | Plan R+3 - 1674-APD-A – ANX 01 E               | ✓      |   |
| Plan des coupes            |           | 1674 – APD -A A3                               | ✓      |   |
| Plan des façades           |           | 1674-APD-A26GL-ARC-A A5 F1                     | ✓      |   |
| Plan des façades           |           | 1674-APD-A26GL-ARC-A A5 F2                     | ✓      |   |
| Plans des réseaux enterrés |           | -  | -      | ✗ |
| Schémas électriques        |           | -  | -      | ✗ |
| Synoptique HT/BT           | -         | -  | ✗      |   |
| Zonage ATEX                | -         | -  | ✗      |   |

## Chapitre 2 MÉTHODOLOGIE

Pour chacune des structures nécessitant une protection contre la foudre, la méthodologie ci-dessous est appliquée.



## Chapitre 3 SYNTHÈSE DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

### Récapitulatif des résultats de l'Analyse du Risque Foudre

L'Analyse du Risque Foudre a été réalisée par **nos soins** (rapport n°**1GF.IDF.0353** du **07/06/2023**) conformément à la norme NF EN 62305-2.

Le tableau suivant récapitule pour l'ensemble du site, si oui ou non, l'analyse des dangers conduit à retenir un risque vis-à-vis des effets de la foudre, et si, dans ce cas il y a nécessité de protection.

| STRUCTURE                        | PROTECTION EFFETS DIRECTS  | PROTECTION EFFETS INDIRECTS   |
|----------------------------------|--|---|
| <b>Bâtiment « BLOC A/B »</b>     | <b>Niveau II (ICPE)</b>  | <b>Niveau II</b>  |
| <b>Bâtiment « BLOC C/D »</b>     | <b>Niveau II (ICPE)</b>  | <b>Niveau II</b>  |
| <b>MMR</b>                       | Sans Objet   | <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Détection incendie ;</li> <li>➤ Sprinkler ;</li> <li>➤ Surpresseurs RIA ;</li> </ul> |
| <b>CANALISATIONS MÉTALLIQUES</b> | Liaisons équipotentielles à prévoir pour : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Canalisations sprinkler ;</li> <li>➤ Eau de ville (si métallique).</li> </ul>  |   |
| <b>PRÉVENTION</b>                | Une mise en place de procédure spécifique (en interne) de prévention d'orage est nécessaire : <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ne pas accéder en toiture ;</li> <li>➤ Ne pas intervenir sur les installations électriques BT et courants faibles.</li> </ul> |   |

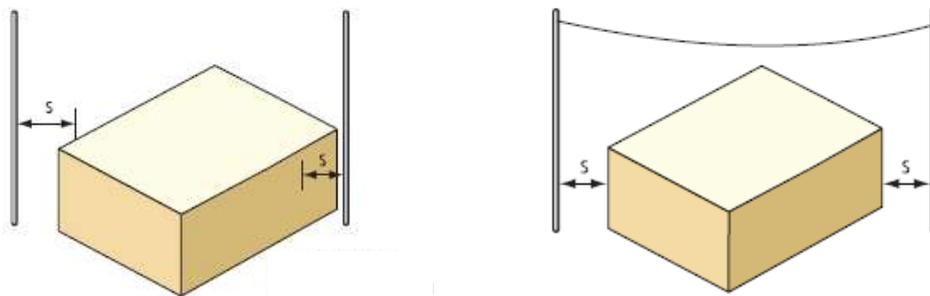
Une installation de protection contre la foudre ne peut, comme tout ce qui concerne les éléments naturels, assurer la protection absolue des structures, des personnes ou des objets. L'application des principes de protection permet de réduire de façon significative les risques de dégâts dus à la foudre sur les structures protégées.

## Chapitre 4 PROTECTION CONTRE LES EFFETS DIRECTS

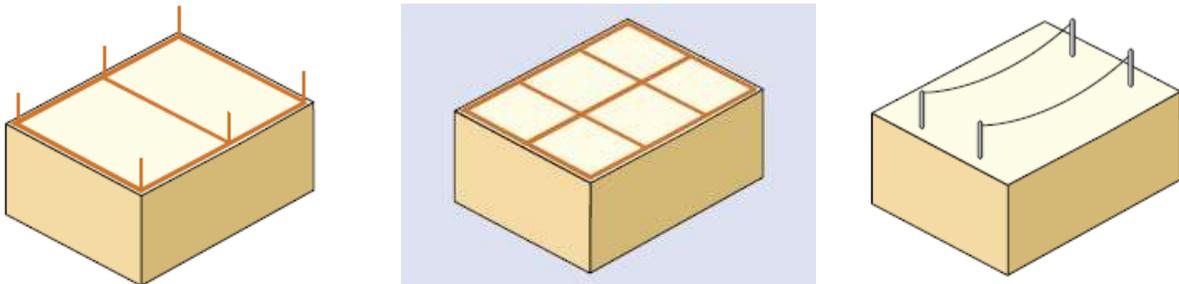
### 4.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES IEPF

Une installation extérieure de protection contre la foudre permet de protéger une structure contre les impacts directs de la foudre ; elle peut être **isolée ou non de la structure à protéger**.

- **Installation isolée** : les conducteurs de capture et les descentes sont placés de manière que le trajet du courant de foudre maintienne une distance de séparation adéquate pour éviter les étincelles dangereuses (dans le cas de parois combustibles, de risque d'explosion et d'incendie, de contenus sensibles au champ électromagnétiques de foudre).



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



La probabilité de pénétration d'un coup de foudre dans la structure à protéger est considérablement réduite par la présence d'un dispositif de capture convenablement conçu.

**Un Système de Protection Foudre (SPF)** est constitué de 3 principaux éléments :

- Dispositif de capture ;
- Conducteur de descente ;
- Prise de terre.

## 4.2 LES DIFFÉRENTS TYPE D'IEPF

### 4.2.1 PROTECTION PASSIVE

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

Ils peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :

- Fils tendus ;
- Paratonnerre à tige simple ;
- Maillage et/ou composants naturels...

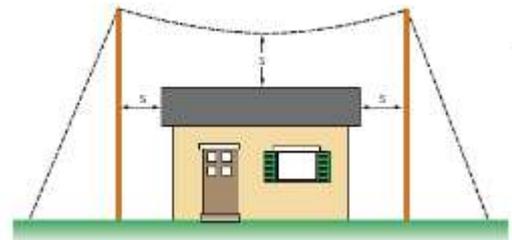
Ces composants doivent être installés aux coins, aux points exposés et sur les rebords suivant 3 méthodes :

#### 1. Fils tendus

Ce système est composé d'un ou plusieurs conducteurs tendus au-dessus des installations à protéger.

Les conducteurs doivent être reliés à la terre à chacune de leur extrémité.

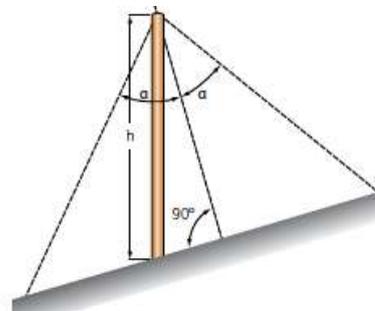
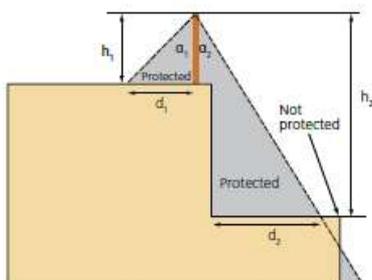
L'installation de fils tendus doit tenir compte de la tenue mécanique, de la nature de l'installation et des distances d'isolement.



#### 2. Paratonnerre à tige simple

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

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



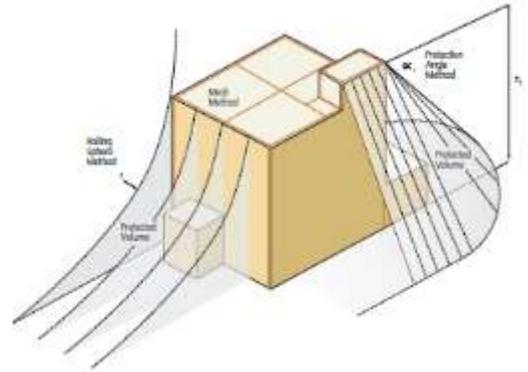
Détermination de l'angle de protection en fonction de la hauteur de la tige du paratonnerre et du niveau de protection.

### 3. Cages maillées

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

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

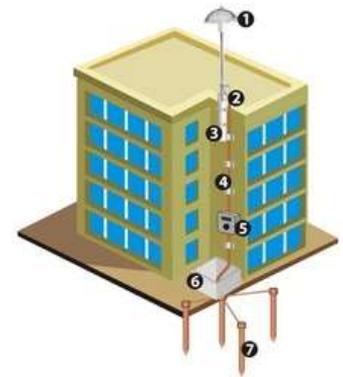
La largeur des mailles en toiture et la distance moyenne entre deux descentes dépendent du niveau de protection requis sur le bâtiment.



#### 4.2.2 PROTECTION ACTIVE

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

La norme NF C 17-102 définit la méthode d'essai permettant d'évaluer l'avance à l'amorçage et, par voie de conséquence, le rayon de protection offert par ce type de paratonnerre.



| RAYONS DE PROTECTION |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| h                    | I    |      |      | II   |      |      | III  |      |      | IV   |      |      |
|                      | 30   | 45   | 60   | 30   | 45   | 60   | 30   | 45   | 60   | 30   | 45   | 60   |
| 2                    | 11,4 | 15   | 19,2 | 13,2 | 16,8 | 21   | 15   | 19,2 | 24   | 16,8 | 21,6 | 26,4 |
| 3                    | 16,8 | 22,8 | 28,8 | 19,8 | 25,2 | 31,2 | 22,8 | 28,8 | 35,4 | 25,2 | 34,2 | 39   |
| 4                    | 22,8 | 30,6 | 38,4 | 26,4 | 34,2 | 41,4 | 30   | 39   | 46,8 | 34,2 | 43,2 | 52,2 |
| 5                    | 28,8 | 37,8 | 47,4 | 33   | 42,6 | 51,6 | 37,8 | 48,6 | 58,2 | 42,6 | 53,4 | 64,2 |
| 6                    | 28,8 | 37,8 | 47,4 | 33   | 42,6 | 52,2 | 38,4 | 48,6 | 58,2 | 43,2 | 54   | 64,8 |
| 10                   | 29,5 | 38,6 | 47,5 | 33,7 | 43,4 | 52,5 | 39,7 | 50   | 59,7 | 45,3 | 55,2 | 65,4 |
| 20                   | 29,7 | 39   | 48   | 33,9 | 44   | 54   | 40   | 51,6 | 62,4 | 45,7 | 57   | 67,8 |

Rayon de protection ( $R_p$ ) des PDA en fonction de la **hauteur** du paratonnerre (h en mètre), de l'**avance à l'amorçage** ( $\Delta t$  en  $\mu s$ ) et du **niveau de protection**.

**Nota :** le tableau ci-dessus tient compte du coefficient de réduction de 40 % appliqué aux rayons de protection des PDA, conformément à l'arrêté du 10 octobre 2010 modifié concernant la protection foudre des ICPE.

## 4.3 TRAVAUX À RÉALISER

### 4.3.1 NIVEAU DE PROTECTION

Les niveaux de protection déterminés dans l'analyse du risque foudre sur les bâtiments du site sont :

|                       | Niveau    |
|-----------------------|-----------|
| Bâtiment « BLOC A/B » | II (ICPE) |
| Bâtiment « BLOC C/D » | II (ICPE) |

### 4.3.2 CHOIX DU TYPE DE PROTECTION

Comme évoqué dans le § 5.2, différents types de protection contre les effets directs de la foudre peuvent être envisagés : fils tendus, cage mailée, paratonnerre à tige simple ou à dispositif d'amorçage, composants naturels...

Sous certaines conditions, les composants naturels en matériaux conducteurs constituant la structure du bâtiment (ex : charpente métallique, armatures en acier, IPN...) peuvent être utilisés comme une partie de l'installation de protection. Dans le cas présent, cette méthode ne peut pas être retenue pour les raisons suivantes :

- Absence de continuité électrique entre les différents éléments de la structure ;
- Aménagement en toiture d'une ferme urbaine.

**Compte tenu des caractéristiques du futur site et des éléments ci-dessus, nous retenons le système de protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA), issu de la norme NF C 17-102.**

En effet, nous préconisons la méthode de protection par Paratonnerre à Dispositif d'Amorçage (PDA) pour les raisons suivantes :

- Une mise en œuvre aisée et simplifiée ;
- Nombre de dispositifs de capture et de conducteurs de descente diminués ;
- Travaux de terrassement moins conséquent ;
- Vérification et maintenance simplifiées ;
- Coût des travaux inférieure aux systèmes de protection foudre passifs (cages maillées, tiges simples...).

***Nota :*** Les solutions proposées dans ce rapport visent à augmenter l'immunité du site face à la foudre sans toutefois obtenir une garantie d'efficacité à 100 %.

*Cependant, la mise en œuvre des dispositions préconisées doit réduire de façon significative les dégâts susceptibles d'être causés par la foudre sur les structures et les équipements et diminuer le risque de perte de vie humaine jusqu'à la valeur fixée par la norme NF EN 62305-2.*

### 4.3.3 TRAVAUX A REALISER

Les travaux à réaliser sont les suivants :

#### Bâtiment « BLOC A/B »

##### Dispositifs de capture

- Mise en place de **5 PDA testables** (de préférence à distance) :
  - Avance à l'amorçage  $\Delta t$  : **60  $\mu$ s** ;
  - Hauteur installation : **5 m** (y compris mât à rallonge) ;
  - Niveau de protection : **II (ICPE)** ;
  - Rayon de protection : **51,6 m** ;
  - Implantation : **déport de façade** (présence de la ferme et des panneaux PV).

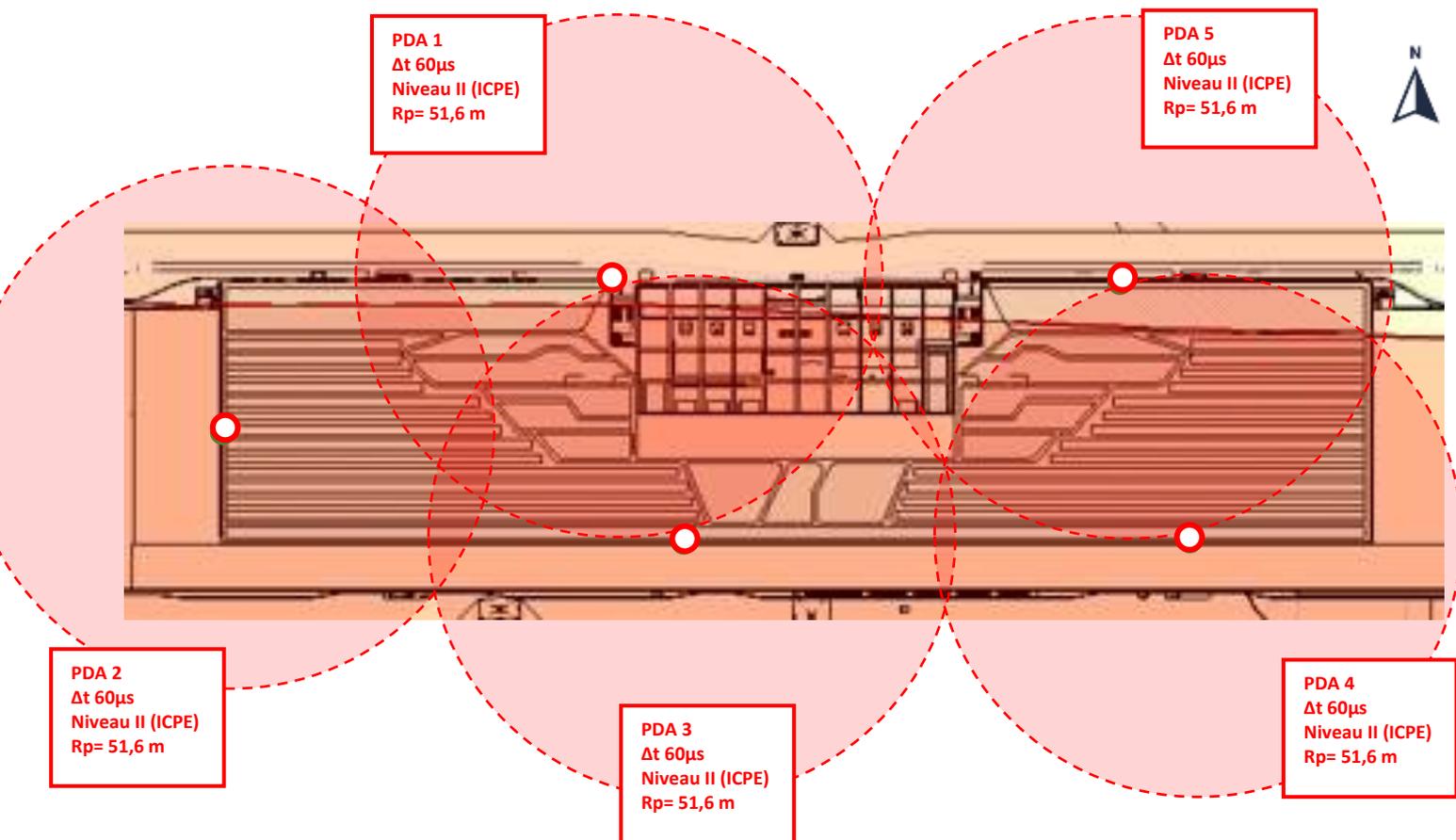
##### Circuits de descente

- Interconnexion des PDA 1/2 et 3/4/5 entre eux, en conducteur normalisé fixés tous les 33 cm à l'aide de fixations adaptées au support, afin de **mutualiser les conducteurs de descente** ;
- Réalisation de **5 circuits de descente** en façades différentes (si possible) en conducteur normalisé fixés tous les 33 cm à l'aide de fixations adaptées au support ;
- Mise en place, au bas de chaque conducteur de descente, d'un **joint de contrôle** permettant la mesure de la prise de terre et d'une **gaine de protection** afin de protéger le conducteur sur une hauteur de 2 mètres contre d'éventuels chocs mécaniques ;
- Mise en place, au bas de chaque conducteur de descente, d'un **compteur de coups de foudre** afin de comptabiliser le nombre réel d'impacts sur l'installation ;
- Mise en place d'une **pancarte d'avertissement** au niveau de chaque gaine de protection afin de réduire les risques de lésions dus aux tensions de contact et de pas ;
- Respect des **distances de séparation**. Si nécessaire, réalisation des **liaisons équipotentielles** en conducteur normalisé entre les conducteurs de descente et les masses métalliques à proximité (voir annexe 1 - calcul distance de séparation « s »).

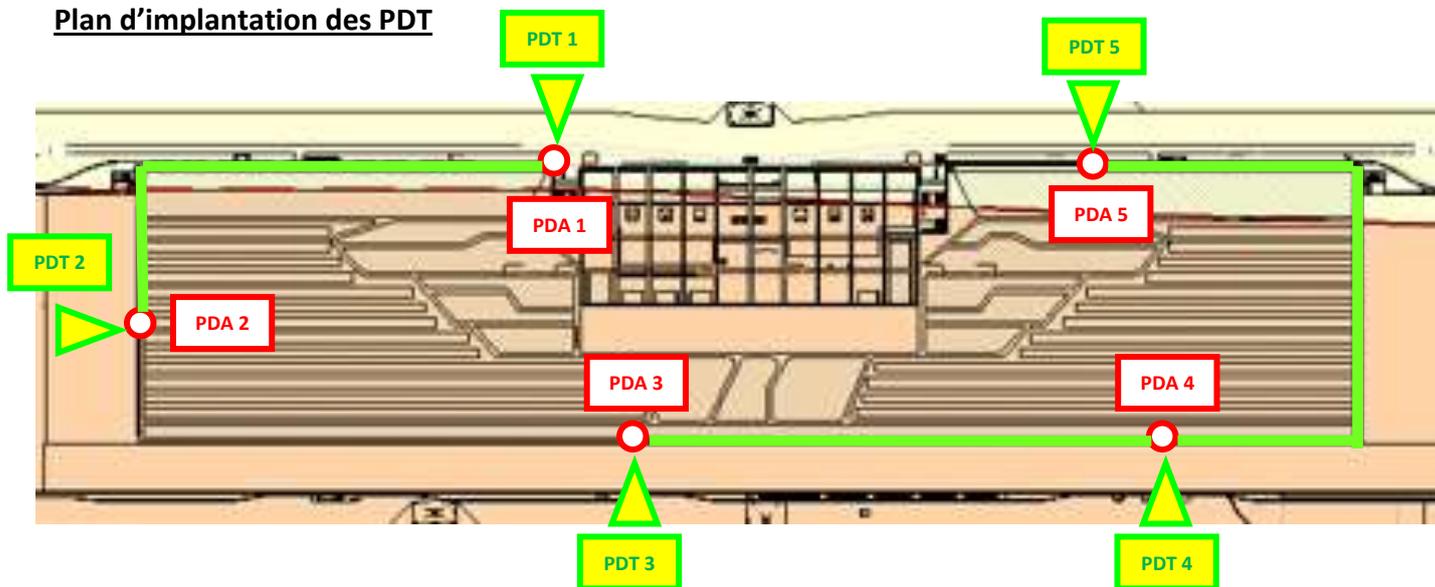
##### Prises de terre

- Réalisation de **5 prises de terre de type A** (résistance inférieure à 10  $\Omega$ ) constituées d'un ensemble de piquets reliés entre eux par un conducteur normalisé ;
  - *La réalisation de prise de terre de type B pourra également être envisagée dans le cas où le circuit de terre à fond de fouille soit en cuivre nue de section 50 mm<sup>2</sup>.*
- Mise en place, pour chaque prise de terre, d'un **regard de visite** afin de permettre l'isolement et la mesure de la valeur ohmique de la prise de terre paratonnerre ;
- Réalisation d'une **interconnexion** entre les prises de terre paratonnerre et le réseau de terre des masses du bâtiment en conducteur normalisé.

**Plan d'implantation des PDA**



**Plan d'implantation des PDT**



**Légende :**

-  Paratonnerres
-  Circuits de descente
-  Prises de terre paratonnerre

Échelle : — 10 m

## Bâtiment « BLOC C/D »

### Dispositifs de capture

- Mise en place de **6 PDA testables** (de préférence à distance) :
  - Avance à l'amorçage  $\Delta t$  : **60  $\mu$ s** ;
  - Hauteur installation : **5 m** (y compris mât à rallonge) ;
  - Niveau de protection : **II (ICPE)** ;
  - Rayon de protection : **51,6 m** ;
  - Implantation : **déport de façade** (présence de la ferme et des panneaux PV).

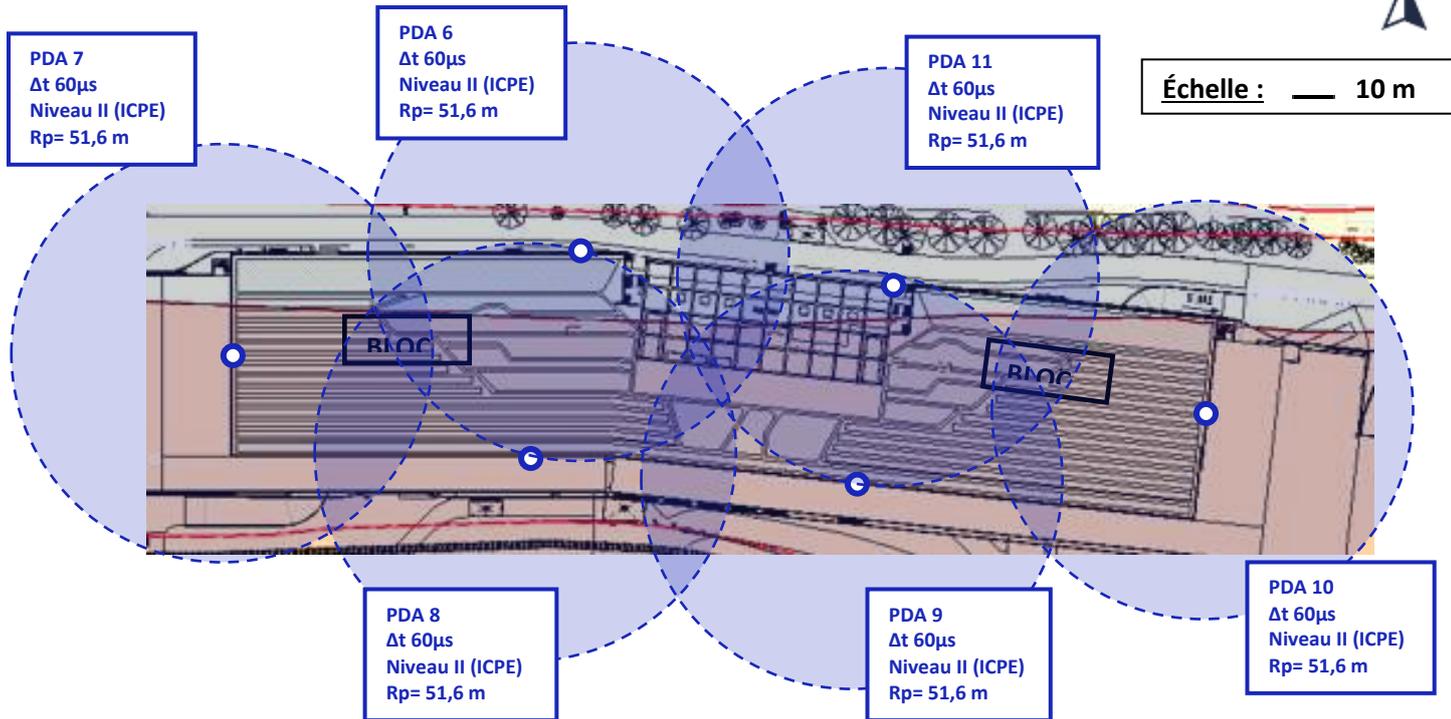
### Circuits de descente

- Interconnexion des PDA 6/7, 8/9 et 10/11 entre eux, en conducteur normalisé fixés tous les 33 cm à l'aide de fixations adaptées au support, afin de **mutualiser les conducteurs de descente**
- Réalisation de **6 circuits de descente** en façades différentes en conducteur normalisé fixés tous les 33 cm à l'aide de fixations adaptées au support ;
- Mise en place, au bas de chaque conducteur de descente, d'un **joint de contrôle** permettant la mesure de la prise de terre et d'une **gaine de protection** afin de protéger le conducteur sur une hauteur de 2 mètres contre d'éventuels chocs mécaniques ;
- Mise en place, au bas de chaque conducteur de descente, d'un **compteur de coups de foudre** afin de comptabiliser le nombre réel d'impacts sur l'installation ;
- Mise en place d'une **pancarte d'avertissement** au niveau de chaque gaine de protection afin de réduire les risques de lésions dus aux tensions de contact et de pas ;
- Respect des **distances de séparation**. Si nécessaire, réalisation des **liaisons équipotentiell**es en conducteur normalisé entre les conducteurs de descente et les masses métalliques à proximité (voir calcul distance de séparation « s »).

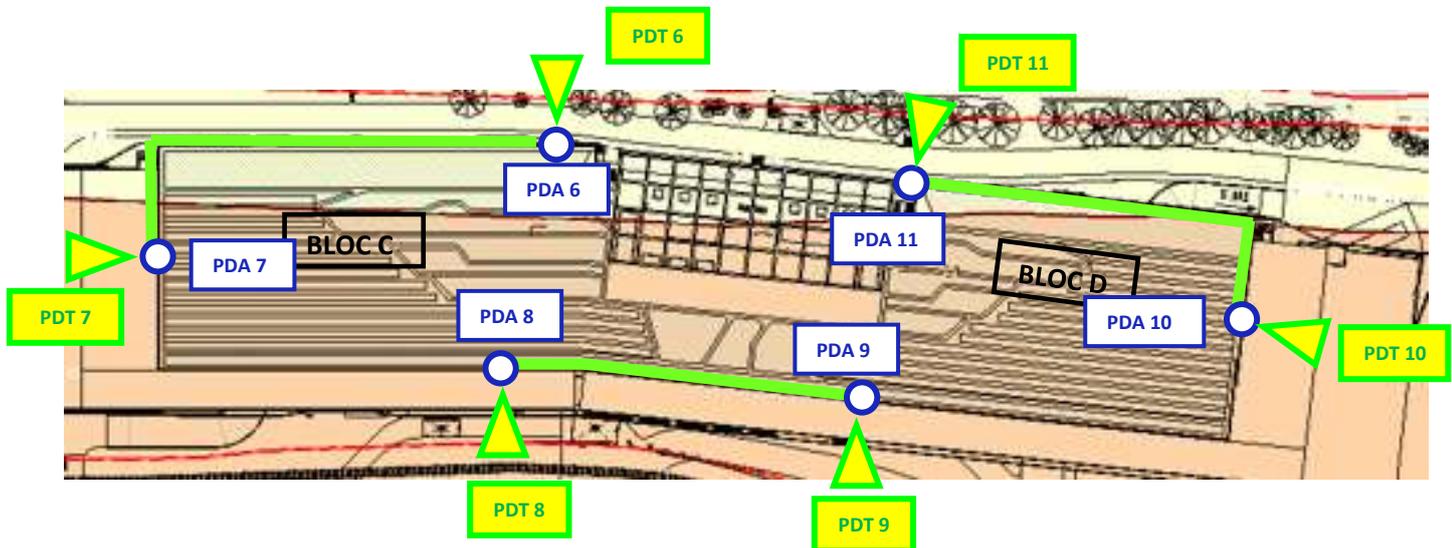
### Prises de terre

- Réalisation de **6 prises de terre de type A** (résistance inférieure à 10  $\Omega$ ) constituées d'un ensemble de piquets reliés entre eux par un conducteur normalisé ;
  - *La réalisation de prise de terre de type B pourra également être envisagée dans le cas où le circuit de terre à fond de fouille soit en cuivre nue de section 50 mm<sup>2</sup>.*
- Mise en place, pour chaque prise de terre, d'un **regard de visite** afin de permettre l'isolement et la mesure de la valeur ohmique de la prise de terre paratonnerre ;
- Réalisation d'une **interconnexion** entre les prises de terre paratonnerre et le réseau de terre des masses du bâtiment en conducteur normalisé.

**Plan d'implantation des PDA**



**Plan d'implantation des PDT**



**Légende :**

-  Paratonnerres
-  Circuits de descente
-  Prises de terre paratonnerre

## RÈGLES D'INSTALLATION

### Conducteur de descente

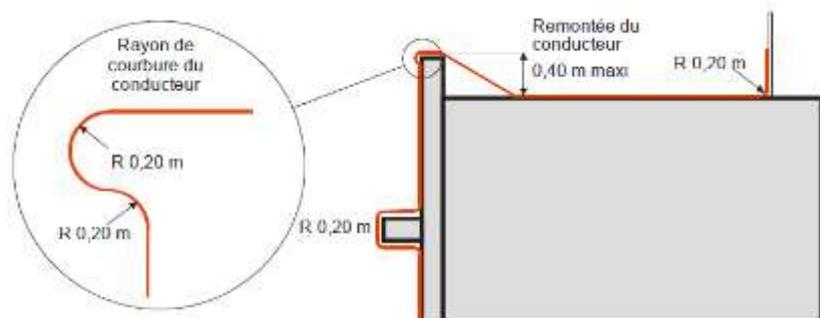
Selon la norme NFC 17-102, les PDA doivent être connectés à au moins deux conducteurs de descente. Néanmoins, la norme NFC 17-102 version 2011 nous indique que lorsque plusieurs PDA se trouvent sur le même bâtiment, les conducteurs de descente peuvent être mutualisés. Ainsi, s'il y a  $n$  PDA sur le toit, il n'est pas systématiquement nécessaire d'avoir  $2n$  conducteurs de descente mais un minimum de  $n$  conducteurs de descentes spécifiques est nécessaire.

Chacun des conducteurs de descente doit être fixé au PDA au moyen d'un système de connexion placé sur le mât. Ce dernier doit comprendre un élément d'adaptation mécanique qui garantira un contact électrique permanent.

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

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

Il convient d'éviter tout cheminement autour des acrotères, des corniches et plus généralement des obstacles. Une hauteur maximale de 40 cm est admise pour passer au-dessus d'un obstacle avec une pente de 45° ou moins.



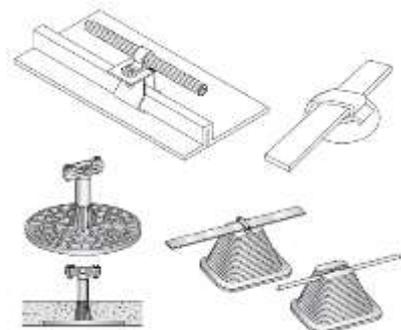
Prévoir des réservations dans les acrotères pour le passage des conducteurs si les remontées sont supérieures à 40cm.

### Fixation du conducteur de descente

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

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

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



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

### Distance de séparation

La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas de formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente et une masse conductrice voisine.

Ci-dessous les distances de séparation max calculées pour chaque PDA :

|                                | PDA 1 | PDA 2 | PDA 3 | PDA 4 | PDA 5 | PDA 6 | PDA 7 | PDA 8 | PDA 9 | PDA 10 | PDA 11 |
|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Distance de séparation (air)   | 3,6 m | 3,6 m | 2,8 m | 3,2 m | 3,2 m | 3,2 m | 3,2 m | 2,6 m | 2,6 m | 3,4 m  | 3,4 m  |
| Distance de séparation (béton) | 7,2 m | 7,2 m | 5,6 m | 6,4 m | 6,4 m | 6,4 m | 6,4 m | 5,2 m | 5,2 m | 6,8 m  | 6,8 m  |

*Les feuilles de calcul sont présentées en annexe 1.*

Les conducteurs de descente devront être éloignés de la distance  $s$  (voir courbe en annexe 1) de toutes les masses métalliques existantes.

Dans le cas où cette contrainte ne pourrait être respectée, les masses métalliques concernées (skydomes, garde-corps, échelle à crinolines, aérothermes...) devront être reliées aux conducteurs de descente par un conducteur de même nature que celui-ci.

Les courants forts/faibles devront être blindés (caméras, éclairages, antenne hertzienne) ou protégés à l'aide de parafoudres (parafoudres BT et coaxiaux).

## Matériaux et dimensions

Les matériaux et dimensions des conducteurs de descente devront respecter les prescriptions de la norme NF EN 62561-2.

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

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

## Joint de contrôle / Borne de coupure

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

Les joints de contrôle sont en général installés sur les conducteurs de descente en partie basse juste au-dessus de la gaine de protection.

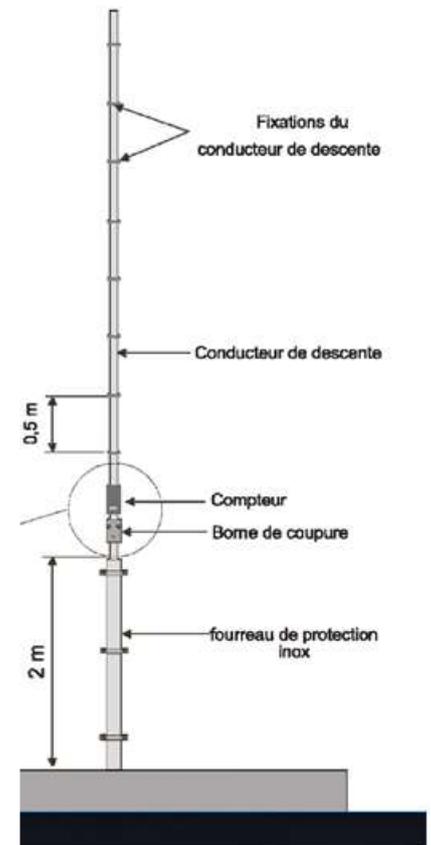
Pour les conducteurs de descente installés sur des parois métalliques ou les SPF non équipés de conducteurs de descente spécifiques, des joints de contrôle doivent être insérés entre chaque prise de terre et l'élément métallique auquel la prise de terre est connectée. Ils sont alors installés à l'intérieur d'un regard de visite (conforme à la NF EN 62561-2) comportant le symbole prise de terre.

## Compteur de coup de foudre

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

- Un compteur de coups de foudre sur le conducteur de descente le plus direct du paratonnerre ;
- Un compteur de coups de foudre au niveau du parafoudre type 1 ;
- Un abonnement de télécomptage à MÉTÉORAGE.

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



## Prise de terre

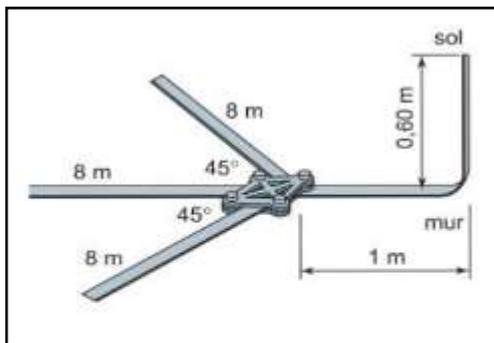
Elles devront satisfaire les exigences suivantes :

- la valeur de résistance mesurée à l'aide d'un équipement classique doit être la plus basse possible (inférieure à 10  $\Omega$ ). Cette résistance doit être mesurée au niveau de la prise de terre isolée de tout autre composant conducteur. L'installateur a donc en charge tous les éventuels travaux complémentaires nécessaires, afin d'obtenir une valeur inférieure à 10 Ohms.
- éviter les prises de terre équipées d'un composant vertical ou horizontal unique excessivement long (> 20 m) afin d'assurer une valeur d'impédance ou d'inductance la plus faible possible.

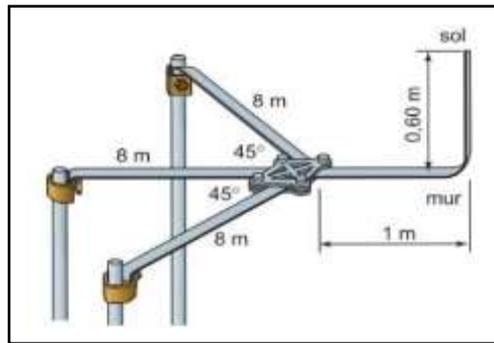
Trois configurations sont possibles pour réaliser une prise de terre type A :

### Patte d'oie (type A1)

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



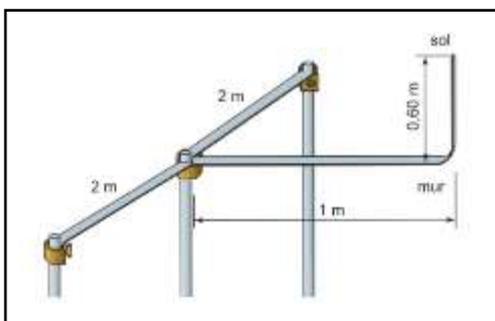
Forme « patte d'oie »



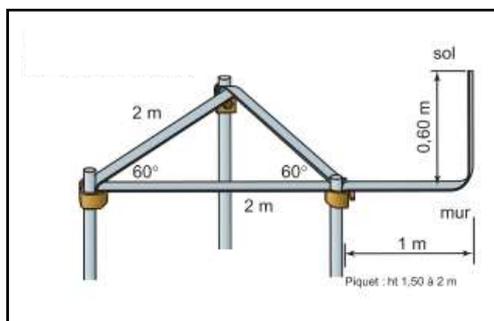
Forme « patte d'oie améliorée »

### Prise de terre en ligne ou triangle (type A2)

La prise de terre type sera composée de plusieurs électrodes verticales d'une longueur totale minimum à 6 m à une profondeur minimum de 50 cm, disposée en ligne et séparées les unes des autres par une distance égale à au moins la longueur enterrée. Les électrodes seront interconnectées par un conducteur enterré identique au conducteur de descente ou aux caractéristiques compatibles avec ce dernier.



Forme « en ligne »



Forme « en triangle »

Les matériaux et dimensions des électrodes de terre devront respectés les prescriptions de la norme NF EN 62561-6. Le tableau ci-dessous extrait de cette norme donne des exemples de matériau, configuration et dimensions minimales des électrodes de terre :

| Matériau               | Configuration   | Dimensions minimales |                     |
|------------------------|---|----------------------|---------------------|
|                        |   | Électrode de terre   | Conducteur de terre |
| Cuivre                 | Torsadé, rond plein, plaquer pleine (épaisseur min. 2 mm) |                      | 50 mm <sup>2</sup>  |
|                        | Rond plein  | ø15 mm               |                     |
| Tuyau (épaisseur 2 mm) | ø20 mm  |                      |                     |
| Acier                  | Rond plein galvanisé                                      | ø 16 mm              | ø 10 mm             |
|                        | Tube galvanisé  | ø 25 mm              |                     |
| Acier inoxydable       | Rond plein  | ø 15 mm              | ø 10 mm             |

### Dispositions complémentaires

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

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

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

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

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

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

- 160 (respectivement 100 m) < L1 + 2xL2.

### Équipotentialités des prises de terre

Il convient de connecter les prises de terre des paratonnerres à dispositif d'amorçage au fond de fouille du bâtiment à l'aide d'un conducteur normalisé (voir NF EN 50164-2) par un dispositif déconnectable situé de préférence dans un regard de visite (ou barrette de déconnexion) comportant le symbole « *Prise de terre* ».

### Conditions de proximité

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

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

### Tension de contact et de pas

Pour limiter le phénomène des tensions de pas et de contact à proximité des descentes, le maître d'œuvre doit prévoir l'une des solutions suivantes :

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

### Protection des canalisations métalliques entrantes

Les canalisations métalliques devront être raccordées au réseau de terre du bâtiment et ceci à son point de pénétration dans l'ouvrage et par l'intermédiaire d'un conducteur normalisé NF EN 62 305 (voir section dans le tableau ci-dessous).

| Type de SPF | Matériau  | Section<br>mm <sup>2</sup> |
|-------------|-----------|----------------------------|
| I à IV      | Cuivre    | 5                          |
|             | Aluminium | 8                          |
|             | Acier     | 16                         |

## Chapitre 5 PROTECTION CONTRE LES EFFETS INDIRECTS

À la suite de l'analyse probabiliste du risque foudre basée sur la norme NF EN 62305-2, les conclusions de protection sur les lignes entrantes pour les bâtiments « **BLOC A/B** » et « **BLOC C/D** » du projet **GREEN DOCK** sont :

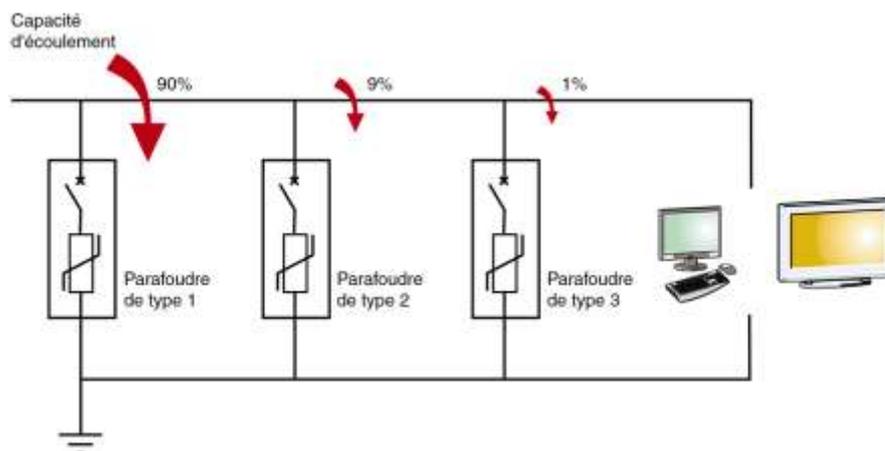
### NIVEAU II

#### 5.1 GÉNÉRALITÉS SUR LES IIPF

La protection foudre se structure de la même façon qu'une protection disjoncteur : les parafoudres de plus forte capacité d'écoulement sont en tête d'installation et ceux qui ont des caractéristiques plus faibles sont situés dans les tableaux divisionnaires ou dans les tableaux terminaux.

Dans l'organisation de la protection foudre, on distingue donc :

- **La protection de tête** : elle est située en tête d'installation, au niveau du TGBT ou en tête des bâtiments si l'installation en comporte plusieurs.
- **La protection fine** : elle est positionnée au plus proche des récepteurs



#### 5.2 LES DIFFÉRENTS TYPES DE PARAFOUDRES

Les parafoudres permettent de réaliser la protection de tête pour certains, ou la protection fine, et se classent de la façon suivante :

- **Les parafoudres de type 1** : avec une très forte capacité d'écoulement, ils sont destinés à la protection de tête des bâtiments équipés de paratonnerres.
- **Les parafoudres de type 2** : avec une forte capacité d'écoulement, ils servent pour la protection de tête en l'absence de paratonnerre.
- **Les parafoudres de type 1 + 2** : parafoudres qui satisfont aux essais de parafoudre de type 1 et de type 2.
- **Les parafoudres de type 3** : ils sont exclusivement réservés à la protection fine des récepteurs et s'installent derrière un type 1 ou un type 2.

## 5.3 PROTECTION DES COURANTS FORTS

### 5.3.1 DÉTERMINATIONS DES CARACTÉRISTIQUES DES PARAFODRES

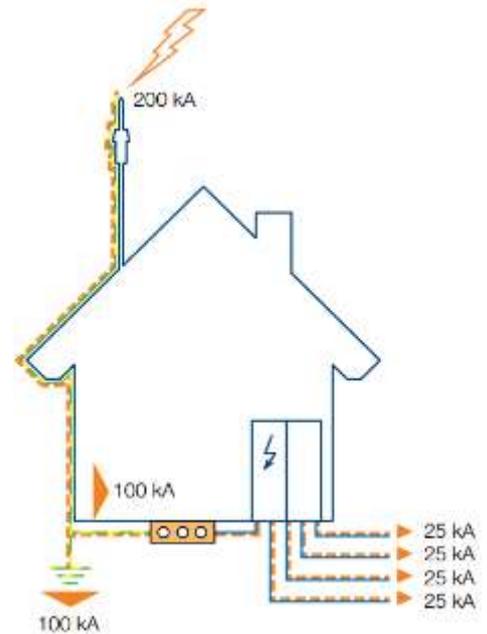
#### 5.3.1.1 PARAFODRE TYPE 1

Ces parafoudres sont obligatoires étant donné la présence d'un dispositif de capture (PDA).

Ces parafoudres doivent être soumis aux essais de classe I, caractérisés par des injections d'ondes de courant de type 10/350 µs, représentatives du courant de foudre généré lors d'un impact direct.

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

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



#### Calcul du courant $I_{imp}$ des parafoudres de type 1 :

Détermination du courant  $I_{imp}$  que doit pouvoir écouler le parafoudre sans destruction : le parafoudre doit pouvoir écouler au minimum 50% du courant de foudre direct en onde 10/350 µs.

| Niveau de protection | $I_{imp}$ max (kA) |
|----------------------|--------------------|
| I                    | 200                |
| II                   | 150                |
| III                  | 100                |
| IV                   |                    |

Le niveau de protection calculé dans l'Analyse du Risque Foudre conduit à déterminer le courant foudre que doit pouvoir écouler le parafoudre. Ce courant est donné par la formule suivante :

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

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

Nous retenons donc les valeurs suivantes :

| Niveau de protection | Régime de neutre | $I_{imp\ max}$ | n        | m        |
|----------------------|------------------|----------------|----------|----------|
| <b>II</b>            | -                | <b>150</b>     | <b>4</b> | <b>2</b> |

avec  $n \rightarrow TRI + PEN$

$m \rightarrow ALIM\ HT_1 + ALIM\ POSTE\ DE\ GARDE$

D'où :

**Niveau II**

D'où  $I_{imp} = \frac{150}{2} \times \frac{1}{4 \times 2} = \mathbf{9,375\ kA}$

On retrouve ainsi les résultats suivants :

**Courant de choc  $I_{imp}$  en onde 10/350  $\mu s \geq 12,5\ kA^*$**

\* Valeur minimum imposée par la norme NF EN 62 305.

**Niveau de protection  $U_p \leq 2,5\ kV^*$**

\* Valeur maximale à l'origine d'une installation.

**Dispositif de coupure associé**

Un dispositif de protection (calibre selon spécification constructeur) contre les courts-circuits devra être installé en amont du parafoudre (type sectionneur fusibles ou autre). Ces caractéristiques seront conformes aux recommandations du constructeur du parafoudre.

Pour le TGBT, le pouvoir de coupure doit être au moins égal au courant maximal de court-circuit présumé de l'installation ( $I_{k3}$  non communiqué).

**Caractéristiques des parafoudres type 1**

Les parafoudres devront avoir les caractéristiques suivantes selon CEI 61643-11 et guide UTE C 15-443 :

- Régime de neutre : **TN (à confirmer)** ;
- Tension nominale en régime permanent :  **$U_n = 400\ V$**  ;
- Courant maximum de décharge (onde 10/350  $\mu s$ ) :  **$I_{imp} = 12,5\ kA$**  ;
- Niveau de protection :  **$U_p = 2,5\ kV$**  ;
- Forme onde du courant : **10/350  $\mu s$**  ;
- Signalisation de défaut en face avant.

**Liste des parafoudres de type 1 à installer :**

| PARAFOUDRES TYPE 1           |  |
|------------------------------|--|
| LOCALISATION                 | CARACTÉRISTIQUES   |
| TGBT (Bâtiment « BLOC A/B ») | TRI 400 V<br>$I_{imp} 12,5 \text{ kA} - U_p \leq 2,5 \text{ kV}$ |
| TGBT (Bâtiment « BLOC C/D ») | TRI 400 V<br>$I_{imp} 12,5 \text{ kA} - U_p \leq 2,5 \text{ kV}$ |

**5.3.1.1 PARAFOUDRES TYPE 2**

La protection Type 2, est dédiée à la protection contre les effets indirects de la foudre et a pour but de limiter la tension résiduelle de la protection primaire. Il est donc obligatoire de prévoir l'installation, au niveau des armoires secondaires ou TD alimentant des équipements liés au **MMR** des parafoudres Type 2 conformément à la norme NF EN 62305-4.

**Choix du courant nominal de décharge ( $I_n$ ) :**

A l'origine d'une installation alimentée par le réseau de distribution publique, le courant nominal de décharge ( $I_n$ ) recommandé est de 5 kA (en onde 8/20  $\mu\text{s}$ ) pour les parafoudres Type 2.

Une valeur plus élevée donnera une durée de vie plus longue.

**Évaluation du niveau d'exposition aux surtensions de foudre :**

Le niveau d'exposition aux surtensions de foudre dénommé F est évalué par la formule suivante :

$$F = Nk (1,6 + 2 LBT + \delta)$$

- **Nk** (Niveau céramique local) = **10,50**
- **LBT** est la longueur en Km de la ligne basse tension « BT » alimentant l'installation.  
(Pour information, pour des valeurs supérieures ou égales à 0,5 km, on retiendra une valeur  $\rightarrow LBT = 0,5$ ).
- **$\delta$**  est un coefficient prenant en compte la situation de la ligne et celle du bâtiment. La valeur du coefficient retenue est donnée dans le Tableau 2 du guide UTE C 15-443 :

| Situation de la ligne BT et des bâtiments              | Coefficient $\delta$ |
|--|----------------------|
| Complètement entouré de structures                     | 0                    |
| <b>Quelques structures à proximité ou inconnue</b>     | <b>0,5</b>           |
| Terrain plat ou découvert                              | 0,75                 |
| Sur une crête, présence de plan d'eau, site montagneux | 1                    |

Application de la formule :

$$F = 10,50 \times (1,6 + (2 \times 0,5) + 0,5)$$

Soit : **F = 32,55**

Le Tableau 6 du guide UTE C 15-443 permet d'optimiser le choix de ( $I_n$ ) en fonction du paramètre F :

| Estimation du risque F | $I_n$ (kA) |
|------------------------|------------|
| <b>F ≤ 40</b>          | <b>5</b>   |
| 40 < F ≤ 80            | 10         |
| F > 80                 | 20         |

**Conformément au guide UTE C 15-443, à Le courant nominal de décharge minimum ( $I_n$ ) retenu pour les parafoudres Type 2 sur ce site est de 5 kA au minimum.**

### Choix du niveau de protection ( $U_p$ )

Le niveau de protection en tension ( $U_p$ ) est le paramètre le plus important pour caractériser le parafoudre. Il indique le niveau de surtension aux bornes du parafoudre.

Le niveau de protection en tension ( $U_p$ ) du parafoudre doit être coordonné à la tension de tenue aux chocs du matériel à protéger.

**Niveau de protection  $U_p \leq 1,5$  kV (sous  $I_n = 5$  kA)**

\* Conformément à la norme NF C 15-100 pour des armoires secondaires.

### Dispositif de coupure associé

Un dispositif de protection (calibre selon spécification constructeur) contre les courts-circuits devra être installé en amont du parafoudre (type sectionneur fusibles ou autre). Ces caractéristiques seront conformes aux recommandations du constructeur du parafoudre.

### Caractéristiques des parafoudres type 2

Les parafoudres devront avoir les caractéristiques suivantes selon CEI 61643-11 et guide UTE C 15-443 :

- Régime de neutre : **TN (à confirmer)** ;
- Tension maximale en régime permanent :  **$U_c = 230$  V /  $400$  V** ;
- Intensité nominale de décharge (en onde 8/20 $\mu$ s) :  **$I_n \geq 5$  kA** ;
- Niveau de protection :  **$U_p = 1,5$  kV** ;
- Intensité maximale de décharge (en onde 8/20 $\mu$ s) :  **$I_{max} \geq 10$  kA** ;
- Forme onde du courant : **8/20  $\mu$ s** ;
- Signalisation de défaut en face avant.

**Liste des parafoudres de type 2 à installer :**

| PARAFOUDRES TYPE 2                         |                                     |
|--|-------------------------------------|
| LOCALISATION                               | CARACTÉRISTIQUES                    |
| TD POSTE DE GARDE                          | TRI 400 V<br>In 5 kA - Up ≤ 1,5 kV  |
| TD SPRINKLER                               | TRI 400 V<br>In 5 kA - Up ≤ 1,5 kV  |
| SURPRESSEUR RIA                            | TRI 400 V<br>In 5 kA - Up ≤ 1,5 kV  |
| DÉTECTION INCENDIE (Bâtiment « BLOC A/B ») | Mono 253 V<br>In 5 kA - Up ≤ 1,5 kV |
| DÉTECTION INCENDIE (Bâtiment « BLOC C/D ») | Mono 253 V<br>In 5 kA - Up ≤ 1,5 kV |

**NOTA :** L'installation des parafoudres de type 2 devra impérativement respecter les recommandations du guide UTE C 15-443 et respecter une homogénéité des marques afin d'assurer la coordination entre les parafoudres.

### 5.3.2 RACCORDEMENT

L'efficacité de la protection contre la foudre dépend principalement de la qualité de l'installation des parafoudres.

En cas de coup de foudre, l'impédance des câbles électriques augmente de façon importante (l'impédance du circuit croît également avec sa longueur). La loi d'ohm nous impose  $U = Zi$  et, en cas de coup de foudre,  $i$  est très grand.

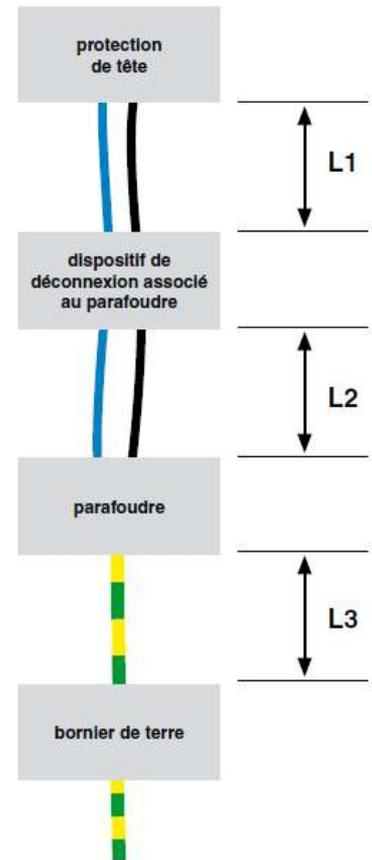
Ainsi la longueur L1, L2 et L3 de la règle des «50 cm » impactent directement la tension aux bornes de l'installation pendant le coup de foudre.

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

Le raccordement devra être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible afin de réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE. La longueur cumulée de conducteurs parallèles de raccordement du parafoudre au réseau devra être **strictement inférieure à 0,50 m (L1+L2+L3)**.

La règle s'applique à la portion de circuit empruntée exclusivement par le courant de foudre. Lorsque la longueur de celle-ci est supérieure à 50 cm, la surtension transitoire devient trop importante et risque d'endommager les récepteurs.

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au guide UTE C 15-443.



### 5.3.3 DISPOSITIF DE DÉCONNEXION

Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (Fusibles HPC, disjoncteur...). Ce dispositif sera dimensionné par l'installateur (**note de calculs à l'appui**). Afin de **privilégier la continuité des installations électriques**, les dispositifs de protection des parafoudres respecteront **les règles de sélectivité et devront avoir un pouvoir de coupure supérieur à l'ICC au point de l'installation**.

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

L'installateur devra dimensionner le dispositif de protection en fonction du guide INERIS « *Choix et installation des déconnecteurs pour les parafoudres BT de Type 1* » et des recommandations des fabricants de parafoudres.

## 5.4 PROTECTION DES COURANTS FAIBLES

Les parafoudres « courants faibles » seront conformes, entre autres, à la norme : NF EN 61643-21 et -22 qui définit les prescriptions de fonctionnement et les méthodes d'essais de ces parafoudres.

Le paramètre "tension de limitation impulsionnelle" quantifie la surtension résiduelle en aval du parafoudre lorsqu'il est sollicité par une surtension. Concernant ce paramètre, les essais les plus représentatifs des coups de foudre sont :

- Les essais de **catégorie D** pour les effets directs de la foudre (onde de courant 10/350 $\mu$ s) correspondent aux parafoudres qui doivent être installés sur les services entrants.
- Les essais de **catégorie C** pour les effets induits de la foudre (onde de courant 8/20 $\mu$ s).

Les parafoudres courants faibles choisis devront être adaptés au niveau de protection nécessaire, ainsi qu'au type de signal transitant sur la liaison. Des essais devront être réalisés pour vérifier que la transmission du signal n'est pas perturbée suite à la mise en place de parafoudres.

**La fibre optique n'étant pas vulnérable à la foudre, aucune protection n'est à prévoir pour les lignes de télécommunication.**

## Chapitre 6 PRÉVENTION DU PHÉNOMÈNE ORAGEUX

### 6.1 PROTECTION CONTRE LES TENSIONS DE CONTACT ET DE PAS

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

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

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

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

**Des pancartes d'avertissement interdisant l'approche à moins de 3 mètres en cas d'orage seront installées sur chaque descentes.**

### 6.2 DÉTECTION D'ORAGE

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

- Soit un service local de détection des orages et/ou fronts orageux par réseau national METEORAGE ;
- Soit un système local de détection par moulin à champ.

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

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

**Une mise en place de procédure spécifique de prévention d'orage n'est pas nécessaire.**

### 6.3 PROCÉDURE

Le danger est effectif lorsque l'orage est proche et, par conséquent, la sécurité des personnes en période d'orage doit être garantie.

Les personnels doivent être informés du risque consécutif soit à un foudroiement direct, soit à un foudroiement rapproché :

- Un homme en toiture représente un pôle d'attraction ;
- Lorsque le terrain est dégagé à environ 15 mètres du bâtiment ou d'un pylône d'éclairage par exemple, il y a risque de foudroiement direct ou risque de choc électrique par tension de pas ;
- Toute intervention sur un réseau électrique (même un réseau de capteurs) présente des risques importants de choc électrique par surtensions induites.

Les formations, les procédures, les instructions lors des permis de feu ou de travail doivent par conséquent informer ou rappeler ce risque.

En période d'orage proche, on ne doit pas :

- Entreprendre de tournée d'inspection ;
- Travailler en hauteur ;
- Rester dans les endroits dégagés ou à risques ;
- Travailler sur le réseau électrique.

**Une mise en place de procédure spécifique (en interne) de prévention d'orage est nécessaire :**

- **Ne pas accéder en toiture ;**
- **Ne pas intervenir sur les installations électriques BT et courants faibles.**

## Chapitre 7 RÉALISATION DES TRAVAUX

L'objectif principal de l'installation du Système de Protection contre la Foudre (SPF) est de mettre en place une protection globale contre la foudre de façon à réduire le risque pour la structure protégée à un niveau fixé par l'Analyse du Risque Foudre (ARF).

Pour cela, il convient d'installer conformément aux normes les protections définies dans l'Étude Technique (ET).

Un autre objectif de l'installation est de garantir le bon fonctionnement de la protection. En effet, l'efficacité des protections contre la foudre est liée pour une partie importante à la bonne installation des produits. Ainsi, la longueur, le cheminement, et l'environnement immédiat des câbles de connexion des produits interviennent dans l'efficacité de la protection.

C'est pourquoi la norme NF C 62305-3 précise que pour être un concepteur/installateur spécialisé, il est nécessaire de connaître les normes et d'avoir plusieurs années d'expérience.

**Pour s'en assurer, l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié impose que l'installateur doit être reconnu compétent et doit être réalisée par une société spécialisée et agréée :**



**« Installation de paratonnerres et parafoudres ».**

**L'entreprise devra fournir son attestation à la remise de son offre.**

La marque  :

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

Le label QUALIFOUDRE permet aux professionnels de la foudre de répondre aux exigences réglementaires de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 19 juillet 2011 (JOE du 5 août 2011).

L'installation doit être conforme à l'étude technique. Il convient de mettre à jour cette dernière, lorsque l'installation impose des modifications des prescriptions.

## Chapitre 8 VÉRIFICATIONS DES INSTALLATIONS

### 8.1 VÉRIFICATION INITIALE

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

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

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

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

### 8.2 VÉRIFICATION PÉRIODIQUE

L'arrêté du 4 octobre 2010 modifié stipule que l'installation de protection foudre doit être contrôlée par un organisme compétent selon la périodicité ci-dessous :

| Niveau de protection | Vérification visuelle<br>(année) | Vérification complète<br>(année) | Vérification complète des<br>systèmes critiques<br>(année) |
|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|--|
| I et II              | 1                                | 2                                | 1  |
| III et IV            | 2                                | 4                                | 1  |

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

Toutes les vérifications sont réalisées conformément à la **Notice de Vérification et Maintenance**. Celle-ci n'ont pas pour objet de statuer sur la pertinence de l'analyse du risque foudre ou de l'étude technique.

Chaque vérification périodique doit faire l'objet d'un rapport détaillé reprenant l'ensemble des constatations et précisant les mesures correctives à prendre.

Tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre (modification, vérification, coup de foudre, opération de maintenance...) sont consignés dans le **Carnet de bord**. Les enregistrements des agressions de la foudre sont datés et si possible localisés sur le site.

Lorsqu'une vérification périodique fait apparaître des défauts, il convient d'y remédier dans les meilleurs délais afin de maintenir l'efficacité optimale du système de protection contre la foudre.

### 8.3 VÉRIFICATION SUPPLÉMENTAIRE

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

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

Toutes ces vérifications devront être annotées dans le **Carnet de Bord** mis à disposition du vérificateur, inspecteur, etc.

### 8.4 MAINTENANCE

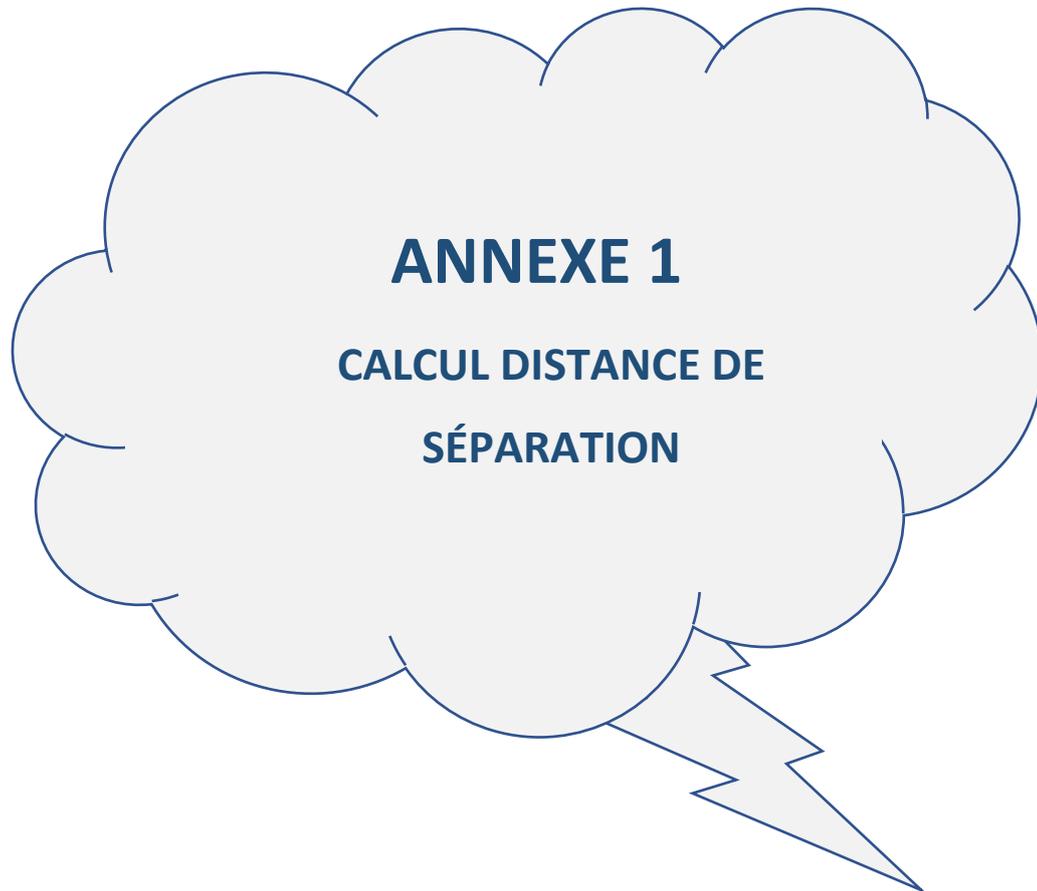
Lorsqu'une vérification périodique fait apparaître des défauts dans le système de protection contre la foudre, celle-ci est réalisée dans un délai maximum d'un mois. Ces interventions seront enregistrées dans le **Carnet de Bord** Qualifoudre (rubrique → Historique de l'installation de protection foudre).

## Chapitre 9 BILAN DES TRAVAUX À RÉALISER

Le tableau ci-dessous synthétise les travaux à réaliser dans le cadre de la protection contre la foudre :

|                 | <b>PROTECTION EFFETS DIRECTS</b>  | <b>PROTECTION EFFETS INDIRECTS</b>  |
|-----------------|---|---|
| <b>BLOC A/B</b> | <p><b><u>Dispositifs de capture</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mise en place de 5 PDA testables ;</li> <li>➤ Avance à l'amorçage (<math>\Delta t</math>) : 60 <math>\mu s</math> ;</li> <li>➤ Hauteur installation : 5 m ;</li> <li>➤ Niveau de protection : II (ICPE) ;</li> <li>➤ Rayon de protection : 51,6 m.</li> </ul> <p><b><u>Circuits de descente</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Interconnexion des PDA 1/2 et 3/4/5 en toiture ;</li> <li>➤ Réalisation de 5 circuits de descente ;</li> <li>➤ Mise en place pour chaque descente d'un compteur de coups de foudre / joint de contrôle / gaine de protection / pancarte d'avertissement ;</li> <li>➤ Respect des distances de séparation.</li> </ul> <p><b><u>Prises de terre</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Création de 5 prises de terre type A ;</li> <li>➤ Mise en place de regards de visite au pieds des descentes ;</li> <li>➤ Interconnexion des PDT au réseau de terre des masses du site.</li> </ul>      | <p><b><u>Parafoudre type 1</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ TGBT.</li> </ul> <p><b><u>Parafoudres type 2</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Détection incendie.</li> </ul> <p><b><u>Canalisations entrantes</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sprinkler ;</li> <li>➤ Eau (si métallique).</li> </ul> |
| <b>BLOC C/D</b> | <p><b><u>Dispositifs de capture</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mise en place de 6 PDA testables ;</li> <li>➤ Avance à l'amorçage (<math>\Delta t</math>) : 60 <math>\mu s</math> ;</li> <li>➤ Hauteur installation : 5 m ;</li> <li>➤ Niveau de protection : II (ICPE) ;</li> <li>➤ Rayon de protection : 51,6 m.</li> </ul> <p><b><u>Circuits de descente</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Interconnexion des PDA 6/7 - 8/9 - 10/11 en toiture ;</li> <li>➤ Réalisation de 6 circuits de descente ;</li> <li>➤ Mise en place pour chaque descente d'un compteur de coups de foudre / joint de contrôle / gaine de protection / pancarte d'avertissement ;</li> <li>➤ Respect des distances de séparation.</li> </ul> <p><b><u>Prises de terre</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Création de 6 prises de terre type A ;</li> <li>➤ Mise en place de regards de visite au pieds des descentes ;</li> <li>➤ Interconnexion des PDT au réseau de terre des masses du site.</li> </ul> | <p><b><u>Parafoudre type 1</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ TGBT</li> </ul> <p><b><u>Parafoudres type 2</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Détection incendie.</li> </ul> <p><b><u>Canalisations entrantes</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sprinkler ;</li> <li>➤ Eau (si métallique).</li> </ul>  |

|  |                                  |   |
|--|----------------------------------|---|
| <p align="center"><b>LOCAL<br/>SPRINKLER</b></p> | <p align="center">Sans objet</p> | <p><b><u>Parafoudres type 2</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ TD sprinkler ;</li> <li>➤ Surpresseur RIA.</li> </ul> <p><b><u>Canalisations entrantes</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sprinkler ;</li> <li>➤ Eau (si métallique).</li> </ul> |
| <p align="center"><b>POSTE<br/>DE GARDE</b></p>  | <p align="center">Sans objet</p> | <p><b><u>Parafoudre type 2</u></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ TD poste de garde.</li> </ul>   |



**Distance de séparation :**

La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas de formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente et une masse conductrice voisine.

Conformément à la norme NF EN 62-305, l'équation générale pour le calcul de « s » est la suivante :

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

- $k_i$  dépend du niveau de protection choisi. La valeur de  $k_i$  retenue est donnée dans le Tableau 10 de la norme NF EN 62-305 :

| Niveau de protection | $k_i$ |
|----------------------|-------|
| I                    | 0,08  |
| II                   | 0,06  |
| III                  | 0,04  |
| IV                   |       |

- $k_m$  dépend du matériau d'isolation électrique. La valeur de  $k_m$  retenue est donnée dans le Tableau 11 de la norme NF EN 62-305 :

| Matériau       | $k_m$ |
|----------------|-------|
| Air            | 1     |
| Béton, briques | 0,5   |

- $k_c$  dépend du courant de foudre qui s'écoule dans les conducteurs de descente et de terre. La valeur de  $k_c$  retenue est donnée dans le Tableau 12 de la norme NF EN 62-305 :

| Nombre de conducteurs de descente n | $k_c$ |
|-------------------------------------|-------|
| 1                                   | 1     |
| 2                                   | 0,75  |
| 3                                   | 0,60  |
| 4 et plus                           | 0,41  |

- $l$  est la longueur, en mètres, le long des dispositifs de capture et des conducteurs de descente entre le point où la distance de séparation est prise en considération et le point de la liaison équipotentielle la plus proche.

| CALCUL DISTANCE SÉPARATION PDA 1 / 2 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11   |  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
|--|--|--|-----|---------------------------------------|--------------------------------|------|-----------|---------------|---|----------|--|---|----------|--|-----------|----------|--|--|--|
| Dénomination   | coef                                   | valeurs à encoder                      |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Coefficient <math>k_i</math></b>  |  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| dépend du type de SPF choisi: coefficient d'induction  | $k_i =$                                | <b>0,06</b>                            |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Niveau de protection</th> <th><math>k_i</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>0,06</td> </tr> <tr> <td>III et IV</td> <td>0,04</td> </tr> </tbody> </table>  | Niveau de protection                   | $k_i$                                  | I   | 0,08                                  | II                             | 0,06 | III et IV | 0,04          |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Niveau de protection   | $k_i$                                  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| I  | 0,08                                   |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| II   | 0,06                                   |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| III et IV  | 0,04                                   |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Coefficient <math>k_c</math></b>  |  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Calcul de $k_c$ si terre type A  | $k_c =$                                | <b>0,75</b>                            |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nombre de conducteurs de descente<br/>n</th> <th colspan="2"><math>k_c</math></th> </tr> <tr> <th>Disposition de terre de type A1 ou A2</th> <th>Disposition de terre de type B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1 ... 0,5 * l</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,75 * l</td> <td>1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,60 * l</td> <td>1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l</td> </tr> <tr> <td>4 et plus</td> <td>0,41 * l</td> <td>1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l</td> </tr> </tbody> </table> <p>a) Voir l'Annexe E<br/> b) Si les conducteurs de descente sont connectés horizontalement par un ceinture, la distribution de courant est plus homogène dans la partie inférieure et <math>k_c</math> est réduit. Cela est particulièrement applicable aux structures élévées.<br/> c) Ces valeurs sont données pour de simples électrodes présentant des valeurs comparables de résistance. Si ces résistances sont très différentes, il est pris <math>k_c = 1</math>.</p> <p>NOTE: D'autres valeurs de <math>k_c</math> peuvent être utilisées si des calculs détaillés sont effectués.</p> | Nombre de conducteurs de descente<br>n | $k_c$                                  |     | Disposition de terre de type A1 ou A2 | Disposition de terre de type B | 1    | 1         | 1 ... 0,5 * l | 2 | 0,75 * l | 1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l | 3 | 0,60 * l | 1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l | 4 et plus | 0,41 * l | 1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l |  |  |
| Nombre de conducteurs de descente<br>n   |  | $k_c$                                  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
|  | Disposition de terre de type A1 ou A2  | Disposition de terre de type B         |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| 1  | 1                                      | 1 ... 0,5 * l                          |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| 2  | 0,75 * l                               | 1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| 3  | 0,60 * l                               | 1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| 4 et plus  | 0,41 * l                               | 1 ... 1m (voir Figures E 1 et E 2) * l |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Coefficient <math>k_m</math></b>  |  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Dépend du matériau de séparation: coefficient lié au matériau  |  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Matériau</th> <th><math>k_m</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Air</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Béton, briques</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table>  | Matériau                               | $k_m$                                  | Air | 1                                     | Béton, briques                 | 0,5  |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Matériau   | $k_m$                                  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Air  | 1                                      |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Béton, briques   | 0,5                                    |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Coefficient <math>l</math></b>  |  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Distance mesurée verticalement entre le point où s doit être établie et la ceinture équipotentielle la plus proche.  | $l =$                                  | <b>80</b>                              |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Calcul de <math>s</math></b>  |  |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
|  | $s = k_1 \frac{k_c}{k_m} l$            |  |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Distance maximale (en mètre) à respecter dans l' <b>AIR</b>  | $s =$                                  | <b>3,600</b>                           |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Distance maximale (en mètre) à respecter dans le <b>BÉTON</b>  | $s =$                                  | <b>7,200</b>                           |     |                                       |                                |      |           |               |   |          |  |   |          |  |           |          |  |  |  |



**L : LONGUEUR DU PARATONNERRE À LA PRISE DE TERRE**

| CALCUL DISTANCE SÉPARATION PDA 3 / 4 / 5  |  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
|---|--|--|-----|---------------------------------------|--------------------------------|------|-----------|------|---|----------|---------------|---|----------|--|-----------|----------|--|--|--|
| Dénomination  | coef                                   | valeurs à encoder                      |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Coefficient <math>k_i</math></b>   |  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| dépend du type de SPF choisi: coefficient <u>d'induction</u>  | $k_i =$                                | <b>0,06</b>                            |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Niveau de protection</th> <th><math>k_i</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>I</td> <td>0,08</td> </tr> <tr> <td>II</td> <td>0,06</td> </tr> <tr> <td>III et IV</td> <td>0,04</td> </tr> </tbody> </table>   | Niveau de protection                   | $k_i$                                  | I   | 0,08                                  | II                             | 0,06 | III et IV | 0,04 |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Niveau de protection  | $k_i$                                  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| I   | 0,08                                   |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| II  | 0,06                                   |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| III et IV   | 0,04                                   |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Coefficient <math>k_c</math></b>   |  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Calcul de $k_c$ si terre <b>type A</b>  | $k_c =$                                | <b>0,6</b>                             |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nombre de conducteurs de descente<br/>n</th> <th colspan="2"><math>k_c</math></th> </tr> <tr> <th>Disposition de terre de type A1 ou A2</th> <th>Disposition de terre de type B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>1</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>0,75 * n</td> <td>1 ... 0,5 * n</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>0,60 * n</td> <td>1 ... 1m (voir Figures E.1 et E.2) * n</td> </tr> <tr> <td>4 et plus</td> <td>0,41 * n</td> <td>1 ... 1m (voir Figures E.1 et E.2) * n</td> </tr> </tbody> </table> <p>a) Voir l'Annexe E<br/> b) Si les conducteurs de descente sont connectés horizontalement par un ceinture, la distribution de courant est plus homogène dans la partie inférieure et <math>k_c</math> est réduit. Cela est particulièrement applicable aux structures élevées.<br/> c) Ces valeurs sont valides pour de simples électrodes présentant des valeurs comparables de résistance. Si ces résistances sont très différentes, il est pris <math>k_c = 1</math>.</p> <p>NOTE: D'autres valeurs de <math>k_c</math> peuvent être utilisées si des calculs détaillés sont effectués.</p> | Nombre de conducteurs de descente<br>n | $k_c$                                  |     | Disposition de terre de type A1 ou A2 | Disposition de terre de type B | 1    | 1         | 1    | 2 | 0,75 * n | 1 ... 0,5 * n | 3 | 0,60 * n | 1 ... 1m (voir Figures E.1 et E.2) * n | 4 et plus | 0,41 * n | 1 ... 1m (voir Figures E.1 et E.2) * n |  |  |
| Nombre de conducteurs de descente<br>n  |  | $k_c$                                  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
|   | Disposition de terre de type A1 ou A2  | Disposition de terre de type B         |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| 1   | 1                                      | 1                                      |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| 2   | 0,75 * n                               | 1 ... 0,5 * n                          |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| 3   | 0,60 * n                               | 1 ... 1m (voir Figures E.1 et E.2) * n |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| 4 et plus   | 0,41 * n                               | 1 ... 1m (voir Figures E.1 et E.2) * n |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Coefficient <math>k_m</math></b>   |  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Dépend du matériau de séparation: coefficient lié au <u>matériau</u>  |  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th>Matériau</th> <th><math>k_m</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Air</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Béton, briques</td> <td>0,5</td> </tr> </tbody> </table>   | Matériau                               | $k_m$                                  | Air | 1                                     | Béton, briques                 | 0,5  |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Matériau  | $k_m$                                  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Air   | 1                                      |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Béton, briques  | 0,5                                    |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Coefficient <math>l</math></b>   |  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Distance mesurée verticalement entre le point où s doit être établie et la ceinture équipotentielle la plus proche.   | $l =$                                  | <b>90</b>                              |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| <b>Calcul de <math>s</math></b>   |  |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
|   | $s = k_i \frac{k_c}{k_m} l$            |  |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Distance maximale (en mètre) à respecter dans l' <b>AIR</b>   | $s =$                                  | <b>3,240</b>                           |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |
| Distance maximale (en mètre) à respecter dans le <b>BÉTON</b>   | $s =$                                  | <b>6,480</b>                           |     |                                       |                                |      |           |      |   |          |               |   |          |  |           |          |  |  |  |



L : LONGUEUR DU PARATONNERRE À LA PRISE DE TERRE



# NOTICE DE VÉRIFICATION & MAINTENANCE



**Adresse du site :**

Route du Bassin Numéro 6  
Zone Industrialeo-portuaire  
92 230 GENNEVILLIERS

**Rédigé par :**  
**01/06/2023**

Mohamed BADRI  
Chargé d'études  
Qualifoudre N1  
04 28 29 64 58  
[m.badri@1g-group.com](mailto:m.badri@1g-group.com)



**Validé par :**  
**07/06/2023**

Abdallah OUBAH  
Responsable d'Affaires  
Qualifoudre N3 - 19004  
07 69 38 34 57  
[a.oubah@1g-group.com](mailto:a.oubah@1g-group.com)



| DATE       | INDICE | MODIFICATIONS                 |
|------------|--------|-------------------------------|
| 07/06/2023 | A      | Première diffusion            |
| 26/06/2023 | B      | Modifications suite remarques |
|            |        |                               |

La reproduction de ce rapport n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Le seul rapport faisant foi est le rapport envoyé par **1G Foudre**.

# Chapitre 1 ORDRES DES VÉRIFICATIONS

## 1.1 PROCÉDURE DE VÉRIFICATION

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

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

## 1.2 VÉRIFICATION DE LA DOCUMENTATION TECHNIQUE

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

## 1.3 VÉRIFICATIONS VISUELLES

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

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

## 1.4 VÉRIFICATIONS COMPLÈTES

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

- Les essais de continuité des parties non visibles lors de la vérification initiale et qui ne peuvent être contrôlées par vérification visuelle ultérieurement ;
- Les valeurs de résistance de la prise de terre. Il convient d'effectuer des mesures de terre isolées ou associées et d'enregistrer les valeurs dans un rapport de vérification du SPF.

### Remarques :

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

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

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

Les résultats des contrôles visuels des connexions des conducteurs et jonctions ou leur continuité électrique. Si la prise de terre n'est pas conforme à ces exigences ou si le contrôle de ces exigences n'est pas possible, faute d'informations, il convient d'améliorer la prise de terre par des électrodes complémentaires ou par l'installation d'un nouveau réseau de terre.

## 1.5 DOCUMENTATION DE LA VÉRIFICATION

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

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

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

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

## Chapitre 2 MAINTENANCE

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

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

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

**Tableau 1** : Périodicité selon le niveau de protection.

Les intervalles entre inspections donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour ce cas, l'arrêté du 19 juillet 2011 précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

### 2.1 REMARQUES GÉNÉRALES

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

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

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

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

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

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

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

## 2.2 PROCÉDURE DE MAINTENANCE

La fréquence des procédures de maintenance dépend :

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

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

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

Le programme de maintenance comporte les informations suivantes :

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

## 2.3 DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

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

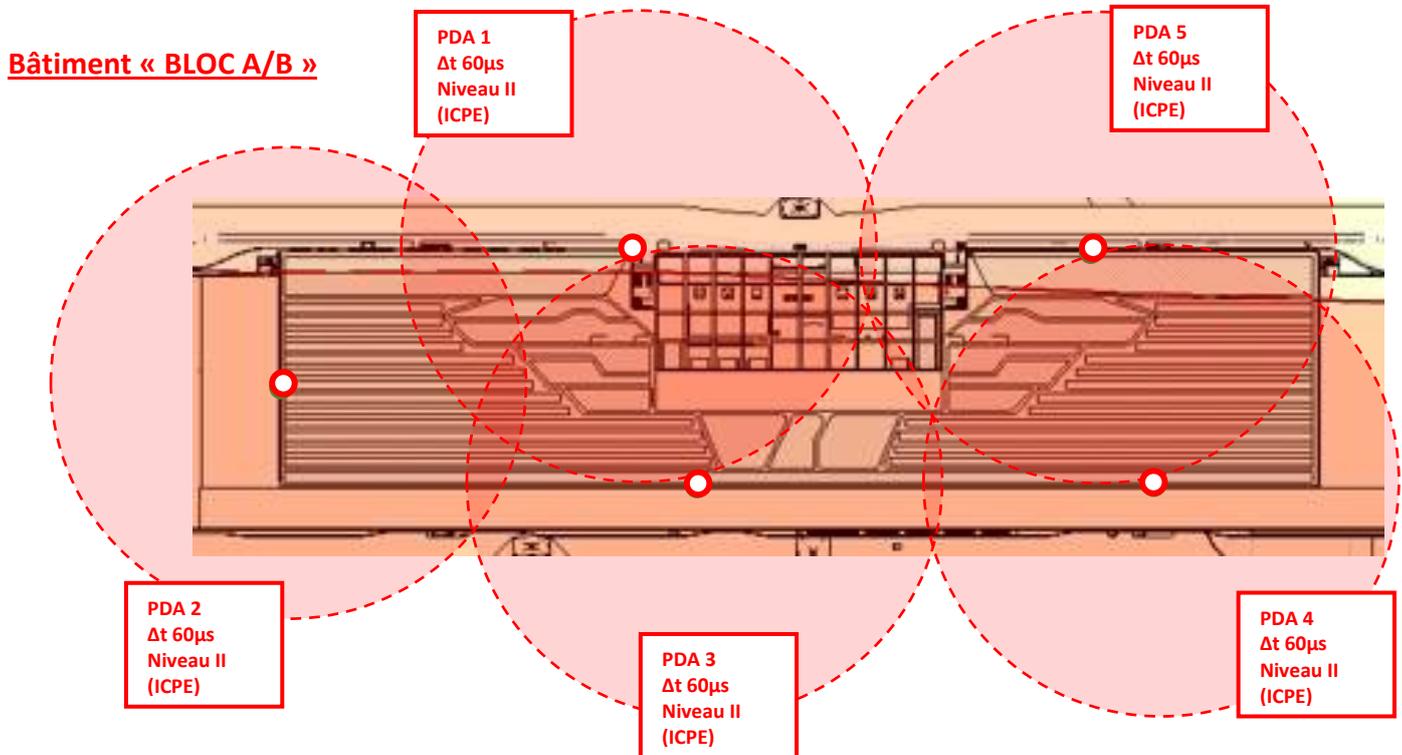
Ces enregistrements fournissent des moyens d'évaluation des composants et de l'installation du SPF.

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

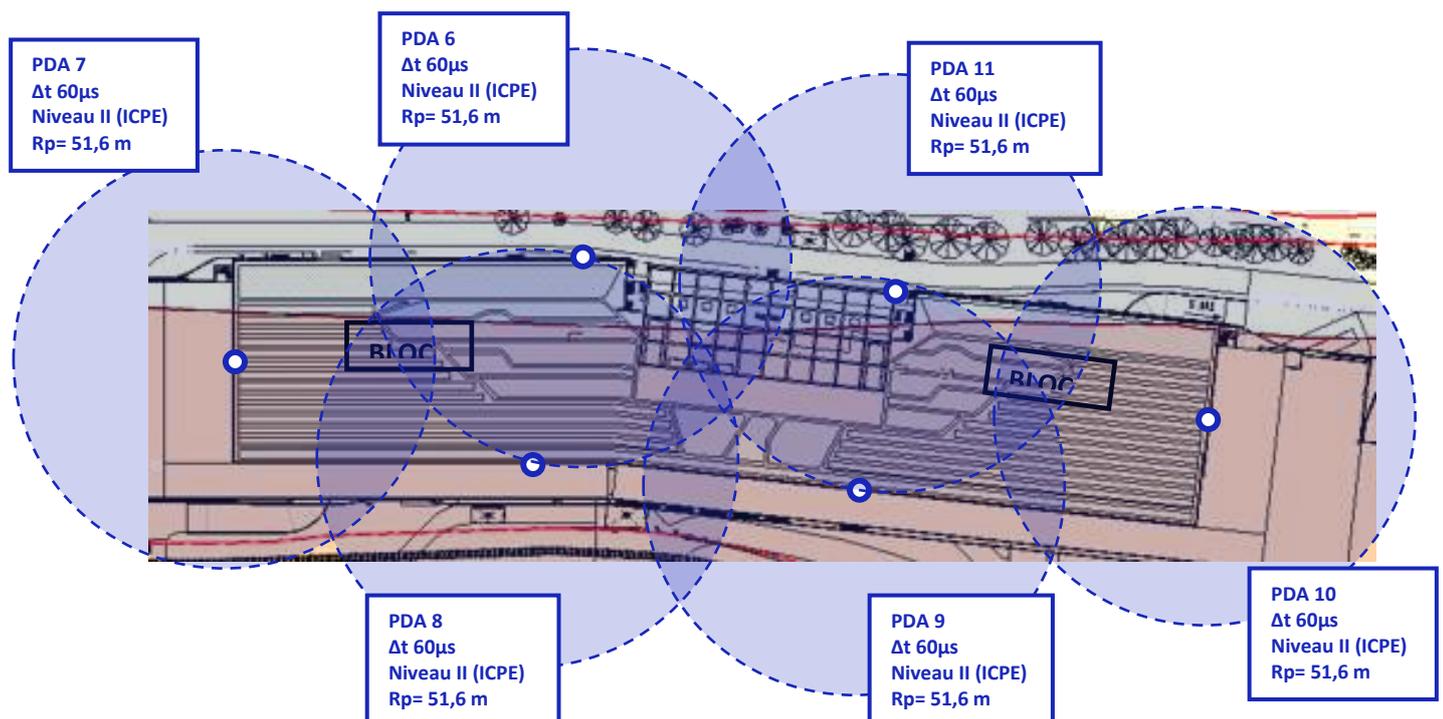
## Chapitre 3 DESCRIPTION DES SPF MIS EN PLACE

### 3.1 INSTALLATIONS EXTÉRIEURES DE PROTECTION Foudre (IEPF)

#### 3.1.1 Plan d'implantation des PDA



#### **Bâtiment « BLOC C/D »**



### 3.1.2 Caractéristiques des dispositifs de capture

|        | <b>Avance à l'amorçage<br/><math>\Delta t</math></b> | <b>Hauteur<br/>d'installation</b> | <b>Niveau de<br/>protection</b> | <b>Rayon de<br/>protection</b> | <b>Distance de<br/>séparation</b> |
|--------|--|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| PDA 1  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 3,6 m                             |
| PDA 2  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 3,6 m                             |
| PDA 3  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 2,8 m                             |
| PDA 4  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 3,2 m                             |
| PDA 5  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 3,2 m                             |
| PDA 6  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 3, m                              |
| PDA 7  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 3,2 m                             |
| PDA 8  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 2,6 m                             |
| PDA 9  | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 2,6 m                             |
| PDA 10 | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 3,4 m                             |
| PDA 11 | 60 $\mu s$   | 5 m                               | II (ICPE)                       | 51,6 m                         | 3,4 m                             |

## **3.2 INSTALLATIONS INTÉRIEURES DE PROTECTION Foudre (IIPF)**

### **3.2.1 Plan d'implantation des parafoudres**

Mettre à jour à la suite des travaux

### 3.2.2 Caractéristiques des parafoudres à vérifier

| PARAFOUDRES TYPE 1 |                 |                       |                     |                       |  |
|--------------------|-----------------|-----------------------|---------------------|-----------------------|--|
| Localisation       |                 | I <sub>imp</sub> (kA) | U <sub>p</sub> (kV) | Dispositif de coupure |  |
| 1                  | TGBT (BLOC A/B) | 12,5                  | 2,5                 |                       |  |
| 2                  | TGBT (BLOC C/D) | 12,5                  | 2,5                 |                       |  |

| PARAFOUDRES TYPE 2 |                               |                     |                     |                       |  |
|--------------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|--|
| Localisation       |                               | U <sub>p</sub> (kV) | I <sub>n</sub> (kA) | Dispositif de coupure |  |
| 3                  | TD POSTE DE GARDE             | 1,5                 | 5                   |                       |  |
| 4                  | TD SPRINKLER                  | 1,5                 | 5                   |                       |  |
| 5                  | SURPRESSEUR RIA               | 1,5                 | 5                   |                       |  |
| 6                  | DÉTECTION INCENDIE (BLOC A/B) | 1,5                 | 5                   |                       |  |
| 7                  | DÉTECTION INCENDIE (BLOC C/D) | 1,5                 | 5                   |                       |  |

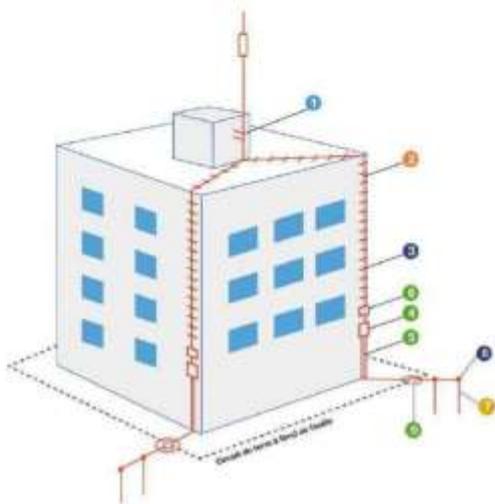
### 3.2.3 Mise à la terre des canalisations entrantes

Mettre à jour à la suite des travaux

## Chapitre 4 NOTICE DE VÉRIFICATION

### 4.1 NOTICES DE VÉRIFICATION DES PDA

| FICHE CONTROLE PDA  |   |
|---|---|
| Numéro du PDA : .....   |   |
| <b>BATIMENT PROTEGE :</b>   |   |
| <b>CARACTERISTIQUES PDA</b>   |   |
| Modèle : .....  |   |
| Marque : .....  |   |
| Hauteur du mât : .....  |   |
| Avance à l'amorçage: .....  |   |
| <b>Testable à distance :</b><br>Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/>                       | <b>Résultat du test de la tête :</b><br>Positif <input type="checkbox"/> Négatif <input type="checkbox"/> |
| Nombre de conducteur de descente : .....  |   |
| Niveau de protection :  |   |
| <input type="checkbox"/> I <input type="checkbox"/> II <input type="checkbox"/> III <input type="checkbox"/> IV |   |
| Rayon de protection : ..... (m)   |   |
| ✓ <b>INSPECTION VISUELLE :</b>  |   |
| <b>1- Etat des composants du dispositif de capture :</b>  |   |
| Etat visuel d'ensemble :  | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| Etat des composants :   | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| Etat du mât du paratonnerre :   | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| Etat des ancrages :   | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| Etat des connexions :   | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| <b>2- Nature et composition des conducteurs de descentes :</b>  |   |
| Type et matériau :  | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| Présence de joints de contrôle:   | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| Cheminement du conducteur de descente:  | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| Raccordement au dispositif de capture :   | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |
| Continuité des conducteurs de descente :  | <input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non-conforme    .....                          |



**3- Installation et état des conducteurs de descentes :**

- Rayons de courbure des coudes des conducteurs :  Conforme  Non-conforme .....
- Etat des connexions :  Conforme  Non-conforme .....
- Fixation du conducteur de descente (3 par m) :  Conforme  Non-conforme .....
- Croisement avec des canalisations électriques :  Conforme  Non-conforme .....
- Connexions équipotentielles avec les dispositifs internes et les plans de masses ou de terre :  
 Conforme  Non-conforme .....
- Distance de séparation par rapport aux masses métalliques : ..... (m)  
 Conforme  Non-conforme .....
- Protection mécanique du conducteur de descente au niveau du sol ou gaine isolée :  
 Conforme  Non-conforme .....
- Compteur de coup de foudre :  Conforme  Non-conforme .....
- Nombre d'impact relevé : .....
- Pancarte d'avertissement : .....  Présente  Absente .....

**4- Prise de terre :**

**Appareil utilisé pour les mesures :** .....

Constitution :  Conforme  Non-conforme .....

Etat :  Conforme  Non-conforme .....

Prise de terre de type :

A  B .....

Valeur des prises de terre de type A (Ohms) :

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

Valeur de la prise de terre de type B : .....(Ohms)

Conforme  à Améliorer .....

Présence du piquet de terre :  Conforme  Non-conforme .....

**RESULTAT DE LA VERIFICATION :**

---



---

**ACTIONS CORRECTIVES :**

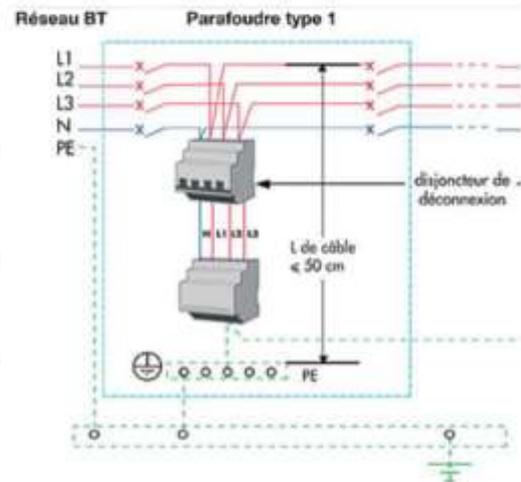
---

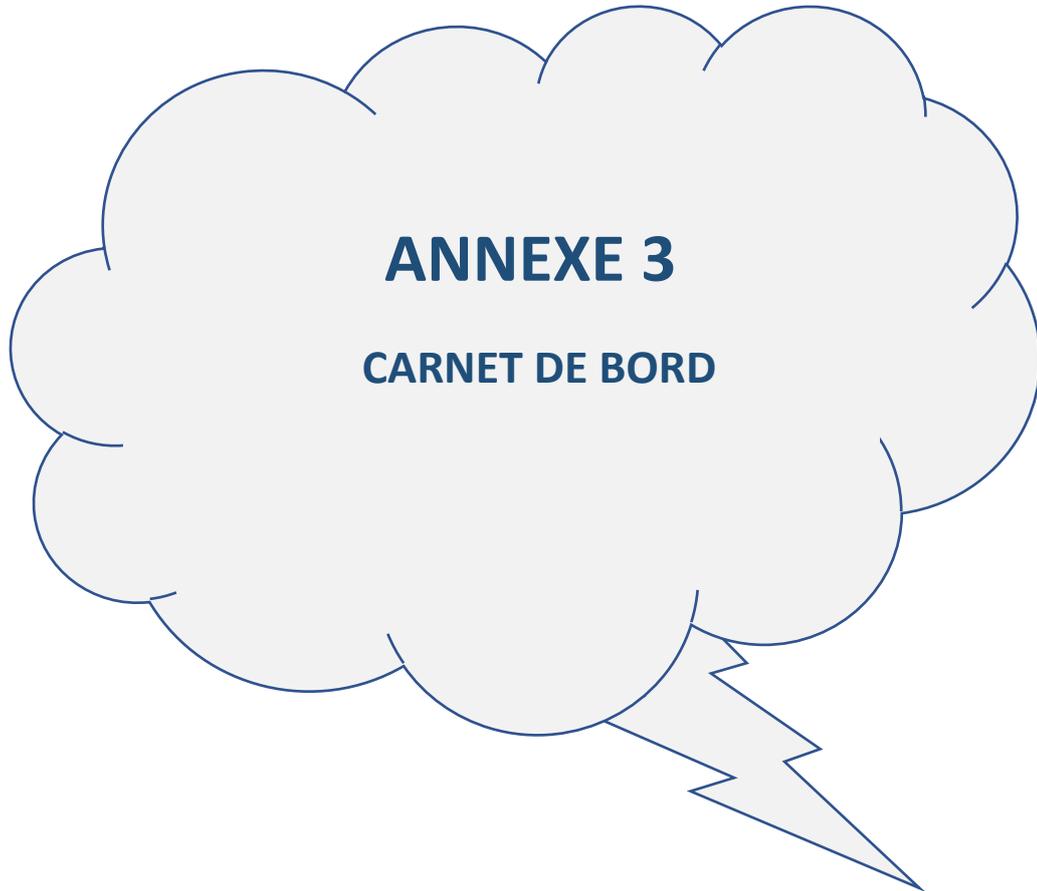


---

## 4.2 NOTICE DE VÉRIFICATION DES PARAFOUDRES

| FICHE CONTROLE PARAFOUDRE  |  |
|--|--|
| Nom de l'armoire : .....   | Photos : .....   |
| <b>EQUIPEMENTS PROTEGES :</b>  |  |
|  |  |
|                 |  |
| <b>CARACTERISTIQUES PARAFOUDRES</b>  |  |
| Régime de Neutre : .....   |  |
| Marque : .....   |  |
| <input type="checkbox"/> Tétra<br><input type="checkbox"/> Tri<br><input type="checkbox"/> Mono    |  |
| <input type="checkbox"/> Type 1 <input type="checkbox"/> Type 3<br><input type="checkbox"/> Type 2 |  |
| Up : .....kV   |  |
| Uc : .....V  |  |
| <b>Pour type 1 :</b><br>I <sub>imp</sub> : .....kA   |  |
| <b>Pour type 2 ou 3 :</b><br>In : .....kA<br>I <sub>max</sub> : .....kA                            |  |
| <b>INSPECTION VISUELLE :</b>   |  |
| ➤ Règle des 50 cm respectée  | <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON    .....                 |
| ➤ Section des câbles respectée   | <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON    .....                 |
| ➤ Signalisation du défaut du parafoudre  | <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON    .....                 |
| ➤ Présence étiquette   | <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON    .....                 |
| ➤ Dispositif de coupure associé existant   | <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON    .....                 |
| ➤ Sélectivité  | <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON    .....                 |
|  | - Calibre Disjoncteur Armoire : .....<br>- Calibre Disjoncteur/Fusible PRF : ..... |
| ➤ Présence fusible dans PF   | <input type="checkbox"/> OUI <input type="checkbox"/> NON    .....                 |
| <b>RESULTAT DE LA VERIFICATION :</b>   |  |
| <hr/><br><hr/>   |  |
| <b>ACTIONS CORRECTIVES :</b>   |  |
| <hr/><br><hr/>   |  |





## Chapitre 5 CARNET DE BORD

# INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

## CARNET DE BORD

**Raison sociale :** GREEN DOCK

**Adresse de l'Établissement :** Route du Bassin Numéro 6  
Zone Industrialo-portuaire  
92 230 GENNEVILLIERS

### CARNET DE BORD

Ce carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection foudre et doit être tenu à jour sous la responsabilité du Chef d'Établissement. Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Établissement.

Il ne peut sortir de l'Établissement ni être détruit lorsqu'il est remplacé par un autre carnet de bord.

## RENSEIGNEMENT SUR L'ÉTABLISSEMENT

Nature de l'activité :

.....

N° de classification INSEE :

.....

Classement de l'Établissement : { À la date du :.....Type :.....Catégorie :.....  
À la date du :.....Type :.....Catégorie :.....  
À la date du :.....Type :.....Catégorie :.....

Pouvoirs publics exerçant le contrôle de l'établissement :

Inspection du travail : .....  
.....  
.....

Commission de sécurité : .....  
.....  
.....

DRIEE (Ile de France) .....  
ou DREAL (hors Ile de France) .....  
.....



## HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION Foudre

### 1 - ANALYSE DU RISQUE Foudre

| DATE       | INTITULÉ DU RAPPORT | SOCIÉTÉ   | RÉDACTEUR |
|------------|---------------------|-----------|-----------|
| 07/06/2023 | 1GF.IDF.0353        | 1G Foudre | M.BADRI   |
|            |                     |           |           |
|            |                     |           |           |
|            |                     |           |           |

### 2- ÉTUDE TECHNIQUE Foudre

| DATE       | INTITULÉ DU RAPPORT | SOCIÉTÉ   | RÉDACTEUR |
|------------|---------------------|-----------|-----------|
| 07/06/2023 | 1GF.IDF.0354        | 1G Foudre | M.BADRI   |
|            |                     |           |           |
|            |                     |           |           |
|            |                     |           |           |

### 3 – TRAVAUX RÉALISÉS

| DATE | INTITULÉ DU RAPPORT | SOCIÉTÉ | RÉDACTEUR |
|------|---------------------|---------|-----------|
|      |                     |         |           |
|      |                     |         |           |
|      |                     |         |           |
|      |                     |         |           |
|      |                     |         |           |
|      |                     |         |           |

