

Partie 6

ETUDE DES DANGERS

1.	Résumé non technique de l'étude des dangers	6
1.1	Risque incendie	6
1.1.1	Effets thermiques	6
1.1.1.1	Incendie d'une cellule	7
1.1.1.2	Incendie généralisé à plusieurs cellules	11
1.1.2	Dispersion de gaz de combustion	11
1.1.3	Dispersion d'eau incendie	12
1.1.4	Probabilité, gravité, cinétique	12
1.1.5	Mesures prises pour limiter les risques et les effets	13
1.2	Explosion de la chaufferie	13
1.2.1	Effets de surpression	13
1.2.2	Probabilité, gravité, cinétique	14
1.2.3	Mesures prises pour limiter les risques et les effets	15
1.3	Conclusion	15
2.	Méthodologie	16
3.	Identification des potentiels de dangers	18
3.1.	Produits et procédés	18
3.1.1.	Produits recensés sur le site	18
3.1.1.1.	Marchandises stockées, emballages	18
3.1.1.2.	Produits utilisés dans les installations techniques	19
3.1.2.	Procédés et équipements	20
3.1.3.	Pertes d'utilité	20
3.1.4.	Conclusion	22
3.2.	Dangers liés à l'environnement humain	22
3.2.1.	Voies de circulation	22
3.2.1.1.	Transport de matières dangereuses (TMD)	22
3.2.1.2.	Voies ferrées	22
3.2.1.3.	Aéroports – aérodromes	22
3.2.2.	Intrusion, actes malveillants	23
3.2.3.	Accidents liés au voisinage	23
3.3.	Dangers liés à l'environnement naturel	24
3.3.1.	Le risque d'inondation	24

3.3.2. Le risque foudre.....	24
3.3.2.1. Analyse du risque foudre (ARF)	25
3.3.2.2. Étude Technique (ET)	25
3.3.3. Le risque sismique	26
3.3.4. Autres phénomènes naturels	28
3.4. Accidentologie et retour d'expérience.....	28
3.4.1. Accidentologie	28
3.4.1.1. Accidents impliquant des stockages de matières combustibles	29
3.4.1.2. Accidents impliquant des accumulateurs et des locaux de charge.....	31
3.4.1.3. Accidents impliquant des chaudières au gaz	31
3.4.2. Conclusions	32
3.4.2.1. Phénomènes mis en évidence	32
3.4.2.2. Moyens de prévention et de protection	32
3.5. Réduction des potentiels de dangers.....	33
3.5.1. Mode de stockage et aménagement des cellules.....	33
3.5.2. Matériels de sécurité.....	33
4. Analyse préliminaire des risques.....	34
4.1. Identification de la vulnérabilité des cibles	34
4.1.1. Enjeux internes	34
4.1.2. Enjeux externes	34
4.2. Evaluation de la gravité et de la probabilité	35
4.2.1. Cotation de la probabilité	35
4.2.2. Cotation de la gravité	35
4.2.3. Grille de criticité	36
4.3. Synthèse de l'étude préliminaire des risques.....	36
5. Analyse détaillée des risques (ADR).....	41
5.1. Modélisation des effets : évaluation de la gravité	41
5.1.1. Méthodologie	41
5.1.1.1. Incendie	41
5.1.1.2. Explosion	42
5.1.2. Seuils d'effets retenus.....	43
5.2. Evaluation de l'intensité des effets	44
5.3. Evaluation de la gravité des phénomènes étudiés.....	71
5.3.1. PhD 2-1 : incendie d'une cellule – effets thermiques.....	71
5.3.1. PhD 2-1 : incendie d'une cellule – effets toxiques	72
5.3.1. PhD 2b-1: incendie de 3 cellules – effets thermiques.....	72
5.3.2. PhD 7: explosion de la chaufferie.....	72
5.3.3. Bilan.....	73
5.4. Evaluation de la probabilité des phénomènes étudiés	74

5.4.1. PhD 2 : incendie d'une cellule de stockage	75
5.4.1.1. Fonctions de sécurité : élément de prévention.....	75
5.4.1.2. MMR : élément de protection contre l'incendie et ses effets.....	75
5.4.1. PhD 7 : explosion de la chaufferie.....	78
5.4.1.1. Fonctions de sécurité : élément de prévention.....	78
5.4.1.2. MMR : élément de protection contre l'explosion	78
5.4.2. Conclusion	79
5.5. Evaluation de la cinétique des phénomènes étudiés	80
6. Rappel des mesures prises pour assurer la sécurité	81
6.1. Structure, compartimentage	81
6.2. Toiture, désenfumage, cantonnement	81
6.3. Moyens de lutte incendie.....	82
6.4. Détection incendie, alarme	83
6.5. Accès des secours	83
6.6. Rétentions.....	84
6.6.1. Rétention des eaux incendie :.....	84
6.6.2. Local de charge	84
6.6.3. Local sprinkler.....	84
6.6.4. Produits liquides dangereux.....	84
6.7. Prévention des risques d'explosion	85
6.7.1. Local de charge	85
6.7.2. Chaufferie	85
6.8. Surveillance, gardiennage	85
6.9. Organisation des secours.....	86

ILLUSTRATIONS

Tableau 1: Dangers liés aux produits	19
Tableau 2 : Dangers liés aux procédés	20
Tableau 3: Dangers liés aux pertes d'utilités	21
Tableau 4 : Dangers liés aux phénomènes naturels	28
Tableau 5: Echelle qualitative de probabilité.....	35
Tableau 6: Echelle de gravité	35
Tableau 7: Grille de criticité	36
Tableau 8: Analyse préliminaire des risques	38
Tableau 9: Classement des phénomènes dangereux (APR)	40
Tableau 10 : Cotation de la Gravité (ADR)	73
Tableau 11 : Grille de criticité	79
Tableau 12 : Cinétique des phénomènes étudiés	80

ANNEXES

Annexe 1 : Etude foudre (ARF et ET)

Annexe 2 : Modélisation des effets toxiques de dispersion des fumées d'un incendie

Annexe 3 : Risque d'explosion, méthodologie

Annexe 4 : Rapports de calculs FLUMILOG

Annexe 5 : Courrier du syndicat mixte de la ZA d'Artenay – Poupry concernant les zones d'effets thermiques

La présente étude des dangers a été réalisée par le bureau d'étude BIGS pour le compte de la société CARGO PROPERTY DEVELOPMENT SAS.

BUREAU D'ETUDE ICPE



BIGS
165bis, rue de Vaugirard
75015 PARIS

Chargée de projet :
Isabelle RELLSTAB

1. Résumé non technique de l'étude des dangers

Les phénomènes dangereux liés à notre activité sont :

- Le risque d'incendie des cellules de stockage
- Le risque d'explosion de la chaufferie au gaz

1.1 Risque incendie

Le risque d'incendie est lié à la présence de matières combustibles dans le bâtiment.

Le phénomène d'incendie provoque trois types d'effets :

- L'effet thermique
- Le risque de formation et de dispersion de gaz de combustion toxiques
- Le risque de pollution par déversement des eaux d'extinction utilisées par les pompiers.

1.1.1 Effets thermiques

Le rayonnement thermique émis par un incendie peut avoir de nombreuses conséquences sur l'homme et sur les structures. L'intensité du rayonnement est mesurée en kW/m².

Les effets sur l'homme et les structures en fonction de l'intensité du rayonnement thermique sont les suivants :

- 8 kW/m² : flux pouvant provoquer un risque de propagation de l'incendie sur des installations voisines,
- 5 kW/m² : flux pouvant provoquer la mort en cas d'exposition de plus de 1 min,
- 3 kW/m² : flux correspondant aux « effets irréversibles » c'est-à-dire provoquant des blessures graves (brûlures).

Le rayonnement thermique émis dépend de nombreux facteurs mais principalement :

- de la nature des produits pris dans l'incendie,
- de la surface en feu,
- de la hauteur du bâtiment et du stockage.

La structure du bâtiment et sa résistance au feu sont aussi des critères importants.

Le logiciel **Flumilog** permet de modéliser les effets thermiques en cas d'incendie. La modélisation a été effectuée pour chacune des cellules de stockage selon le type de marchandises présentes et le mode de stockage.

1.1.1.1 Incendie d'une cellule

La modélisation a été effectuée pour chaque cellule de stockage avec un stockage de marchandises classiques dites « 1510 » et avec un stockage de matières plastiques dites « 2662 » (le rayonnement thermique étant dans ce cas plus important).

Quel que soit le type de stockage, la cellule considérée ou la façade, les zones de dangers de 5 kW/m² et plus restent cantonnés dans les limites de propriété. Cette maîtrise est possible grâce à :

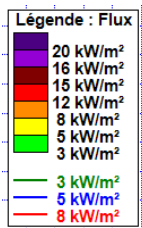
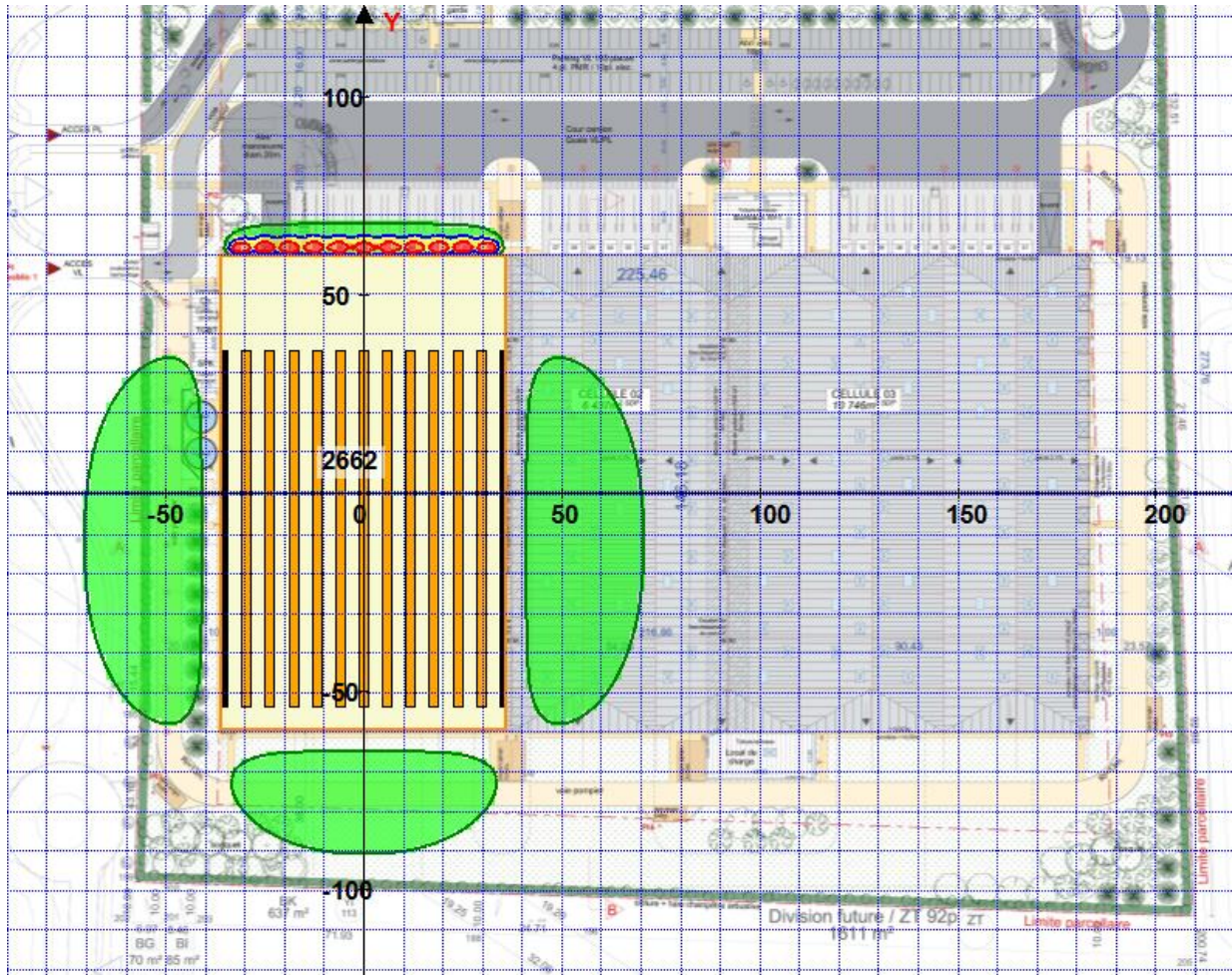
- La mise en place d'écrans thermiques résistant au feu 2 heures (REI120) sur toutes les façades hors façades de quais,
- Dans les cellules 1 et 3, la limitation de la hauteur de stockage des marchandises à base de matières plastiques (rubriques 2662 et 2663) à 9 m au lieu de 12 m pour les autres matières.

Le flux de 3 kW/m² sort des limites de propriété et touche :

- A l'ouest de la cellule 1. La largeur de cette zone est de 15 m maximum. Elle touche la voirie publique d'accès à l'entrepôt.
- L'est de la cellule 3. La largeur de cette zone est de 15 m. Elle touche les bassins d'infiltration des eaux pluviales de la zone d'activité.

La situation est donc conforme à la réglementation et ne présente pas de risque pour le voisinage.

Les plans qui suivent montrent les zones de danger pour la situation la plus pénalisante (rubrique 2662 correspondant à un stockage de matières plastiques pures). Les fiches de calculs sont jointes en **Annexe 4**.



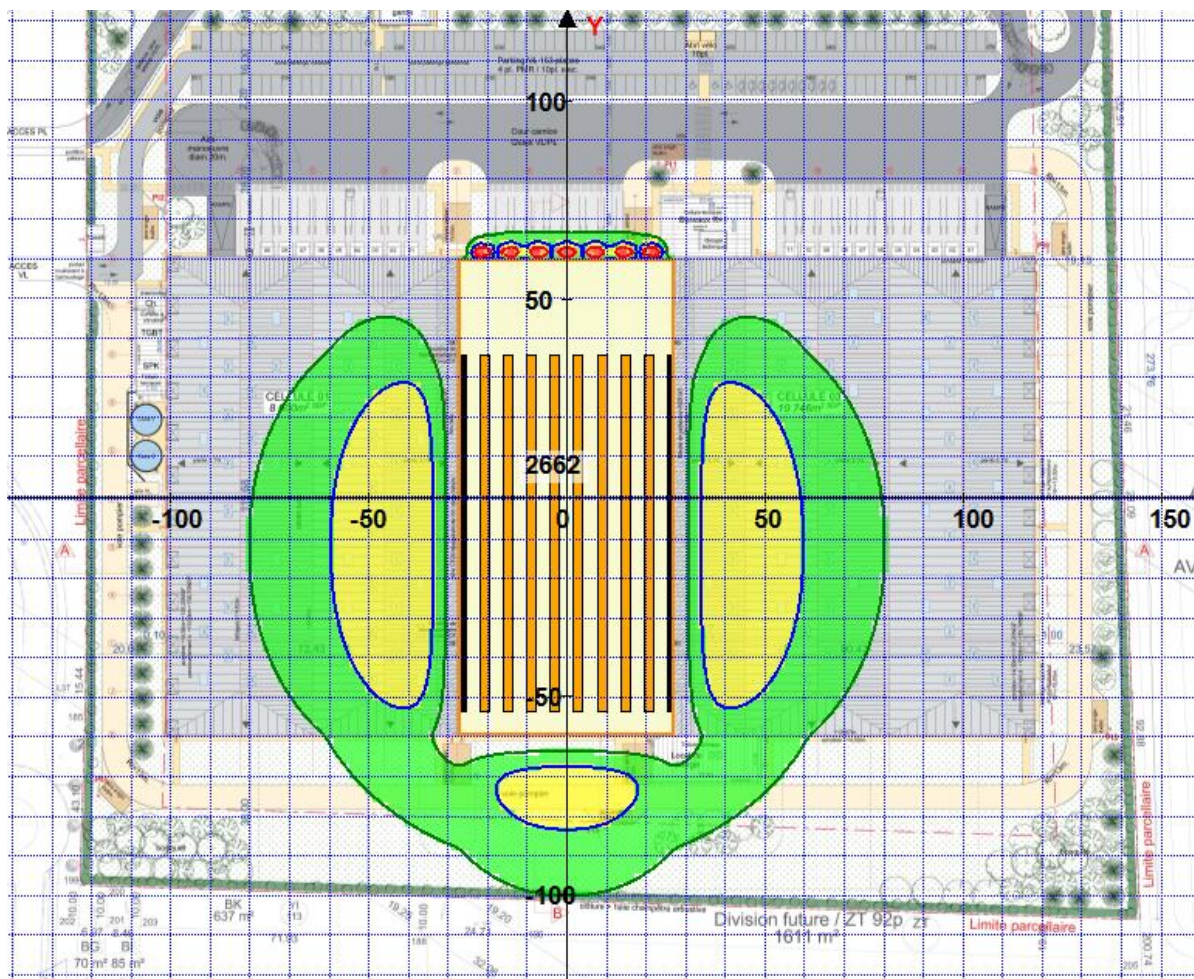
Zones d'effets thermiques

Cellule 1

Stockage de type 2662

Hauteur de stockage 9 m

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m



Légende : Flux

20 kW/m ²
16 kW/m ²
15 kW/m ²
12 kW/m ²
8 kW/m ²
5 kW/m ²
3 kW/m ²
3 kW/m ²
5 kW/m ²
8 kW/m ²

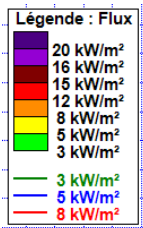
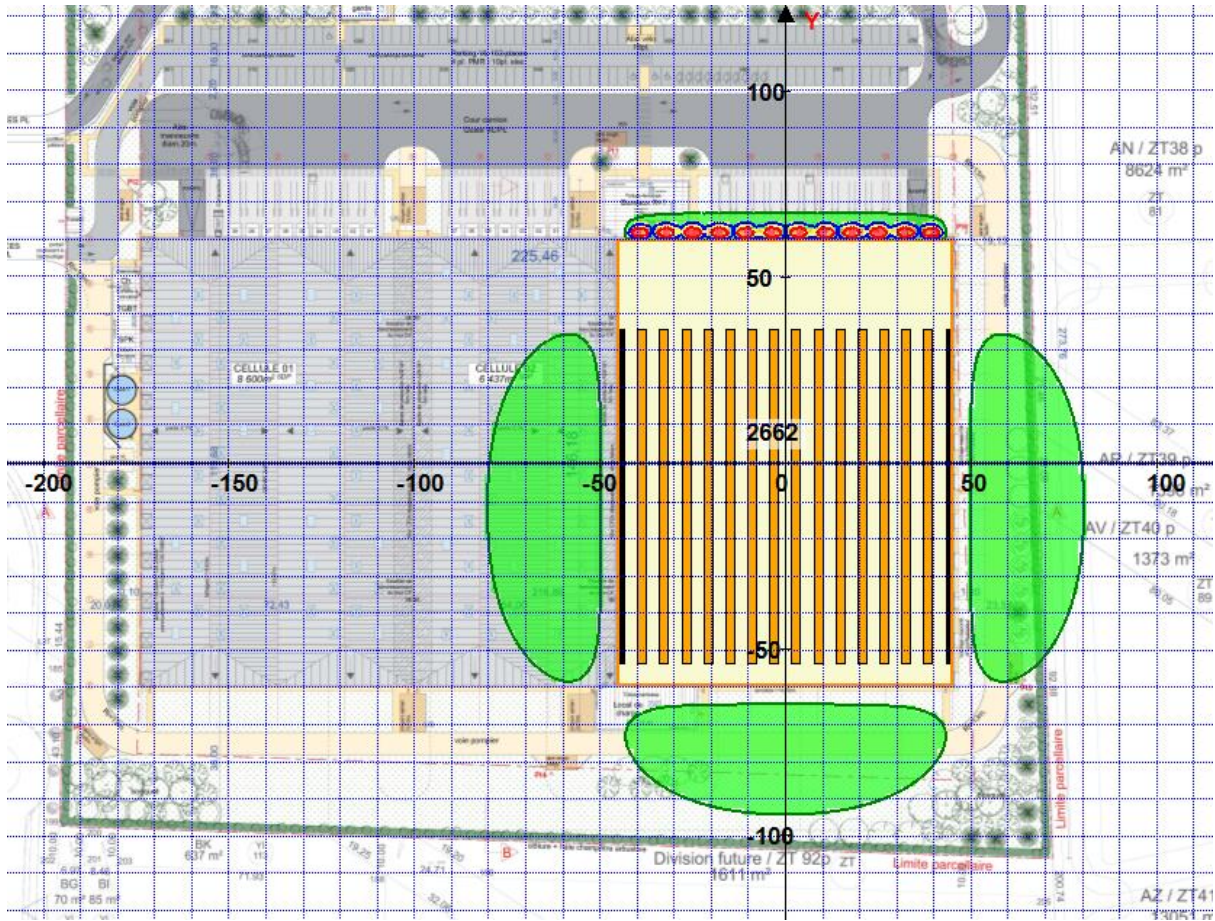
Zones d'effets thermiques

Cellule 2

Stockage de type 2662

Hauteur de stockage 12 m

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m



Zones d'effets thermiques

Cellule 3

Stockage de type 2662

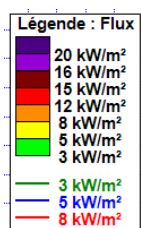
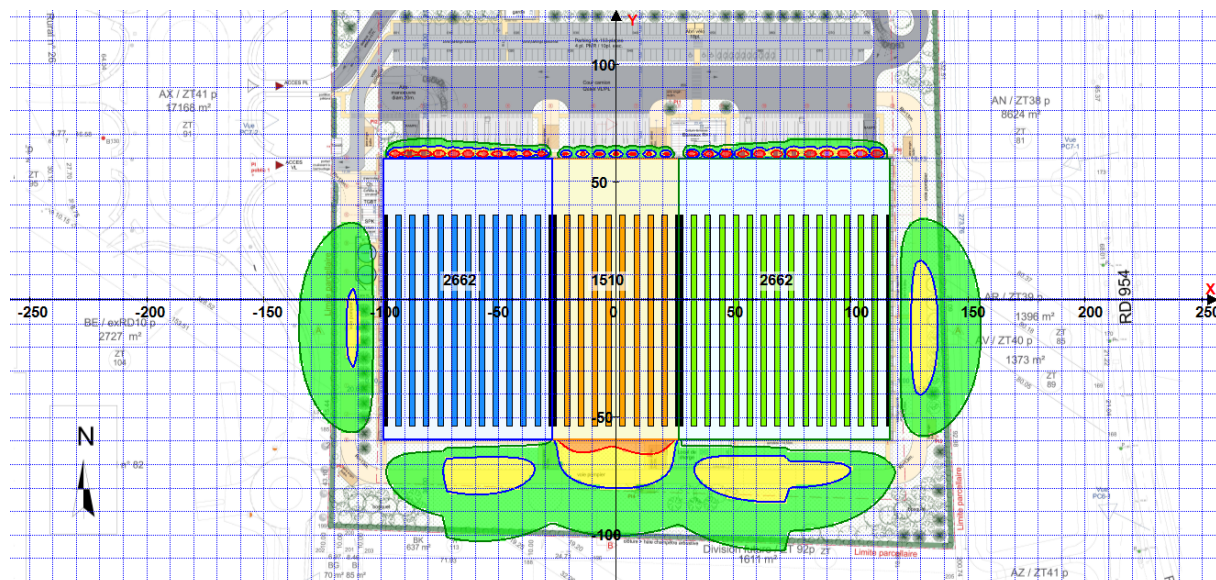
Hauteur de stockage 9 m

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m

1.1.1.2 Incendie généralisé à plusieurs cellules

Bien que très improbable, nous avons envisagé la propagation de l'incendie aux trois cellules de stockage. Dans ce cas ; les flux thermiques sont un peu plus important à l'arrière du bâtiment et viennent touchés le terrain voisin qui est destiné à une activité industrielle.

Dans tous les cas, les zones d'effets thermiques ne touchent pas la route départementale ou d'autres bâtiments.



Zones d'effets thermiques Incendie généralisé

Stockage de type 1510 vers 2662

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m

1.1.2 Dispersion de gaz de combustion

La combustion des marchandises combustibles entraîne la formation de gaz dont certains peuvent présenter des risques pour l'homme. Les risques de dispersion de gaz toxiques en cas d'incendie ont été étudiés et modélisés.

Les seuils d'effets pris en compte sont le seuil des effets létaux (SEL) et le seuil des effets irréversibles (SEI).

Une modélisation a été effectuée pour un stockage de matières plastiques (dont la combustion est à l'origine de gaz toxiques tels que l'acide chlorhydrique).

D'après les modélisations effectuées, la toxicité des fumées produites en cas d'incendie ne présentent pas de risque et n'entraînent pas de zone de danger au sol.

Les concentrations dangereuses pour l'homme sont atteintes à plus 75 m d'altitude.

Etant donnée la topographie du terrain et la nature des constructions présentes, il n'y a pas de personnes exposées dans les zones de danger considérées et à cette altitude.

1.1.3 Dispersion d'eau incendie

L'eau d'extinction utilisée par les pompiers en cas de sinistre va se charger de débris et de résidus divers qui peuvent entraîner une pollution des eaux. Ces effluents doivent donc être retenus sur site dans l'attente d'une analyse du niveau de pollution et de leur traitement éventuel comme déchet, sans rejet dans le milieu naturel.

Le volume d'effluents rejetés est calculé en prenant en compte le volume d'eau utilisée par les pompiers pendant 2 heures d'intervention, le volume de la réserve d'eau d'extinction automatique et le volume d'eaux pluviales pouvant se déverser pendant le sinistre.

Le site est équipé d'un bassin de rétention étanche qui permet de recueillir toutes les eaux polluées dispersées pendant l'intervention des pompiers. Une vanne d'isolement permet de couper le déversement de ce bassin vers les noues d'infiltration et évite ainsi l'infiltration d'eaux polluées dans le sol.

1.1.4 Probabilité, gravité, cinétique

En cas d'incendie, les rayonnements thermiques émis ne touchent aucun bâtiment habité ou occupé par des tiers, de voie à grande circulation. Les gaz de combustion sont dispersés et ne présentent pas de concentrations dangereuses au sol. Le niveau de gravité est donc **faible**.

Les départs de feu ont principalement pour origine la présence d'une source d'ignition (foudre, défaillance du réseau électrique, négligence humaine (fumeurs, travaux de maintenance)). Cependant les incendies de grande ampleur pour ce type d'activité sont extrêmement rares. En effet, les moyens de prévention et d'intervention mis en place permettent d'éviter l'extension du sinistre et de limiter les conséquences de l'incendie (rayonnements thermiques, dispersion de gaz dangereux, dispersion d'eaux d'extinction polluées).

L'incendie des cellules a une cinétique rapide. Néanmoins, l'incendie de l'ensemble des marchandises contenues peut être un phénomène long en fonction de la cinétique de propagation d'une zone à l'autre. Ainsi, la combustion complète, sans aucune intervention des pompiers peut prendre plusieurs heures. Même si la dispersion du nuage de gaz

polluants dépend des conditions météorologiques et particulièrement de la vitesse du vent, ce phénomène est lent.

1.1.5 Mesures prises pour limiter les risques et les effets

Les moyens techniques sont mis en place pour limiter la probabilité d'accident et ses conséquences :

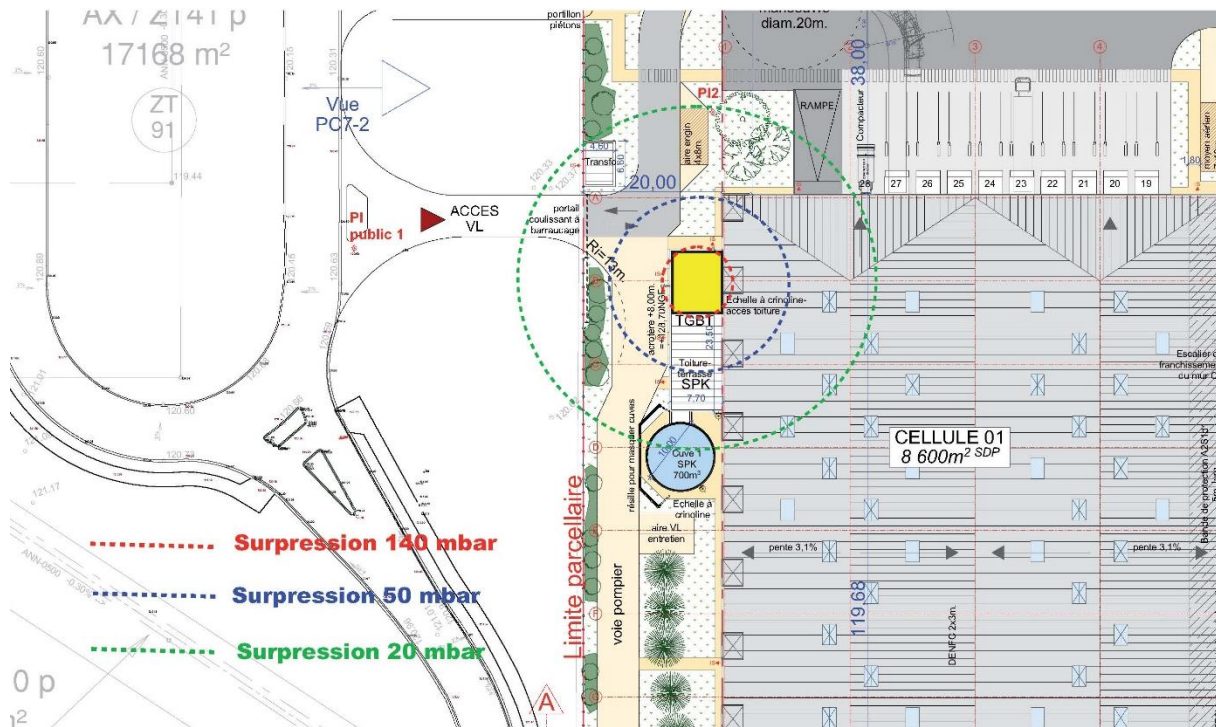
- Compartimentage de la zone de stockage en cellules de moins de 12 000 m² séparées par des murs coupe-feu de degré 2 heures.
- Isolement de l'entrepôt des locaux techniques par des murs et des portes coupe-feu de degré 2 heures.
- Moyens de lutte incendie (extinction automatique, réseau incendie armé, bornes incendie, extincteurs).
- Détection automatique incendie avec report d'alarme par l'intermédiaire du réseau d'extinction automatique.
- Rétention des eaux d'extinction dans les quais et un bassin dédié.

1.2 Explosion de la chaufferie

1.2.1 Effets de surpression

Le réseau de chauffage de l'entrepôt est alimenté par deux chaudières qui fonctionnent au gaz naturel, celles-ci peuvent donc présenter un risque d'explosion.

Une modélisation de l'explosion de gaz dans la chaufferie a été effectuée. Ce calcul montre que les zones de surpression mortelles sont limitées à l'environnement proche de la chaufferie et que l'explosion de la chaufferie ne présente pas de risque pour le voisinage.



1.2.2 Probabilité, gravité, cinétique

En cas d'explosion de la chaufferie, les zones d'effets létaux et irréversibles restent dans les limites de propriété et ne présentent pas de risque significatif pour le voisinage. La gravité est donc faible.

L'explosion ne peut avoir lieu que lorsque le mélange que forment le gaz et l'air atteint une concentration optimale. La formation du nuage de gaz peut prendre plusieurs minutes selon l'importance de la fuite. Dans tous les cas, si le mélange se forme et que l'explosion a lieu, celle-ci est instantanée et ne permet aucune évacuation des personnes éventuellement présentes dans la zone de danger. Les effets d'une explosion sont immédiats.

Contrairement à l'incendie, il n'est donc pas possible d'envisager l'évacuation des personnes ou de mettre en place des moyens d'intervention. Il est donc important de veiller à ce que les moyens de prévention nécessaires soient mis en place afin de supprimer l'événement redouté.

1.2.3 Mesures prises pour limiter les risques et les effets

La chaufferie est équipée des systèmes de sécurité suivants :

- ventilation naturelle en partie haute et basse,
- alarme sonore en cas de dysfonctionnement des brûleurs,
- vannes et électrovannes de sécurité,

Ces installations font l'objet d'entretien et des contrôles périodiques nécessaires.

Des murs coupe-feu de degré 2 heures isolent la chaufferie de l'entrepôt.

1.3 Conclusion

L'étude des dangers a mis en évidence un certain nombre de risques liés à l'exploitation et aux installations techniques. Il s'agit d'un risque d'incendie des zones de stockage et d'un risque d'explosion de gaz dans la chaufferie.

Cependant, les mesures de protection et de prévention mises en place limitent les effets de ces accidents. Ainsi, les zones de dangers létales engendrées par ces phénomènes ne touchent pas les terrains voisins et restent cantonnées dans les limites de propriété.

2. Méthodologie

La méthodologie employée dans la présente étude se base sur les recommandations des textes en vigueur ¹et plus particulièrement des arrêtés et circulaires concernant les études des dangers des installations dites « Seveso ». Elle est cependant simplifiée pour s'adapter au cas spécifique des entrepôts logistiques « non Seveso ».

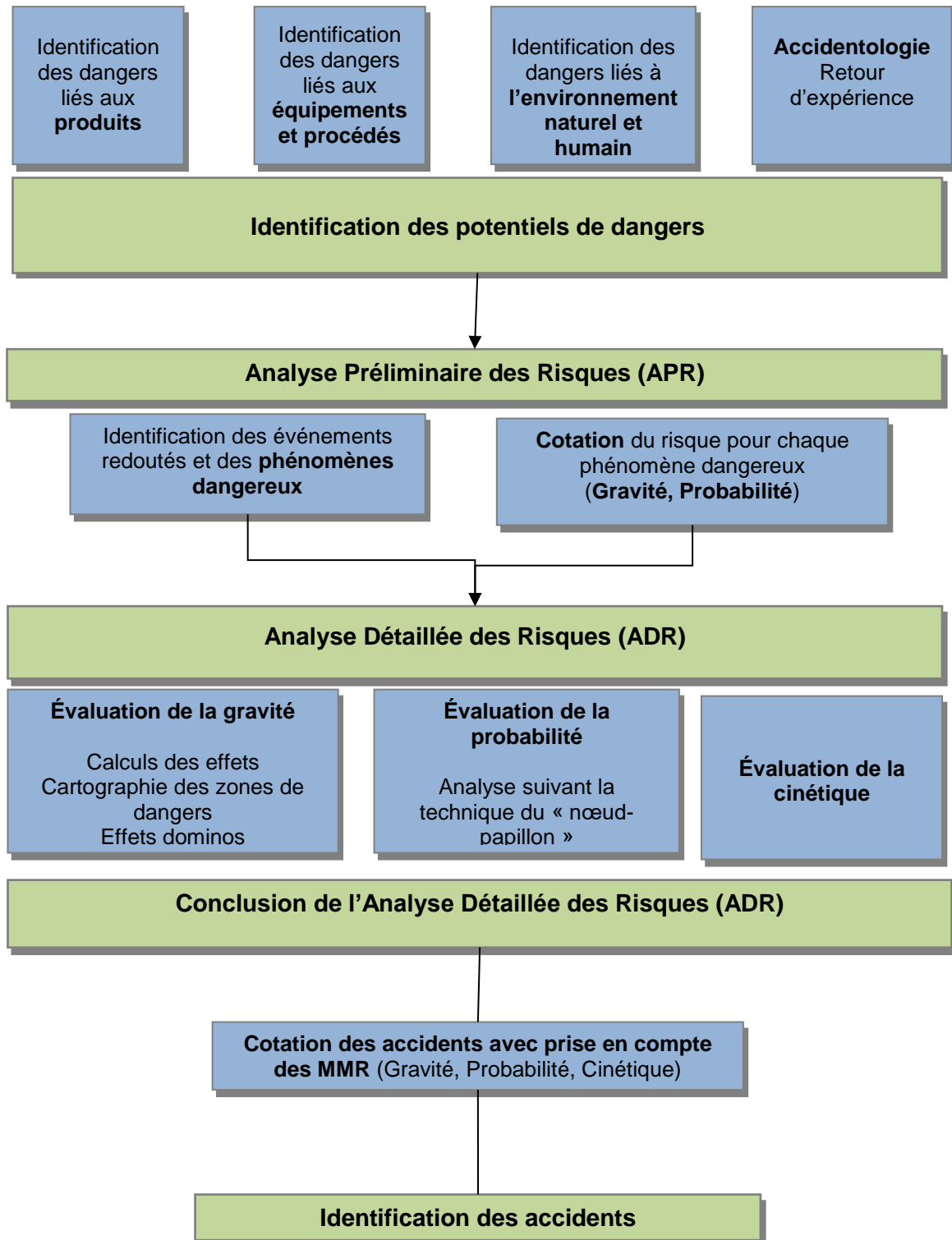
Elle reprend les grandes étapes détaillées dans le schéma de principe donné ci-après.

¹ Arrêté du 04/10/2010 relatif à la prévention des risques accidentels au sein des installations classées pour la protection de l'environnement soumises à autorisation.

Circulaire du 10/05/10 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Arrêté du 29/09/05 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des installations classées soumises à autorisation.

Schéma de principe de l'étude des dangers



3. Identification des potentiels de dangers

Cette première étape doit permettre d'identifier et de recenser les potentiels de dangers susceptibles de produire des accidents dans l'installation.

L'identification des potentiels de dangers est effectuée à partir de l'analyse :

- des marchandises et produits stockés ou utilisés sur le site,
- des installations techniques mises en œuvre, dans les différentes conditions de fonctionnement pouvant se présenter (normales, transitoires et en cas de perte d'utilité).

Elle analyse également les dangers liés à l'environnement naturel et humain par rapport aux installations du site.

Enfin, le retour d'expérience sur des installations similaires est étudié au travers de l'accidentologie éventuelle de la société exploitante et surtout au travers de bases de données comme la base de données ARIA du Bureau d'Analyse des Risques et Pollutions Industrielles (BARPI), service spécialisé du Ministère de l'écologie et du développement durable (DPPR/SEI/BARPI).

3.1. Produits et procédés

3.1.1. Produits recensés sur le site

3.1.1.1. **Marchandises stockées, emballages**

Ce bâtiment sert au stockage de produits de grande consommation. Les marchandises sont entreposées sous forme conditionnée (bouteilles, pots, flacons, cartons, etc), les conditionnements étant eux-mêmes emballés en cartons et sur palettes filmées.

Les produits attendus sont des produits de grande consommation

La majorité de ces marchandises, sous formes liquides ou solides ne présentent pas de risque particuliers en dehors de leur combustibilité.

3.1.1.2. Produits utilisés dans les installations techniques

- **Installation de chauffage**

La chaudière utilisée pour le chauffage de l'entrepôt utilise du gaz naturel (méthane).

- **Sprinkler et installations incendie**

Les motopompes de l'installation d'extinction automatique (sprinkler) fonctionnent au fioul domestique. Une cuve de 1 m³ alimente chaque motopompe.

Le tableau qui suit résume pour ces différents produits les risques qui y sont liés et les potentiels de danger.

Dénomination	Utilisation sur site	Composition	Propriétés physiques et chimiques	Risques	Potentiels de dangers
Utilités					
Gaz de ville	Chaudière	Méthane : CH ₄	Liquide Point éclair > 55°C LIE : 0,7% LSE : 5% Densité : 0,8-0,9 Faiblement volatile Non miscible dans l'eau	Gaz inflammable	Explosion
Fioul	Local sprinkler	Hydrocarbures issus de la distillation du pétrole	Liquide Point éclair > 55°C LIE : 0,7% LSE : 5% Densité : 0,8-0,9 Faiblement volatile Non miscible dans l'eau	Liquide inflammable Liquide dangereux pour l'environnement	Explosion Incendie Pollution du sol et des eaux de surface
Marchandises					
Produits combustibles divers	En stock dans l'entrepôt	Divers		Solides combustibles	Incendie
Emballages	En stock dans l'entrepôt	Papier, carton Polyéthylène		Solides combustibles	Incendie
Palettes	En stock dans l'entrepôt	Bois		Solides combustibles	Incendie

Tableau 1: Dangers liés aux produits

3.1.2. Procédés et équipements

En fonctionnement normal, les potentiels de dangers liés aux process mis en œuvre et aux installations techniques sont les suivants :

Activité	Equipements	Produits présents	Potentiels de danger
Livraison, Expédition	Camions	Marchandises	Accidents de la route Renversement de camion Surchauffe du moteur ou des freins Défaillance électrique
Transport de palette sur chariot élévateur	Chariots Transpalettes		Renversement de palettes Chute de palettes Écrasement de palettes ou de cartons Défaillance électrique
Stockage	Racks Palettières		Emballage défectueux Eroulement de rack
Charge des batteries	Batteries Chargeurs	Acide sulfurique Hydrogène	Fuite d'acide Accumulation d'hydrogène
Extinction automatique	Pompes Cuve aérienne	Fioul domestique	Perte de confinement
Réseau incendie	Pompes Cuve aérienne	Fioul domestique	Perte de confinement
Chauffage	Chaudières	Méthane	

Tableau 2 : Dangers liés aux procédés

3.1.3. Pertes d'utilité

La défaillance en matière d'utilités (électricité, eau, gaz, etc.) peut entraîner des incidents au niveau des équipements du site ou des installations de protection.

Le tableau qui suit analyse les potentiels de dangers liés aux pertes d'utilités.

UTILITE	UTILISATION	DEFAILLANCE	SECURITE
Electricité	Alimentation du local de charge	Arrêt de la ventilation Interruption de la charge des batteries	Pas de formation d'hydrogène hors charge
	Alimentation du local sprinkler	Pompe jockey non opérationnelle Dysfonctionnement des sécurités	Pompe diesel démarrée sur batteries Fonctionnement des pompes au fioul
	Alimentation des installations de prévention et protection incendie	Portes coupe-feu Désenfumage Alarme Signalisation des IS Vanne d'isolement	Blocs autonomes sur les issues de secours Batteries autonomes sur les alarmes Activation manuelle des dispositifs de désenfumage Électro-aimant sur les portes coupe-feu (fermeture automatique) Activation manuelle de la vanne d'isolement
Eau	Alimentation Sprinkler	Défaillance du réseau public d'eau potable	Protection hors gel des réseaux Maintenance, surveillance et contrôle des niveaux d'eau Suspension éventuelle des essais en cas de dysfonctionnement pour maintenir le niveau Cuve assurant une réserve indépendante pour 60 min de fonctionnement.
	Alimentation des bornes incendie	Défaillance du réseau public d'eau incendie	Protection hors gel des réseaux Maintenance, surveillance et contrôle des niveaux d'eau Suspension éventuelle des essais en cas de dysfonctionnement pour maintenir le niveau Cuve assurant une réserve indépendante pour 2 heures d'intervention.
	Alimentation de la chaudière	Arrêt de la chaudière sans conséquence	Sans objet
Gaz de ville	Alimentation des chaudières	Arrêt de la chaudière	Électrovanne (mise en sécurité) avec redémarrage manuel
Fioul domestique	Alimentation des pompes sprinkler et incendie	Groupe sprinkler ou motopompe non opérationnel	Procédure de contrôle des niveaux de fioul domestique Entretien, maintenance des motopompes
Réseau téléphonique	Mobilisation des secours extérieurs	Perte de communication avec les services de secours Perte de moyens d'alerte	Utilisation de téléphone portable

Tableau 3: Dangers liés aux pertes d'utilités

3.1.4. Conclusion

Plusieurs types de risques peuvent être mis en évidence à travers l'analyse des produits et procédés mis en œuvre dans l'établissement :

- risque **incendie** lié au caractère combustible ou inflammable de la majorité des marchandises concernées,
- risque **d'explosion** lié à la formation d'hydrogène dans le local de charge,
- risque d'explosion liée à l'utilisation de méthane dans la chaufferie,
- risque de **déversement** de fioul au niveau du local sprinkler et du local incendie.

3.2. Dangers liés à l'environnement humain

3.2.1. Voies de circulation

3.2.1.1. **Transport de matières dangereuses (TMD)**

Le terrain est longé à l'est par la RD954. Il en est séparé par les bassins d'orage de la zone d'activité.

La proximité de cet n'écarte pas le risque lié à un accident au niveau du transport de matières dangereuses. Cependant, ce type d'accident est très rare (2029 accidents sur route en France entre 1992 et 2011 soit une centaine d'accidents par an impliquant des matières dangereuses). Au vu du nombre de kilomètres de routes concernés, la probabilité d'accident au droit de notre établissement pouvant être une source de risque pour notre activité est extrêmement faible et ce risque peut être écarté.

On notera la présence de site Seveso à proximité de notre établissement. Il s'agit des entrepôts XPO logistics (ND) et de la sucrerie TEREOS – voir chapitre 2.2.3.1.

Ce classement est lié à la présence sur les deux sites de produits dangereux. Des camions transportant ces produits (liquides inflammables en particulier, venant de la sucrerie) peuvent donc circuler sur les axes locaux.

3.2.1.2. **Voies ferrées**

Il n'y a pas de voie ferrée à proximité immédiate du site.

3.2.1.3. **Aéroports – aérodromes**

Il n'y a pas d'aérodrome à proximité du terrain d'assiette.

Il n'y a pas de risque particulier lié au trafic aérien dans le secteur.

3.2.2. Intrusion, actes malveillants

Un certain nombre de mesures sont prises pour assurer la sécurité du site pendant et en dehors des heures de fonctionnement.

- Le bâtiment est entièrement entouré par une clôture en treillis soudé de 2 mètres de hauteur.
- L'entrée du parking VL dispose d'un contrôle des entrées par un système à badges (employés) ou par interphone (visiteurs).
- Les poids-lourds accèdent au site après passage au poste de garde.
- En dehors des heures de présence du personnel, un système de télésurveillance avec report d'alarme est mis en place.

3.2.3. Accidents liés au voisinage

Les entreprises voisines présentes sont des **établissements logistiques** (Carrefour, XPO, STEF, etc.). Ces entrepôts, qui sont également des installations classées pour la protection de l'environnement, ont fait l'objet d'étude des dangers définissant les zones de risques autour des bâtiments.

Notre terrain n'est pas concerné par les zones de danger issues des entrepôts voisins.

Il existe également 2 **établissements Seveso** sur la commune d'Artenay. Il s'agit de la sucrerie TEREOS située à environ 2 km à l'est et d'un deuxième entrepôt XPO (ND Logistique) situé à environ 600 m au sud.

Ces deux établissements ont fait l'objet d'un PPRT (Plan de Prévention des Risques Technologique). Ce PPRT définit des zones de risque autour de l'établissement qui entraîne des contraintes en terme d'occupations des sols ou de protection des tiers.

Les zones de dangers pour ces deux établissements sont de quelques dizaines de mètres autour des sites. Elles ne concernent pas notre terrain.

3.3. Dangers liés à l'environnement naturel

Certains phénomènes naturels peuvent avoir des conséquences importantes sur les installations et être initiateurs d'accident sur le site.

Les paragraphes qui suivent étudient les événements naturels pouvant affecter l'établissement et les conséquences éventuelles.

3.3.1. Le risque d'inondation

Il n'y a pas de cours d'eau à proximité du site. Les communes de Poupry et d'Artenay ne sont pas concernées par un PPRI (Plan de Prévention du Risque Inondation).

Par contre, le terrain est concerné par le phénomène de remontée de nappe phréatique. Il se situe en zone de sensibilité faible à forte.

Les préconisations effectuées dans le cadre de cette étude seront mises en œuvre pour définir les mesures techniques à envisager, particulièrement au niveau des fondations du bâtiment.

3.3.2. Le risque foudre

Les effets du foudroiement sur un bâtiment industriel sont de plusieurs ordres :

- effets thermiques,
- montées en potentiel et amorçages,
- effets d'induction,
- effets électrodynamiques,
- effets électrochimiques,
- effets acoustiques.

Ces effets peuvent avoir des conséquences plus ou moins graves sur le personnel et sur les installations.

Les installations classées pour la protection de l'environnement à autorisation au titre de la rubrique 1510 sont soumises aux prescriptions de l'arrêté du 04/10/2010 concernant la protection contre les effets de la foudre.

Cette étude foudre a été confiée au cabinet ENERGIE Foudre – voir étude complète en **Annexe 1.**

3.3.2.1. Analyse du risque foudre (ARF)

L'ARF vise à identifier les équipements et installations dont une protection doit être assurée.

L'analyse est basée sur une évaluation des risques réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle définit les niveaux de protection nécessaires aux installations. Elle a été réalisée en juillet 2018 par ENERGIE Foudre et modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « Jupiter – version 1.3.0 ».

Le résultat de l'ARF sur le site pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^{-5} (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) montre que la protection nécessaire aux installations doit être de **niveau III**.

3.3.2.2. Étude Technique (ET)

Installations extérieures :

La protection contre la foudre du bâtiment sera réalisée par l'installation de 6 paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA), conformes à la norme NF C 17-102.

- Dispositif de capture : 6 PDA 60 μ s en inox – Niveau de protection III
- Les PDA seront reliés entre eux en toiture afin de mutualiser les circuits de descente
- Circuit de liaison à la terre : un circuit de descente par paratonnerre
- Distance de séparation : les conducteurs de toiture seront éloignés d'au moins 0,43 m de toutes masses métalliques
- Joint de contrôle - Tube de protection sur le bas de chaque descente
- Comptage des coups de foudre
- Pancarte d'avertissement : sur le bas de chaque descente
- Prise de terre : chaque descente sera reliée à une prise de terre (< 10 Ω), raccordée dans un regard de visite pour permettre son interconnexion sur le circuit de terre général.

Installations intérieures :

Les éléments importants pour la sécurité devront faire l'objet de protections spécifiques contre les surtensions.

Les éléments retenus sont les suivants :

Type de parafoudre	Localisation
1 parafoudre Type 1 Tri + N - Iimp 12,5 kA	TGBT du bâtiment
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant la centrale détection incendie
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant l'alarme anti-intrusion
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant la détection fuite de gaz
1 parafoudre Type 2 Tri + N - Up 2 kV	Armoire alimentant les motopompes sprinkler

3.3.3. Le risque sismique

Les articles R563-1 à R563-8 – Livre V – Chapitre III – Section I du Code de l'Environnement définissent les règles de construction parasismique applicables aux bâtiments à « risque normal ».

La classe dite « à risque normal » comprend les bâtiments, équipements et installations pour lesquels les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat.

L'article 563-3 range les bâtiments « à risque normal » en quatre catégories :

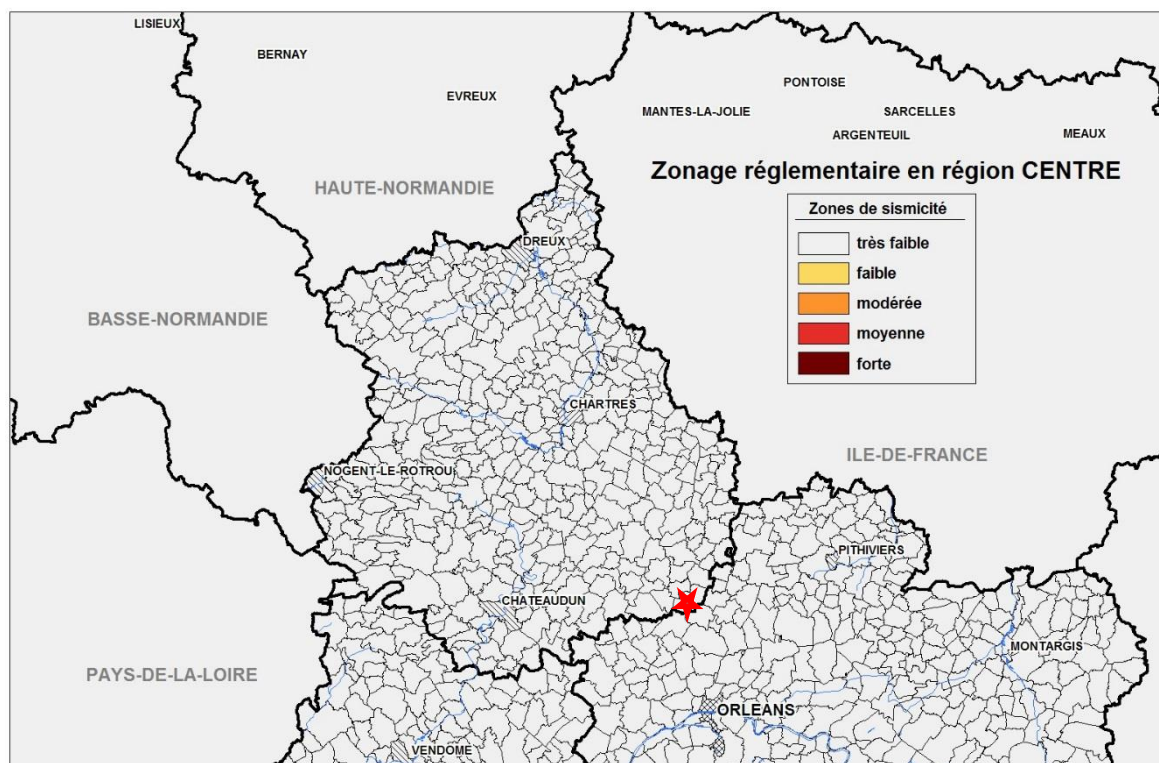
- 1° Catégorie d'importance I : ceux dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique ;
- 2° Catégorie d'importance II : ceux dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes ;
- 3° Catégorie d'importance III : ceux dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socio-économique
- 4° Catégorie d'importance IV : ceux dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public.

L'activité de logistique ne présente pas de risque pour les personnes, même en cas de séisme. On rappellera que le bâtiment n'est pas prévu pour le stockage de produits chimiques dangereux. On peut donc classé l'établissement en catégorie 1.

L'article R 563-4 définit les types de zones à risque et affecte chaque canton de chaque département dans une des cinq zones de sismicité croissante de zone 1 à zone 5.

Pour l'application des mesures de prévention du risque sismique aux bâtiments, équipements et installations de la classe dite "à risque normal", le territoire national est divisé en cinq zones de sismicité croissante :

- Zone de sismicité 1 (très faible)
- Zone de sismicité 2 (faible)
- Zone de sismicité 3 (modérée)
- Zone de sismicité 4 (moyenne)
- Zone de sismicité 5 (forte).



★ : localisation du terrain

Figure 1 : Extrait de la Cartographie des zones sismiques de la région Centre-Loire
(source BRGM)

Le secteur est localisé en zone de sismicité 1, soit un risque très faible selon le zonage sismique instauré en mai 2011 (décrets n°2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique et n°2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français).

3.3.4. Autres phénomènes naturels

Le tableau qui suit résume, pour les autres phénomènes naturels pouvant affecter notre établissement les événements redoutés pour nos installations et les mesures de prévention envisagées.

Événements naturels	Événements redoutés	Mesures de prévention
Gel / Verglas	Inefficacité du réseau incendie	Réseau incendie hors gel
	Accidents de circulation	Salage ou sablage des voies et parkings si nécessaire
Neige	Accident de circulation	Salage ou sablage si nécessaire
	Surcharge des structures	Structures calculées en conséquence selon les données météorologiques locales.
Vent	Endommagement des structures	Respect des normes de construction
Grêle	Difficulté de circulation, accidents	Arrêt momentané de circulation sur site.
Canicule	Pas d'événements redoutés identifiés vu les produits stockés	Ventilation mécanique ou naturelle selon les locaux Isolation du bâtiment : parois en bardage avec isolation laine de roche

Tableau 4 : Dangers liés aux phénomènes naturels

3.4. Accidentologie et retour d'expérience

3.4.1. Accidentologie

La base de données ARIA (Analyse Recherche et Information sur les Accidents) du BARPI (Bureau d'Analyse des Risques et des Pollutions Industrielles) est exploitée par le Ministère de l'écologie, de l'énergie et du développement durable, des transports et du logement. Cette base recense depuis 1992 les événements accidentels qui ont, ou qui auraient pu porter atteinte à la santé ou la sécurité publique, l'agriculture, la nature et l'environnement.

Nous retiendrons pour cette étude les accidents mettant en jeu des produits et des procédés du même type que ceux mis en œuvre sur le site.

Ainsi, nous avons analysé :

- des accidents relatifs aux entrepôts
- des accidents liés aux chargeurs de batteries
- des accidents liés aux installations de combustion

3.4.1.1. Accidents impliquant des stockages de matières combustibles

La base ARIA permet d'analyser, entre 2000 et 2015, 151 incidents ou accidents ayant un lien avec l'activité d'entreposage et stockage (code H52.10 sur le site BARPI).

⇒ Typologie des évènements

La plupart des accidents répertoriés et relatifs aux entrepôts divers sont des incendies (121 cas sur 135). On note cependant :

- 9 cas de dispersion de produits dangereux, liquides ou gazeux :
Généralement de faible ampleur, il s'agit de fuite de produits chimiques dus à des incidents de manipulation (chute de palettes) ou à des emballages défectueux ; nous notons aussi un cas de dispersion accidentelle d'un mélange gazeux azote/argon/CO₂ équipant un système d'extinction automatique et un cas de réaction chimique exothermique entre batteries sèches stockées dans un conteneur.
- 2 cas d'effondrement de structure du à une surcharge de neige ;
- 2 cas d'inondation : un provoqué par la défectuosité d'un système sprinkler et un autre par la rupture d'une digue ;
- 1 cas de vol d'une source radioactive.

⇒ Marchandises concernées

Parmi les 121 cas d'incendie, on ne connaît pas systématiquement la nature des marchandises concernées. Lorsque celle-ci est connue, on ne note pas de famille de produits plus sensibles que d'autres. Les marchandises concernées vont de matériaux de construction aux liquides inflammables en englobant des produits alimentaires ou des matières plastiques (matelas, jouets, etc.).

⇒ Bâtiments concernés

On constate que, sur les bâtiments identifiés, les 2/3 sont des bâtiments de petites surfaces, généralement moins de 2 000 m², parfois désignés comme « hangars » ou des stockages extérieurs. Il est donc fort probable que ces établissements ne soient pas des ICPE et ne soient pas soumis aux règles techniques imposées aux bâtiments classés.

⇒ Origine des incendies

L'origine des incendies est rarement précisée. Sur les 35 connus :

- 15 sont liés à des **actes malveillants**,
- 6 à des **défaillances électriques**,
- 6 à des **travaux par points chauds** (soudure, entretien de toiture),
- 7 à des feux de **véhicules** dont 6 garés à l'extérieur du bâtiment et 1 dû à un chariot de manutention,
- 1 à des feux dans une benne à **déchets**.

⇒ Conséquences

Les conséquences de ces incendies sont détaillées dans plus de la moitié des cas.

Pertes matérielles

La plupart du temps, on note des dégâts matériels plus ou moins sévères allant de la destruction de quelques palettes jusqu'à la destruction totale du bâtiment.

Les conséquences économiques peuvent être importantes avec de nombreux cas de chômage technique.

Propagation aux tiers

Les atteintes à des bâtiments tiers sont relativement rares. Elles sont signalées dans une quinzaine de cas avec propagation au sein d'un même bâtiment dans le cas d'exploitants multiples, à des véhicules extérieurs, à l'habitation du gardien. On signale cinq cas de propagation à des bâtiments voisins (habitations, église).

Atteintes aux personnes

Aucun accident mortel n'est recensé sur les cas étudiés. Certains ont entraîné des blessures légères et des intoxications par les gaz de combustion au sein des équipes d'intervention ou des personnels. Un seul cas présenté comme grave est dû à la chute d'un pompier au travers d'un toit. Aucune personne extérieure n'a été blessée suite aux différents sinistres.

Pollutions

Les pollutions observées sont essentiellement la formation de panaches de fumées qui toutefois n'ont pas eu de conséquence pour le voisinage mais ont parfois entraîné la nécessité de bloquer le trafic sur les axes routiers ou ferroviaires proches.

La dispersion des eaux d'extinction a été notée dans huit cas avec pour quatre d'entre eux une rétention efficace sur site et pour quatre une pollution des eaux superficielles ou du milieu marin.

⇒ Conclusion

L'accidentologie sur ces quinze dernières années relève très peu de cas de sinistres graves sur des bâtiments modernes, de grande taille, pouvant entrer dans le cadre des ICPE.

Les enseignements retirés de ce retour d'expérience sont :

- la nécessité de maintenance et d'entretien des installations (installations électriques, chariots),
- l'importance de surveillance des sites (nombreux cas de malveillance),
- la nécessité de compartimentage et d'isolement des bâtiments (murs coupe-feu, toiture),
- l'importance d'assurer l'alimentation en eau des moyens de secours et la rétention des eaux d'extinction sur les sites.

3.4.1.2. **Accidents impliquant des accumulateurs et des locaux de charge**

L'accidentologie permet d'étudier une dizaine de cas d'accidents liés à des batteries sur ces dix dernières années.

Un seul cas correspond au dégagement de gaz toxique dû à la décomposition d'acide sulfurique n'ayant pas eu de conséquence.

Les autres cas correspondent à des incendies sur les batteries en charge ou non.

Les conséquences sont la formation de fumées et la propagation possible de l'incendie au reste du bâtiment.

3.4.1.3. **Accidents impliquant des chaudières au gaz**

Le rapport publié par le BARPI « Chaufferies au gaz : retour d'expérience sur l'accidentologie » fait état de 121 accidents entre 1972 et 2007.

41 impliquent des installations utilisant du gaz naturel, 80 impliquent d'autres types d'installations mais peuvent apporter des enseignements sur la problématique générale des chaufferies.

Parmi tous les accidents relevés, plus d'un quart concerne des installations industrielles de production et de distribution d'énergie.

Les explosions et les incendies sont les principaux phénomènes observés.

⇒ **Evènements initiateurs**

Les accidents sont dus principalement :

- à des pertes d'étanchéité,
- à des erreurs humaines,
- à des sectionnements de canalisations,
- à des dysfonctionnements au moment du redémarrage des équipements.

La remise en service et les travaux de maintenance concernent 31,5 % des accidents.

⇒ **Conséquences**

La destruction des installations et parfois des bâtiments connexes sont les principales conséquences entraînant des pertes d'exploitation et des mises au chômage technique.

Les atteintes aux personnes sont parfois graves (17 victimes sur 9 accidents) et concernent principalement les opérateurs et les services d'intervention.

⇒ **Conclusion**

L'accidentologie permet de mettre en évidence les points suivants :

- conception des installations, choix des matériels, qualité des matériaux et de l'assemblage,
- formation du personnel, respect des procédures et des consignes,
- maintenance des installations et suivi des modifications.

3.4.2. **Conclusions**

3.4.2.1. **Phénomènes mis en évidence**

Le retour d'expérience confirme les risques identifiés au niveau de l'analyse des produits et procédés à savoir :

- risque incendie au niveau des zones de stockage
- risque d'explosion de la chaufferie.

Il permet d'étendre cette analyse en mettant en évidence les phénomènes secondaires suivants :

- dispersion de fumées liées à l'incendie
- écoulement d'eaux d'extinction polluées après incendie
- déversement de produits dangereux.

3.4.2.2. **Moyens de prévention et de protection**

Stockages de matières combustibles

- maintenance et entretien des installations (installations électriques, chariots),
- surveillance des sites (nombreux cas de malveillance),
- compartimentage et isolement des bâtiments (murs coupe-feu, toiture),
- garantie d'alimentation en eau des moyens de secours,
- mise en place d'extinction automatique faisant office de détection incendie,
- mise en place de consignes de sécurité, permis de feu et interdiction de fumer,
- contrôle pendant et après travaux par points chauds,
- mise en rétention des sites.

Locaux de charge

- entretien, maintenance
- isolement et recoupement coupe-feu des zones de charge et d'entretien des batteries

3.5. Réduction des potentiels de dangers

3.5.1. Mode de stockage et aménagement des cellules

Le projet développé par CARGO PROPERTY DEVELOPMENT répond aux standards de la logistique actuelle. A terme, il est adapté au stockage de nombreuses gammes de produits.

Par leur surface et leur hauteur, les cellules sont adaptées à un stockage sur racks ou en mase permettant une utilisation optimale de l'espace en respectant des largeurs de circulation, de préparation de commande, d'isolement des marchandises par rapport aux systèmes de sécurité (têtes de sprinklage, cantons de désenfumage, issues de secours, etc.).

La principale démarche en termes de réduction du potentiel de dangers se situe sur le choix d'aménagement du bâtiment et des matériels de sécurité mis en place. La structure du bâtiment et l'isolement des cellules par des murs coupe-feu permettent un recoupement des installations et limitent les risques de propagation d'un incendie à tout l'établissement.

Le bâtiment dans son ensemble répond aux règles générales applicables aux entrepôts soumis à autorisation au titre de la rubrique 1510 (taille des cellules, recoupement coupe-feu RE120, stabilité au feu des matériaux constructifs). L'arrêté du 11/04/2017 s'applique aussi pour les rubriques 1530, 1532, 2662 et 2663.

3.5.2. Matériels de sécurité

Les moyens de prévention et de protection fixes nécessaires, conformes à la réglementation actuelle : extinction automatique, RIA, désenfumage, canton, déclenchements manuels d'alarme, extincteurs, vanne d'isolement... sont mis à la disposition du personnel et des pompiers en cas de nécessité.

4. Analyse préliminaire des risques

L'analyse préliminaire des risques (APR) est une méthode qui permet d'identifier et d'évaluer les risques, leurs causes, leurs effets et leurs conséquences. Elle se base sur une identification exhaustive des dangers présentés par l'installation. Ces dangers sont ensuite analysés à travers une matrice en termes de gravité (G) et de probabilité (P).

Ce classement permet d'identifier les scénarios « inacceptables » devant faire l'objet d'une étude détaillée.

4.1. Identification de la vulnérabilité des cibles

4.1.1. Enjeux internes

Personnels présents sur le site

L'établissement emploiera à terme 80 personnes.

Installations sensibles

On ne note pas d'installations sensibles dans cet établissement.

4.1.2. Enjeux externes

Les terrains voisins les plus proches ne sont pas occupés à ce jour. Au plus près, d'autres plateformes logistiques se situent à l'ouest et sud-ouest : Carrefour, STEF, XPO, etc. L'ensemble représente environ 1000 personnes.

La RD954 menant vers Chartres longe la limite ouest du terrain, à environ 50m, au-delà des bassins d'orage de la ZAI, Le trafic moyen sur cette route est de 3 400 véhicules/jour.

4.2. Evaluation de la gravité et de la probabilité

4.2.1. Cotation de la probabilité

La cotation de la probabilité des phénomènes étudiés peut se faire à partir de bases de données disponibles pour certaines installations et équipement. Ces bases donnent les fréquences d'occurrence d'événements redoutés pour des installations techniques industrielles comme par exemple les installations pétrolières.

Il n'existe pas de telles bases statistiques pour les activités liées à la logistique. La cotation de la probabilité sera donc réalisée de manière qualitative en s'inspirant de l'échelle de probabilité proposée par l'arrêté du 29/09/2005.

Degré	Échelle qualitative
A	Événement courant : se produit sur le site ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la durée de vie de l'installation malgré d'éventuelles mesures correctives
B	Événement probable : s'est produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie des installations
C	Événement improbable : un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial, sans que les éventuelles corrections intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité
D	Événement très improbable : s'est déjà produit mais a fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement la probabilité du scénario
E	Événement possible mais extrêmement improbable : n'est pas impossible au vu des connaissances actuelles, mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'années d'installations

Tableau 5: Echelle qualitative de probabilité

4.2.2. Cotation de la gravité

La cotation de la gravité est faite en analysant le nombre de personnes exposées dans les zones impactées par les phénomènes étudiés. L'échelle de gravité choisie est celle proposée par l'arrêté du 29/09/2005.

Degré	Effets létaux significatifs	Premiers effets létaux (Z1)	Effets irréversibles (Z2)
5 Désastreux	Plus de 10 personnes exposées	Plus de 100 personnes exposées	Plus de 1000 personnes exposées
4 Catastrophique	Moins de 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées	Entre 100 et 1000 personnes exposées
3 Important	Au plus 1 personne exposée	Entre 1 et 10 personnes exposées	Entre 10 et 100 personnes exposées
2 Sérieux	aucune personne exposée	Au plus 1 personne exposée	Moins de 10 personnes exposées
1 Modéré	Pas de létalité		Présence humaine < 1 personne

Tableau 6: Echelle de gravité

4.2.3. Grille de criticité

La hiérarchisation des phénomènes est effectuée en couplant les deux critères dans une grille de criticité. Les phénomènes se trouvant dans la partie supérieure droite du tableau (partie rose) devront faire l'objet d'une analyse détaillée, les autres (partie bleue) sont considérées comme acceptables et ne seront pas développées dans la suite de l'étude.

Probabilité	A Évènement courant					
	B Évènement probable					
	C Évènement improbable				Risque à étudier en détail	
	D Évènement très improbable					
	E Évènement possible mais non rencontré au niveau mondial	Risque globalement acceptable				
		1 Modéré	2 Sérieux	3 Important	4 Catastrophique	5 Désastreux
		Gravité				

Tableau 7: Grille de criticité

4.3. Synthèse de l'étude préliminaire des risques

Le tableau qui suit fait le bilan des phénomènes dangereux susceptibles d'atteindre notre établissement et en évalue la gravité et la probabilité.

N°	Opération	Installation/équipement	Evènement initiateur	Evènement redouté central	Evènement redouté secondaire	Phénomène dangereux	G		P	
Logistique et stockage										
1	Livraison/expédition	Camion	Points chauds - surchauffe (moteur, frein, batterie, pneu) - défaillance électrique - défaillance mécanique - choc (accident) - cigarette	Départ de feu	Propagation du feu à l'ensemble du camion	PhD1 Incendie du camion	1	Les zones de dangers faibles autour du camion seront cantonnées à l'intérieur du site.	B	Bien que rare, un départ de feu dans un camion n'est pas à écarter. Il peut se produire durant la durée de vie de l'établissement
2	Déchargement et transport de palettes Passages à quai	Chariots électriques/transpalettes	Points chauds - surchauffe (moteur, frein, batterie) - défaillance électrique - défaillance mécanique - choc (accident)	Départ de feu	Propagation du feu dans la cellule	PhD2 Incendie de cellule	3	Les zones de danger autour de ce type d'installation peuvent être de plusieurs dizaines de mètres.	B	Ce type de phénomène se retrouve dans l'accidentologie étudiée et peut toucher ce type d'installation.
5	Stockage/gerbage Picking	Racks/transstockeurs	Points chauds - défaillance électrique - travaux par point chaud - malveillance - foudre - cigarette - défaillance de l'éclairage	Départ de feu	Propagation du feu dans la cellule	PhD2 Incendie de cellule	3	Les zones de danger autour de ce type d'installation peuvent être de plusieurs dizaines de mètres.	B	Ce type de phénomène se retrouve dans l'accidentologie étudiée et peut toucher ce type d'installation.
Atelier de charge										
6	Charge	Batteries/chargeurs	Point chaud - défaillance électrique - défaillance mécanique - surchauffe batterie, chargeur - choc	Départ de feu	Propagation à l'ensemble du local de charge	PhD3 Incendie du local de charge	1	Effets contenus sur le site étant donné le potentiel calorifique limité du local (cf remarque 1)	B	Ce type de phénomène se retrouve dans l'accidentologie étudiée et peut toucher ce type d'installation.
7	Charge	Batteries/chargeurs	- surchauffe des batteries	Décomposition de l'acide sulfurique contenu dans la batterie	Dégagement de gaz toxiques	PhD4 Emission de gaz toxiques	1	Effets contenus sur le site étant donné les faibles quantités présentes (cf remarque 2)	B	Ce type de phénomène se retrouve dans l'accidentologie étudiée et peut toucher ce type d'installation.
8	Charge	Batteries/chargeurs	Défaillance ventilation + Point chaud - défaillance électrique - travaux par point chaud - choc - cigarettes - malveillance	Accumulation d'hydrogène	Formation d'une atmosphère explosive	PhD5 Explosion du local de charge	3	L'énergie de combustion de l'hydrogène est forte. Son explosion peut provoquer des zones de dangers importantes.	E	Il n'existe pas dans la littérature et l'accidentologie consulter d'accident de ce type malgré le nombre important de telles installations en France et à l'étranger.
Chaufferie										
9	Alimentation chaudière	Réseau de gaz externe	Fuite de gaz + Point chaud - rupture de canalisation - corrosion des canalisations - défaillance joints/soudures - surpression - défaillance électrique - travaux par point chaud - malveillance - choc - cigarette	Formation d'un nuage air + méthane dans les limites d'explosivité	Inflammation du mélange	PhD6 Explosion extérieure au local chaufferie	3	L'énergie de combustion du méthane est forte. Son explosion peut provoquer des zones de dangers importantes	D	Les mesures prises permettent de réduire la probabilité d'occurrence Remarque n°3
10	Alimentation chaudière	Réseau de gaz interne	Fuite de gaz + - corrosion des canalisations - défaillance joints/soudures - surpression	Formation d'un nuage air + méthane dans les limites d'explosivité	Inflammation du mélange	PhD7 Explosion de la chaufferie	3	L'énergie de combustion du méthane est forte. Son explosion peut provoquer des zones de dangers importantes	B	Ce type de phénomène se retrouve dans l'accidentologie étudiée et peut toucher ce type d'installation.

N°	Opération	Installation/équipement	Evènement initiateur	Evènement redouté central	Evènement redouté secondaire	Phénomène dangereux	G		P	
			Point chaud - défaillance électrique - travaux par point chaud - malveillance - choc - cigarette							
11	Mise en route chaudière	Chaudière	Fuite de gaz - Corrosion matériel - Défaillance joints/soudures - Surpression - Défaillance brûleur + Point chaud - Défaillance électrique - Travaux par point chaud - Malveillance - Choc - Cigarette	Formation d'un nuage air + méthane dans les limites d'explosivité	Inflammation du mélange	PhD7 Explosion de la chaufferie	3	L'énergie de combustion du méthane est forte. Son explosion peut provoquer des zones de dangers importantes	B	Ce type de phénomène se retrouve dans l'accidentologie étudiée et peut toucher ce type d'installation.
12	Combustion	Chaudière	Fuite de gaz - Corrosion matériel - Défaillance joints/soudures - Surpression - Défaillance brûleur + Point chaud - Défaillance électrique - Travaux par point chaud - Malveillance - Choc - Cigarette	Formation d'un nuage air + méthane dans les limites d'explosivité	Inflammation du mélange	PhD7 Explosion de la chaufferie	3	L'énergie de combustion du méthane est forte. Son explosion peut provoquer des zones de dangers importantes	B	Ce type de phénomène se retrouve dans l'accidentologie étudiée et peut toucher ce type d'installation.

Tableau 8: Analyse préliminaire des risques

Les explications concernant les phénomènes dangereux non retenus sont détaillées ci-dessous :

➤ Remarque n°1 : PhD3 : Incendie du local de charge

Le pouvoir calorifique du local est représenté par les gaines des câbles d'alimentation et les parties combustibles des chariots (gaine, pneumatiques,...). Ainsi, la charge calorifique d'un local de charge est extrêmement faible.

La zone de charge est isolée des cellules de stockage par des murs coupe-feu de degré 2h. Elle est sprinklée. Un incendie au sein d'un local de charge n'aurait donc pas d'impact thermique en dehors du local.

➤ Remarque n°2 : PhD4: Emission de gaz toxiques liée aux batteries

Certains types de batteries contiennent de l'acide sulfurique qui lors d'un dysfonctionnement peut être dégagé sous forme de vapeur.

Le seuil de toxicité de l'acide sulfurique est de 15 mg/m³ (SEI 30 min – NIOSH 2005). Or, le seuil olfactif est bien inférieur, de l'ordre de 1 mg/m³. C'est la raison pour laquelle dans l'accidentologie, aucun cas de décès n'est constaté lors de l'émission de gaz par des batteries.

Ainsi, en cas de dégagement gazeux, une odeur nauséabonde et irritante préviendra les personnes bien avant que soit atteint le seuil de danger pour la santé.

➤ Remarque n°3 : PhD6 : Explosion de gaz à l'extérieur de la chaufferie

Les canalisations alimentant le local chaufferie sont des canalisations enterrées. La seule partie aérienne est la canalisation sortant du sol et remontant jusqu'à la vanne de sécurité soit moins de 1 m de canalisation extérieure

Une protection métallique sera mise en place devant le local, au droit de la canalisation afin d'empêcher tout passage de véhicules ou chariots électriques. La probabilité de choc et de sectionnement de cette canalisation est donc écartée.

Le risque de fuite au niveau de la partie très réduite de canalisation aérienne est très improbable au vu :

- Des procédures de tests de canalisations effectuées avant la mise en service de la canalisation entre le poste de livraison et la chaufferie,
- Des procédures de maintenance et de révision liées à l'entretien des chaudières et installations annexes,
- De l'absence de sources d'ignition à l'extérieur du local (pas de matériel électrique à proximité),
- De la mise en place de procédures et consignes évitant les risques liés à l'apport de sources d'ignition dans les zones présentant des risques (interdiction de fumer, permis de feu, interdiction d'utilisation de feu nu, etc).

Le risque d'explosion de gaz lié à une fuite au niveau de la canalisation extérieure au site est donc très limité. Les mesures prises permettent de classer le risque en probabilité D.

Les phénomènes dangereux définis par l'analyse préliminaire des risques sont les suivants :

- PhD1 : Incendie de camion**
- PhD2 : Incendie d'une zone de stockage**
- PhD3 : Incendie du local de charge**
- PhD4 : Dégagement de gaz toxique du local de charge**
- PhD5 : Explosion du local de charge**
- PhD6 : Explosion extérieure de gaz**
- PhD7 : Explosion de la chaufferie**

Ces phénomènes dangereux sont classés dans la grille de criticité :

Probabilité	A Évènement courant					
	B Évènement probable	PhD1 PhD3 PhD4		PhD2 PhD7		
	C Évènement improbable					
	D Évènement très improbable			PhD6		
	E Évènement possible mais non rencontré au niveau mondial			PhD5		
		1 Modéré	2 Sérieux	3 Important	4 Catastrophique	5 Désastreux
		Gravité				

Tableau 9: Classement des phénomènes dangereux (APR)

Cette analyse met en évidence 2 phénomènes à étudier à travers l'analyse détaillée des risques :

- PhD 2 : Incendie d'une zone de stockage**
- PhD7 : Explosion de la chaufferie**

5. Analyse détaillée des risques (ADR)

L'analyse détaillée des risques a pour but d'évaluer la gravité, la probabilité et la cinétique des phénomènes retenus comme inacceptables après l'analyse préliminaire.

Elle se développe à partir :

- De la modélisation de l'intensité des effets des phénomènes dangereux (PhD) retenus et de la présence éventuelle de cibles sensibles dans les zones de danger. Le cas échéant, des Mesures de Maîtrise des risques (MMR) seront définies.
- De l'étude de la cinétique de chaque phénomène dangereux qui permettra d'évaluer l'adéquation entre les moyens d'intervention et la cinétique du phénomène étudié,
- De l'évaluation de la probabilité de chaque phénomène dangereux à travers l'étude des MMR visant à éviter, voire limiter la probabilité d'un événement redouté.

5.1. Modélisation des effets : évaluation de la gravité

5.1.1. Méthodologie

5.1.1.1. Incendie

Comme le montre le retour d'expérience, l'incendie entraîne 3 types d'effets.

1. Effets thermiques

Incendie de matières combustibles (rubriques 1510, 1511, 2663...et de liquides inflammables)

L'évaluation des effets thermiques a été réalisée avec le logiciel Flumilog développé par l'INERIS, le CTICM, le CNPP, l'IRSN et EFECTIS. La méthodologie utilisée est décrite dans le rapport final de Flumilog en date d'août 2010 disponible sur le site internet de l'INERIS : <http://www.ineris.fr/flumilog>

Cette méthode est celle recommandée par l'administration pour les entrepôts soumis à enregistrement au titre des rubriques 1510, 1530, 1532, 2662 et 2663 au travers des arrêtés ministériels correspondants. Elle est également utilisable pour le stockage de liquides inflammables.

Le mode de stockage et la nature des marchandises attendues dans le bâtiment sont compatibles avec le logiciel Flumilog actuellement mis à disposition par l'INERIS.

Version utilisée (juillet 2018)

Interface graphique V.5.2.0.0
Outil de calcul V 5.21

2. Dispersion atmosphérique de gaz de combustion et de fumées

L'étude de la dispersion des gaz de combustion a été confiée au bureau d'étude ANTEA.

La modélisation de la dispersion des gaz et fumées de combustion se fait en deux étapes :

- Détermination de la hauteur du panache de dispersion. Cette méthode tient compte du pouvoir calorifique des produits et de la vitesse du vent.
- Modélisation de la dispersion du panache.

Le logiciel utilisé pour modéliser la dispersion atmosphérique lors d'un incendie est PHAST version 6.54 développé par Det Norske Veritas (DNV). Il s'agit d'un logiciel de type intégral. La complexité de ce type de logiciel est intermédiaire entre des calculs de dispersion de type gaussien et des logiciels tridimensionnels procédant par volumes ou éléments finis.

La méthodologie est détaillée dans le rapport ANTEA en **Annexe 2.**

3. Dispersion d'eaux d'extinction polluées

Les besoins en eaux incendie pour l'intervention des secours ainsi que le dimensionnement des rétentions des eaux d'extinction ont été calculés par la méthode donnée dans les instructions techniques D9 et D9a développées par le CNPP, la FFSA et l'INESC.

5.1.1.2. Explosion

Il existe plusieurs méthodes de modélisation des effets de surpression en cas d'explosion.

Les trois principales sont :

- l'instruction technique du 9 novembre 1989,
- le modèle équivalent TNT,
- le modèle multi-énergie.

Les deux premières méthodes sont adaptées aux cas d'explosions de gaz confinés dans un récipient étanche en particulier aux explosions de cuves et autres contenants.

La méthode multi-énergie s'applique au cas d'explosions de gaz confinés ou non. Cette méthode a donc été retenue pour évaluer les conséquences d'une explosion dans la chaufferie. Elle permet de faire intervenir un degré de confinement et d'encombrement dans la modélisation.

La méthodologie utilisée est détaillée en **Annexe 3.**

5.1.2. Seuils d'effets retenus

Les valeurs seuils d'effets retenues sont celles de l'arrêté ministériel du 29/09/2005 relatif à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études de dangers des ICPE soumises à autorisation.

Effets thermiques

Seuils d'effets sur les structures :

- . 5 kW/m², seuil des destructions significatives de vitres ;
- . 8 kW/m², seuil des effets domino et correspondant au seuil des effets graves sur les structures ;
- . 16 kW /m², seuil d'exposition prolongée des structures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures, hors structures béton ;
- . 20 kW/m², seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures et correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton ;
- . 200 kW/m², ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

Seuils d'effets sur l'homme :

- . 3 kW/m² ou Z2, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
- . 5 kW/m² ou Z1, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
- . 8 kW /m², seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

Le logiciel Flumilog retient les distances d'effets thermiques de 3, 5, 8, 16 et 20 kW/m².

Effets toxiques par inhalation

Pour les ICPE, les seuils d'effets de référence pour la délimitation des zones de dangers pour la vie humaine, sont les suivants :

- . les seuils des effets irréversibles (SEI) pour la zone des dangers significatifs pour la vie humaine (Z2) ;
- . les seuils des premiers effets létaux (SEL) correspondant à une concentration létale 1 % pour la zone des dangers graves pour la vie humaine (Z1) ;
- . les seuils des effets létaux significatifs (SELS) correspondant à une concentration létale 5 % pour la zone des dangers très graves pour la vie humaine,
- . les seuils des effets réversibles (SER).

Les valeurs de référence sont les données disponibles publiées par l'INERIS quand elles existent. En l'absence de données nationales, nous nous reporterons à des valeurs équivalentes relevées dans la littérature internationale, comme par exemple le NIOSH (organisme de référence américain).

Effets de surpression

Seuils d'effets sur les structures :

- . 20 hPa ou mbar, seuil des destructions significatives de vitres ;
- . 50 hPa ou mbar, seuil des dégâts légers aux structures ;
- . 140 hPa ou mbar, seuil des dégâts graves sur les structures ;
- . 200 hPa ou mbar, seuil des effets domino ;
- . 300 hPa ou mbar, seuil des dégâts très graves sur les structures.

Seuils d'effets sur l'homme :

- . 20 hPa ou mbar, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitres sur l'homme ;
- . 50 hPa ou mbar, (Z2) seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
- . 140 hPa ou mbar, (Z1) seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
- . 200 hPa ou mbar, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

Nous calculerons donc les distances d'effet de surpression de 20, 50, 140 et 200 mbar.

5.2. Evaluation de l'intensité des effets

Les phénomènes dangereux développés sont :

PhD 2 : Incendie dans une zone de stockage, avec les 3 effets suivants :

- . **Effets 2-1** : Effets thermiques,
- . **Effets 2-2** : Dispersion de fumées, effets toxiques
- . **Effets 2-3** : Déversement des eaux d'extinction d'incendie.

PhD7 : Explosion de la chaufferie

La modélisation de chaque effet est présentée sous forme d'une fiche qui définit le scénario retenu, les hypothèses de calcul et les résultats de la modélisation sous forme de tableaux ou graphiques. Des mesures compensatoires peuvent être proposées afin de réduire les zones de dangers. Elles seront détaillées dans la fiche et les nouvelles zones de dangers seront alors calculées.

Les zones de danger sont reportées sur les supports graphiques (cartes ou plans) adéquats.

Si les résultats des modélisations montrent qu'un effet domino est possible à partir d'un scénario initial, un nouveau scénario est envisagé.

PhD 2 : Incendie d'une cellule de stockage Effet 2.1 – Effets thermiques

NB : pour plus de détail, le lecteur se reportera aux résultats donnés par Flumilog.

Annexe 4

1 – Description du scénario majorant, hypothèses de calculs

Le scénario majorant est défini comme l'incendie généralisé de la cellule complète en supposant que le réseau sprinkler a été tenu en échec et qu'aucune intervention humaine n'a eu lieu pendant la durée complète de l'incendie.

Le logiciel Flumilog intègre dans ses calculs la tenue au feu des structures (poteaux, poutres, murs, façade, etc.), ainsi que la nature des matériaux (béton, bardage, bois, etc.).

Hauteur de la cible :

Les terrains voisins étant à la même hauteur que le site CARGO PROPERTY, nous considérons une cible à 1,8 m.

Caractéristiques des cellules :

	1	2	3
Longueur	120 m	120 m	120 m
Largeur	72 m	54 m	90 m
Hauteur	13,1 m	13,1 m	13,1 m
Portes de quais et de plain-pied	11	7	12
Caractéristiques techniques	Toiture bac acier multicouche Désenfumage : 2%. Structure poteau béton R60. Façades sud, est et ouest : écran thermique REI120. Façade de quais : bardage métallique sans résistance au feu. Murs séparatifs REI120, béton armé ou équivalent.		

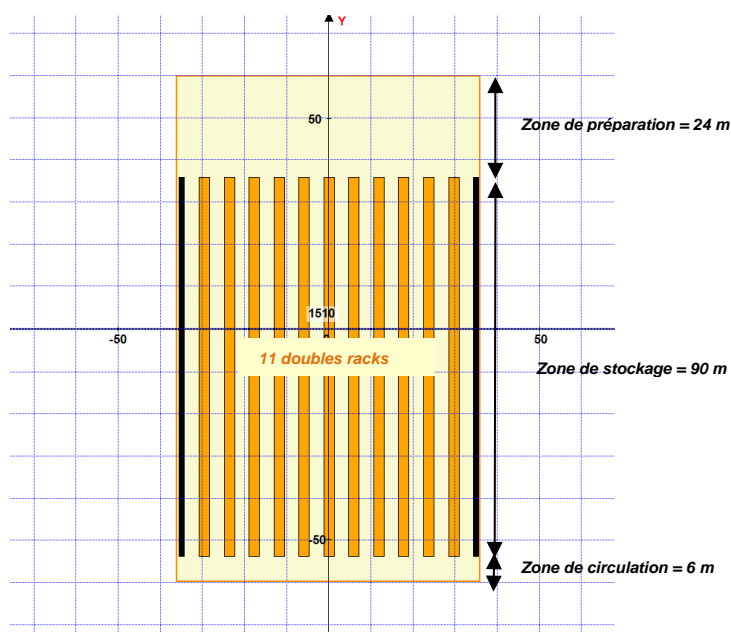
Choix du type de stockage :

L'intensité de l'incendie dépend, de la nature des matières prises dans l'incendie mais aussi de la densité de matière considérée par rapport à la zone en feu. Ainsi, dans le cas d'un stockage sur rack, la quantité de matière stockée par m² est plus importante que dans le cas d'un stockage en masse ou les hauteurs de stockage sont plus faibles. Pour cette raison, la modélisation d'un incendie se fait sur un stockage en rack qui correspondre à une utilisation optimale donc majorante des surfaces de stockage.

On choisira un plan de racking classique avec :

- une zone de préparation face aux quais de 24 m,
- une allée de circulation en fond de cellule de 6 m,
- des allées de circulation entre racks d'environ 3,5 m,
- une hauteur de stockage (haut palette) de 12 m.

Exemple cellule 1 :



Type de palettes :

Pour ce bâtiment, la diversité des matériaux présents ne permet pas de définir une palette type nous utiliserons donc, comme le permet Flumilog, les palettes dit « rubrique ».

Extrait du guide méthodologique Flumilog : « Concernant les palettes rubrique, les valeurs retenues pour la puissance et la durée de combustion palette ont été déterminées en retenant une composition minimale en combustibles ou incombustibles de manière à être représentatif de la rubrique considérée. Cette composition minimale représente une centaine de kilogrammes et elle est complétée de façon aléatoire avec les produits restants dans certaines limites qui dépendent de la rubrique concernée. Pour chacune des rubriques, ce sont plusieurs milliers de compositions qui ont été testées afin de rechercher la courbe enveloppe de puissance. »

Les calculs ont été effectués pour toutes les cellules pour les palettes types « **1510** » et « **2662** » dont la composition est définie par Flumilog.

La rubrique 2662 correspond à un stockage de matières plastiques et représentent donc le potentiel calorifique le plus important entraînant, pour les mêmes conditions de stockage, le rayonnement thermique le plus important et donc potentiellement, les rayons de dangers les plus grands.

La rubrique 1510 correspond à une vitesse de combustion plus faible et peut donc entraîner des durées d'incendie plus longues que pour la rubrique 2662 et justifier la prise en compte d'un incendie généralisé à plusieurs cellules si la durée de l'incendie dépassait 2 heures.

On notera que Flumilog n'a pas encore intégré les palettes 1530 ou 1532. Les palettes actuellement définies (1510 et 2662) couvrant une gamme suffisamment large pour être représentative des autres rubriques de produits non inflammables.

2 – Résultats de la modélisation

Les distances de flux sont les suivantes pour des façades extérieures (distances maximales atteintes au milieu de la façade pour les façades pleines et au niveau des portes de quais pour les façades de quais) :

Stockage 1510 – Voir schéma des zones d'effets pages suivantes
Hauteur de stockage 12 m

	Distances maximales atteintes (m)					Durée incendie
	20 kW/m ²	16 kW/m ²	8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	
Cellule 1 :						
Quais (bardage)	na	na	5 m*	5 m*	5 m*	135 min
Pignon ouest (ETh120)	na	na	na	na	39 m	
Pignon sud (ETh120)	na	na	na	na	34 m	
Cellule 2 :						
Quais (bardage)	na	na	5 m*	5 m*	5 m*	133 min
Pignon sud (ETh120)	na	na	na	na	27 m	
Cellule 3 :						
Quais (bardage)	na	na	5 m*	5 m*	5 m*	135 min
Pignon est (ETh120)	na	na	na	na	37 m	
Pignon sud (ETh120)	na	na	na	na	36 m	

na : non atteint.

ETh120 : écran thermique REI120.

*: dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé, dans la méthode Flumilog, pour de faibles distances d'effet comprises entre 1 et 5 mètres de retenir une distance d'effets de 5 mètres et pour celles comprises entre 5 et 10 mètres de retenir 10 mètres.

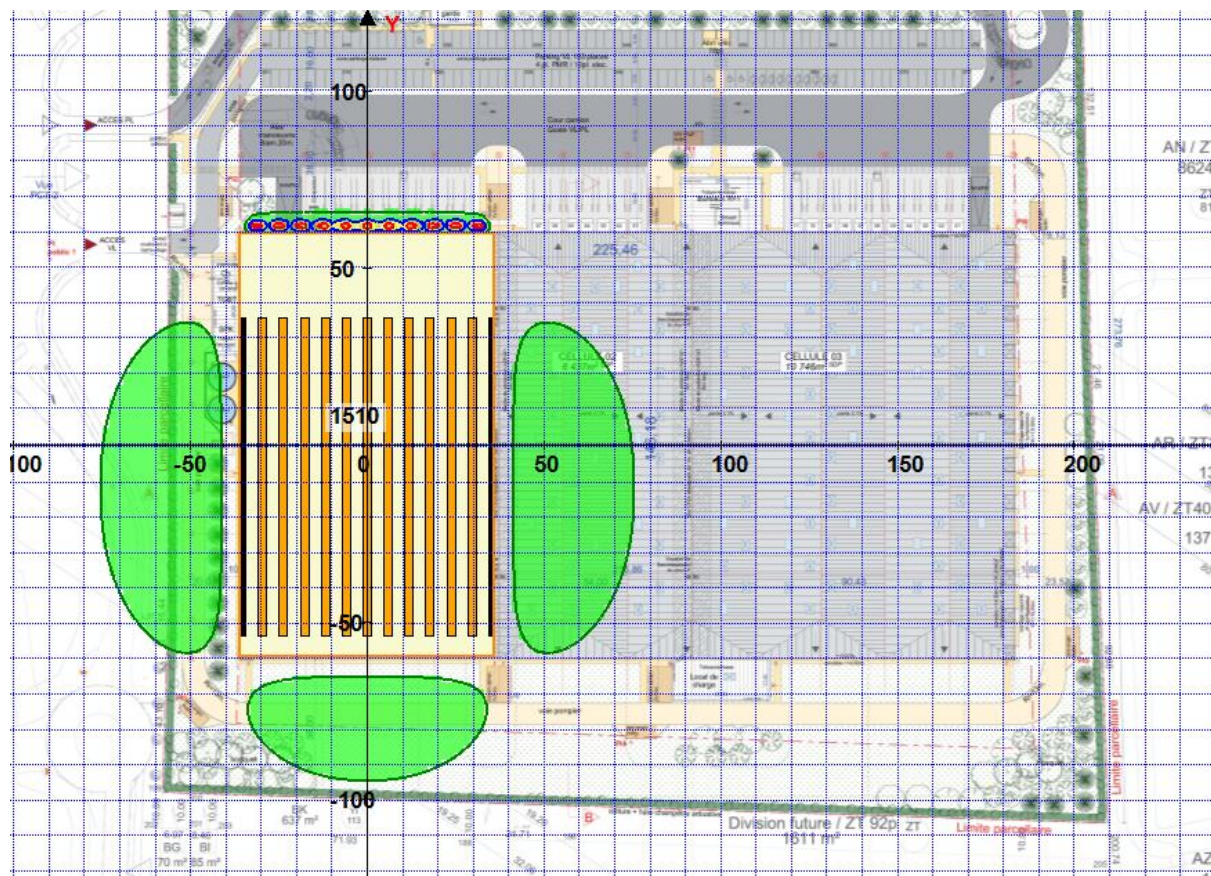
Conclusion :

Quelle que soit la cellule concernée, les flux de 5 kW/m² et plus restent cantonnés dans la cellule en feu, sauf au niveau des portes de quais (façade nord) mais dans des distances très faibles (< 5 m).

Les flux de 3 kW/m² sortent des limites de propriété et touchent :

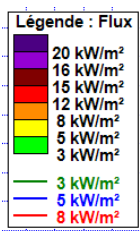
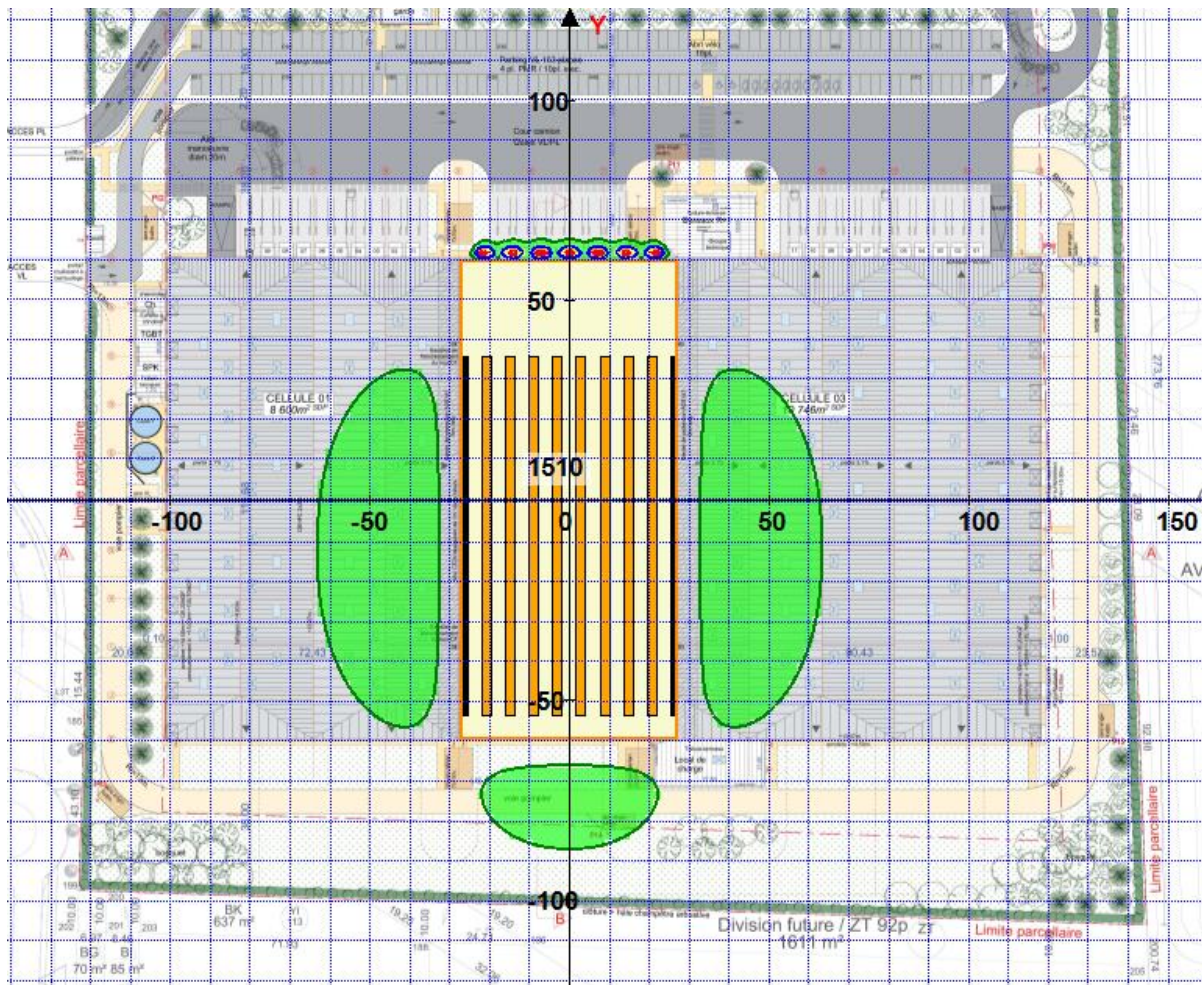
- A l'ouest de la cellule 1, la voie d'accès à l'entrepôt et le giratoire interne à la zone d'activité.
- A l'est de la cellule 3, les bassins d'infiltration d'eaux pluviales de la zone d'activité.

Ces zones d'effets ne présentent pas de risque pour le voisinage concerné. La situation est conforme aux prescriptions de l'article 2 de l'arrêté ministériel du 11/04/2017 concernant l'implantation du bâtiment :



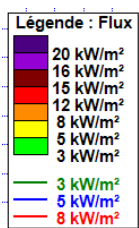
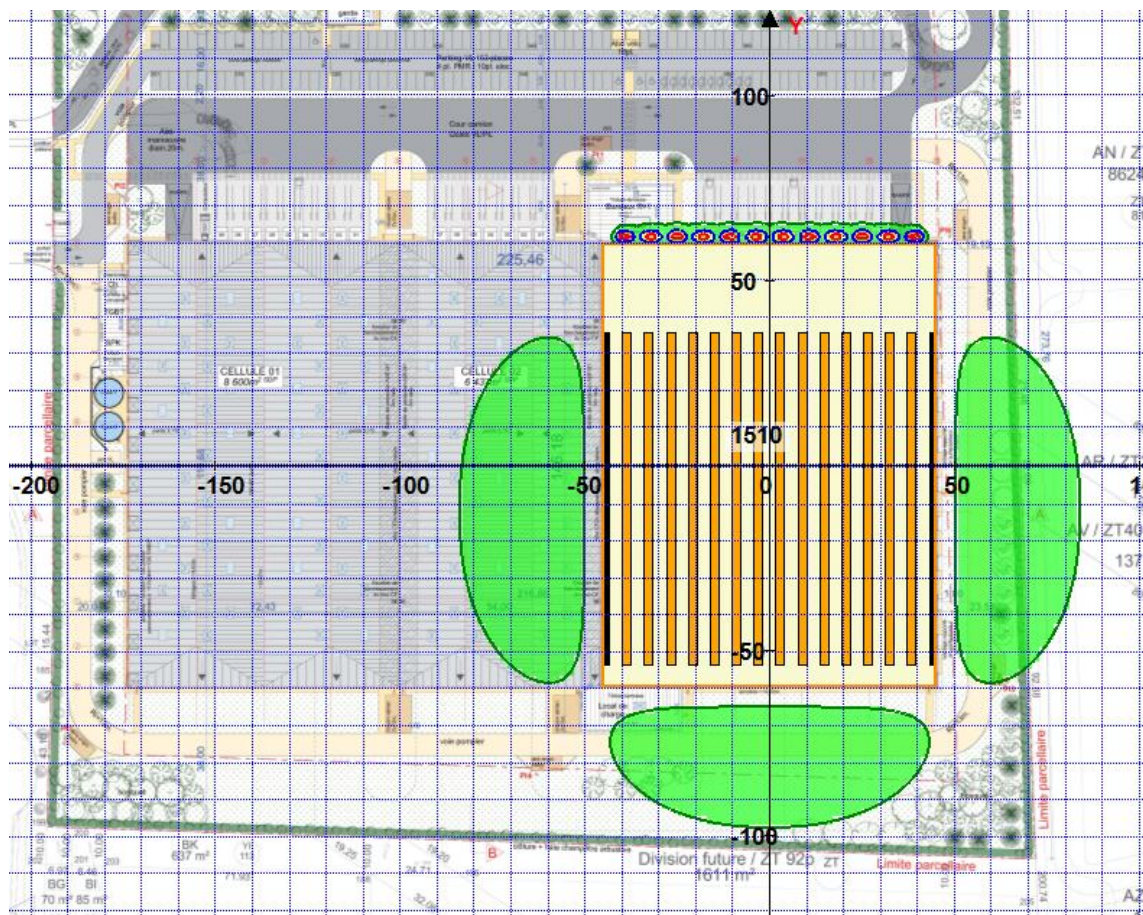
Zones d'effets thermiques
Cellule 1
Stockage de type 1510

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m



Zones d'effets thermiques
Cellule 2
Stockage de type 1510

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m



Zones d'effets thermiques
Cellule 3
Stockage de type 1510

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m

Stockage 2662 : – Voir schéma des zones d'effets pages suivantes
Hauteur de stockage 12 m

	Distances maximales atteintes (m)					Durée incendie
	20 kW/m ²	16 kW/m ²	8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	
Cellule 1 :						
Quais (bardage)	na	na	5 m*	5 m*	10 m*	103 min
Pignon ouest (ETh120)	na	na	na	34 m	54 m	
Pignon sud (ETh120)	na	na	na	28 m	47 m	
Cellule 2 :						
Quais (bardage)	na	na	5 m*	5 m*	10 m*	101 min
Pignon sud (ETh120)	na	na	na	22 m	40 m	
Cellule 3 :						
Quais (bardage)	na	na	5 m*	5 m*	10 m*	103 min
Pignon est (ETh120)	na	na	na	35 m	55 m	
Pignon sud (ETh120)	na	na	na	35 m	54 m	

na : non atteint.

ETh120 : écran thermique REI120.

*: dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé, dans la méthode Flumilog, pour de faibles distances d'effet comprises entre 1 et 5 mètres de retenir une distance d'effets de 5 mètres et pour celles comprises entre 5 et 10 mètres de retenir 10 mètres.

Conclusion :

Quelle que soit la cellule concernée, les flux de 8 kW/m² et plus restent cantonnés dans la cellule en feu, sauf au niveau des portes de quais (façade nord) mais dans des distances très faibles (< 5 m).

Les flux de 5 kW/m² sortent des limitent de propriété et touchent :

- A l'ouest de la cellule 1, la voie d'accès à l'entrepôt et le giratoire interne à la zone d'activité.
- A l'est de la cellule 3, les bassins d'infiltration d'eaux pluviales de la zone d'activité.

Les flux de 3 kW/m² sortent des limitent de propriété et touchent :

- A l'ouest de la cellule 1, la voie d'accès à l'entrepôt et le giratoire interne à la zone d'activité.
- A l'est de la cellule 3, les bassins d'infiltration d'eaux pluviales de la zone d'activité.
- Au sud des cellules 1 et 3, des terrains de la zone d'activité destinés à une activité industrielle.

Ces zones d'effets ne présentent pas de risque pour le voisinage concerné. La situation est conforme aux prescriptions de l'article 2 de l'arrêté ministériel du 11/04/2017 concernant l'implantation du bâtiment :

Cependant, afin de contenir les zones d'effet de 5 kW/m² dans les limites de propriété, CARGO PROPERTY a choisi de mettre en place des mesures compensatoires.

Les façades concernées étant déjà coupe-feu (écrans thermiques REI120) et la bande de terrain à l'est et à l'ouest étant assez limitées, il n'est pas possible de mettre en place des protections thermiques supplémentaires (merlons, écrans en limites de propriété).

Une solution est de diminuer la hauteur de stockage des matières plastiques. Des calculs itératifs ont permis de définir la hauteur permettant de cantonner les flux de 5 kW/m² dans les limites de propriété.

Les résultats sont les suivants pour un **stockage de matières plastiques à 9 m** en cellule 1 et 3.

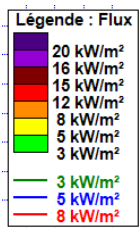
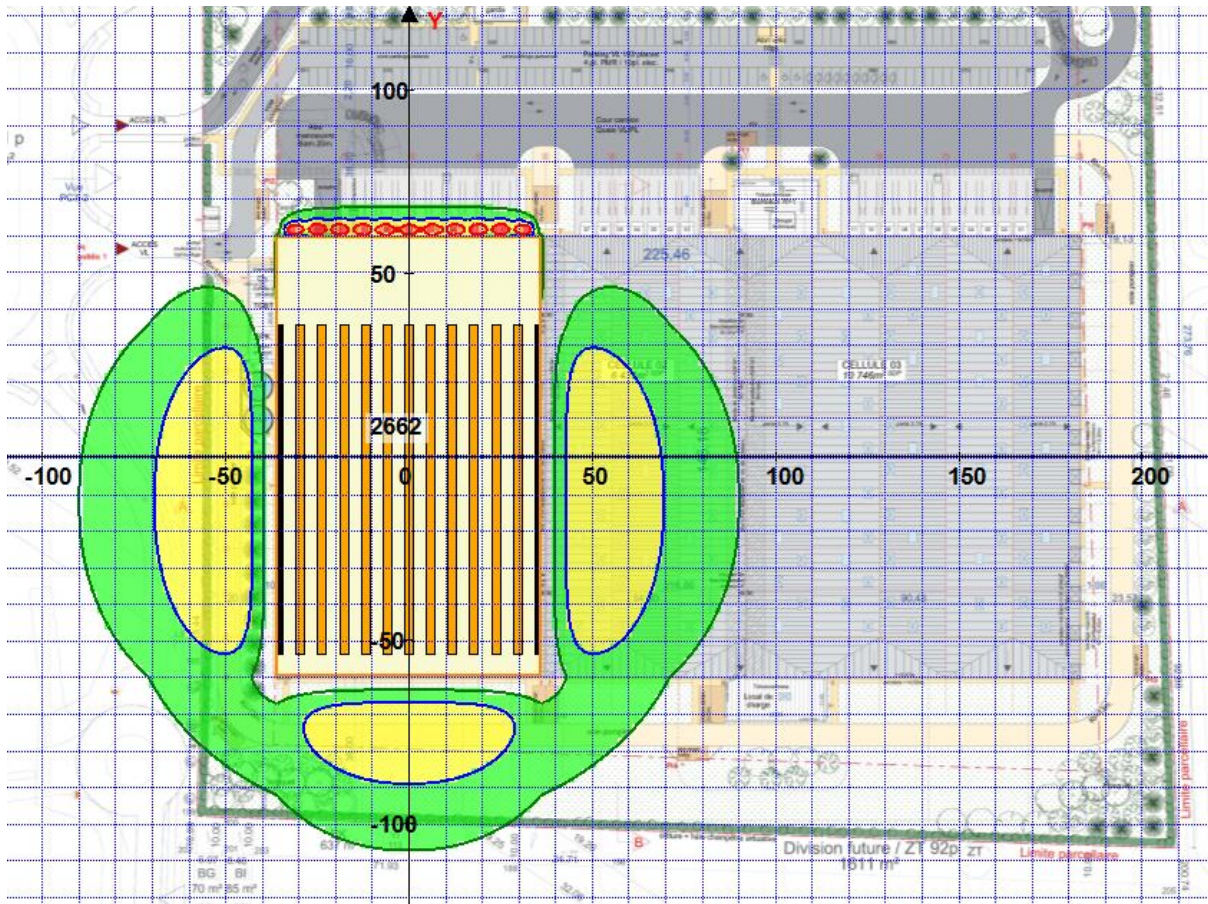
Stockage 2662 : – Voir schéma des zones d'effets pages suivantes
Hauteur de stockage 9 m

	Distances maximales atteintes (m)					Durée incendie
	20 kW/m ²	16 kW/m ²	8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²	
Cellule 1 :						
Quais (bardage)	na	na	5 m*	5 m*	10 m*	93 min
Pignon ouest (ETh120)	na	na	na	na	34 m	
Pignon sud (ETh120)	na	na	na	na	30 m	
Cellule 3 :						
Quais (bardage)	na	na	5 m*	5 m*	10 m*	94 min
Pignon est (ETh120)	na	na	na	na	35 m	
Pignon sud (ETh120)	na	na	na	na	35 m	

na : non atteint.

ETh120 : écran thermique REI120.

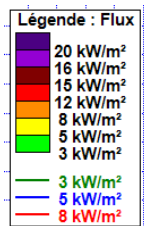
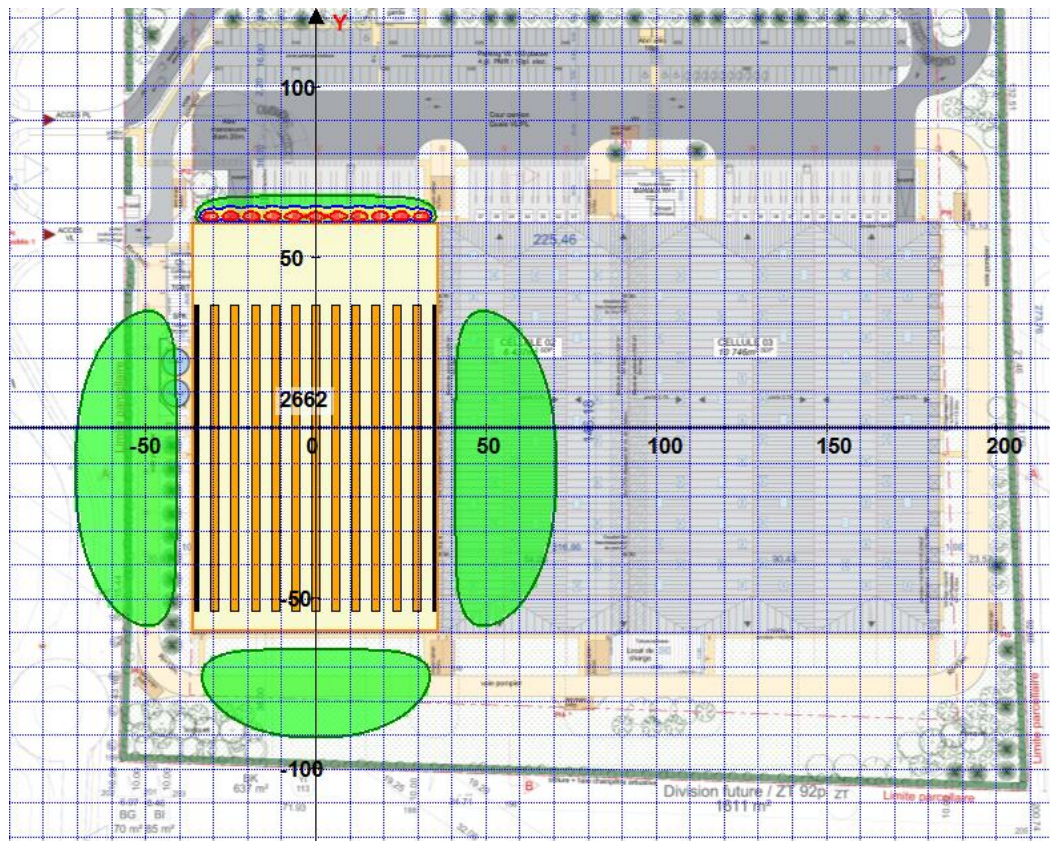
*: dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé, dans la méthode Flumilog, pour de faibles distances d'effet comprises entre 1 et 5 mètres de retenir une distance d'effets de 5 mètres et pour celles comprises entre 5 et 10 mètres de retenir 10 mètres.



Zones d'effets thermiques
Cellule 1
Stockage de type 2662

Hauteur de stockage 12 m

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m



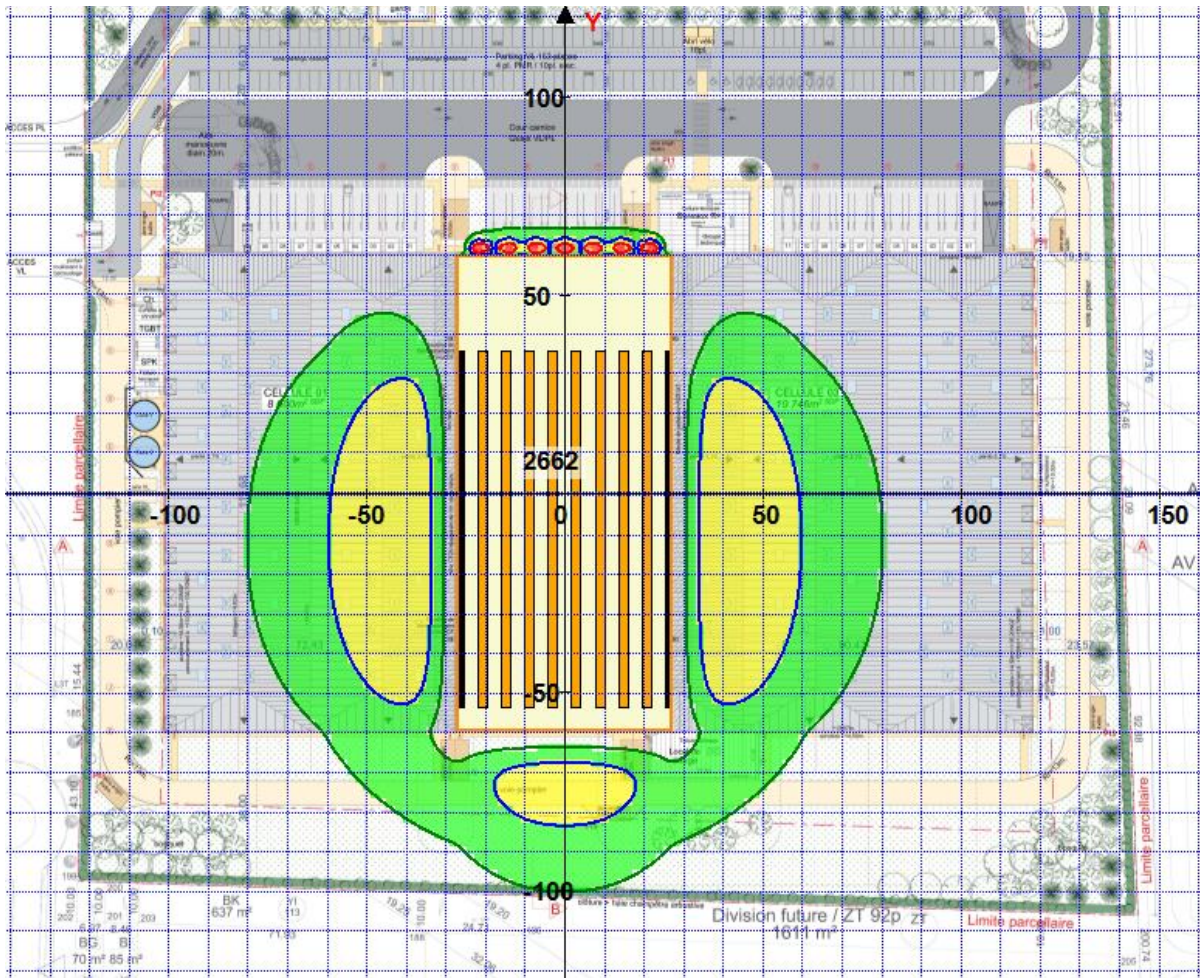
Zones d'effets thermiques

Cellule 1

Stockage de type 2662

Hauteur de stockage 9 m

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m



Légende : Flux

20 kW/m ²
16 kW/m ²
15 kW/m ²
12 kW/m ²
8 kW/m ²
5 kW/m ²
3 kW/m ²
3 kW/m ²
5 kW/m ²
8 kW/m ²

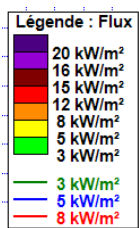
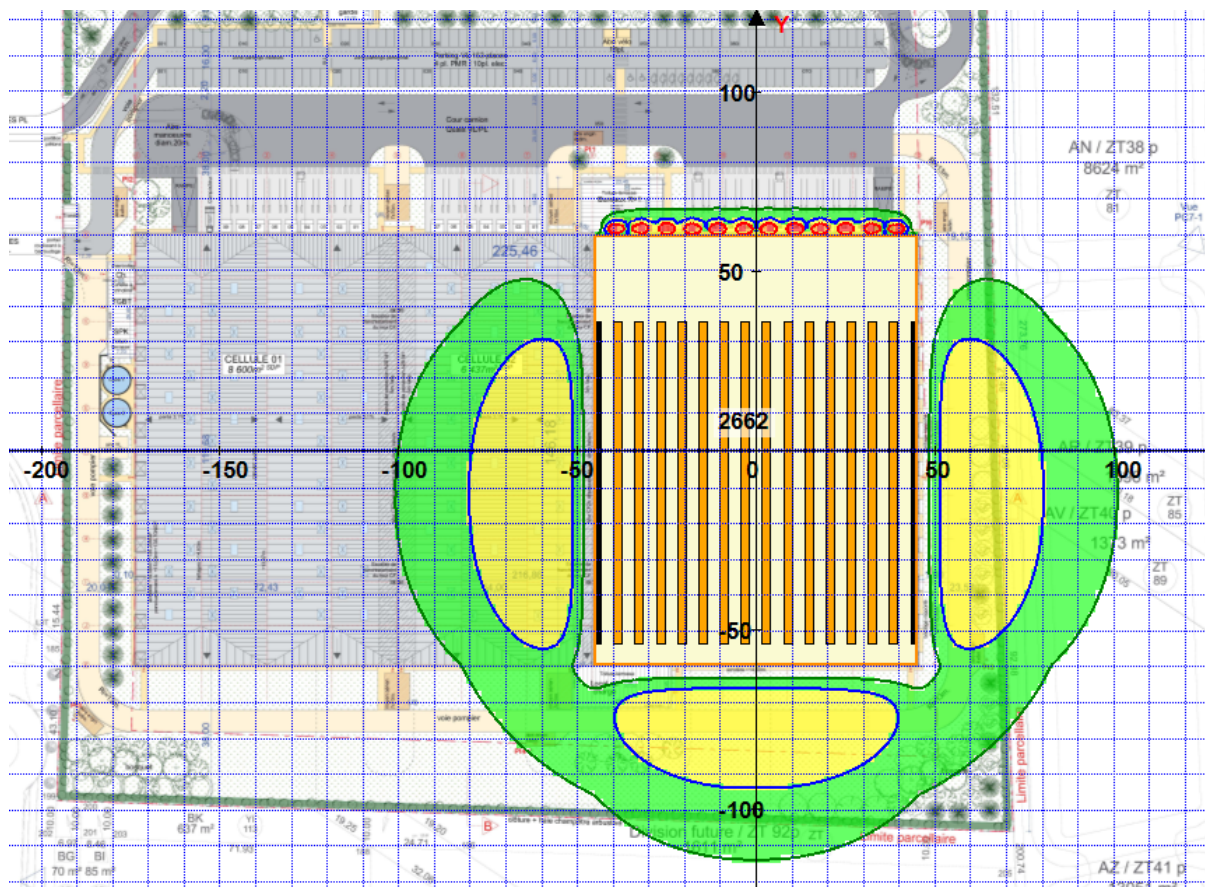
Zones d'effets thermiques

Cellule 2

Stockage de type 2662

Hauteur de stockage 12 m

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m



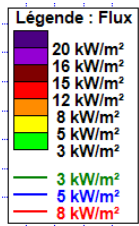
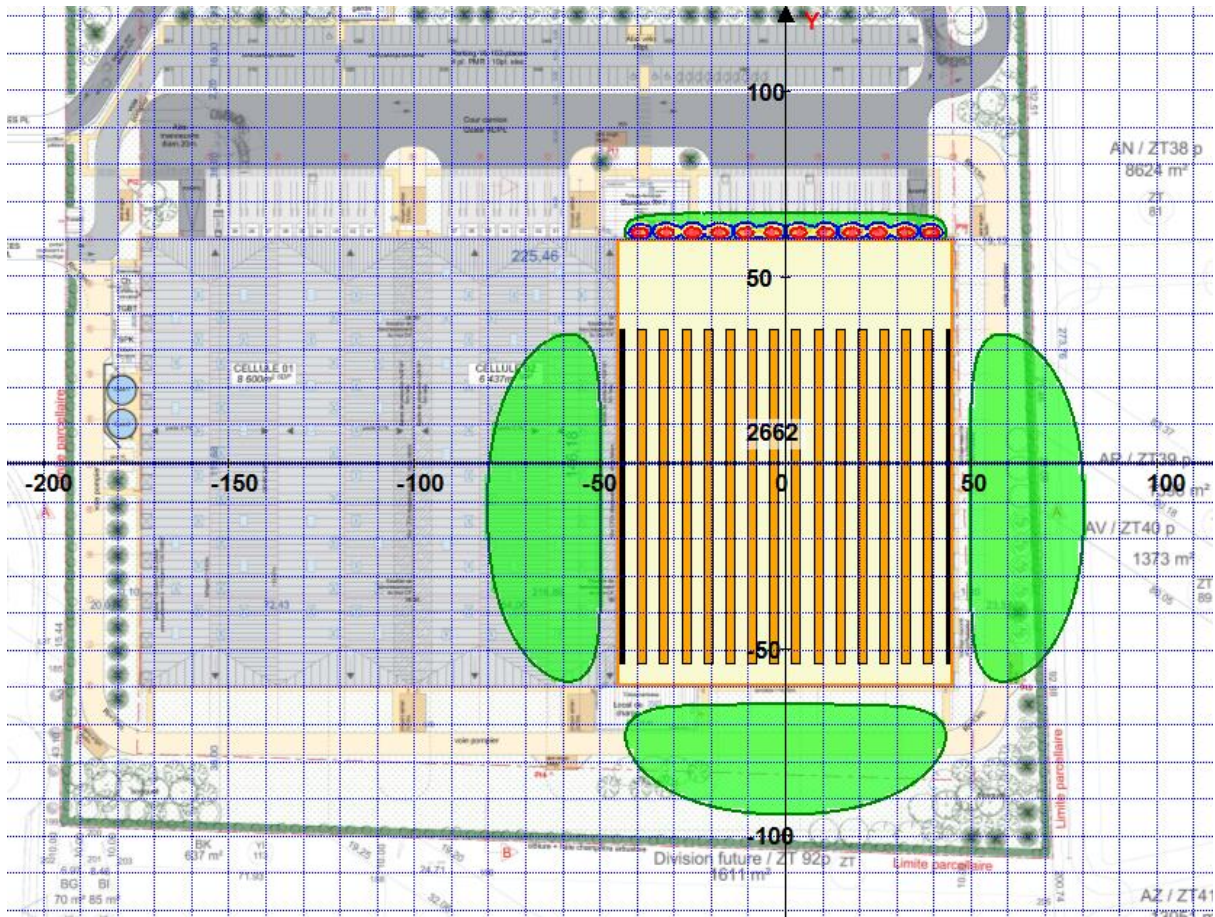
Zones d'effets thermiques

Cellule 3

Stockage de type 2662

Hauteur de stockage 12 m

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m



Zones d'effets thermiques

Cellule 3

Stockage de type 2662

Hauteur de stockage 9 m

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m

3 – Conclusion : zones de danger

En cas d'incendie d'une cellule de stockage :

- les zones d'effets thermiques de 5 kW/m² et plus restent dans les limites de propriété.
- les zones d'effets de 3 kW/m² sortent des limites de propriété au plus de :
 - 15 m à l'ouest et touchent les voies de desserte du site,
 - 12 m à l'est et touchent les bassins d'eaux pluviales de la zone d'activité.

L'implantation du bâtiment est donc conforme à l'article 2 de l'arrêté du 11/04/2017 :

Pour les installations soumises à enregistrement ou à autorisation, les parois extérieures de l'entrepôt (ou les éléments de structure dans le cas d'un entrepôt ouvert) sont suffisamment éloignées :

- des constructions à usage d'habitation, des immeubles habités ou occupés par des tiers et des zones destinées à l'habitation, à l'exclusion des installations connexes à l'entrepôt, et des voies de circulation autres que celles nécessaires à la desserte ou à l'exploitation de l'entrepôt, d'une distance correspondant aux effets létaux en cas d'incendie (seuil des effets thermiques de 5 kW/m²) ;

- des immeubles de grande hauteur, des établissements recevant du public (ERP) autres que les guichets de dépôt et de retrait des marchandises conformes aux dispositions du point 4. de la présente annexe sans préjudice du respect de la réglementation en matière d'ERP, des voies ferrées ouvertes au trafic de voyageurs, des voies d'eau ou bassins exceptés les bassins de rétention ou d'infiltration d'eaux pluviales et de réserve d'eau incendie, et des voies routières à grande circulation autres que celles nécessaires à la desserte ou à l'exploitation de l'entrepôt, d'une distance correspondant aux effets irréversibles en cas d'incendie (seuil des effets thermiques de 3 kW/m²),

De plus, le syndicat d'aménagement de la zone d'activité d'Artenay Poupry, propriétaire des terrains voisins, accepte les contraintes liées au dépassement des flux thermiques sur les parcelles voisines, qui ne sont pas destinées à l'aménagement.

Voir courrier en **annexe 5.**

5 - Effets DOMINO

Conformément à l'arrêté ministériel du 29/09/2005, nous prendrons pour référence un flux de 8 kW/m² comme pouvant être à l'origine de la propagation d'un incendie pour une exposition de longue durée.

Propagation aux tiers

Quelle que soit la cellule considérée, le flux de 8 kW/m² produit lors de l'incendie n'atteint pas les terrains voisins. Il n'y a donc pas de risque d'effet domino de notre site sur un site voisin quelle que soit l'implantation future des installations voisines.

Propagation aux cellules voisines

Les cellules sont séparées entre elles par des murs REI120.

La propagation de l'incendie d'une cellule à l'autre est donc envisageable si la durée de l'incendie de la cellule dure plus de 120 min. Flumilog permet de calculer la durée de l'incendie.

Pour un stockage de type 1510, elle est de 135 min maximum donc supérieure à 120 min

Pour un stockage de type 2662, elle est de 101 min maximum donc inférieure à 120 min

La probabilité de la propagation de l'incendie d'une cellule à l'autre est donc possible dans le cas d'un stockage de type 1510. Ce phénomène d'effet domino est développé dans le scénario PhD.2b.

PhD 2 : Incendie d'une cellule de stockage Effet 2.2 – Dispersion de gaz toxiques

*NB : pour plus de détail, le lecteur se reportera aux résultats complets donnés par l'étude de ANTEA en **Annexe 2**.*

1 – Description du scénario majorant, hypothèses de calculs

Nous avons considéré comme scénario majorant le stockage de matières plastiques pures classées sous la rubrique 2662. Afin de rester réalistes par rapport aux pratiques habituelles et à la diversité des matières plastiques pouvant être concernées mais sans pour autant minimiser les risques, nous avons considéré un stockage mixte des 5 principales matières plastiques aujourd'hui sur le marché : PVC, polyéthylène, polystyrène, polyuréthane et polypropylène.

La modélisation est faite pour la plus grande cellule pouvant contenir la plus grande quantité de matières : cellule 3 avec 15 600 palettes.

Les quantités présentes dans une cellule sont les suivantes :

- PP = 1 778,4 t
- PE = 1 778,4 t
- PVC = 1 778,4 t
- PS = 1 778,4 t
- PU = 1 938 t
- Bois = 468 t

2 – Calcul de la hauteur d'émission

La hauteur d'émission des fumées (appelée par défaut hauteur de flamme dans le rapport) est calculée au moyen de la relation de Heskestad présentée au § 2. 1. 3. du rapport 6), conformément à la méthodologie préconisée dans le rapport Oméga 16 de l'INERIS (§4.2.3.3, page 36).

Soit une hauteur d'émission calculée de 76 m.

3 – Composition des fumées

La composition des fumées d'incendie dépend de la composition chimique des produits. À partir de la composition chimique des matériaux présents on peut déterminer le tonnage respectif des atomes représentatifs :

Composé	CO ₂	CO	HCl	HCN	NO ₂	Fumées totales
Débit massique (en kg/s)	517	32.9	25.8	2.8	4.7	24 291

Pour chaque gaz toxique, sont déterminés des concentrations correspondant à trois seuils d'effets, dénommés SEI (Seuil des Effets Irréversibles), SPEL (Seuil des Premiers Effets Létaux pour 1 % de la population exposée) et SELS (Seuils des Effets Létaux Significatifs pour 5% de la population exposée).

Lorsque les polluants sont susceptibles de se retrouver mélangés dans les fumées de combustion, il faut alors déterminer le SEI équivalent ainsi que le SEL équivalent de ces fumées. Ceci permet de prendre en compte de façon sommaire l'effet simultané de tous les gaz toxiques. Le seuil des effets irréversibles équivalent est alors déterminé tel que :

$$\sum_i Q_i / SEI_{.i} = Q_{total} / SEI_{\text{équivalent}}$$

Avec pour chaque gaz toxique :

- la concentration SEI, exprimée en masse de gaz toxique par m³ ou en ppm, correspondant à l'apparition des effets irréversibles pour une exposition de 60 min,
- et le débit massique Qi du gaz dans les fumées.

La méthode et la formule sont similaires pour définir le SEL équivalent. Les seuils équivalents pour une exposition de 60 minutes sont communiqués dans le tableau ci-dessous :

SEI équivalent	17 873 ppm
SPEL équivalent	76 202 ppm
SELS équivalent	103 857 ppm

Résultats :

Les distances d'effets pour une durée d'exposition de 60 minutes sont les suivantes :

Seuil	Distance
SEI	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun effet toxique n'est observé à hauteur d'homme (h < 2 m) • Hauteur minimale d'atteinte du seuil toxique : 72 m à 59 m de la source • Distance maximal atteinte par les fumées toxiques : 512 m de la source à h = 258 m
SPEL	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun effet toxique n'est observé à hauteur d'homme (h < 2 m) • Hauteur minimale d'atteinte du seuil toxique : 76 m à la source • Distance maximal atteinte par les fumées toxiques : 120 m de la source à h = 161 m
SELS	<ul style="list-style-type: none"> • Aucun effet toxique n'est observé à hauteur d'homme (h < 2 m) • Hauteur minimale d'atteinte du seuil toxique : 76 m à la source • Distance maximal atteinte par les fumées toxiques : 80 m de la source à h = 147 m

4 – Zones de danger

Il n'y a pas d'effets toxiques dangereux au sol. Les effets se situent à plus de 75 m de haut quelle que soit la condition météorologique.

Dans ce périmètre, il n'y a pas d'immeubles pouvant représenter une cible à plus de 75 m (tour d'habitation par exemple) ni de point haut (colline).

PhD 2 : Incendie d'une cellule de stockage

Effet 2.3 – Dispersion d'eaux d'extinction

L'évaluation des besoins en rétention des eaux incendie est liée aux volumes d'eau utilisés par les pompiers pour combattre le sinistre.

Besoins en eaux incendie

Les volumes d'eau nécessaires aux services de secours sont évalués selon l'instruction technique D9 (INESC - FFSA - CNPP).

Les calculs ont été effectués pour la surface non recoupée la plus grande soit 10 717 m² (cellule 1) et un stockage de marchandises sur racks (scénario majorant).

Données d'entrée :

Surface :	10717	m ²
hauteur de stockage :	12	m
Stabilité au feu :	1	h
accueil 24h/24 (O/N) :	n	
Détection incendie (O/N) :	o	
Service de sécurité incendie (O/N) :	n	
Catégorie de risque :	3	
Sprinklage (O/N) :	o	

CRITERE	COEFFICIENTS ADDITIONNELS	COEFFICIENTS RETENUS POUR LE CALCUL
HAUTEUR DE STOCKAGE		
jusqu'à 3 m	0	0,20
jusqu'à 8 m	+ 0,1	
jusqu'à 12 m	+ 0,2	
au-delà de 12 m	+ 0,5	
TYPE DE CONSTRUCTION		
ossature stable au feu >= 1 h	- 0,1	-0,1
ossature stable au feu >= 1/2 h	0	
ossature stable au feu < 1/2 h	+ 0,1	
TYPE D'INTERVENTION INTERNE		
accueil 24h/24	- 0,1	0,0
DAI généralisé 24h/24, 7j/7	- 0,1	-0,1
service de sécurité incendie	- 0,3	0,0
SURFACE DE REFERENCE		10717 m ²
CATEGORIE DE RISQUE		
Risque 1	1	2,0
Risque 2	1,5	
Risque 3	2	
RISQUE SPRINKLE		
oui	0,5	0,5
non	1	
Débit théorique		643 m³/h

Les besoins s'élèvent à **660 m³/h**.

Disponibilités en eau incendie :

Le réseau public assure 120 m³/h maximum. Il alimente les poteaux incendie de la voie publique. Ce débit n'étant pas suffisant, la défense incendie sera autonome et assurée par un réseau privé, surpressé et une réserve d'eau de 1 320 m³ alimentant 6 poteaux internes.

NB : Un poteau est présent sur la voie publique, à l'entrée du site. Il pourra servir de complément aux services d'intervention si nécessaire. Son apport en eau (60 m³/h) n'est pas comptabilisé dans les ressources du site.

Besoins en rétentions

Les hypothèses sont les suivantes :

- Débit d'eau incendie : 660 m³/h
- Volume de la cuve sprinkler : 700 m³
- Volume lié à l'utilisation des RIA : 0
- Surface imperméabilisée* = surface de la plus grande cellule en feu = 10 717 m²
- Possibilité de stocker des produits liquides (comme des boissons) = 1000 m³

(*) : le bassin de rétention étant également le bassin de rétention des eaux de voirie, on ne compte pas deux fois le volume de pluie de l'orage décennal. La surface imperméabilisée est donc celle ajoutée aux surfaces de voiries, c'est-à-dire la surface de la cellule en feu.

Besoins pour la lutte extérieure		Résultat document D9 : (Besoins x 2 heures au minimum)	1320
			+
Moyens de lutte intérieure contre l'incendie	Sprinklers	volume réserve intégrale de la source principale ou besoins x durée théorique maxi de fonctionnement	700
			+
	Rideau d'eau	besoins x 90 mn	0
	RIA	A négliger	0
			+
	Mousse HF et MF	Débit de solution moussante x temps de noyage (en gal. 15 - 25 mn)	0
			+
	Brouillard d'eau et autres systèmes	Débit x temps de fonctionnement requis	0
			+
Volumes d'eau liés aux intempéries		10 l/m ² de surface de drainage	107,17
			+
Présence stock de liquides		20% du volume contenu dans le local contenant le plus grand volume	200
			+
Total :			2327,17
Volume de rétention nécessaire =			2327,17 m³

Les besoins en rétention sont donc de 2 327 m³.

Rétentions mises en place :

L'eau d'extinction viendra déborder par les portes de quais et sera dirigée vers le bassin de rétention étanche via les quais.

Un premier volume de 120 m³ est disponible au niveau de la cour camion avec une hauteur d'eau maximale de 20 cm.

Le reste, soit 2 207 m³ sera retenu dans un bassin étanche.

Une vanne d'isolement mise en place à la sortie du bassin de rétention permettra la rétention des eaux polluées.

Cette vanne sera motorisée et à déclenchement automatique (couplage à la détection sprinkler) ou manuelle.

PhD 2b : Incendie généralisé Effet 2b.1 – Effets thermiques

Rappel :

Lorsqu'un incendie se déclare dans une cellule, il se développe jusqu'à atteindre son intensité maximale, appelée flash-over, 30 à 40 minutes après le départ de feu. Après avoir atteint cette phase et s'être stabilisé, le feu entre dans sa phase de déclin. Il va progressivement baisser en intensité puis entrer en combustion lente jusqu'à épuisement du combustible.

La durée de combustion sur une cellule complète « 1510 », sans intervention du personnel, des secours et en supposant que le sprinklage n'a pas rempli son rôle, est plus ou moins de 2 heures. Dans ce cas, les murs séparatifs REI 120 sont considérés comme ne faisant plus obstacle à la propagation de l'incendie, et l'incendie se propage ainsi de la cellule initiale vers la ou les cellules adjacentes.

Dans la cellule initiale, l'épuisement du combustible et les écroulements divers (racks, toitures...) vont conduire à une diminution de la puissance de l'incendie, par manque d'oxygène, lorsque celui-ci commencera à se propager à la ou les cellules adjacentes.

Il ne peut donc y avoir qu'une seule cellule à la fois en feu à son maximum d'intensité (on rappelle que le flash over, phase où l'incendie est à son maximum de puissance, ne dure que 10 à 20 minutes environ).

1 – Description du scénario majorant, hypothèses de calculs

Les hypothèses de calcul sont identiques à celles retenues précédemment.

Le logiciel Flumilog intègre ces mêmes données et modélise les effets sur deux ou trois cellules en tenant compte de la cinétique de l'incendie et de la tenue au feu des murs séparatifs et écrans thermiques REI 120.

La durée de l'incendie étant supérieure à 120 min pour les deux types de stockage et l'intensité de l'incendie étant plus forte pour un stockage de type 2662, nous étudierons l'incendie généralisé des 3 plus grandes cellules pour un stockage 2662 dans les 3 cellules.

2 – Résultats de la modélisation

Les rapports FLUMILOG sont donnés en **Annexe 4**.

Nous indiquons dans le tableau suivant les distances maximales observées qui le sont généralement au milieu des façades des cellules.

	Distances maximales atteintes (m)				
	20 kW/m ²	16 kW/m ²	8 kW/m ²	5 kW/m ²	3 kW/m ²
Cellule1					
Façade nord (quais)	na	na	5 m	5 m	10 m
Façade sud (ETh)	na	na	na	15 m	35 m
Façade ouest (ETh)	na	na	na	21 m	41 m
Cellule 2					
Façade nord (quais)	na	na	5 m	5 m	5 m
Façade sud (ETh)	na	na	5 m	20 m	40 m
Cellule3					
Façade nord (quais)	na	na	5 m	5 m	10 m
Façade sud (ETh)	na	na	na	27 m	47 m
Façade est (ETh)	na	na	na	21 m	41 m

Na : non atteint

ETh : écran thermique REI120

Conclusion :

En cas d'incendie généralisé aux 3 cellules, les flux de 5 kW/m² et plus restent cantonnés dans les limites de propriété et ne touchent pas les terrains voisins.

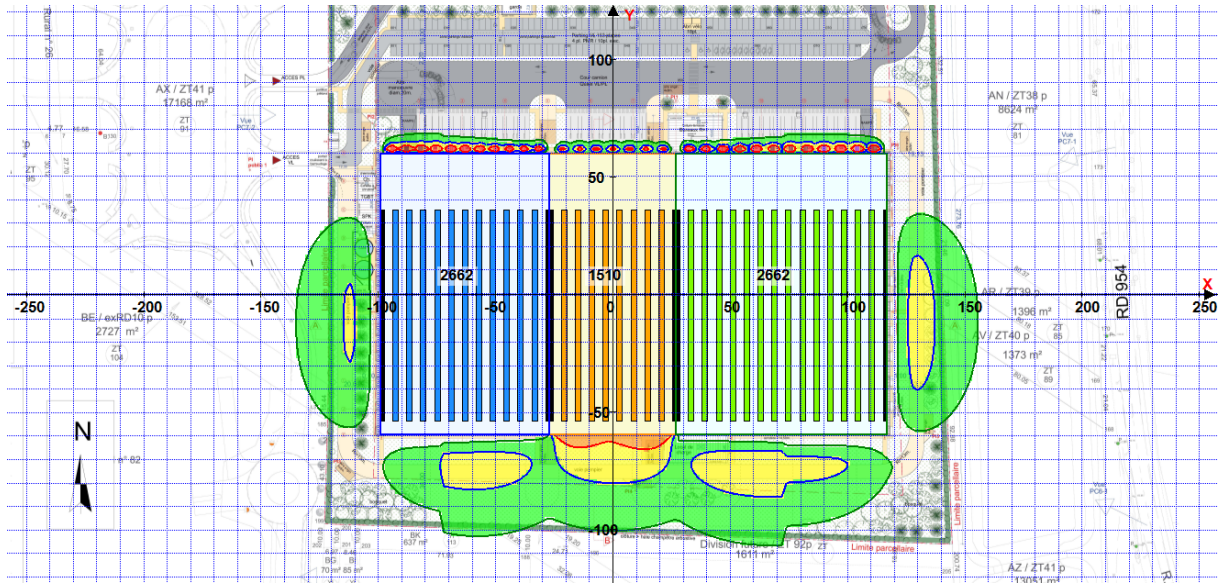
Le flux de 3 kW/m² sort légèrement des limites et touchent :

- A l'ouest, la voie publique d'accès au site sur environ 15 m.
- Au sud, un terrain industriel de la ZA, sur moins de 5 m.
- A l'est, les bassins de gestion de eaux pluviales de la ZA sur environ 15 m.

Les zones de dangers générées par l'incendie généralisé du bâtiment restent donc conformes aux contraintes de l'arrêté ministériel du 11/04/2017.

De plus, le syndicat d'aménagement de la zone d'activité d'Artenay Poupry, propriétaire des terrains voisins, accepte les contraintes liées au dépassement des flux thermiques sur les parcelles voisines, qui ne sont pas destinées à l'aménagement.

Voir courrier en **annexe 5**



Légende : Flux

20 kW/m ²
16 kW/m ²
15 kW/m ²
12 kW/m ²
8 kW/m ²
5 kW/m ²
3 kW/m ²
3 kW/m ²
5 kW/m ²
8 kW/m ²

Zones d'effets thermiques
Incendie généralisé

Stockage de type 1510 vers 2662

Echelle : 1 carré = 10 x 10 m

PhD 9 : Explosion de la chaufferie Effet de surpression

1 – Description du scénario majorant, hypothèses de calculs

La méthode de calcul retenue est le modèle multi-énergie – voir Méthodologie en **Annexe 3**.

La chaufferie a les dimensions suivantes :

- Surface : 64 m²
- Hauteur sous plafond : 5 m

Caractéristiques du gaz de ville :

- Limite Inférieure d'Explosivité LIE : 5%
- Limite Supérieure d'Explosivité LSE : 15%
- Energie minimale d'inflammation : 300μJ
- Masse volumique: 0,68 kg/m³.

Indice de sévérité retenu : 5

2 – Résultats de la modélisation

Energie de Brode (source INERIS DRA 2004-46055)

Po ambient (Pa)	101325
Volume de l'enceinte (m ³)	320
Criticité choisie entre 1 et 10	5
<i>Pmax (Pa)</i>	20000
<i>E Brode (MJ)</i>	19,2
<i>Rayon caractéristique Rc (m)</i>	5,74

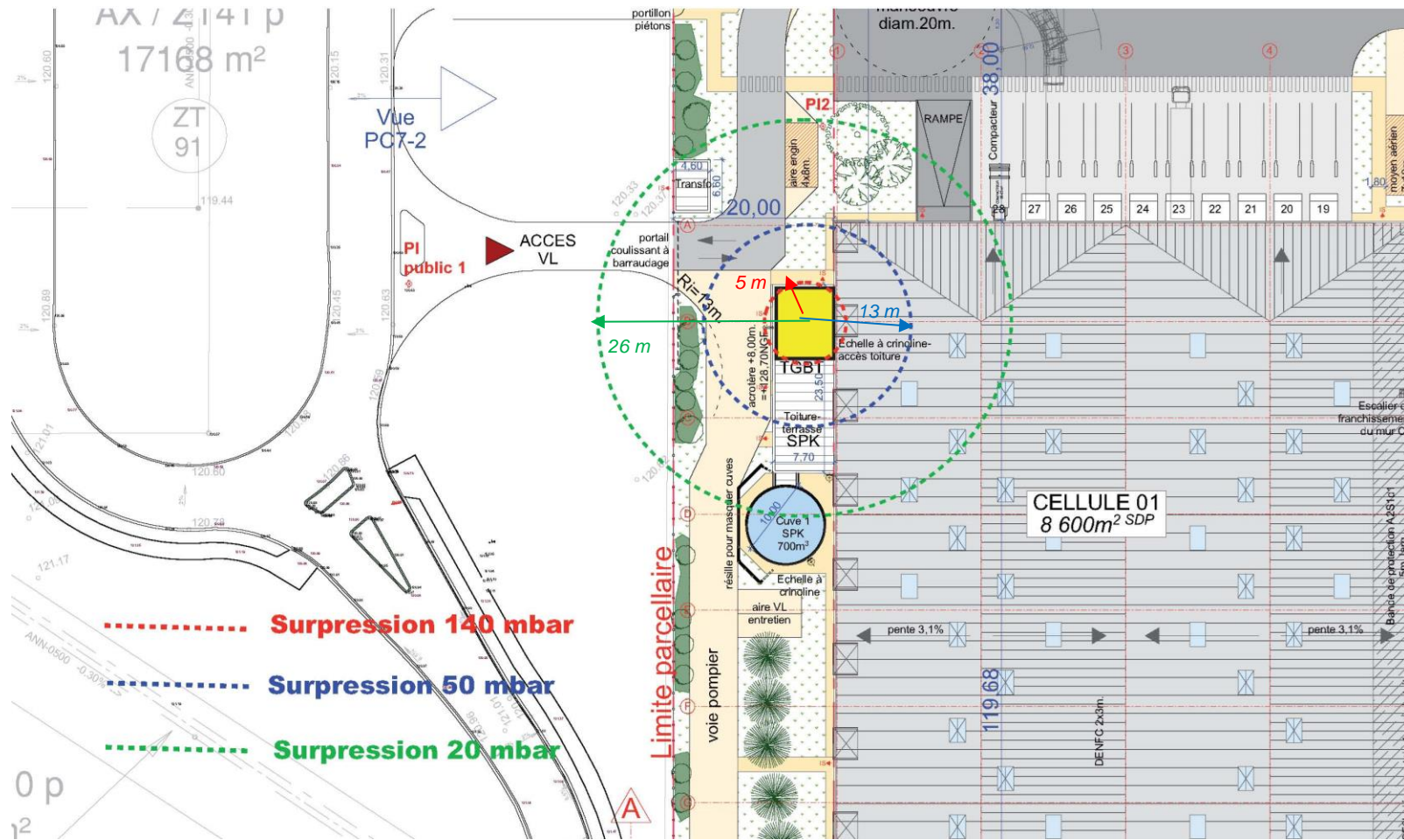
Evaluation des distances de surpression

Surpression (mbar)	Distances réduites (m)	Distances estimées des effets de surpression (m)
20	//	26
50	2,3	13
140	0,85	5
200	0	0

3 – Zones de danger

Les zones de dangers sont reportées sur le schéma qui suit.

Les rayons de danger correspondant aux surpressions de 50 mbar et plus restent cantonnés aux limites de propriété.



5.3. Evaluation de la gravité des phénomènes étudiés

La gravité est maintenant évaluée conformément à la fiche n°1 relative à la méthodologie de comptage des personnes pour la détermination de la gravité des accidents de la circulaire du 10 mai 2010.

5.3.1. PhD 2-1 : incendie d'une cellule – effets thermiques

Pour toutes les cellules, les zones de dangers correspondant aux flux thermiques de 5 kW/m² et plus restent cantonnés dans les limites de propriété.

Les flux de 3 kW/m² sortent des limites de propriété. Les zones les plus grandes sont celles liées à un incendie de palettes de type 1510 à 12 m de haut.

	Cellule 1	Cellule 2	Cellule 3
Surface touchée par les effets létaux (Z1) – 5 kW/m ²	0	0	0
Surface touchée par les effets irréversibles (Z2) – 3 kW/m ²	1 400 m ²	0	900 m ²
Type d'occupation	100 m de voirie + espaces verts	-	Bassin d'eaux pluviales
Taux de fréquentation (*)	1 personne/ha	-	1 personne/ha
Nombre de personnes touchées par les effets irréversibles (Z2) – 3 kW/m ²	0,14	0	0,09
Gravité	1	0	1

Le niveau de gravité est donc de 1 pour l'incendie d'une cellule de stockage.

5.3.1. PhD 2-1 : incendie d'une cellule – effets toxiques

Quelle que soit la cellule en feu, les zones d'effets létaux ou irréversibles ne sont pas atteintes au sol.

Le niveau de gravité est donc de 1.

5.3.1. PhD 2b-1: incendie de 3 cellules – effets thermiques

	Cellule 1		Cellule 2	Cellule 3	
Surface touchée par les effets létaux (Z1) – 5 kW/m ²	0	0	0	0	0
Surface touchée par les effets irréversibles (Z2) – 3 kW/m ²	1 000 m ²	100 m ²	0	900 m ²	100 m ²
Type d'occupation	100 m de voirie + espaces verts	Espaces verts d'un terrain industriel	-	Bassin d'eaux pluviales	Espaces verts d'un terrain industriel
Taux de fréquentation (*)	1 personne/ha	1 personne/ha	-	1 personne/ha	1 personne/ha
Nombre de personnes touchées par les effets irréversibles (Z2) – 3 kW/m ²	0,10	0,01	0	0,09	0,01
Total	0,121				

Avec moins de 1 personne touchée, le **niveau de gravité retenu est 1.**

5.3.2. PhD 7: explosion de la chaufferie

Les rayons d'effet de 50 mbar et plus ne sortent pas des limites de propriété.

Le niveau de gravité est donc de 1.

5.3.3. Bilan

La gravité des différents phénomènes étudiés peut donc être cotée de la façon suivante :

Phénomènes étudiés	Cibles impactées	Gravité (G)
PhD 2-1 : Incendie d'une cellule Effets thermiques	Voirie (< 100 m) Espaces verts Bassins	1
PhD 2-1 : Incendie de 3 cellules Effets thermiques	Voirie (< 100 m) Espaces verts Bassins Espaces verts sur terrains industriels	1
PhD 2-2 : Incendie d'une cellule Dispersion de fumées	Aucune	1
PhD 2-3 : Incendie d'une cellule Déversement des eaux d'extinction d'incendie	Aucune	*
PhD 7 : Explosion de la chaufferie	Aucune	1

* le déversement d'eau incendie n'a pas de conséquence sur les personnes et n'entre pas dans la cotation de la gravité. On notera cependant qu'il n'y a pas d'effet hors site avec les mesures prévues (vanne de sectionnement + aménagement de capacités pour tenir le volume d'eaux estimées avec la D9a).

Tableau 10 : Cotation de la Gravité (ADR)

5.4. Evaluation de la probabilité des phénomènes étudiés

L'évaluation de la probabilité d'occurrence des phénomènes étudiés tient compte des Mesures de Maîtrise de Risques (MMR) mises en place.

Une MMR est constituée d'un ensemble d'éléments techniques nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité apte à :

- prévenir ou limiter l'occurrence de l'événement redouté,
- diminuer les conséquences de l'événement redouté,
- contrôler une situation dégradée en s'opposant à l'enchaînement de la séquence accidentelle.

Les fonctions de sécurité peuvent être assurées par :

- des barrières techniques de sécurité,
- des barrières humaines (barrières organisationnelles),
- la combinaison de barrières techniques et organisationnelles (ex : utilisation d'un extincteur).

Une même fonction de sécurité peut être assurée par plusieurs barrières de sécurité.

Un dispositif de sécurité peut être :

- **passif**, s'il ne met en jeu aucun système mécanique pour remplir sa fonction et ne nécessite ni action humaine, ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir sa fonction. Exemple : cuvette de rétention, mur coupe-feu...
- **actif**, s'il met en jeu des dispositifs mécaniques pour remplir sa fonction. Exemple : soupape de sécurité, clapet anti-retour...

La méthode des nœuds papillons qui fusionne l'arbre des causes et l'arbre des événements autour d'un événement redouté central permet de visualiser les barrières de sécurité.

5.4.1. PhD 2 : incendie d'une cellule de stockage

Diagramme « papillon » : Incendie ci-après.

5.4.1.1. Fonctions de sécurité : élément de prévention

Ces éléments permettent d'éviter un départ de feu.

F1	Eviter les cigarettes	: interdiction de fumer dans les locaux, consignes, affichages
F2	Eviter l'échauffement dû aux travaux par points chauds	: consignes, permis de feu
F3	Eviter les défaillances électriques	: entretien, maintenance
F4	Eviter les échauffements dus aux chariots	: entretien, maintenance, formation des caristes
F5	Prévenir les effets dominos dus aux installations techniques et annexes	: isolement des locaux techniques des zones de stockage
F6	Prévenir les effets de la foudre	: protection foudre du bâtiment (paratonnerre, mise à la terre, etc.)

5.4.1.2. MMR : élément de protection contre l'incendie et ses effets

NB : Conformément à la fiche n°7 relative aux Mesures de Maîtrise des Risques fondées sur une intervention humaine de la circulaire du 10/05/2010, les barrières de sécurité fondées sur des interventions humaines internes ne sont pas retenues comme MMR du fait de l'absence possible de personnel pendant les heures de fermeture. Seules les interventions humaines de la part d'un tiers par rapport à l'exploitant sont retenues et permettent de réduire la probabilité de deux classes (niveau de confiance 2).

La cotation des mesures de maîtrise des risques s'appuie sur le guide méthodologique pour l'analyse des risques dans les entrepôts soumis à autorisation (Document de travail du GT entrepôt – sept 2009).

Les MMR retenues sont :

F7 : Éviter la propagation de l'incendie de l'îlot à la cellule en détectant, en limitant, ou en supprimant le plus rapidement possible le départ de feu.

En dehors de l'intervention humaine (utilisation de RIA ou d'extincteurs) qui ne sont pas pris en compte, cette fonction est assurée par l'installation sprinkler décomposée comme suit :

On considère que le système d'extinction est efficace dans 90% des cas en absence de redondance des organes essentiels. Le niveau de confiance est donc de 1.

Éléments techniques de sécurité		Temps de réponse	Efficacité	Maintenance et testabilité	Niveau confiance
Extinction automatique d'incendie	Têtes	Rapide	NF S62-210 et agréé NFPA	<ul style="list-style-type: none"> - Essais hebdomadaires et entretien annuel des groupes moto-pompes - Contrôles des niveaux des réserves d'eau, gazole, batteries - Entretien annuel des postes de contrôles - Entretien triennal des postes et des sources - Intervention d'un organisme agréé 	NC1
	Moto-pompes				
	Réserves d'eau				

Le niveau de confiance retenu pour cette MMR est 1.

F8 : Contenir l'incendie à plusieurs cellules

Cette fonction est assurée d'une part par des dispositifs passifs (murs coupe-feu), d'autre part par des éléments actifs (désenfumage, portes coupe-feu) et par l'intervention des pompiers.

Éléments techniques de sécurité		Temps de réponse	Efficacité	Maintenance et testabilité	Niveau confiance
Système de désenfumage		Immédiat	Réglementation	<ul style="list-style-type: none"> - Tests de déclenchement - Vérification annuelle des cartouches et de l'ouverture par canton 	NC2
Compartimentage	Murs séparatifs REI 240	Non concerné	Règle APSAD	<ul style="list-style-type: none"> - Contrôles visuels de l'intégrité des murs, des portes et des DAD - Vérifications périodiques des portes coupe-feu + DAD par un organisme agréé - Procédure de vérification périodique 	NC1
	Portes EI 120 (doublées dans les murs REI 240)	Rapide	Règle APSAD		
	Détecteur Autonome Déclencheur des portes	Immédiat	PV de réception		

Éléments techniques de sécurité		Temps de réponse	Efficacité	Maintenance et testabilité	Niveau confiance
Intervention des services de secours (SDIS) < 2h00	Donner l'alerte	Alerte : 1 à 5 min	Présence du personnel Télésurveillance hors présence du personnel	Exercices incendies Essai périodique	NC2
	Intervention des services de secours	Intervention des secours estimée entre 30 et 60 mn selon la distance à parcourir	Professionnels formés au risque incendie		
	Poteaux incendie	1 à 3 minutes	NF S62-200	Essais périodiques Exercices incendies	NC2*
	Réserve d'eau incendie + aires d'aspiration associées	1 à 3 minutes	Norme pompier	Essais périodiques Contrôle Exercices incendies	NC2

* On considère qu'un réseau incendie enterré (absence de risque de rupture de canalisation), équipé de bornes normalisées et vérifié périodiquement peut être coté avec un niveau de confiance de 2.

Le niveau de confiance retenu pour cette MMR est 1.

F9 : Limiter les effets thermiques

Cette fonction est assurée par les écrans thermiques placés en façade.

Éléments techniques de sécurité	Temps de réponse	Efficacité	Maintenance et testabilité	Niveau confiance
Écrans thermiques	Non concerné	PV de réception	- Contrôles visuels de l'intégrité des murs - Procédure de vérification périodique - Intervention d'un organisme agréé	NC1

Le niveau de confiance retenu pour cette MMR est 1.

F10 : Contenir les eaux d'extinction sur site

Cette fonction sera assurée par la présence de capacités de rétention suffisantes (éléments passifs) et par le déclenchement de la vanne d'isolement (élément actif).

Éléments techniques composants la MMR	Temps de réponse	Efficacité	Maintenance et testabilité	Niveau confiance
Rétention des eaux d'extinction incendie	Non concerné	Rétention dimensionnée pour les besoins en eaux incendie selon le guide pratique D9A	Contrôle visuel de l'intégrité et de l'étanchéité des rétentions (sol de la cour camions et état de la surface des bassins de rétention)	NC1
Vanne d'isolement manuelle du réseau pluvial	Rapide	Vanne conforme à la réglementation en vigueur	- Contrôle du fonctionnement de la vanne - Vérification périodique de la vanne par un organisme agréé	NC1

Le niveau de confiance retenu pour cette MMR est 1.

5.4.1. PhD 7 : explosion de la chaufferie

Diagramme « papillon » : Explosion ci-après.

5.4.1.1. Fonctions de sécurité : élément de prévention

F14	Limiter l'usure du matériel	: choix des matériaux, entretien, maintenance
F15	Eviter les chocs	: enterrement des canalisations, identification des canalisations, position haute de la canalisation de gaz dans les trois chaufferies, procédures d'intervention
F16	Eviter les dysfonctionnements techniques	: entretien, maintenance

5.4.1.2. MMR : élément de protection contre l'explosion

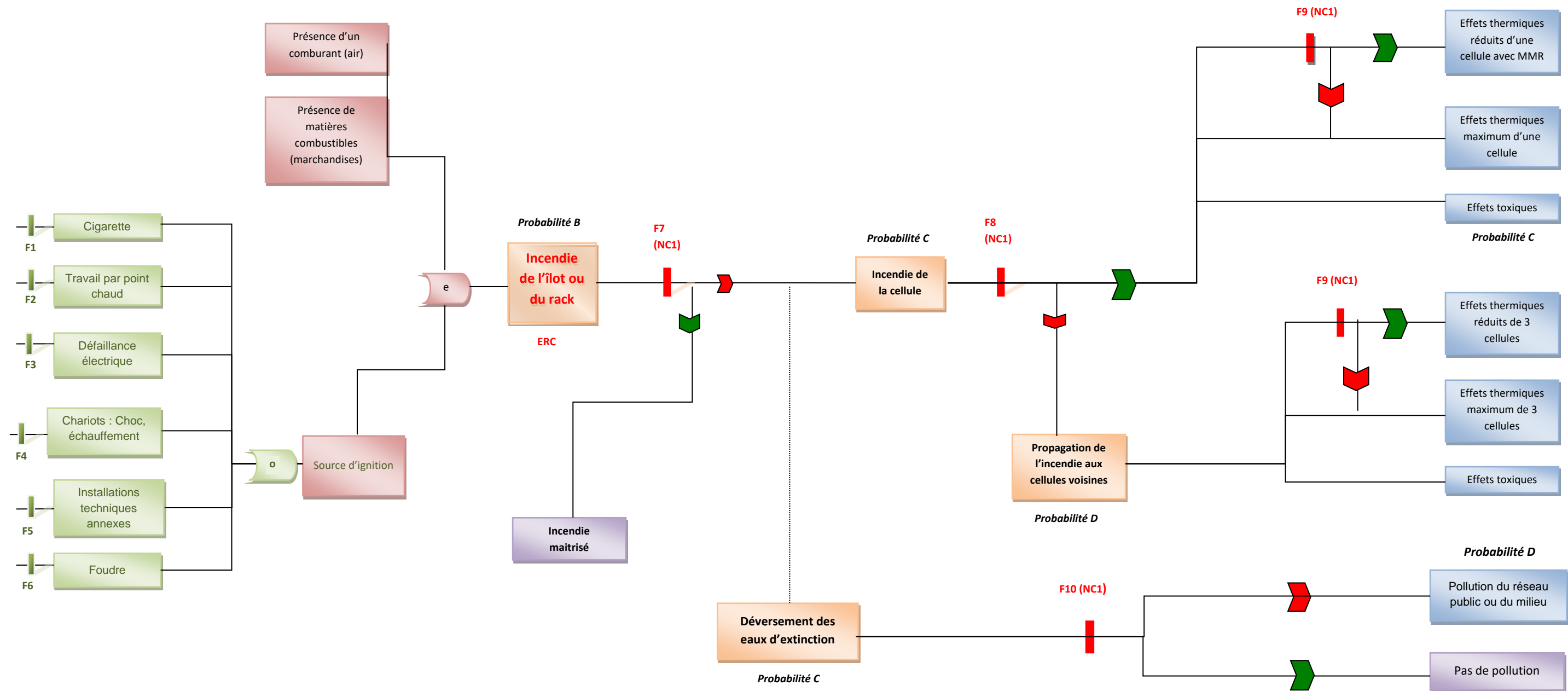
F17 : Eviter la formation d'un mélange explosible

Le mélange explosible se crée lorsque la concentration en gaz est comprise entre la limite inférieure (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE).

Les moyens de prévention vont donc viser à éviter que la concentration en gaz atteigne la LIE. Pour cela, l'alimentation en gaz doit être coupée et le local aéré afin de diminuer au plus vite la concentration en gaz.

Éléments techniques composants la MMR	Temps de réponse	Efficacité	Maintenance et testabilité	Niveau confiance
Ouvertures en partie haute et basse assurant l'aération	Non concerné	Dimensionnées en fonction du besoin	Vérifications périodiques	NC 2
Détection de gaz interrompant le fonctionnement du brûleur et l'alimentation en gaz naturel au moyen d'électrovannes	Rapide	Conforme à la réglementation en vigueur et suivant norme NF P 52-203	Vérifications et tests périodiques	NC 2

Le niveau de confiance retenu pour cette MMR est 2.



Fonction de sécurité

- F1 : Eviter la présence de cigarettes
- F2 : Eviter l'échauffement par point chaud
- F3 : Eviter les défaillances électriques
- F4 : Eviter les incidents sur chariots
- F5 : Eviter les effets dominos
- F6 : Eviter le foudroiement des installations
- F7 : Contenir l'incendie à l'îlot
- F8 : Contenir l'incendie à la cellule
- F9 : Limiter les effets thermiques
- F10 : Contenir les eaux incendie

| : éviter les causes
 | : éviter les effets

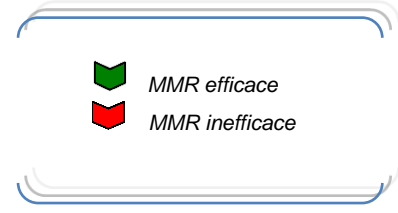
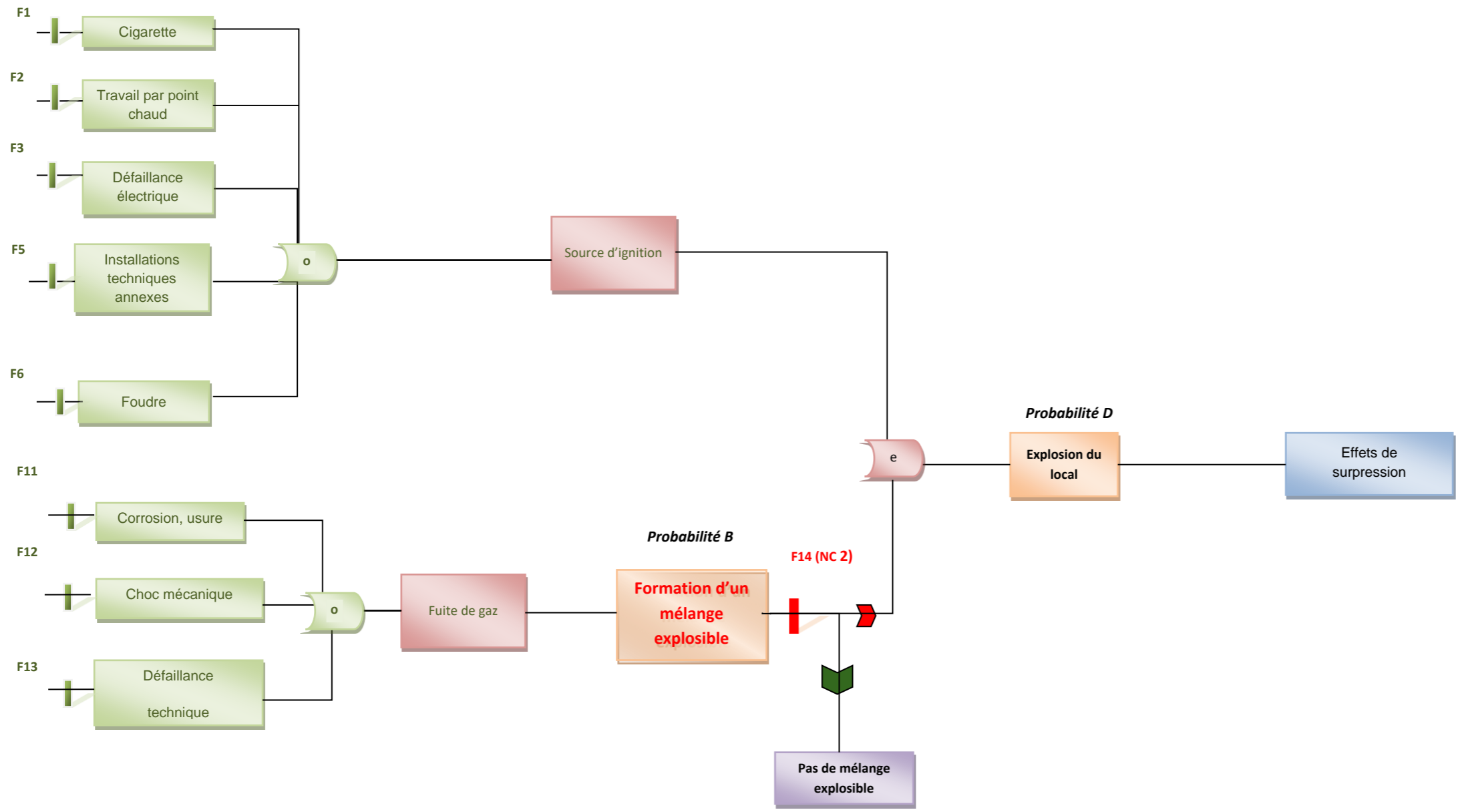


Diagramme « papillon » : Incendie



Fonction de sécurité

<p>F1 : Eviter la présence de cigarettes F2 : Eviter l'échauffement par point chaud F3 : Eviter les défaillances électriques F5 : Eviter les effets dominos F6 : Eviter le foudroiement des installations</p>	<p>F11 : Limiter l'usure du matériel F12 : Eviter les chocs F13 : Eviter les défaillances F14 : Eviter l'accumulation de gaz</p>
---	---



 MMR efficace
 MMR inefficace

Diagramme « papillon » : Explosion

5.4.2. Conclusion

L'Analyse Détaillée des Risques a permis de déterminer la gravité et la probabilité des phénomènes dangereux comme suit :

Phénomènes dangereux redoutés	Gravité	Probabilité
Phénomène 2.1 : Incendie d'une cellule – effets thermiques	1	C
Phénomène 2b.1 : Incendie de 3 cellules – effets thermiques	1	D
Phénomène 2.2 : Incendie d'une cellule – dispersion des fumées	1	C
Phénomène 2.3 : Incendie d'une cellule – dispersion des eaux d'extinction	-	E
Phénomène 7 : Explosion de la chaufferie	1	D

Ces phénomènes dangereux peuvent alors être replacés dans la grille de criticité :

Probabilité	A Évènement courant					
	B Évènement probable					
	C Évènement improbable	PhD 2.1 PhD 2.2				
	D Évènement très improbable	PhD 2b.1 PhD 7				
	E Évènement possible mais non rencontré au niveau mondial					
		1 Modéré	2 Sérieux	3 Important	4 Catastrophique	5 Désastreux
		Gravité				

Tableau 11 : Grille de criticité

La mise en place de différentes mesures compensatoires permet de réduire la gravité et la probabilité des phénomènes dangereux pouvant être générés par notre établissement.

Les phénomènes dangereux ne présentent pas de risque pour le voisinage même en cas d'accident important.

5.5. Evaluation de la cinétique des phénomènes étudiés

Rappel (définition de l'article 8 de l'arrêté du 29/09/2005) : la cinétique de déroulement d'un accident est qualifiée de lente, dans son contexte, si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes, dans le cadre d'un plan d'urgence externe, pour protéger les personnes exposées à l'extérieur des installations objet du plan d'urgence avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

L'étude de la cinétique des accidents permet de vérifier l'adéquation entre la cinétique et les moyens d'intervention mis en place. En effet, dans le cas d'un phénomène immédiat, il ne sera pas possible d'évacuer les personnes. Il faudra donc éviter la présence de personnes dans les zones de dangers (Z1 et Z2).

Dans le cas de phénomène rapide, l'évacuation des personnes doit être possible avant le développement du phénomène. Aussi, l'alerte et l'intervention des secours sont possibles et efficaces.

Le tableau ci-dessous fait le bilan de la cinétique des phénomènes dangereux.

PhD	Cinétique	Moyens intervention	Délai de mise en œuvre	Délai d'évacuation
PhD 2.1 : Incendie d'une cellule	Rapide Montée en puissance estimée entre 20 et 40 min	Sprinklage RIA – extincteurs Réserves incendie internes	Immédiat ≈ 1 à 5 min ≈ 20-30 min	Moins de 5 min
PhD 2.1b : Incendie de plusieurs cellules	Lent Passage d'une cellule à l'autre après au moins 4 heures d'incendie	Sprinklage RIA – extincteurs Réserves incendie internes	Immédiat ≈ 1 à 5 min ≈ 20-30 min	Les personnes travaillant autour du site auront déjà évacué leurs locaux professionnels.
PhD 7 : Explosion de la chaufferie	Très rapide Montée en puissance immédiate	--	--	--

Tableau 12 : Cinétique des phénomènes étudiés

Dans le cas d'un incendie, le délai d'évacuation du personnel est suffisamment rapide pour s'effectuer avant la phase critique de développement du sinistre. De même, l'alerte aux secours extérieurs et aux voisins éventuels est possible avant la montée en puissance de l'incendie.

Les moyens de prévention mis en place et les dispositions constructives choisies sont compatibles avec la cinétique des phénomènes étudiés.

6. Rappel des mesures prises pour assurer la sécurité

Ce chapitre fait la synthèse de moyens de protection et de prévention présents sur le site.

6.1. Structure, compartimentage

Voir aussi **Plan de sécurité** joint

La structure de l'entrepôt est en béton offrant une stabilité au feu d'une heure (R60).

Le bâtiment est divisé en cellules de stockage par des murs coupe-feu REI120.

Les murs coupe-feu dépassent de 1 m en toiture. Ils dépassent de 50 cm en façade ou présentent un retour en façade de 1 m quand la façade n'est pas coupe-feu. Une bande de protection en matériaux incombustible est placée sur la toiture, le long des murs séparatifs sur une largeur de 5 m.

Chaque ouverture à travers les murs REI 120 est équipée d'une porte EI 120 2IC afin de garantir le même degré coupe-feu.

Les murs séparatifs entre les zones de stockage et les locaux techniques sont REI 120 toute hauteur.

Les bureaux sont séparés des zones de stockage un mur coupe-feu REI120 jusqu'en sous-face de l'entrepôt.

6.2. Toiture, désenfumage, cantonnement

La **toiture** est constituée d'un bac acier avec isolation et étanchéité. La structure de chaque toiture répondra à la classe de résistance au feu BROOF (t3).

Des cantons de désenfumage limités à 60 mètres et développant moins de 1 650 m² évitent dans chaque cellule la dispersion des gaz chauds et des fumées en cas d'incendie. Ils sont constitués de retombées sous toiture en matériaux incombustibles d'une hauteur de 1 mètre.

Ces exutoires ne sont pas situés à moins de 7 mètres des murs séparatifs REI entre cellules. Ils sont réalisés en matériaux ne produisant pas de gouttes enflammées en cas d'incendie.

Des fumidômes à ouverture automatique et manuelle sont disposés en toiture afin d'assurer le désenfumage des cellules en cas d'incendie. La surface de désenfumage par canton est de 2% dans toutes les cellules de stockage

La superficie des amenées d'air frais par cellule est au moins égale à la superficie de désenfumage du plus grand canton. Les amenées d'air sont assurées par les portes de quais.

6.3. Moyens de lutte incendie

Un **Réseau Incendie Armé** (RIA) équipé de lances est disponible au niveau des zones de stockage. Les dispositions seront prises pour que chaque point d'une cellule puisse être attaquée par deux lances en simultané.

Des **extincteurs** sont répartis dans tous les locaux. Leur nombre et leur nature seront déterminés en fonction des risques selon les règles en vigueur.

L'établissement est équipé **d'un système d'extinction automatique** (sprinkler) commun qui fait également office de détection incendie. Ce réseau est alimenté par une motopompe à partir de d'une cuve d'un volume de 700 m³. Ce système de type ESFR sera équipé de têtes de sprinklage installés sous plafond ; Il sera conforme à la règle NFPA.

Réseau incendie extérieur

Les besoins en eau incendie ont été évalués à 660 m³/h pendant deux heures.

Le réseau public assurant 120 m³/h, il n'est pas suffisant pour fournir les besoins du site. Aussi un système autonome sera mis en place.

Un réseau de 6 bornes incendie doubles, de 120 m³/h sera alimenté par une motopompe d'un débit de 660 m³/h. Cette motopompe est associée à une réserve d'eau de 1 320 m³, soit le volume permettant 2 heures d'intervention.

Au droit de chaque borne incendie une aire de stationnement pour les engins est prévue, elle répond aux exigences de l'article 3.3.2 de l'arrêté du 11/04/2017 :

- la largeur utile est au minimum de 4 mètres, la longueur au minimum de 8 mètres, la pente est comprise entre 2 et 7 % ;
- elle comporte une matérialisation au sol ;
- elle est située à 5 mètres maximum du point d'eau incendie ;
- elle est maintenue en permanence entretenue, dégagée et accessible aux services d'incendie et de secours ;
- l'aire résiste à la force portante calculée pour un véhicule de 320 kN avec un maximum de 130 kN par essieu, ceux-ci étant distants de 3,6 mètres au minimum.

Le poteau incendie situé sur la voie publique à l'entrée du site sera un complément si nécessaire. Il assure un débit de 60 m³/h.

6.4. Détection incendie, alarme

Le réseau d'extinction automatique fera office de détection incendie.

Une alarme de type 4 sera en place dans tous les locaux pour avertir les personnels en cas d'incendie et déclencher l'évacuation.

6.5. Accès des secours

Le site est accessible à partir de la voie publique desservant le secteur de Villeneuve.

Trois entrées sont possibles par l'accès PL, par l'accès VL ou par une entrée spécifique pour les secours à l'angle nord-est via la RD954. Ce dernier est strictement réservé aux secours.

Toutes les façades du bâtiment sont desservies par une voie périphérique. Cette voirie répond aux exigences de l'article 3.2 de l'arrêté du 11/04/2017 :

- la largeur utile est au minimum de 6 mètres, la hauteur libre au minimum de 4,5 mètres et la pente inférieure à 15 % ;
- dans les virages, le rayon intérieur R minimal est de 13 mètres. Une surlargeur de S = 15/R mètres est ajoutée dans les virages de rayon intérieur R compris entre 13 et 50 mètres ;
- la voie résiste à la force portante calculée pour un véhicule de 320 kN avec un maximum de 130 kN par essieu, ceux-ci étant distants de 3,6 mètres au minimum ;
- chaque point du périmètre du bâtiment est à une distance maximale de 60 mètres de cette voie ;
- aucun obstacle n'est disposé entre la voie « engins » et les accès au bâtiment, les aires de mise en station des moyens aériens et les aires de stationnement des engins.

Au droit de chaque mur coupe-feu séparatif entre cellule est positionnée au moins une aire de stationnement des moyens aériens. Ces aires répondent aux exigences de l'article 3.3.1 de l'arrêté du 11/04/2017 :

- la largeur utile est au minimum de 7 mètres, la longueur au minimum de 10 mètres, la pente au maximum de 10 % ;
- elle comporte une matérialisation au sol ;
- aucun obstacle aérien ne gêne la manœuvre de ces moyens aériens à la verticale de cette aire ;
- la distance par rapport à la façade est de 1 mètre minimum et de 8 mètres maximum ;
- elle est maintenue en permanence entretenue, dégagée et accessible aux services d'incendie et de secours.

- l'aire résiste à la force portante calculée pour un véhicule de 320 kN avec un maximum de 130 kN par essieu, ceux-ci étant distants de 3,6 mètres au minimum et présente une résistance au poinçonnement minimale de 88 N/cm².

6.6. Rétentions

6.6.1. Rétention des eaux incendie :

Le volume à retenir est de 2 327 m³.

La rétention des eaux incendie se fait :

- au niveau des quais avec une profondeur maximale d'eau en point bas de 20 cm. Le volume ainsi disponible est de 120 m³.
- dans un bassin de confinement étanche. En sortie de ce bassin, une vanne d'isolement actionnable localement et à partir d'un poste de contrôle est mise en place. Cette vanne permet d'éviter le déversement des eaux polluées vers le bassin d'infiltration en aval. Le bassin étanche doit également contenir les eaux pluviales de voirie, soit 752 m³. Il aura donc un volume minimal de $2\ 327 - 120 + 752 = \mathbf{2\ 959\ m^3}$.

6.6.2. Local de charge

Le sol des locaux de charge et les murs sur une hauteur de 1 mètre sont recouverts d'une peinture anti-acide qui évitera toute infiltration d'acide en cas d'incident. Le sol, légèrement en pente, dirige les écoulements éventuels vers un regard borgne où ils pourront être récupérés.

6.6.3. Local sprinkler

La cuve de fioul domestique (1 000 l) alimentant les motopompes est en rétention.

6.6.4. Produits liquides dangereux

Les produits liquides dangereux seront placés sur rétention. Ces marchandises étant conditionnées en petits volumes et suremballées, le risque d'écoulement de grande ampleur est faible. La dalle de l'entrepôt pourra faire office de rétention pour des volumes restreints. Du matériel absorbant sera disponible pour une intervention du personnel exploitant.

6.7. Prévention des risques d'explosion

6.7.1. Local de charge

Les locaux de charge sont équipés d'une ventilation mécanique couplée à la charge des batteries. La charge des batteries est interrompue automatiquement en cas d'arrêt de la ventilation mécanique. Ainsi, toute formation explosive d'hydrogène dans le local est évitée.

6.7.2. Chaufferie

La chaufferie sera équipée d'ouverture en partie basse et d'une aération en partie haute permettant la ventilation naturelle du local et évitant l'accumulation de gaz.

6.8. Surveillance, gardiennage

Le site est entièrement clôturé par un grillage de 2 m de haut. Des portails coulissants protègent les accès en dehors des heures d'exploitation. Des barrières levantes limitent les accès pendant les heures d'exploitation.

Pendant les heures d'exploitation, le site est sous la surveillance d'un gardien qui contrôle les entrées des visiteurs et des poids-lourds.

Les employés ont un accès direct au site par badge.

En dehors des heures d'exploitation un système de télésurveillance sera mis en place.

6.9. Organisation des secours

Un plan de défense incendie sera établi avant la mise en exploitation du site.

Il comprendra :

- Le schéma d'alerte décrivant les actions à mener à compter de la détection incendie.
- L'organisation de la première intervention face à un incendie.
- Les modalités d'accueil des services d'incendie et de secours en périodes ouvrées ou non ouvrées,
- La justification des compétences du personnel susceptible d'intervenir en cas d'alerte notamment en matière de formations, de qualifications et d'entraînements,
- La chronologie et la durée des opérations nécessaires pour l'accomplissement des opérations,

Les plans nécessaires seront joints :

- Plan des locaux avec localisation des zones de risques.
- Schéma de principe d'alimentation des différents points d'eau, emplacement des vannes, localisation des différentes ressources (poteaux, réserves internes et externes, etc.).
- Plan de localisation des éléments de sécurité tels que RIA, commandes de désenfumage, extincteurs...

Le personnel sera formé à l'utilisation des moyens d'intervention (extincteurs, RIA), à l'évacuation des locaux.

Des consignes seront mises en place pour définir les modalités d'alerte et d'accueil des secours en période d'exploitation et en dehors des heures d'exploitation.

En cas d'une exploitation multi-locataires du bâtiment, des consignes seront mises en place pour permettre la bonne alerte des différentes sociétés, une coordination des actions et de l'accueil des secours.

Etude foudre

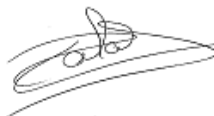

Analyse du risque foudre (ARF)
Etude technique (ET)

ANALYSE DU RISQUE Foudre



CARGO PROPERTY

ZAI Artenay-Poupry
281 40 POUPRY

Réf. : ARF	Réalisée par : Fabrice POLO	Vérifiée par : D. BRAZZALE
N° 19.04.7201		
Le : 15/04/2019		

SOMMAIRE

1. PREAMBULE.....	1
1.1. Rappel sur le phénomène foudre.....	1
1.2. Définitions des différents coups de foudre.....	2
2. PRESENTATION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre (A.R.F.).....	4
2.1. Objet de l'Analyse du Risque Foudre	4
2.2. Méthode.....	4
2.3. Limites de l'Analyse du Risque Foudre.....	5
2.4. Principaux paramètres influents dans la méthode d'analyse du risque foudre	5
2.5. Quelques termes et définitions utilisés	8
2.6. Normes et réglementations.....	10
2.7. Présentation du document.....	10
2.8. Limites d'intervention.....	11
2.9. Documents à disposition.....	11
3. CARACTERISTIQUES DU SITE ETUDIE	12
3.1. Adresse.....	12
3.2. Activité	12
3.3. Liste des rubriques	12
3.4. Type de zone d'implantation.....	12
3.5. Densité foudroisement sur le site (source Météorage).....	12
3.6. Identification des événements redoutés	12
3.7. Structures et zones objet de l'étude.....	13
3.8. Nature du sol extérieur.....	13
4. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BATIMENT.....	14
5. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre	16
ANNEXE : DONNEES DU LOGICIEL JUPITER & CARTE DE DENSITE DE FoudreIEMENT	18

SYNTHESE DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

L'analyse du risque foudre sur le site est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « Jupiter - version 1.3.0 ».

Le résultat de l'analyse du risque foudre sur le site Cargo Property à Poupry pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^{-5} (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) est le suivant :

Le niveau de protection défini dans l'analyse du risque foudre est le niveau III

EIPS : les équipements importants pour la sécurité doivent être protégés par des dispositifs adaptés ; ces équipements à prendre en considération sont les suivants :

- la détection incendie
- l'alarme anti-intrusion
- la détection gaz
- les motopompes sprinkler.

Cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site.

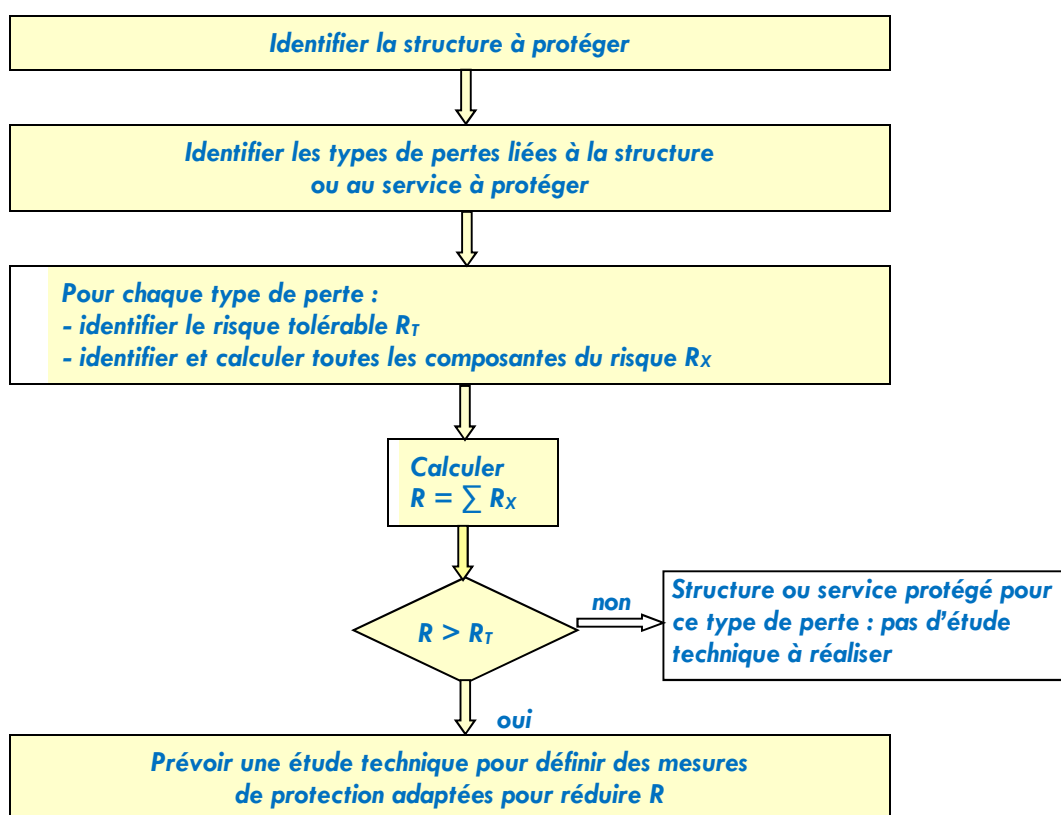
Moyen de prévention : aucun système de prévention n'a été recensé sur le site.

Conformément à l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié, une étude technique doit être réalisée par un organisme compétent et définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu 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. 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 Etat membre de l'Union Européenne.



1. PREAMBULE

1.1. Rappel sur le phénomène foudre

Les orages naissent de la confrontation d'un air chaud et humide avec un air froid et sec. L'air chaud se condense au contact de l'air froid pour former de multiples nuages qui vont rapidement s'agglomérer et former parfois des cellules convectives géantes.

Dans ces nuages orageux appelés cumulo-nimbus, la partie supérieure est constituée de cristaux de glace et est généralement chargée positivement, tandis que la partie inférieure constituée de gouttelettes d'eau est chargée négativement. Par influence, la partie inférieure du nuage entraîne le développement de charges de signe opposé (donc positives sur la partie du sol qui se trouve à proximité).

La présence du cumulo-nimbus implique donc la mise en place d'un gigantesque condensateur plan nuage-sol dont la distance intermédiaire atteint souvent 1 à 2 km. Le champ électrique au sol qui est par beau temps d'une centaine de volts par mètre est alors inversé et peut atteindre 15 à 20 kV/m. La décharge au sol est alors imminente ; c'est le coup de foudre.

Le courant écoulé lors d'un éclair peut atteindre de 15 000 à 100 000 Ampères dans nos régions. On peut enregistrer jusqu'à 250 000 Ampères à l'équateur ou dans certaines régions du globe.

Quant au bruit du tonnerre il est dû à la subite dilatation de l'air qui laisse passer l'éclair. En un temps très court, le canal passe de 20-25° à 14 000, l'onde de choc liée à cette variation provoque le bruit du tonnerre.

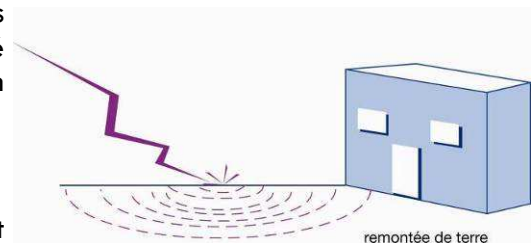
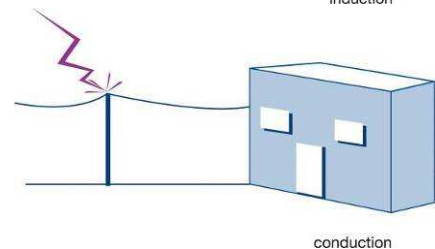
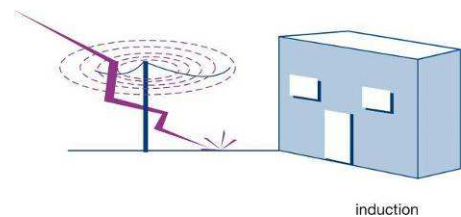
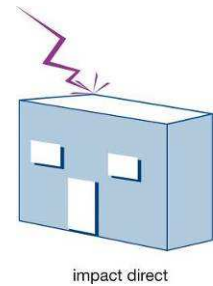
Il faut rappeler que si la foudre est à l'origine de nombreux incendie, l'orage peut créer aussi des dégâts par d'autres phénomènes (vent violent, abondance des pluies, grêle).



1.2. Définitions des différents coups de foudre

Les différents coups de foudre :

- **Effets directs :**
 - effets thermiques : effets de fusion liés à la quantité de charges électriques au point d'impact, effets de dégagement de chaleur par effet Joule
 - effets dus aux amorçages : impédances différentes (canalisations, bâtiments...) = différence de potentiel
 - effets d'induction : champs rayonnés : électriques et magnétiques
 - effets électrodynamiques : décomposition galvanique
 - effets acoustiques : tonnerre
 - effets lumineux : éclairs.
- **Effets indirects :** effets des champs électriques et magnétiques rayonnés sur les installations, dont les principaux modes de propagation sont : le couplage ohmique, le couplage inductif et le couplage capacitif.



Les coups de foudre à la terre peuvent être dangereux pour les personnes, les structures et les services :

- **le danger pour la structure** peut donner lieu à :
 - des dommages affectant la structure et son contenu
 - des défaillances des réseaux électriques et électroniques associés
 - des blessures sur des êtres vivants dans la structure ou à proximité.

Les effets consécutifs à des dommages et à des défaillances peuvent s'étendre à la proximité immédiate de la structure ou peuvent impliquer son environnement

- **le danger pour les services** peut donner lieu à :
 - des dommages affectant le service lui-même
 - des défaillances des équipements électriques et électroniques associés.

Les coups de foudre impliquant une structure peuvent être divisés en :

- coups de foudre directs sur la structure
- coups de foudre à proximité de la structure et/ou à proximité des services connectés (réseaux d'énergie, réseaux de communication, autres services).

Les coups de foudre impliquant un service peuvent être divisés en :

- coups de foudre directs sur le service
- coups de foudre à proximité du service ou coups de foudre directs sur une structure connectée au service.

À titre d'illustration, le tableau suivant présente de façon simplifiée les principaux effets d'un coup de foudre sur une installation.

Effets de coups de foudre	Phénomènes physiques	Conséquences	Risques potentiels
Effets thermiques	Effets de fusion liés à la quantité de charges électriques au point d'impact. Effets de dégagement de chaleur par effet Joule.	Échauffement suite au passage de l'énergie de foudre.	Perçage de capacité = incendie. Allumage d'une atmosphère suroxygénée ou explosible.
Effets d'amorçage	Impédances différentes (canalisations, bâtiments...) = différence de potentiel.	Liés à la mise en œuvre des paratonnerres. Liés aux différences de potentiel. Liés à l'onde de choc sur les circuits électriques et électroniques. Liés aux champs électriques ou champs magnétiques rayonnés.	Allumage d'une atmosphère suroxygénée ou explosible. - Etincelles. - Arcs électriques. - Risque d'électrocution.
Effets électrodynamiques	Apparition de forces.	Liés aux passages de courants importants.	Déformation ou rupture d'éléments : - descente paratonnerre - canalisations - câbles électriques.
Coupure de tension	/	Destruction de sources d'énergie.	Arrêt de certaines fonctions de sécurité.
Surtension transitoires générées par les décharges atmosphériques	Augmentation de la tension aux bornes des équipements due aux surtensions véhiculées par les lignes d'alimentation. Ces surtensions sont créées par conduction induction ou remontée de terre	Destruction du matériel sensible et de commande du process par surtension causée par l'onde de choc ou par des IEMF (Impulsions Electro Magnétiques de Foudre). Mauvaise information des capteurs locaux. Dysfonctionnement de la supervision du process. Destruction de tout ou partie du système de sécurité. Destruction des moyens de communication.	Arrêt de certaines fonctions. Destruction du matériel. Ordres intempestifs (rejets non contrôlés...) Non prise en compte d'informations de « sécurité ». Isolement par rapport aux services de secours.

2. PRESENTATION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre (A.R.F.)

2.1. Objet de l'Analyse du Risque Foudre

Par ses multiples effets, la foudre est susceptible d'engendrer dans les installations industrielles des sinistres sur les structures des bâtiments et des perturbations au niveau des équipements et des moyens de production. Les conséquences dues à ces phénomènes peuvent entraîner directement ou indirectement des risques graves pour la sécurité du personnel, la sûreté du matériel et la qualité de l'environnement.

L'Analyse du Risque Foudre permet de définir s'il y a nécessité de mettre en place un système de protection contre la foudre et, si oui, quel est le niveau de protection à atteindre.

Elle est réalisée conformément à l'arrêté du 04 Octobre 2010 modifié et la circulaire d'application du 24 Avril 2008.

2.2. Méthode

L'Analyse du Risque Foudre est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2 « Protection contre la foudre Partie 2 : Analyse du risque ».

La méthode d'évaluation de la norme NF EN 62305-2 prend en compte différents critères influents tels que la densité de foudroiement, les dimensions et la structure du bâtiment, l'activité qu'il abrite et les dommages que peut engendrer la foudre en cas de foudroiement sur ou à proximité des bâtiments concernés.

Les coups de foudre directs sur la structure ou les services connectés peuvent causer des dommages physiques et mettre en danger la vie des personnes. Les coups de foudre indirects à proximité d'une structure ou d'un service, comme les coups de foudre directs, peuvent causer des défaillances des réseaux électriques et électroniques en raison des surtensions dues à un couplage résistif ou inductif entre ces matériels et le courant de foudre.

La probabilité des dommages dus à la foudre dépend de la structure, du service et des caractéristiques du courant de foudre ainsi que du type et de l'efficacité des mesures de protection appliquées.

La norme NF EN 62305-2 fixe la limite supérieure du risque tolérable 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.

Le résultat obtenu fournit le niveau de protection à atteindre pour chaque bâtiment ou zone étudié. Le niveau de protection peut aller de I pour le plus sévère à IV pour le moins sévère. Cette méthode permet d'optimiser les différentes solutions de protection à mettre en œuvre à l'aide de système paratonnerre et ou parafoudre.

La méthode d'analyse du risque NF EN 62305-2 est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « **Jupiter - Version 1.3.0** » qui est utilisé dans les calculs qui suivent.

2.3. Limites de l'Analyse du Risque Foudre

L'Analyse du risque Foudre est établie à partir des connaissances existantes au jour de son élaboration. Elle peut être sujette à des modifications en fonction de l'évolution des normes, des techniques et des réglementations.

La foudre est un phénomène naturel et aléatoire ; la présente Analyse du Risque Foudre ne peut garantir l'efficacité totale des résultats obtenus. En conséquence, en cas de foudroiement des installations étudiées, la responsabilité de la société Energie Foudre ne saurait être engagée au-delà du montant de l'étude.

Les protections existantes ne sont pas prises en compte dans l'Analyse du Risque Foudre. L'Etude Technique traitera des moyens de protection à mettre en œuvre et de la mise en conformité des protections existantes si nécessaire.

2.4. Principaux paramètres influents dans la méthode d'analyse du risque foudre

En fonction de la configuration du site, certains bâtiments peuvent être découpés en différentes zones afin de tenir compte de la diversité des risques et d'optimiser l'analyse de risque et les protections qui en découlent.

Les critères pris en compte dans les calculs de l'analyse du risque seront choisis, entre autres, en fonction des paramètres suivants :

- Densité de foudroiement sur le site
La densité de foudroiement N_g prise en compte dans l'étude correspond au nombre d'impacts par an au km^2 sur le département concerné. Cette valeur est issue de la carte du niveau kéraunique présente dans le logiciel Jupiter.
- Dimensions du bâtiment
Le risque foudre sur un bâtiment dépend de ses dimensions (longueur, largeur et hauteur).
- Facteur d'emplacement
L'emplacement relatif de la structure dépend des objets environnants ou de l'exposition de la structure. Différents cas peuvent se présenter :
 - bâtiment entouré par des structures plus hautes
 - bâtiment entouré par des structures de même hauteur ou plus petites
 - bâtiment isolé (pas d'autres structures à proximité)
 - bâtiment isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule.

- Dangers particuliers

- pas de risque de panique
- faible niveau de panique : structures limitées à deux étages et nombre de personnes inférieur à 100
- niveau de panique moyen : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes compris entre 100 et 1 000
- difficulté d'évacuation : structures avec personnes immobilisées, hôpitaux
- niveau de panique élevé : structures destinées à des événements culturels ou sportifs avec un nombre de personnes supérieur à 1 000
- danger pour l'environnement : émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans le périmètre immédiat de la structure ou du site
- contamination de l'environnement : émission de substances biologiques, chimiques et/ou radioactives dans une zone débordant largement du périmètre immédiat de la structure ou du site au-delà des valeurs autorisées.

- Risque d'incendie

Le risque d'incendie est lié à la charge calorifique de la structure et de son contenu Elle s'exprime en Mégajoule par m² (MJ/m²). Les définitions sont données ci-après :

- pas de risque : structure concernée par aucun des cas ci-dessous
- risque faible : charge calorifique inférieure à 400 MJ/m²
- risque ordinaire : charge calorifique comprise entre 400 MJ/m² et 800 MJ/m²
- risque élevé : charge calorifique supérieure à 800 MJ/m²
- risque d'explosion : structure contenant des mélanges explosifs.

- Protection anti-incendie

La présence ou non de moyens de lutte contre l'incendie est pris en compte. Les définitions sont données ci-après :

- pas de protection : aucune des dispositions indiquées ci-dessous
- protection manuelle : une des dispositions suivantes : extincteurs, installations d'extinction fixes déclenchées manuellement, installations manuelles d'alarme, prises d'eau, compartiments étanches, voies d'évacuation protégées
- protection automatique : une des dispositions suivantes : installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques
* seulement si elles sont protégées contre les surtensions ou d'autres dommages et si le temps d'intervention des pompiers est inférieur à 10 minutes.

- Type de sol

- béton
- bois
- moquette
- etc...

- Facteur d'environnement de la ligne entrante dans le bâtiment

L'emplacement relatif de la ligne dépend des objets environnants. Différents cas peuvent se présenter :

- urbain avec bâtiments dont la hauteur est supérieure à 20 mètres
- urbain avec bâtiments dont la hauteur est comprise entre 10 et 20 mètres
- suburbain avec bâtiments dont la hauteur est inférieure à 10 mètres
- rural pour des zones présentant une faible densité de bâtiment (ex : la campagne).

- Résistivité du terrain
Pour les lignes enterrées, lorsque la résistivité du terrain est inconnue, il convient d'estimer la valeur maximale de 500 Ωm

- Longueur de la ligne entrante
Lorsque la longueur de la ligne est inconnue on estime une valeur maximale de celle-ci égale à 1000 mètres.

- Type de câblage
 - câble non écrané $K_{s3} = 1$: pas de précaution de cheminement afin d'éviter les boucles
 - câble non écrané $K_{s3} = 0,2$: précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille
 - câble non écrané $K_{s3} = 0,02$: précaution de cheminement afin d'éviter les boucles
 - câble écrané avec résistance d'écran $K_{s3} = 0,001$: $5 < R_s \leq 20 \Omega/\text{km}$
 - câble écrané avec résistance d'écran $K_{s3} = 0,0002$: $1 \leq R_s < 5 \Omega/\text{km}$
 - câble écrané avec résistance d'écran $K_{s3} = 0,0001$: $R_s < 1 \Omega/\text{km}$

- Tension de tenue
 - catégorie 1 : composants électroniques dont la tension de tenue aux chocs est faible ; cette tension de tenue aux chocs est spécifiée par le constructeur
 - catégorie 2 : matériels d'utilisation destinés à être connectés à l'installation électrique fixe du bâtiment ; leur tenue aux chocs est au moins égale à 2 kV
 - catégorie 3 : matériels appartenant à l'installation fixe et d'autres matériels pour lesquels un plus haut niveau de fiabilité est demandé ; leur tenue aux chocs est au moins égale à 4 kV
 - catégorie 4 : matériels utilisés à l'origine ou au voisinage de l'origine de l'installation en amont du tableau de distribution ; leur tenue aux chocs est au moins égale à 6 kV.

2.5. Quelques termes et définitions utilisés

- Structures à protéger
Structure pour laquelle une protection contre les effets de la foudre est exigée.
- Structures dangereuses pour l'environnement
Structures qui peuvent être à l'origine d'émissions biologiques, chimiques ou radioactives à la suite d'un foudroiement, par exemple les installations chimiques, nucléaires, etc...
- Environnement urbain
Zone présentant une forte densité de bâtiments, avec une population importante et des immeubles élevés (ex : centre-ville).
- Environnement suburbain
Zone présentant une densité moyenne de bâtiment (ex : les zones à la périphérie immédiate des villes).
- Environnement rural
Zone présentant une faible densité de bâtiments (ex : campagne).
- Réseau interne
Réseaux électriques et électroniques à l'intérieur d'une structure.
- Service à protéger
Service pénétrant dans une structure pour lequel la protection contre les effets de la foudre est exigée, conformément à la présente norme.
- Système de protection contre la foudre (SPF)
Installation complète utilisée pour réduire les dommages physiques dus aux coups de foudre qui frappent une structure. Elle comprend à la fois des installations extérieures et intérieures de protection contre la foudre (IEPF et IIPF).
- Installation Extérieure de Protection Foudre (IEFP)
Partie du système de protection contre la foudre comprenant un dispositif de capture, des conducteurs de descente et une prise de terre.
- Installation Intérieure de Protection Foudre (IIPF)
Partie du système de protection contre la foudre comprenant des liaisons équipotentielles de foudre et des parafoudres.
- Parafoudre coordonné
Parafoudre dont les caractéristiques sont choisies de façon coordonnée (coordination en énergie) et qui est installé de manière appropriée pour réduire les défaillances des réseaux électriques et électroniques.
- 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 engendrés par le courant de foudre.

Types d'impacts

- S1 : impact sur une structure
- S2 : impact à proximité d'une structure
- S3 : impact sur un service
- S4 : impact à proximité d'un service.

Impacts sur la structure

- RA : composante du risque lié aux blessures sur les êtres vivants
- RB : composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure
- RC : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

Impacts à proximité de la structure

- RM : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

Impacts sur le service connecté

- RU : composante du risque lié aux blessures sur les êtres vivants
- RV : composante du risque lié aux dommages physiques sur la structure
- RW : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

Impacts à proximité d'un service

- RZ : composante du risque lié aux défaillances des réseaux internes.

Risques de pertes

- R1 : Risque de perte de vie humaine dans une structure
- R2 : risque de perte de service public dans une structure
- R3 : risque de perte d'héritage culturel dans une structure
- R4 : Risque de perte de valeur économique dans une structure.

2.6. Normes et réglementations

Les principaux documents de référence sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Normes

NF EN 62305-1	Juin 2006	Protection contre la foudre, Partie 1 : principe généraux
NF EN 62305-2	Déc 2006	Protection contre la foudre, Partie 2 : analyse du risque

Textes officiels

ARRETE DU 4 OCTOBRE 2010	Protection contre la foudre de certaines installations classées
CIRCULAIRE DU 24 AVRIL 2008	Circulaire relative à l'arrêté du 15 janvier 2008
ARRETE DU 5 AOUT 2002	Prévention des sinistres dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510
ARRETE DU 23 DECEMBRE 2008	Prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à déclaration sous la rubrique 1510 (article 4.3)

Nota : l'arrêté du 4 Octobre 2010 a été modifié par l'arrêté du 19 Juillet 2011.

2.7. Présentation du document

L'Analyse du Risque Foudre est décomposée comme suit :

- l'identification des risques liés à une agression foudre
Cette analyse est faite à partir des renseignements qui nous ont été communiqués afin d'identifier les activités et processus pour lesquelles une agression foudre et les effets qui s'en suivent peuvent devenir des facteurs déclenchants.
- l'analyse du risque
L'analyse du risque foudre sur le site est établie conformément à la norme NF EN 62305-2. Cette analyse prend en compte différents critères influents qui permettent de déterminer les risques de pertes dus à la foudre et s'il y a nécessité de protection. Cette analyse permet de déterminer, pour chaque bâtiment (ou zone) étudié, le niveau de protection approprié afin de réduire le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable fixée à 10^{-5} . Le niveau de protection peut aller de I pour le plus sévère à IV pour le moins sévère.

2.8. Limites d'intervention

L'Analyse du Risque Foudre concerne les risques liés à un impact direct et indirect de la foudre sur le site.

2.9. Documents à disposition

L'analyse est réalisée à partir des éléments en notre possession :

- étude de dangers : non
- zonage Atex : non
- plan de masse du site : oui
- plan des façades des bâtiments : oui
- plan des réseaux (VRD, terre, électrique...) : non
- liste des équipements importants pour la sécurité : oui
- schéma de distribution BT et TBT : non
- liste des renseignements communiquée par BIGS : oui.

3. CARACTERISTIQUES DU SITE ETUDIE

3.1. Adresse

CARGO PROPERTY – ZAI Artenay-Poupry – 28140 POUPRY.

3.2. Activité

Bâtiment logistique.

3.3. Liste des rubriques

Rubriques n° : 1510 ; 1530 ; 1532 ; 2662 ; 2663.

Le classement ICPE du site sous les rubriques listées ci-dessus, impose la réalisation d'une ARF conformément à l'arrêté du 04 Octobre 2010.

3.4. Type de zone d'implantation

Le site est implanté en zone industrielle.

3.5. Densité foudroiemnt sur le site (source Météorage)

La représentation de l'activité orageuse selon Météorage est la densité de foudroiemnt (Nsg) qui est le nombre d'impact par km² et par an. Le réseau de détection de la foudre utilisé par Météorage permet une mesure directe de cette grandeur.

La valeur moyenne de la densité de foudroiemnt en France est de 1,12 impacts/km²/an.

La densité de foudroiemnt pour la commune de Poupry est de 1,26 impacts/km²/an
--

3.6. Identification des événements redoutés

Le risque principal pour le site Cargo Property à Poupry est l'incendie. L'origine de cet incendie peut être diverse :

- acte de malveillance
- étincelle initiée par un équipement électrique
- problème électrique
- travail par point chaud
- l'impact direct ou indirect de la foudre sur le bâtiment ou sur les services peut être aussi à l'origine d'un départ de feu.

Les conséquences sont principalement des risques pour les personnes et/ou des dégâts matériels. Cependant, ils peuvent influencer fortement la pérennité et la continuité de service de la société.

3.7. Structures et zones objet de l'étude

La structure projetée, objet de l'étude, est le bâtiment dans son intégralité.

Nota : nous considérerons comme risque majeur l'incendie en cas d'impact sur les structures.



3.8. Nature du sol extérieur

Terre végétale engazonnée et zone de circulation avec enrobés bitumineux.

Le tableau ci-dessous indique à titre indicatif la valeur de la résistivité en fonction de la nature du terrain rencontré.

Désignation	Nature du terrain (exemple)	Résistivité en Ω/m
Très faible	Terrain marécageux	< 100
Faible	Marnes - Argiles	30 à 200
Moyenne	Sable, Sol pierreux	200 à 500
Forte	Calcaire	500 à 1000
Très forte	Granit	> 1000

Nota : nous retiendrons, par défaut, une résistivité de 500 Ω/m , qui correspond à une valeur standard.

4. ANALYSE DU RISQUE Foudre SUR LE BATIMENT

Caractéristiques de la structure	
Facteur d'emplacement (dépend des structures environnantes)	Le bâtiment est entouré par des structures de hauteur équivalente (bâtiment voisin)
Surface équivalente d'exposition du bâtiment ($Ad = L \times l + 6H(L+l) + 9\pi.H^2$)	L max : 217,00 m ; l max : 120,00 m ; H max : 15,00 m → Ad = 31 365,86 m ²
Type de construction	Charpente : béton ; Façade : bardage métallique/béton ; Toiture : bac acier
Type de sol à l'intérieur	Béton

Description de la zone concernée	
Dangers particuliers Risque de panique en cas d'évacuation	Compte tenu des caractéristiques de la structure et de l'effectif, le risque de panique est considéré comme faible (moins de 2 étages et moins de 100 personnes)
Dangers particuliers Risque pour l'environnement pouvant créer un risque de perte de vie humaine	Compte tenu de l'activité, il n'y a pas de danger pour l'environnement en cas de sinistre
Risque d'incendie *	Compte tenu de l'activité du bâtiment et des produits stockés, le risque d'incendie est considéré comme élevé
Moyens de lutte contre l'incendie	Protection automatique (installations d'extinction fixes déclenchées automatiquement, installations d'alarme automatiques)
Protection tension de contact	Terre équipotentielle

EIPS	
Liste des Equipements Importants Pour la Sécurité reliés au bâtiment	Centrale détection incendie, alarme anti-intrusion, détection fuite de gaz, motopompes sprinkler.

Ligne d'alimentation énergie Basse Tension	
Provenance de la ligne BT alimentant le bâtiment	TGBT
Type de ligne	Souterrain
Longueur estimée de la ligne entre l'origine de l'alimentation et l'équipement *	1 000 mètres
Position relative de la ligne	Entourée par des structures plus hautes
Tenue aux surtensions de l'équipement *	2,5 kV

Ligne téléphonique	
Désignation de l'équipement relié dans la structure	Autocommutateur
Type de ligne	Souterrain
Longueur estimée de la ligne entre l'origine et l'équipement *	1 000 mètres
Position relative de la ligne	Entourée par des structures plus hautes

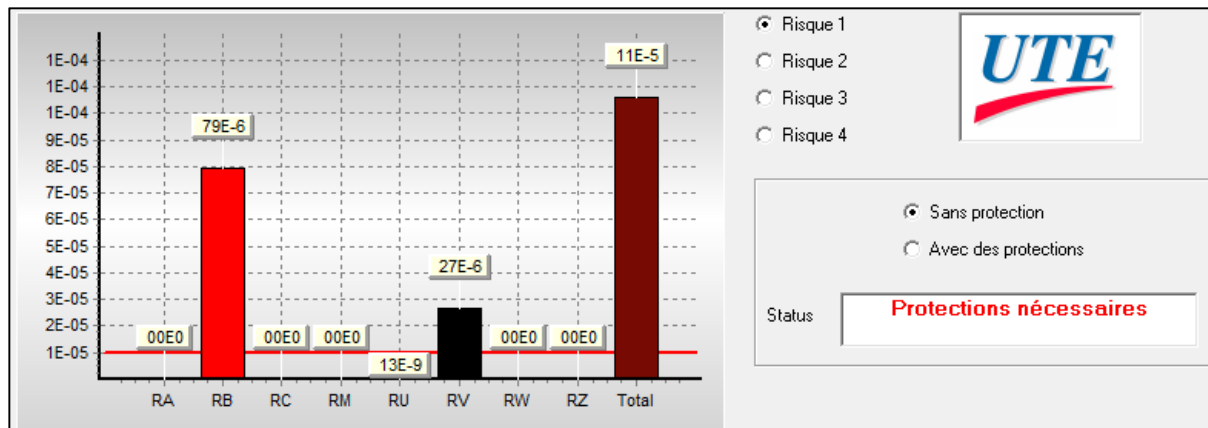
* En l'absence de données précises, nous avons retenu des valeurs par défaut.

Nota 1 : les hypothèses de calcul ci-dessus ont été déterminées en concertation avec BIGS et suivant les paramètres définis au § 2.3.

Nota 2 : l'ensemble des données d'entrée est détaillé en annexe (cf. données Jupiter).

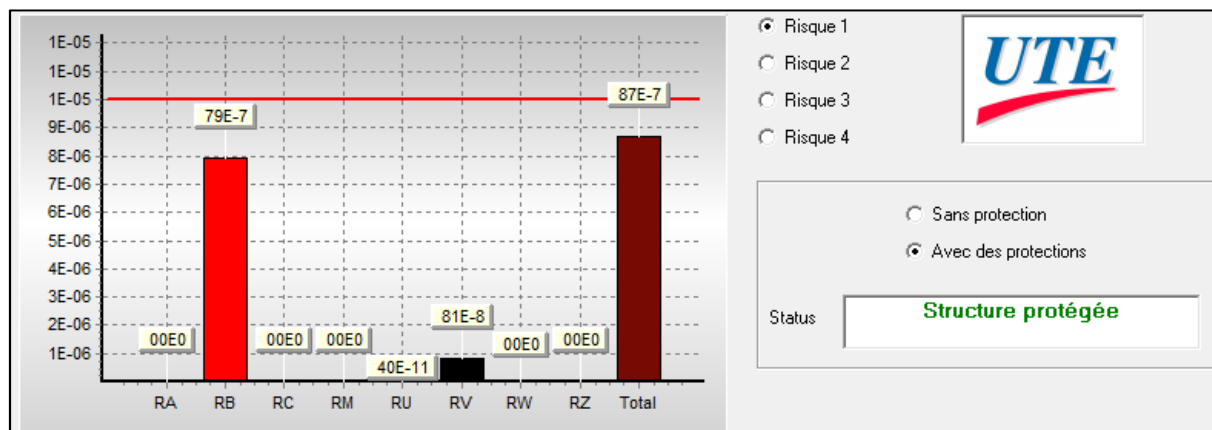
Résultats de l'analyse du risque foudre sur le bâtiment

Bâtiment sans protection



Lorsque le bâtiment n'est pas équipé de protection contre la foudre, le diagramme ci-dessus montre que la valeur du risque de perte de vie humaine R1, égale à $11 \cdot 10^{-5}$, est supérieure au risque tolérable, dont la valeur est fixée à 10^{-5} .

Bâtiment avec protection



Le diagramme ci-dessus montre que la mise en œuvre d'un système de protection contre la foudre, de niveau III minimum, abaisse le risque de perte de vie humaine R1 à une valeur égale à $0,87 \cdot 10^{-5}$; valeur inférieure au risque tolérable RT fixée à 10^{-5} .

Conclusion : le bâtiment doit être équipé d'un système de protection contre la foudre de niveau III minimum.

5. CONCLUSION DE L'ANALYSE DU RISQUE Foudre

L'analyse du risque foudre sur le site est réalisée conformément à la norme NF EN 62305-2. Elle est modélisée par le logiciel officiel de l'UTE « Jupiter - version 1.3.0 ».

Le résultat de l'analyse du risque foudre sur le site CARGO Property à Poupry pour obtenir une valeur du risque de perte de vie humaine R1 inférieure à 10^{-5} (limite supérieure du risque tolérable fixée par la norme NF EN 62305-2) est le suivant :

Le niveau de protection défini dans l'analyse du risque foudre est le niveau III

EIPS : les équipements importants pour la sécurité doivent être protégés par des dispositifs adaptés ; ces équipements à prendre en considération sont les suivants :

- la détection incendie
- l'alarme anti-intrusion
- la détection gaz
- les motopompes sprinkler.

Cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site.

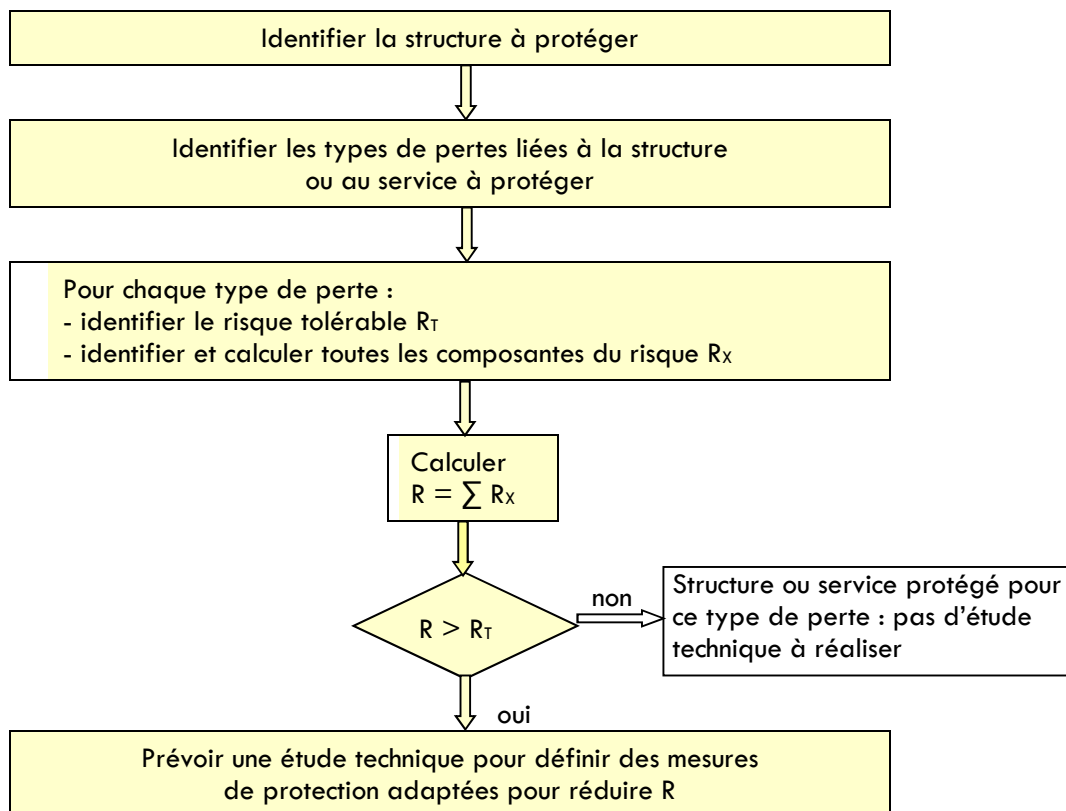
Moyen de prévention : aucun système de prévention n'a été recensé sur le site.

Conformément à l'arrêté du 4 Octobre 2010 modifié, une étude technique doit être réalisée par un organisme compétent et définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu 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. 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 Etat membre de l'Union Européenne.



ANNEXE : DONNEES DU LOGICIEL JUPITER & CARTE DE DENSITE DE FOUROIEMENT

Données logiciel Jupiter

Client

BIGS - CARGO PROPERTY
Commune: POUPRY
Ng: 1,26

Structure

- Fréquence de foudroiement
Ng: 1,26
- Utilisation principale: industriel
- Type: entouré d'objets plus petits
- Blindage: absent
- Surface équivalente d'exposition
A (m): 217
B (m): 120
H (m): 15
Hmax (m):
Surface (m²): 31365,86
- Particularité:
pas applicable

Lignes externes

Ligne1: ENERGIE BT

Type: énergie - souterrain
Caractéristique de la ligne
Ligne de longueur (m): 1000
Résistivité (ohm x m): 500
Blindage (ohm/km): pas de protection
Position relative
entouré d'objets plus hauts
Facteur d'environnement
urbain (h > 20 m)
Système intérieur: TGBT
Type de câblage: boucle 50 m²
Tension de tenue: 2,5 kV
Parafoudres coordonnés: Absent
Parafoudres arrivée ligne: Absent

Ligne2: TELEPHONE

Type: signal - souterrain
Caractéristique de la ligne
Ligne de longueur (m): 1000
Résistivité (ohm x m): 500
Blindage (ohm/km): pas de protection
Position relative
entouré d'objets plus hauts
Facteur d'environnement
urbain (10 < h < 20 m)
Système intérieur: ARRIVEE TELEPHONE
Type de câblage: boucle 50 m²
Tension de tenue: 1,5 kV
Parafoudres coordonnés: Absent
Parafoudres arrivée ligne: Absent

Zone

Zone Z1: BATIMENT

Dangers particuliers: risque de panique faible

Risque d'incendie: élevé

Protections anti-incendie: automatique

Blindage (ohm/km): absent

Type de sol: béton

Protections contre les tensions de pas et de contact: terre équipotentielle

Systèmes intérieurs présents dans la zone:

TGBT - Le système est relié à la ligne: ENERGIE BT

ARRIVEE TELEPHONE - Le système est relié à la ligne: TELEPHONE

Risque tolérable

En prenant en compte la destination d'utilisation de la structure, sont présents les risque de :

Perte de vie humaine

La valeur Ra du risque tolérable est :

$Ra1 = 0,00001$ pour le risque de type 1

Analyse du risque

L'analyse des risques présents dans la structure, conduites sur la base des valeurs relatives des composantes du risque, a mise en évidence:

Perte de vie humaine

Le risque total R1 n'est pas plus grand que le risque tolérable Ra1.

Protections

Protections communes:

SPF de niveau: III

Zone Z1: BATIMENT

Aucune protection présente

Ligne1: ENERGIE BT

Parafoudres arrivée ligne: III

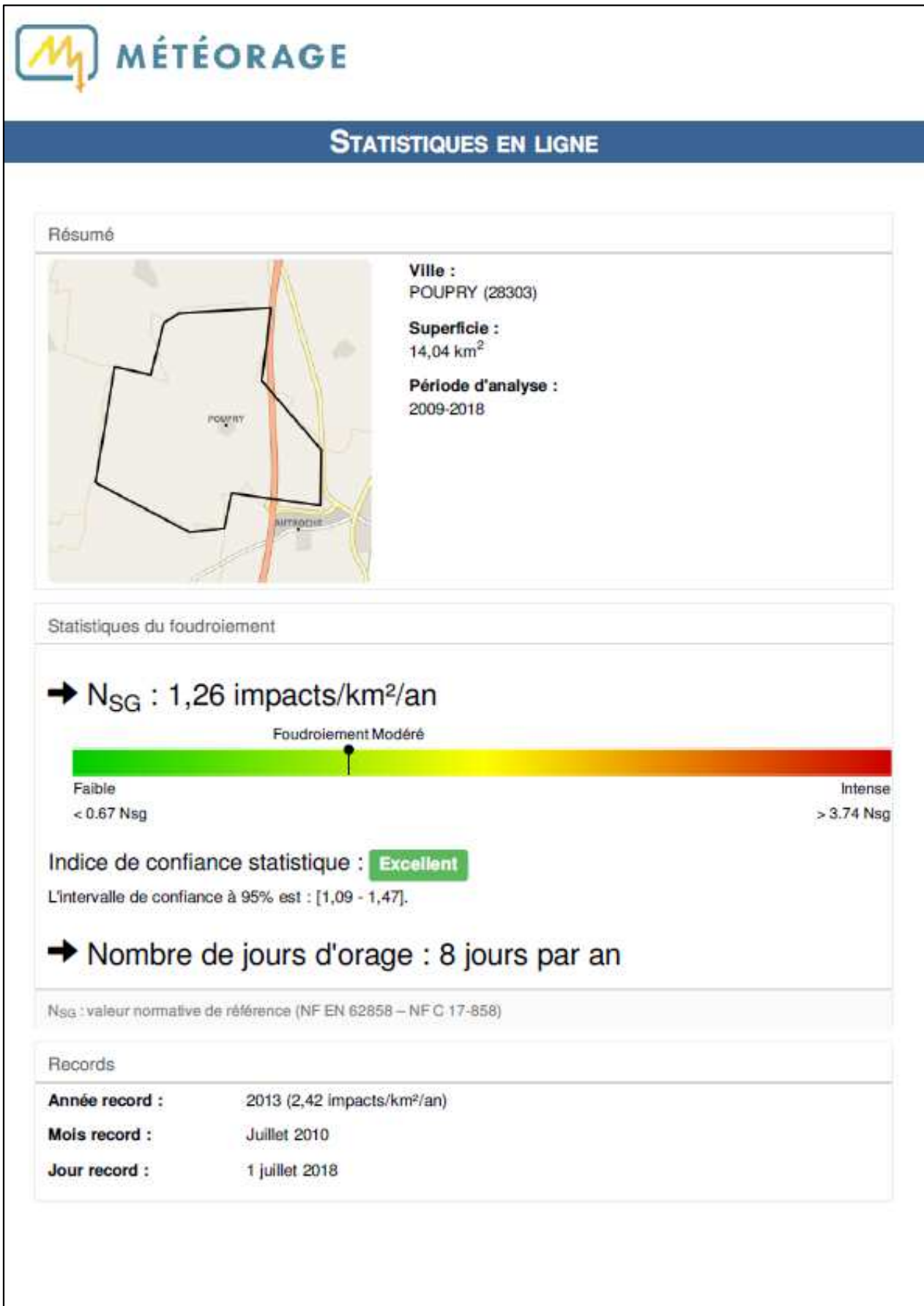
Ligne2: TELEPHONE

Parafoudres arrivée ligne: III

Conclusions

SELON LE GUIDE UTE 17-100-2 LA STRUCTURE EST PROTEGEE CONTRE LA Foudre APRES MISE EN PLACE DES MESURES DE PROTECTION.



Densité d'arcs (source Météorage)



ETUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA FOUUDRE



CARGO PROPERTY ZAI Artenay-Poupry 281 40 POUPRY

Réf. : ET	Réalisée par : Fabrice POLO	Vérifiée par : D. BRAZZALE
N° 19.04.7201		
Le : 15/04/2019		

SOMMAIRE

ETUDE TECHNIQUE DE PROTECTION CONTRE LA Foudre	1
1. PRESENTATION DE L'ETUDE TECHNIQUE	1
2. INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION Foudre (IEPF)	3
2.1. Normes et réglementations	3
2.2. Type de Système de Protection Foudre (SPF)	4
2.3. Choix du type de l'Installation Extérieure de Protection Foudre	4
2.4. Principes d'Installations Extérieures de Protection Foudre	4
2.5. Paratonnerre à tige simple (protection non isolée).....	6
2.6. Conducteurs maillés (protection non isolée)	6
2.7. Paratonnerre à dispositif d'amorçage - PDA (protection non isolée)	7
2.8. Fils tendus (protection isolée)	7
3. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION Foudre (IEPF)	8
3.1. Niveau de protection calculé dans l'analyse du risque foudre	8
3.2. Mode de protection préconisé.....	8
3.3. Installations à réaliser sur le bâtiment.....	10
3.4. Principe d'une installation type par paratonnerre à dispositif d'amorçage.....	13
4. INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION Foudre (IIPF)	18
4.1. Rappel.....	18
4.2. Equipements recensés importants pour la sécurité sur le site	19
5. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION INTERIEURE DE PROTECTION Foudre (IIPF)	20
5.1. Généralités sur le principe de protection contre les surtensions transitoires	20
5.2. Les types de parafoudres	20
5.3. Protection à réaliser sur l'alimentation électrique du réseau BT.....	22
5.4. Détermination des caractéristiques du parafoudre type 1	23
5.5. Règles pour le raccordement des parafoudres	24
6. MOYENS DE PREVENTION	25
6.1. Protection contre les tensions de contact à proximité des conducteurs de descente	25
6.2. Mesures de protection contre les tensions de pas.....	25
6.3. Mesures actives.....	26
7. ÉQUIPOTENTIALITE DES PRISES DE TERRE ET DES STRUCTURES METALLIQUES (GENERALITES)	27
8. PROCEDURES DE VERIFICATION PERIODIQUE	28
8.1. Procédure de vérification périodique des installations paratonnerre.....	29
8.2. Procédure de maintenance des installations paratonnerres	30
8.3. Procédure de vérification et maintenance des parafoudres.....	30
ANNEXES : FICHES TECHNIQUES	31
CARNET DE BORD SELON LE MODELE QUALIFOUDRE	43
NOTICE DE VERIFICATION SELON LE MODELE QUALIFOUDRE	51

SYNTHESE DE L'ETUDE TECHNIQUE

Conformément à l'arrêté du 4 Octobre 2010 (modifié le 19 Juillet 2011), une étude technique est réalisée par un organisme compétent et définissant précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection, le lieu d'implantation ainsi que les modalités de leur vérification et de leur maintenance.

Les installations, dans les normes en vigueur, des dispositifs de protection contre la foudre préconisées dans la présente étude ne peuvent assurer de façon absolue la protection sans faille des personnes ou des biens.

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

Les installations suivantes doivent être réalisées.

→ INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION Foudre (IEPF)

Nous préconisons une Installation Extérieure de Protection Foudre (IEPF) qui sera réalisée au moyen de six paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) :

- Dispositif de capture : 6 PDA 60 μ s en inox - Niveau de protection : III
- Rayon de protection : 58,2 m (réduit de 40 %)
- Les PDA seront reliés entre eux en toiture afin de mutualiser les circuits de descente
- Circuit de liaison à la terre : un circuit de descente par paratonnerre
- Distance de séparation : les conducteurs de toiture seront éloignés d'au moins 1,05 m de toutes masses métalliques
- Joint de contrôle - Tube de protection : sur le bas de chaque descente
- Comptage des coups de foudre : sur la descente de chaque paratonnerre
- Pancarte d'avertissement : sur le bas de chaque descente
- Prise de terre : chaque descente sera reliée à une prise de terre ($< 10 \Omega$), raccordée dans un regard de visite pour permettre son interconnexion sur le circuit de terre général.

→ INSTALLATION INTERIEURE DE PROTECTION Foudre (IIPF)

Type de parafoudre	Localisation
1 parafoudre Type 1 Tri + N - limp 12,5 kA	TGBT du bâtiment
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant la centrale détection incendie
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant l'alarme anti-intrusion
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant la détection fuite de gaz
1 parafoudre Type 2 Tri + N - Up 2 kV	Armoire alimentant les motopompes sprinkler

➔ PERIODICITE DE VERIFICATION DES INSTALLATIONS PARATONNERRES

L'arrêté du 4 Octobre 2010 fixe, quel que soit le niveau de protection, les périodicités suivantes :

- *vérification complète au plus tard 6 mois après l'installation des protections sur le site*

Niveau de protection III et IV :

- *vérification visuelle tous les 2 ans*
- *vérification complète tous les 4 ans.*

Les travaux doivent être réalisés par une société spécialisée, agréée Qualifoudre. L'installateur pourra proposer à Energie Foudre des modifications sur l'emplacement des circuits de descente des paratonnerres en fonction des contraintes présentes sur le site. Ces modifications devront être soumises à l'approbation d'Energie Foudre.

Les solutions proposées représentent un des moyens d'atteindre l'objectif fixé. D'autres solutions techniquement équivalentes peuvent être adoptées.

L'installateur devra fournir un DOE et mettra à jour le carnet de bord.

1. PRESENTATION DE L'ETUDE TECHNIQUE

La présente étude technique fait suite à l'Analyse du Risque Foudre réalisée par nos soins, le 15 avril 2019, sous la référence ARF 19.04.7201.

Le but de l'étude est de définir les dispositions à prendre contre les coups de foudre directs et indirects pour obtenir, dans l'état actuel des connaissances de la technique et de la réglementation en vigueur, un système de protection satisfaisant des personnes et des structures :

- Installation Extérieure de Protection contre la Foudre (IEPF) : Protection contre les effets directs de la foudre.
L'étude tient compte des risques inhérents du site.
La solution proposée sera adaptée aux spécificités de chaque bâtiment ou structure étudié.
- Installation Intérieure de Protection contre la Foudre (IIPF) : Protection contre les effets indirects de la foudre.
Les coups de foudre sur le site ou à proximité peuvent provoquer des effets de claquage et des courants vagabonds qui sont des facteurs déclenchants dans les zones à risque ou bien destructeurs pour les équipements électroniques.
Les réseaux de terre doivent être réalisés de manière à s'assurer une montée en potentiel uniforme des terres et des masses sur le site.
Par ailleurs, il faut vérifier que les surtensions transitoires susceptibles d'être transmises par des lignes électriques ne soient pas un éventuel facteur déclenchant dans les zones à risque et prévoir, s'il y a lieu, des parafoudres.

Une partie sera consacrée aux procédures et notices de vérification :

L'inspection d'un système de protection doit être menée par une entreprise spécialisée et qualifiée. Les vérifications ont pour objet de s'assurer que :

- l'installation de protection contre la foudre est conforme à la conception de l'étude technique
- tous les composants de l'installation de protection contre la foudre sont en bon état et peuvent assurer les fonctions auxquelles ils sont destinés et qu'il n'y a pas de corrosion
- toutes les dispositions ou constructions récemment ajoutées sont intégrées dans le système de protection contre la foudre.

Une dernière partie sera consacrée au carnet de bord :

Le carnet de bord est un document dans lequel est consigné l'historique de l'installation de protection contre la foudre ; il doit être tenu à disposition de l'organisme d'inspection des installations classées.

Limites de l'étude technique

L'Etude Technique est établie à partir des connaissances existantes au jour de son élaboration. Elle peut être sujette à des modifications en fonction de l'évolution des normes, des techniques et des réglementations.

La foudre est un phénomène naturel et aléatoire ; la présente Etude Technique ne peut garantir l'efficacité totale des moyens de protection proposés. En conséquence, en cas de foudroiement des installations étudiées, la responsabilité de la société Energie Foudre ne saurait être engagée au-delà du montant de l'étude.

Documents à disposition

L'étude technique est réalisée à partir des éléments en notre possession :

- étude de dangers : non
- zonage Atex : non
- plan de masse du site : oui
- plan des façades des bâtiments : oui
- plan des réseaux (VRD, terre, électrique...) : non
- liste des équipements importants pour la sécurité : oui
- schéma de distribution BT et TBT : non
- liste des renseignements communiquée par BIGS : oui.

2. INSTALLATIONS EXTERIEURES DE PROTECTION Foudre (IEPF)

2.1. Normes et réglementations

Les principaux documents de référence sont indiqués dans le tableau ci-dessous :

Normes

NF EN 62305-1	Jun 2006	Protection contre la foudre, Partie 1 : principe généraux
NF EN 62305-3	Déc. 2006	Protection contre la foudre, Partie 3 : dommages physiques sur les structure et risques humain
NF EN 62305-4	Déc. 2006	Protection contre la foudre, Partie 4 : réseaux de puissance et de communication dans les structures
NF C 17-102	Sept. 2011	Protection contre la foudre : protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage
NF C 15-100	Jun 2005	Installations électriques à basse tension
CEI 62561-1	Mars 2017 Ed. 2.0	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 1 : prescriptions pour les composants de connexion
CEI 62561-2	Janv. 2018 Ed. 2.0	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 2 : caractéristiques des conducteurs et des électrodes de terre
CEI 62561-3	Jun 2017 Ed. 2.0	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 3 : prescriptions pour les éclateurs d'isolement
CEI 62561-4	Juillet 2017 Ed. 2.0	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 4 : prescriptions pour les fixations de conducteur
CEI 62561-5	Jun 2011	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 5 : prescriptions pour les regards de visite et les joints d'étanchéité des électrodes de terre
CEI 62561-6	Jun 2011 Ed. 1	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 6 : compteurs de coups de foudre
CEI 62561-7	Nov. 2011 Ed. 1	Composants de protection contre la foudre (CPF) - Partie 7 : prescription pour les enrichisseurs de terre

Guides

GUIDE UTE C 15-443	Août 2004	Protection des installations électriques basse tension contre les surtensions d'origine atmosphérique ou dues à des manœuvres
--------------------	-----------	---

Textes officiels

ARRETE DU 4 OCTOBRE 2010	Protection contre la foudre de certaines installations classées
CIRCULAIRE DU 24 AVRIL 2008	Circulaire relative à l'arrêté du 15 janvier 2008 (dans l'attente de la parution d'une nouvelle circulaire)
ARRETE DU 5 AOUT 2002	Prévention des sinistres dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510
ARRETE DU 23 DECEMBRE 2008	Prescriptions générales applicables aux entrepôts couverts soumis à déclaration sous la rubrique 1510 (article 4.3)

Nota : l'arrêté du 4 Octobre 2010 a été modifié par l'arrêté du 19 Juillet 2011.

2.2. Type de Système de Protection Foudre (SPF)

Les types de Systèmes de Protection Foudre sont déterminés en fonction des caractéristiques de la structure à protéger et des niveaux de protection définis dans l'Analyse du Risque Foudre.

Les correspondances entre les niveaux de protection et les types de SPF sont les suivantes :

Niveaux de protection	Types de SPF
I	I
II	II
III	III
IV	IV

2.3. Choix du type de l'Installation Extérieure de Protection Foudre

Une installation extérieure de protection 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 non isolée : dans la plupart des cas, le système de protection extérieur peut être fixé sur la structure à protéger
- Installation isolée : il est recommandé qu'une installation isolée soit utilisée si l'écoulement du courant de foudre dans les parties conductrices internes peut entraîner des dommages pour la structure. Les SPF isolés sont réalisés avec des tiges ou des mâts de capture installés à proximité de la structure à protéger ou par des fils tendus entre les mâts.

2.4. Principes d'Installations Extérieures de Protection Foudre

La foudre est un phénomène électrique qui véhicule des courants forts avec un spectre de fréquences étendu. Pour assurer une bonne protection contre l'atteinte directe, il faut respecter les principes de base suivants :

- capter et canaliser les courants de foudre vers la terre à travers des conducteurs de faible impédance
- l'installation de protection est conçue de telle manière que le chemin de liaison à la terre soit le plus direct possible
- la valeur des prises de terre paratonnerre recommandée est inférieure à 10 ohms
- l'équipotentialité des différentes prises de terre est réalisée
- les masses métalliques sont reliées à la terre
- l'installation de protection contre la foudre doit permettre un contrôle et un entretien aisés.

Une installation IEPF comporte, reliés entre eux :

- le système de capture
- le système d'écoulement à la terre
- les prises de terre.

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.

Il existe des systèmes de protection qui diffèrent en fonction des dispositifs de capture et du principe d'écoulement des courants de foudre à la terre. Ces dispositifs de capture peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :

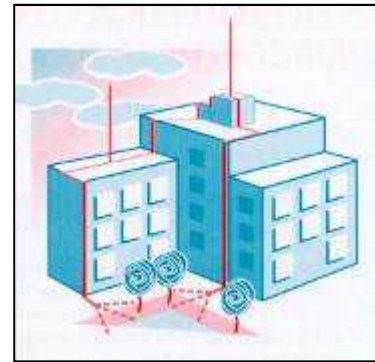
- paratonnerre à tige simple
- conducteurs maillés
- paratonnerre à dispositif d'amorçage
- fils tendus
- composants naturels, etc...

Nota : les dispositifs de capture radioactifs éventuellement existants sur un site doivent être déposés avant le 1^{er} janvier 2012.

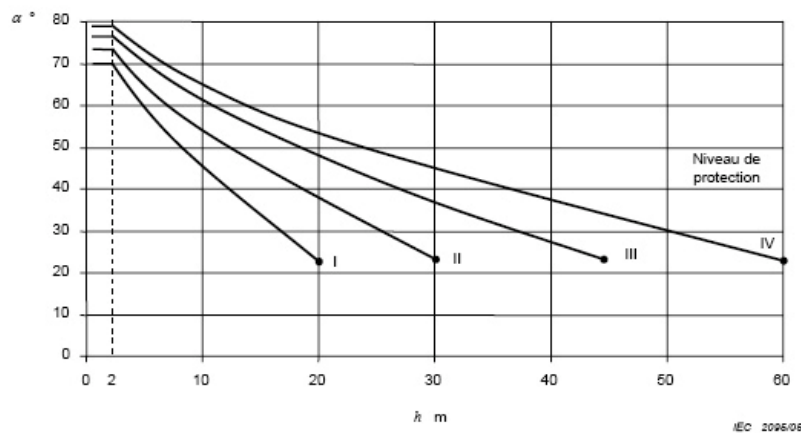
2.5. Paratonnerre à tige simple (protection non isolée)

Ce type d'installation consiste en la mise en place d'un ou plusieurs paratonnerres à tiges, érigés 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

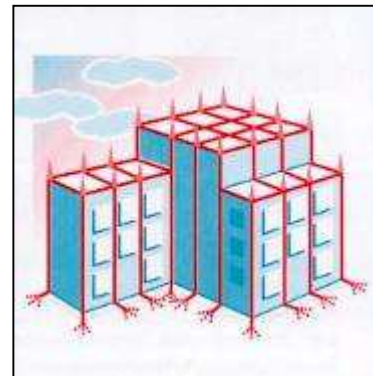


2.6. Conducteurs maillés (protection non isolée)

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.



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

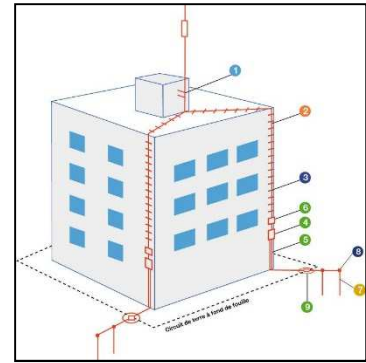
Niveau de protection	Taille des mailles en toiture (m)	Distance moyenne entre 2 descentes (m)
I	5 x 5	10
II	10 x 10	10
III	15 x 15	15
IV	20 x 20	20

2.7. Paratonnerre à dispositif d'amorçage - PDA (protection non isolée)

La protection offerte dépend de l'avance à l'amorçage, de l'implantation et de l'émergence.

Les paratonnerres à dispositif d'amorçage comportant un système d'émission et de génération d'ions et d'électrons offrent une zone de protection plus étendue.

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.



Rayon de protection des PDA en fonction de la hauteur du paratonnerre, de l'avance à l'amorçage et du niveau de protection

Rayons de protection des PDA												
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
8	29,4	38,4	47,4	33,6	43,2	52,2	39,6	49,8	59,4	45	55,2	65,4

* H = Hauteur de la pointe (m) au dessus de la surface à protéger

Nota : le tableau ci-dessus tient compte du coefficient de réduction de 40 % appliqué aux rayons de protection des PDA, conformément à la circulaire du 24 Avril 2008 concernant les ICPE.

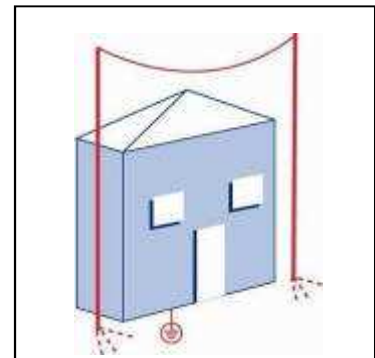
2.8. Fils tendus (protection isolée)

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

La zone de protection se détermine par application du modèle électro géométrique.

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

L'installation de fils tendus nécessite une étude particulière tenant compte notamment de la tenue mécanique, de la nature de l'installation et des distances d'isolement.



Nota : la protection isolée peut également être réalisée au moyen d'un ou plusieurs paratonnerres (tige simple ou paratonnerre à dispositif d'amorçage) positionnés sur des mâts situés à proximité de la zone à protéger.

3. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION EXTERIEURE DE PROTECTION Foudre (IEPF)

3.1. Niveau de protection calculé dans l'analyse du risque foudre

Le niveau de protection déterminé dans l'analyse du risque foudre sur le site Cargo Property à Poupry pour obtenir une valeur du risque de perte de vie R1 inférieure à 10^{-5} est le suivant :

Niveau de protection III

3.2. Mode de protection préconisé

Les différentes méthodes de positionnement du dispositif de capture sont les suivantes (cf. annexe 3) :

- méthodes issues de la norme NF EN 62305-3 :
 - angle de protection
 - sphère fictive
 - mailles
- méthode issue de la norme NF C 17-102 (septembre 2011) : rayon de protection des paratonnerres en fonction du niveau de protection, de l'avance à l'amorçage et de la hauteur du paratonnerre.

Différents types de protection contre les effets directs de la foudre peuvent être envisagés (cf. § 2.5. à 2.8.) :

- protection par paratonnerre à tige simple
- protection par dispositif type cage maillée (utilisation des composants naturels et/ou maillage)
- protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage
- protection par fil tendu.

Sous certaines conditions, les composants naturels en matériaux conducteurs qui resteront toujours dans la structure et qui ne seront pas modifiés (ex : armatures en acier, structures métalliques, etc...) peuvent être utilisés comme une partie de l'installation de protection (cf. annexe 7).

Dans le cas présent, cette méthode ne peut pas être retenue pour les raisons suivantes :

- la section du circuit de terre existant est inférieure à 50 mm^2
- continuité approximative entre les éléments de structure
- structure en béton armé : aucune garantie sur la continuité des fers à béton.

Nous avons retenu le système de protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA), issu de la norme NF C 17-102 (septembre 2011).

Ce type d'installation, adapté à la configuration du site, offre les avantages suivants :

- mise en œuvre aisée
- nombre de dispositifs de capture et de conducteurs de descente diminués
- travaux de terrassement moins conséquents
- vérification et maintenance simplifiées
- coût des travaux moindre par rapport aux autres SPF cités ci-dessus.

L'implantation des dispositifs de protection est définie de telle manière que les rayons de protection permettent de protéger les bâtiments et les zones concernées. Les rayons de protection des paratonnerres à dispositif d'amorçage sont réduits de 40 %. L'application de cette disposition vise à obtenir une protection optimale vis-à-vis des effets directs de la foudre, conformément à la circulaire du 24 Avril 2008.

Les paratonnerres installés devront avoir subi les tests d'essai et répondre aux impositions de la norme NF C 17-102 (septembre 2011). Par ailleurs, le dispositif d'amorçage devra être testable, de préférence, à distance.

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.

Les travaux doivent être réalisés par une société spécialisée, agréée Qualifoudre. L'installateur pourra proposer à Energie Foudre des modifications sur l'emplacement des circuits de descente des paratonnerres en fonction des contraintes présentes sur le site. Ces modifications devront être soumises à l'approbation d'Energie Foudre.

Les solutions proposées représentent un des moyens d'atteindre l'objectif fixé. D'autres solutions techniquement équivalentes peuvent être adoptées.

L'installateur devra fournir un DOE et mettra à jour le carnet de bord.

3.3. Installations à réaliser sur le bâtiment

Mode de protection

La protection contre la foudre du bâtiment sera réalisée par l'installation de six paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA), conformes à la norme NF C 17-102 (sept. 2011). Les PDA installés devront être testables, de préférence à distance (type Active 2D Franklin France ou équivalent).

Dispositif de capture

- 6 PDA 60 µs en inox, hauteur 5 mètres y compris mât rallonge
- Niveau de protection : III - Rayon de protection : 58,2 mètres (le rayon de protection est réduit de 40 %, conformément à la circulaire d'Avril 2008)
- Implantation : en toiture (cf. plan page 12)
- Les paratonnerres PDA1 et 2 ; 3 et 4 ; 5 et 6 seront reliés entre eux en toiture, par un circuit section 50 mm², afin de mutualiser leur descente.
- Fixation : pattes en acier galvanisé / trépied auto-stable.

Circuit de liaison à la terre

Chaque paratonnerre sera relié à la terre par un circuit de descente constitué par du conducteur cuivre étamé 50 mm² (cf. annexe 4) et fixé à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.

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

Calcul de la 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 (cf. annexe 6). Distance de séparation = $S(m) = k_i \times \frac{k_c}{k_m} \times l$

$$S(m) = 0,04 \times \frac{0,75}{1} \times 35 = 1,05 \text{ mètre}$$

<p>k_i dépend du type de SFP choisi (annexe 6 - cf. tableau 1)</p> <p>k_c dépend du courant de foudre s'écoulant dans les conducteurs de descente (annexe 6 - cf. tableau 3)</p> <p>k_m dépend du matériau de séparation (annexe 6 - cf. tableau 2)</p> <p>l est la longueur, en mètres, le long des dispositifs de capture ou 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.</p>

Joint de contrôle - Tube de protection

Le bas de chaque descente sera muni d'un joint de contrôle permettant la mesure de la prise de terre. Sous chaque borne, le conducteur sera protégé sur une hauteur de 2 mètres contre d'éventuels chocs mécaniques à l'aide d'un tube de protection en acier galvanisé.

Comptage des coups de foudre

Afin de comptabiliser le nombre d'impacts réels sur l'installation et conformément aux dispositions définies dans l'application de l'arrêté ministériel, un dispositif de comptage de coups de foudre sera intercalé sur la descente de chaque paratonnerre, au-dessus du joint de contrôle.

Pancarte d'avertissement

Une pancarte d'avertissement sera installée au bas de chaque circuit de descente afin de réduire les risques de lésions dus aux tensions de contact et de pas.

Prise de terre

Chaque descente sera reliée à une prise de terre (dont la valeur sera inférieure à 10 Ω) constituée d'un ensemble de piquets en acier auto-allongeables diamètre 20 mm, longueur 1 m reliés entre eux par du conducteur normalisé.

Chaque prise de terre paratonnerre sera raccordée dans un regard de visite pour permettre l'interconnexion sur le circuit de terre général. Le conducteur d'équipotentialité peut être de même nature et de même section que le conducteur de descente ou être un câble normalisé.

Plan d'implantation des paratonnerres



ÉTUDES • INSTALLATIONS PARATONNERRES & PARAFOUDRES • VÉRIFICATIONS

70 Avenue du Général de Gaulle - 94000 Créteil - Tél. : 01 60 18 20 10 - Fax : 01 60 18 20 11

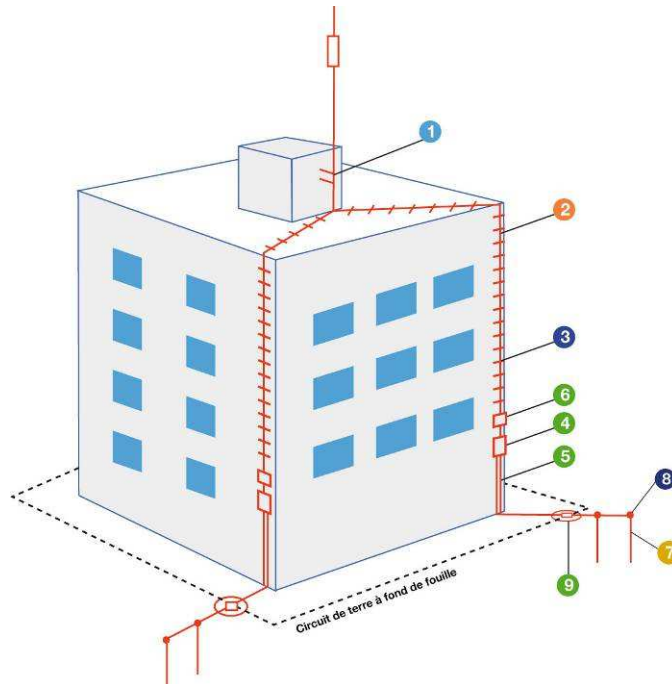
E-mail : contact@energiefoudre.com - Internet : <http://www.energie-foudre.com>

SASU au capital 10.000 €. - R.C.S Créteil B 397 672 593 - Siret 397 672 593 00043 - Code APE 4321 A - N° TVA : FR 47 397 672 593

3.4. Principe d'une installation type par paratonnerre à dispositif d'amorçage

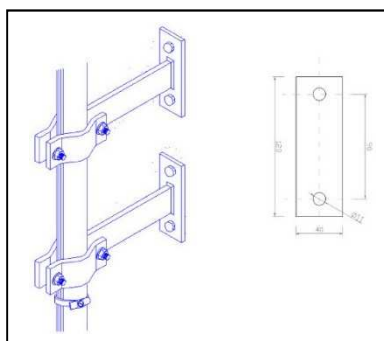
L'installation permet de capter et d'écouler à la terre le courant de foudre sans pénétrer à l'intérieur du bâtiment.

Les différents éléments composant l'Installation Extérieure de Protection Foudre doivent répondre à la série des normes CEI 62561, 1-7.

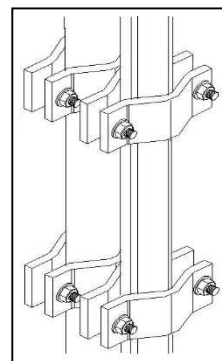


1 Implantation et fixation du paratonnerre

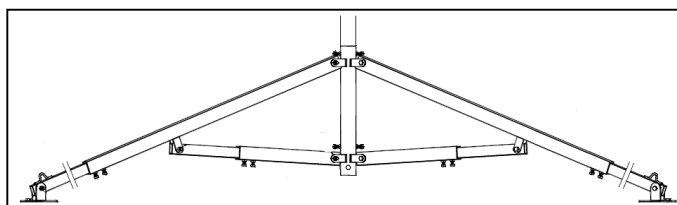
Le paratonnerre doit, d'une façon générale, dépasser les points hauts du bâtiment. Il doit être solidement fixé avec le type de fixation adapté au support et de manière à ne pas nuire à l'étanchéité de la toiture.



Pattes déport



Colliers de déport en X



Trépied auto-stable

2 Circuit de liaison à la terre

L'écoulement des courants de foudre, compte tenu de leur fréquence, se fait d'autant mieux sur des conducteurs offrant la plus grande surface latérale.

Conformément à la norme NF C 17-102 (septembre 2011), **chaque** paratonnerre sera relié à la terre par **un** circuit de descente. Ces circuits, constitués par du conducteur normalisé (cf. annexe 4), seront positionnés à l'extérieur du bâtiment sur des façades différentes et fixés à raison de trois attaches au mètre adaptées au support.

Lorsque plusieurs PDA se trouvent sur le même bâtiment, les conducteurs de descente peuvent être mutualisés à condition que la distance de séparation calculée pour le système complet le permette.

Ces circuits sont destinés à canaliser le courant de foudre du dispositif de capture vers les prises de terre, le tracé est le plus rectiligne possible en empruntant le chemin le plus court et en évitant tout coude brusque ou remontée éventuelle. Les rayons de courbure sont supérieurs à 20 cm.

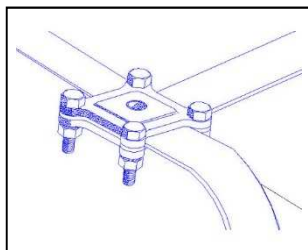
En cas d'installation de conducteurs de descente sur des murs en matériaux combustibles et de risque d'élévation dangereuse de température de la descente, une des exigences suivantes devra être respectée :

1^{ère} exigence : respecter un écartement minimal de 0,10 m

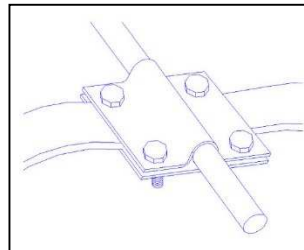
2^{ème} exigence : porter la section du conducteur à 100 mm².

Le tracé des descentes doit être choisi de manière à éviter la proximité des canalisations électriques et leur croisement. Dans la mesure du possible, les descentes doivent être éloignées des portes et accès du bâtiment.

Le raccordement des différents conducteurs entre eux s'opère par serrage à l'aide de pièces de raccordement et brasure.



Raccord plat/plat



Raccord plat/rond

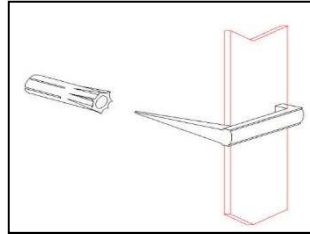
Pour le dévoiement des rubans de descente, des coudes formés sur chant sont utilisés. Les éléments métalliques extérieurs importants situés à moins d'un mètre des escentes leur sont reliés électriquement. Les éléments métalliques continus sur la hauteur du bâtiment sont interconnectés en partie haute et en partie basse.



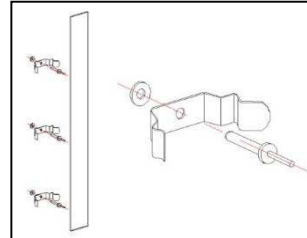
Coude sur chant

3 Fixation du conducteur

La fixation du conducteur est assurée par des attaches appropriées au support, à raison de trois au mètre.



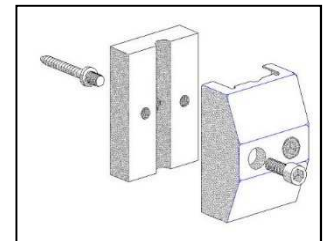
Fixation crampons et cheville pour béton



Fixation clips inox pour bardage

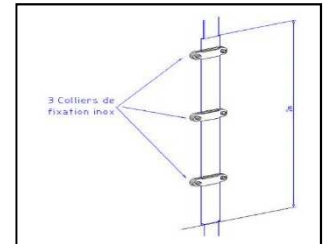
4 Joint de contrôle

Le bas de la descente est muni d'un joint de contrôle de très faible impédance en cupro alu permettant la mesure de la prise de terre. Celui-ci porte la mention paratonnerre et le repère prise de terre ; il est intercalé à 2 mètres au-dessus du sol.



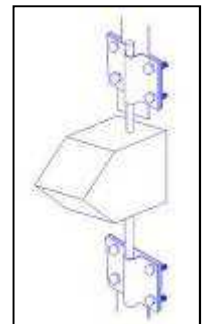
5 Tube de protection

Sous la borne, le conducteur de descente est protégé sur une hauteur de 2 m contre d'éventuels chocs mécaniques à l'aide d'un tube de protection en acier galvanisé.



6 Comptage des coups de foudre

Conformément aux dispositions définies dans l'application de l'arrêté, un dispositif de comptage de coups de foudre est intercalé sur la descente au-dessus de la borne de coupure.



7 Prise de terre paratonnerre

La prise de terre est le lieu de contact électrique entre le sol et l'installation de protection. De la qualité de ce contact dépend le bon écoulement des charges électriques vers le sol.

La prise de terre doit répondre aux exigences suivantes :

- résistance inférieure à 10 Ω
- valeur d'impédance d'onde la plus faible possible.

Afin de minimiser la force contre électromotrice qui vient s'ajouter à la montée en potentiel ohmique, il convient de ne pas réaliser des prises de terre constituées par un seul brin horizontal enterré ou par un seul piquet vertical.

En pratique, les prises de terre des installations paratonnerre sont réalisées en type « patte d'oie » ou « piquets triangulés » ou « piquets alignés »



Patte d'oie



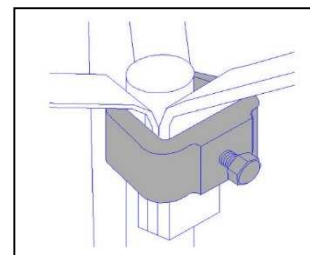
Piquets alignés



Piquets triangulés
(ensemble de 3 piquets)

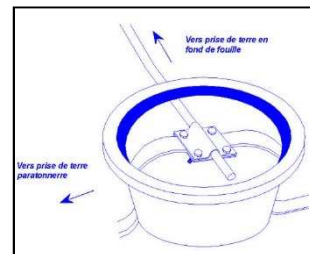
8 Connexion sur les piquets de terre

Le raccordement du conducteur sur les piquets est réalisé à l'aide de colliers de serrage.

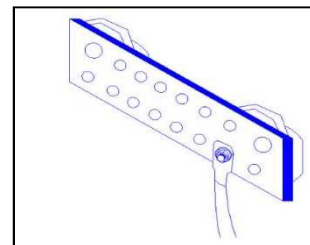


9 Regard de visite

Si le bâtiment comporte un circuit de terre à fond de fouille pour les masses des installations électriques, les prises de terre paratonnerre lui sont reliées par du conducteur en cuivre section 50mm².



Dans le cas où le circuit à fond de fouille ne serait pas identifiable lors des travaux de terrassement, la prise de terre paratonnerre est interconnectée sur la barrette de terre la plus proche.



D'une façon générale, les différentes prises de terre sur le site doivent être interconnectées entre elles et les structures métalliques reliées à la terre, l'objectif recherché étant lorsque le bâtiment est directement atteint par la foudre d'éviter l'apparition de différences de potentiel dangereuses susceptibles de provoquer des incendies ou des explosions.

- **Chronologie des travaux d'installation d'un paratonnerre**

- Étape 1 - Réalisation des tranchées nécessaires à la réalisation des prises de terre.
- Un permis de fouille est nécessaire pour s'assurer qu'il n'existe pas de réseaux enterrés (câbles électriques, canalisations d'eau, gaz, etc...) susceptibles d'être endommagés.
- Étape 2 - Création des prises de terre par fonçage de piquets et mise en place du circuit en cuivre étamé 50mm² reliant les piquets de terre entre eux.
- La valeur des prises de terre doit être inférieure à 10 Ω.
- Mise en place des regards de visite permettant d'interconnecter les prises de terre paratonnerre avec la terre des masses du bâtiment.
- Étape 3 - Pose du tube de protection et du joint de contrôle dans le bas de chaque descente.
- Raccordement du compteur de coups de foudre au-dessus du joint de contrôle.
- Étape 4 - Mise en place des circuits de descente en cuivre étamé 50mm², fixés à raison de trois attaches au mètre.
- L'installation peut être réalisée à la corde avec harnais de sécurité et stop chute ou nacelle élévatrice.
- Étape 5 - Mise en place du circuit de toiture, fixé au moyen d'attaches adaptées au support et de façon à ne pas nuire à l'étanchéité (tous les 33 cm).
- Étape 6 - Installation du paratonnerre et raccordement aux circuits de descente à la terre.

- **Qualification de l'entreprise**

La mise en œuvre des préconisations doit être réalisée par une société spécialisée et agréée *Qualifoudre*. La qualité de l'installation des systèmes de protection est essentielle pour assurer une efficacité de la protection foudre. L'entreprise devra fournir son attestation *Qualifoudre* à la remise de son offre.

- **La marque Qualifoudre**

La marque *Qualifoudre* identifie les sociétés compétentes dans le domaine de la foudre. Ce label garantit la qualité des services fournis liés à la protection et la prévention contre la foudre. Il peut être attribué aux fabricants, aux bureaux d'études, aux installateurs et aux bureaux de contrôle.

L'INERIS vérifie, selon les exigences définies dans le référentiel, que les moyens mis en œuvre par l'entreprise qualifiée sont appropriés et suffisants.

4. INSTALLATIONS INTERIEURES DE PROTECTION Foudre (IIPF)

4.1. Rappel

Les surtensions transitoires peuvent être définies comme des élévations rapides élevées et souvent imprévisibles du potentiel d'un point donné.

Les parafoudres sont des appareils de sécurité dont le rôle est d'empêcher que la tension ne dépasse un seuil compatible avec le bon fonctionnement des équipements. Ils sont raccordés en parallèle ou en série sur la ligne qui alimente l'équipement à protéger et permettent d'écrêter puis d'écouler à la terre une surtension apparaissant aux bornes de l'équipement.

Les modules parafoudres sont constitués par l'association de composants tels que varistances et diodes permettant d'obtenir les caractéristiques essentielles à leur fonction qui sont entre autres, temps de réponse court, pouvoir d'écoulement important.

Rappel sur les catégories de tenue aux chocs des matériels :

- catégorie 1 Composants électroniques dont la tension de tenue aux chocs est faible. Cette tension de tenue aux chocs est spécifiée par le constructeur
- catégorie 2 Matériels d'utilisation destinés à être connectés à l'installation électrique fixe du bâtiment. Leur tenue aux chocs est au moins égale à 2 kV
- catégorie 3 Matériels appartenant à l'installation fixe et d'autres matériels pour lesquels un plus haut niveau de fiabilité est demandé. Leur tenue aux chocs est au moins égale à 4 kV
- catégorie 4 Matériels utilisés à l'origine ou au voisinage de l'origine de l'installation en amont du tableau de distribution. Leur tenue aux chocs est au moins égale à 6 kV.

Les installations Basse Tension peuvent être soumises à des surtensions d'origine atmosphérique dans les cas suivants :

- coup de foudre direct sur le réseau HTA : un tel coup de foudre engendre une surtension qui se transmet partiellement sur le réseau BT, par couplage des enroulements du transformateur HTA/BT ou par couplage des prises de terre
- coup de foudre direct sur le réseau BT
- coup de foudre à proximité d'un réseau HTA : une surtension induite sur le réseau HTA est transmise au réseau BT ; elle est moins énergétique qu'un coup de foudre direct
- coup de foudre à proximité d'un réseau BT : une surtension est induite sur ce réseau par couplage électromagnétique
- coup de foudre au sol dans le voisinage immédiat d'un bâtiment ou sur un bâtiment équipé d'un paratonnerre : le potentiel de la terre de l'installation s'élève.

Nota : la norme NF C 15-100 impose l'installation d'un parafoudre (type 1) sur l'alimentation principale d'un bâtiment équipé d'un paratonnerre.

4.2. Equipements recensés importants pour la sécurité sur le site

Dans cette étude, nous avons opté pour une démarche ciblée visant à prendre en compte la protection contre les effets indirects de la foudre des équipements importants pour la sécurité et dont la perte serait à l'origine d'un risque potentiel ou dégraderait le niveau de sécurité.

On considère comme fonction, équipement et paramètre de fonctionnement important pour la sécurité, des installations dont le dysfonctionnement les placerait en situation dangereuse ou susceptible de le devenir, en fonctionnement normal, en fonctionnement transitoire ou en situation accidentelle.

Certains autres équipements peuvent contribuer à assurer sur le site un niveau de sécurité mais pour lesquels, cependant, un défaut n'entraînerait pas une situation à risque majeur.

Les équipements recensés importants pour la sécurité qui pourraient, en cas de destruction ou de dysfonctionnement, nuire à la sécurité d'une manière générale sont :

- la centrale détection incendie
- l'alarme anti-intrusion
- la détection gaz (chaufferie)
- les motopompes sprinkler.

Cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site.

5. DISPOSITIONS PRECONISEES CONCERNANT L'INSTALLATION INTERIEURE DE PROTECTION Foudre (IIPF)

5.1. Généralités sur le principe de protection contre les surtensions transitoires

La protection a deux objectifs :

- éviter qu'une surtension ne soit à l'origine d'un dysfonctionnement d'un équipement important pour la sécurité
- éviter qu'une surtension ne soit à l'origine d'un amorçage dans une zone à risque.

Il est donc nécessaire d'assurer une continuité de service du matériel important pour la sécurité vis-à-vis des risques foudre. Par conséquent, une protection est à mettre en place sur les équipements concernés.

Dans tous les cas et pour chaque élément, le niveau de fiabilité déterminé comme nécessaire par cette étude vis-à-vis du risque foudre devra être atteint.

5.2. Les types de parafoudres

- Définitions :

- I_{limp} (kA) : courant impulsionnel foudre de forme d'onde 10/350 μs pouvant être écoulé par le parafoudre sans destruction
- I_{max} (kA) : courant maximal de décharge : valeur du courant impulsionnel de forme d'onde 8/20 μs pouvant être écoulé par le parafoudre avant d'être détruit
- I_n (kA) : courant nominal de décharge : valeur du courant impulsionnel de forme d'onde 8/20 μs pouvant être écoulé par le parafoudre au moins 15 fois avant d'être détruit
- U_p (kV) : niveau de protection : valeur indiquant la tension résiduelle maximale qui sera transmise au matériel à protéger après fonctionnement du parafoudre. C'est la tension disponible à ses bornes lors de l'écoulement d'un courant de décharge
- U_{oc} : tension de décharge combinée utilisée pour les parafoudres de type 3.

- Parafoudres de type 1 (classe d'essai 1 selon la norme NF EN 61643-11)

- Niveau de protection U_p : $\leq 2,5$ kV
- Courant de choc I_{limp} (onde 10/350) μs $\geq 12,5$ kA
- Préconisations : tableau général BT en particulier si présence de paratonnerre sur le bâtiment ou à moins de 50 mètres du paratonnerre.

- Parafoudres de type 2 (classe d'essai 2 selon la norme NF EN 61643-11)

- Niveau de protection U_p : $\leq 2,5$ kV
- Courant nominal I_n (onde 8/20) μs : ≥ 5 kA
- Préconisations : tableaux et circuits divisionnaires.

- Parafoudres de type 3 (classe d'essai 3 selon la norme NF EN 61643-11)
 - Niveau de protection Up en mode commun et mode différentiel : $\leq 1,5$ kV (le mode commun étant la protection entre conducteurs de terre, le mode différentiel étant la protection entre conducteurs)
 - Courant nominal In (onde 8/20) μ s) : 1 kA
 - Préconisations : protection fine des appareils terminaux.
- Parafoudres de type 1+2 : parafoudres qui satisfont aux essais de parafoudres de type 1 et de type 2.

Nota : le dispositif de protection des courants de défaut et les surintensités est défini par le fabricant du parafoudre.

5.3. Protection à réaliser sur l'alimentation électrique du réseau BT

La protection IIPF sera réalisée comme suit :

Type de parafoudre	Localisation
1 parafoudre Type 1 Tri + N - Iimp 12,5 kA	TGBT du bâtiment
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant la centrale détection incendie
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant l'alarme anti-intrusion
1 parafoudre Type 2 Mono - Up 1,5 kV	Armoire alimentant la détection fuite de gaz
1 parafoudre Type 2 Tri + N - Up 2 kV	Armoire alimentant les motopompes sprinkler

Nota : cette liste n'est pas exhaustive et peut être complétée par le département Sécurité Environnement du site.

Remarque :

La configuration retenue pour le bâtiment est la suivante : 1 TGBT principal alimente les armoires divisionnaires de chaque cellule.

Dans le cas où chaque cellule serait alimentée en direct par une ligne BT extérieure, un parafoudre de type 1 devra être installé dans chaque armoire divisionnaire.

5.4. Détermination des caractéristiques du parafoudre type 1

Détermination du courant I_{limp} 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 μ s.

Niveau de protection	Courant de foudre direct maxi (kA)
I	200
II	150
III	100
IV	100

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 :

$$I_{limp} = \frac{I_{max\ direct}}{2} \times \frac{1}{m.n}$$

(m = nombre de lignes)
(n = nombre de pôles)

Caractéristiques des parafoudres type 1 en fonction du niveau de protection :

- niveau de protection U_p : $\leq 2,5$ kV

Courant de choc I_{limp} (onde 10/350 μ s) : $\geq 12,5$ kA. (cf. tableau ci-dessous)

Niveau de protection	IT avec neutre (4 pôles) I_{limp} (kA)	IT sans neutre (3 pôles) I_{limp} (kA)	TN-C (3 pôles) I_{limp} (kA)	TN-S (4 pôles) I_{limp} (kA)
I	25	33,3	33,3	25
II	18,75	25	25	18,75
III	12,5	16,7	16,7	12,5
IV	12,5	16,7	16,7	12,5

Nota : les lignes de télécommunication ne sont pas prises en compte.

Les travaux doivent être réalisés par une société spécialisée, certifiée QUALIFOUDRE. L'emplacement et le type de parafoudre (coffret ou module) sera défini par l'installateur en concertation avec le service technique du site en fonction de la place disponible dans les tableaux.

5.5. Règles pour le raccordement des parafoudres

5.5.1. Parafoudre type 1 dans un Tableau Général Basse Tension (TGBT)

La protection Type 1 doit être raccordée au niveau du jeu de barres principal de chaque TGBT, conformément à la norme NF C 15-100 et au guide UTE C 15-443.

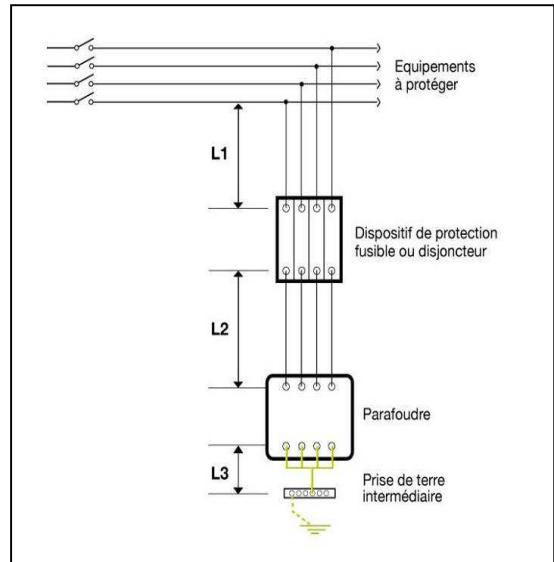
Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (ex : HPC125 A, disjoncteur 250 A...).

Le parafoudre doit permettre une bonne tenue aux chocs de foudre, ainsi qu'une résistance aux courants de court-circuit adaptée. Il doit également garantir la protection contre les contacts indirects en cas de destruction du parafoudre.

Il est conseillé de prévoir la signalisation du déclenchement du dispositif de protection.

Le raccordement doit être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible. La longueur de câble cumulée $L1+L2+L3$ ne devra pas excéder 0,50 mètre.

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



5.5.2. Parafoudre type 2 dans une armoire divisionnaire

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.

La protection de type 2 doit être raccordée dans les armoires divisionnaires alimentant les équipements recensés importants pour la sécurité.

Le niveau de protection est inférieur à 1,5 kV (tenue aux chocs réduite) pour les matériels connectés à une installation fixe et dont la tenue aux chocs ne dépasse pas 1,5 kV suivant NF C 15-100.

La protection Type 2 doit être raccordée au niveau de l'armoire en amont du matériel classé important pour la sécurité, conformément à la NF C 15-100 et du guide UTE C 15-443.

La protection est débrochable afin de faciliter les opérations de maintenance.

Une signalisation par voyant mécanique indiquera le défaut (en option un contact inverseur pourra assurer le report d'alarme à distance).

Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (ex : fusible 50 AgG, disjoncteur 32 A courbe C...).

Le dispositif de protection doit permettre une bonne tenue aux chocs de foudre, ainsi qu'une résistance aux courants de court-circuit adaptée. Il doit également garantir la protection contre les contacts indirects après destruction du parafoudre.

Le raccordement doit être réalisé de la manière la plus courte et la plus rectiligne possible. La longueur de câble cumulée, du parafoudre/barres et parafoudre/terre, ne devra pas excéder 0,50 mètre.

La mise en œuvre doit être réalisée conformément au guide UTE C 15-443 (les règles de raccordement sont identiques à celles du parafoudre type 1 indiquées sur le schéma ci-dessus).

6. MOYENS DE PREVENTION

6.1. Protection contre les tensions de contact à proximité des conducteurs de descente

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

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

Si aucune de ces conditions n'est satisfaite, des mesures de protection doivent être prises contre les lésions d'êtres 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 μ 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.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes (voir ISO 3864-1).

Des pancartes d'avertissement seront installées sur les descentes cheminant à proximité des zones de passage du personnel.

6.2. Mesures de protection contre les tensions de pas

Les risques pour les personnes peuvent être considérées comme négligeables si les conditions suivantes sont satisfaites :

- 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
- la résistivité de la couche de surface du sol, jusqu'à 3 m des conducteurs de descente, n'est pas inférieure à 5 k Ω m.

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

- équipotentialité au moyen d'un réseau de terre maillé
- des restrictions physiques et/ou des pancartes d'avertissement afin de minimiser la probabilité de toucher les conducteurs de descente, jusqu'à 3 m.

Les mesures de protection doivent être conformes aux normes (voir ISO 3864-1).

Des pancartes d'avertissement seront installées afin de limiter la proximité des prises de terre proches des zones d'accès du personnel.

6.3. Mesures actives

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 sur une 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

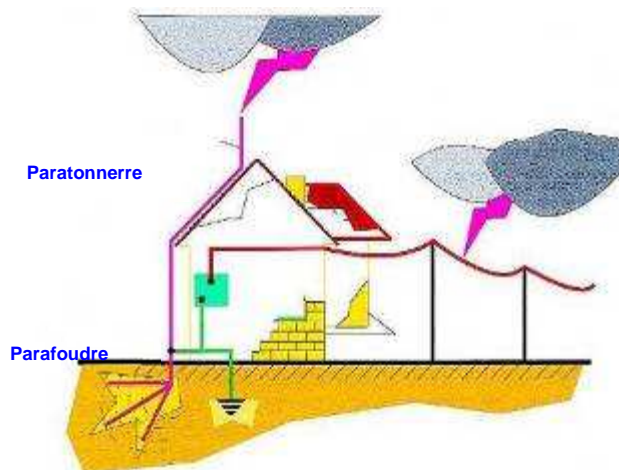
- entreprendre de tournée d'inspection
- travailler en hauteur
- rester dans les endroits dégagés ou à risques tels que définis précédemment.

7. ÉQUIPOTENTIALITE DES PRISES DE TERRE ET DES STRUCTURES METALLIQUES (GENERALITES)

La protection des réseaux locaux contre les phénomènes électriques dangereux fait appel à un nombre important de mises à la terre, dont la qualité de réalisation conditionne pour une grande part l'efficacité de la protection recherchée, et en particulier celle des parafoudres.

La construction des mises à la terre de protection revêt donc une importance particulière car, bien que non indispensable le plus souvent au fonctionnement des équipements, elles en complètent la protection, fonction essentielle pour la qualité de service et la limitation des coûts de maintenance.

D'une façon générale, les différentes prises de terre sur le site doivent être interconnectées entre elles et les structures métalliques reliées à la terre ; l'objectif recherché étant, lorsque le bâtiment est directement atteint par la foudre, d'éviter l'apparition de différences de potentiel dangereuses susceptibles de provoquer des incendies ou des explosions.



8. PROCEDURES DE VERIFICATION PERIODIQUE

Il convient que l'inspection d'un système de protection soit menée par un spécialiste. Les vérifications ont pour objet de s'assurer que :

- l'installation de protection contre la foudre est conforme à la conception de l'étude technique
- tous les composants de l'installation de protection contre la foudre sont en bon état et peuvent assurer les fonctions auxquelles ils sont destinés et qu'il n'y a pas de corrosion
- toutes les dispositions ou constructions récemment ajoutées sont intégrées dans le système de protection contre la foudre.

La norme NFC 17-102 de septembre 2011 fixe les périodicités suivantes :

- **vérification complète au plus tard 6 mois après l'installation des protections sur le site**

Niveau de protection III et IV :

- **vérification visuelle tous les 2 ans**
- **vérification complète tous les 4 ans.**

De plus, il convient d'inspecter le système de protection lors de toute modification ou réparation de la structure protégée.

En cas de coup de foudre enregistré, une vérification visuelle des dispositifs de protection doit être réalisée dans un délai maximum d'un mois.

Si l'une de ces vérifications fait apparaître la nécessité d'une remise en état, celle-ci doit être réalisée dans un délai maximum d'un mois.

Lors des inspections périodiques, les points suivants doivent être particulièrement contrôlés :

- vérification de la documentation technique pour s'assurer de la conformité à la norme et de la cohérence avec les plans d'exécution
- aucune extension de la structure protégée n'impose de protection complémentaire
- la détérioration et la corrosion des dispositifs de capture, des conducteurs et des connexions
- la corrosion des prises de terre
- la résistance globale de la prise de terre (excepté pour la vérification visuelle)
- les connexions, les équipotentialités et les fixations
- aucun dommage du système de protection des parafoudres et des fusibles n'est relevé.

Des vérifications régulières constituent le principe même d'un entretien fiable d'une installation de protection contre la foudre. Toute défectuosité constatée doit être réparée sans retard.

8.1. Procédure de vérification périodique des installations paratonnerre

Les points de vérification sont les suivants :

- Niveau de protection
Contrôle du rayon de protection offert par le paratonnerre en vérifiant que les différents points protégés n'ont pas fait l'objet de modifications pouvant entraîner une diminution de la protection.
- Etat des dispositifs de capture
Examen du paratonnerre proprement dit et test du dispositif d'amorçage, de la qualité de la liaison du conducteur au dispositif, de la bonne tenue de la fixation sur le support.
- Continuité électrique du circuit en toiture
Examen visuel du conducteur.
- Equipotentialité des masses métalliques
Vérification de l'interconnexion des différentes masses métalliques au conducteur de toiture.
- Etat des conducteurs de descente
Contrôle visuel du conducteur.
- Fixation des circuits de descente
Le conducteur doit être maintenu sur le support à raison de trois fixations au mètre. Le contrôle est visuel ou manuel en fonction de l'accessibilité.
- Tube de protection et joint de contrôle
Vérification de la continuité du joint de contrôle et de l'état du tube destiné à la protection mécanique du conducteur dans le bas de la descente.
- Comptage des coups de foudre
Relevé des indications enregistrées sur le compteur de coups de foudre intercalé sur la descente paratonnerre.
- Valeur ohmique des prises de terre paratonnerre (excepté pour la vérification visuelle)
L'efficacité de la protection est directement liée à la résistance de la prise de terre qui doit être inférieure à 10 Ohms. Celle-ci peut évoluer dans le temps, c'est pourquoi elle doit être vérifiée.
La mesure est faite avec un appareil type Téluohmètre par la méthode des trois points.
- Equipotentialité des prises de terre
D'une façon générale, les différentes prises de terre sur un site doivent être interconnectées entre elles et toutes les masses métalliques reliées à la terre. L'objectif recherché étant lorsque le bâtiment est directement atteint par la foudre d'éviter l'apparition de différences de potentiel dangereuses.
- Rapport de vérification
A l'issue de la mission de vérification périodique, il sera rédigé les documents de contrôle et le descriptif technique concernant les éventuels travaux de remise en conformité. Cette prestation fait l'objet d'un contrat de vérification.

8.2. Procédure de maintenance des installations paratonnerres

Une personne responsable doit être désignée par le chef d'établissement pour répondre aux exigences de l'arrêté ministériel.

Une procédure définira les conditions d'action de cette personne qui doit, lors de tous travaux sur la structure protégée ou sur le voisinage, s'assurer :

- qu'il n'est pas porté préjudice à l'installation de protection foudre
- que tous les éléments naturellement conducteurs sont convenablement reliés aux conducteurs de l'installation de protection foudre.

Après une activité orageuse locale, chaque impact enregistré par un compteur de coups de foudre doit être daté et consigné dans le carnet de bord. L'incréméntation d'un compteur déclenche obligatoirement une vérification de l'installation.

On peut également, en complément, organiser un relevé trimestriel des impacts affichés par les compteurs de coups de foudre.

Le carnet de bord est un document qui doit être tenu à disposition de l'inspection des installations classées (cf. § 11). Dans ce document sont consignés tous les événements survenus dans l'installation de protection foudre :

- modification
- vérification
- coup de foudre
- opération de maintenance.

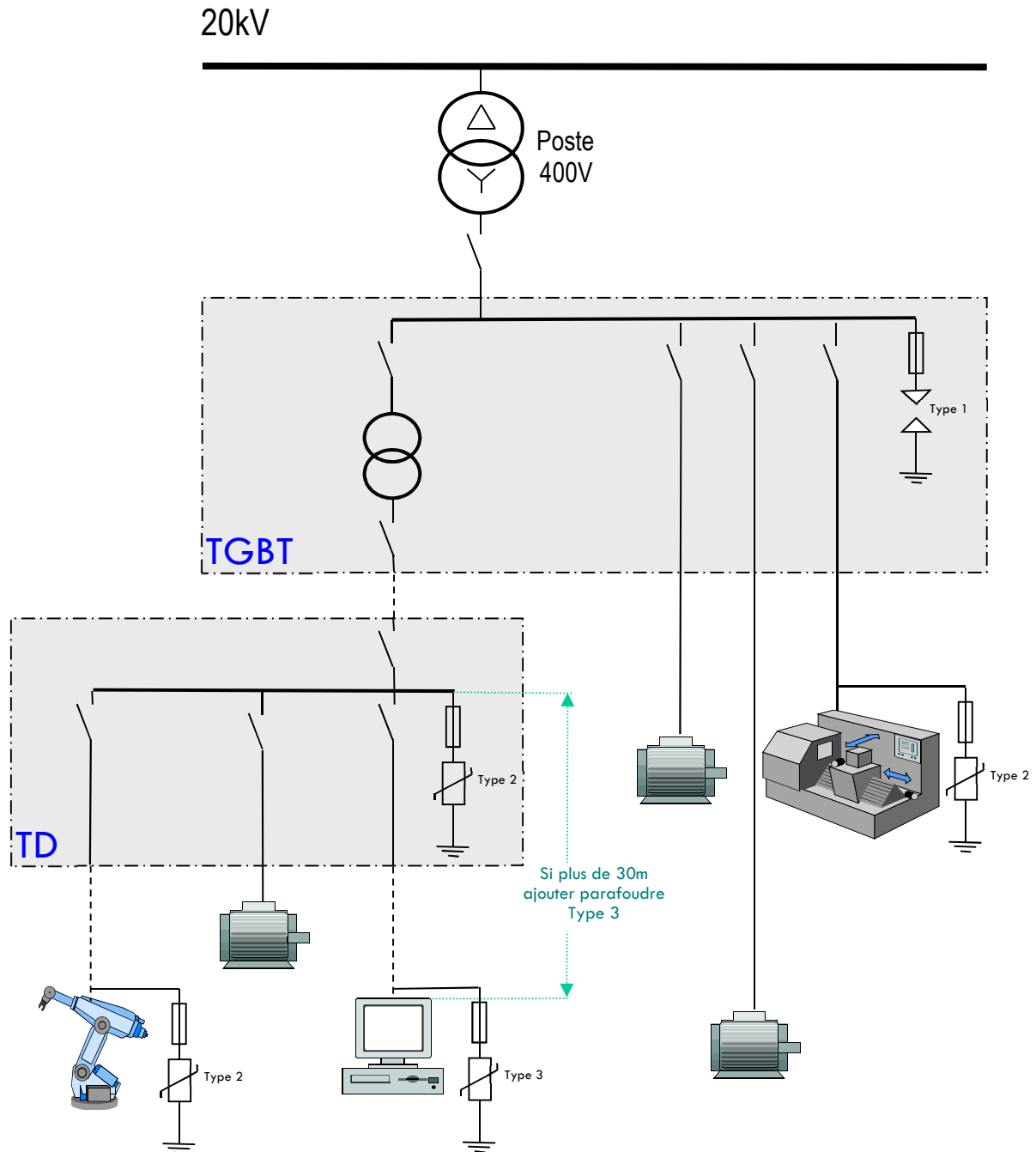
8.3. Procédure de vérification et maintenance des parafoudres

Lors des inspections périodiques, les points suivants doivent être vérifiés :

- l'état de fonctionnement du parafoudre visualisé par un voyant éventuel
- l'état des fusibles sur le circuit d'alimentation du parafoudre
- la conformité du raccordement du parafoudre (règle des 50 cm respectée)
- les connexions sont serrées et aucune rupture de conducteur ou de jonction n'existe
- aucune partie du système n'est fragilisé par la corrosion
- il n'existe pas d'ajouts ou de modification nécessitant une protection complémentaire
- le cheminement des câbles est maintenu.

ANNEXES : FICHES TECHNIQUES

Annexe 1 : Schéma type d'une protection par parafoudres



Annexe 2 : Règles d'installation des parafoudres

(Extrait du guide UTE C 15-443)

1) Emplacement du parafoudre dans l'installation

Le parafoudre (et ses dispositifs de protection) destiné à protéger une installation doit être installé le plus près possible de l'origine de l'installation. Le parafoudre complémentaire destiné à protéger un matériel particulièrement sensible est installé à proximité de ce matériel.

2) Raccordement des parafoudres dans un tableau électrique

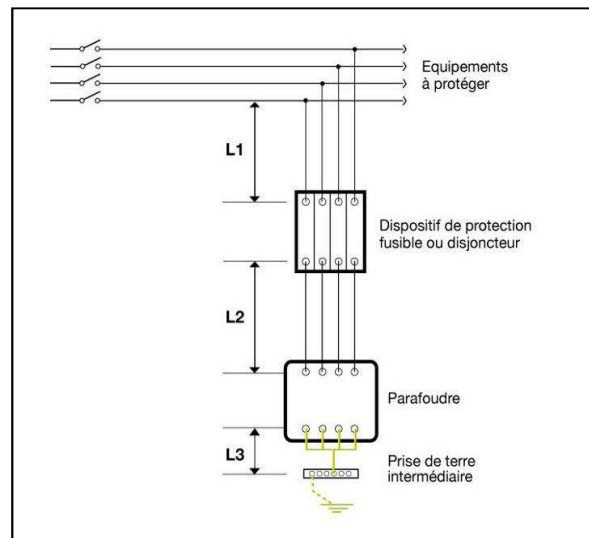
Les conducteurs de raccordement sont ceux reliant les conducteurs actifs au parafoudre et reliant le parafoudre à la liaison équipotentielle ou au conducteur de protection ou au PEN. Ils doivent avoir une section minimale de 4 mm² en cuivre. En cas de présence d'un paratonnerre, cette section minimale est de 10 mm².

Règle 1 : la longueur L (L1+L2+L3) doit être inférieure à ,50 m en utilisant des borniers de raccordement intermédiaires si nécessaire.

Règle 2 : réduire la surface de boucle générée par le montage des câbles phases, neutre et PE en les regroupant ensemble d'un même côté du tableau.

Règle 3 : séparer les câbles d'arrivée (en provenance du réseau) et les câbles de départ (vers installation) pour éviter de mélanger les câbles perturbés et les câbles protégés. Ces câbles ne doivent pas non plus traverser la boucle (règle 2).

Règle 4 : plaquer les câbles contre la structure métallique du tableau lorsqu'elle existe afin de minimiser la boucle de masse et de bénéficier de l'effet réducteur des perturbations.



3) Mise à la terre de l'installation

L'installation de parafoudre n'entraîne pas d'exigence particulière en ce qui concerne la valeur de la résistance de la prise de terre des masses. Les valeurs des prises de terre des masses qui résultent de l'application de la norme NF C 15-100 sont satisfaisantes pour l'installation de parafoudres. Dans le cas d'une installation comportant un paratonnerre, la valeur de la résistance de la prise de terre du paratonnerre connectée à la prise de terre des masses doit être inférieure ou égale à 10 Ohms. Si différentes prises de terre existent pour un même bâtiment, elles doivent être interconnectées. Dans le cas d'une installation desservant plusieurs bâtiments, il est aussi recommandé d'interconnecter les prises de terre de ces bâtiments si la distance est courte.

4) Maintenance/Remplacement

Il convient de vérifier régulièrement leur état. Ceci consiste à vérifier l'indicateur du parafoudre ainsi que celui des dispositifs de protection associés. En cas de défaut signalé par l'un de ces indicateurs, il convient de changer le ou les éléments défectueux.

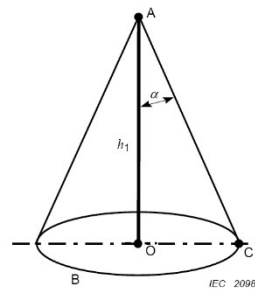
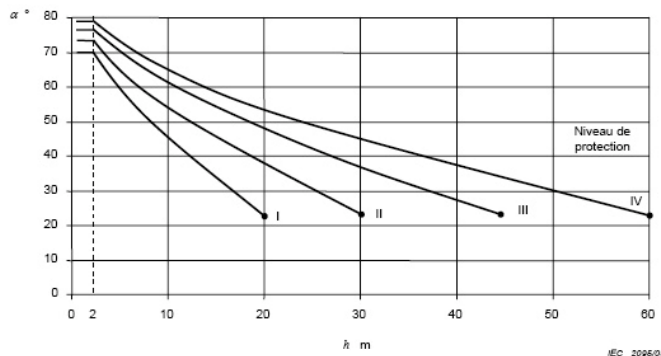
Annexe 3 : Méthode de positionnement des systèmes de protection foudre

En fonction du niveau de protection défini dans l'Analyse du Risque Foudre, les valeurs de l'angle de protection, du rayon de la sphère fictive, des dimensions des mailles et des rayons de protection des paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) sont données dans le tableau ci-dessous :

Niveau de protection	Méthode de protection				Rayon de protection du PDA
	Courant de foudre direct maxi (kA)	Rayon de la sphère fictive (m)	Dimension des mailles (m)	Angle de protection (α°)	
I	200	20	5 x 5		Cf. page suivante
II	150	30	10 x 10		
III	100	45	15 x 15		
IV	100	60	20 x 20		

Méthode de l'angle de protection

Conformément au tableau ci-dessous, l'angle de protection α varie en fonction du niveau de protection et selon les différentes hauteurs du dispositif de capture au-dessus de la surface à protéger. Le volume protégé par une tige de capture verticale est censé avoir la forme d'un cône droit ayant pour axe la tige de capture, de demi-angle α fonction du type de SPF, et de la hauteur de la tige de capture.

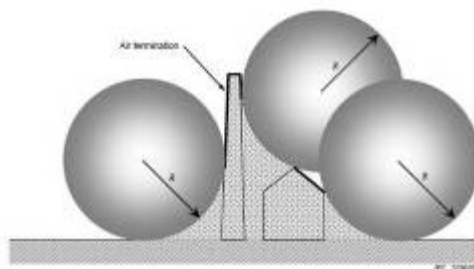


Note 1 : non applicable au-delà des valeurs marquées *. Seules les méthodes de la sphère fictive et des mailles sont applicables en ce cas.

Note 2 : H est la hauteur du dispositif de capture au-dessus de la zone à protéger.

Note 3 : l'angle ne changera pas pour des valeurs de H inférieures à 2 m.

Méthode de la sphère fictive



Niveau de protection	Rayon de la sphère fictive (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

En appliquant cette méthode, le positionnement du dispositif de capture est approprié si aucun point du volume à protéger n'est en contact avec le rayon de la sphère r roulant sur le sol, autour et sur la structure dans toutes les directions possibles. C'est pourquoi il convient que la sphère ne touche que le sol et/ou le dispositif de capture.

Il y a lieu que le rayon r de la sphère fictive soit conforme au niveau de protection choisi du système de protection selon le tableau ci-dessus.

Annexe 3 : Méthode de positionnement des systèmes de protection foudre (suite)

Méthode du maillage

Pour la protection de surfaces planes, un maillage est considéré comme protégeant l'ensemble de la surface si les conditions suivantes sont satisfaites :

- les conducteurs de capture sont :
 - sur des extrémités de toitures
 - sur des débords de toitures
 - sur des bords de toitures si la pente dépasse 1/10
 - sur les surfaces latérales de la structure pour des hauteurs supérieures à 60 m et pour les 20 % supérieurs de la hauteur lesquels sont équipés de dispositifs de capture
- les dimensions des mailles du réseau de capture ne sont pas supérieures aux valeurs indiquées dans le tableau ci-dessous
- le réseau de capture est réalisé de manière que le courant de foudre se répartisse toujours entre au moins deux chemins métalliques distincts vers la terre et qu'aucune installation métallique ne dépasse le volume protégé par le dispositif de capture
- les conducteurs de capture suivent des chemins aussi directs et courts que possible.

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

Niveau de protection	Taille des mailles en toiture (m)	Distance moyenne entre 2 descentes (m)
I	5 x 5	10
II	10 x 10	10
III	15 x 15	15
IV	20 x 20	20

Méthode de protection par paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA)

La protection offerte dépend de l'avance à l'amorçage, de l'implantation et de l'émergence. Les paratonnerres à dispositif d'amorçage comportant un système d'émission et de génération d'ions et d'électrons offrent une zone de protection plus étendue.

La norme NF C 17-102 de septembre 2011 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.

*Rayon de protection des PDA en fonction de la hauteur du paratonnerre,
de l'avance à l'amorçage et du niveau de protection
(avec coefficient de réduction de 40 % appliqué aux rayons de protection des PDA,
conformément à la circulaire du 24 Avril 2008 concernant les ICPE)*

Rayons de protection des PDA												
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	31,8	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
8	29,4	38,4	47,4	33,6	43,2	52,2	39,6	49,8	59,4	45	55,2	65,4

* H = Hauteur de la pointe (m) au dessus de la surface à protéger

Annexe 4 : Les conducteurs de descente (NF C 17-102)

Les conducteurs de descente sont constitués par des rubans, tresses ou ronds. Leur section, de 50 mm² minimum, est définie dans le tableau ci-dessous :

Conducteurs de descente		
Matière	Observations	Dimensions minimales
Cuivre électrolytique nu ou étamé (1)	Recommandé pour sa bonne conductibilité électrique et sa tenue à la corrosion	Ruban 30 x 2 mm Rond Ø 8 mm (2) Tresse 30 x 3,5 mm
Acier inoxydable 18/10, 304	Recommandé dans certaines atmosphères corrosives	Ruban Ø 30 x 2 Rond Ø 8 mm (2)
Aluminium A 5/L	Doit être utilisé sur des surfaces en aluminium (bardages, murs, rideaux)	Ruban 30 x 3 mm Rond Ø 10 mm (2)
(1) Compte tenu de ses propriétés physiques, mécaniques et électriques (conductibilité, malléabilité, tenue à la corrosion, etc...) le cuivre étamé est recommandé. (2) Etant donné le caractère impulsionnel du courant de foudre, le conducteur plat, offrant à section identique une plus grande surface extérieure, est préféré au conducteur rond.		

L'utilisation de câbles coaxiaux isolés comme descentes de paratonnerres n'est pas admise. L'emploi de gaines ou revêtements isolants autour des conducteurs n'est pas admis (épaisseur inférieure ou égale à 0,5 mm tolérée).

Annexe 5 : Les prises de terre

Généralités

Afin d'assurer l'écoulement du courant de foudre dans la terre (comportement à haute fréquence) en minimisant des surtensions, la forme et les dimensions des prises de terre sont les critères importants. Une résistance de terre inférieure à 10 Ω (mesure à basse fréquence) est généralement recommandée.

Prises de terre selon la norme NF C 17-102 (septembre 2011) : elles peuvent être constituées par :

- des conducteurs en cuivre étamé 50mm², longueur 8 mètres, disposés en patte d'oie et enfouis horizontalement à au moins 50 cm de profondeur
- ou un ensemble de plusieurs piquets de terre verticaux disposés en ligne ou en triangle espacés de 2 mètres environ et reliés entre eux par un conducteur en cuivre étamé 50mm².



Patte d'oie



Piquets alignés



Piquets triangulés

Les prises de terre doivent être interconnectées, l'équipotentialité est réalisée par l'interconnexion de l'installation extérieure de protection contre la foudre avec :

- l'ossature métallique de la structure
- les installations métalliques
- les systèmes intérieurs
- les éléments conducteurs extérieurs et les lignes connectées à la structure.

Les matériaux et les dimensions minimales des électrodes de terre sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Électrodes de terre		
Matière	Observations	Dimensions minimales
Cuivre électrolytique nu ou étamé (1)	Recommandé pour sa bonne conductibilité électrique et sa tenue à la corrosion	Ruban 30 x 2 mm Rond \varnothing 8 mm (2) Grille en fil de section mini de 10 mm ² Piquet plein : \varnothing 15 mm, L : 1 m Piquet tubulaire : \varnothing 25 ext, L : 1 m
Acier cuivré (250 μ)	/	Piquet plein \varnothing 15 mm, L : 1 m
Acier inoxydable 18/10, 304	Recommandé dans certains types de sols corrosifs	Ruban \varnothing 30 x 2 Rond \varnothing 10 mm Piquet plein : \varnothing 15 mm, L : 1 m Piquet tubulaire : \varnothing 25 mm, L : 1 m
Acier galvanisé à chaud (50 μ)	Réservé aux installations provisoires et de courte durée de vie compte tenu de sa mauvaise tenue à la corrosion	Ruban 30 x 3,5 mm Rond \varnothing 10 mm Piquet plein : \varnothing 19 mm, L : 1 m Piquet tubulaire : \varnothing 21 mm, L : 1 m
(1) Compte tenu de ses propriétés physiques, mécaniques et électriques (conductibilité, malléabilité, tenue à la corrosion, etc...) le cuivre étamé est recommandé.		

Annexe 6 : Distances 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. Elle est définie par la formule suivante :

$$S(m) = k_i \frac{k_c}{k_m} l$$

où :

k_i dépend du type de SPF choisi (cf. tableau 1)

k_c dépend du courant de foudre s'écoulant dans les conducteurs de descente (cf. tableau 3)

k_m dépend du matériau de séparation (cf. tableau 2)

l est la longueur, en mètres, le long des dispositifs de capture ou 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.

Tableau 1 : Valeur du coefficient k_i

Type de SPF	k_i
I	0,08
II	0,06
III et IV	0,04

Tableau 2 : Valeur du coefficient k_m

Matériaux	K_m
Air	1
Béton, briques	0,5

Si plusieurs matériaux isolants sont en série, une bonne pratique est de choisir la valeur la plus faible de k_m . L'utilisation d'autres matériaux isolants est à l'étude

Dans le cas de lignes ou de parties conductrices extérieures pénétrant dans la structure, il est toujours nécessaire de réaliser une équipotentialité de foudre (directe ou par parafoudre) au point de pénétration dans la structure.

Dans des structures en béton armé avec armatures métalliques interconnectées, une distance de séparation n'est pas requise.

Le coefficient de répartition K_c du courant de foudre entre les conducteurs de descente dépend du nombre n de ceux-ci, de leur position, de la présence des ceinturages, du type du dispositif de capture et du type de prise de terre (cf. tableau ci-dessous).

Pour une prise de terre de type A, et sous la condition que la résistance de chacune des électrodes a la même valeur, et pour une prise de terre de type B le tableau ci-dessous est applicable.

Tableau 3 : Valeur du coefficient k_c

Nombre de conducteurs de descente n	k_c	
	Disposition de terre type A	Disposition de terre type B
1	1	1
2	0,75 (d)	1 ... 0,5 (a)
4 et +	0,60 (d)	1 ... 1/n (b)
4 et +, connectés par un ceinturage horizontal	0,41 (d)	1 ... 1/n (c)
(a) Voir l'Annexe E (b) Si les conducteurs de descente sont connectés horizontalement par un ceinturage, la distribution de courant est plus homogène dans la partie inférieure et k_c est réduit. Cela est particulièrement applicable aux structures élevées. (c) Ces valeurs sont valables pour de simples électrodes présentant des valeurs comparables de résistance. Si ces résistances sont très différentes, il est pris $k_c = 1$		
Note : d'autres valeurs de k_c peuvent être utilisées si des calculs détaillés sont effectués		

Annexe 7 : Composants « naturels »

Les éléments suivants de la structure peuvent être considérés comme des descentes « naturelles » :

a) Les installations métalliques, à condition que :

- la continuité électrique entre les différents éléments soit réalisée de façon durable, conformément aux exigences du § 5.5.2. de la norme NF EN 62305-3
- leurs dimensions soient au moins égales à celles qui sont spécifiées pour les descentes normales dans le tableau 6 de la norme NF EN 62305-3 (voir page suivante).

Les canalisations transportant des mélanges inflammables ou explosifs ne doivent pas être considérées comme des composants naturels de descente si le joint entre brides n'est pas métallique ou si les brides ne sont pas connectées entre elles de façon appropriée.

Note 1 : les installations métalliques peuvent être revêtues de matériau isolant.

b) L'ossature métallique de la structure présentant une continuité électrique.

Note 2 : pour les éléments préfabriqués en béton armé, il est important de réaliser des points d'interconnexion entre les éléments de renforcement. Il est aussi essentiel que le béton armé intègre une liaison conductrice entre ces points. Il est recommandé de réaliser ces interconnexions « in situ » lors de l'assemblage.

Note 3 : dans le cas de béton précontraint, il convient de veiller au risque d'effets mécaniques inadmissibles dus, pour une part aux courants de décharge atmosphérique et, d'autre part, au raccordement de l'installation de protection contre la foudre.

c) Les armatures armées en acier interconnectés de la structure en béton.

Note 4 : les ceinturages ne sont pas nécessaires si l'ossature métallique ou si les interconnexions des armatures du béton sont utilisées comme conducteur de descente.

d) Les éléments de façade, profilé et support des façades métalliques, à condition que :

- leurs dimensions soient conformes aux exigences relatives aux descentes et que leur épaisseur ne soit pas inférieure à 0,5 mm
- leur continuité électrique dans le sens vertical soit conforme aux exigences du § 5.2.2. de la norme NF EN 62305-3.

Les parties suivantes de structures peuvent être considérées comme dispositifs de capture « naturels » et constituer des parties du SPF :

a) Les tôles métalliques recouvrant la structure à protéger, sous réserve que :

- la continuité électrique entre les différentes parties soit réalisée de façon durable (par exemple par brassage, soudage, sertissage, vissage ou boulonnage)
- l'épaisseur des tôles métalliques ne soit pas inférieure à la valeur t' figurant dans le tableau 3 de la norme NF EN 62305-3 (ci-après), de façon à empêcher la perforation des tôles ou à prendre en compte l'inflammabilité des matériaux placés dessous
- l'épaisseur des tôles métalliques ne soit pas inférieure à la valeur t figurant dans le tableau 3 la norme NF EN 62305-3 (ci-après) de façon à les protéger contre les perforations ou à éviter les problèmes de points chauds
- elles ne soient pas revêtues de matériau isolant.

- b) Les éléments métalliques de construction du toit (fermes, armatures d'acier interconnectées, etc...) recouverts de matériaux non métalliques, à condition que ces derniers puissent être exclus de la structure à protéger
- c) Les parties les parties métalliques du type gouttières, décorations, rambardes, etc... dont la section n'est pas inférieure à celle qui est spécifiée pour les composants normaux du dispositif de capture
- d) Les tuyaux et réservoirs métalliques sur la toiture si l'épaisseur et la section de leur matériaux est conforme au tableau 6 (ci-dessous)
- e) Les tuyaux et réservoirs métalliques de mélanges combustibles et explosifs, s'ils sont réalisés en un matériau d'épaisseur non inférieure à la valeur appropriée de t figurant dans le tableau 3 (ci-dessous) et si l'élévation de température de la surface intérieure au point d'impact ne constitue pas un danger.

Si les conditions d'épaisseur ne sont pas satisfaites, les canalisations et réservoirs doivent être intégrés dans la structure à protéger.

Les canalisations écoulant des mélanges combustibles ou explosifs ne doivent pas être considérées comme des dispositifs de capture si le joint des brides n'est pas métallique ou si les brides ne son pas connectées entre elles de façon appropriée.

Tableau 3
Epaisseur minimale des tôles ou canalisations métalliques du dispositif de capture

Niveau de protection	Matériau	Épaisseur ^a t mm	Épaisseur ^b t' mm
I à IV	Plomb	-	2,0
	Acier (inox galvanisé)	4	0,5
	Titanium	4	0,5
	Cuivre	5	0,5
	Aluminium	7	0,65
	Zinc	-	0,7

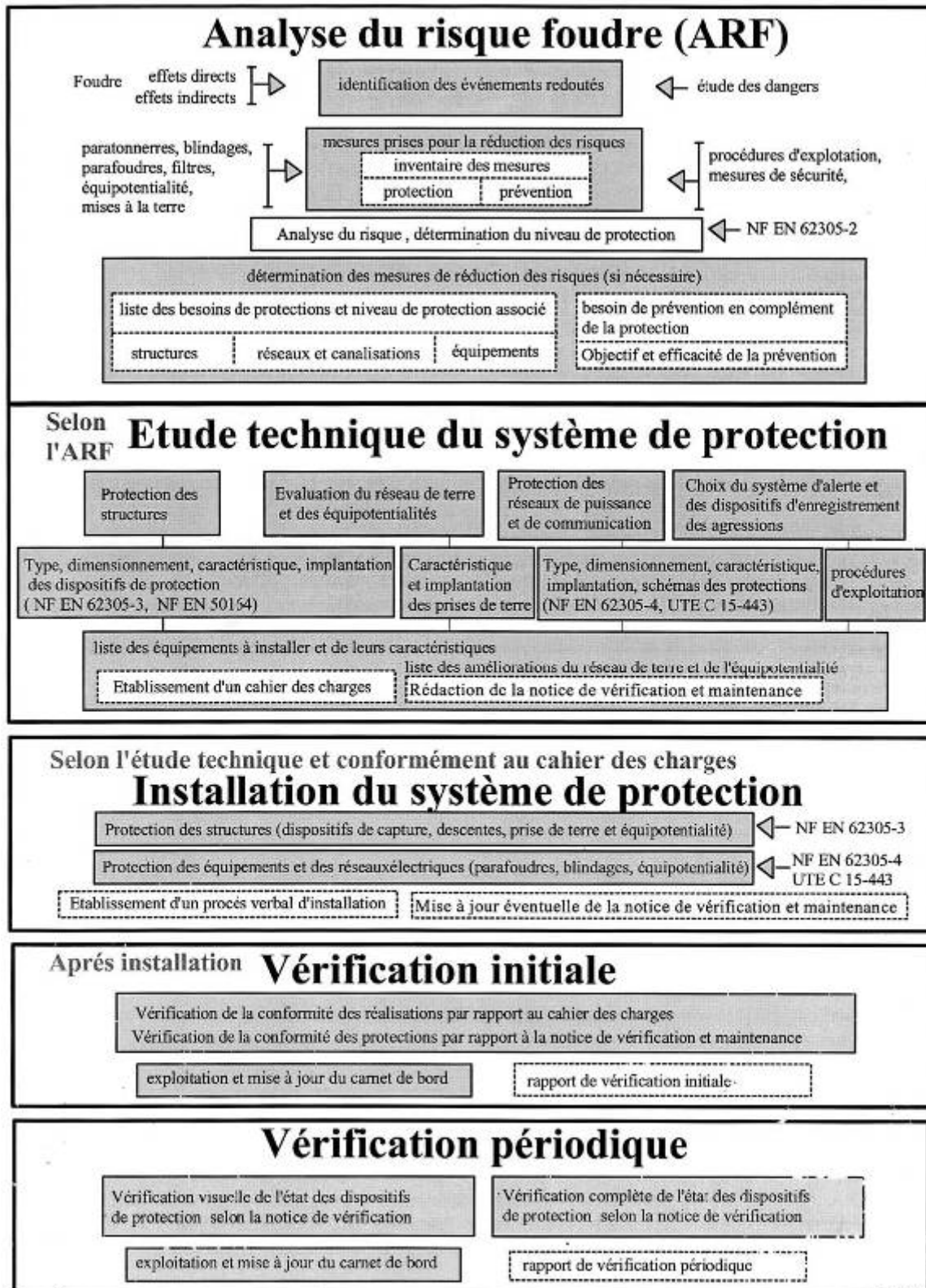
^a t en cas de problème de performance, de point chaud ou d'inflammation
^b t' seulement pour les feuilles métalliques s'il n'est pas nécessaire de protéger contre les problèmes de perforation, de point chaud ou d'inflammation

Tableau 6
Matériau, configuration et section minimale des conducteurs de capture,
des tiges et des conducteurs de descente

Matériau	Configuration	Section mini (mm ²)	Commentaires
Cuivre	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur mini 2 mm Ø 8 mm Ø mini d'une torsade 1,7 mm Ø 16 mm
	Rond plein (7)	50 (8)	
	Torsadé	50 (8)	
	Rond plein (3-4)	200 (8)	
Cuivre étamé (1)	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur mini 2 mm Ø 8 mm Ø mini d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein (7)	50 (8)	
	Torsadé	50 (8)	
Aluminium	Plaque pleine	70	Épaisseur mini 2 mm Ø 8 mm Ø mini d'une torsade 1,7 mm
	Rond plein	50 (8)	
	Torsadé	50 (8)	
Alliage d'aluminium	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur mini 2,5 mm Ø 8 mm Ø mini d'une torsade 1,7 mm Ø 16 mm
	Rond plein (7)	50	
	Torsadé	50 (8)	
	Rond plein (3-4)	200 (8)	
Acier galvanisé à chaud (2)	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur mini 2,5 mm Ø 8 mm Ø mini d'une torsade 1,7 mm Ø 16 mm
	Rond plein (9)	50	
	Torsadé	50 (8)	
	Rond plein (3-4-9)	200 (8)	
Acier inoxydable (5)	Plaque pleine	50 (8)	Épaisseur mini 2 mm Ø 8 mm Ø mini d'une torsade 1,7 mm Ø 16 mm
	Rond plein (6)	50	
	Torsadé	70 (8)	
	Rond plein (3-4)	200 (8)	

- 1) Galvanisé à chaud ou épaisseur galvanique ou d'électrolyte de 1 µm.
- 2) Il convient que le revêtement soit doux, continu et sans flus d'étain avec une épaisseur minimale de 50 µm.
- 3) Applicable seulement aux tiges. Pour les applications soumises à des contraintes mécaniques non critiques telles que le vent, un Ø de 10 mm, une tige de longueur maxi de 1 m et une fixation complémentaire peuvent être mise en œuvre.
- 4) Applicable seulement aux électrodes de terre guidées.
- 5) Chrome ≥ 16 %, nickel ≥ 8 %, carbone ≤ 0,07 %.
- 6) Pour l'acier inox enfoui dans du béton et/ou en contact direct avec des matériaux inflammables, il convient d'augmenter les dimensions à 78 mm² (Ø 10 mm) pour les ronds pleins et à 75 mm² (épaisseur minimale de 3 mm) pour les plaques pleines.
- 7) 50 mm² (Ø 8 mm) peut être réduit à 28 mm² (Ø 6 mm) dans certains cas où les contraintes mécaniques ne sont pas essentielles. Il convient alors de prendre en compte la réduction des fixations.
- 8) Si les aspects thermiques et mécaniques sont importants, ces dimensions peuvent être augmentées jusqu'à 60 mm² pour une plaque pleine et 78 mm² pour un rond plein.
- 9) La section minimale pour éviter la fusion est de 16 mm² (cuivre), 25 mm² (aluminium, 50 mm² (acier) et 50 mm² (acier inox) pour une énergie spécifique de 10 000 Kj/Ω. Pour des informations complémentaires.
- 10) Epaisseur, largeur et Ø sont définis à ± 10 %.

Annexe 8 : Extrait de la circulaire du 24 Avril 2008

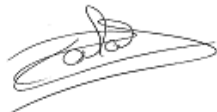
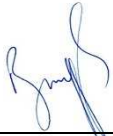


Démarche globale de protection contre la foudre

CARNET DE BORD SELON LE MODELE QUALIFOUDRE



CARGO PROPERTY ZAI Artenay-Poupry 281 40 POUPRY

Réf. : ET	Réalisée par : Fabrice POLO	Vérifiée par : D. BRAZZALE
N° 19.04.7201		
Le : 15/04/2019		

INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

CARNET DE BORD

Raison sociale :

Désignation de
l'Établissement :

Adresse de l'Établissement :

Adresse du Siège Social :

CARNET DE BORD

Ce carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection foudre et doit être tenu à jour sous la responsabilité du Chef d'Établissement.

Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Établissement.

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

RENSEIGNEMENTS SUR L'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) {
.....
.....

PERSONNES RESPONSABLES DE LA SURVEILLANCE DES INSTALLATIONS

NOM	QUALITE	DATE D'ENTREE EN FONCTION

HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA Foudre

I - Définition des besoins de protection contre la foudre

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N°QUALIFOUDRE

II - Étude technique des protections et notice de contrôle / maintenance

DATE DE REDACTION	INTITULE DU RAPPORT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N°QUALIFOUDRE

III - Installations des protections

Les installations de protection sont décrites dans le rapport initial, leurs modifications sont signalées dans les rapports suivants.

DATE DE RECEPTION	INTITULE DU DOCUMENT	SOCIETE	NOM DU REDACTEUR ou N°QUALIFOUDRE

IV - Vérifications périodiques

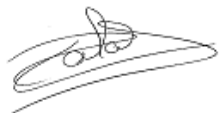

DATE	NATURE DE LA VERIFICATION Mesure de continuité, de la résistance des terres. Vérification à la suite d'un accident. Vérification simplifiée ou complète.	RESULTATS DE LA VERIFICATION Indiquer les valeurs obtenues ou les constatations faites. Référence des rapports	NOM ET QUALITE de la personne qui a effectué la vérification ou N°QUALIFOUDRE



NOTICE DE VERIFICATION SELON LE MODELE QUALIFOUDRE



CARGO PROPERTY ZAI Artenay-Poupry 281 40 POUPRY

Réf. : ET	Réalisée par : Fabrice POLO	Vérifiée par : D. BRAZZALE
N° 19.04.7201		
Le : 15/04/2019		

I - Notice de vérification des Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA)

- **Description de l'équipement à vérifier**

Le PDA est un type de dispositif actif de capture de la foudre ; il est relié à la terre par deux circuits de descente. La partie contrôlée selon cette notice est comprise entre la pointe de l'élément de capture et la connexion au conducteur de descente. La mention du fabricant est généralement indiquée sur le produit.

- **Document de référence**

Norme NF C 17-102 de septembre 2011.

- **Matériel utilisé**

Télé-testeur.

- **Compétence particulière pour le vérificateur**

Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre : niveau de compétence C.

Conditions d'accès particulières :

- plan de prévention
- l'accès aux toitures doit faire l'objet d'une procédure particulière ; l'accès dans les zones non équipées de protection collective est réservé à des personnes formées aux travaux en hauteur.

- **Mode opératoire** : la vérification initiale comprend les étapes suivantes :

- vérifier la partie active du paratonnerre à l'aide du boîtier de test. Ce test est réalisé lors que chaque vérification complète. Pour l'utilisation du boîtier de test, se référer au mode d'emploi
- vérifier que le PDA domine d'au moins 2 mètres l'ensemble de la zone protégée
- vérifier que le nombre de conducteurs de descente respecte les critères de la norme
- vérifier la bonne fixation mécanique du conducteur de descente au PDA
- vérifier la continuité électrique entre le PDA et le conducteur de descente.

Pour la vérification périodique, les vérifications de la situation du PDA et du nombre de descente sont remplacées par :

- un contrôle fonctionnel de la tête active
- un contrôle de la bonne fixation mécanique du mât sur l'installation et du PDA sur le mât.

- **Critères de conformité**

Le PDA est conforme s'il satisfait à l'ensemble des critères suivants :

- le PDA doit être en bon état
- le nombre de conducteurs de descente est conforme
- les conducteurs de descente sont correctement fixés au PDA
- la tête active est fonctionnelle.

II - Notice de vérification des conducteurs de descente

- Description de l'équipement à vérifier
Un conducteur de descente relie le paratonnerre à dispositif d'amorçage (PDA) à la prise de terre. La partie contrôlée est comprise entre l'élément de capture et la borne de coupure.
- Document de référence
Norme NF C 17-102 de septembre 2011.
- Matériel utilisé
Ohmmètre et jumelles.
- Compétence particulière pour le vérificateur
Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre.

Conditions d'accès particulières :

- plan de prévention
- l'accès aux toitures doit faire l'objet d'une procédure particulière ; l'accès dans les zones non équipées de protection collective est réservé à des personnes formées aux travaux en hauteur.

- Mode opératoire
La vérification initiale comprend les étapes suivantes :
 - vérifier la fixation du conducteur (nombre de fixations suffisant)
 - vérification de la section et du type de matériau
 - vérification du cheminement du conducteur
 - mesure de la continuité des parties du conducteur non visible
 - vérifier que le bas de la descente est muni d'un joint de contrôle et d'un fourreau de protection contre les chocs mécaniques sur une hauteur de 2 mètres
 - vérifier l'enregistrement du compteur de coups de foudre intercalé sur la descente
 - indication de la conformité ou non du conducteur dans une fiche de contrôle.Pour la vérification périodique, les vérifications de la section et du type de matériau sont remplacées par une inspection de l'état de corrosion.
- Critères de conformité
Le conducteur de descente est conforme s'il satisfait à l'ensemble des critères suivants :
 - le conducteur doit être en bon état
 - le conducteur doit être correctement fixé
 - le cheminement du conducteur doit respecter les règles de l'art.

III - Notice de vérification de l'équipotentialité

- Description de l'équipement à vérifier

Le conducteur d'équipotentialité relie différents éléments métalliques en vue de réduire les différences de potentiel électrique entre ces derniers (réduction du risque d'étincelage et de perturbation électrique). Il peut être de même nature qu'un conducteur de descente ou être un conducteur électrique (le conducteur doit être nu).

- Documents de référence

Norme NF C 17-102 de septembre 2011
Norme NF EN 62 305-3 de décembre 2006.

- Matériel utilisé

Ohmmètre.

- Compétence particulière pour le vérificateur

Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre : niveau de compétence C.

Condition d'accès particulière : plan de prévention.

- Mode opératoire

La vérification initiale comprend les étapes suivantes :

- vérifier la fixation du conducteur
- vérification de la section et du type de matériau
- vérification du cheminement du conducteur (le plus court possible)
- mesure de la continuité des parties du conducteur non visible
- indication de la conformité ou non du conducteur dans une fiche de contrôle.

Pour la vérification périodique, les vérifications de la section et du type de matériau sont remplacées par une inspection de l'état de corrosion.

- Critères de conformité :

Le conducteur d'équipotentialité est conforme s'il satisfait à l'ensemble des critères suivants :

- le conducteur doit être en bon état
- le conducteur doit être correctement fixé
- le cheminement du conducteur doit respecter les règles de l'art.

IV - Notice de vérification de la prise de terre (hors vérification visuelle)

- **Description de l'équipement à vérifier**

Les prises de terre selon la norme NF C 17-102 peuvent être constituées par :

- des conducteurs en cuivre étamé 50mm², longueur 8 mètres, disposés en patte d'oie et enfouis horizontalement à au moins 50 cm de profondeur
- ou un ensemble de plusieurs piquets de terre verticaux disposés en ligne ou en triangle espacés de 2 mètres environ et reliés entre eux par un conducteur en cuivre étamé 50mm².



Patte d'oie



Piquets alignés



Piquets triangulés

- **Document de référence**

Norme NF C 17-102 de septembre 2011.

- **Matériel utilisé**

Mesureur de terre type Tellurohm, outillage pour l'ouverture du joint de contrôle, décamètre.

- **Compétence particulière pour le vérificateur**

Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre.

Condition d'accès particulière : plan de prévention.

- **Mode opératoire**

La vérification initiale comprend les étapes suivantes :

- inspection visuelle des éléments visibles (section, état et fixation des éléments)
- mesure de la prise de terre avec le joint de contrôle ouvert)
- report du résultat de la vérification dans une fiche de contrôle.

La vérification périodique est identique à la vérification initiale.

- **Critères de conformité**

La prise de terre est conforme si elle satisfait à l'ensemble des critères suivants :

- la valeur de résistance de la prise de terre (déconnectée de la terre du bâtiment) doit être inférieure ou égale à 10 Ω
- les éléments visibles sont en bon état et sont correctement fixés
- la section des conducteurs est conforme à la norme listée dans les documents de référence.

V - Notice de vérification du parafoudre (type 1 ou type 2)

- Description de l'équipement à vérifier

Le parafoudre est généralement installé dans un coffret électrique. Il est relié électriquement entre le conducteur de terre et un ou plusieurs conducteurs de distribution électrique. Il est associé à un système de protection contre les courts circuits situé en amont (disjoncteur ou fusible).

- Documents de référence

Norme NF EN 62305-4 de décembre 2006
Guide UTE C 15-443 concerne l'installation.

- Matériel utilisé

Voltmètre.

- Compétence particulière pour le vérificateur

Habilitation à vérifier des installations de protection contre la foudre délivrée par une société reconnue compétente dans le domaine de la protection contre la foudre.
Condition d'accès particulière : plan de prévention.

- Mode opératoire

La vérification initiale comprend les étapes suivantes :

- vérifier que les caractéristiques du parafoudre et du déconnecteur associé sont celles indiquées dans l'étude technique
- vérifier la section et la longueur des conducteurs de connexions du parafoudre à l'installation
- vérifier que l'indicateur n'indique pas le remplacement du parafoudre
- vérifier que le déconnecteur est en ordre de marche

La vérification périodique est identique à la vérification initiale.

- Critères de conformité :

Le parafoudre est conforme s'il satisfait à l'ensemble des critères suivants :

- les caractéristiques du parafoudre sont celles prévues dans l'étude technique
- le câblage du parafoudre et du déconnecteur respecte les règles de l'art
- le déconnecteur est fermé et l'indicateur n'indique pas de défaillance.

**Etude de dispersion de gaz toxiques
(ANTEA GROUP)**

BIGS – Paris (75)

*Modélisation des fumées d'incendie d'un entrepôt
de stockage*

Poupry (28)

Jun 2019

Rapport n° 99304/A

BIGS

165bis, rue de Vaugirard

75015 PARIS

Téléphone : 01 56 54 33 99

Télécopie : 01 56 54 33 90

Antea Group

Région SUD

Pôle Environnement Dossiers réglementaires, Audit et Conseil



ENVIRONNEMENT

Parc Napollon – 400, avenue du Passe-Temps

Bât. C – 13676 AUBAGNE Cedex

Tél. : 04 42 08 70 70

Fax. : 04 42 08 70 71

Sommaire

	Pages
1. INTRODUCTION	3
2. METHODES ET MOYENS DE CALCUL UTILISES POUR LA MODELISATION DES PHENOMENES DANGEREUX	4
2.1 EVALUATION DES EFFETS TOXIQUES DES FUMÉES D'INCENDIE	4
2.1.1 Méthodes et moyens de calcul mis en application.....	4
2.1.2 Caractérisation des débits de polluants	5
2.1.3 Calcul de la puissance thermique totale \dot{Q}_t	6
2.1.4 Calcul de la hauteur d'émission des fumées et de l'air entraîné.....	6
2.1.5 Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants	6
2.1.6 Seuils d'effets retenus pour la modélisation des phénomènes dangereux	8
3. MODELISATION DU PHENOMENE DANGEREUX N°1	11
3.1 EVALUATION DES EFFETS TOXIQUES LIES AUX FUMÉES.....	11
3.1.1 Estimation de la vitesse de combustion	11
3.1.2 Caractéristiques du terme source	13
3.1.3 Durée d'exposition	13
3.1.4 Evaluation de l'intensité des effets du phénomène dangereux n°1 - Conclusion	14

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Conditions météorologiques retenues pour la modélisation.....	7
Tableau 2 : Valeurs de référence relatives aux seuils de toxicité aiguë	8
Tableau 3 : Valeurs seuils de toxicité aiguë à retenir en l'absence de connaissance en toxicologie	9
Tableau 4 : Seuils d'effets irréversibles (SEI) pour des expositions de 60 minutes	10
Tableau 5 : Seuils des premiers effets létaux (SPEL) pour des expositions de 60 minutes.....	10
Tableau 6 : Seuils d'effets létaux significatifs (SELS) pour des expositions de 60 minutes.....	10
Tableau 7 : PhD1 – Proportions de matériaux dans les palettes de type 2663	11
Tableau 8 : Quantités de matières combustibles présentes dans la cellule	11
Tableau 9 : Caractéristiques de combustion des produits présents	12
Tableau 10 : Caractéristiques moyennes de combustion des matières combustibles présentes ..	12
Tableau 11 : Débits massiques de polluants.....	13
Tableau 12 : PhD1 – Distances d'effets (au sol et en hauteur)	15

Liste des Figures

Figure 1 : PhD1 - Vue en coupe verticale des panaches de fumées correspondant aux effets irréversibles (SEI) en présence des différentes conditions météorologiques étudiées	14
Figure 2 : PhD1 - Vue en coupe verticale des panaches de fumées correspondant aux premiers effets létaux (SPEL) en présence des différentes conditions météorologiques étudiées	14
Figure 3 : PhD1 - Vue en coupe verticale des panaches de fumées correspondant aux effets létaux significatifs (SELS) en présence des différentes conditions météorologiques étudiées	15

1. Introduction

Dans le cadre de la réalisation d'une étude de dangers d'un entrepôt situé à Poupry (28), BIGS souhaite un appui technique pour la réalisation de l'étude de dispersion atmosphérique d'un incendie d'une cellule de stockage **afin de pouvoir évaluer les éventuels effets toxiques générées par les fumées de l'incendie.**

Le cas étudié dans le présent rapport est :

- Phénomène dangereux n°1 : Incendie de 1 cellule :
 - 1 cellule de stockage de 10 700 m² stockant des matières plastiques (rubrique 2663) d'une contenance totale de 9 360 t.

2. Méthodes et moyens de calcul utilisés pour la modélisation des phénomènes dangereux

2.1 Evaluation des effets toxiques des fumées d'incendie

2.1.1 Méthodes et moyens de calcul mis en application

La méthodologie d'évaluation des effets toxiques des fumées de l'incendie est basée sur le rapport INERIS Ω-16 « *Toxicité et dispersion des fumées d'incendie – Phénoménologie et modélisation des effets* ».

Sous l'effet d'une augmentation de température, les produits stockés sont susceptibles de conduire à la formation de substances toxiques telles que HF, HBr, HI, HCN, NO₂, HCl, CO, CO₂.

La composition des fumées va dépendre du produit et des atomes le constituant. Sous l'effet de la chaleur, la molécule va en effet se dissocier :

- le fluor, le chlore et le brome contenus dans les molécules halogénées se combinent alors avec l'hydrogène pour former de l'acide fluorhydrique, de l'acide chlorhydrique et bromhydrique ;
- l'azote, le carbone pour former de l'acide cyanhydrique, des oxydes d'azote et de carbone.

La démarche d'évaluation de la toxicité des fumées et de leur impact potentiel sur la santé repose sur :

- la définition du terme source (débit de polluant et consommation d'oxygène pour la combustion et donc d'air, surélévation du panache),
- la dispersion et la diffusion du polluant à l'atmosphère,
- l'évaluation des effets sur les populations (calcul des concentrations au sol sous l'axe du panache, comparaison aux seuils d'effets toxiques retenus).

2.1.2 Caractérisation des débits de polluants

Les composés élémentaires constitutifs d'un produit, au cours d'un incendie conduisent généralement à la formation des produits suivants :

- pour la combustion complète du carbone, à la formation de monoxyde et de dioxyde de carbone suivant un rapport molaire CO/CO₂ égal à 0,1 soit 0,21 g de CO par gramme de carbone,
- une part significative de l'azote (60 %) se recombine en azote moléculaire (N₂), le reste (40 %) étant converti à part égale en acide cyanhydrique (HCN) et en oxydes d'azote (NO₂),
- la totalité du soufre s'oxyde en dioxyde de soufre (SO₂), les autres espèces chimiques étant a priori moins toxiques,
- la totalité du chlore se transforme en acide chlorhydrique (HCl),
- la totalité du fluor se transforme en acide fluorhydrique (HF),
- la totalité du brome se transforme en acide bromhydrique (HBr),
- le phosphore reste piégé sous forme solide. Concernant les produits issus du phosphore, sa prise en compte est actuellement difficile en l'absence de données fiables.

Dans le cadre de l'étude, ces hypothèses peuvent être considérées comme majorantes, admettant l'absence de résidus solides de combustion. En réalité, du carbone, du soufre et de l'azote se retrouvent dans les imbrûlés, restant piégés sous forme solide.

Sur les bases précédentes, les émissions massiques en composés gazeux par masse unitaire de l'élément initial s'établissent conformément au tableau ci-dessous :

Pour 1 g de :	Substance dégagée	(g)
N	N ₂	1,21
	HCN	0,36
	NO ₂	0,64
C	CO	0,21
	CO ₂	3,33
S	SO ₂	2,00
Br	HBr	1,01
Cl	HCl	1,03
F	HF	1,05

Les débits d'émission Q exprimés en g/g de produit combustible peuvent se calculer de la façon suivante :

$$Q = \frac{C_{m(p)}}{M_m} \cdot \sum_i (n_i \cdot M_i \cdot Q_i)$$

Avec : C_{m(p)} : concentration massique de la matière active m dans le produit p,
 M_m : masse molaire de la matière active m,
 n_i : nombre d'atomes de l'élément i dans la matière active,
 M_i : masse molaire de l'élément i.

2.1.3 Calcul de la puissance thermique totale \dot{Q}_t

La puissance thermique totale est déterminée par la relation suivante :

$$\dot{Q}_t = m * S * PCI$$

Où :

m est la vitesse de combustion (en g/m²/s)

PCI est le Pouvoir Calorifique Inférieur (en J/g)

S est la surface en feu (m²)

2.1.4 Calcul de la hauteur d'émission des fumées et de l'air entraîné

La hauteur d'émissions des fumées est déterminée par la relation (Heskestad) :

$$L = 0,166 (10^3 * Q_c)^{0.4}$$

où Q_c est la puissance thermique convectée en MW (prise égale à 60 % de la puissance thermique totale \dot{Q}_t).

Le débit massique des fumées à la hauteur L peut être calculé à l'aide de la relation suivante :

$$D = 3,24 \cdot \dot{Q}_t$$

où \dot{Q}_t est la puissance thermique totale (en MW).

2.1.5 Modélisation de la dispersion atmosphérique des polluants

Le calcul de la dispersion dans l'atmosphère est réalisé avec le logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tools), de DNV Technica, dans sa version 7.21.

PHAST utilise une méthode de dispersion gaz lourd et gaussienne. Le modèle prend en compte tous les aspects importants influençant le transport - diffusion des polluants, à savoir :

- les particularités de la topographie du site, par l'intermédiaire d'un paramètre de rugosité (fixé à 0,17 pour un environnement industriel et/ou urbain/semi-urbain),
- des conditions météorologiques spécifiques,
- la nature des traceurs chimiques traditionnels qui pour la plupart existent en base de données permettant de constituer des mélanges de produits toxiques.

Les conditions météorologiques retenues seront celles définies pour les rejets verticaux et/ou en hauteur dans la fiche n°2 (sur la dispersion toxique) de la partie 1 de la circulaire du 10 mai 2010 *récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.*

Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

Stabilité atmosphérique	Instable < -----> Stable								
	A	B		C		D		E	F
Vitesse du vent (m/s)	3	3	5	5	10	5	10	3	3
T° ambiante (°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	15
T° du sol (°C)	20	20	20	20	20	20	20	20	15
Humidité relative (%)	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Rayonnement solaire (kW/m ²)	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0

Tableau 1 : Conditions météorologiques retenues pour la modélisation

Hauteur de la couche d'inversion

Le modèle de dispersion PHAST considère que la couche d'inversion de température (susceptible d'être observée) est « infranchissable » par le panache de fumées et que la dispersion ne s'opère que dans un volume limité les 2 plans horizontaux que constituent le sol et la couche d'inversion (située à l'altitude $Z_{inversion}$).

Toutefois, compte tenu de l'énergie thermo-cinétique initiale des fumées, dans le champ proche (typiquement les 100 premiers mètres), il est clair que malgré une inversion de température, le panache de fumées s'élèverait de toute façon.

Ainsi le fait de limiter la dispersion atmosphérique entre le sol et la couche d'inversion a pour conséquence de surestimer les concentrations à hauteur d'homme.

Pour déterminer une valeur de $Z_{inversion}$ défavorable au sens de la dispersion mais réaliste compte-tenu de la modélisation retenue ensuite, l'altitude critique Z_c , à partir de laquelle une couche d'inversion serait en mesure de stopper l'élévation des panaches malgré leurs énergies thermo-cinétiques restantes, doit être calculée.

Pour ce faire, on retient les corrélations proposées par Briggs qui permettent de calculer l'altitude de culmination d'un panache se dispersant dans une atmosphère très stable. Or une couche d'inversion de température est justement une zone de forte stabilité atmosphérique. Finalement, l'altitude Δh a été retenue comme correspondant à une bonne estimation de Z_c .

$$\Delta h = 2,6 \cdot \left(\frac{F_b}{u \cdot s} \right)$$

où le paramètre de flottabilité F_b vaut :

$$F_b = \left(1 - \frac{\rho_s}{\rho} \right) \cdot g \cdot r^2 \cdot w_s$$

et le paramètre de stabilité s vaut :

$$s = \frac{g}{T} \cdot \frac{d\theta}{dz}$$

avec

ρ_s : densité des gaz rejetés à la cheminée,
 ρ : densité de l'air,
 r : le diamètre de la cheminée,
 w_s : la vitesse des gaz rejetés à la cheminée,

g : l'accélération de la gravité,
 T : la température ambiante,
 θ : la température potentielle,
 z : l'altitude.

2.1.6 Seuils d'effets retenus pour la modélisation des phénomènes dangereux

Les seuils retenus dans le cadre de la modélisation des phénomènes dangereux sont définis par l'arrêté du 29 septembre 2005 relatif « à l'évaluation et à la prise en compte de la probabilité d'occurrence, de la cinétique, de l'intensité des effets et de la gravité des conséquences des accidents potentiels dans les études des dangers des installations classées soumises à autorisation ».

Les conséquences d'un accident sont évaluées en termes de toxicité aiguë sur les populations exposées au passage d'un nuage de gaz toxique.

Les valeurs de référence retenues pour les installations classées sont présentées dans le tableau suivant.

Seuils de toxicité aiguë pour l'homme par inhalation			
	Types d'effets constatés	Concentration d'exposition	Référence
Exposition de 1 à 60 minutes	Effets Létaux Significatifs	SELS (CL 5 %)	Seuils de toxicité aiguë Emissions accidentelles de substances chimiques dangereuses dans l'atmosphère. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques. 2003 (et ses mises à jour ultérieures)
	Premiers Effets Létaux	SPEL (CL 1 %)	
	Effets Irréversibles	SEI	
	Effets Réversibles	SER	

Tableau 2 : Valeurs de référence relatives aux seuils de toxicité aiguë

Ces valeurs sont toujours associées à des durées d'exposition, le plus souvent de 1 à 60 minutes, mais dans certains cas, des valeurs sont disponibles pour des périodes plus longues (2 heures par exemple).

Ces valeurs, définies par le Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement (MEDDTL), existent pour un certain nombre de substances. En revanche, dans certains cas, bien que le produit soit classé toxique, voire très toxique, il n'existe pas de valeur publiée par le Ministère relative à la toxicité aiguë. Dans ce cas, on utilise les valeurs internationales reconnues proposées dans le tableau du chapitre 1.1.11 de la partie 1 de la circulaire du 10 mai 2010¹, reprenant le guide pratique de l'INERIS « *Choix des valeurs de toxicité aiguë en cas d'absence de valeurs françaises* » de juillet 2009 :

	Durée d'exposition (min)						
	10	20	30	60	120	240	480
SELS (SEL 5%)	-	-	-	-	-	-	-
SPEL (SEL 1%)	AEGL-3	-	AEGL-3	ERPG-3 AEGL-3	-	AEGL-3	AEGL-3
SEI	AEGL-2	-	AEGL-2 (IDLH)	ERPG-2 AEGL-2	-	AEGL-2	AEGL-2

AEGL : Acute Exposure Guideline Levels de l'US-EPA

ERPG : Emergency Response Planning Guidelines de l'AIHA

IDLH : Immediately Dangerous to Life or Health Concentrations du NIOSH

Tableau 3 : Valeurs seuils de toxicité aiguë à retenir en l'absence de connaissance en toxicologie

Dans le cas d'un mélange de plusieurs produits toxiques, il est d'usage de prendre un seuil équivalent qui dépend à la fois des concentrations des divers polluants dans le mélange et des seuils qui leur sont propres.

Enfin, dans le cadre des durées d'expositions différentes de celles données dans la littérature (ou pour tenir compte de la variation de la concentration pendant la durée de l'exposition), il est utilisé une équation qui permet d'évaluer la dose intégrée conduisant aux mêmes effets (effets létaux significatifs, premiers effets létaux ou effets irréversibles).

Cette équation (loi de Haber) est du type $Dose = C^n \times t$ où :

- C = concentration inhalée ou d'exposition (mg/m³ ou ppm),
- t = temps d'exposition (min),
- n = constante de Haber, spécifique à chaque produit.

¹ Circulaire du 10 mai 2010 récapitulant les règles méthodologiques applicables aux études de dangers, à l'appréciation de la démarche, de réduction du risque à la source et aux plans de prévention des risques technologiques (PPRT) dans les installations classées en application de la loi du 30 juillet 2003.

Les seuils de toxicité aiguë des composés considérés dans cette étude sont donnés ci-après (pour une durée d'exposition de 60 minutes) :

Substances dégagées	SEI	Référence de la valeur seuil retenue
	ppm	
CO	800	Seuils de toxicité aiguë – INERIS– DRC-09-103128-05616A
CO ₂	40 000	Pas de seuils de toxicité aiguë en France Utilisation du Revised IDLH
HCl	40	Seuils de toxicité aiguë – INERIS– DRC-08-94398-11984A Extrapolation à 120 minutes par loi de Haber
HCN	10	Pas de valeur SEI en France compte-tenu des études disponibles (Seuils de toxicité aiguë – INERIS–DRC-08-94398-12727A) Utilisation de l'ERPG-2 (cf. Tableau 3)
NO ₂	40	Seuils de toxicité aiguë – INERIS–DRC-08-94398-13333A

Tableau 4 : Seuils d'effets irréversibles (SEI) pour des expositions de 60 minutes

Substances dégagées	SPEL	Référence de la valeur seuil retenue
	ppm	
CO	3 200	Seuils de toxicité aiguë – INERIS– DRC-09-103128-05616A
CO ₂	40 000	Pas de seuils de toxicité aiguë en France De façon conservatrice et conformément au document INERIS « Oméga-16 - Toxicité et dispersion des fumées d'incendie : Phénoménologie et modélisation » de mars 2005, lorsqu'un des seuils n'est pas disponible, on retient le seuil correspondant à l'effet inférieur (par exemple, on utilise le SEI comme SEPL, et/ou le SEPL pour le SELS).
HCl	240	Seuils de toxicité aiguë – INERIS– DRC-08-94398-11984A
HCN	41	Seuils de toxicité aiguë – INERIS–DRC-08-94398-12727A
NO ₂	70	Seuils de toxicité aiguë – INERIS–DRC-08-94398-13333A

Tableau 5 : Seuils des premiers effets létaux (SPEL) pour des expositions de 60 minutes

Substances dégagées	SELS	Référence de la valeur seuil retenue
	ppm	
CO	3200	La détermination du SELS n'a pas été possible compte-tenu des études disponibles (Seuils de toxicité aiguë – INERIS–DRC-09-103128-05616A) De façon conservatrice et conformément au document INERIS « Oméga-16 - Toxicité et dispersion des fumées d'incendie : Phénoménologie et modélisation » de mars 2005, lorsqu'un des seuils n'est pas disponible, on retient le seuil correspondant à l'effet inférieur (par exemple, on utilise le SEI comme SEPL, et/ou le SEPL pour le SELS).
CO ₂	40 000	Pas de seuils de toxicité aiguë en France De façon conservatrice et conformément au document INERIS « Oméga-16 - Toxicité et dispersion des fumées d'incendie : Phénoménologie et modélisation » de mars 2005, lorsqu'un des seuils n'est pas disponible, on retient le seuil correspondant à l'effet inférieur (par exemple, on utilise le SEI comme SEPL, et/ou le SEPL pour le SELS).
HCl	379	Seuils de toxicité aiguë – INERIS– DRC-08-94398-11984A
HCN	63	Seuils de toxicité aiguë – INERIS–DRC-08-94398-12727A
NO ₂	73	Seuils de toxicité aiguë – INERIS–DRC-08-94398-13333A

Tableau 6 : Seuils d'effets létaux significatifs (SELS) pour des expositions de 60 minutes

3. Modélisation du phénomène dangereux n°1

3.1 Evaluation des effets toxiques liés aux fumées

3.1.1 Estimation de la vitesse de combustion

Le scénario étudié est l'incendie d'une cellule :

- 1 cellule de stockage de 10 700 m² stockant des matières plastiques (rubrique 2663) d'une contenance totale de 9 360 t.

Les palettes pèsent 600 kg, dont 30 kg de palette en bois et 570 kg de produit stockés. Les proportions de matériaux dans les palettes de type 2663 sont données ci-après.

Matériaux	Palette type 2663
Bois	5 %
Polypropylène (PP)	19 %
Polyéthylène (PE)	19 %
Polystyrène (PS)	19 %
Polychlorure de vinyle (PVC)	19 %
Polyuréthane (PU)	19 %

Tableau 7 : PhD1 – Proportions de matériaux dans les palettes de type 2663

Les quantités de matières combustibles présentes sont les suivantes (sur la base de 15 600² palettes de type 2663) :

Matériaux	Quantité présente en tonnes
Bois	468
Polypropylène (PP)	1778,4
Polyéthylène (PE)	1778,4
Polystyrène (PS)	1778,4
Polychlorure de vinyle (PVC)	1778,4
Polyuréthane (PU)	1778,4
Total	9 360

Tableau 8 : Quantités de matières combustibles présentes dans la cellule

² 15 600 palettes de 600 kg soit 9 360 tonnes

Les caractéristiques des combustibles présents sont les suivantes :

Matériaux	Vitesse de combustion (g/m ² /s)	Source	PCI (MJ/kg)	Source
Polypropylène (PP)	14	Document « an introduction to fire dynamics » 2nd, Dougal Drysdale	43,4	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering - Third Edition - 2002
Polyéthylène (PE)	14	Document « an introduction to fire dynamics » 2nd, Dougal Drysdale	43,6	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering - Third Edition - 2002
Polystyrène (PS)	35	Document « an introduction to fire dynamics » 2nd, Dougal Drysdale	39,2	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering - Third Edition - 2002
Polychlorure de vinyle (PVC)	21,7	A study of the flammability of plastics in vehicle components and parts by A. Tewarson (Factory Mutual) October 1997	16,4	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering - Third Edition - 2002
Polyuréthane (PU)	26	Document « an introduction to fire dynamics » 2nd, Dougal Drysdale	23,2	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering - Third Edition - 2002
Bois	13	Document « an introduction to fire dynamics » 2nd, Dougal Drysdale	16,4	SFPE Handbook of Fire Protection Engineering - Third Edition - 2002

Tableau 9 : Caractéristiques de combustion des produits présents

Le tableau suivant présente les résultats des caractéristiques de combustion moyennes du stockage en fonction de sa composition :

Matériaux	Quantité présente (en tonnes)	Vitesse de combustion (g/m ² /s)	PCI (MJ/kg)
PP	1778,4	14	43,40
PE	1778,4	14	43,60
PS	1778,4	35	39,20
PVC	1778,4	21,7	16,40
PU	1778,4	26	23,20
Bois	468	13	16,40
Caractéristiques moyennes de combustion du stockage		21,68	32,32

Tableau 10 : Caractéristiques moyennes de combustion des matières combustibles présentes

Les conséquences de l'incendie de ce stockage seront donc modélisées en retenant :

- une vitesse de combustion moyenne de 21,68 g/m²/s,
- un pouvoir calorifique de 32,32 MJ/kg.

3.1.2 Caractéristiques du terme source

La surface de la zone de stockage est de 10 700 m².

Les débits de polluants sont calculés selon la méthodologie présentée au chapitre 2.1, en considérant une vitesse de régression moyenne de 21,68 g/m²/s. Ils sont présentés dans le tableau suivant :

Composé	CO ₂	CO	HCl	HCN	NO ₂	Air	Fumées totales
Débit massique (en kg/s)	517	32,9	25,8	2,8	4,7	23 708	24 291

Tableau 11 : Débits massiques de polluants

Le débit total des fumées (polluants + air entraîné) est de 24 291 kg/s au sommet des flammes.

La hauteur d'émission des fumées toxiques, calculée selon méthodologie présentée au chapitre 2.1.3, est de 76 m.

3.1.3 Durée d'exposition

Selon le « *Glossaire des risques technologiques* » (partie 3 de la circulaire du 10 mai 2010), la cinétique est définie comme *la vitesse d'enchaînement des événements constituant une séquence accidentelle, de l'événement initiateur aux conséquences sur les éléments vulnérables.*

La cinétique d'un phénomène dangereux pourra être qualifiée de lente dans son contexte si elle permet la mise en œuvre de mesures de sécurité suffisantes dans le cadre d'un plan d'urgence interne et externe, pour protéger les personnes à l'extérieur de l'installation avant qu'elles ne soient atteintes par les effets du phénomène dangereux.

Dans le cadre de l'étude, **la durée d'exposition considérée est de 60 minutes**, correspondant à la durée maximale d'exposition envisagée pour les seuils d'effets toxiques dans l'Arrêté Ministériel du 29/05/2005 (cf. Tableau 2 : Valeurs de référence relatives aux seuils de toxicité aiguë).

Avec les débits d'air et de produits toxiques, les seuils équivalents retenus pour une exposition de 60 minutes sont :

- SEI équivalent : 17 873 ppm,
- SPEL équivalent : 76 202 ppm,
- SELS équivalent : 103 857 ppm.

3.1.4 Evaluation de l'intensité des effets du phénomène dangereux n°1 - Conclusion

Les figures suivantes présentent les panaches de fumées (en coupe verticale dans le sens du vent) correspondant aux différents effets.

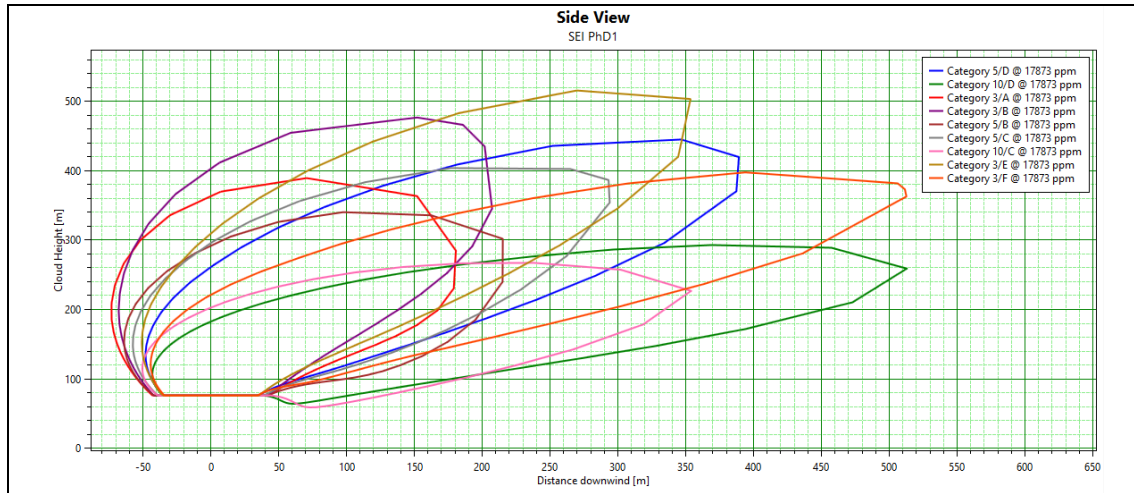


Figure 1 : PhD1 - Vue en coupe verticale des panaches de fumées correspondant aux effets irréversibles (SEI) en présence des différentes conditions météorologiques étudiées

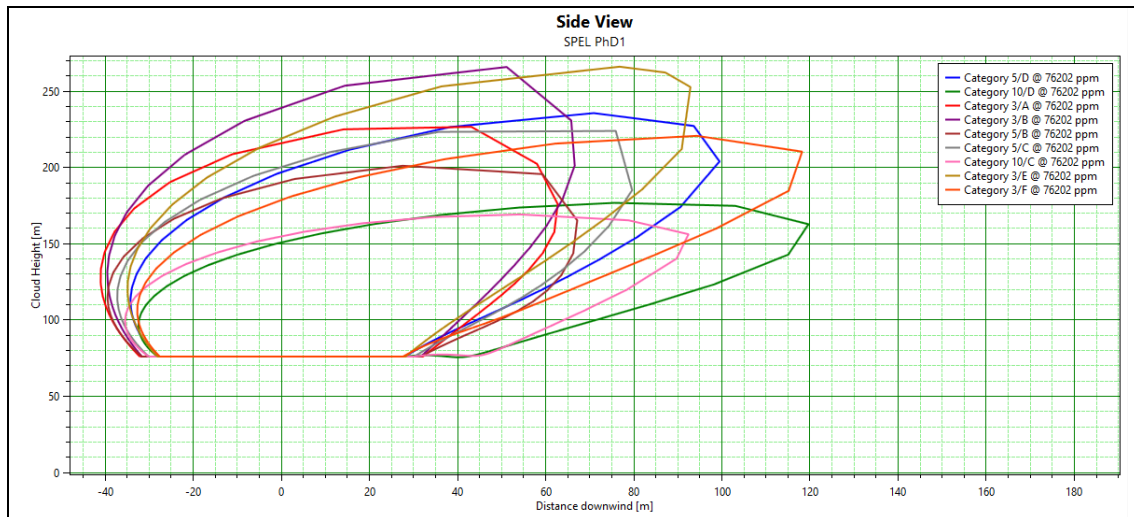


Figure 2 : PhD1 - Vue en coupe verticale des panaches de fumées correspondant aux premiers effets létaux (SPEL) en présence des différentes conditions météorologiques étudiées

BIGS – Paris (75)
 Modélisation des fumées d'incendie d'un entrepôt de stockage
 Poupry (28)
 Rapport n° 99304/A

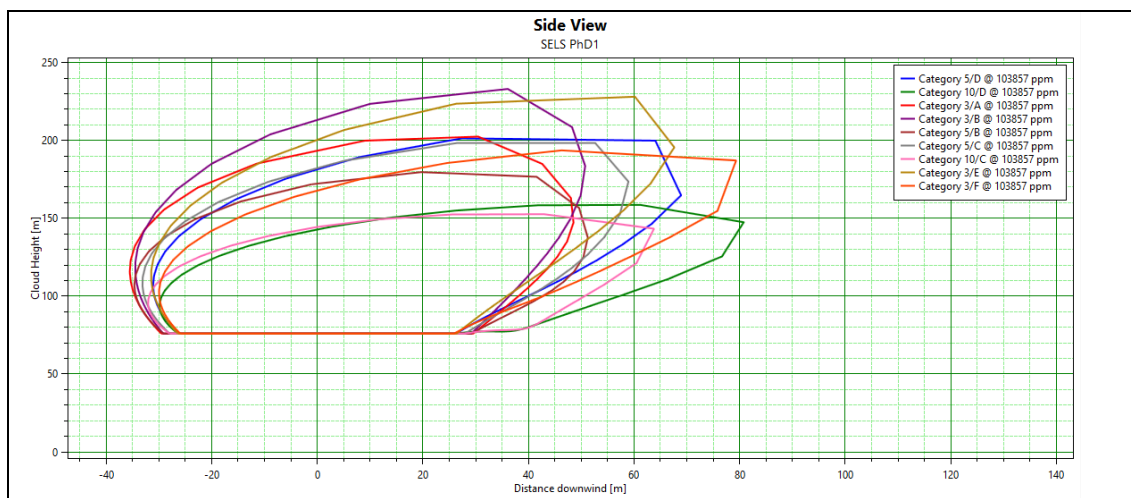


Figure 3 : PhD1 - Vue en coupe verticale des panaches de fumées correspondant aux effets létaux significatifs (SELS) en présence des différentes conditions météorologiques étudiées

Les distances d'effets pour une durée d'exposition de 60 minutes sont les suivantes :

Seuil	Distance
SEI	<ul style="list-style-type: none"> Aucun effet toxique n'est observé à hauteur d'homme (h < 2 m) Hauteur minimale d'atteinte du seuil toxique : 72 m à 59 m de la source Distance maximal atteinte par les fumées toxiques : 512 m de la source à h = 258 m
SPEL	<ul style="list-style-type: none"> Aucun effet toxique n'est observé à hauteur d'homme (h < 2 m) Hauteur minimale d'atteinte du seuil toxique : 76 m à la source Distance maximal atteinte par les fumées toxiques : 120 m de la source à h = 161 m
SELS	<ul style="list-style-type: none"> Aucun effet toxique n'est observé à hauteur d'homme (h < 2 m) Hauteur minimale d'atteinte du seuil toxique : 76 m à la source Distance maximal atteinte par les fumées toxiques : 80 m de la source à h = 147 m

Tableau 12 : PhD1 – Distances d'effets (au sol et en hauteur)

*BIGS – Paris (75)
Modélisation des fumées d’incendie d’un entrepôt de stockage
Poupry (28)
Rapport n° 99304/A*

Observations sur l’utilisation du rapport

Ce rapport, ainsi que les cartes ou documents, et toutes autres pièces annexées constituent un ensemble indissociable ; en conséquence, l’utilisation qui pourrait être faite d’une communication ou reproduction partielle de ce rapport et annexes ainsi que toute interprétation au-delà des énonciations d’ANTEA GROUP ne saurait engager la responsabilité de celle-ci. Il en est de même pour une éventuelle utilisation à d’autres fins que celles définies pour la présente prestation.

Rapport

Titre : Modélisation des fumées d'incendie d'un entrepôt de stockage – Poupry (28)

Numéro et indice de version : 99304/A

Date d'envoi : 11 juin 2019

Nombre de pages : 16

Diffusion (nombre et destinataires) : -

Nombre d'annexes dans le texte : -

Nombre d'annexes en volume séparé : -

Client

Coordonnées complètes : *BIGS*
165bis, rue de Vaugirard
75015 PARIS
Tél. : 01 56 54 33 99
Fax : 01 56 54 33 90

Nom et fonction de l'interlocuteur : Isabelle RELSTAB

ANTEA

Unité réalisatrice : *Région SUD – Pôle Environnement*

Nom des intervenants et fonction remplie dans le projet :
Interlocuteur commercial : Antonin ROLLAND / Stéphane DUBOIS

Auteur : Antonin ROLLAND

Qualité


Contrôlé par : Stéphane DUBOIS

Date : 11/06/2019 - Version A

N° du projet : *PACP 190057*

Références et date de la commande : *BET1173 - CARGO Poupry en date du 03 juin 2019*

Mots-clés : Modélisation, incendie, fumées



RISQUE D'EXPLOSION

Méthodologie

MODELISATION DES EFFETS DE SURPRESSION

MODELE MULTI-ENERGIE

La méthode utilisée pour évaluer les conséquences d'une explosion dans la chaufferie est le modèle **multi-énergie** car elle permet de faire intervenir un degré de confinement et d'encombrement dans la modélisation.

Cette méthode prend en compte la taille du nuage inflammable, son inflammation en son centre à la concentration stœchiométrique et le degré de confinement de la zone d'extension du nuage. Ce degré de confinement est traduit par un niveau de sévérité allant de 1 à 10. Le niveau 1 traduit une explosion en champ libre alors que le niveau 10 traduit un confinement très important.

1. Détermination de l'indice de sévérité

Dans le guide relatif aux effets d'explosion (« Guide des méthodes d'évaluation des effets d'une explosion de gaz à l'air libre » - INERIS 1999), l'INERIS propose la méthode de KINSELLA pour choisir l'indice de violence d'une explosion. Cette méthode est illustrée par le tableau suivant :

Energie d'inflammation		Le degré d'encombrement			Le degré de confinement		Indice
faible	forte	fort	faible	inexistant	existant	inexistant	
	×	×			×		7 - 10
	×	×				×	7 - 10
×		×			×		5 - 7
	×		×		×		5 - 7
	×		×			×	4 - 6
	×			×	×		4 - 6
×		×				×	4 - 5
	×			×		×	4 - 5
×			×		×		3 - 5
×			×			×	2 - 3
×				×	×		1 - 2
×				×		×	1

La première étape consiste donc à déterminer :

- L'énergie d'inflammation
- Le degré d'encombrement
- Le degré de confinement.

L'énergie d'inflammation est à considérer comme :

- forte lorsque la source d'ignition est une explosion primaire ou un explosif condensé,
- faible lorsque la source d'inflammation potentielle se limite aux sources courantes comme les surfaces chaudes, les étincelles, les flammes nues,...

Dans le cas d'une chaufferie, l'énergie d'inflammation retenue est donc **faible**.

Seule la chaudière est présente dans la chaufferie. Nous pouvons donc considérer que le **degré d'encombrement** est faible.

Le **degré de confinement** est existant puisque la chaudière est dans un local fermé. Ainsi, l'indice de sévérité est donc compris entre 3 et 5. Nous retiendrons l'indice le plus élevé; soit l'**indice 5**.

2. Détermination de la surpression maximale

La méthode multi-énergie permet ensuite de déterminer la surpression maximale en fonction de l'indice estimé.

Indice multi energy	Surpression maximale correspondante (mbar)	Régime d'explosion
1	10	Déflagration faible
2	20	Déflagration
3	50	Déflagration
4	100	Déflagration
5	200	Déflagration
6	500	Déflagration
7	1000	Déflagration
8	2000	Déflagration
9	5000	Déflagration forte
10	20000	Détonation

L'indice de sévérité étant de 5, la surpression maximale est donc de 200 mbar.

3. Calcul du rayon caractéristique

Le rayon caractéristique est calculé à partir de la formule suivante :

$$Rc = \left(\frac{E}{Po} \right)^{1/3}$$

Où E est l'énergie de l'explosion et P0 la pression atmosphérique en Pascal

L'énergie de l'explosion de gaz à partir de l'équation de Brode (en Joules) :

$$E \approx 3 \times V \times (P_{max} - P_a)$$

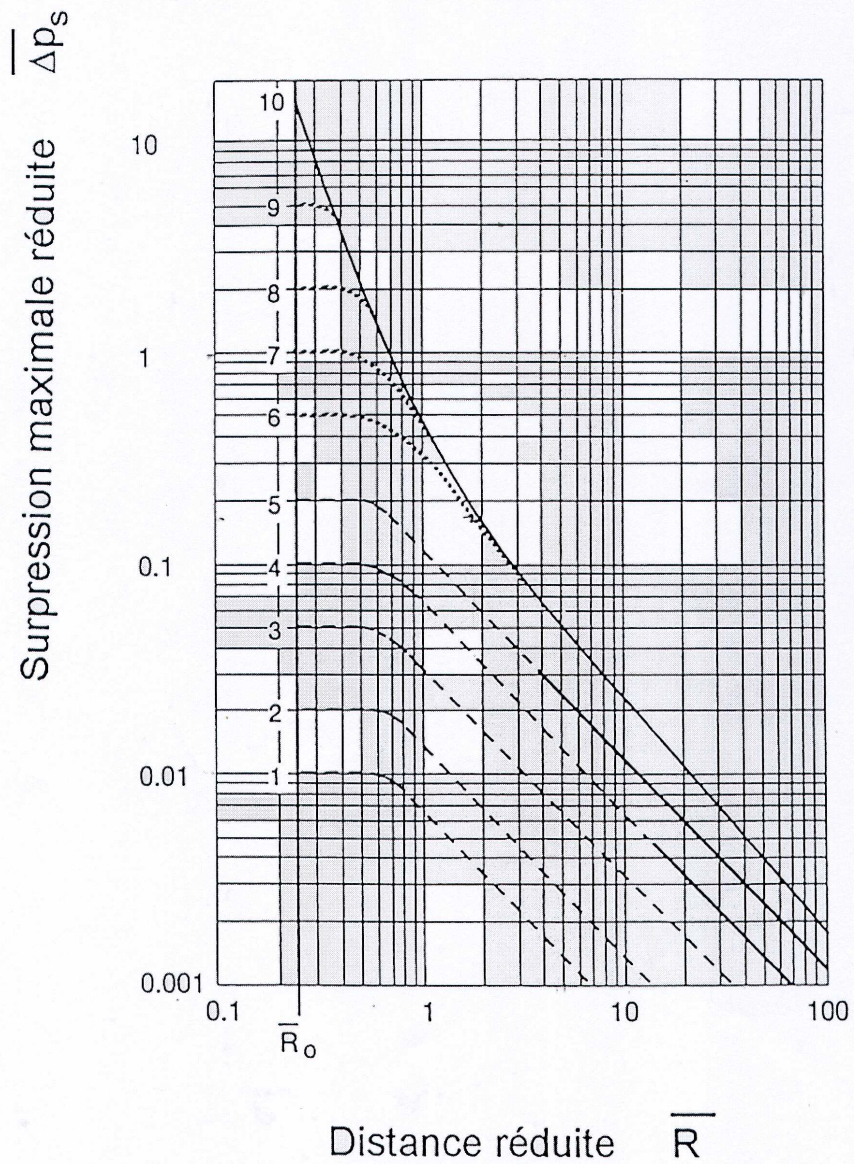
avec V : volume de l'enceinte considérée en m³
Pmax – Pa = Surpression maximale dans le nuage en Pascal

Cette énergie représente l'augmentation de l'énergie interne du local produite par l'accroissement de la pression.

4. Détermination des distances réduites \bar{R}

A partir de l'abaque multi-énergie (criticité 5), les distances réduites associées à chaque surpression étudiée sont déterminées.

Surpression (mbar)	Distances réduites (m)
20	//
50	2,3
140	0,85
200	0



Enfin la distance X entre le centre du nuage et le seuil de surpression est défini selon :

$$X = R_C \times \overline{R}$$

Rapports de calcul FLUMILOG

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CARGO PROPERTY POUPRY
Nom du Projet :	CAR01_1510_1
Cellule :	C1
Commentaire :	1510
Création du fichier de données d'entrée :	09/05/2019 à 10:54:04 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	9/5/19

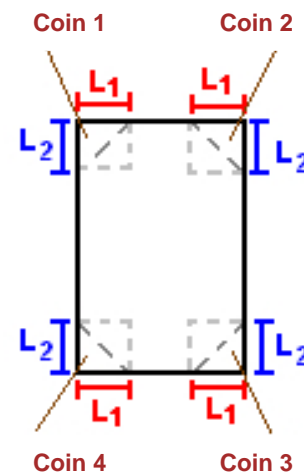
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

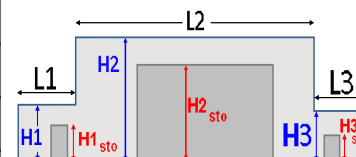
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :1510				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		72,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,1		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



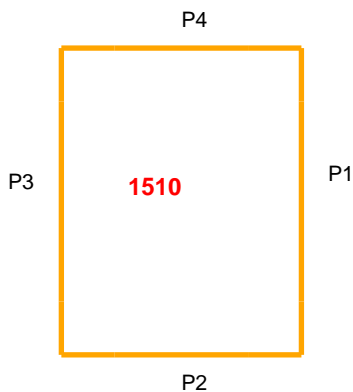
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	29
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

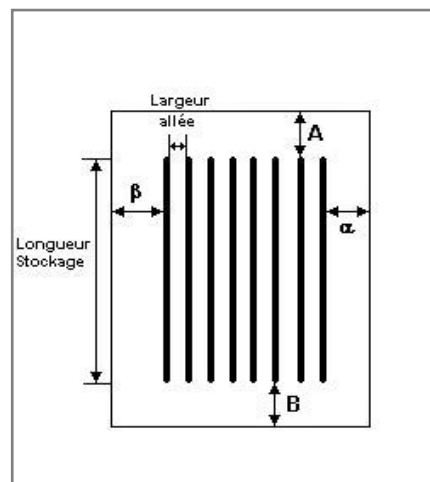
Parois de la cellule : 1510



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	11
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

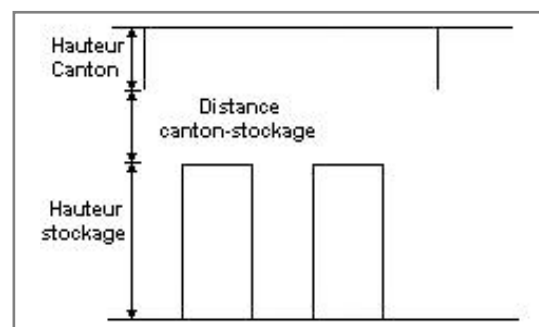
Stockage de la cellule : 1510

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	90,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	24,0 m
Longueur de préparation B	6,0 m
Hauteur maximum de stockage	12,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	0,1 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	11
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 1510

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 1510	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

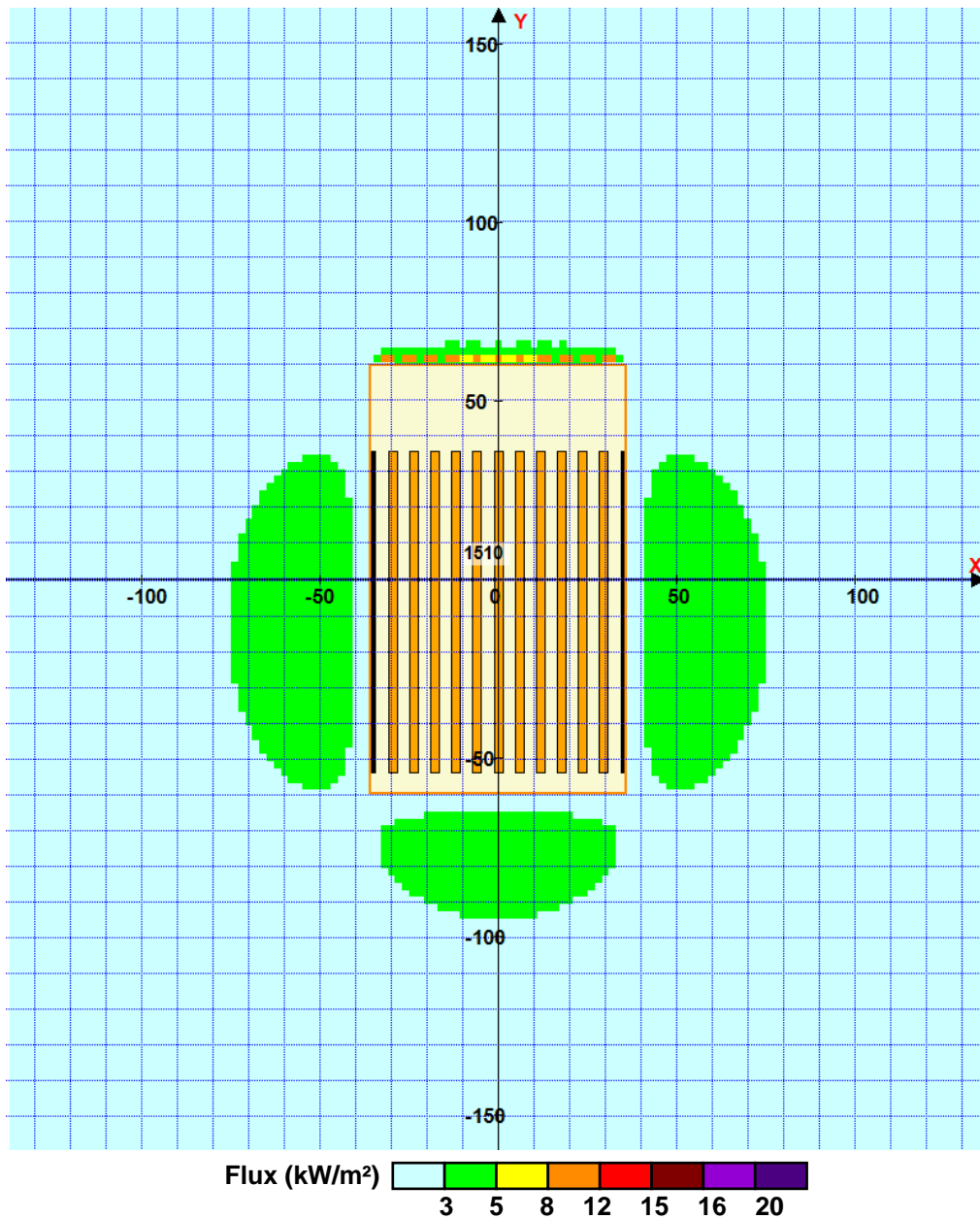
Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW	

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : 1510

Durée de l'incendie dans la cellule : 1510 135,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CARGO PROPERTY POUPRY
Nom du Projet :	CAR01_2662_9_1
Cellule :	C1
Commentaire :	2662 à 9 m
Création du fichier de données d'entrée :	10/05/2019 à 11:35:53 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	10/5/19

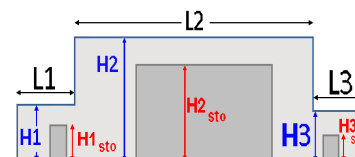
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

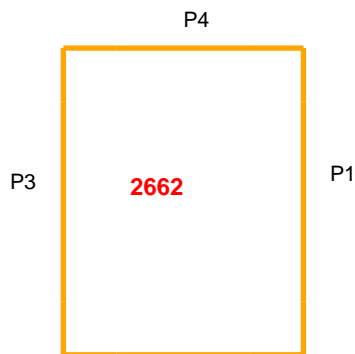
Nom de la Cellule :2662				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		72,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,1		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	29
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

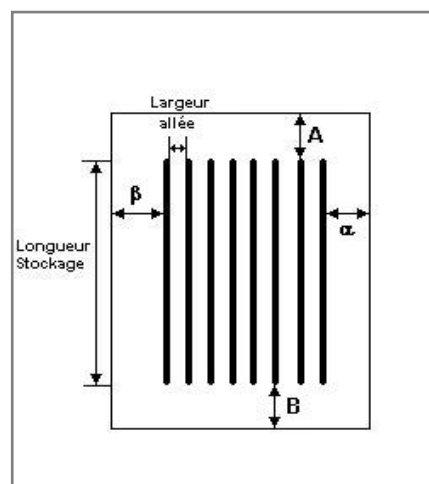
Parois de la cellule : 2662



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	11
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

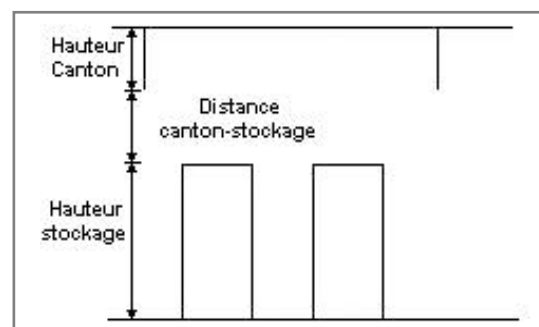
Stockage de la cellule : 2662

Nombre de niveaux	5
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	90,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	24,0 m
Longueur de préparation B	6,0 m
Hauteur maximum de stockage	9,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	3,1 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	11
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 2662

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 2662	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

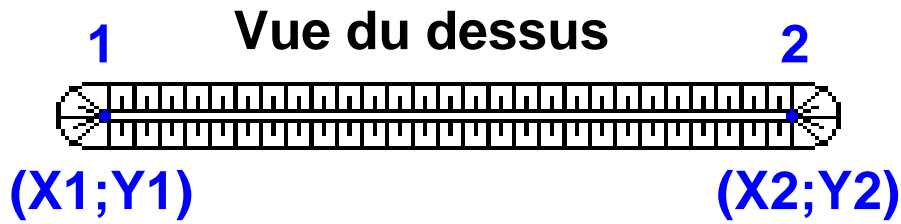
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 2662 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1875,0 kW	

Merlons



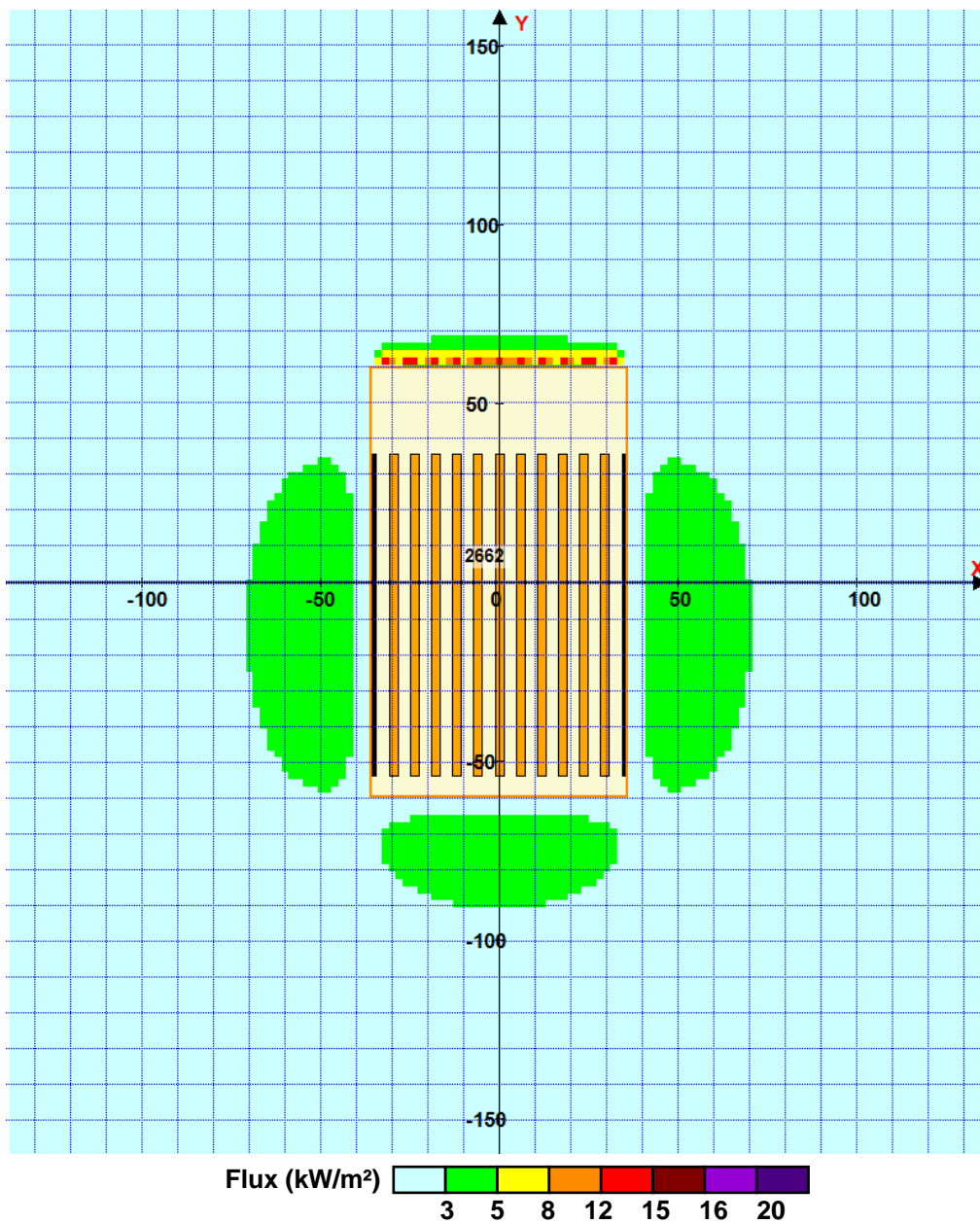
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : 2662

Durée de l'incendie dans la cellule : 2662 93,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CARGO PROPERTY POUPRY
Nom du Projet :	CAR01_2662_1
Cellule :	C1
Commentaire :	2662
Création du fichier de données d'entrée :	09/05/2019 à 10:55:37 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	9/5/19

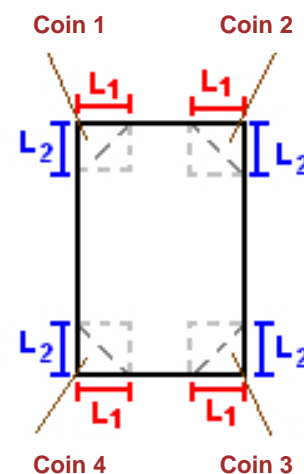
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

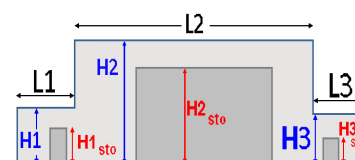
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :2662				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		72,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,1		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



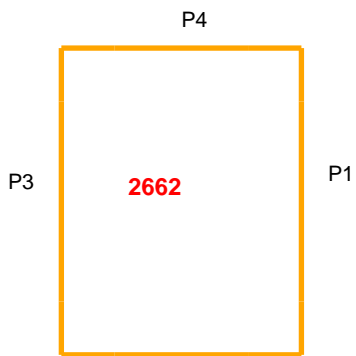
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	29
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

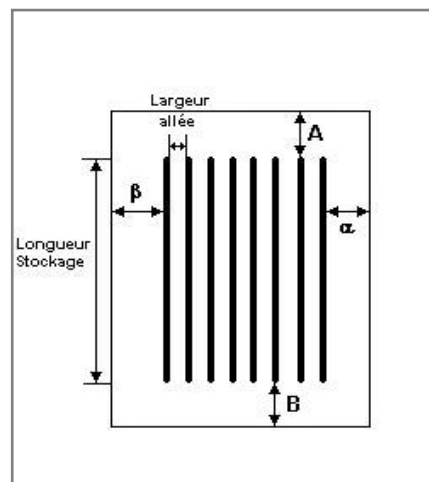
Parois de la cellule : 2662



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Poteau beton	Poteau beton	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	11
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

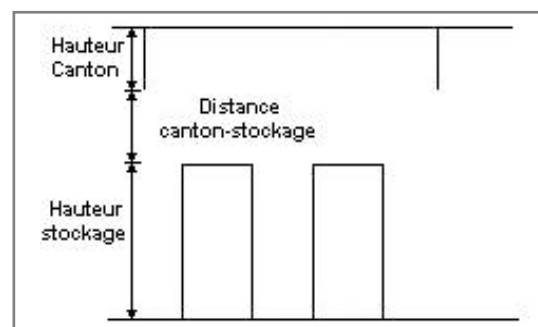
Stockage de la cellule : 2662

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	90,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	24,0 m
Longueur de préparation B	6,0 m
Hauteur maximum de stockage	12,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	0,1 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	11
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 2662

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 2662	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

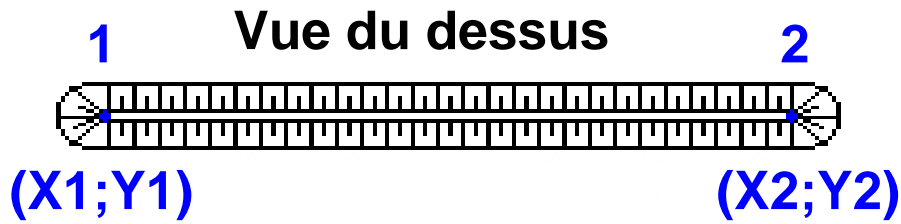
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 2662 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1875,0 kW	

Merlons



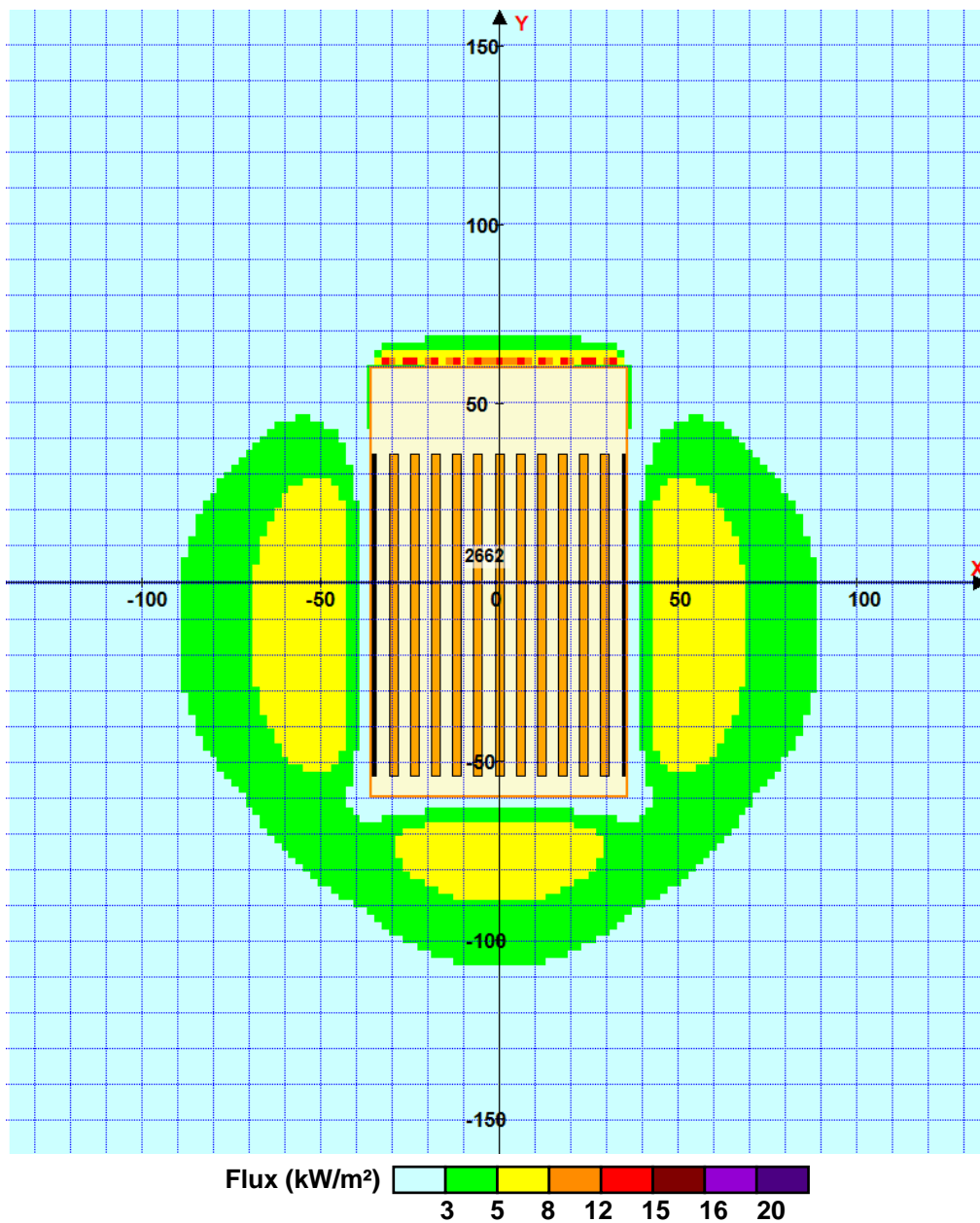
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : 2662

Durée de l'incendie dans la cellule : 2662 103,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CARGO PROPERTY POUPRY
Nom du Projet :	CAR02_1510_1
Cellule :	C2
Commentaire :	1510
Création du fichier de données d'entrée :	09/05/2019 à 10:56:29 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	9/5/19

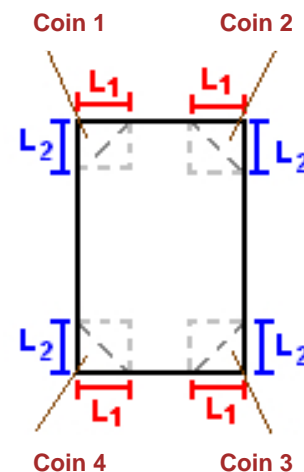
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

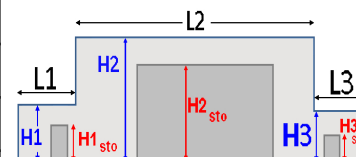
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :1510				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		54,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,1		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



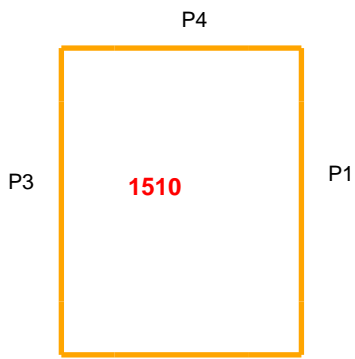
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	22
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

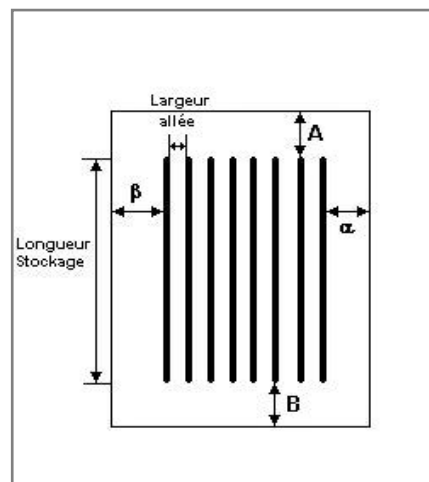
Parois de la cellule : 1510



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Poteau beton	Autostable	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	7
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

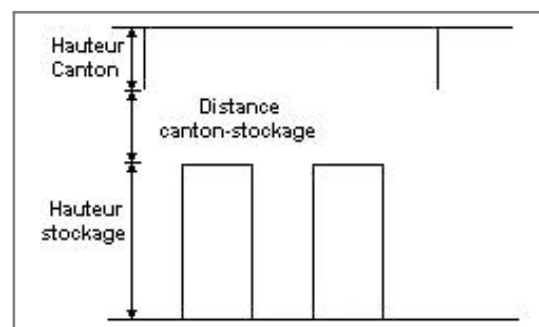
Stockage de la cellule : 1510

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	90,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	24,0 m
Longueur de préparation B	6,0 m
Hauteur maximum de stockage	12,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	0,1 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	8
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 1510

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 1510	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

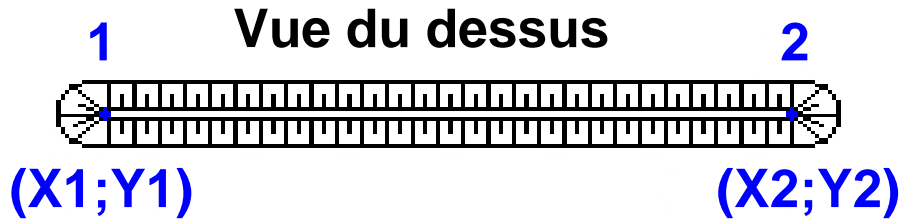
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW	

Merlons



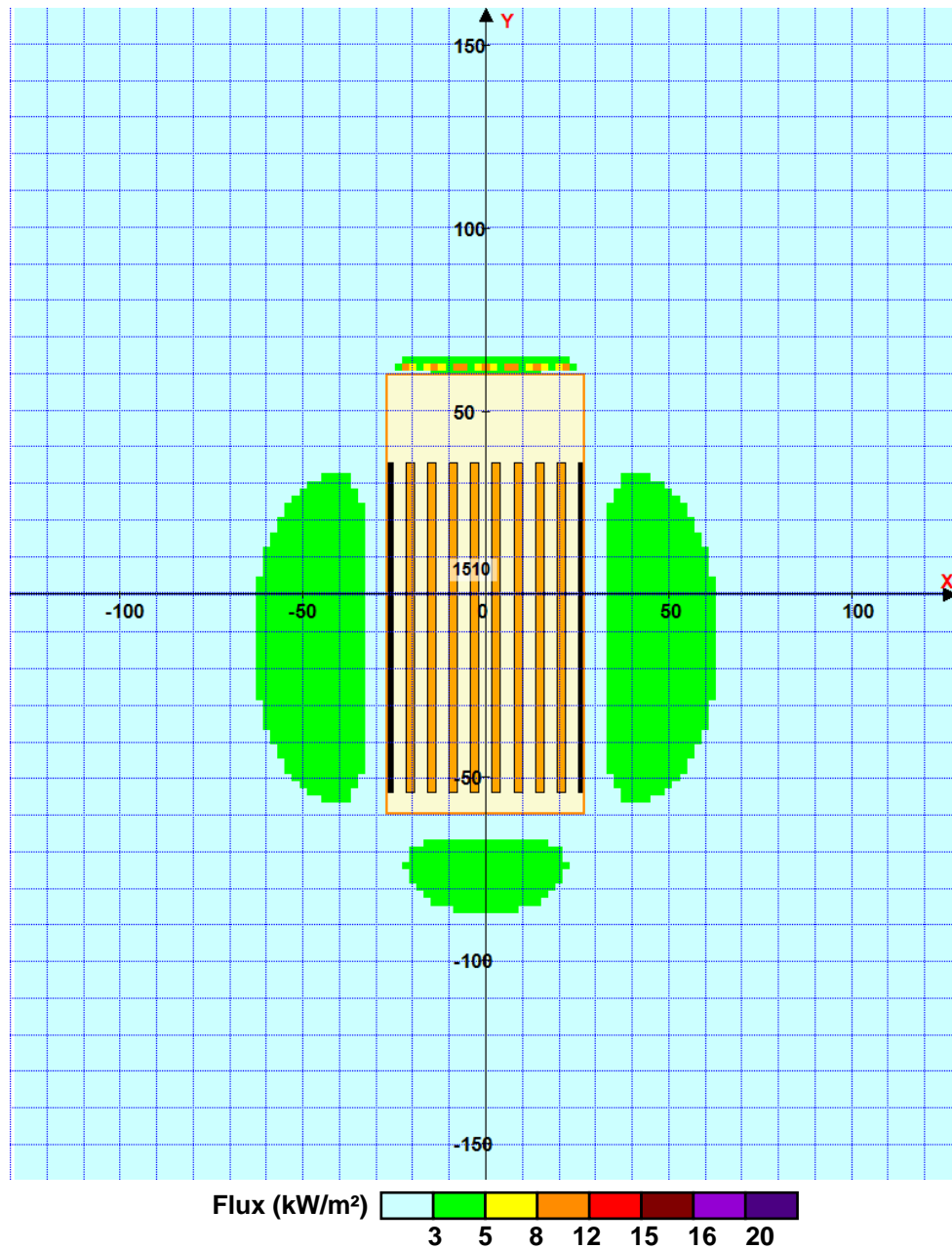
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : 1510

Durée de l'incendie dans la cellule : 1510 133,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CARGO PROPERTY POUPRY
Nom du Projet :	CAR02_2662_1
Cellule :	C2
Commentaire :	2662
Création du fichier de données d'entrée :	09/05/2019 à 10:56:57 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	9/5/19

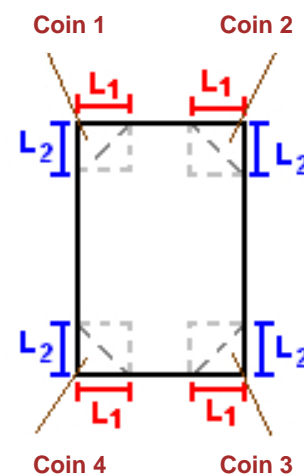
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

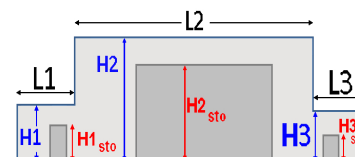
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :2662				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		54,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,1		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



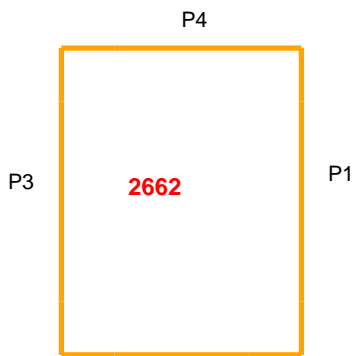
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	22
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

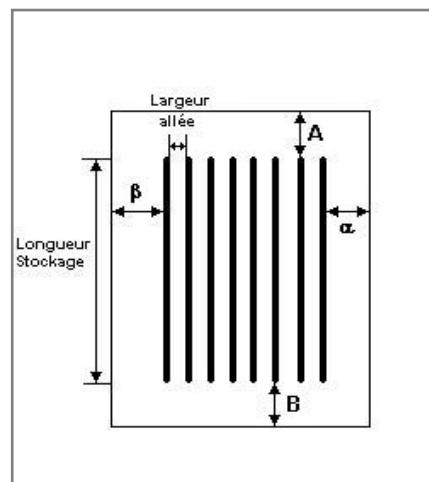
Parois de la cellule : 2662



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Poteau beton	Autostable	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	7
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

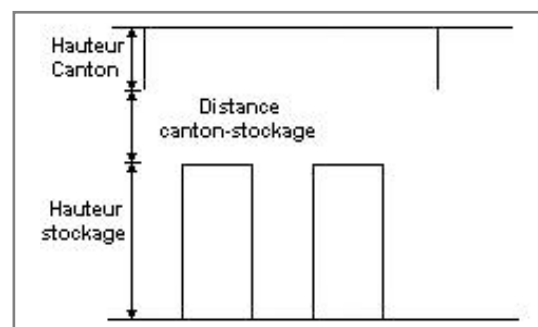
Stockage de la cellule : 2662

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	90,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	24,0 m
Longueur de préparation B	6,0 m
Hauteur maximum de stockage	12,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	0,1 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	8
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 2662

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 2662	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

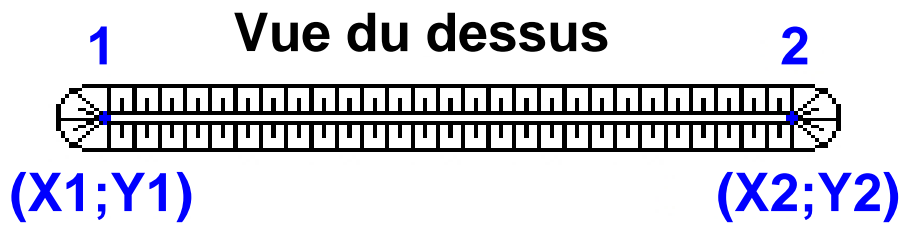
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 2662 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1875,0 kW	

Merlons



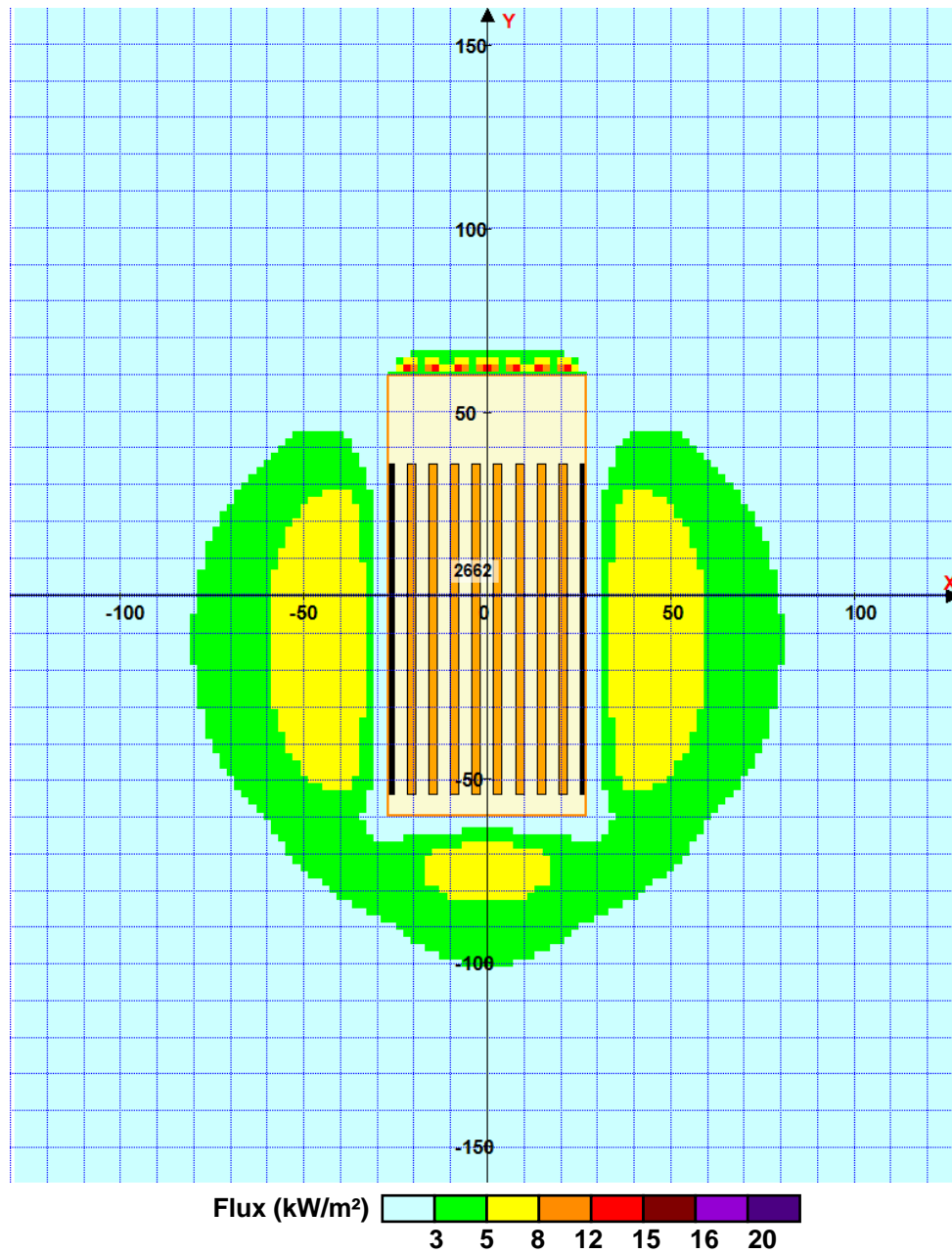
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : 2662

Durée de l'incendie dans la cellule : 2662 101,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CARGO PROPERTY POUPRY
Nom du Projet :	CAR03_1510_1
Cellule :	C3
Commentaire :	1510
Création du fichier de données d'entrée :	09/05/2019 à 10:57:14 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	9/5/19

I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

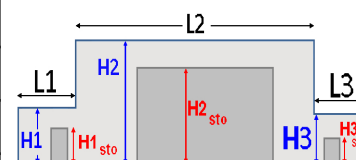
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :1510				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		90,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,1		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



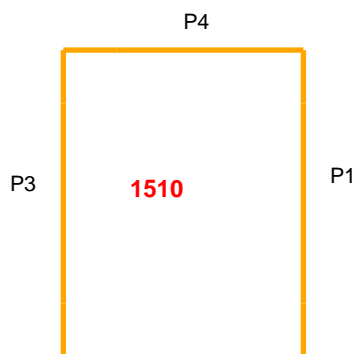
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	36
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

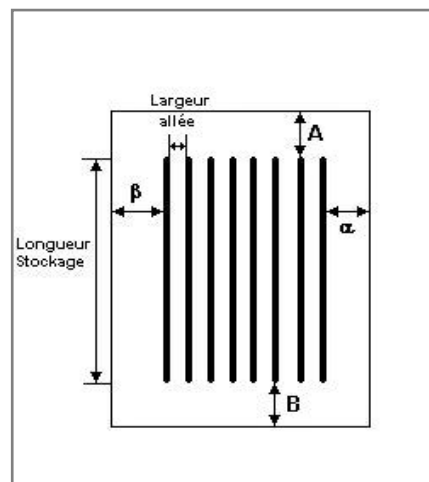
Parois de la cellule : 1510



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Poteau beton	Poteau beton	Autostable	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	12
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

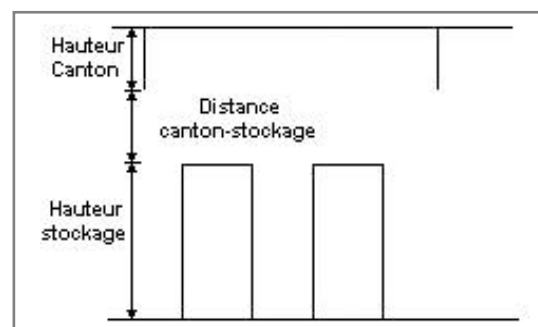
Stockage de la cellule : 1510

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	90,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	24,0 m
Longueur de préparation B	6,0 m
Hauteur maximum de stockage	12,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	0,1 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	14
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 1510

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 1510	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

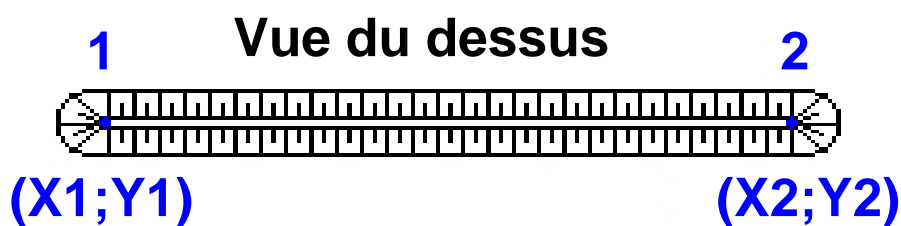
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW	

Merlons



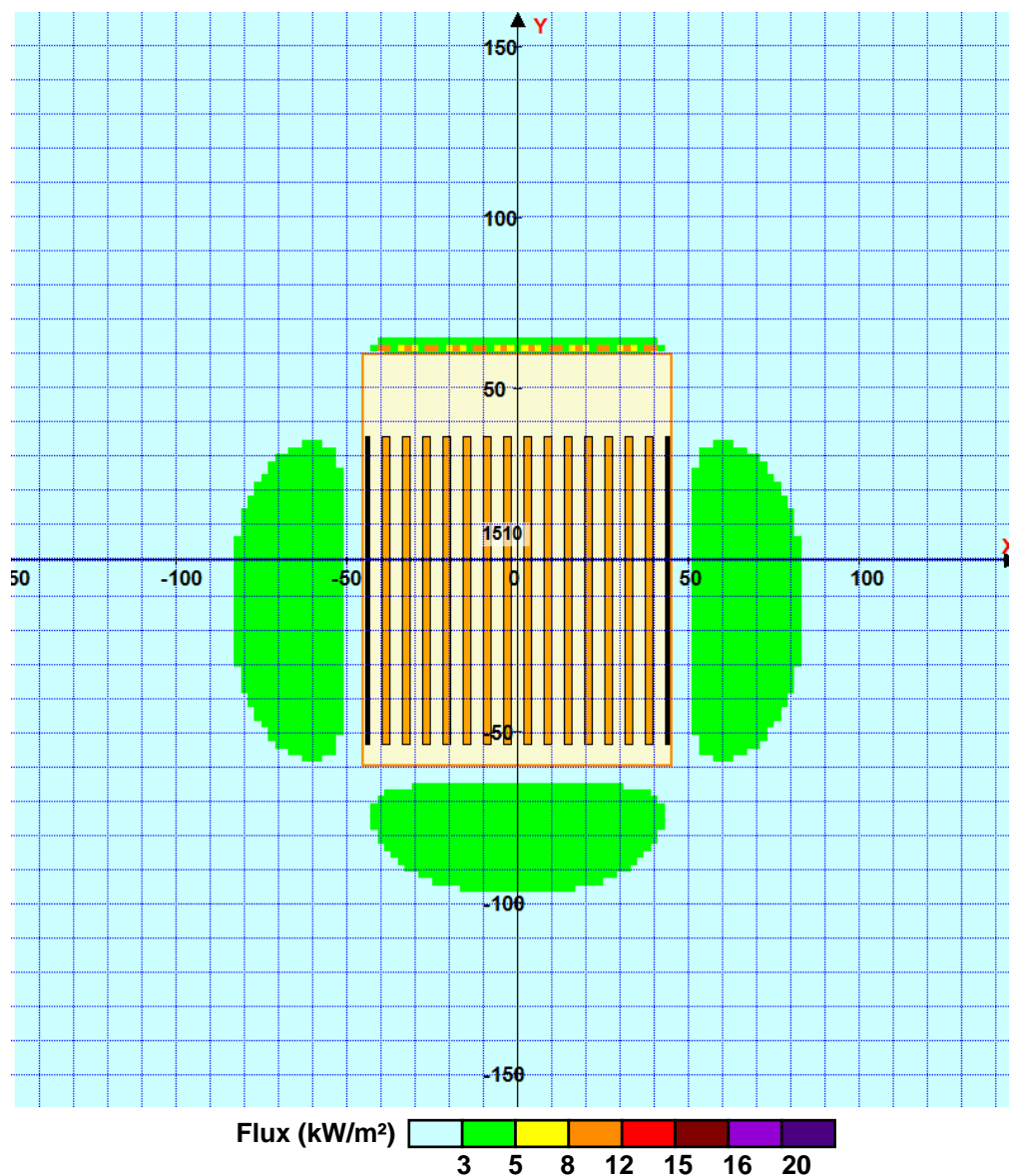
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : 1510

Durée de l'incendie dans la cellule : 1510 135,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CARGO PROPERTY POUPRY
Nom du Projet :	CAR03_2662_9_1
Cellule :	C3
Commentaire :	2662 à 9 m
Création du fichier de données d'entrée :	10/05/2019 à 11:35:13 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	10/5/19

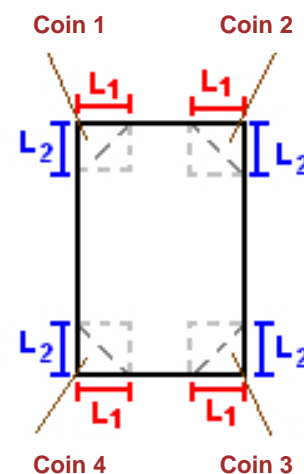
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

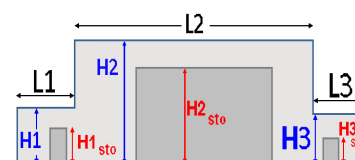
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :2662				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		90,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,1		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

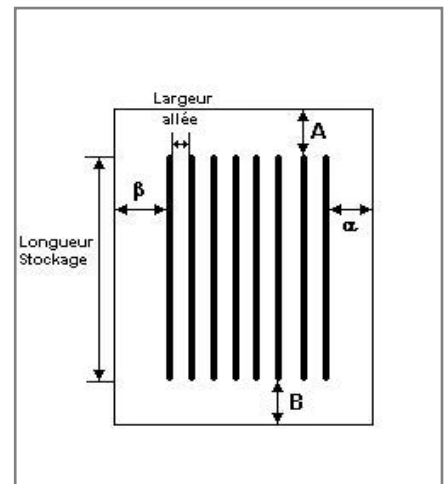
Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	36
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Stockage de la cellule : 2662

Nombre de niveaux	5
Mode de stockage	Rack

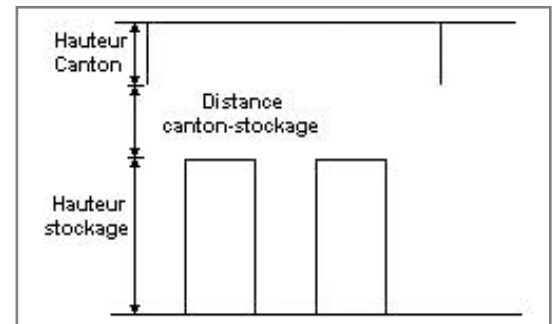
Dimensions

Longueur de stockage	90,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	24,0 m
Longueur de préparation B	6,0 m
Hauteur maximum de stockage	9,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	3,1 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	14
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 2662

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 2662	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

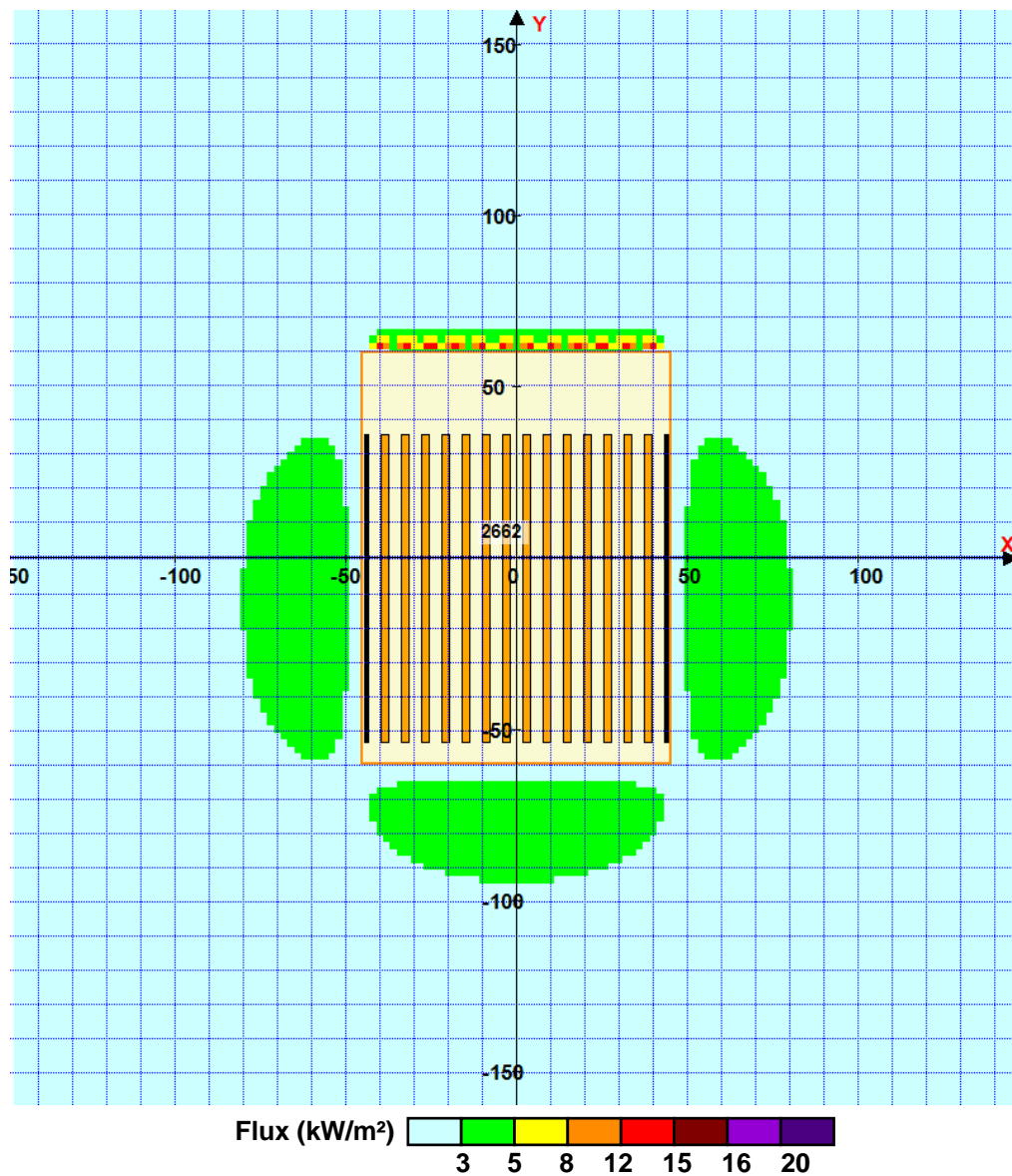
Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 2662 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1875,0 kW	

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : 2662

Durée de l'incendie dans la cellule : 2662 94,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CARGO PROPERTY POUPRY
Nom du Projet :	CAR03_2662_1
Cellule :	C3
Commentaire :	2662
Création du fichier de données d'entrée :	09/05/2019 à 10:57:31 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	9/5/19

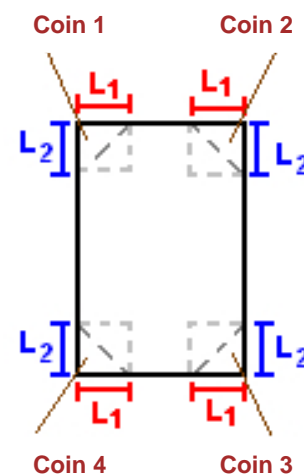
I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

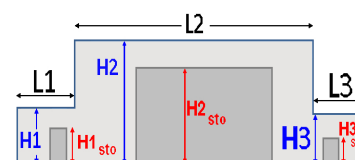
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Géométrie Cellule1

Nom de la Cellule :2662				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		90,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,1		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0

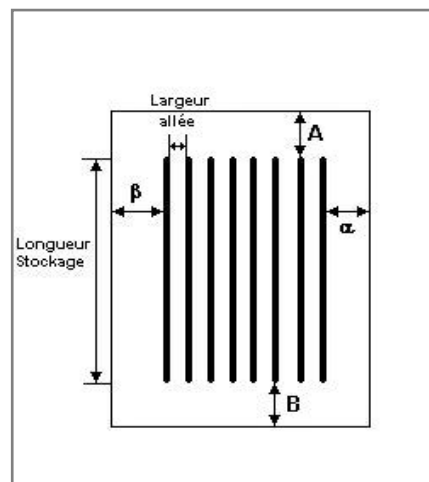


Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	36
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

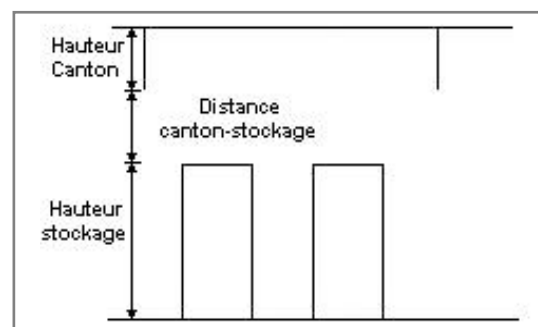
Stockage de la cellule : 2662

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	90,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	24,0 m
Longueur de préparation B	6,0 m
Hauteur maximum de stockage	12,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	0,1 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	14
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 2662

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 2662	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

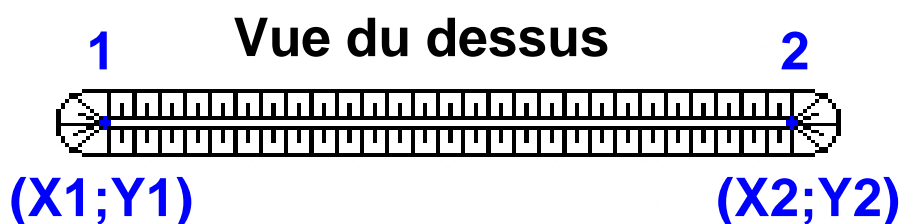
NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 2662 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1875,0 kW	

Merlons



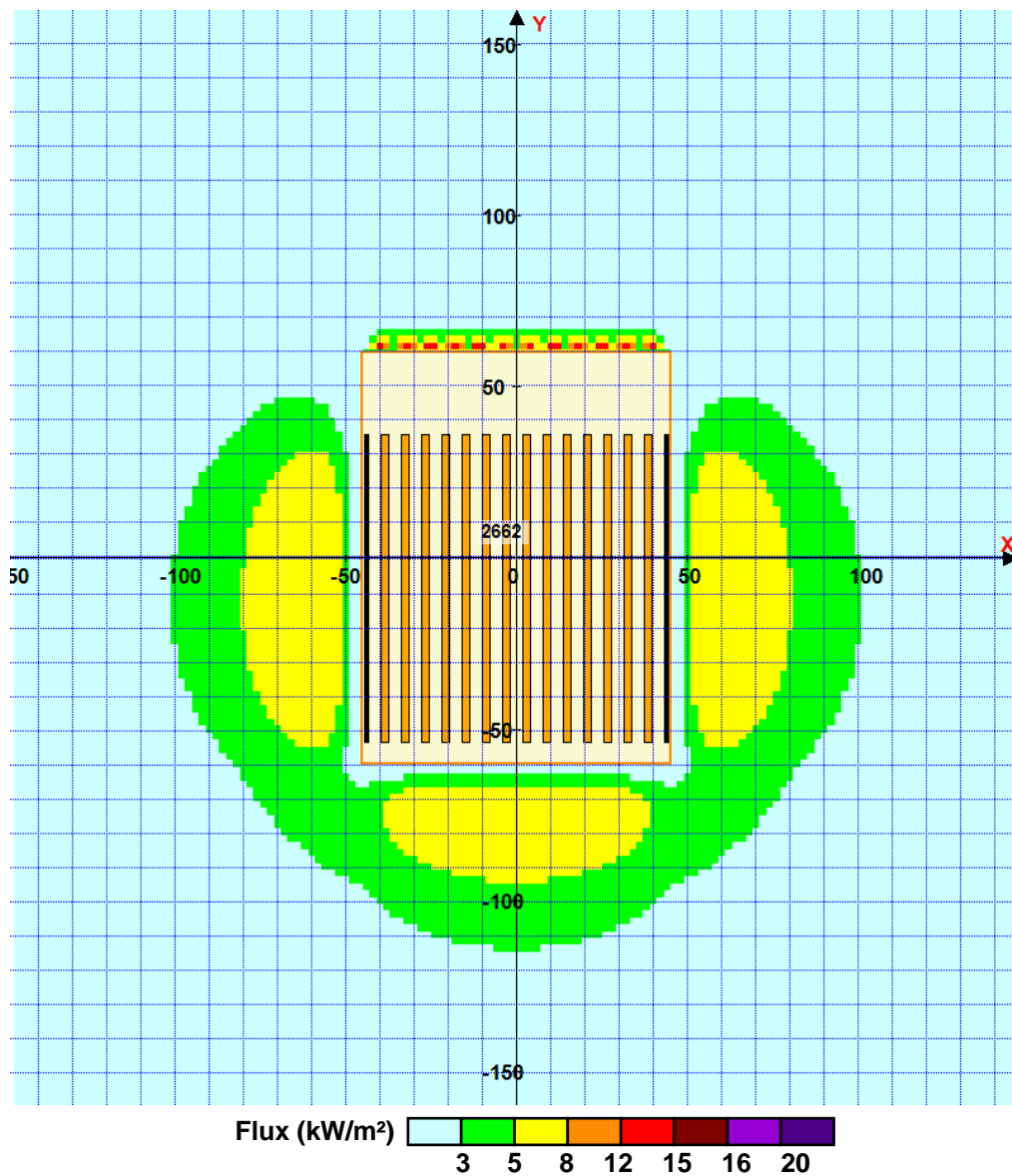
Merlon n°	Hauteur (m)	Coordonnées du premier point		Coordonnées du deuxième point	
		X1 (m)	Y1 (m)	X2 (m)	Y2 (m)
1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
9	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
13	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
14	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
18	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

II. RESULTATS :

Départ de l'incendie dans la cellule : 2662

Durée de l'incendie dans la cellule : 2662 103,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

FLUMilog

Interface graphique v.5.2.0.0

Outil de calculV5.21

Flux Thermiques Détermination des distances d'effets

Utilisateur :	IRb
Société :	CRF Poupry
Nom du Projet :	POU-GEN_1
Cellule :	Généralisé 3 cellules
Commentaire :	
Création du fichier de données d'entrée :	26/03/2019 à 18:36:14 avec l'interface graphique v. 5.2.0.0
Date de création du fichier de résultats :	26/3/19

I. DONNEES D'ENTREE :

Donnée Cible

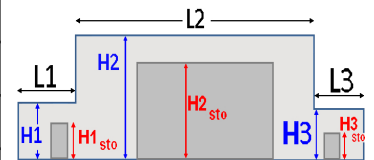
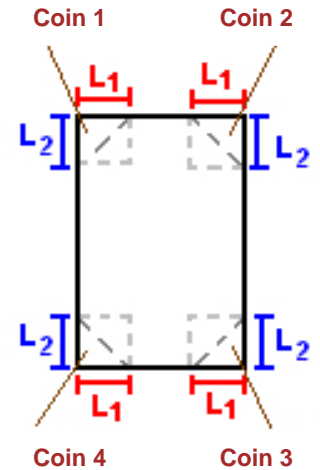
Hauteur de la cible : **1,8 m**

Données murs entre cellules

REI C1/C2 : **120 min** ; REI C1/C3 : **120 min**

Géométrie Cellule1

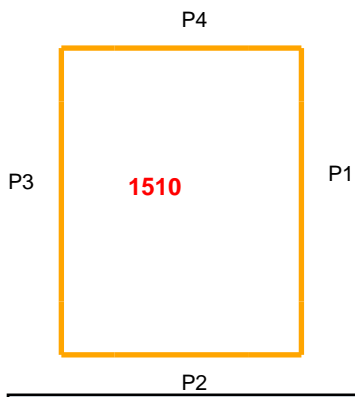
Nom de la Cellule :1510				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		50,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Hauteur complexe				
	1	2	3	
L (m)	0,0	0,0	0,0	
H (m)	0,0	0,0	0,0	
H sto (m)	0,0	0,0	0,0	



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	20
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : 1510



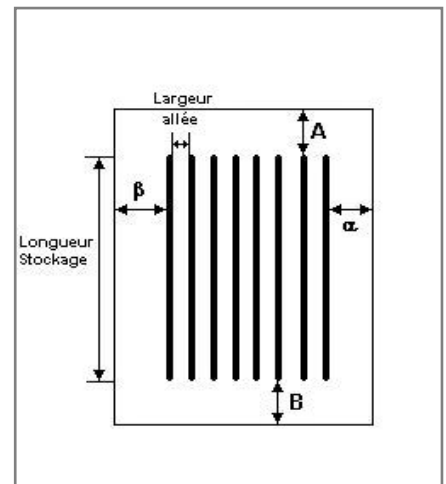
	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Autostable	Autostable	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	7
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

Stockage de la cellule : 1510

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack

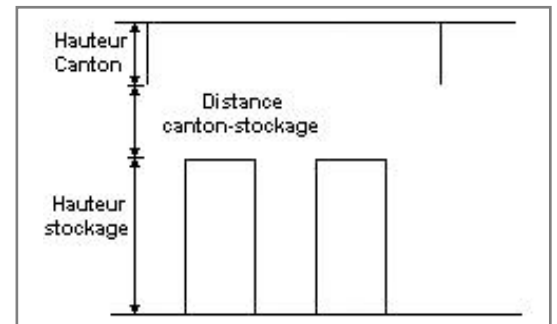
Dimensions

Longueur de stockage	93,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	22,0 m
Longueur de préparation B	5,0 m
Hauteur maximum de stockage	12,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	0,5 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	7
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,7 m



Palette type de la cellule 1510

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 1510	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

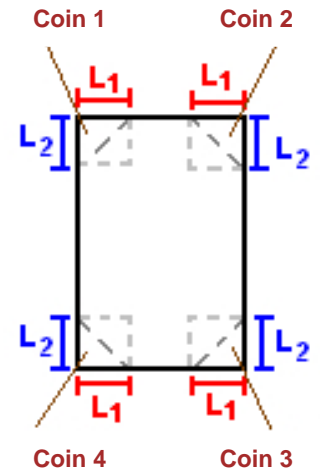
NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

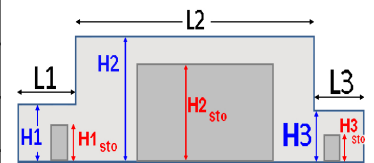
Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 1510 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1525,0 kW	

Géométrie Cellule2

Nom de la Cellule :2662				
Longueur maximum de la cellule (m)		120,0		
Largeur maximum de la cellule (m)		66,0		
Hauteur maximum de la cellule (m)		13,5		
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



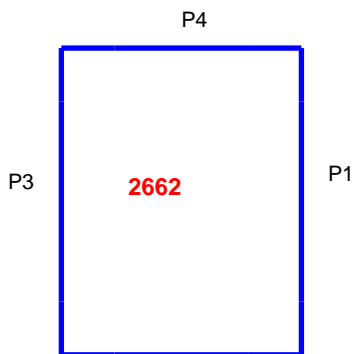
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallique multicouches
Nombre d'exutoires	26
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

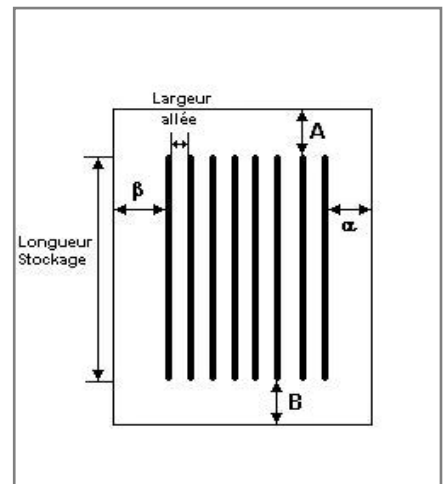
Parois de la cellule : 2662



	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Autostable	Autostable	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	9
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

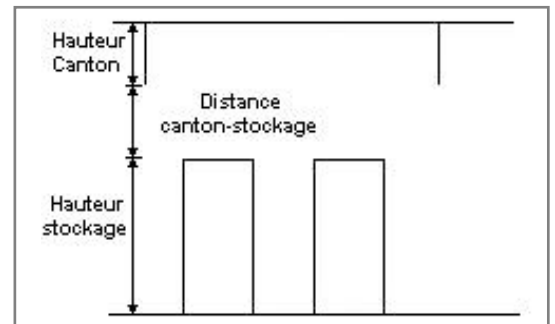
Stockage de la cellule : 2662

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack
Dimensions	
Longueur de stockage	93,0 m
Déport latéral a	0,5 m
Déport latéral b	0,5 m
Longueur de préparation A	22,0 m
Longueur de préparation B	5,0 m
Hauteur maximum de stockage	9,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	3,5 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	10
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,5 m



Palette type de la cellule 2662

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 2662	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

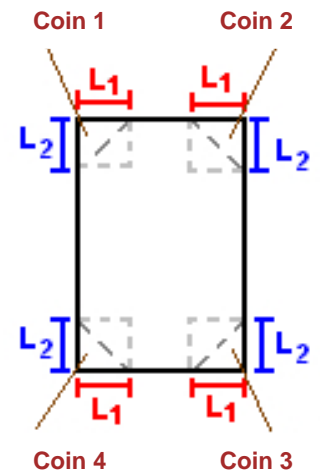
NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

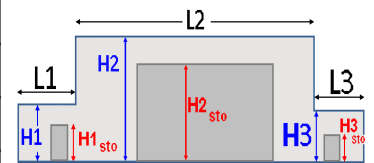
Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 2662 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1875,0 kW	

Géométrie Cellule3

Nom de la Cellule :2662				
Longueur maximum de la cellule (m)	120,0			
Largeur maximum de la cellule (m)	99,0			
Hauteur maximum de la cellule (m)	13,5			
Coin 1	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 2	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 3	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	
Coin 4	non tronqué	L1 (m)	0,0	
		L2 (m)	0,0	



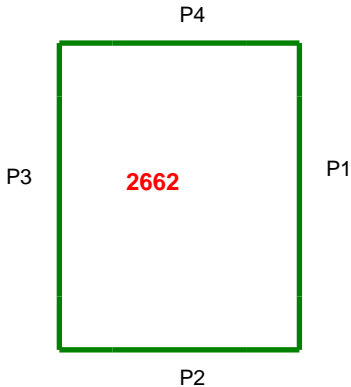
Hauteur complexe			
	1	2	3
L (m)	0,0	0,0	0,0
H (m)	0,0	0,0	0,0
H sto (m)	0,0	0,0	0,0



Toiture

Résistance au feu des poutres (min)	15
Résistance au feu des pannes (min)	15
Matériaux constituant la couverture	metallicque multicouches
Nombre d'exutoires	40
Longueur des exutoires (m)	3,0
Largeur des exutoires (m)	2,0

Parois de la cellule : 2662



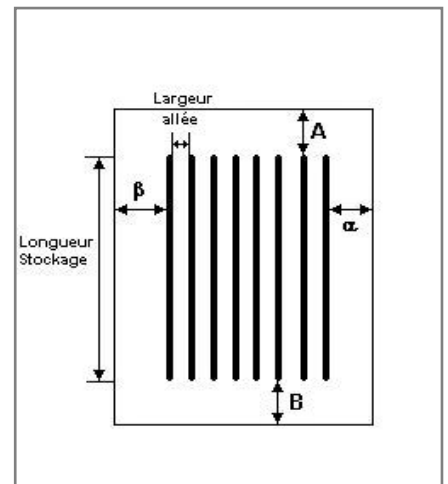
	Paroi P1	Paroi P2	Paroi P3	Paroi P4
Composantes de la Paroi	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante	Monocomposante
Structure Support	Autostable	Autostable	Autostable	Poteau beton
Nombre de Portes de quais	0	0	0	13
Largeur des portes (m)	0,0	0,0	0,0	3,0
Hauteur des portes (m)	4,0	4,0	4,0	3,0
	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>	<i>Un seul type de paroi</i>
Matériau	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	Beton Arme/Cellulaire	bardage double peau
R(i) : Résistance Structure(min)	120	120	120	60
E(i) : Etanchéité aux gaz (min)	120	120	120	1
I(i) : Critère d'isolation de paroi (min)	120	120	120	1
Y(i) : Résistance des Fixations (min)	120	120	120	1

Stockage de la cellule : 2662

Nombre de niveaux	6
Mode de stockage	Rack

Dimensions

Longueur de stockage	93,0 m
Déport latéral a	0,0 m
Déport latéral b	0,0 m
Longueur de préparation A	22,0 m
Longueur de préparation B	5,0 m
Hauteur maximum de stockage	9,0 m
Hauteur du canton	1,0 m
Ecart entre le haut du stockage et le canton	3,5 m



Stockage en rack

Sens du stockage	dans le sens de la paroi 1
Nombre de double racks	16
Largeur d'un double rack	2,4 m
Nombre de racks simples	2
Largeur d'un rack simple	1,2 m
Largeur des allées entre les racks	3,4 m



Palette type de la cellule 2662

Dimensions Palette

Longueur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Largeur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Hauteur de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Volume de la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette	
Nom de la palette :	Palette type 2662	Poids total de la palette : Par défaut

Composition de la Palette (Masse en kg)

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

NC	NC	NC	NC
0,0	0,0	0,0	0,0

Données supplémentaires

Durée de combustion de la palette :	45,0 min
Puissance dégagée par la palette :	Adaptée aux dimensions de la palette
Rappel : les dimensions standards d'une Palette type 2662 sont de 1,2 m * 0,8 m x 1,5 m, sa puissance est de 1875,0 kW	

II. RESULTATS :

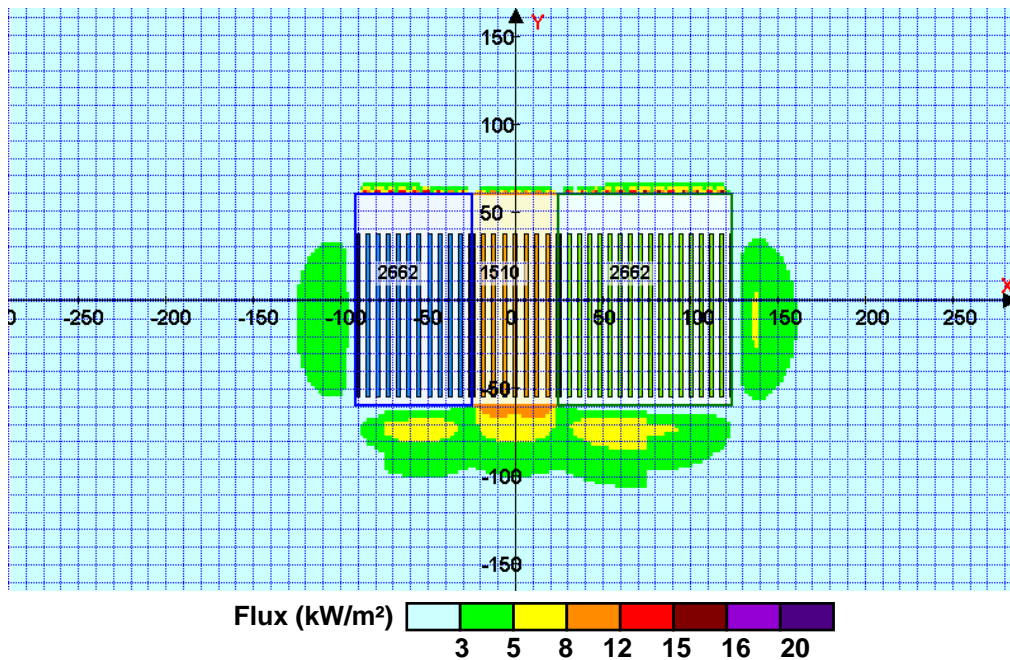
Départ de l'incendie dans la cellule : 1510

Durée de l'incendie dans la cellule : 1510 133,0 min

Durée de l'incendie dans la cellule : 2662 91,0 min

Durée de l'incendie dans la cellule : 2662 93,0 min

Distance d'effets des flux maximum



Avertissement: Dans le cas d'un scénario de propagation, l'interfacede calcul Flumilog ne vérifie pas la cohérence entre les saisies des caractéristiques des parois de chaque cellule et la saisie de tenue au feu des parois séparatives indiquée en page 2 de la note de calcul.

Pour information : Dans l'environnement proche de la flamme, le transfert convectif de chaleur ne peut être négligé. Il est donc préconisé pour de faibles distances d'effets comprises entre 1 et 5 m de retenir une distance d'effets de 5 m et pour celles comprises entre 6 m et 10 m de retenir 10 m.

**Courrier du Syndicat mixte de la
ZA d'Artenay - Poupry
(Zones d'effets thermiques)**

ARTENAY – POUPRY

Syndicat Mixte

Orgères-en-Beauce, le 29 mars 2019

Objet : ZAi Artenay Poupry - Servitudes relatives à l'exploitation d'un bâtiment logistique par le groupe Carrefour projeté sur l'ilot n°2 du lotissement industriel de Villeneuve 2

Affaire suivie par : Gérald Villette

Pièce(s) jointe(s) : plan de division parcellaire et Plan des flux thermiques 3 kW

Copie adressée par mail à : Mr Cors DREAL Unité de Chartres,

Monsieur le Directeur,

Par mail de ce jour, vous sollicitez le syndicat mixte pour qu'il accepte, sur ses parcelles, les servitudes générées par les flux thermiques 3 kW/m² générés par le projet de construction d'un bâtiment de stockage envisagé par le groupe Carrefour dont la demande de permis de construire et d'exploiter doit être déposé dans les jours à venir.

Compte tenu des indications délivrées par Mr Cors de l'unité territoriale de la DREAL de Chartres, (*Dans les zones d'effets thermiques de 3 kW, peuvent être implantés des constructions sous réserve de ne pas augmenter la population exposée ainsi que bassins de rétention d'eaux pluviales et de réserve d'eau incendie, voiries et parkings*), le syndicat mixte pour l'aménagement de la zone d'activités interdépartementale d'Artenay Poupry donne son accord, au groupe Carrefour, pour supporter sur les parcelles désignées ci-dessous restantes sa propriété, les servitudes générées par les flux thermiques 3 kW/m².

- au Nord sur 10 mètres sur les parcelles ZT 76p, 80p, 84p, 88p, 92p, (parcelles en attente de division),
- à l'Est sur 20 mètres sur les parcelles ZT 77, 81, 85, 89, 93,
- au Sud sur 10 mètres sur la parcelle ZT 92 p (parcelle en attente de division), ZT 102, YI 113, 111, 109,
- à l'Ouest sur 10 mètres sur les parcelles ZT 104, 91, YI 57,

Les distances sont données par rapport aux limites du terrain sur lequel est envisagé le projet

Nos services restant à votre disposition, nous vous prions de recevoir, Monsieur le Directeur, nos salutations distinguées.

CARREFOUR PROPERTY
A l'intention de Monsieur Rémi Goléger
Directeur Immobilier Supply Chain

58 rue Emile Zola
TSA 38001
92649 BOULOGNE BILLANCOURT

Pour le Président empêché,
Par délégation,

Gérald Villette
Directeur

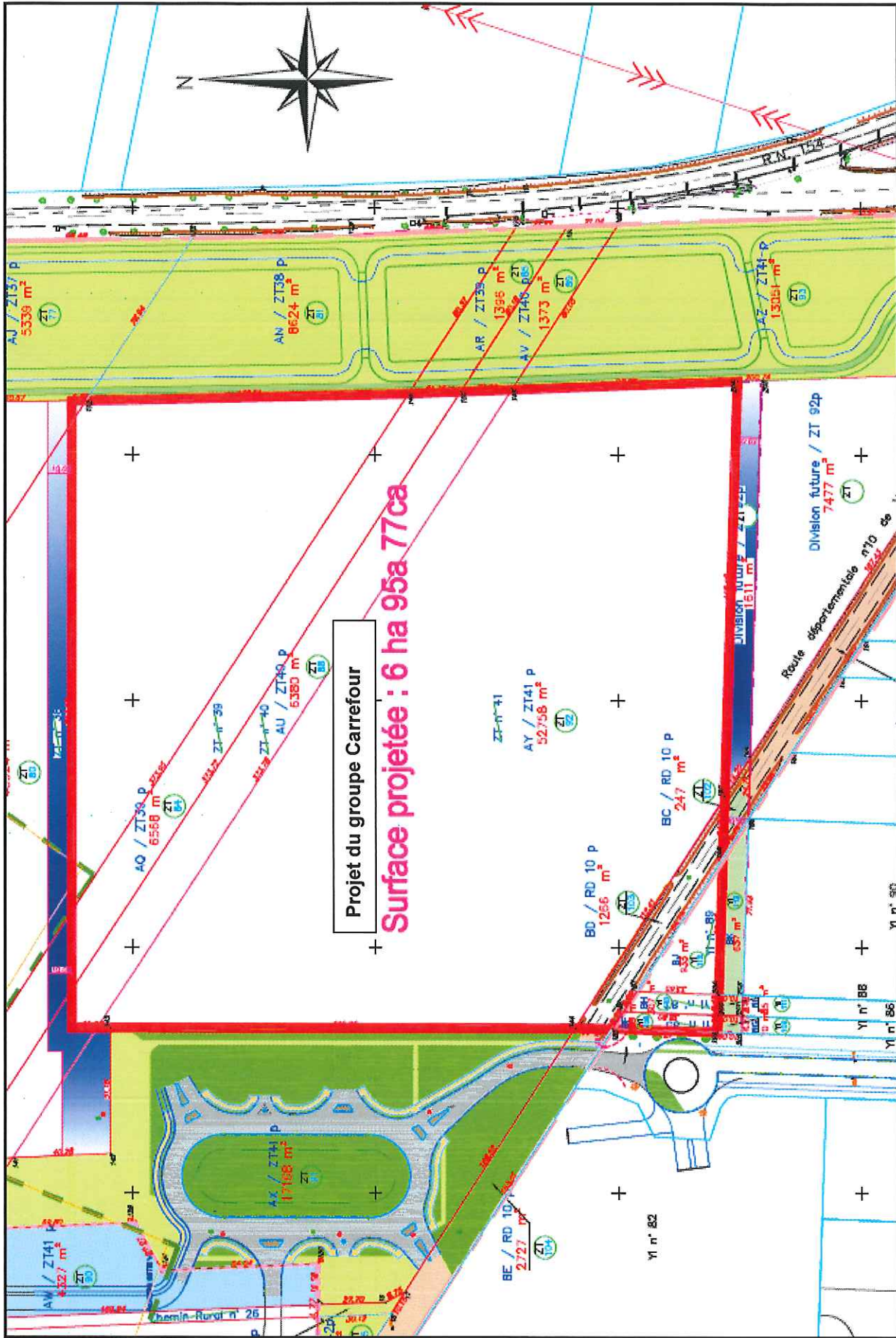


Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Zone d'Activités Interdépartementale d'Artenay-Poupry

Siège : Hôtel de Ville 45410 Artenay

Bureaux : Maison de services au public - 2 rue de L'Arsenal 28140 Orgères-en-Beauce

Téléphone : 09.63.51.20.92. Courriel : direction-smap@orange.fr



Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Zone d'Activités Interdépartementale d'Artenay-Poupry

Siège : Hôtel de Ville 45410 Artenay

Bureaux : Maison de services au public - 2 rue de L'Arsenal 28140 Orgères-en-Beauce

Téléphone : 09.63.51.20.92. Courriel : direction-smap@orange.fr