# ANNEXE N°9 :
# FICHES DES POINTS DE MESURES DE BRUIT

# CONTROLE DE LA SITUATION ACOUSTIQUE

| | |
|---|---|
| **Client** | **CHIMIREC** |
| **Site** | Carquefou |
| **Date** | 28 août 2018 |

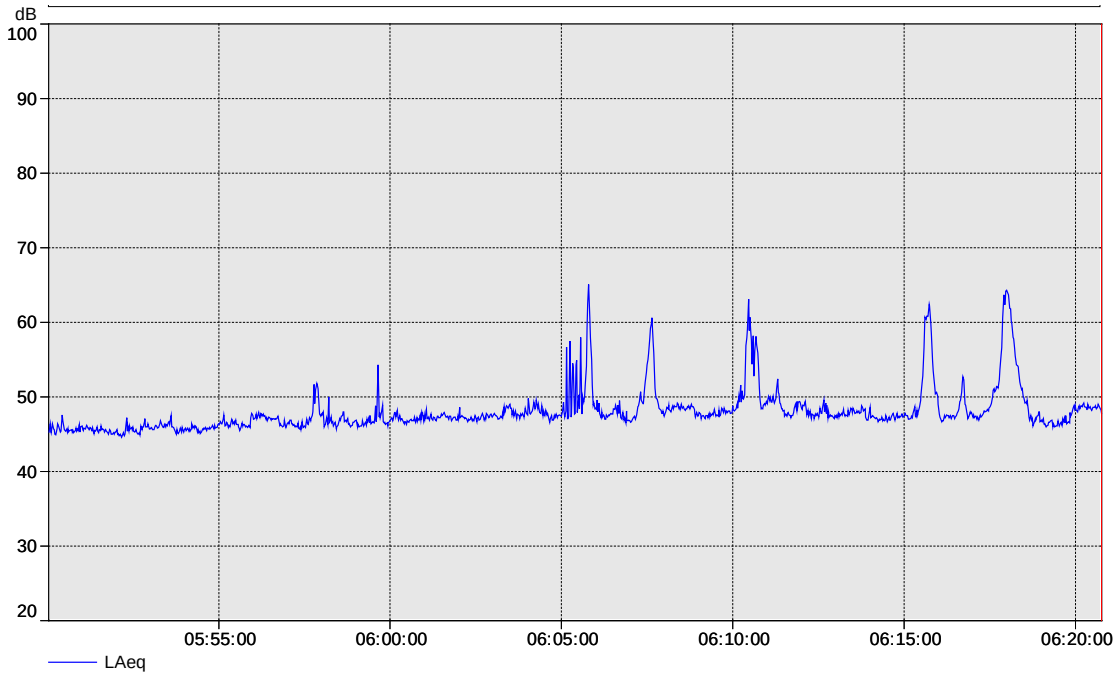
| | |
|---|---|
| **Opérateur** | **Thibaud PEHOURCQ** |
| Normes | NF S31-010 complétée par la Norme NF S31-010/A1 |
| **Matériel** | Prise de mesures : *Sonomètres BK 2238 et 2250*<br>Traitement des données *: Evaluator type 7820* |

**Bureau d'études en environnement**
Prévention des risques
Campus de Ker-Lann – Rue Siméon Poisson – 35170 BRUZ
☏ : 02 99 52 52 12 Fax : 02 99 52 52 11
✉ : axe@groupeaxe.com

**Station 1 :** Limite de propriété Sud-Ouest

**Période :** Nocturne

| Fichier | LP1 – Sud/Ouest | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Début | 28/08/2018 05:50:02 | | | | | | |
| Fin | 28/08/2018 06:20:46 | | | | | | |
| | Type | Pond. | Unité | $L_{eq}$ | $L_{min}$ | $L_{max}$ | $L_{50}$ |
| | Leq | A | dB | 50,3 | 44,2 | 67,0 | 47,5 |




Caractérisation des conditions météorologiques
T° : 12°C
Nuit / Ciel dégagé / Surface sèche
Vent modéré
Caractérisation : U4 / T2
Effets météorologiques nuls ou négligeables

## Conditions de réalisation de la mesure

**Ambiant** :
Bruits perceptibles du site contrôlé : aucun
Bruits interférents : circulation routière, activités de la zone industrielle

## Résultats

**Indicateur retenu :** $L_{Aeq}$
**Niveau sonore ambiant :** 50,5 dB(A)
(Rq : conformément à la norme, les niveaux sonores sont arrondis au 0,5 dB(A) le plus proche)

# CONTROLE DE LA SITUATION ACOUSTIQUE

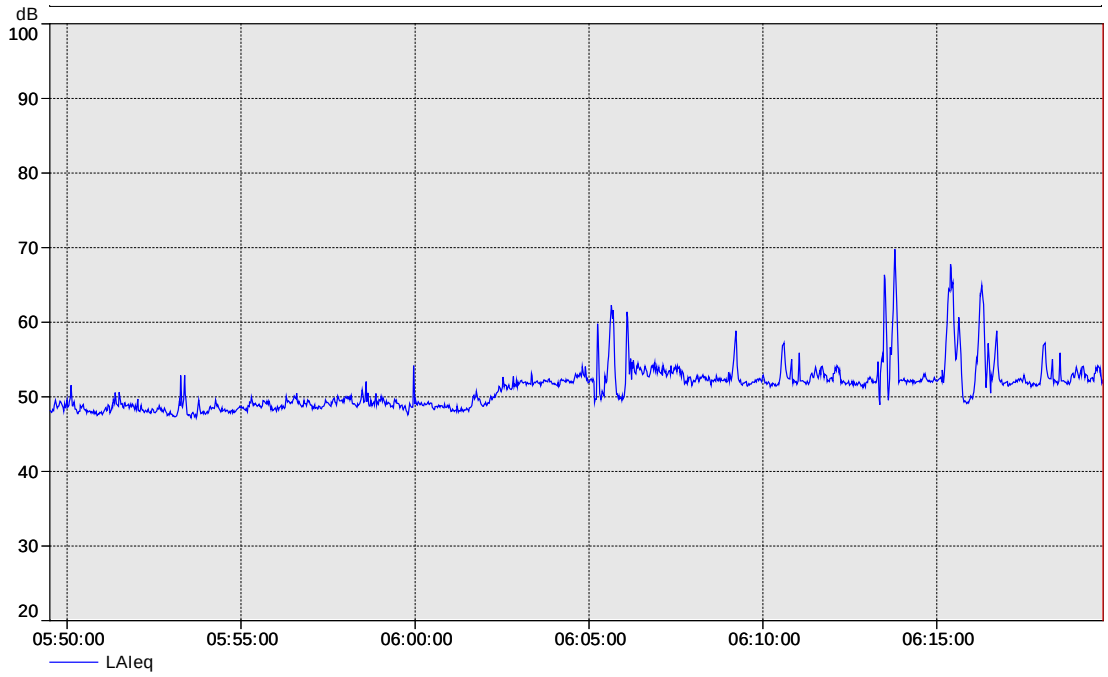
| | |
|---|---|
| **Client** | **CHIMIREC** |
| **Site** | Carquefou |
| **Date** | 28 août 2018 |

| | | |
|---|---|---|
| **Opérateur** | **Thibaud PEHOURCQ** | **Bureau d'études en environnement**<br>Prévention des risques<br>Campus de Ker-Lann – Rue Siméon Poisson – 35170 BRUZ<br>☏ : 02 99 52 52 12 Fax : 02 99 52 52 11<br>✉ : axe@groupeaxe.com |
| Normes | NF S31-010 complétée par la Norme NF S31-010/A1 | |
| **Matériel** | Prise de mesures : *Sonomètres BK 2238 et 2250*<br>Traitement des données *: Evaluator type 7820* | |

**Station 2 :** Limite de propriété Nord-Ouest

**Période :** Nocturne

| Fichier | LP2 – Nord/Ouest | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Début | 28/08/2018 05:49:30 | | | | | | |
| Fin | 28/08/2018 06:20:26 | | | | | | |
| | Type | Pond. | Unité | $L_{eq}$ | $L_{min}$ | $L_{max}$ | $L_{50}$ |
| | Leq | A | dB | 52,1 | 46,2 | 70,1 | 51,0 |




Caractérisation des conditions météorologiques
T° : 12°C
Nuit / Ciel dégagé / Surface sèche
Vent modéré
Caractérisation : U4 / T2
Effets météorologiques nuls ou négligeables

## Conditions de réalisation de la mesure

**Ambiant** :
Bruits perceptibles du site contrôlé : aucun
Bruits interférents : circulation routière, activités de la zone industrielle

## Résultats

**Indicateur retenu :** $L_{Aeq}$
**Niveau sonore ambiant :** 52,0 dB(A)
(Rq : conformément à la norme, les niveaux sonores sont arrondis au 0,5 dB(A) le plus proche)

# CONTROLE DE LA SITUATION ACOUSTIQUE

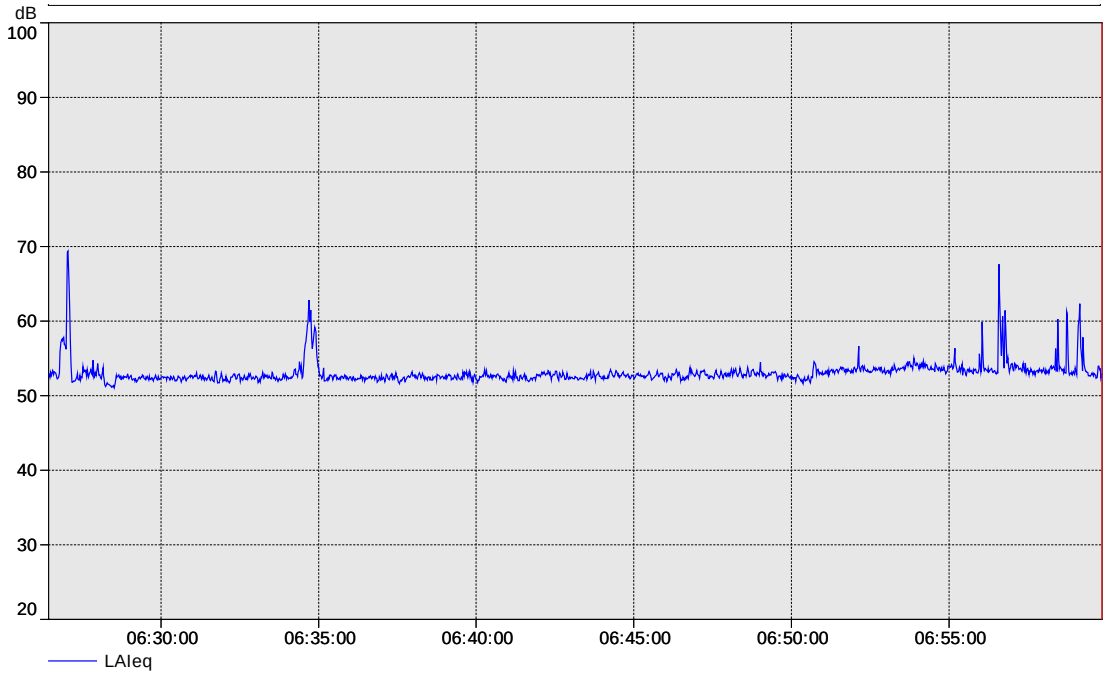
| | |
|---|---|
| **Client** | **CHIMIREC** |
| **Site** | Carquefou |
| **Date** | 28 août 2018 |

| | | |
|---|---|---|
| **Opérateur** | **Thibaud PEHOURCQ** | **Bureau d'études en environnement**<br>Prévention des risques<br>Campus de Ker-Lann – Rue Siméon Poisson – 35170 BRUZ<br>☏ : 02 99 52 52 12 Fax : 02 99 52 52 11<br>✉ : axe@groupeaxe.com |
| Normes | NF S31-010 complétée par la Norme NF S31-010/A1 | |
| **Matériel** | Prise de mesures : *Sonomètres BK 2238 et 2250*<br>Traitement des données *: Evaluator type 7820* | |

**Station 3 :** Limite de propriété Sud-Est

**Période :** Nocturne

| Fichier | LP3 – Sud/Est | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Début | 28/08/2018 06:26:26 | | | | | | |
| Fin | 28/08/2018 06:59:51 | | | | | | |
| | Type | Pond. | Unité | $L_{eq}$ | $L_{min}$ | $L_{max}$ | $L_{50}$ |
| | Leq | A | dB | 52,9 | 50,3 | 69,6 | 52,4 |




Caractérisation des conditions météorologiques
T° : 13°C
Nuit / Ciel dégagé / Surface sèche
Vent modéré
Caractérisation : U4 / T2
Effets météorologiques nuls ou négligeables

## Conditions de réalisation de la mesure

**Ambiant** :
Bruits perceptibles du site contrôlé : aucun
Bruits interférents : circulation routière, activités de la zone industrielle

## Résultats

**Indicateur retenu :** $L_{Aeq}$
**Niveau sonore ambiant :** 53,0 dB(A)
(Rq : conformément à la norme, les niveaux sonores sont arrondis au 0,5 dB(A) le plus proche)

# CONTROLE DE LA SITUATION ACOUSTIQUE

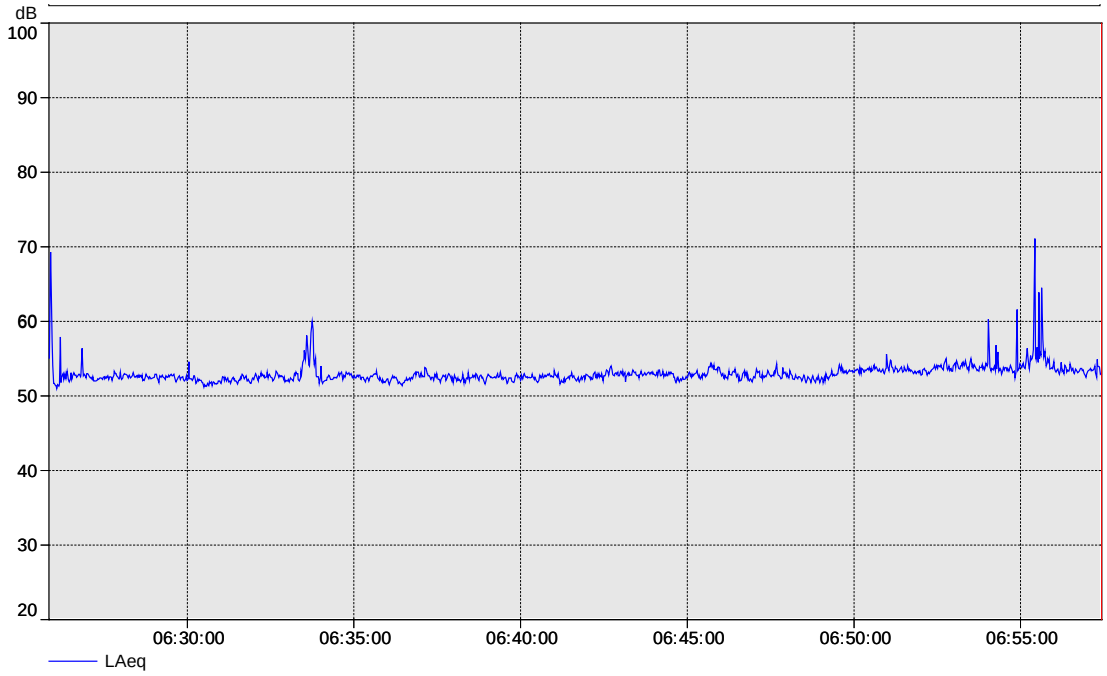
| | |
|---|---|
| **Client** | **CHIMIREC** |
| **Site** | Carquefou |
| **Date** | 28 août 2018 |

| | | |
|---|---|---|
| **Opérateur** | **Thibaud PEHOURCQ** | **Bureau d'études en environnement**<br>Prévention des risques<br>Campus de Ker-Lann – Rue Siméon Poisson – 35170 BRUZ<br>☏ : 02 99 52 52 12 Fax : 02 99 52 52 11<br>✉ : axe@groupeaxe.com |
| Normes | NF S31-010 complétée par la Norme NF S31-010/A1 | |
| **Matériel** | Prise de mesures : *Sonomètres BK 2238 et 2250*<br>Traitement des données *: Evaluator type 7820* | |

**Station 4 :** Limite de propriété Nord-Est

**Période :** Nocturne

| Fichier | LP4 – Nord/Est | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Début | 28/08/2018 06:25:51 | | | | | | |
| Fin | 28/08/2018 06:57:26 | | | | | | |
| | Type | Pond. | Unité | $L_{eq}$ | $L_{min}$ | $L_{max}$ | $L_{50}$ |
| | Leq | A | dB | 53,4 | 50,6 | 75,0 | 52,8 |




<u>Caractérisation des conditions météorologiques</u>
T° : 13°C
Nuit / Ciel dégagé / Surface sèche
Vent modéré
Caractérisation : U4 / T2
Effets météorologiques nuls ou négligeables

## Conditions de réalisation de la mesure

**Ambiant** :
Bruits perceptibles du site contrôlé : aucun
Bruits interférents : circulation routière, activités de la zone industrielle

## Résultats

**Indicateur retenu :** $L_{Aeq}$
**Niveau sonore ambiant :** 53,5 dB(A)
(Rq : conformément à la norme, les niveaux sonores sont arrondis au 0,5 dB(A) le plus proche)

# CONTROLE DE LA SITUATION ACOUSTIQUE

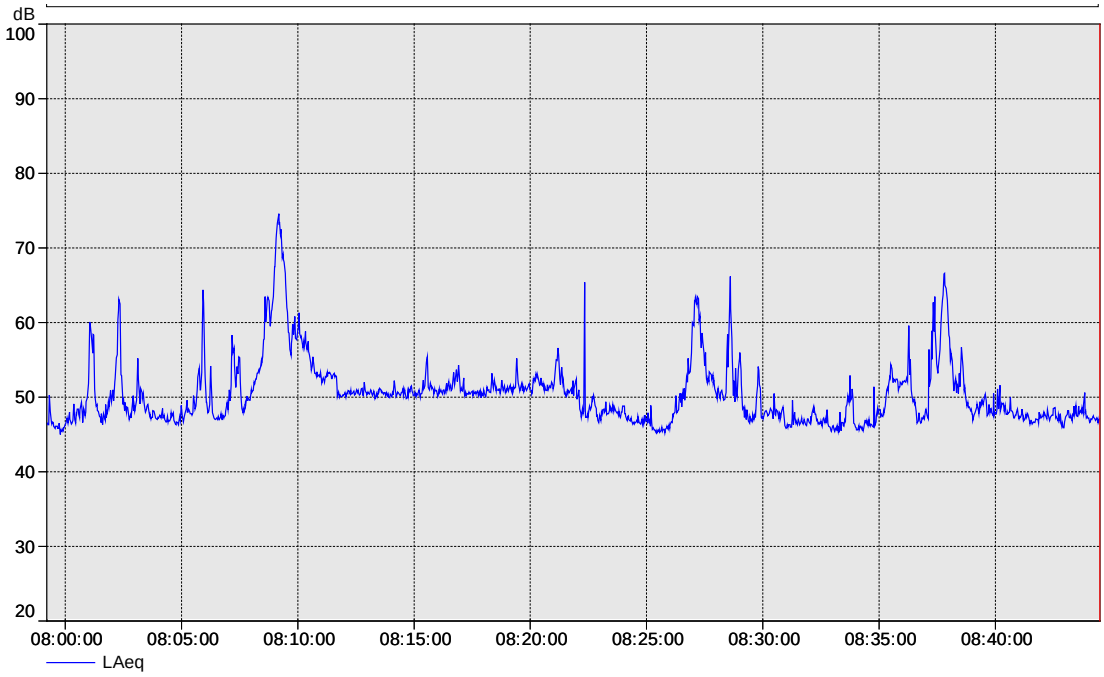
| | |
|---|---|
| **Client** | **CHIMIREC** |
| **Site** | Carquefou |
| **Date** | 28 août 2018 |

| | | |
|---|---|---|
| **Opérateur** | **Thibaud PEHOURCQ** | **Bureau d'études en environnement**<br>Prévention des risques<br>Campus de Ker-Lann – Rue Siméon Poisson – 35170 BRUZ<br>☏ : 02 99 52 52 12 Fax : 02 99 52 52 11<br>✉ : axe@groupeaxe.com |
| Normes | NF S31-010 complétée par la Norme NF S31-010/A1 | |
| **Matériel** | Prise de mesures : *Sonomètres BK 2238 et 2250*<br>Traitement des données *: Evaluator type 7820* | |

**Station 1 :** Limite de propriété Sud-Ouest

**Période :** Diurne

| Fichier | LP1 – Sud/Ouest | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Début | 28/08/2018 07:59:12 | | | | | | |
| Fin | 28/08/2018 08:44:30 | | | | | | |
| | Type | Pond. | Unité | $L_{eq}$ | $L_{min}$ | $L_{max}$ | $L_{50}$ |
| | Leq | A | dB | 55,1 | 44,5 | 75,7 | 49,7 |




Caractérisation des conditions météorologiques
T° : 18°C
Jour / Ciel dégagé / Surface sèche
Vent modéré
Caractérisation : U4 / T2
Effets météorologiques nuls ou négligeables

## Conditions de réalisation de la mesure

**Ambiant** :
Bruits perceptibles du site contrôlé : aucun
Bruits interférents : circulation routière, oiseaux, activités de la zone industrielle

## Résultats

**Indicateur retenu :** $L_{Aeq}$
**Niveau sonore ambiant :** 55,0 dB(A)
(Rq : conformément à la norme, les niveaux sonores sont arrondis au 0,5 dB(A) le plus proche)

# CONTROLE DE LA SITUATION ACOUSTIQUE

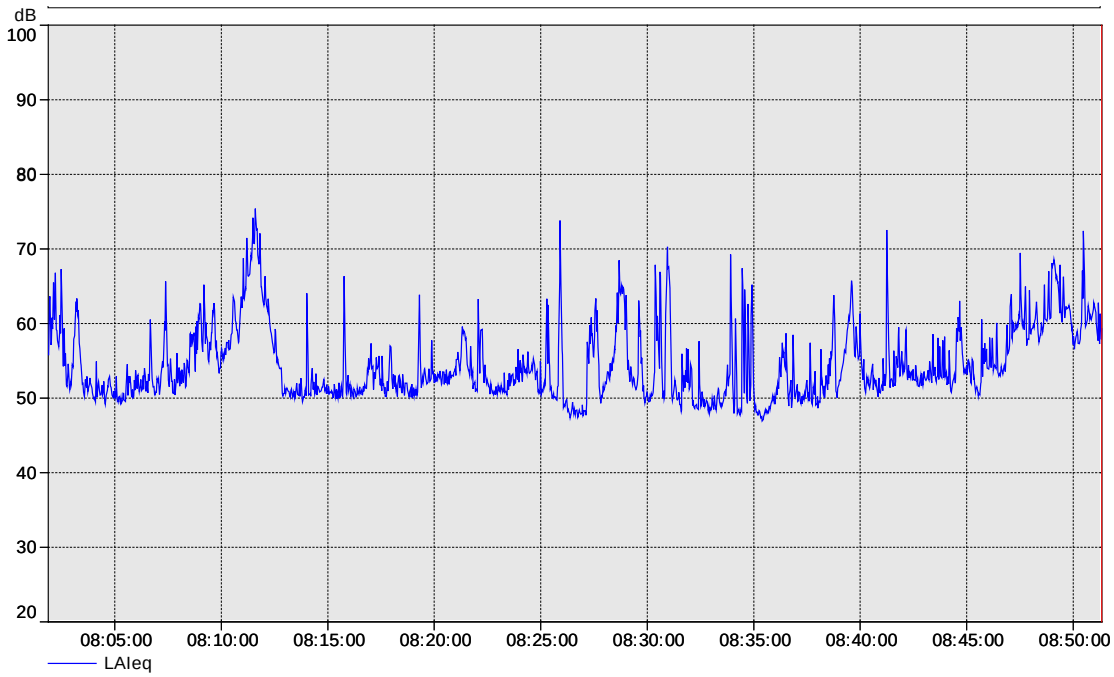
| | |
|---|---|
| **Client** | **CHIMIREC** |
| **Site** | Carquefou |
| **Date** | 28 août 2018 |

| | | |
|---|---|---|
| **Opérateur** | **Thibaud PEHOURCQ** | **Bureau d'études en environnement**<br>Prévention des risques<br>Campus de Ker-Lann – Rue Siméon Poisson – 35170 BRUZ<br>☏ : 02 99 52 52 12 Fax : 02 99 52 52 11<br>✉ : axe@groupeaxe.com |
| Normes | NF S31-010 complétée par la Norme NF S31-010/A1 | |
| **Matériel** | Prise de mesures : *Sonomètres BK 2238 et 2250*<br>Traitement des données *: Evaluator type 7820* | |

**Station 2 :** Limite de propriété Nord-Ouest

**Période :** Diurne

| Fichier | LP2 – Nord/Ouest | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Début | 28/08/2018 08:01:52 | | | | | | |
| Fin | 28/08/2018 08:51:21 | | | | | | |
| | Type | Pond. | Unité | $L_{eq}$ | $L_{min}$ | $L_{max}$ | $L_{50}$ |
| | Leq | A | dB | 56,7 | 45,7 | 75,6 | 51,7 |




<u>Caractérisation des conditions météorologiques</u>
T° : 18°C
Jour / Ciel dégagé / Surface sèche
Vent modéré
Caractérisation : U4 / T2
Effets météorologiques nuls ou négligeables

## Conditions de réalisation de la mesure

**Ambiant** :
Bruits perceptibles du site contrôlé : aucun
Bruits interférents : circulation routière, oiseaux, activités de la zone industrielle

## Résultats

**Indicateur retenu :** $L_{Aeq}$
**Niveau sonore ambiant :** 56,5 dB(A)
(Rq : conformément à la norme, les niveaux sonores sont arrondis au 0,5 dB(A) le plus proche)

# CONTROLE DE LA SITUATION ACOUSTIQUE

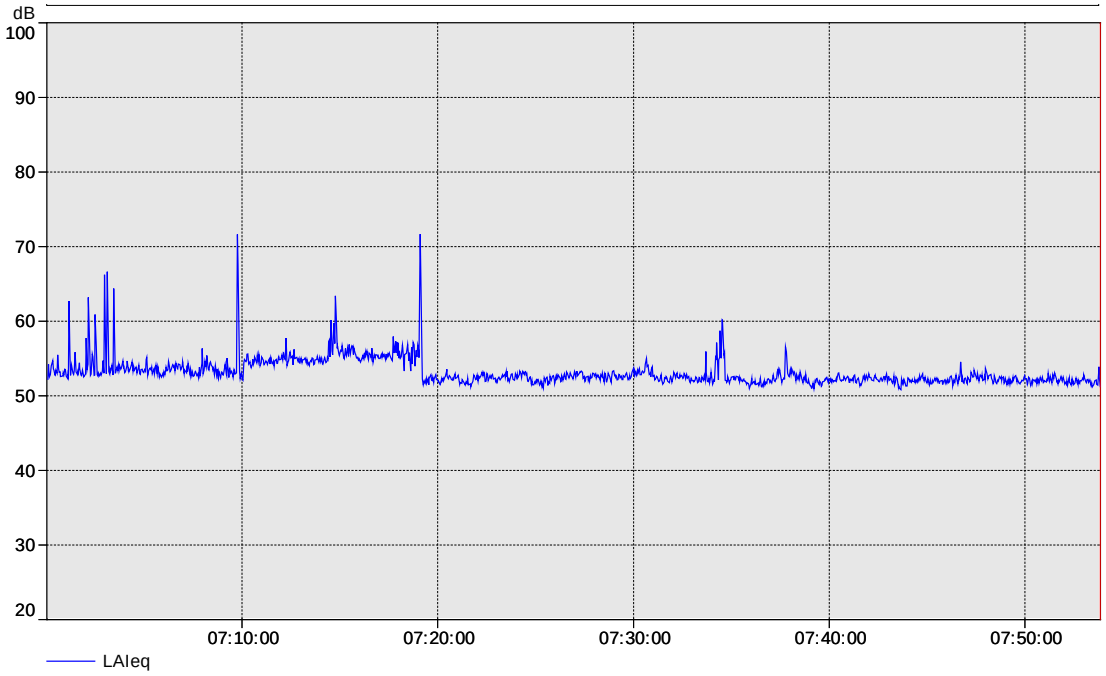
| | |
|---|---|
| **Client** | **CHIMIREC** |
| **Site** | Carquefou |
| **Date** | 28 août 2018 |

| | | |
|---|---|---|
| **Opérateur** | **Thibaud PEHOURCQ** | **Bureau d'études en environnement**<br>Prévention des risques<br>Campus de Ker-Lann – Rue Siméon Poisson – 35170 BRUZ<br>☏ : 02 99 52 52 12 Fax : 02 99 52 52 11<br>✉ : axe@groupeaxe.com |
| Normes | NF S31-010 complétée par la Norme NF S31-010/A1 | |
| **Matériel** | Prise de mesures : *Sonomètres BK 2238 et 2250*<br>Traitement des données *: Evaluator type 7820* | |

**Station 3 :** Limite de propriété Sud-Est

**Période :** Diurne

| Fichier | LP3 – Sud/Est | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Début | 28/08/2018 07:00:02 | | | | | | |
| Fin | 28/08/2018 07:53:51 | | | | | | |
| | Type | Pond. | Unité | $L_{eq}$ | $L_{min}$ | $L_{max}$ | $L_{50}$ |
| | Leq | A | dB | 53,3 | 49,9 | 72,2 | 52,2 |




<u>Caractérisation des conditions météorologiques</u>
T° : 15°C
Jour / Ciel dégagé / Surface sèche
Vent modéré
Caractérisation : U4 / T2
Effets météorologiques nuls ou négligeables

## Conditions de réalisation de la mesure

**Ambiant** :
Bruits perceptibles du site contrôlé : aucun
Bruits interférents : circulation routière, oiseaux, activités de la zone industrielle

## Résultats

**Indicateur retenu :** $L_{Aeq}$
**Niveau sonore ambiant :** 53,5 dB(A)
(Rq : conformément à la norme, les niveaux sonores sont arrondis au 0,5 dB(A) le plus proche)

# CONTROLE DE LA SITUATION ACOUSTIQUE

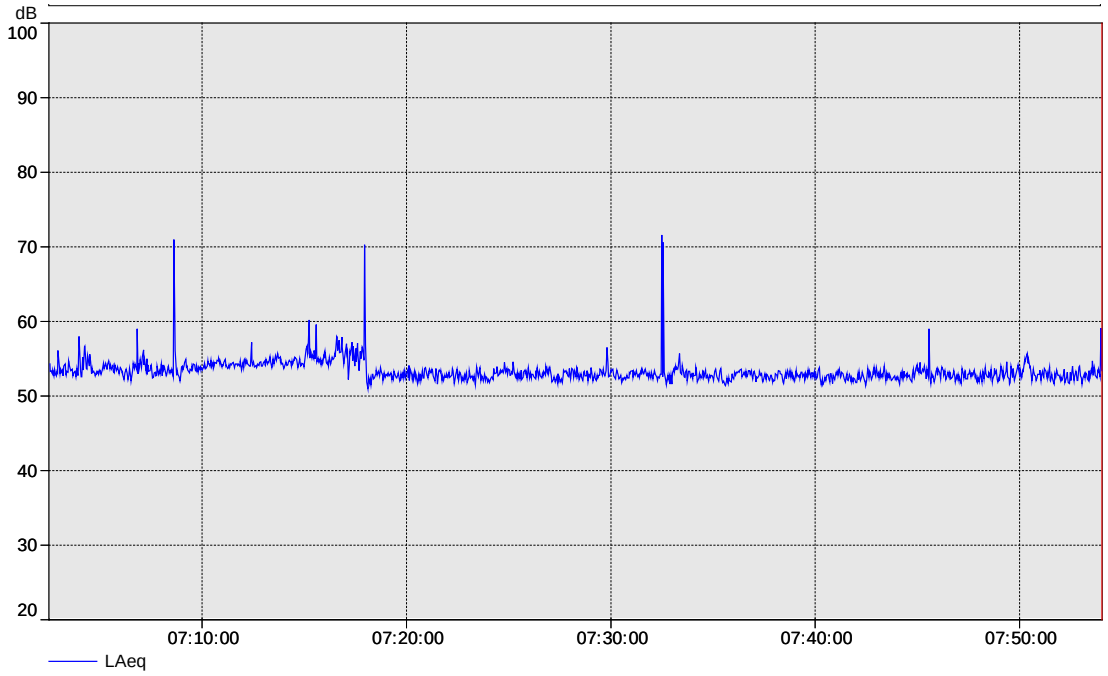
| | |
|---|---|
| **Client** | **CHIMIREC** |
| **Site** | Carquefou |
| **Date** | 28 août 2018 |

| | | |
|---|---|---|
| **Opérateur** | **Thibaud PEHOURCQ** | **Bureau d'études en environnement**<br>Prévention des risques<br>Campus de Ker-Lann – Rue Siméon Poisson – 35170 BRUZ<br>☏ : 02 99 52 52 12 Fax : 02 99 52 52 11<br>✉ : axe@groupeaxe.com |
| Normes | NF S31-010 complétée par la Norme NF S31-010/A1 | |
| **Matériel** | Prise de mesures : *Sonomètres BK 2238 et 2250*<br>Traitement des données *: Evaluator type 7820* | |

**Station 4 :** Limite de propriété Nord-Est

**Période :** Diurne

| Fichier | LP4 – Nord/Est | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Début | 28/08/2018 07:02:30 | | | | | | |
| Fin | 28/08/2018 07:54:02 | | | | | | |
| | Type | Pond. | Unité | $L_{eq}$ | $L_{min}$ | $L_{max}$ | $L_{50}$ |
| | Leq | A | dB | 53,9 | 50,7 | 78,2 | 53,1 |




<u>Caractérisation des conditions météorologiques</u>
T° : 15°C
Jour / Ciel dégagé / Surface sèche
Vent modéré
Caractérisation : U4 / T2
Effets météorologiques nuls ou négligeables

## Conditions de réalisation de la mesure

**Ambiant** :
Bruits perceptibles du site contrôlé : aucun
Bruits interférents : circulation routière, oiseaux, activités de la zone industrielle

## Résultats

**Indicateur retenu :** $L_{Aeq}$
**Niveau sonore ambiant :** 54,0 dB(A)
(Rq : conformément à la norme, les niveaux sonores sont arrondis au 0,5 dB(A) le plus proche)

# ANNEXE N°10 :
# ANALYSE DES MTD

| | | | CARACTERISTIQUES DE L'ETABLISSEMENT - CHIMIREC CARQUEFOU (44) |
|---|---|---|---|
| | 1 | CONCLUSIONS GENERALES SUR LES MTD | |
| | 1.1 | PERFORMANCES ENVIRONNEMENTALES GLOBALES | |
| MTD 1 | | **Mise en œuvre d'un système de management environnemental (SME)**<br>Afin d'améliorer les performances environnementales globales, la MTD consiste à mettre en place et à appliquer un système de management environnemental (SME) présentant toutes les caractéristiques suivantes :<br>I. Engagement de la direction, y compris à son plus haut niveau ;<br>II. Définition, par la direction, d'une politique environnementale intégrant le principe d'amélioration continue des performances environnementales de l'installation ;<br>III. Planification et mise en place des procédures nécessaires, fixation d'objectifs et de cibles, planification financière et investissement ;<br>IV. Mise en œuvre des procédures, prenant particulièrement en considération les aspects suivants :<br>a) organisation et responsabilité ;<br>b) recrutement, formation, sensibilisation et compétence ;<br>c) communication ;<br>d) participation du personnel ;<br>e) documentation ;<br>f) contrôle efficace des procédés ;<br>g) programmes de maintenance ;<br>h) préparation et réaction aux situations d'urgence ;<br>i) respect de la législation sur l'environnement ;<br>V. Contrôle des performances et prise de mesures correctives, les aspects suivants étant plus particulièrement pris en considération :<br>a) surveillance et mesure (voir également le rapport de référence du JRC relatif à la surveillance des émissions dans l'air et dans l'eau provenant des installations relevant de la directive sur les émissions industrielles — ROM) ;<br>b) mesures correctives et préventives ;<br>c) tenue de registres ;<br>d) audit interne ou externe indépendant (si possible) pour déterminer si le SME respecte les modalités prévues et a été correctement mis en œuvre et tenu à jour ;<br>VI. Revue du SME et de sa pertinence, de son adéquation et de son efficacité, par la direction ;<br>VII. Suivi de la mise au point de technologies plus propres. | Le site CHIMIREC de Carquefou sera, à terme, intégré dans le périmètre de la triple certification du Groupe selon les normes ISO 14001, ISO 9001 et ISO 45001.<br><br>La politique environnementale globale du site impliquera l'ensemble des salariés, y compris la Direction de l'établissement. Le Groupe CHIMIREC sera également présent en tant que support de cette politique.<br><br>La politique environnementale est définie par la Direction du Groupe puis déclinée sur chaque site. Cette politique concernera l'ensemble des process en place sur le site : de la programmation des tournées de collecte des déchets à l'expédition de ces derniers vers les exutoires.<br><br>Des objectifs seront fixés par processus. Les actions à mener seront définies selon les procédures ISO, cycle de revue de direction, bilans de processus, actions préventives, correctives et cycle d'amélioration continue.<br><br>La triple certification intégrera 5 processus de réalisation :<br>- Démarche commerciale ;<br>- Logistique (comprenant l'acheminement des déchets vers notre centre et ceux vers les centre de traitement agréés) ;<br>- Exploitation (comprenant le regroupement sur le site et traitement des emballages plastiques par déchiquetage) ;<br>- Laboratoire (analyse des déchets en entrée et sortie, gestion des rejets) ;<br>- Facturation.<br><br>Au sein de ces 5 processus, les aspects du système de management environnemental seront pris en compte.<br><br>Des audits internes et externes seront réalisés pour la mise en place et la vérification des procédures appliquées sur le site. En cas de non-conformité, un plan d'action sera mis en œuvre pour corriger, améliorer et respecter les prescriptions imposées au site et au Groupe pour conserver la triple certification.<br><br>Des audits réguliers seront réalisés et permettront de juger de la pertinence de la politique environnementale - des ajustements seront faits le cas échéant. |
| | | VIII. Prise en compte de l'impact sur l'environnement de la mise à l'arrêt définitif d'une unité dès le stade de sa conception et pendant toute la durée de son exploitation | L'impact environnemental du site est évalué avant le démarrage de l'installation par le biais de l'évaluation environnementale. En cas de modifications non substantielles sur le site, leur impact éventuel sur l'environnement sera évalué au sein d'un dossier de porter à connaissance déposé en préfecture. Si les modifications sont jugées trop conséquentes par l'inspection des installations classées, elles feront l'objet d'une nouvelle évaluation environnementale.<br>La prise en compte de l'impact sur l'environnement sera donc assurée durant toute la durée de l'exploitation. En cas de mise à l'arrêté définitif, un dossier de cessation d'activité précisera les mesures mises en œuvre pour s'assurer de la continuité de la maitrise des impacts.<br>A sa conception, tout sera mis en œuvre pour limiter les émissions sonores, les vibrations, les odeurs, etc. |
| | | IX. Réalisation régulière d'une analyse comparative des performances, par secteur | Les performances du site seront analysées à l'échelle du Groupe. |
| | | X. Gestion des flux de déchets (voir la MTD 2 ) | Cf. MTD 2 |
| | | XI. Inventaire des flux d'effluents aqueux et gazeux (voir la MTD 3) | Cf. MTD 3 |
| | | XII. Plan de gestion des résidus (voir la description à la section 6.5) | Cf. MTD 6.5 |
| | | XIII. Plan de gestion des accidents (voir la description à la section 6.5) | Cf. MTD 6.5 |
| | | XIV. Plan de gestion des odeurs (voir la MTD 12) | Cf. MTD 12 |
| | | XV. Plan de gestion du bruit et des vibrations (voir la MTD 17) | Cf. MTD 17 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **MTD 2** | | **Techniques à appliquer afin d'améliorer les performances globales du site**<br>Afin d'améliorer les performances environnementales globales de l'unité, la MTD consiste à appliquer toutes les techniques énumérées ci-dessous. | - |
| | | a. Etablir et appliquer des procédures de caractérisation et d'acceptation préalable des déchets | Depuis la demande client, deux cas de figure se présentent : soit le déchet concerné par le besoin de collecte est connu et présent dans le référentiel Déchets du Groupe (et donc considéré comme "générique"), soit le déchet est non connu et non présent dans ce même référentiel (et donc considéré comme "non génériques", issu des procédés industriels).<br>Dans ce second cas, le déchet non générique est caractérisé selon son code ADR et son centre de traitement final. Si un besoin de caractérisation plus précis s'impose, une Fiche d'Identification Préalable (FIP) du déchet est réalisée par son producteur par le biais d'un échantillonnage et d'analyse du déchet. En cas de besoin, un échantillon peut également être demandé au producteur pour valider via le centre de traitement final si sa gestion est possible. Si sa collecte est réalisable par le site CHIMIREC, une proposition commerciale est réalisée.<br><br>Dans tous les cas de figure (déchet connu, déchet non connu mais caractérisé par une FIP, déchet non connu mais aisément identifiable), un Certificat d'Acceptation Préalable (CAP) est réalisé. Le CAP constitue l'étape de certification préalable. Il comprend la désignation du déchet, son code ADR, son code selon la nomenclature déchet, le contenant utilisé, l'identité du producteur. |
| | | b. Etablir et appliquer des procédures d'acceptation des déchets | Sur le site de Carquefou, les déchets seront réceptionnés accompagnés d'un Bordereau de Suivi de Déchet (BSD). Ce document regroupe de nombreuses informations sur le déchet et permet d'identifier tous les acteurs de la gestion de ce déchet. Il comprend notamment un code-barres contenant une identification unique réutilisée tout au long du cycle de vie des données.<br>A réception sur le site, les chauffeurs remettront à l'accueil les BSD complétés qui seront contrôlés et enregistrés dans le système d'information interne du Groupe CHIMIREC. |
| | | c. Etablir et mettre en œuvre un système de suivi et d'inventaire des déchets | L'enregistrement des BSD à l'arrivée des déchets sur le site permettra d'enregistrer les quantités de déchets présentes en temps réel. Ces déchets seront classés par grande famille de déchets en fonction de leur filière de traitement finale (acides/bases/aérosols/batteries, etc.).<br>Un inventaire des déchets présents sur le site pourra donc être réalisé à tout moment sur le site. |
| | | d. Etablir et mettre en œuvre un système de gestion de la qualité des extrants | Les déchets en transit sur le site ne seront pas transformés. Leur qualité dépendra donc de leur qualité en entrée sur le site. Seuls les déchets plastiques seront déchiquetés sur le site. Les broyats de plastiques seront contrôlés visuellement en sortie du déchiqueteur.<br>Les déchets regroupés sur le site seront également contrôlés avant expédition vers les exutoires de traitement : visuellement et par le biais d'un échantillonnage dans le cas des huiles usagées notamment. La vanne de dépotage de la cuve d'huile sera d'ailleurs consignée jusqu'à l'acceptation du lot par le centre de traitement. |
| | | e. Veiller à la séparation des déchets | Les opérations de tri et de regroupement des déchets seront distinctes selon les déchets :<br>- les déchets liquides réceptionnés en vrac seront regroupés dans les cuves aériennes dédiées du site, par le biais des postes de dépotage (huiles usagées noires et claires, liquides de refroidissement, eaux souillées) ;<br>- les déchets liquides réceptionnés en contenants étanches seront dirigés vers le poste de pesée du bâtiment d'exploitation puis pompés vers les cuves de stockage dans le cas des huiles usagées, des liquides de refroidissement et des eaux souillées. Dans le cas des autres déchets liquides, ils seront regroupés avec les déchets de même nature après analyse au poste de tri du bâtiment ;<br>- les déchets solides réceptionnés sur le site seront déchargés au niveau du quai du bâtiment d'exploitation et dirigés vers le poste de pesée. Ils seront entreposés au niveau de la zone de tri, classés par catégorie via l'opérateur et le chimiste du site puis stockés dans les zones et alvéoles dédiées sur le site. |
| | | f. S'assurer de la compatibilité des déchets avant de les mélanger | Le mélange des déchets liquides ne concernera que les huiles usagées, les liquides de refroidissement et les eaux souillées sur le site. Ces déchets, réceptionnés en fûts ou via les citernes, seront analysés avant tout regroupement dans la cuve correspondante afin d'éviter toute dégradation du lot entier.<br>Les déchets regroupés le seront en fonction de leur catégorie et de leurs caractéristiques chimiques. En cas de doute sur le déchet en question, une procédure d'analyse à réception sera réalisée via le laboratoire du site. |
| | | g. Tri des déchets solides entrants | Les déchets solides entrants seront catégorisés selon qu'ils soient déchets dangereux ou non dangereux ; ces derniers seront stockés dans un autre bâtiment sur le site. Les DEEE seront stockés dans ce même bâtiment - ces déchets sont toutefois catégorisés comme dangereux selon la réglementation européenne au regard de la rubrique IED 3550. Les déchets non dangereux seront triés via une table de tri dédiée prévue dans le bâtiment D.<br>Les déchets dangereux seront triés dans le bâtiment C au niveau de la zone de tri aménagée au niveau des quais de réception. Ils seront triés par famille de déchets : batteries, piles, aérosols, etc. et dirigés vers les alvéoles de stockage dédiées au sein du bâtiment. |

| | | |
|---|---|---|
| **MTD 3** | **Etablir et tenir à jour un inventaire des flux aqueux et gazeux**<br>Afin de faciliter la réduction des émissions dans l'eau et dans l'air, la MTD consiste à établir et à tenir à jour, dans le cadre du système de management environnemental (voir MTD 1), un inventaire des flux d'effluents aqueux et gazeux, fournissant toutes les informations suivantes : | - |
| | i) Des informations sur les caractéristiques des déchets à traiter et sur les procédés de traitement, y compris :<br>a) des schémas simplifiés de déroulement des procédés, montrant l'origine des émissions<br>b) des descriptions des techniques intégrées aux procédés et du traitement des effluents aqueux/gazeux à la source, avec indication de leurs performances | Les caractéristiques des déchets en transit sur le site seront disponibles à tout moment au sein de l'installation.<br>Des procédures encadreront l'ensemble des étapes de gestion des déchets sur le site : réception, dépotage/empotage, déchiquetage. Ces procédures détailleront le déroulement des procédés.<br>Seule l'opération de déchiquetage des emballages plastiques sera susceptible d'être à l'origine de l'émission de rejets gazeux. Ces rejets seront canalisés et contrôlés. |
| | ii) Des informations sur les caractéristiques des flux d'effluents aqueux, notamment :<br>a) valeurs moyennes de débit, de pH, de température et de conductivité, et variabilité de ces paramètres<br>b) valeurs moyennes de concentration et de charge des substances pertinentes et variabilité de ces paramètres (par exemple, DCO/COT, composés azotés, phosphore, métaux, substances/ micropolluants prioritaires)<br>c) données relatives à la biodégradabilité [par exemple, DBO, rapport DBO/DCO, essai de Zahn et Wellens, potentiel d'inhibition biologique (inhibition des boues activées, par exemple)] (voir la MTD 52) | Le fonctionnement de l'établissement de Carquefou sera à l'origine de l'émission de rejets d'eaux usées sanitaires dans le réseau de collecte de la zone, d'eaux pluviales de ruissellement dans des bassins de régulation après traitement par un séparateur hydrocarbures puis dirigés dans le réseau de collecte de la zone. Les eaux de lavage des contenants seront stockées dans une fosse dédiée et gérées en tant que déchets. Les éventuelles eaux d'extinction incendie seront confinées dans un bassin dédié.<br>Les rejets d'eaux pluviales feront l'objet de contrôles périodiques par un laboratoire agréé sur les paramètres suivants : pH, température, conductivité, etc. Les résultats seront consignés et tenus à la disposition de l'inspection des installations classées. |
| | iii) Des informations sur les caractéristiques des flux d'effluents gazeux, notamment :<br>a) valeurs moyennes de débit et de température et variabilité de ces paramètres<br>b) valeurs moyennes de concentration et de charge des substances pertinentes et variabilité de ces paramètres (par exemple, composés organiques, POP tels que PCB)<br>c) inflammabilité, limites inférieure et supérieure d'explosivité, réactivité<br>d) présence d'autres substances susceptibles d'avoir une incidence sur le système de traitement des effluents gazeux ou sur la sécurité de l'unité (par exemple, oxygène, azote, vapeur d'eau, poussière). | Les rejets d'effluents gazeux concerneront l'activité de déchiquetage des emballages plastiques. Ce point de rejet fera l'objet d'une campagne de mesures afin de déterminer les paramètres d'émission en termes de concentration et de charge des substances pertinentes (COV notamment). Les émissions de poussières seront limitées par le déchiquetage des emballages en éléments de diamètre relativement grossiers. |
| **MTD 4** | **Techniques de stockage visant à réduire le risque environnemental**<br>Afin de réduire le risque environnemental associé au stockage des déchets, la MTD consiste à appliquer toutes les techniques énumérées ci-dessous. | - |
| | a. Lieu de stockage optimisé | Les zones de stockage prévues sur le site CHIMIREC de Carquefou seront adaptées tant en terme de surface disponible que de caractéristiques par rapport aux conditions de sécurité dans lesquelles devront être stockés les déchets.<br><br>Les déchets inflammables seront notamment stockés dans une alvéole ceinturée par des murs REI 120, avec un plafond constitué d'une dalle béton et une porte coupe-feu dont la fermeture sera asservie à la détection incendie du bâtiment d'exploitation. Les aérosols seront stockés dans une cage grillagée conformément aux recommandations du CNPP.<br>Les déchets liquides seront stockés sur des rétentions adaptées en terme de volume et de matériaux. Les déchets incompatibles seront stockés sur des rétentions indépendantes. Les zones de stockage des déchets seront toutes réalisées sur une dalle en béton étanche.<br><br>Les capacités de stockage seront appropriées par rapport aux quantités maximales de déchets pouvant être stockés sur le site. Ces quantités maximales seront prescrites dans l'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploiter qui régira l'exploitation de l'établissement.<br><br>Dès leur réception sur le site, les déchets seront dirigés vers la zone de tri du bâtiment C et dirigés, après analyse ou vérification de leurs caractéristiques, dans les zones de stockage qui leurs seront dédiées. Ces zones seront aménagées en fonction des caractéristiques de ces déchets et seront donc adaptées à leur nature et leur potentiel de danger. L'ensemble des zones sur le site (chargement/déchargement, empotage/dépotage, réception, tri, stockage, déchiquetage, expédition) sera clairement identifié au sein des installations.<br><br>Une allée dédiée à la circulation des engins de manutention sera matérialisée au sol, elle permettra de desservir l'ensemble des alvéoles de stockage de déchets. |
| | b. Capacité de stockage appropriée | |
| | c. Déroulement du stockage en toute sécurité | |
| | d. Zone séparée pour le stockage et la manutention des déchets dangereux emballés | |

| | | |
|---|---|---|
| **MTD 5** | **Procédures de manutention et transfert visant à réduire le risque environnemental**<br>Afin de réduire le risque environnemental associé à la manutention et au transfert des déchets, la MTD consiste à établir et à mettre en œuvre des procédures de manutention et de transfert. | Les opérations de manutention, de stockage, de déchiquetage des déchets seront réalisées par du personnel compétent. Les procédures de chargement, de déchargement et d'exploitation seront rédigées et appliquées sur le site.<br><br>Les contrôles adéquats des installations seront réalisés périodiquement, la périodicité étant définie dans les procédures : état des vannes, des bassins de régulation ou de confinement, état des cuves de stockage, etc.).<br>Le port des EPI sera obligatoire sur le site. Des protocoles de sécurité avec les transporteurs seront mis en œuvre.<br><br>Un plan de prévention sera systématiquement réalisé avec les intervenants extérieurs.<br>Un permis de feu sera également réalisé le cas échéant, dans le cadre de travaux par point chaud. |
| | **1.2 SURVEILLANCE** | |
| **MTD 6** | **Surveillance des principaux paramètres de procédé concernant les émissions dans l'eau**<br>Pour les émissions dans l'eau à prendre en considération d'après l'inventaire des flux de déchets (voir MTD 3), la MTD consiste à surveiller les principaux paramètres de procédé (par exemple, le débit des effluents aqueux, leur pH, leur température, leur conductivité, leur DBO) à certains points clés (par exemple, à l'entrée ou à la sortie de l'unité de prétraitement, à l'entrée de l'unité de traitement final, au point où les émissions sortent de l'installation). | Les seuls rejets aqueux du site seront les suivants :<br>- eaux usées sanitaires : rejetées et traitées dans le réseau d'assainissement collectif ;<br>- eaux pluviales de ruissellement : collectées, traitées par des séparateurs d'hydrocarbures, régulées dans des bassins de rétention, rejetées à débit régulé dans le réseau de collecte de la zone.<br><br>Les eaux usées de lavage des contenants seront collectées au sein d'une fosse dédiée et gérées en tant que déchets.<br>Aucun rejet d'eaux industrielles ne sera donc induit par le fonctionnement de l'établissement CHIMIREC. |
| **MTD 7** | **Surveillance des rejets dans l'eau**<br>La MTD consiste à surveiller les rejets dans l'eau au moins à la fréquence indiquée ci-après et conformément aux normes EN. En l'absence de normes EN, la MTD consiste à recourir aux normes ISO, aux normes nationales ou à d'autres normes internationales garantissant l'obtention de données d'une qualité scientifique équivalente. | Les rejets d'eaux pluviales du site CHIMIREC de Carquefou seront réalisés au sein du réseau de collecte de la zone industrielle. Ce réseau se rejette, à terme, directement dans l'Erdre. Aucune étape de traitement supplémentaire avant rejet au milieu naturel.<br><br>Des analyses seront ainsi réalisées sur les rejets d'eaux pluviales, en amont du rejet dans ce réseau de collecte de la zone. Rappelons que les eaux pluviales seront régulées après avoir été traitées par des séparateurs hydrocarbures en amont du point de rejet dans le réseau.<br><br>Ces analyses porteront sur les paramètres suivants :<br>- Demande chimique en oxygène<br>- Indice hydrocarbure<br>- Métaux lourds : As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg<br>- Carbone organique total<br>- Matières en suspension<br>Les autres paramètres proposées par la MTD ne sont pas applicables aux installations de traitement des déchets à valeur calorifique ou ne concernent que les rejets directs dans les masses d'eau réceptrice.<br><br>Concernant la fréquence, l'exploitant propose d'appliquer une fréquence annuelle conformément aux prescriptions de l'arrêté du 2 février 1998 au regard de la nature des rejets aqueux (eaux pluviales). |
| **MTD 8** | **Surveillance des émissions canalisées dans l'air**<br>La MTD consiste à surveiller les émissions canalisées dans l'air au moins à la fréquence indiquée ci-après et conformément aux normes EN. En l'absence de normes EN, la MTD consiste à recourir aux normes ISO, aux normes nationales ou à d'autres normes internationales garantissant l'obtention de données d'une qualité scientifique équivalente. | Le site CHIMIREC de Carquefou disposera de deux sources d'émissions canalisées à l'atmosphère : une émission depuis la cellule de stockage des déchets inflammables et une émission au niveau du déchiquetage des emballages plastiques.<br>Depuis ces rejets canalisés, seront analysés les paramètres suivants :<br>- Poussières ;<br>- COV t.<br><br>La fréquence de mesure proposée initialement est d'une mesure tous les 6 mois ; cette fréquence sera éventuellement réduite à une mesure annuelle si les niveaux d'émission sont stables comme préconisé dans la MTD8. |
| **MTD 9** | **Surveillance des émissions atmosphériques diffuses**<br>La MTD consiste à surveiller au moins une fois par an, au moyen d'une ou de plusieurs des techniques énumérées ci-après, les émissions atmosphériques diffuses de composés organiques qui résultent de la régénération des solvants usés, de la décontamination des équipements contenant des POP au moyen de solvants et du traitement physicochimique des solvants en vue d'en exploiter la valeur calorifique | Non concerné<br>Aucune activité de régénération des solvants usés, de décontamination des équipements contenant des POP au moyen de solvants et de traitement physicochimique des solvants en vue d'en exploiter la valeur calorifique ne sera exercée sur le site CHIMIREC de Carquefou. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **MTD 10** | | **Surveillance des odeurs**<br>La MTD consiste à surveiller périodiquement les odeurs en appliquant la norme EN ou d'autres méthodes. La fréquence de surveillance est déterminée dans le plan de gestion des odeurs. | Non concerné<br>Le site CHIMIREC de Carquefou ne disposera pas d'un plan de gestion des odeurs. Les déchets en transit ne seront pas susceptibles de générer des odeurs. |
| **MTD 11** | | **Surveillance des consommations annuelles en eau, énergie et matières premières**<br>La MTD consiste à surveiller la consommation annuelle d'eau, d'énergie et de matières premières, ainsi que la production annuelle de résidus et d'eaux usées, à une fréquence d'au moins une fois par an. | Un suivi des consommations en eau et en électricité sera assuré sur le site.<br>L'électricité et le gasoil utilisé pour les engins de manutention seront utilisés de façon rationnelle.<br>L'engagement du site dans le cadre de sa certification ISO 14001 visera à analyser et agir sur les consommations énergétiques, à analyser son rendement énergétique et à en limiter l'impact.<br>La production de déchets sur le site sera suivie par le biais d'un registre comprenant les codes nomenclature déchets, les exutoires et les quantités générées. |
| | **1.3 EMISSIONS DANS L'AIR** | | |
| **MTD 12** | | **Plan de gestion des odeurs**<br>Afin d'éviter ou, si cela n'est pas possible, de réduire les dégagements d'odeurs, la MTD consiste à établir, mettre en œuvre et réexaminer régulièrement, dans le cadre du système de management environnemental (voir la MTD 1), un plan de gestion des odeurs comprenant l'ensemble des éléments suivants:<br>- un protocole précisant les actions et le calendrier,<br>- un protocole de surveillance des odeurs, tel que décrit dans la MTD 10,<br>- un protocole des mesures à prendre pour gérer des problèmes d'odeurs signalés (dans le cadre de plaintes, par exemple),<br>- un programme de prévention et de réduction des odeurs destiné à déterminer la ou les sources d'odeurs, à caractériser les contributions des sources et à mettre en œuvre des mesures de prévention et/ou de réduction | Non concerné<br>Le site CHIMIREC de Carquefou ne disposera pas d'un plan de gestion des odeurs. Les déchets en transit ne seront pas susceptibles de générer des odeurs.<br>En tout état de cause, si des plaintes étaient soulevées par les riverains concernant les odeurs, la société CHIMIREC mettra en œuvre toutes les mesures nécessaires à leur réduction. |
| **MTD 13** | | **Application de techniques pour réduire les odeurs**<br>Afin d'éviter ou, si cela n'est pas possible, de réduire les dégagements d'odeurs, la MTD consiste à appliquer une ou plusieurs des techniques suivantes :<br>a. Réduire le plus possible le temps de séjour<br>b. Traitement chimique<br>c. Optimisation du traitement aérobie | Non concerné<br>Le site CHIMIREC de Carquefou ne disposera pas d'un plan de gestion des odeurs. Les déchets en transit ne seront pas susceptibles de générer des odeurs. |

| | | |
|---|---|---|
| **MTD 14** | **Application de techniques pour réduire les émissions atmosphériques diffuses**<br>Afin d'éviter ou, si cela n'est pas possible, de réduire les émissions atmosphériques diffuses de poussières, de composés organiques et d'odeurs, la MTD consiste à appliquer une combinaison appropriée des techniques suivantes : | - |
| | a. Réduire au minimum le nombre de sources potentielles d'émissions diffuses | Sur le site CHIMIREC de Carquefou, l'ensemble des déchets sera stocké dans des contenants adaptés. Les déchets pulvérulents notamment seront stockés dans des contenants fermés et étanches et ne seront pas manipulés.<br>Le déchiquetage des emballages plastiques sera réalisé avec un diamètre grossier limitant les émissions de poussières fines.<br>L'ensemble des voies de circulation sera imperméabilisé. La vitesse des poids-lourds sera limitée sur le site afin de réduire l'envols de poussières.<br>Aucune opération de déconditionnement des déchets inflammables ne sera réalisée sur le site de Carquefou.<br>Une campagne de mesure des Composés Organiques Volatils sera mise en œuvre sur le site, suite au démarrage des installations. Des installations de traitement seront éventuellement appliquées en fonction des résultats. |
| | b. Choix et utilisation d'équipements à haute intégrité | Les déchets seront manipulés sur le site au moyen d'engins de manutention.<br>Le déchiqueteur sera alimenté en emballages plastiques par le biais d'une pelle mécanique. Aucune canalisation ne sera dédiée au transfert de déchets pulvérulents.<br>Les canalisations dédiées au dépotage et à l'empotage des déchets liquides seront dotées de joints d'étanchéité. |
| | c. Prévention de la corrosion | Les cuves dédiées aux liquides de refroidissement seront en inox pour éviter toute corrosion. |
| | d. Confinement, collecte et traitement des émissions diffuses | L'ensemble des déchets sera manipulé à l'intérieur des bâtiments. Les déchets pulvérulents seront collectés et entreposés sur le site en contenant étanche et fermé.<br>Le déchiqueteur sera doté d'un système d'extraction d'air disposé au-dessus de la trémie de déchiquetage - cette extraction sera reliée à un point de rejet canalisé en toiture du bâtiment. |
| | e. Humidification | Les voies de circulation seront humidifiées durant la phase d'aménagement du site afin de réduire les envols de poussières. |
| | f. Maintenance | L'ensemble des installations fera l'objet d'une maintenance préventive. |
| | g. Nettoyage des zones de traitement et de stockage des déchets | Les zones de manipulation des déchets, de déchiquetage et les allées de circulation seront régulièrement nettoyées. |
| | h. Programme de détection et réparation des fuites | Les éventuelles fuites seront détectées par le biais de contrôles visuels réguliers des installations du site. |
| **MTD 15** | **Utilisation du torchage**<br>La MTD consiste à ne recourir au torchage que pour des raisons de sécurité ou pour les situations opérationnelles non routinières (opérations de démarrage et d'arrêt, p. ex.) et à appliquer les deux techniques indiquées ci-dessous. | Non concerné |
| **MTD 16** | **Emissions atmosphériques liées aux torchères**<br>Afin de réduire les émissions atmosphériques provenant des torchères lorsque la mise à la torche est inévitable, la MTD consiste à appliquer les deux techniques indiquées ci-dessous. | Non concerné |
| | **1.4 BRUITS ET VIBRATIONS** | |
| **MTD 17** | **Plan de gestion du bruit et des vibrations**<br>Afin d'éviter ou, si cela n'est pas possible, de réduire le bruit et les vibrations la MTD consiste à établir, mettre en œuvre et réexaminer régulièrement, dans le cadre du système de management environnemental (voir la MTD 1), un plan de gestion du bruit et des vibrations comprenant l'ensemble des éléments suivants:<br>I. Un protocole décrivant les mesures à prendre et le calendrier;<br>II. Un protocole de surveillance du bruit et des vibrations;<br>III. Un protocole des mesures à prendre pour remédier aux problèmes de bruit et de vibrations signalés (dans le cadre de plaintes, par exemple);<br>IV. Un programme de réduction du bruit et des vibrations visant à déterminer la ou les sources, à mesurer/évaluer l'exposition au bruit et aux vibrations, à caractériser les contributions des sources et à mettre en œuvre des mesures de prévention ou de réduction. | Dans les 6 mois suivants le démarrage des nouvelles activités sur le site CHIMIREC de Carquefou, une campagne de mesures des niveaux sonores sera réalisée en limite de propriété et au niveau des habitations les plus proches. Cette campagne sera réalisée par un bureau d'études. Elle permettra de définir les principales sources de bruit depuis le site et d'évaluer la conformité de l'établissement aux valeurs limites de référence en matière de nuisances sonores.<br><br>Des mesures de niveaux sonores seront également réalisées au niveau des postes de travail. Des mesures de réduction seront prises sur le site si des dépassements des valeurs limites étaient constatés.<br><br>Les vibrations seront potentiellement induites par le trafic des poids-lourds sur le site. Elles resteront limitées au site.<br><br>En cas de plainte du voisinage, le site mettra en œuvre des mesures pour réduire les nuisances et organisera une nouvelle campagne de mesure de bruit. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **MTD 18** | | **Techniques de réduction du bruit et des vibrations**<br>Afin d'éviter ou, si cela n'est pas possible, de réduire le bruit et les vibrations, la MTD consiste à appliquer une ou plusieurs des techniques indiquées ci-dessous. | - |
| | | a. Implantation appropriées des équipements et bâtiments | La principale source de bruit sur le site consistera au déchiquetage des emballages plastiques. Toutefois, cet équipement sera aménagé dans un bâtiment couvert et fermé sur 3 façades et éloigné des limites de propriété.<br>L'entrée du bâtiment d'exploitation principal, où seront réceptionnés les déchets dangereux, donnera sur la limite de propriété Nord.<br>Rappelons que le site est éloigné des zones habitées et est implanté au sein d'une zone industrielle.<br>Les émissions sonores seront limitées. |
| | | b. Mesures opérationnelles | Les équipements du site (déchiqueteur, engins de manutention, systèmes d'aération) feront l'objet d'une maintenance périodique pour en assurer le bon fonctionnement et ainsi la réduction des éventuelles nuisances sonores.<br>Aucune activité ne sera réalisée sur la période nocturne. Le site fonctionnera de 7h à 18h30, six jours par semaine. Ces horaires pourront être étendus de 5h à 22h selon les flux de déchets à traiter. Le site ne fonctionnera jamais le dimanche. |
| | | c. Equipements peu bruyants | Les équipements prévus sur le site CHIMIREC de Carquefou sera optimisé pour limiter les nuisances sonores. Ils respecteront la réglementation en vigueur en matière de niveaux sonores. Seul le fonctionnement du déchiqueteur sera éventuellement une source de bruit marquée sur le site. |
| | | d. Equipements de protection contre le bruit et les vibrations | En cas de nuisances sonores induites par le fonctionnement du site, des mesures seront prises pour les limiter, notamment des réducteurs de bruit au niveau du déchiqueteur. |
| | | e. Atténuation du bruit | Les installations de réception et de déchiquetage des déchets seront aménagées au centre de l'établissement, à distance des limites de propriété. |
| | | | |
| | **1.5 REJETS DANS L'EAU** | | |
| **MTD 19** | | **Assurer une bonne gestion de l'eau sur le site**<br>Afin d'optimiser la consommation d'eau, de réduire le volume d'eaux usées produit et d'éviter ou, si cela n'est pas possible, de réduire les rejets dans le sol et les eaux, la MTD consiste à appliquer une combinaison appropriée des techniques indiquées ci-dessous | - |
| | | a. Gestion de l'eau | L'eau prélevée au réseau d'adduction public sera utilisée sur le site CHIMIREC de Carquefou pour les besoins sanitaires du personnel et le lavage des équipements et des locaux. Le lavage des contenants sera, autant que possible, réalisé avec les eaux pluviales de ruissellement sur les toitures du bâtiment C.<br>L'eau sera consommée de façon rationnelle au sein des installations - la consommation sera suivie. |
| | | b. Remise en circulation de l'eau | Non concerné<br>Aucun procédé de traitement des eaux permettant leur réalisation ne sera réalisé sur le site. |
| | | c. Surface imperméable | L'ensemble des zones sur lesquelles pourront être réceptionnés, manipulés, stockés ou déchiquetés les déchets sera imperméabilisée et aménagée pour pouvoir recueillir tout écoulement ou déversement accidentel. |
| | | d. Techniques destinées à réduire la probabilité et les conséquences de débordements et de défaillance de cuves et de conteneurs | L'ensemble des cuves de stockage des déchets liquides vrac sera disposé au sein de rétentions dédiées, dimensionnées selon la réglementation en vigueur et étanches. Les alvéoles de stockage de déchets seront aménagées avec un jeu de pente de 2% dirigé vers le fond de l'alvéole qui sera doté d'un caniveau. Ces aménagements permettront de contenir 50% de la quantité totale de liquide susceptible d'être stocké au sein de l'alvéole. Toutes les éventuelles égouttures seront donc retenues au sein du bâtiment d'exploitation.<br>Le site comprendra divers ouvrages de gestion des eaux de ruissellement ou des eaux d'extinction permettant de confiner tout effluent au sein du site. Des vannes de confinement équiperont le site. |
| | | e. Couverture des zones de stockage et de traitement des déchets | L'ensemble des zones de stockage et de déchiquetage des déchets sera couverte. Des bennes seront également entreposées à l'extérieur des bâtiments. Elles seront toutefois dédiées au stockage de déchets solides uniquement, seront étanches et seront disposées sur une dalle étanche. |
| | | f. Séparation des flux d'eau | Le site sera doté de réseaux distincts pour la gestion des eaux usées sanitaires, des eaux pluviales de ruissellement et des eaux de lavage. De plus, les eaux pluviales de ruissellement seront distinguées selon deux réseaux ; l'un sera dédié aux eaux de ruissellement sur les voiries - elles seront traitées par le biais de séparateurs d'hydrocarbures, l'autre collectera les eaux de toitures - elles ne seront pas traitées car exemptes de toute pollution. |
| | | g. Infrastructure de drainage approprié | La zone dédiée au déchiquetage et celle dédiée au stockage de déchets seront couvertes et non impactées par les eaux pluviales météoriques. Les toitures des différents bâtiments seront reliées au système de gestion des eaux pluviales de ruissellement de l'établissement. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | h. Conception et maintenance permettant la détection et la réparation des fuites | Les réseaux de collecte des effluents seront inspectés régulièrement et nettoyés par curage si besoin. Les séparateurs d'hydrocarbures traitant les eaux de ruissellement sur les voiries seront nettoyés au moins une fois par an par un prestataire extérieur qui assurera la gestion des déchets générés.<br>Les bassins de régulation des eaux seront également inspectés régulièrement afin de s'assurer de leur état et de veilleur à leur intégrité. |
| | | i. Capacité appropriée de stockage tampon | Le dimensionnement des bassins prévus sur le site a été réalisé, et est présenté dans l'étude d'impact du dossier de demande d'autorisation environnementale. Le dimensionnement des bassins dédiés à la régulation des eaux pluviales a été réalisé en comptabilisant l'ensemble des surfaces que comptera le site dans sa configuration future (surfaces imperméabilisées, enherbées, toitures). Le bassin dédié au confinement des eaux d'extinction d'un incendie a été dimensionné sur la base des recommandations techniques D9 et D9A. Il sera géré à vide en permanence. |
| **MTD 20** | | **Traitement des eaux usées**<br>Afin de réduire les rejets dans l'eau, la MTD consiste à traiter les eaux usées par une combinaison appropriée des techniques indiquées ci-dessous. | Pour rappel, le seul rejet en eau consistera en des eaux pluviales de ruissellement. |
| | | *Traitement préliminaire ou primaire<br>a. Homogénéisation - tous les polluants<br>b. Neutralisation - acides, alcalins<br>c. Séparation physique - solides grossiers, MES, huile/graisse | Les eaux pluviales de ruissellement sur les voiries, potentiellement chargées en MES ou en hydrocarbures du fait du trafic de poids-lourds sur les voies imperméabilisées de l'établissement, seront tamponnées au sein des ouvrages de régulation prévus sur le site. Elles seront également traitées par des séparateurs d'hydrocarbures permettant d'assurer une épuration complète des eaux pluviales. |
| | | *Traitement physico-chimique | Non concerné |
| | | *Traitement biologique | Non concerné |
| | | *Dénitrification | Non concerné |
| | | *Elimination des solides | Non concerné |
| | | *Niveaux d'émission associés à la MTD pour les rejets directs dans une masse d'eau non réceptrice :<br>- Indice hydrocarbures : 0,5 - 10 mg/l<br>- Métaux et métalloïdes :<br>_ Arsenic : 0,01 - 0,05 mg/l<br>_ Cadmium : 0,01 - 0,05 mg/l<br>_ Chrome : 0,01 - 0,15 mg/l<br>_ Cuivre : 0,05 - 0,5 mg/l<br>_ Plomb : 0,05 - 0,1 mg/l<br>_ Nickel : 0,05 - 0,5 mg/l<br>_ Mercure : 0,5 - 5 µg/l<br>_ Zinc : 0,1 - 1 mg/l | Dans le cadre de la surveillance des rejets aqueux, ces paramètres seront mesurés ; les résultats obtenus seront comparés aux valeurs prescrites. |
| | **1.6 EMISSIONS RESULTANT D'ACCIDENTS ET D'INCIDENTS** | | |
| **MTD 21** | | **Emissions résultant d'accidents et d'incidents**<br>Afin d'éviter ou de limiter les conséquences environnementales des accidents et incidents, la MTD consiste à appliquer la totalité des techniques indiquées ci-après, dans le cadre du plan de gestion des accidents (voir la MTD 1). | - |
| | | a. Mesures de protection | L'établissement CHIMIREC de Carquefou sera protégé contre les actes de malveillance : le site est déjà clôturé sur l'ensemble de son périmètre, le site comporte déjà un portail d'accès qui sera fermé en dehors des heures d'ouverture de l'établissement, les bâtiments administratifs ainsi que la zone d'exploitation seront sous vidéo-surveillance.<br>Le site comportera l'ensemble des équipements de protection contre les incendies et les explosions nécessaires. Ainsi, tout phénomène dangereux pourra être détecté par le biais des détecteurs incendie.<br>Ces phénomènes dangereux seront également prévenus via les nombreuses mesures constructives et organisationnelles prévues sur le site (parois EI 120, murs REI 120, stockage des déchets dans des alvéoles dédiées, stockage des déchets inflammables dans une alvéole coupe-feu 2h, présence de personnel lors des opérations de déchiquetage, etc.).<br>En ce qui concerne l'extinction d'un éventuel incendie, elle pourra être assurée en interne par le biais des extincteurs, des systèmes d'extinction automatique, des RIA. Les services externes pourront utiliser le réseau de poteaux incendie présent sur le site ainsi que ceux se trouvant au niveau de la rue du Nouveau Bêle. Les ressources en eau disponibles ont été jugées suffisantes au regard des résultats du calcul effectué selon les recommandations de l'instruction technique D9. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | b. Gestion des émissions accidentelles/fortuites | En cas d'émissions accidentelles, plusieurs mesures sont prévues sur le site CHIMIREC de Carquefou :<br>- les stockages de déchets seront tous prévus sur des rétentions adaptées en terme de volume à confiner ;<br>- les réseaux de collecte des eaux pluviales seront dotés de vanne de confinement, activés en cas d'épandage accidentel ou de production d'eaux d'extinction ;<br>- des absorbants seront présents sur le site ;<br>- un bassin uniquement dédié au confinement des eaux d'extinction d'un incendie sera créé sur le site. Son dimensionnement est basé sur l'extinction d'un incendie de 2 heures au niveau de la plus grande surface non recoupée par un mur coupe-feu.<br>Des exercices d'incendie seront régulièrement réalisés sur le site. |
| | | c. Système d'évaluation et d'enregistrement des incidents/accidents | Les incidents / accidents seront consignés dans un registre dédié, informatisé. Chaque événement fera l'objet d'une analyse des causes et des effets. |
| | **1.7 UTILISATION RATIONNELLE DES MATIERES** | | |
| **MTD 22** | | **Utilisation de déchets au lieu d'autres matières pour le traitement des déchets.**<br>Afin d'utiliser rationnellement les matières, la MTD consiste à les remplacer par des déchets. | Non concerné<br>Aucun déchet ne sera utilisé sur le site CHIMIREC de Carquefou pour les opérations de traitement. |
| | **1.8 EFFICACITE ENERGETIQUE** | | |
| **MTD 23** | | Afin d'utiliser efficacement l'énergie, la MTD consiste à appliquer les deux techniques ci-dessous.<br>a. Plan d'efficacité énergétique<br>b. Bilan énergétique | Les consommations électriques du site CHIMIREC de Carquefou seront suivies par un relevé régulier des compteurs de l'établissement.<br>Le site ne disposera pas de plan d'efficacité énergétique au regard des faibles consommations prévues au sein des installations. |
| | **1.9 REUTILISATION DES EMBALLAGES** | | |
| **MTD 24** | | Afin de réduire la quantité de déchets à éliminer, la MTD consiste à développer au maximum la réutilisation des emballages dans le cadre du plan de gestion des déchets (voir la MTD 1). | Le site CHIMIREC de Carquefou utilisera des contenants adaptés à la nature des déchets collectés, tels que des caisses et des fûts réutilisables.<br>Les contenants utilisés pour la collecte des déchets auprès des producteurs seront, si leur état le permet, nettoyés sur le site au niveau de l'aire de lavage et réutilisés pour de nouvelles collectes de déchets. |
| | | | |
| | **2 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT MECANIQUE DES DECHETS** | | |
| | **2.1 CONCLUSIONS GENERALES SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT MECANIQUE DES DECHETS** | | *Les opérations de déchiquetage d'emballages plastiques non dangereux prévues sur le site sont visées par cette MTD.* |
| | | **Emissions dans l'air** | |
| **MTD 25** | | Afin de réduire les émissions atmosphériques de poussières, de particules métalliques, de PCDD/F et de dioxines du type PCB, la MTD consiste à appliquer la MTD 14d et à recourir à une ou plusieurs des techniques indiquées ci-dessous. | Le déchiquetage des emballages plastiques sera réalisé selon un diamètre relativement grossier ce qui permettra d'éviter la formation de poussières fines.<br>Une extraction sera aménagée au dessus de la trémie du déchiqueteur pour canaliser les rejets vers la toiture du bâtiment.<br>Une campagne de mesure des rejets au niveau de ce point de rejet sera réalisée dans un délai de 6 mois après le démarrage des activités. En fonction des résultats, les équipements adéquats seront mis en œuvre, notamment de la brumisation si besoin. Dans un premier temps, cet équipement n'apparait pas nécessaire au regard du retour d'expérience du Groupe sur ce type d'activité. |
| | | a. Cyclone<br>b. Filtre en tissu<br>c. Epuration par voie humide<br>d. Injection d'eau dans le broyeur | |
| | | * Niveau d'émission associé à la MTD pour les émissions atmosphériques canalisées de poussières résultant du traitement mécanique des déchets :<br>- Poussières : 2 - 5 mg/Nm3 ou 2 - 10 mg/Nm3 si la mise en œuvre d'un filtre en tissu n'est pas applicable | Dans le cadre de la surveillance des rejets atmosphériques, ce paramètre sera mesuré ; les résultats obtenus seront comparés à la valeur prescrite. |
| | **2.2 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT MECANIQUE EN BROYEUR DES DECHETS METALLIQUES** | | *Non concerné* |
| **MTD 26**<br>**MTD 27**<br>**MTD 28** | | MTD applicables au secteur du traitement des déchets métalliques | Non concerné |
| | **2.3 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT DES DEEE CONTENANT DES FCV OU DES HCV** | | *Non concerné* |
| **MTD 29**<br>**MTD 30** | | MTD applicables au secteur du traitement des DEEE | Non concerné |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | **2.4 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT MECANIQUE DES DECHETS A VALEUR CALORIFIQUE** | *Les opérations de déchiquetage d'emballages plastiques souillés prévues sur le site sur le site sont visées par cette MTD.* |
| | | **Emissions dans l'air** | - |
| **MTD 31** | | Afin de réduire les émissions atmosphériques de composés organiques, la MTD consiste à appliquer la MTD 14d et à recourir à une ou plusieurs des techniques énumérées ci-dessous. | - |
| | | a. Adsorption | En fonction des résultats de la campagne de mesure des rejets atmosphériques depuis le déchiqueteur des emballages plastiques, des équipements de traitement seront mis en œuvre pour limiter les émissions de Composés Organiques Volatils à l'atmosphère. Ces équipements seront dimensionnés au regard des flux mesurés. |
| | | b. Biofiltre | |
| | | c. Oxydation thermique | |
| | | d. Epuration par voie humide | |
| | | * Niveau d'émission associé à la MTD pour les émissions atmosphériques canalisées de COVT résultant du traitement mécanique des déchets à valeur calorifique :<br>- COVT : 10 - 30 mg/Nm3 | Dans le cadre de la surveillance des rejets atmosphériques ce paramètre sera mesuré ; les résultats obtenus seront comparés à la valeur prescrite. |
| | | | |
| | | **2.5 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT MECANIQUE DES DEEE CONTENANT DU MERCURE** | *Non concerné* |
| **MTD 32** | | MTD applicable au secteur du traitement des DEEE | Non concerné |
| | | | |
| | **3** | **CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT BIOLOGIQUE DES DECHETS** | |
| **MTD 33** | | MTD applicable au secteur du traitement biologique des déchets (excepté les déchets liquides aqueux) | Non concerné |
| **MTD 34** | | | |
| **MTD 35** | | | |
| **MTD 36** | | MTD applicable au secteur du traitement aérobie des déchets | Non concerné |
| **MTD 37** | | | |
| **MTD 38** | | MTD applicable au secteur du traitement anaérobie des déchets | Non concerné |
| **MTD 39** | | MTD applicable au secteur du traitement mécanobiologique des déchets | Non concerné |
| | | | |
| | **4** | **CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT PHYSICOCHIMIQUE DES DECHETS SOLIDES OU PATEUX** | |
| | | **4.1 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT PHYSICOCHIMIQUE DES DECHETS SOLIDES OU PATEUX** | *Les opérations de déchiquetage d'emballages plastiques souillés prévues sur le site sur le site sont visées par cette MTD.* |
| **MTD 40** | | Afin d'améliorer les performances environnementales globales, la MTD consiste à surveiller les déchets entrants, dans le cadre des procédures d'acceptation préalable et d'acceptation des déchets (voir la MTD 2).<br>La surveillance des déchets concerne :<br>- la teneur en matières organiques, en agents oxydants, en métaux, sels, composés odorants,<br>- le potentiel de formation de H2 lors du mélange de résidus de traitement des fumées. | Depuis la demande client, deux cas de figure se présentent : soit le déchet concerné par le besoin de collecte est connu et présent dans le référentiel Déchets du Groupe (et donc considéré comme "générique"), soit le déchet est non connu et non présent dans ce même référentiel (et donc considéré comme "non génériques", issu des procédés industriels).<br>Dans ce second cas, le déchet non générique est caractérisé selon son code ADR et son centre de traitement final. Si un besoin de caractérisation plus précis s'impose, une Fiche d'Identification Préalable (FIP) du déchet est réalisée par son producteur par le biais d'un échantillonnage et d'analyse du déchet. En cas de besoin, un échantillon peut également être demandé au producteur pour valider via le centre de traitement final si sa gestion est possible. Si sa collecte est réalisable par le site CHIMIREC, une proposition commerciale est réalisée.<br>Dans tous les cas de figure (déchet connu, déchet non connu mais caractérisé par une FIP, déchet non connu mais aisément identifiable), un Certificat d'Acceptation Préalable (CAP) est réalisé. Le CAP constitue l'étape de certification préalable. Il comprend la désignation du déchet, son code ADR, son code selon la nomenclature déchet, le contenant utilisé, l'identité du producteur. |
| **MTD 41** | | **Emissions dans l'air**<br>Afin de réduire les émissions atmosphériques de poussières, de composés organiques et de NH3, la MTD consiste à appliquer la MTD 14d et à recourir à une ou plusieurs des techniques indiquées ci-dessous :<br>a. Adsorption<br>b. Biofiltre<br>c. Filtre en tissu<br>d. Epuration par voie humide | En fonction des résultats de la campagne de mesure des rejets atmosphériques depuis le déchiqueteur des emballages plastiques, des équipements de traitement seront mis en œuvre pour limiter les émissions de Composés Organiques Volatils à l'atmosphère. Ces équipements seront dimensionnés au regard des flux mesurés. |
| | | * Niveau d'émission associé à la MTD pour les émissions atmosphériques canalisées de poussières résultant du traitement physicochimique des déchets solides ou pâteux<br>- Poussières : 2 - 5 mg/Nm3 | Dans le cadre de la surveillance des rejets atmosphériques ce paramètre sera mesuré ; les résultats obtenus seront comparés à la valeur prescrite. |
| **MTD 42** | | MTD applicable au secteur du reraffinage des huiles usagées | Non concerné |
| **MTD 43** | | | |
| **MTD 44** | | | |

| | | |
|---|---|---|
| | **4.3 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT PHYSICOCHIMIQUE DES DECHETS A VALEUR CALORIFIQUE** | *Les opérations de déchiquetage d'emballages plastiques souillés prévues sur le site sur le site sont visées par cette MTD.* |
| **MTD 45** | Afin de réduire les émissions atmosphériques de composés organiques, la MTD consiste à appliquer la MTD 14d et à recourir à une ou plusieurs des techniques indiquées ci-dessous :<br>a. Adsorption<br>b. Condensation cryogénique<br>c. Oxydation thermique<br>d. Epuration par voie humide | En fonction des résultats de la campagne de mesure des rejets atmosphériques depuis le déchiqueteur des emballages plastiques, des équipements de traitement seront mis en œuvre pour limiter les émissions de Composés Organiques Volatils à l'atmosphère. Ces équipements seront dimensionnés au regard des flux mesurés. |
| | **4.4 CONCLUSIONS SUR LES MTDS POUR LA REGENERATION DES SOLVANTS USES** | *Non concerné* |
| **MTD 46**<br>**MTD 47** | MTD applicable au secteur de la régénération des solvants usés | Non concerné |
| | **4.5 NEA-MTD POUR LES EMISSIONS ATMOSPHERIQUES DE COMPOSES ORGANIQUES RESULTANT DU REAFFINAGE DES HUILES USAGEES, DU TRAITEMENT PHYSICOCHIMIQUE DES DECHETS A VALEUR CALORIFIQUE ET DE LA REGENERATION DES SOLVANTS USES** | *Les opérations de déchiquetage d'emballages plastiques souillés prévues sur le site sur le site sont visées par cette MTD.* |
| | **Niveaux d'émission pour les émissions atmosphériques de composés organiques volatils**<br>Niveau d'émission associé à la MTD pour les émissions atmosphériques canalisées de COVT résultant du reraffinage des huiles usagées, du traitement physicochimique des déchets à valeur calorifique et de la régénération des solvants usés<br>- COVT : 5 - 30 mg/Nm3<br>Non applicable si la charge polluante est inférieure à 2 kg/h. | Dans le cadre de la surveillance des rejets atmosphériques ce paramètre sera mesuré ; les résultats obtenus seront comparés à la valeur prescrite. |
| | **4.6 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT THERMIQUE DU CHARBON ACTIF USE, DES DECHETS DE CATALYSEURS ET DES TERRES EXCAVEES** | *Non concerné* |
| **MTD 48**<br>**MTD 49** | MTD applicable au secteur du traitement thermique du charbon actif usé, des déchets de catalyseurs et des terres excavées polluées | Non concerné |
| | **4.7 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE LAVAGE A L'EAU DES TERRES EXCAVEES POLLUEES** | *Non concerné* |
| **MTD 50** | MTD applicable au secteur du traitement par lavage à l'eau des terres excavées polluées | Non concerné |
| | **4.8 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LA DECONTAMINATION DES EQUIPEMENTS CONTENANT DES PCB** | *Non concerné* |
| **MTD 51** | MTD applicable au secteur de la décontamination des équipements contenant des PCB | Non concerné |
| | | |
| | **5 CONCLUSIONS SUR LES MTD POUR LE TRAITEMENT DES DECHETS LIQUIDES AQUEUX** | |
| **MTD 52**<br>**MTD 53** | MTD applicable au secteur du traitement des déchets liquides aqueux | Non concerné |

# ANNEXE N°11 :
# COURRIER DE REMISE EN ÉTAT

CHIMIREC

Mairie de CARQUEFOU
A l'attention de Mme. Le Maire
Rue de l'Hôtel de Ville
44 470 Carquefou

LRAC 1A137752 97889

Madame le Maire,

Notre société CHIMIREC, filiale du Groupe CHIMIREC, acteur des métiers de collecte et de traitement des déchets, possède un établissement spécialisé dans le transit et le regroupement de déchets industriels non dangereux, sur la commune de Carquefou, 6 rue du Nouveau Bêle.

Cet établissement est soumis au régime de la Déclaration au titre de la législation relative aux Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE).

Nous souhaitons aujourd'hui étendre les activités sur cette implantation et y démarrer une activité de tri, transit, regroupement de déchets industriels dangereux. A ce titre, un dossier de demande d'autorisation d'exploiter, établi en accord avec les prescriptions réglementaires du Code de l'Environnement, sera prochainement déposé en préfecture des Pays de la Loire.

En application des articles R. 512-39-1 et suivants du Code de l'Environnement, et dans le cadre de l'élaboration du dossier de demande d'autorisation ICPE, le Maire de la commune d'implantation doit être consulté pour donner son avis sur l'état dans lequel devra être remis le site dans le cas d'une mise à l'arrêt définitif.

Dans le cas d'une cessation de l'activité de notre établissement, les mesures envisagées seront les suivantes :

- Evacuation et élimination, par des entreprises autorisées, de tous les produits dangereux et déchets présents sur le site,
- Réalisation d'un audit de site et sol pollués afin de déterminer s'il existe une pollution du sol et son degré de pollution,
- Mise en place d'un dispositif de dépollution si besoin,
- Nettoyage de la totalité du site (bâtiments et aires extérieures),
- Démontage et évacuation de tout matériel et/ou bâtiment qui n'auront plus lieu d'être,
- Condamnation de l'accès au site (clôture, grille d'entrée, etc.) et des éléments potentiellement dangereux.

Une partie des installations fixes et notamment les bâtiments d'exploitation et les cuves de stockage, pourra être conservée aux fins d'une autre utilisation ou cédée dans le cas d'une reprise de site par un nouvel exploitant.

afaq QSE Qualité Sécurité Environnement AFNOR CERTIFICATION
**CHIMIREC** - Z.I. de Mézaubert - 35133 JAVENE
Tél. : **02 99 94 86 00** - Fax : 02 99 94 18 07 - E-mail : chimirec-javene@chimirec.fr - www.chimirec.fr
S.A.S. capital de 1 000 000 euros - R.C. Bobigny - B 310-188-420-00031 - APE 3812 Z - FR 40 310 188 420

**Ces dispositions seront modulables selon le devenir du site et des équipements qui le composeront. En tout état de cause, le terrain permettra dans le futur un usage industriel ou commercial compatible avec le règlement d'urbanisme de la parcelle d'implantation.**

Notre société CHIMIREC souhaite avoir votre avis concernant la remise en état choisie et l'usage futur des terrains.

Par ailleurs, je profite de la présente pour vous informer que l'instruction de la demande d'autorisation ICPE prévoit une enquête publique d'une durée d'un mois. Vous serez préalablement informé des dates de celle-ci par les services de la Préfecture.

Dans l'attente et vous en souhaitant bonne réception, je vous prie d'agréer, Madame le Maire, l'expression de ma plus haute considération.

A Carquefou, le 6 décembre 2017

Philippe MERLEIX
Directeur

**CHIMIREC** - Z.I. de Mézaubert - 35133 JAVENE
Tél. : **02 99 94 86 00** - Fax : 02 99 94 18 07 - E-mail : chimirec-javene@chimirec.fr - www.chimirec.fr
S.A.S. capital de 1 000 000 euros - R.C. Bobigny - B 310-188-420-00031 - APE 3812 Z - FR 40 310 188 420

République Française

CARQUEFOU

Carquefou, le 11 JAN. 2018

Monsieur le Directeur
Chimirec
ZI de Mézaubert
35133 Javene

Direction de l'Urbanisme

Dossier suivi par :
Patricia Bureau
02 28 22 22 53

Objet : Installations classées

N/Réf. : DU/PB/IR/(7080) 2018-4
V/Réf. :

Monsieur le Directeur,

Par courrier reçu en mairie le 11 décembre dernier, vous me faites part de votre intention d'étendre les activités du site de votre entreprise, 6 rue du Nouveau Bêle à Carquefou au tri, transit et regroupement de déchets industriels dangereux.

Vous sollicitez mon avis, dans le cadre de la constitution du dossier de demande d'autorisation au titre des installations classées pour l'environnement, sur l'utilisation du site d'extension de votre activité, dans le cas où votre société serait amenée à cesser son activité à cet endroit.

Dans cette hypothèse, la remise en état du site devra permettre un usage conforme à la vocation des terrains d'emprise fixée par les documents d'urbanisme en vigueur (UG). A cet égard, j'attire votre attention sur le fait que le Plan Local d'Urbanisme de la Commune de Carquefou est en cours de révision en vue de l'élaboration du Plan Local d'Urbanisme métropolitain (PLUM).

Quoiqu'il en soit, vous devrez respecter les prescriptions définies par les articles R 512-39-1 et suivants du Code de l'Environnement.

Je vous prie d'agréer, Monsieur le Directeur, l'expression de mes salutations distinguées.

**Véronique Dubettier-Grenier**
Maire
Conseillère Départementale

MAIRIE DE CARQUEFOU 44470

Mairie : Tout courrier doit être adressé à Madame le Maire
B.P. 60139
44471
Carquefou cedex
T. 02 28 222 222
F. 02 28 222 221
contact@mairie-carquefou.fr
www.carquefou.fr

Cœur vert et matière grise

PA

# ANNEXE N°12 :

# DÉTERMINATION DE LA PROBABILITÉ – MÉTHODOLOGIE DES NŒUDS-PAPILLON

## I.1.1. DETERMINATION DE LA PROBABILITE

### I.1.1.1. Généralités

L'approche par barrières consiste tout d'abord à vérifier, sur la base de certains critères, si la barrière de sécurité peut être retenue pour le scénario étudié. Il est ensuite attribué un niveau de confiance aux barrières de sécurité retenues.

La combinaison de la fréquence d'occurrence de l'événement initiateur et des niveaux de confiance des barrières de sécurité participant à la maîtrise d'un même scénario, permet d'estimer une classe de probabilité d'occurrence du scénario.

Cette démarche découle de travaux menés par l'INERIS dans le cadre de programmes de recherche financés par le Ministère chargé de l'environnement, à savoir le DRA 39 « *Évaluation des barrières de sécurité de prévention et de protection utilisées pour réduire les risques d'accidents majeurs* », le DRA-34 « *Analyse des risques et prévention des accidents majeurs* », ainsi que de diverses études réalisées par la Direction des Risques Accidentels.

La probabilité d'un évènement initiateur est issue de l'expérience et elle inclut des barrières de sécurité et leur efficacité. On considère notamment :

- la résistance des matériels mis en jeu,
- les procédures internes de sécurité mises en œuvre,
- les procédures de sécurité qui permettent d'éviter l'évènement initiateur (source d'ignition par exemple).

Cependant, la probabilité des événements initiateurs reste très souvent aléatoire, en l'absence de données bibliographiques suffisantes à l'heure actuelle.

En conséquence, dans la présente étude, la démarche suivante a été retenue :

1. Prise en compte de la probabilité de l'événement initiateur lorsque celle-ci existe et s'avère fiable.
2. Prise en compte des barrières organisationnelles et techniques (ainsi que des caractéristiques intrinsèques) mises en place au regard des événements courants pour déterminer la probabilité de l'événement initiateur, chaque événement courant ayant par défaut une probabilité initiale de classe A (évènement courant).
3. Comparaison, lorsque cela s'avère possible, de la probabilité de l'événement initiateur avec la probabilité du même événement initiateur déterminé pour une autre branche d'activité.

### I.1.1.2. Définitions

Afin de faciliter la compréhension de la démarche d'évaluation de la probabilité d'un évènement dangereux, on précisera ci-après quelques définitions sur les termes employés :

- **Barrière technique de sécurité (BTS)** : barrière qui permet d'assurer une fonction de sécurité. Elle est constituée d'un dispositif de sécurité ou d'un système instrumenté de sécurité qui s'oppose à l'enchaînement d'événements susceptibles d'aboutir à un accident.
- **Dispositif de sécurité** : c'est en général un élément unitaire, autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité, dans sa globalité.

  On distingue :

  - Le dispositif passif, qui ne met en jeu aucun système mécanique (mur coupe-feu, rétention, etc.).

    - Le dispositif actif, qui met en jeu un dispositif mécanique (ressort, levier, etc.).

- **Efficacité** : l'efficacité d'une BTS est évaluée au regard de son aptitude à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement. Cette aptitude s'exprime en pourcentage d'accomplissement de la fonction définie, en considérant un fonctionnement normal (non dégradé). Ce pourcentage peut varier pendant la durée de sollicitation de la barrière technique de sécurité.
- **Système instrumenté de sécurité (SIS)** : combinaison de capteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs (équipements de sécurité) ayant pour objectif de remplir une fonction ou sous fonction de sécurité.
- **Equipement de sécurité** : élément d'un SIS qui remplit une sous-fonction de sécurité.
- **Fonction de sécurité** : fonction ayant pour but la prévention et la protection d'événements redoutés. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir de barrières techniques de sécurité, de barrières organisationnelles (activités humaines), ou plus généralement par la combinaison des deux.

Une même fonction de sécurité peut être réalisée par différentes barrières de sécurité.

Une fonction de sécurité peut se décomposer en sous-fonctions de sécurité liées.

- **Niveau de confiance (NC)** : c'est une adaptation par l'INERIS des exigences des normes NF-EN 61508 et CEI 61511, notamment quant aux architectures des systèmes pour tous les équipements de sécurité, quelle que soit leur technologie.
- **Principe de concept éprouvé** : un équipement simple est de conception éprouvée soit, lorsqu'il a subi des tests de « qualification » par l'utilisateur ou d'autres organismes, soit lorsqu'il est utilisé depuis plusieurs années sur des sites industriels et que le retour d'expérience sur son application est positif. Pour cela, on peut s'appuyer sur :
    - Le retour d'expérience de l'utilisateur (exploitant, service maintenance, inspection, etc.), voire du fournisseur.
    - L'accidentologie (retour d'expérience des accidents et incidents).
    - Les standards indiqués par des syndicats professionnels.
- **Redondance** : existence, dans une entité, de plus d'un moyen pour accomplir une fonction requise.
- **Temps de réponse** : il correspond à l'intervalle de temps entre le moment où une barrière de sécurité, dans un contexte d'utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité assurée par cette barrière de sécurité est réalisée dans son intégralité. Il s'exprime en secondes.

#### I.1.1.3. Critères de prise en compte des barrières

Les performances des mesures de maîtrise des risques doivent être évaluées et justifiées. Plus généralement, pour être prises en compte dans l'évaluation de la probabilité, les mesures de sécurité indépendantes doivent répondre à quatre critères :

- Efficacité,
- Cinétique,
- Maintenabilité,
- Testabilité.

L'INERIS a par exemple proposé deux méthodes d'évaluation de la performance des mesures de maîtrise des risques[1] : l'une adaptée aux mesures techniques et la seconde méthode concernant les mesures organisationnelles, à travers des critères d'efficacité, d'indépendance, de temps de réponse et enfin, par l'attribution d'un niveau de confiance :

- **L'indépendance** : il faut s'assurer que la mesure de sécurité est bien indépendante du procédé, des autres dispositifs et de l'exploitation.
- **L'efficacité ou capacité de réalisation** (cf. définitions ci-dessus) : elle est liée au dimensionnement du dispositif. L'évaluation en termes de capacité de réalisation passe par l'étude de trois critères :
    - Concept éprouvé.
    - Dimensionnement adapté.
    - Résistance aux contraintes spécifiques.
- **Le temps de réponse (cf. définitions ci-dessus)** : le temps de réponse est à comparer à la cinétique du phénomène.
- **Le niveau de confiance (ou intégrité de sécurité)** : c'est la probabilité de défaillance à la sollicitation de la mesure de sécurité, dans son environnement d'utilisation, soit la probabilité qu'elle n'assure pas la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie lorsqu'elle est sollicitée. Cette probabilité est calculée pour une capacité de réalisation et un temps de réponse donnés. La probabilité de défaillance est liée aux paramètres suivants :
    - Type d'architecture,
    - Principe de sécurité positive,
    - Tolérance à la première défaillance,
    - Comportement sur défaut (mise hors service, blocage ou dérive possible),
    - Maintien dans le temps de la qualité de la mesure (existence de procédures de tests réguliers, de maintenance préventive, de procédures d'installation ou d'inspection/audits internes).

Ainsi, ces mesures doivent tout d'abord répondre au même critère d'indépendance et sont regroupées en deux catégories : **les mesures de pré-dérive** (ex : contrôle d'une température avant la mise en œuvre du process) et les **mesures de rattrapage de dérive** (ex : extinction d'un incendie par un opérateur).

Pour évaluer la performance de ces mesures, des pré-requis sont indispensables : la formation et l'habilitation des opérateurs, la coordination et la communication opérationnelle des acteurs (notamment dans le cas d'un travail d'équipe), l'entraînement et les exercices, l'encadrement du recours à la sous-traitance, ainsi que le critère de disponibilité des opérateurs. Ces critères sont impératifs pour considérer qu'une mesure de ce type est efficace.

#### I.1.1.4. Détermination du niveau de confiance (NC)

Le niveau de confiance des barrières de sécurité est déterminé selon la méthode définie par l'INERIS. Le niveau de confiance ne se substitue pas aux normes NF-EN 61508 et CEI 61511 relatives à la sécurité fonctionnelle. La démarche proposée est une méthode d'évaluation qualitative « simple » en vue d'évaluer la performance des barrières techniques et humaines de sécurité.

[1] OMEGA 10 – Evaluation des dispositifs de prévention et de protection utilisés pour réduire les risques d'accidents majeurs et OMEGA 20 – Démarche d'évaluation des barrières humaines de sécurité (date de publication : 10/10/06).

Les niveaux de confiance des barrières de sécurité sont basés sur :

- la fiche N°7 de la circulaire du 10 mai 2010,
- le guide OMEGA 10 de l'INERIS portant sur l'évaluation des barrières techniques de sécurité,
- le guide OMEGA 20 de l'INERIS portant sur l'évaluation des barrières humaines de sécurité.

- **Cas des barrières techniques de sécurité**

Avant de déterminer ce niveau de confiance pour les barrières techniques de sécurité (BTS), il est important de vérifier que cette BTS est de concept éprouvé, qu'elle est indépendante du procédé et qu'elle est indépendante d'une autre BTS. Le niveau de confiance est ensuite déterminé par :

- une proportion de défaillance en sécurité (ou Safe Failure Fraction – SFF) qui correspond au rapport du taux de défaillances détectées sur la somme des taux de défaillances du système. Cette valeur est généralement inférieure à 60% mais qui selon les cas (bon retour d'expérience, essais, niveau SIL selon la norme NF-EN 61511, etc.) peut augmenter vers des niveaux (SFF) de l'ordre de 99%.
- une tolérance aux anomalies matérielles qui est l'équivalent d'une redondance.

On obtient alors un niveau de confiance défini selon les grilles données dans le rapport Oméga 10 de l'INERIS pour les systèmes techniques dits « simples » (vannes, relais, interrupteurs…) ou « complexes » (système capable de traiter une information).

| **Proportion de défaillances en sécurité** | **Tolérances aux anomalies matérielles** (selon le nombre d'équipements de sécurité) | | |
|---|---|---|---|
| | **0** | **1** | **2** |
| <60% | NC1 | NC2 | NC3 |
| 60 – 90 % | NC2 | NC3 | NC4 |
| 90 – 99 % | NC3 | NC4 | NC4 |
| > 99 % | NC3 | NC4 | NC4 |

**Tableau 1 : Niveaux de confiance pour des systèmes techniques simples de sécurité (Extrait et adapté de la norme CEI-EN 61508 /Tab.1 de l'Omega 10)**

| **Proportion de défaillances en sécurité** | **Tolérances aux anomalies matérielles** (selon le nombre d'équipements de sécurité) | | |
|---|---|---|---|
| | **0** | **1** | **2** |
| <60% | NC0 | NC1 | NC2 |
| 60 – 90 % | NC1 | NC2 | NC3 |
| 90 – 99 % | NC2 | NC3 | NC4 |
| > 99 % | NC3 | NC4 | NC4 |

**Tableau 2 : Niveaux de confiance pour des systèmes techniques complexes de sécurité (Extrait et adapté de la norme CEI-EN 61508 / Tab.2 de l'Omega 10)**

- **Cas des dispositifs passifs de sécurité**

Pour déterminer le niveau de confiance d'un dispositif passif de sécurité (cuvette de rétention, mur coupe-feu, etc.), il faut déterminer sa probabilité moyenne de défaillance (ou taux de défaillance à la sollicitation/PFD).

Une fois celle-ci estimée, le tableau ci-après, qui est inspiré de la norme NF EN 61508, permet de faire le lien avec le niveau de confiance.

| Probabilité moyenne de défaillance | Sens d'évolution de la probabilité de défaillance | Niveau de confiance |
|---|---|---|
| $10^{-5} \leq PFD < 10^{-4}$ | ↓ | NC4 |
| $10^{-4} \leq PFD < 10^{-3}$ | | NC3 |
| $10^{-3} \leq PFD < 10^{-2}$ | | NC2 |
| $10^{-2} \leq PFD < 10^{-1}$ | | NC1 |

**Tableau 3 : Evaluation d'un niveau de confiance en fonction de sa probabilité moyenne de défaillance**
**(Tab.5 de l'Omega 10)**

L'exploitation des bases de données montre que le NC pour les murs coupe-feu et les cuvettes de rétention serait de 2.

Le niveau de confiance pourra être maintenu ou décoté en fonction des procédures et des moyens (maintenance, inspection, etc.) mis en œuvre par l'industriel pour maintenir dans le temps le niveau de confiance du dispositif.

Note : en l'absence d'études spécifiques ou d'un retour d'expérience suffisant permettant d'apprécier la probabilité de défaillance d'un système, le niveau de confiance retenu par défaut sera NC1.

- **Cas des barrières humaines de sécurité**

Les barrières humaines de sécurité sont constituées d'une activité humaine (une ou plusieurs opérations) qui s'opposent à l'enchainement d'évènements susceptibles d'aboutir à un accident.

Le niveau de confiance d'une barrière humaine est déterminé selon la méthode INERIS (document Omega 20) proposant de décomposer les barrières humaines de sécurité en trois principales sous-tâches : détection, diagnostic et action.

Le niveau de confiance initial à retenir est déterminé selon les critères suivants :

- le niveau de confiance maximal d'une barrière humaine de sécurité est de 2,
- le niveau de confiance retenu correspond à la différence entre le niveau de confiance optimal (2) et la somme des décotes définies pour chacune des sous-fonctions (détection, diagnostic et action),
- selon le niveau de décote associé à la barrière analysée, le niveau de confiance final pourra être de 2, 1 ou 0.

Le niveau de confiance pourra être maintenu ou décoté, en fonction :

- de la simplicité de détection de l'évènement anormal,
- de la simplicité du diagnostic, quant aux choix de l'opération à mener pour empêcher le scénario redouté de se produire,
- de la simplicité de l'action de sécurité à conduire pour éviter ou en réduire les effets,
- de la pression temporelle à laquelle sont soumis les intervenants, si le temps d'intervention doit être bref ou si la cinétique des événements menant à l'accident est rapide.

Dans le cas d'une mesure de pré-dérive, cette mesure sera cotée NC2 si elle est réalisée par une action réalisée par une personne dédiée spécifiquement à cette action (spécialiste) et NC1 si elle est réalisée par l'opérateur chargé du process.

- **Formations et consignes**

Les formations et consignes de sécurité sont des éléments qui participent à la fiabilité et au maintien du niveau de confiance d'autres barrières de sécurité ou à la probabilité de l'événement initiateur. De ce fait, aucun niveau de confiance ne leur est appliqué de manière spécifique et elles ne sont pas prises en compte dans la détermination de la probabilité.

### I.1.1.5. Détermination de la probabilité

Pour rappel, il existe cinq classes de probabilités définies dans l'arrêté du 29/09/2005. Elles sont indiquées ci-dessous :

| Classe | E | D | C | B | A |
|---|---|---|---|---|---|
| Probabilité | $10^{-5}$ | $10^{-4}$ | $10^{-3}$ | $10^{-2}$ | |

**Tableau 4 : Classes de probabilités définies par l'arrêté du 29 septembre 2005**

Cette probabilité d'occurrence du phénomène dangereux est amalgamée à sa fréquence d'occurrence future estimée sur l'installation par an.

La probabilité d'occurrence du phénomène dangereux est déterminée à partir des arbres des causes et des conséquences. L'ensemble étant retranscrit dans un logigramme.

Pour chaque branche des arbres des causes est assimilé une fréquence d'occurrence issues de banques de données tels que *Reference manual BEVI Risk Assessment, le Handbook for failure frequencies,* etc. Le retour d'expériences issu de l'accidentologie interne ou externe peut aussi être utilisé directement ou pour confirmer la fréquence d'occurrence retenue.

Ainsi, les évènements initiateurs des phénomènes dangereux sont combinés à des fréquences d'occurrence.

En fonction des barrières de sécurité mises en œuvre, une réduction de la probabilité sera associée selon la règle d'agrégation en fonction de sa probabilité de défaillance à la sollicitation (γ) pour le phénomène dangereux considéré. Au sein du logigramme (arbres des causes et des conséquences), la représentation de cette situation est la suivante :

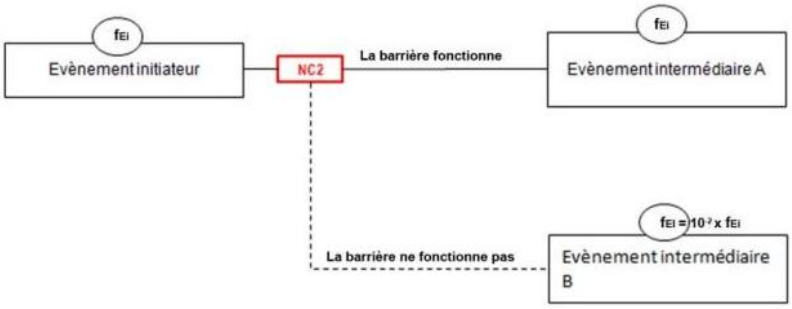



**Figure 1 : Illustration de la représentation d'une barrière de sécurité**

Cette probabilité de défaillance à la sollicitation (γ) est liée au niveau de confiance de la barrière par la formule :

$$\gamma = 10^{-NC}$$

A partir de cette probabilité de défaillance (γ) et de la fréquence de l'évènement initiateur ($f_{EI}$), la règle d'agrégation définie la fréquence de l'évènement intermédiaire ($f_{Ei}$) comme suit :

$$f_{Ei} = f_{EI} \times \gamma$$

Deux types de portes peuvent être observés sur les logigrammes :

- les portes « ET » : l'évènement intermédiaire se produit lorsque deux évènements initiateurs indépendants ont lieu simultanément,
- les portes « OU » : plusieurs évènements initiateurs peuvent aboutir au même évènement intermédiaire.

Une illustration de ces portes au sein d'un logigramme est présentée ci-dessous :

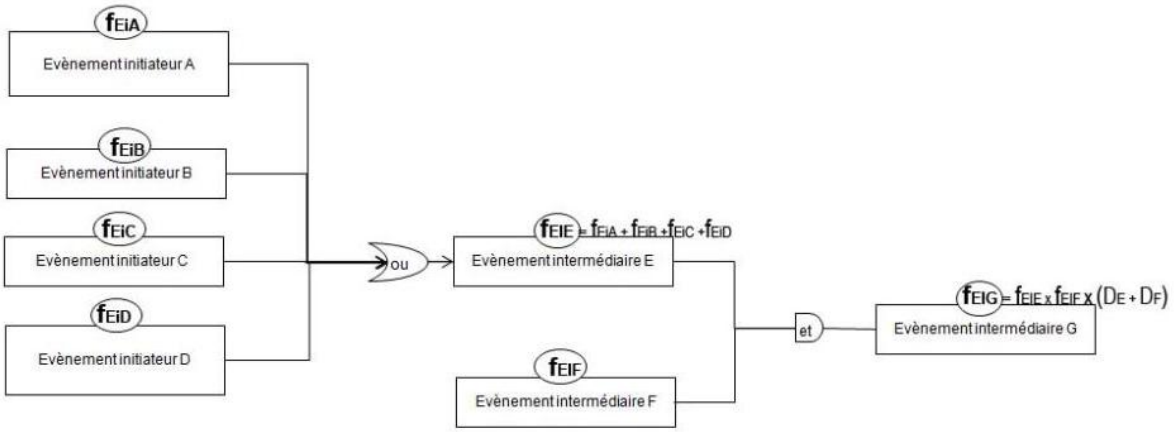



**Figure 2 : Illustration de portes « ET » et « OU »**

Lors de passage de portes « ET », les règles de détermination de probabilités suivantes sont appliquées :

- portes « ET » pour deux évènements initiateurs A et B en fréquence : une multiplication des deux fréquences et de la durée d'apparition des évènements à l'année :

$$f_{Ei} = f_{EIA} \, x \, f_{EIB} \, x \, (D_A + D_B)$$

- portes « ET » pour un évènement initiateur en fréquence et un évènement secondaire en probabilité (pES) :

$$f_{Ei} = f_{EI} \, x \, p_{ES}$$

Lors de passage de portes « OU », la règle de détermination de probabilités est réalisée par l'addition des fréquences des évènements initiateurs:

$$f_{Ei} = f_{EIA} + f_{EIB} + f_{EIC}$$

**Base de données :**

Afin de déterminer la fréquence d'occurrence d'un évènement initiateur, de nombreuses bases de données sont disponibles.

Il s'agit de bases de données gouvernementales telles que :

- le Reference manual BEVI risk assessment ,
- le Handbook for failure frequencies,
- le FRED 2

D'autres données sont également accessibles :

- les bases de données issues d'un retour d'expérience des sociétés spécialisées (DOROTE, CHARAD, etc.),
- des banques de données issues de guide telles que :
    - ARAMIS,
    - DRA 34 – ope J – Intégration de la dimension probabiliste dans les analyses de risques – Partie 2 données quantitatives,
    - COVO,

- OREDA,
- EIREDA,
- Guideline PERD 1989,
- Last Fire,
- LOPA,
- Base de données de DNV.

# ANNEXE N°13 :

# MÉTHODOLOGIE DE CALCUL DE L'INTENSITÉ DES PHÉNOMÈNES DANGEREUX

# I. METHODOLOGIE DE CALCUL DE L'INTENSITE DES PHENOMENES DANGEREUX

## I.1. EFFETS THERMIQUES

### I.1.1. VALEURS DE REFERENCE DES FLUX THERMIQUES

Les valeurs de référence des seuils thermiques retenues pour les installations classées sont définies dans l'arrêté du 29 septembre 2005[1]. Ces valeurs seuils sont les suivantes :

**Effets sur les structures :**

- 5 kW/m², seuil des destructions de vitres significatives ;
- 8 kW/m², seuil des effets dominos et correspondant au seuil de dégâts 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, seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes.

**Effets sur l'homme :**

- 3 kW/m² ou 600 [(kW/m²) $^{4/3}$]. s, seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine ;
- 5 kW/m² ou 1000 [(kW/m²) $^{4/3}$]. s, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine ;
- 8 kW/m² ou 1800 [(kW/m²) $^{4/3}$]. s, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

### I.1.2. MODELE DE CALCUL DES FLUX THERMIQUES

#### I.1.2.1. Méthodologie THERMAXE

*a. Equation générale du rayonnement thermique*

L'équation générale se présente sous la forme :

$$\Phi = \Phi_0 . f . \tau$$

*Avec :* *$\Phi$= flux reçu par une cible en kW/m²*
*$\Phi_0$= flux émis à la surface de la flamme en kW/m²*
*$\tau$= coefficient d'atténuation dans l'air, f= facteur de forme*

Pour pouvoir calculer la valeur numérique du flux thermique reçu par une cible, il est nécessaire de connaître le facteur de forme, le coefficient d'atténuation dans l'air ainsi que la valeur du flux thermique émis par la source.

[1] Arrêté 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

*b. Paramètres de calculs des flux thermiques*

- **Flux émis par la source $\Phi_0$**

Les valeurs des flux $\Phi_0$ ont été déterminées expérimentalement par certains organismes et sont issues de la littérature.

Des essais réalisés sur des feux de 1 à 80 m de diamètre avec différents hydrocarbures (gazole, kérosène et JP-5) ont mis en évidence que les pouvoir émissif de la flamme est fonction de la surface en feu.

La figure ci-dessous qui présente l'évolution du pouvoir émissif en fonction du diamètre équivalent de la nappe en feu, montre qu'avec cette corrélation, le pouvoir émissif est constant pour des diamètres équivalents supérieurs à 40 m et égal à 20 kW/m² :

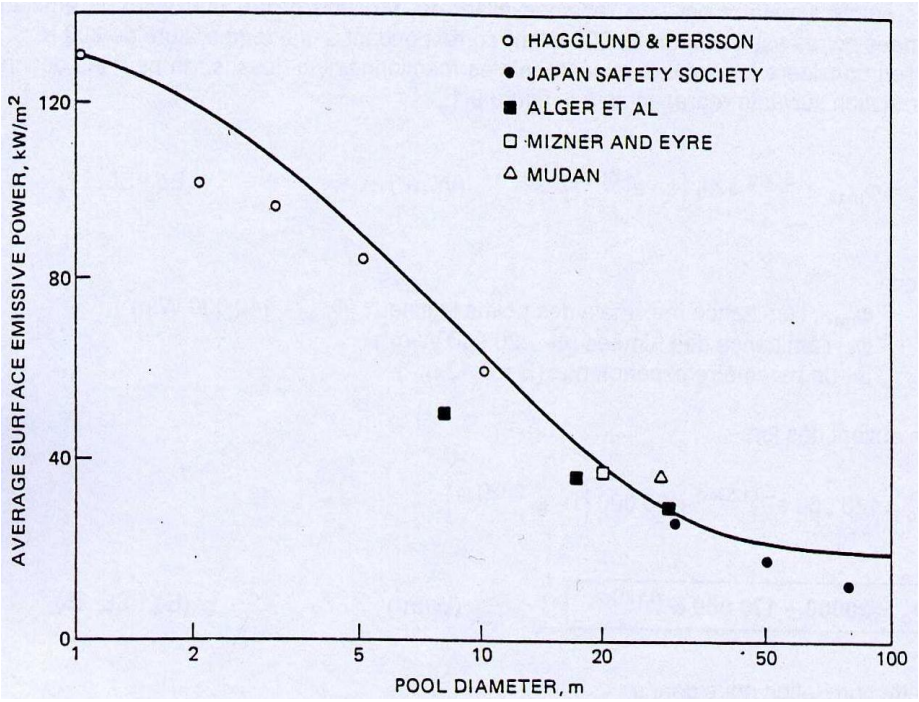



**Figure 1 : Pouvoir émissif moyen de feux d'hydrocarbures**

Par conséquent, dans le cas des grandes surfaces en feu, la corrélation de Mudan et Croce est appliquée.

Le pouvoir émissif de la flamme est donné par l'équation suivante.

$$\Phi_o = 20000 + 120000 e^{-0,12 Deq}$$

Cette corrélation est notamment utilisée par le TNO, le logiciel Fred (Shell), l'UFIP, le logiciel PHAST (DNV) et le logiciel FLUMILOG dans son modèle liquides inflammables.

- **Détermination du coefficient d'atténuation atmosphérique τ**

La relation de Brzustowski-Sommer est utilisée pour calculer ce coefficient. Elle prend en compte différents facteurs comme notamment le taux d'humidité dans l'air.

- **Détermination du facteur de forme f**

Le facteur de forme représente la fraction d'énergie émise par une surface A (incendie) et reçue par une surface B (la cible).

Le facteur de forme dépend des dimensions de la source de chaleur, de sa forme ainsi que de la distance entre la source et la cible. Il prend en compte la vision du feu en fonction de l'endroit où se trouve la cible.

Le facteur de forme est déterminé par la formule de Sparrow et Cess.

La hauteur de flamme est un élément important du dimensionnement d'un feu et de ses flammes. Le diamètre équivalent est utilisé dans le cas où le feu ne serait pas représenté sous la forme d'un cylindre vertical. Le diamètre équivalent permet de se rapporter à un cas simple (cas cylindrique) :

$$D_{eq} = 4.\frac{surface\,du\ feu}{périmètre\,du\ feu}$$ ($D_{eq}$ = Diamètre équivalent en mètre)

Pour le calcul de la hauteur de flamme, la corrélation de THOMAS est généralement utilisée. Quand cette relation est hors de son domaine de validité, une corrélation plus adaptée est prise parmi celles fournies par la bibliographie[2] (Zukoski, Heskestad). Cette hauteur de flamme dépend du diamètre équivalent calculé précédemment, du produit considéré et de l'endroit où il se consume (les vitesses de combustion sont issues de la littérature).

De plus, il est possible, lorsque la surface occupée par les matières combustibles est inférieure à la surface globale de la cellule, d'introduire un coefficient pondérateur.

Il est également possible de prendre en compte la présence de murs coupe-feu. En présence d'un mur coupe-feu, les facteurs de forme sont alors recalculés pour les zones occultées par le mur.

#### I.1.2.2. Méthodologie FLUMILOG

Le logiciel FUMILOG est utilisable dans les études de dangers relatives aux entrepôts classiques de stockage. Il peut être utilisé par extension pour les incendies de matières solides et dispose également d'un module pour les incendies de cellules de stockage de liquides inflammables. Il permet de déterminer les zones d'effets thermiques issus du rayonnement émis par les flammes et reçu à distance par des cibles potentielles.

La méthode développée par l'INERIS permet de modéliser l'évolution de l'incendie depuis l'inflammation jusqu'à son extinction par épuisement du combustible. Elle prend en compte le rôle joué par la structure et les parois tout au long de l'incendie :

- lorsqu'elles peuvent limiter la puissance de l'incendie en raison d'un apport d'air réduit au niveau du foyer,
- et lorsqu'elles jouent le rôle d'écran thermique plus ou moins important au rayonnement avec une hauteur qui peut varier au cours du temps.

Les flux thermiques sont donc calculés à chaque instant en fonction de la progression de l'incendie dans la cellule et de l'état de la couverture et des parois.

Le principe de la méthode FLUMILOG est indiqué sur le logigramme ci-après. Les différentes étapes de la méthode sont :

- Acquisition et initialisation des données d'entrée,
    - données géométriques de la cellule, nature des produits entreposés, le mode de stockage.
    - données d'entrées pour le calcul : comportement au feu des toitures et parois…

[2] The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rdEdition.

- Détermination des caractéristiques des flammes en fonction du temps (hauteur moyenne et émittance). Ces valeurs sont déterminées à partir de la propagation de la combustion dans la cellule, de l'ouverture de la toiture.
- Calcul des distances d'effet en fonction du temps. Ce calcul est réalisé sur la base des caractéristiques des flammes déterminées précédemment et de celles des parois résiduelles susceptibles de jouer le rôle d'obstacle au rayonnement.

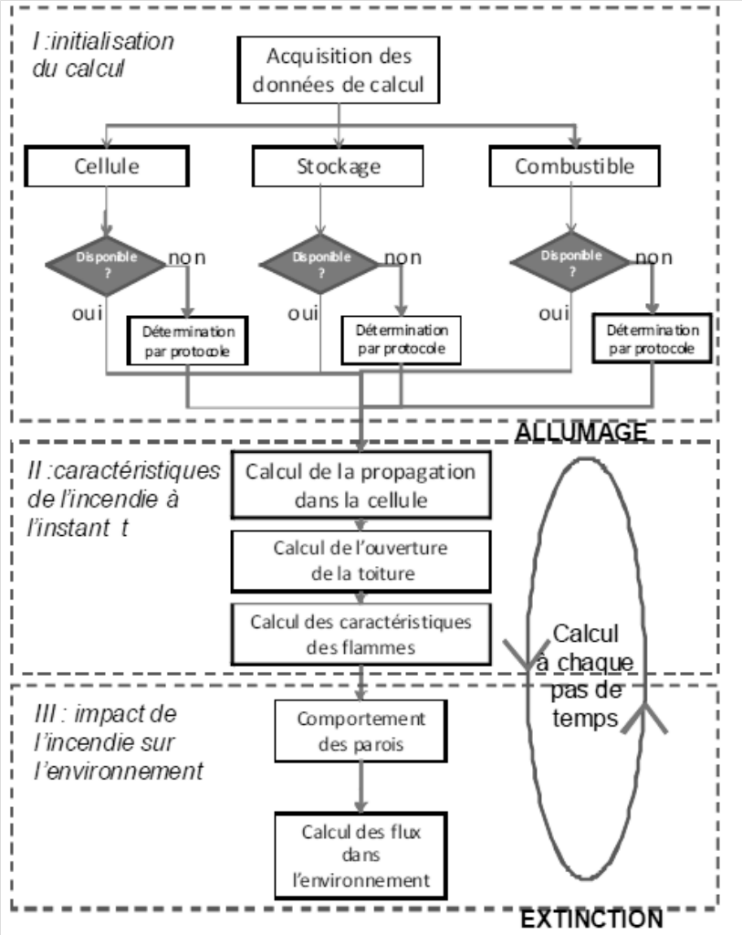



**Figure 2 : Schématisation des étapes de calcul du logiciel FLUMILOG**

# I.2. EFFETS DE SURPRESSION

## I.2.1. GENERALITES

Tout comme pour l'apparition d'un incendie, il existe des conditions d'occurrence d'une explosion :

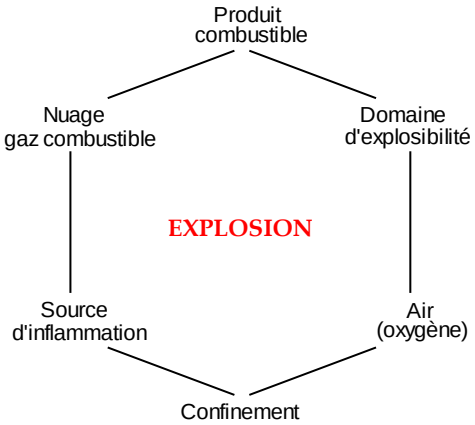



**Figure 3 : Hexagone de l'explosion**

Une explosion peut être définie comme la transformation rapide d'un système avec une libération soudaine et brutale d'énergie se traduisant, en pratique, par une expansion rapide de gaz accompagnée, éventuellement, par l'émission brutale d'un flux thermique important.

Les explosions peuvent être rangées dans différentes catégories :

- explosions d'origine physique,
- explosions d'origine chimique.

Les explosions d'origine physique sont celles dues à un gaz comprimé ou à la vapeur, à la suite de surchauffe, dans un milieu confiné.

Les explosions chimiques peuvent avoir pour origine :

- un emballement par défaut de refroidissement dans un milieu réactionnel,
- la décomposition, sous l'action de la chaleur ou d'un choc, d'une substance explosible,
- la combustion brutale d'un mélange comburant/source d'inflammation, substance combustible.

L'analyse de statistiques de 1200 explosions recensées aux USA montre que :

- 68% étaient dues à des combustibles liquides ou gazeux ou à l'émission de vapeurs inflammables ou à une fuite de gaz,
- 7% à la vaporisation brutale d'eau,
- 6% à la rupture d'un appareil sous pression,
- 5% à des réactions chimiques,
- 5% aux poussières,
- 9% à des causes diverses, principalement l'emploi d'explosif.

## I.2.2. VALEURS DE REFERENCE DES EFFETS DE SURPRESSION

Les valeurs de référence des effets des ondes de choc retenues pour les installations classées sont définies dans l'arrêté du 29 septembre 2005.

Plusieurs seuils de surpression sont utilisés afin de déterminer l'impact d'une explosion :

**Pour les effets sur les structures :**

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

**Pour les effets sur l'homme :**

- 20 mbar, seuils des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme,
- 50 mbar, seuils des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine,
- 140 mbar, seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine,
- 200 mbar, seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine.

Le tableau ci-dessous, issu de la littérature, reprend les effets sur les structures pour différents niveaux de surpression.

| Description des effets sur les structures | Surpression (mbar) |
|---|---|
| Rupture de toitures de réservoirs de stockage | 70 |
| Ruptures de liaisons entre structures métalliques (acier ou aluminium) | 70 – 140 |
| Dommages mineurs sur les structures d'acier | 80 – 100 |
| Effondrement de murs en béton | 150 – 200 |
| Effondrement des structures en acier et déplacements des fondations | 200 |
| Effondrement des structures métalliques autoportantes | 200 – 300 |
| Fissures sur des réservoirs vides | 200 – 300 |
| Légère déformation des racks | 200 – 300 |
| Chutes d'arbres | 200 – 400 |
| Ruptures et envols de bardages | 300 |
| Renfoncement des carrosseries de camions et de voitures | 350 |
| Ruptures des poteaux téléphoniques | 350 |
| Déformation des racks et ruptures de conduites | 350 – 400 |
| Dommages aux colonnes de distillation | 350 – 400 |
| Effondrement de racks | 400 – 550 |
| Renversements de wagons ferroviaires chargés | 500 |
| Effondrement de murs en briques (20-30 cm) | 500 |
| Déplacement de réservoirs et ruptures de conduites | 500 – 1 000 |
| Ruptures des soubassements de réservoirs | 1 000 |

**Tableau 1 : Effets de surpression**

## I.2.3. MODELES DE CALCUL DES EFFETS DE SURPRESSION

Deux méthodes de calcul sont utilisées en fonction du type d'explosion dans la présente étude :

- explosion de gaz en milieu ouvert : phénomène d'UVCE,
- explosion de gaz en milieu confiné : méthode Multi-Energie associée au calcul de l'énergie de Brode.

### I.2.3.1. Méthodologie de calcul d'UVCE

*a. Description du phénomène*

Le phénomène d'UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion) se matérialise par l'explosion d'un nuage gazeux à l'air libre, suite à la fuite à l'atmosphère d'une substance explosible et à l'ignition de cette masse gazeuse. Le phénomène se caractérise par :

- une onde de pression le long du nuage explosible (à partir du point d'ignition) ;
- des effets thermiques dus à la combustion de la masse gazeuse ;

Le phénomène présente généralement les phases suivantes :

- rejet à l'atmosphère du composé, sous forme gazeuse ou liquide,
- mélange avec l'oxygène de l'air pour former un nuage inflammable,
- dilution et transport du nuage de gaz dont une partie reste inflammable,
- inflammation du nuage,
- propagation d'un front de flamme des parties inflammables du nuage, ce front de flamme, associé à l'expansion des gaz brûlés, agissant à la manière d'un piston sur les gaz frais et pouvant être à l'origine d'une onde de pression aérienne (déflagration) si la vitesse de propagation est suffisante,
- éventuellement, mélange avec l'air et combustion des parties du nuage initialement trop riches en combustibles.

Note : En champ libre (milieu non encombré et non turbulent), la vitesse de propagation du front de flamme ne sera pas très élevée. Il n'y aura pas de surpression provoquée par l'inflammation du nuage de gaz ne provoquera pas d'onde de pression. On assistera alors à un phénomène de feu de nuage.

La modélisation d'un phénomène d'UVCE s'effectue en trois étapes :

- détermination du terme source, à savoir la quantité de produit émis à l'atmosphère et les conditions du rejet (diamètre fuite, vitesse, hauteur de rejet, direction du rejet),
- la modélisation de dispersion du nuage, permettant d'estimer l'expansion du nuage explosible. Cette modélisation permet d'obtenir la distance maximale à la limite inférieure d'inflammabilité qui dimensionne les effets thermiques,
- l'estimation des effets de surpressions en tenant compte de l'encombrement local.

*b. Méthode de calcul*

La méthode Multi-Energie, développée par le TNO Prins Maurits Laboratory, est une méthode de calculs des surpressions aériennes dans le cas de l'explosion de nuage, et prenant en compte les zones en champ libre et celles encombrées. Les principes de base sur lesquels repose cette méthode sont directement inspirés des mécanismes qui gouvernent le développement des explosions de gaz.

En fait, le « concept Multi-Energie » diffère des méthodes classiques en ce sens qu'une explosion de gaz n'est plus considérée comme une entité mais comme une succession «

d'explosions élémentaires » engendrées par la propagation de la flamme à travers chacune dans les diverses zones qui composent le nuage explosible.

On associe à chaque explosion « élémentaire » un indice de violence (ou de sévérité), sur une échelle de 1 à 10, qui représente la surpression maximum qui peut être obtenue dans la zone associée. L'indice 10 correspond à une détonation, les indices intermédiaires correspondant à des déflagrations à vitesses de flammes d'autant plus rapides que l'indice est élevé.

La correspondance entre les indices compris entre 1 et 10 et les niveaux de surpression maximum est rappelée dans le tableau suivant :

| Indice de la méthode (-) | Surpression maximale correspondante | |
|---|---|---|
| | (kPa) | (mbar) |
| 1 | 1 | 10 |
| 2 | 2 | 20 |
| 3 | 5 | 50 |
| 4 | 10 | 100 |
| 5 | 20 | 200 |
| 6 | 50 | 500 |
| 7 | 100 | 1000 |
| 8 | 200 | 2000 |
| 9 | 500 | 5000 |
| 10 | 2000 | 20000 |

**Tableau 2 : Correspondance entre indices et surpressions maximales**

Il existe différentes recommandation pour le choix des indices. L'une des plus largement employées est la recommandation de KINSELLA[3]. En se basant sur l'analyse d'accidents « majeurs », KINSELLA a proposé de choisir les indices de violence d'explosion en prenant en compte :

- l'énergie d'inflammation,
- le degré d'encombrement dû aux obstacles solides,
- et le degré de confinement.

### I.2.3.2. Méthodologie de calcul d'explosion de gaz

Les effets de surpression provoqués par l'éclatement de réservoir sont calculés à partir de la méthode Multi-Energie associée au calcul de l'énergie de Brode (énergie interne au sein de l'enceinte produite par l'augmentation de pression) associé à un indice multi – énergie de 10 (cas d'une détonation) qui permet d'être plus adapté au phénomène d'explosion confinée de gaz.

La modélisation des effets de pression en cas d'explosion en enceinte confinée sera conduite selon une approche pénalisante, basée sur les hypothèses suivantes :

- lorsque la surpression interne dépasse les limites de résistance des parois de l'enceinte, lesdites parois se fragmentent : l'éclatement de l'enceinte libère un souffle à l'origine d'une onde de pression aérienne qui se propage dans l'environnement,
- la propagation de l'onde de pression est sphérique,

[3] K.G. Kinsella, A Rapid assessment methodology for the prediction of vapour cloud explosion overpressure, proceedings of the International Conference and Exhibition on Safety, Health and Loss Prevention in Oil, Chemical and Process Industries, 1993

- l'onde de pression aérienne engendrée suite à l'éclatement des parois de l'enceinte est assimilée à une onde de pression émise par la détonation d'un explosif (**l'indice multiénergie sera retenu égal à 10**),
- l'énergie de pression libérée considère l'ensemble du volume de l'enceinte objet de l'explosion (approche conservative). **L'énergie est calculée à l'aide de la formule de Bröde** et de la pression d'explosion interne développée dans l'enceinte, elle-même fonction du degré de protection par surfaces légères de l'enceinte. En cas de suffisance de surface de fuite, la pression résiduelle développée dans l'enceinte sera considérée. En cas d'insuffisance de surface de fuite, la pression de ruine considérée sera la pression de ruine des parois (majorée d'un facteur de sécurité).

### *a. Principe de calcul*

La détermination de l'énergie de l'explosion d'une capacité sous pression s'effectue à partir de l'équation de Brode (en Joules) :

$$E_{Brode} = \frac{(p_1 - p_0) \cdot V_1}{\gamma_1 - 1}$$

Avec :

- $P_1$ : la pression de rupture de l'enceinte (Pa) ;
- $P_0$ : la pression de l'ambiante (Pa) ;
- $V_1$ : le volume de l'enceinte ($m^3$) ;
- $\gamma_1$ : le rapport des chaleurs spécifiques du gaz contenu dans le réservoir.

Les effets de surpression de l'explosion sont évalués à partir de l'énergie de Brode ainsi déterminée.

Le champ de surpression de l'explosion est calculé à partir d'un abaque reliant la surpression incidente générée par l'explosion à une distance réduite à l'aide de la formule suivante :

$$r = r' \left( \frac{E}{Pa} \right)^{1/3}$$

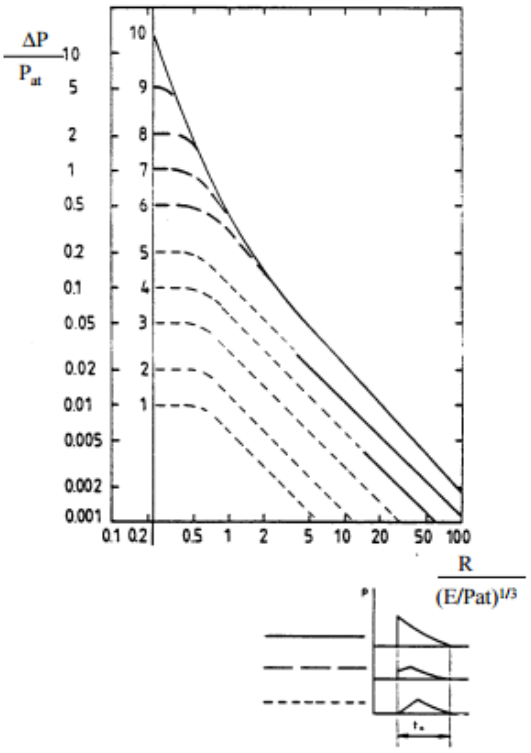



**Figure 4 : Abaque relatif à la méthode Multi-Energie**

La détermination des distances des effets de surpression s'effectue en appliquant la méthode multi énergie développée par le TNO pour un indice 10 :

| Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression | Distance des effets de surpression suivant la méthode multi énergie indice 10 (en m) |
|---|---|
| 300 mbar | 0,028 $E^{1/3}$ |

| | |
|---|---|
| 200 mbar | 0,032 $E^{1/3}$ |
| 140 mbar | 0,05 $E^{1/3}$ |
| 50 mbar | 0,11 $E^{1/3}$ |
| 20 mbar | = 2 x distance à 50 mbar |

**Tableau 3 : Calcul des distances de perception des effets de surpression**

# I.3. EFFETS TOXIQUES

## I.3.1. VALEURS DE REFERENCE DES EFFETS TOXIQUES

Les valeurs de référence des seuils de toxicité retenues pour les installations classées sont définies dans l'arrêté du 29 septembre 2005 et le « Guide technique relatif aux valeurs de référence de seuils d'effets des phénomènes accidentels des installations classées » édité en octobre 2004 par le ministère de l'écologie et du développement durable.

Trois niveaux de seuils de toxicité de référence ont été définis afin de mesurer l'impact d'une situation accidentelle :

- le Seuil des Effets Irréversibles (SEI) : concentrations au-delà desquelles les effets du polluant sur la santé sont irréversibles (zone des dangers significatifs pour la vie humaine),
- le Seuil des premiers Effets Létaux (SpEL) : concentrations au-delà desquelles les effets du polluant entraînent la mort, correspondant à une CL (concentration létale) de 1 % (zone des dangers graves pour la vie humaine),
- le Seuil des Effets Létaux significatifs (SELs) : concentrations au-delà desquelles les effets du polluant entraînent la mort, correspondant à une CL (concentration létale) de 5 % (zone des dangers très graves pour la vie humaine).

## I.3.2. MODELE DE CALCUL DE LA DISPERSION

La modélisation de dispersion atmosphérique est réalisée à l'aide du logiciel PHAST (Process Hazard Analysis Software Tool) v.7.11 développé par la société DNV Software.

Ce logiciel est aujourd'hui le logiciel commercial le plus fréquemment utilisé dans les modélisations des études des dangers. Les résultats de différentes simulations de scénarii accidentels réalisées par l'INERIS (INERIS, Evaluation des versions 6.0 et 6.1 de PHAST, 2002), montrent que les modèles implémentés dans le logiciel PHAST sont adaptés à la modélisation de la dispersion atmosphérique de gaz dans l'environnement.

Les calculs de dispersion atmosphérique enchaînent plusieurs modèles différents en fonction des caractéristiques thermocinétiques du terme source et de l'évolution des caractéristiques physico-chimiques du mélange air/produit.

- Tout d'abord le logiciel utilise un modèle intégral de type « jet libre turbulent » (horizontal, vertical ou incliné). Ce modèle permet de décrire la dispersion atmosphérique dans la zone proche du rejet lorsque son énergie cinétique et sa densité sont encore importantes. Le gradient de vitesse entre l'air ambiant et le jet induit une turbulence importante (formation de vortex) localisée principalement en bordure de nuage.

  Ceci provoque l'entraînement d'air atmosphérique à l'intérieur du jet. Ce phénomène a pour conséquence d'une part un ralentissement du jet par échange de quantité de mouvement, et d'autre part la diminution de la densité du panache. Lorsque la

densité du jet tend vers la densité de l'air ambiant et la vitesse du jet vers la vitesse du vent, le gaz peut être considéré comme un gaz passif.

- Le logiciel utilise ensuite soit :
  - un modèle de type « gaz lourd », qui permet de gérer la dispersion gaussienne de type gaz lourd, notamment en prenant en compte l'interaction panache sol,
  - un modèle de panache gaussien de type « gaz passif ».

Le logiciel utilise automatiquement le modèle adapté aux conditions thermocinétiques du jet. Il gère également les transitions et le passage d'un modèle à un autre en fonction de différents critères. Il peut être cité par exemple l'écart de vitesse entre le jet et le vent, l'écart de la masse volumique du jet et de l'air ambiant, etc.

L'enchaînement de plusieurs types de modèles permet, dans une certaine mesure, de pallier la faiblesse des modèles gaussiens de dispersion en champ proche.

Les calculs permettent d'évaluer et de visualiser les caractéristiques du panache gazeux : forme, dimensions, concentrations en fonction de la distance et du temps écoulé. Ils prennent notamment en compte les conditions météorologiques, vitesse du vent et stabilité de l'atmosphère, et le type de terrain environnant : terrain plat, zone agricole, zone industrielle ou urbaine. En revanche, l'effet du relief et des obstacles n'est pas modélisé.

## I.3.3. CONDITIONS METEOROLOGIQUES

Les paramètres les plus importants pour les problèmes liés à la dispersion atmosphérique sont :

- la direction du vent,
- la vitesse du vent,
- la température extérieure,
- la stabilité de l'atmosphère.

La stabilité de l'atmosphère est le paramètre le plus complexe à déterminer (dans la majorité des cas, elle n'est pas mesurée). Ce paramètre destiné à quantifier les propriétés diffusives de l'air dans les basses couches, conduit à distinguer six catégories de stabilité (classes de Pasquill) de l'atmosphère.

Deux situations météorologiques préconisées dans la circulaire du 10 mai 2010 et présentées ci-après sont habituellement testées :

| **Condition atmosphérique** | (D, 5) | (F, 3) |
|---|---|---|
| **Stabilité atmosphérique (Classe de Pasquill)** | D (stable) | F (très stable) |
| **Vitesse du vent** | 5 m/s | 3 m/s |
| **T ambiante** | 20 °C | 15 °C |
| **Humidité relative** | 70 % | 70 % |
| **Rugosité** | 0,1 m | 0,1 m |

**Tableau 4 : Conditions météorologiques retenues**

La valeur du paramètre de rugosité retenue correspond à une valeur standard pour des modélisations de rejets avec le logiciel PHAST sur un terrain plutôt dégagé en termes de constructions.

La condition (D, 5) permet de représenter une situation courante (condition atmosphérique neutre et vitesse de vent de 5 m/s) et la condition (F, 3) permet une évaluation des conséquences dans des conditions défavorables (atmosphère très stable et vent de 3 m/s).

Dans le cas d'un rejet en altitude, d'un rejet vertical ou d'un rejet d'un gaz léger, les situations météorologiques présentées ci-après sont également testées :

| **Condition atmosphérique** | (A, 3) | (B, 3) | (B, 5) | (C, 5) | (C, 10) | (E, 3) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Stabilité atmosphérique (Classe de Pasquill)** | A | B | B | C | C | E |
| **Vitesse du vent** | 3 m/s | 3 m/s | 5 m/s | 5 m/s | 10 m/s | 3 m/s |
| **T ambiante** | 20 °C | 20 °C | 20 °C | 20 °C | 20 °C | 20 °C |
| **Humidité relative** | 70 % | 70 % | 70 % | 70 % | 70 % | 70 % |

**Tableau 5 : Conditions météorologiques retenues dans le cas d'un rejet vertical**

## I.3.4. LIMITES DU LOGICIEL PHAST

Les paragraphes suivants présentent les limites du modèle de dispersion utilisé par le logiciel PHAST.

### I.3.4.1. Champ proche et lointain

Le modèle peut produire des résultats discontinus en champ proche en raison d'effets de transition entre le modèle de gaz lourd et le modèle de gaz passif. La transition gaz lourd/gaz passif peut être influencée par certaines configurations de rejet telles que la hauteur de rejet ou la condition météorologique. Cette transition est susceptible de jouer significativement sur les distances d'effets en champ lointain.

Le modèle utilisé par le logiciel PHAST est valide pour des distances comprises entre 20 m et quelques km ou au cas par cas entre 0 et 20 m[4].

### I.3.4.2. Temps de moyennage (averaging time)

Le choix de « l'averaging time » dans les logiciels faisant appel à des modèles Gaussien peut impacter significativement les distances d'effets. Ce paramètre correspond à une correction des concentrations moyennes sur l'axe du nuage en fonction de la durée effective d'observation du nuage (équivalent à la durée d'exposition pour les toxiques ), afin de tenir compte des fluctuations de direction du vent pendant la durée d'observation.

Le concepteur du logiciel PHAST recommande de considérer une valeur de temps de moyennage égale à la durée d'exposition des personnes[5]. Il recommande également d'ajuster la valeur du « core averaging time » (durée de moyennage dans la phase de calcul) à celle de l'« averaging time » (utilisée dans la phase de post-traitement).

[4] La dispersion atmosphérique, Ministère de l'Ecologie et du développement durable, 2008.
[5] Witlox, H. W. M., 2005: Averaging-Time effects for toxic releases, DNV report.

## I.3.5. METHODOLOGIE D'ETUDE DES FUMEES D'INCENDIE

La méthodologie d'étude des fumées d'incendie considère un feu en milieu ouvert (cas typique d'un bâtiment dont le toit s'est effondré, caractéristique d'un incendie au maximum de sa force), dans ce cas, la combustion est limitée par la combustibilité des produits.

La méthode est décrite ci-après.

### I.3.5.1. Puissance de l'incendie

La puissance thermique émise par le foyer est évaluée à partir de la formule :

$$Q = m''. S . PCI$$

Avec : S - surface du combustible en feu (m²) et m'' - vitesse de combustion (g/m²/s).

### I.3.5.2. Flux massique

Il est déterminé comme suit :

- détermination des produits entreposés et leur composition,
- définition de la vitesse de décomposition ou de combustion de ces mêmes produits. Un taux de combustion considéré comme représentatif de l'incendie est retenu,
- à partir de la surface de stockage considérée, détermination de la quantité de produit décomposée ou brûlée (en kg/s),
- sauf contre-indication, il est supposé que la totalité du produit se décompose ou brûle de façon complète. Cette hypothèse permet de calculer les flux de polluants émis en kg/s.

Les quantités de chacun des gaz émis, calculées à partir des formules chimiques des composés participant à l'incendie, sont définies à partir des hypothèses de décomposition/recomposition suivantes (source rapport INERIS Ω16 DRA N° 46055-CL57149) :

| | |
|---|---|
| **1 atome de Carbone (C) donne :** | 0,9 $CO_2$ |
| | 0,1 CO |
| **1 atome d'Azote (N) donne :** | 0,6 $N_2$ |
| | 0,2 $NO_2$ |
| | 0,2 HCN |
| **1 atome de Chlore (Cl) donne :** | 1 HCl |

**Tableau 6 : Hypothèses de décomposition / recomposition lors des réactions de combustion**

### I.3.5.3. Dilution des gaz toxiques par l'air entrainé

D'après Heskestad (1984), le débit total D de fumées traversant la section à la hauteur d'émission peut être relié à la puissance thermique totale dégagée par l'incendie au moyen de la relation suivante:

$$D = 3{,}24.Q$$

### I.3.5.4. Vitesse d'éjection

La vitesse d'émission des fumées est établie à partir des travaux d'Heskestad (*The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3ème édition*) :

$$V = 0{,}54 \text{ x } (\Delta T \text{ x } Q)^{1/5}$$

#### I.3.5.5. Hauteur du rejet

Dans le cas d'un incendie en milieu ouvert, la hauteur du rejet peut être déterminée de deux façons :

- si un calcul de flux thermique a été réalisé, la hauteur de rejet est déterminée en considérant qu'elle est égale à la hauteur de flamme.
- si aucun calcul de flux thermique n'a été réalisé, la formule de Heskestad doit être utilisée. La hauteur de rejet est alors déterminée à partir de la puissance thermique convectée, Qc. Cette puissance est égale à la puissance thermique totale, Qt, multipliée par un facteur convectif, α, qui correspond à la fraction (en %) de la puissance thermique totale transférée par convection (a priori ≥ à 60%).

$$h = 0.166 * \left[ \left( 10^{-3} * \alpha * Q_t \right) \right)^{0.4} \right]$$

Qt est déterminé de la façon suivante :

$$Qt = m'' \times A \times PCI$$

avec : $m''$ : vitesse spécifique de combustion (g/m²/s)
A : surface du combustible en feu (m²)
PCI : chaleur de combustion du combustible (J/kg)

A la hauteur de rejet, l'écart moyen de température entre les fumées et l'air ambiant est de 250 K d'après Heskestad (1984).

# ANNEXE N°14 :

# ANALYSE DU RISQUE FOUDRE ET ÉTUDE TECHNIQUE FOUDRE

RG Consultant
INGÉNIERIE FOUDRE

25 Avenue des Saules (Métro B) – 69600 OULLINS – France
Tél. +33 (0)4 37 41 16 10 * Fax +33 (0)4 72 30 13 36

8 Rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France
Tél. +33 (0)2 30 02 79 98

Qualifoudre INERIS
N° 071179534036

info@rg-consultant.com
www.rg-consultant.com

FÉDÉRATION CINOV
N° d'adhésion 2508

# ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SELON NF EN 62305-2

# CHIMIREC

## SITE DE CARQUEFOU (44)

*SARL **RG Consultant** au capital de 20 000 Euros - R C S LYON 409733995 - SIRET 40973399500032*
*APE 7490 B (Ingénieur conseil) T.V.A. FR 52 409 733 995*
*CIC RHONE SUD ENTREPRISES 10096 18506 00067915801 21*
*Organisme de formation n° 826906449*

# ANALYSE DU RISQUE FOUDRE SELON NF EN 62305-2

# CHIMIREC

## SITE DE CARQUEFOU (44)

| Référence document |
|---|
| **RGC 23630** |


**RESUME :**

Ce document représente l'Analyse du Risque Foudre d'un site industriel de la société **CHIMIREC** sur la commune de **CARQUEFOU** dans le département de la **Loire-Atlantique** (44).

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

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


| Rédacteur | Vérification | Révision |
|---|---|---|
| Nom : **Martin GOIFFON**<br>Date : 25/04/2018<br>Visa | Nom : **Yoni GARCIA**<br>Date : 30/04/2018<br>Visa | **A** |

Diffusion :**GROUPE AXE**

Rue Urbain Leverrier
351170 BRUZ
Tél : 02.99.52.52.12

*1 ex. PDF*


**RG Consultant Arc Atlantique**

8 rue Jean Jaurès
35000 Rennes
Tél : +332 30 02 79 98

Email : info@rg-consultant.com


*Archive papier et informatique*

## TABLE DES MODIFICATIONS

| Rév | Chrono secrétariat | Date | Objet |
|---|---|---|---|
| A | RGC 23630 | 25/04/2018 | Analyse du Risque Foudre |

## LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR AXE

| INTITULE | N°/ Fournis |
|---|---|
| Plan de masse (pdf) | 20/12/2017 |
| DDAE par GROUPE AXE | Février 2018 |

L'ARF ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **AXE**, commanditaire de cette étude. Il appartient au destinataire de l'étude de vérifier que les hypothèses prises en compte et énumérées dans le descriptif ci-après sont correctes et exhaustives.

# SOMMAIRE

**1. INTRODUCTION ..... 5**

1.1 OBJET ..... 5

**2. PRESENTATION GENERALE DU SITE ..... 6**

2.1 GENERALITES ..... 6
2.2 CARACTERISTIQUES DU RESEAU DE PUISSANCE ..... 7
2.3 CARACTERISTIQUES DU RESEAU DE TELECOMMUNICATION ..... 7
2.4 PROTECTION INCENDIE ..... 7
2.5 CHEMINEMENT DES RESEAUX ..... 7
2.6 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES ..... 8
2.7 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS ..... 8

**3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES ..... 8**

3.1 TEXTES REGLEMENTAIRES ..... 8
3.2 NORMES DE REFERENCES ..... 8

**4. MÉTHODOLOGIE ..... 9**

4.1 PRESENTATION GENERALE ..... 9
4.2 LIMITE DE L'A.R.F ..... 10
4.3 PRINCIPE DE L'ANALYSE PROBABILISTE : CALCUL DE R1 ..... 10

**5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTES ..... 13**

5.1 SITUATIONS REGLEMENTAIRES ..... 13
5.2 POTENTIELS DE DANGER ..... 13
5.3 ZONES A RISQUES D'EXPLOSION ..... 13
5.4 EVENEMENTS INITIATEURS ..... 14
5.5 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES ..... 15
5.6 INSTALLATIONS A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DE RISQUE FOUDRE ..... 16

**6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE FOUDRE ..... 17**

6.1 DONNEES GENERALES ..... 17
6.2 BATIMENT DE STOCKAGE ..... 18
*6.2.1 Structure ..... 18*
*6.2.2 Données et caractéristiques de la structure ..... 18*
*6.2.3 Données et caractéristiques des services ..... 19*
*6.2.4 Données et caractéristiques de la zone ..... 21*
*6.2.5 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) ..... 23*
6.1 BATIMENT DIND ..... 26
*6.1.1 Structure ..... 26*
*6.1.2 Données et caractéristiques de la structure ..... 26*
*6.1.3 Données et caractéristiques des services ..... 27*
*6.1.4 Données et caractéristiques de la zone ..... 29*
*6.1.5 Calculs du risque R1 (perte de vie humaine) ..... 31*

**7. SYNTHESE ..... 32**

# ANNEXES

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

**Annexe 2** : Liste des paramètres

**Annexe 3** : Lexique

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 Objet

Dans le cadre de la modification de ses activités sur le site anciennement **UNIVAR** de **CARQUEFOU** dans le département de la **Loire-Atlantique** (44), une Analyse de Risque Foudre est réalisée.

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

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

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

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

## 2. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU SITE

### 2.1 Généralités

**Plan n°1** : Site CHIMIREC (Source Google Earth)

La société **CHIMIREC** envisage le démarrage d'une activité de tri, transit, regroupement et prétraitement de déchets industriels dangereux.
Le site sera composé aux termes de ses évolutions des installations suivantes :

- Un hall DIND,
- Un bâtiment abritant les bureaux et locaux sociaux,
- Un bâtiment de stockage,
- Des zones de stockage extérieures,
- Deux cuvettes abritant 28 cuves de stockage,
- Une aire de dépotage/empotage extérieure,
- Un pont bascule,
- Un local abritant un surpresseur RIA,
- Un conteneur et sa cuve de surpression Sprinkler,
- Une unité de filtration et de dépollution au charbon,
- Des aires de parking,
- Un bassin d'orage et de rétention.

### 2.2 Caractéristiques du réseau de puissance

Le site est alimenté par une ligne basse tension souterraine issue d'un transformateur HT/BT en bordure de site vers un TGBT en zone administrative.
Le régime de neutre du site est TNS ou TT.

L'unité de filtration charbon est alimentée depuis le poste HT/BT via une ligne indépendante.

### 2.3 Caractéristiques du réseau de télécommunication

Le site est raccordé au réseau ORANGE via une ligne souterraine 104 paires de nature inconnue vers la zone administrative.

Les lignes de sécurité suivantes ont pu être recensées:
- Ligne report d'alarme intrusion/incendie vers société de télésurveillance et astreinte.

### 2.4 Protection incendie

Les mesures de prévention et d'extinction suivantes sont présentes :
- Extincteurs et RIA,
- Sprinklage sur certaines cellules du futur bâtiment de stockage,
- Sprinklage sur aire dépotage/empotage,
- Sprinklage sur cuvettes,
- Motopompe Sprinkler,
- Motopompe RIA,
- Détecteur multi ponctuel sur bâtiment DIND,
- Centrale d'alarme Motopompe Sprinkler,
- Centrale d'alarme Motopompe RIA,
- Détection incendie et déclencheurs manuels,
- Centrale de détection flamme sur cellules inflammables du futur bâtiment de stockage,
- SDI+CMSI sur zone administrative,
- Murs coupe-feu 2h entre certaines cellules du futur bâtiment de stockage,
- Poteaux et bassin incendie.

### 2.5 Cheminement des réseaux

| Zone | Lignes connectées | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Longueur (m) | Nom | Relié à | Type |
| Bâtiment de Stockage | 100 | Alimentation BT | Bâtiment administratif | Souterrain |
| | 100 | Téléphonie | Bâtiment administratif | Souterrain |
| Bâtiment DIND | 65 | Alimentation BT | Bâtiment administratif | Souterrain |
| | 65 | Téléphonie | Bâtiment administratif | Souterrain |

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

### 2.6 Liste des canalisations entrantes et sortantes

| Zone | Nom |
|---|---|
| Site | Canalisation RIA |
| | Canalisations Sprinkler |
| | Canalisations fluides déchets |

**Source :** Selon infos clients

### 2.7 Mise à la terre des installations

- Canalisation fluides déchets :

Les différentes canalisations de fluides présentes au niveau des cuvettes et de la zone de dépotage sont raccordées à la terre via un réseau général de terre de chaque cuve.
Les différentes brides de canalisations sont shuntées.

- Canalisation Sprinkler :

Les différentes brides de canalisations sont shuntées.

- Canalisation RIA bâtiment DIND :

Une canalisation RIA est raccordée à la terre électrique via une tresse en cuivre nu de section 16mm².

## 3. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES

### 3.1 Textes réglementaires

**Arrêté du 4 octobre 2010** modifié par **l'arrêté du 11 mai 2015** relatif à la protection contre la **foudre** de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.

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

### 3.2 Normes de références

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

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

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

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

# 4. MÉTHODOLOGIE

## 4.1 Présentation générale

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

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

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

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

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

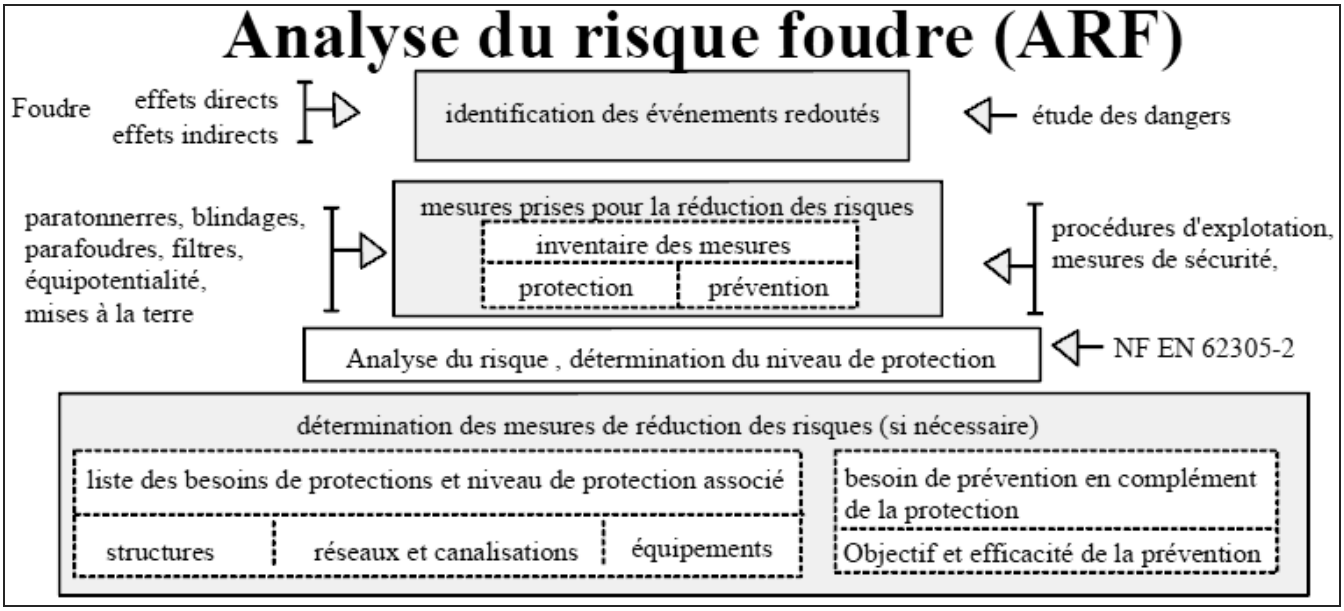
L'Analyse du Risque Foudre identifie :

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

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

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

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




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

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

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

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

- Détail du calcul

Le risque total calculé R1 est la somme des composantes des risques partiels : $R_A$, $R_B$, $R_C$, $R_M$, $R_U$, $R_V$, $R_W$, $R_Z$ appropriés, voir explication ci-dessous.

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

$R_A + R_B + R_C^{*}$ → Impact sur la structure

$R_M^{*}$ → Impact sur le service

$R_U + R_V + R_W^{*}$ → Impact à proximité du service

$R_Z^{*}$ → Impact à proximité de la structure

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

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

$$R_x = N_x \times P_x \times Lx$$

Où
**N** désigne le nombre annuel d'évènements dangereux ou de coups de foudre
**P** est la probabilité de dommages dus à l'un de ces coups provoquant ces dommages
**L** est un coefficient de pertes prenant en compte le type de dommage

Les huit composantes sont définies comme suit :

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

- Acceptabilité du risque

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

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

Si **R1 > $R_T$**
→ Il faut prévoir des mesures de protection pour réduire Rc afin qu'il soit <ou= à Rt.

Si **R1 ≤ $R_T$**
→ Une protection contre la foudre n'est pas nécessaire.

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

- Mesures de réduction des risques

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

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

# 5. NATURES DES ÉVÈNEMENTS REDOUTÉS

## 5.1 Situations réglementaires

Les activités classées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont fixées par un arrêté préfectoral et visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

Les rubriques concernées par l'arrêté sont les suivantes :

- Sous le régime d'Autorisation : 3550, 3510, 2790-1, 2718-1,

Les effets de la foudre présentent des risques de toute nature dont les conséquences sont plus ou moins graves. L'étude de ces risques permet de déterminer les actions à entreprendre pour les minimiser.

Elle conduit à déterminer les niveaux de protection à mettre en place, afin de les rendre acceptables d'une part, pour la qualité de l'environnement, la sécurité des personnes, la sûreté des installations dans un cadre réglementaire et d'autre part, pour la continuité de l'exploitation dans un cadre volontaire.

## 5.2 Potentiels de danger

Nous ne disposons d'aucune information à ce stade de l'étude sur les éventuels dangers sur site.

Nous estimons qu'en raison des activités, les évènements majorants redoutés sont les suivants :

- Un incendie principalement au niveau des installations de stockage.
- Une explosion dans les locaux ATEX,
- Un danger pour l'environnement en cas de déversement de produit dangereux ou de surpression,

## 5.3 Zones à risques d'explosion

Aucune information ne nous a été transmise à ce stade de l'étude concernant les éventuelles zones ATEX sur site. Nous considérons néanmoins les zones suivantes :

- Cellule aérosols,
- Cellule produits inflammables.

### 5.4 Evénements initiateurs

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

Elle peut soit :

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

| **Inflammation ou explosion d'un nuage gaz** |
|---|
| Ce cas peut arriver par impact direct dans un volume de vapeur ou de gaz.<br>La température de l'arc (30 000°) est très nettement supérieure aux températures d'inflammation et d'explosion.<br>Il est aggravant dans toutes les zones explosibles externes. |
| **Réalisation de points chauds à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques** |
| Ce cas peut arriver à l'attachement du canal de foudre sur les structures métalliques. A cet endroit (sur quelques cm²) la température est telle qu'elle entraîne une fusion du métal en présence. La durée d'activation est courte, quelques secondes.<br>Il est aggravant si le point chaud fait tomber des particules en fusion vers des zones explosibles ou inflammables.<br>Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm, et à proximité des zones explosibles ou inflammables. |
| **Etincelage résultant de différences de potentiel d'éléments de structure entre eux** |
| Ce cas peut intervenir si les structures d'écoulement du courant de foudre capté et les structures métalliques proches qui sont au potentiel de la terre, sont à une distance inférieure à la distance de sécurité.<br>Il est aggravant s'il intervient dans toute zone explosible ou inflammable, ou s'il détruit un équipement de sécurité. Il est aggravant pour les joints isolants de canalisations. |
| **Percement de conteneur ou de canalisation** |
| Ce cas peut intervenir sur impact direct d'une canalisation métallique ou d'une cuve dont l'épaisseur n'est pas suffisante pour résister à la fusion.<br>Il est aggravant pour tous les réservoirs ou les canalisations dont l'épaisseur est inférieure à 5 mm. |
| **Incendie ou destruction des structures d'un bâtiment** |
| Ce cas peut se produire par explosion à l'impact des matériaux non conducteurs utilisés dans la structure ou par incendie des matériaux constitutifs sur courant de suite. Il est aggravant dans le cas de structures entièrement construites avec des pierres, du bois avec un risque pour le personnel interne. |
| **Coup direct sur des éléments externes aux structures de bâtiment** |
| Ce cas concerne les lampadaires, les sirènes, les cheminées, les évents, les capteurs disposés en hauteur…<br>Il est aggravant si ces équipements contribuent à la sécurité du site, si la collecte du courant de foudre vient à détruire un équipement IPS ou conduire à un étincelage en zone explosible ou inflammable. |
| **Surtensions électriques par effets directs ou indirects** |
| Ce cas peut intervenir en cas de circuits électriques exposés comme les lignes aériennes ou ceux présentant des boucles importantes de capture du champ électromagnétique rayonné par la foudre. Il peut intervenir également en cas de différences de potentiel de terre sur un impact de foudre proche.<br>Il est aggravant pour les équipements qui contribuent à la sécurité du site. Il l'est surtout dans le cas de claquages ou courts-circuits qui interviendraient dans une zone explosible. |
| **Effets sur les personnes** |
| Ce cas peut intervenir en cas de coup direct ou de tension de pas ou de toucher, d'une personne exposée au voisinage d'une structure impactée. Ce cas n'est pas lié aux effets sur l'environnement mais à ceux liés à un impact direct à proximité.<br>Il est dans tous les cas aggravant. |

***Tableau n° 1 :*** *Interaction foudre/équipements*

### 5.5 Mesures de Maîtrise des Risques

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

| Organes de sécurité | Susceptibilité à la foudre |
|---|---|
| Motopompe Sprinkler | Oui |
| Motopompe RIA | Oui |
| Détecteur multi ponctuel sur bâtiment DIND | Oui |
| Centrale d'alarme Motopompe Sprinkler | Oui |
| Centrale d'alarme Motopompe RIA | Oui |
| SDI+CMSI sur zone administrative | Oui |
| Sonde de détection de niveaux | Oui |
| Dispositif d'obturation rejets eau (Surpresseur) | Oui |

***Tableau n° 2 :*** *Liste des équipements de sécurité*

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

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

| Bâtiments / Installations | Traitement statistiques selon la norme NF EN 62305-2 | Traitement déterministe[1] |
|---|---|---|
| **Bâtiment de stockage** | X | |
| **Bâtiment DIND** | X | |
| **Cuvettes 1 et 2** | | X |
| **Aire de dépotage** | | X |
| **Bâtiment administratif** | | X |

**<u>Méthode déterministe</u>[1] :**

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

Par conséquent, quelque soit la probabilité d'impact, une structure ou un équipement défini comme **I**mportant **P**our la **S**écurité, sera protégé si l'impact peut engendrer une conséquence sur l'environnement ou sur la sécurité des personnes.

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

# 6. CALCULS PROBABILISTES DU RISQUE FOUDRE

## 6.1 Données générales

| DENOMINATION | VALEURS RETENUES |
|---|---|
| Densité moyenne de points de contact (Nsg) pour le département de la Loire-Atlantique (44) données fournies par METEORAGE | Nsg = 0,33 (coups de foudre / km² / an) |
| Résistivité du sol | 500 Ωm* (valeur par défaut) |

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

## 6.2 Bâtiment de stockage

### 6.2.1 Structure

| | |
|---|---|
| **Contenu** | Cellules de Stockage, réception, tri, déconditionnement, pompage, lavage et déchiquetage |
| **Dimension** | 42,0 m x 37,0 m x 6,0 m |
| **Structure** | Structure béton armé ou métallique, charpente inconnue, murs séparatifs REI120 sur certaines cellules, toiture bac acier |
| **Dangers** | Incendie, danger pour l'environnement |
| **Réseau de terre** | Aucune information sur un éventuel réseau de terre |

### 6.2.2 Données et caractéristiques de la structure

| *Paramètres / Facteurs* | *Symbole* | *Valeurs retenues* | *Signification* |
|---|---|---|---|
| ***Aire équivalente*** | $A_{d/b}$ | 5,42 E-03 km² | Surface d'exposition aux impacts |
| ***Emplacement de la structure*** | $C_{d/b}$ | 0,25 | Entouré d'objets plus hauts |
| ***Protection existante contre les effets directs*** | $P_B$ | 1 | Structure non protégée par SPF |
| ***Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure*** | $K_{S1}$ | 1 | Aucun blindage |

**Justification des paramètres encodés**

***Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)***
Absence d'objets de hauteur plus importante à proximité.
Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

***Paramètre PB (probabilité de dommages physiques sur une structure)***
Le bâtiment n'est pas protégé par un SPF (Système de protection contre la foudre). Nous indiquons la valeur = 1
Dans un premier temps nous calculons R1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite $\mathbf{R_T}$ des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

***Paramètre Ks1 (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)***
La zone n'est pas équipée d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

### 6.2.3 Données et caractéristiques des services

Les caractéristiques retenues pour ces liaisons sont données dans le tableau ci-après.

| | ***Valeurs retenues pour les liaisons avec les bâtiments*** | |
|---|---|---|
| ***Numéro de liaison*** | ***1*** | ***2*** |
| ***PARAMETRES*** | ***Alimentation depuis bâtiment administratif*** | ***Arrivée téléphonique depuis bâtiment administratif*** |
| ***Longueur de la section du service $L_C$*** | 100 | 100 |
| ***Hauteur de la ligne si aérienne H*** | - | - |
| ***Hauteur de la structure adjacente $H_a$*** | 3,0 | 3,0 |
| ***Dimensions maximales de la structure adjacente $L_a$ x $W_a$*** | 34,0 x 15,0 | 34,0 x 15,0 |
| ***Facteur d'emplacement de la ligne $C_d$*** | 0,25 | 0,25 |
| ***Facteur d'environnement de la ligne $C_e$*** | 0,5 | 0,5 |
| ***Tension de tenue aux chocs du réseau $U_w$*** | 4 kV | 1,5kV |
| ***Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne Ks3*** | 0,02 | 0,001 |
| ***Protection surtension sur ce service $P_{SPD}$*** | 1 | 1 |

**Justification des paramètres encodés**

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

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

***Paramètres La, Wa, Ha, Hpa (caractéristiques de la structure adjacente)***

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

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

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

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

Le site se situe en zone urbaine. Nous indiquons la valeur = 0,1

**Paramètre $U_W$ (Tension de tenue au choc des matériels)**
Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 6 kV pour la ligne d'alimentation HT, 4,0 kV pour les lignes d'alimentation BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

***Paramètre $K_{S3}$ (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)***
Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur Ks3 = 0,02 car nous considérons que c'est un câble non écranté avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m².
Pour la ligne courant faible, nous choisissons la valeur Ks3 = 0,001, car nous considérons que c'est un câble avec écran de résistance $R_S$ comprise entre $5 < R_S$ 20 /km relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

***Paramètre $P_{SPD}$ (probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres)***
Le bâtiment n'est pas protégé par des parafoudres. Nous indiquons la valeur = 1

### 6.2.4 Données et caractéristiques de la zone

| *Paramètres / Facteurs* | *Symbole* | *Valeurs retenues* | *Signification* |
|---|---|---|---|
| ***Facteur de réduction associé au type de sol*** | $r_t$ | 0,01 | Béton |
| ***Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service*** | $P_{TU}$ | 1 | Aucune mesure de protection |
| ***Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure*** | $P_{TA}$ | 1 | Aucune mesure de protection |
| ***Dispositions réduisant la conséquence de feu*** | $r_p$ | 0,2 | Automatiques |
| ***Risque d'incendie de la structure*** | $r_f$ | 0,1 | Elevé |
| ***Pertes par dommages physiques (relatives à R1)*** | $L_f$ | $5 \times 10^{-2}$ | Structure Industrielle |
| ***Présence d'un danger particulier*** | $h_z$ | 50 | Contamination de l'environnement |
| ***Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)**** | $L_0$ | 0 | NA |

***Paramètre rt (facteur de réduction associé au type de sol)***
Le type de surface est en majorité du béton. Nous indiquons la valeur = 0,01.

***Paramètre $P_{TU}$ (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service)***
Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection)

***Paramètre $P_{TA}$ (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure)***
Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection)

***Paramètre rp (facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie)***
La zone sera équipée de systèmes de détection ou d'extinction automatiques (sprinkler). La valeur est = 0,2.

***Paramètre rf (facteur de réduction associé au risque d'incendie)***
Le risque d'incendie estimé est « élevé » en raison du pouvoir calorifique des matériaux stockés. La valeur est = 0,1.

***Paramètre LF (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)***
Le type de structure est industrielle, nous indiquons la valeur LF = 0,05.

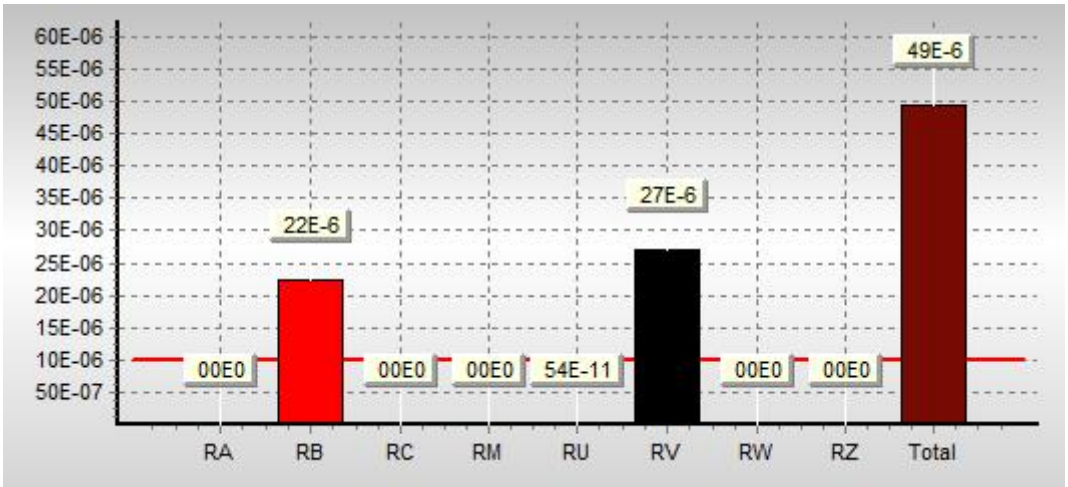
***Paramètre hz (facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial)***
Le niveau de panique est faible vu le nombre de personnes < 100.
Le risque de contamination de l'environnement a été retenu en raison des activités du bâtiment. Valeur hz = 50

***Paramètre Lo (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)***
Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur Lo = 0.

### 6.2.5 *Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)*

**Sans** protection ou mesure de prévention

| Type de pertes | Zone | Risques calculés (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| L1 | Bâtiment de stockage | 4,94 $E^{-5}$ | > | 1 x $10^{-5}$ |



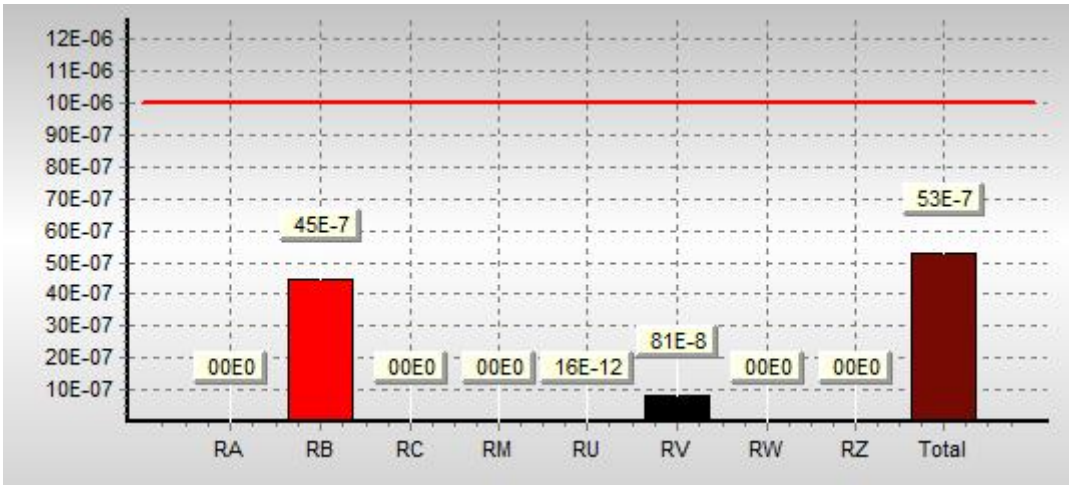

| Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 | Structure |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 2,24E-05 | | | | | 2,24E-05 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 5,41E-10 | | | | | 5,41E-10 |
| 2,70E-05 | | | | | 2,70E-05 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| **4,94E-05** | | | | | **4,94E-05** |

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

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

Analyse **avec** protections

| Type de pertes | Zone | Risques calculés (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| L1 | Bâtiment de stockage | $5,28 \times 10^{-6}$ | < | $1 \times 10^{-5}$ |




| Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 | Structure |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 4,47E-06 | | | | | 4,47E-06 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 1,62E-11 | | | | | 1,62E-11 |
| 8,11E-07 | | | | | 8,11E-07 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| **5,28E-06** | | | | | **5,28E-06** |

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

**Choix des mesures de protection**

Les composantes de risque qui influencent le plus défavorablement le résultat sont **$R_B$, et $R_V$**:

| Caractéristiques de la structure ou du système interne<br>Mesures de protection | $R_A$ | $R_B$ | $R_C$ | $R_M$ | $R_U$ | $R_V$ | $R_W$ | $R_Z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Surface équivalente d'exposition | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Résistivité de surface du sol | X | | | | | | | |
| Résistivité du sol | | | | | X | | | |
| Restrictions physiques, isolation, avertissement, isolation équipotentielle du sol | X | | | | X | | | |
| SPF | X[1)] | X | X[2)] | X[2)] | X[3)] | X[3)] | | |
| Parafoudres coordonnés | | | X | X | | | X | X |
| Ecran spatial | | | X | X | | | | |
| Réseaux externes écrantés | | | | | X | X | X | X |
| Réseaux internes écrantés | | | X | X | | | | |
| Précautions de cheminement | | | X | X | | | | |
| Réseau équipotentiel | | | X | | | | | |
| Précautions incendie | | X | | | | X | | |
| Sensibilité au feu | | X | | | | X | | |
| Danger particulier | | X | | | | X | | |
| Tension de tenue aux chocs | | | X | X | X | X | X | X |

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

2) Uniquement pour les SPF extérieurs en grille.

3) En raison des équipotentialités.

Nous préconisons alors afin de réduire ces composantes sous la valeur tolérable :

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

## 6.1 Bâtiment DIND

### 6.1.1 Structure

| | |
|---|---|
| **Contenu** | Réception, tri et pesée des DIND |
| **Dimension** | 40,0 m x 15,0 m x 8,0 m |
| **Structure** | Structure métallique, charpente métallique, toiture bac acier |
| **Dangers** | Incendie |
| **Réseau de terre** | Aucune information sur un éventuel réseau de terre |

### 6.1.2 Données et caractéristiques de la structure

| ***Paramètres / Facteurs*** | ***Symbole*** | ***Valeurs retenues*** | ***Signification*** |
|---|---|---|---|
| ***Aire équivalente*** | $A_{d/b}$ | 5,05 E-03 km² | Surface d'exposition aux impacts |
| ***Emplacement de la structure*** | $C_{d/b}$ | 0,25 | Entouré d'objets plus hauts |
| ***Protection existante contre les effets directs*** | $P_B$ | 1 | Structure non protégée par SPF |
| ***Facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure*** | $K_{S1}$ | 1 | Aucun blindage |

**Justification des paramètres encodés**

***Paramètre $C_{d/b}$ (facteur d'emplacement)***
Absence d'objets de hauteur plus importante à proximité.
Nous indiquons donc la valeur 0,5 – objet entouré par des objets plus petits.

***Paramètre PB (probabilité de dommages physiques sur une structure)***
Le bâtiment n'est pas protégé par un SPF (Système de protection contre la foudre). Nous indiquons la valeur = 1
Dans un premier temps nous calculons R1 sans mise en place d'un Système de protection foudre (SPF). S'il dépasse le risque limite $\mathbf{R_T}$ des solutions sont utilisées pour le rendre acceptable. On choisit les dispositifs de protection parmi ceux déjà en place.

***Paramètre Ks1 (facteur associé à l'efficacité de blindage d'une structure)***
La zone n'est pas équipée d'un écran spatial. Nous indiquons la valeur = 1

### 6.1.3 Données et caractéristiques des services

Les caractéristiques retenues pour ces liaisons sont données dans le tableau ci-après.

| | ***Valeurs retenues pour les liaisons avec les bâtiments*** | |
|---|---|---|
| ***Numéro de liaison*** | ***1*** | ***2*** |
| ***PARAMETRES*** | ***Alimentation depuis bâtiment administratif*** | ***Arrivée téléphonique depuis bâtiment administratif*** |
| ***Longueur de la section du service $L_C$*** | 65 | 65 |
| ***Hauteur de la ligne si aérienne H*** | - | - |
| ***Hauteur de la structure adjacente $H_a$*** | 3,0 | 3,0 |
| ***Dimensions maximales de la structure adjacente $L_a$ x $W_a$*** | 34,0 x 15,0 | 34,0 x 15,0 |
| ***Facteur d'emplacement de la ligne $C_d$*** | 0,25 | 0,25 |
| ***Facteur d'environnement de la ligne $C_e$*** | 0,5 | 0,5 |
| ***Tension de tenue aux chocs du réseau $U_w$*** | 4 kV | 1,5kV |
| ***Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne Ks3*** | 0,02 | 0,001 |
| ***Protection surtension sur ce service $P_{SPD}$*** | 1 | 1 |

**Justification des paramètres encodés**

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

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

***Paramètres La, Wa, Ha, Hpa (caractéristiques de la structure adjacente)***

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

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

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

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

Le site se situe en zone urbaine. Nous indiquons la valeur = 0,1

**Paramètre $U_W$ (Tension de tenue au choc des matériels)**
Selon le guide UTE C 15-443, la tension de tenue aux chocs est de 6 kV pour la ligne d'alimentation HT, 4,0 kV pour les lignes d'alimentation BT et de 1,5 kV pour un réseau courant faible.

***Paramètre $K_{S3}$ (Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne)***
Pour la ligne de puissance, nous choisissons la valeur Ks3 = 0,02 car nous considérons que c'est un câble non écranté avec surface de boucle de l'ordre de 0,5 m².
Pour la ligne courant faible, nous choisissons la valeur Ks3 = 0,001, car nous considérons que c'est un câble avec écran de résistance $R_S$ comprise entre $5 < R_S$ 20 /km relié à la liaison équipotentielle à ses deux extrémités et matériel connecté à la même liaison.

***Paramètre $P_{SPD}$ (probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres)***
Le bâtiment n'est pas protégé par des parafoudres. Nous indiquons la valeur = 1

### 6.1.4 Données et caractéristiques de la zone

| *Paramètres / Facteurs* | *Symbole* | *Valeurs retenues* | *Signification* |
|---|---|---|---|
| ***Facteur de réduction associé au type de sol*** | $r_t$ | 0,01 | Béton |
| ***Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service*** | $P_{TU}$ | 1 | Aucune mesure de protection |
| ***Probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure*** | $P_{TA}$ | 1 | Aucune mesure de protection |
| ***Dispositions réduisant la conséquence de feu*** | $r_p$ | 0,5 | Manuelles |
| ***Risque d'incendie de la structure*** | $r_f$ | 0,1 | Elevé |
| ***Pertes par dommages physiques (relatives à R1)*** | $L_f$ | $5 \times 10^{-2}$ | Structure Industrielle |
| ***Présence d'un danger particulier*** | $h_z$ | 2 | faible |
| ***Pertes par défaillance des réseaux internes (relatives à R1)**** | $L_0$ | 0 | NA |

***Paramètre rt (facteur de réduction associé au type de sol)***
Le type de surface est en majorité du béton. Nous indiquons la valeur = 0,01.

***Paramètre $P_{TU}$ (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur le service)***
Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection)

***Paramètre $P_{TA}$ (probabilité de blessures d'êtres vivants – impacts sur la structure)***
Nous indiquons la valeur = 1 (aucune mesure de protection)

***Paramètre rp (facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie)***
La zone sera équipée de systèmes d'extinction manuels. La valeur est = 0,5.

***Paramètre rf (facteur de réduction associé au risque d'incendie)***
Le risque d'incendie estimé est « élevé » en raison du pouvoir calorifique des matériaux stockés. La valeur est = 0,1.

***Paramètre LF (pourcentage type de pertes dans la structure relatives aux dommages physiques)***
Le type de structure est industrielle, nous indiquons la valeur LF = 0,05.

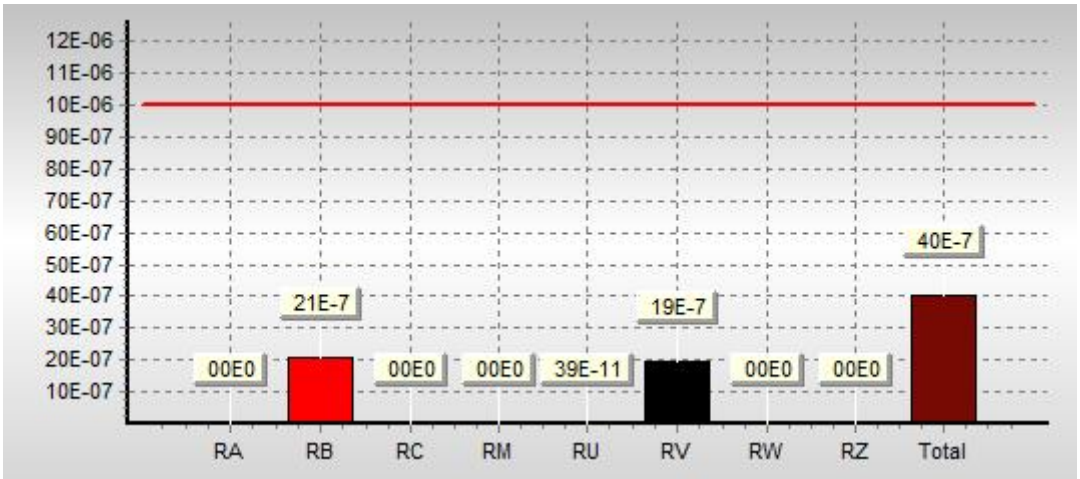
***Paramètre hz (facteur augmentant les pertes dues aux dommages physiques en présence d'un danger spécial)***
Le niveau de panique est faible vu le nombre de personnes < 100.
Le risque de contamination de l'environnement n'a pas été retenu en raison des activités du bâtiment. Valeur hz = 2

***Paramètre Lo (pourcentage type de pertes dues aux défaillances des réseaux internes)***
Aucune victime par défaillances des réseaux internes n'est à déplorer. Nous indiquons la valeur Lo = 0.

### 6.1.5 *Calculs du risque R1 (perte de vie humaine)*

**Sans** protection ou mesure de prévention

| Type de pertes | Zone | Risques calculés (Rc) | | Risques tolérables (Rt) |
|---|---|---|---|---|
| **L1** | **Bâtiment DIND** | **4,03 x $10^{-6}$** | **<** | **1 x $10^{-5}$** |




| Z1 | Z2 | Z3 | Z4 | Z5 | Structure |
|---|---|---|---|---|---|
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 2,08E-06 | | | | | 2,08E-06 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 3,90E-10 | | | | | 3,90E-10 |
| 1,95E-06 | | | | | 1,95E-06 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| 0,00E+00 | | | | | 0,00E+00 |
| **4,03E-06** | | | | | **4,03E-06** |

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

## 7. SYNTHESE

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

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

| *Structure* | *Protection effets directs* | *Protection effets indirects* |
|---|---|---|
| ***Bâtiment de stockage*** | Protection de **niveau IV** | Protection par parafoudres de **niveau IV** |
| ***Bâtiment DIND*** | Absence de nécessité de proteciton | Protection par parafoudres de **niveau IV** à titre d'optimisation |
| ***Cuvettes 1 et 2*** | Protection de **niveau IV** | Protection par parafoudres de **niveau IV** |
| ***Aire de dépotage*** | Protection de **niveau IV** | Protection par parafoudres de **niveau IV** |
| ***Bâtiment administratif*** | Absence de nécessité de proteciton | Protection par parafoudres de **niveau IV** à titre d'optimisation |
| ***MMR*** | Aucune nécessité de protection | Protection par parafoudres des installations référencées en §5.5 |
| ***Canalisations métalliques*** | Liaison équipotentielle à prévoir sur les canalisations référencées en §2.6 | Aucune nécessité de protection |

**Prévention :** Une procédure d'interdiction de dépotage et d'empotage devra être mise en place en période orageuse.

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

**NOTA :**

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

**ANNEXE 1**

**Analyse du Risque Foudre**

**NF EN 62305-2**

**L'analyse de risque est effectuée à l'aide du logiciel JUPITER VERSION 2.0 conforme à la norme <u>NF EN 62305-2</u>**

**Analyse du Risque Foudre**

# RAPPORT TECHNIQUE

## Protection contre la foudre

## Évaluation des risques
## Sélection des mesures de protection

CHIMIREC CARQUEFOU BATIMENT DE STOCKAGE

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT

2. NORMES TECHNIQUES

3. STRUCTURE A PROTEGER

4. DONNEES D'ENTREES
   4.1 Densité de foudroiement.
   4.2 Données de la structure.
   4.3 Données des lignes électriques.
   4.4 Définition et caractéristiques des zones

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

6. EVALUATION DES RISQUES
   6.1 Risque $R_1$ perte en vies humaines
      6.1.1 Calcul du risque $R_1$
      6.1.2 Evaluation des risques $R_1$

7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

8. CONCLUSIONS

9. APPENDICES

10. ANNEXES

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

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

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux
  mars 2006;

- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques
  mars 2006;

- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie
  mars 2006;

- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures
  mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.
La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiement

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

$$N_g = 0{,}3 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

**4.2 Données de la structure**

Les dimensions maximales de la structure sont :
A (m): 42 B (m): 37 H (m): 6

Le type de structure usuel est : Industrielle
La structure pourrait être soumise à :
- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :
- risque R1;

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

**4.3 Données des lignes électriques**

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:
- Ligne de puissance: Alimentation BT
- Ligne Telecom: Alimentation télécom

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

**4.4 Définition et caractéristiques des zones**

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

sont définies les zones suivantes :

Z1: Structure

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

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

La surface d'exposition Ad due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.
La surface d'exposition Am due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.
Les surfaces d'exposition Al et Ai pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.
Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.*
Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée.*

## 6. EVALUATION DES RISQUES

### 6.1Risque R1: pertes en vies humaines

#### 6.1.1 Calcul de R1

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

Z1: Structure
RB: 2,24E-05
RC: 0,00E+00
RM: 0,00E+00
RU(CFO): 2,70E-10
RV(CFO): 1,35E-05
RW(CFO): 0,00E+00
RZ(CFO): 0,00E+00
RU(CFA): 2,70E-10
RV(CFA): 1,35E-05
RW(CFA): 0,00E+00
RZ(CFA): 0,00E+00
Total: 4,94E-05

Valeur du risque total R1 pour la structure : 4,94E-05

#### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total R1 = 4,94E-05est plus grand que le risque tolérable RT = 1E-05, et il est donc nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire. composantes du risque qui constituent le risque R1, indiquées en pourcentage du risque R1 pour la structure, sont énumérées ci-dessous.

Z1 - Structure
RD = 45,2516 %
RI = 54,7484 %
Total = 100 %
RS = 0,0011 %
RF = 99,9989 %
RO = 0 %
Total = 100 %

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

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

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

Z1 - Structure (100 %)
- essentiellement due àdommages physiques
- principalement en raison de coups de foudre frappant la structure et coups de foudre influençant la structure, mais ne la frappant pas directement
- la principale contribution à la valeur du risque R1 à l'intérieur de la zone est déterminée suivant

les composantes du risque :
RB = 45,2516 %
dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la structure
RV (CFO) = 27,3736 %
dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne
RV (CFA) = 27,3736 %
dommages physiques dus à des coups de foudre frappant la ligne

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Afin de réduire le risque R1 au-dessous du risque tolérable RT = 1E-05, il est nécessaire d'agir sur les éléments de risque suivants:
- RB dans les zones:
  Z1 - Structure
- RV dans les zones:
  Z1 - Structure

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

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

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

- installer un Paratonnerre de niveauIV (Pb = 0,2)

- Pour la ligneLigne1 - Alimentation BT:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV
- Pour la ligneLigne2 - Alimentation télécom:
  - Parafoudre d'entrée - niveau: IV

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

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

Zone Z1: Structure
Pa = 1,00E+00
Pb = 0,2
Pc (CFO) = 1,00E+00
Pc (CFA) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (CFO) = 1,00E-04
Pm (CFA) = 1,00E-04
Pm = 2,00E-04
Pu (CFO) = 3,00E-02
Pv (CFO) = 3,00E-02
Pw (CFO) = 1,00E+00
Pz (CFO) = 2,00E-01

Pu (CFA) = 3,00E-02
Pv (CFA) = 3,00E-02
Pw (CFA) = 1,00E+00
Pz (CFA) = 1,00E+00
ra = 0,01
rp = 0,2
rf = 0,1
h = 50

Risque R1: pertes en vies humaines

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

Z1: Structure
RB: 4,47E-06
RC: 0,00E+00
RM: 0,00E+00
RU(CFO): 8,11E-12
RV(CFO): 4,06E-07
RW(CFO): 0,00E+00
RZ(CFO): 0,00E+00
RU(CFA): 8,11E-12
RV(CFA): 4,06E-07
RW(CFA): 0,00E+00
RZ(CFA): 0,00E+00
Total: 5,28E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 5,28E-06

## 8. CONCLUSIONS

Apres la mise en place des mesures de protection (qui doivent être correctement conçus), l'évaluation du risque est :
Risque inférieur au risque tolérable:R1
SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA FOUDRE.

Date30/04/2018

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 42 B (m): 37 H (m): 6
Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts (Cd = 0,25)
Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement (1/km ² an) Ng = 0,33

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Alimentation BT
L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée
Longueur (m) Lc = 100
résistivité (ohm.m) ρ = 500
Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts
Facteur environnemental (Ce): urbain (10 <h <20 m)
Dimensions de la structure adjacente: A (m): 34 B (m): 15 H (m): 3
Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Alimentation télécom
L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée
Longueur (m) Lc = 100
résistivité (ohm.m) ρ = 500
Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts
Facteur environnemental (Ce): urbain (10 <h <20 m)
Dimensions de la structure adjacente: A (m): 34 B (m): 15 H (m): 3
Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

### APPENDICE - Caractéristiques des zones

Caractéristiques de la zone: Structure
Type de zone: Intérieur
Type de surface: Béton (ru = 0,01)
Risque d'incendie: élevé (rf = 0,1)
Danger particulier: Risques de contamination (h = 50)
Protections contre le feu: actionnés automatiquement (rp = 0,2)actionnés manuellement (rp = 0,5)
zone de protection: Aucun bouclier
Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneCFO
Connecté à la ligne Alimentation BT
câblage: superficie de boucle de l'ordre de 0,5 m² (Ks3 = 0,02)
Tension de tenue: 4,0 kV
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)
Réseaux interneCFA
Connecté à la ligne Alimentation télécom
câblage: câble blindé 5 <R <= 20 ohm / km (Ks3 = 0,001)
Tension de tenue: 1,5 kV
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Valeur moyenne des pertes pour la zone:Structure
Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) Lt =0,0001
Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) Lf =0,05
Pertes dues à la défaillance des réseaux internes (liées à la R1) = Lo0

Risque et composantes du risque pour la zone:Structure
Risque 1: Rb Rc Rm Ru Rv Rw Rz

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

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure Ad =5,42E-03 km²
Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure Am =2,37E-01 km²
Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure Nd =4,47E-04
Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure Nm =7,78E-02

Lignes électriques

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

Alimentation BT
Al = 0,001632 km²
Ai = 0,055902 km²

Alimentation télécom
Al = 0,001632 km²
Ai = 0,055902 km²

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

Alimentation BT
Nl = 0,000135
Ni = 0,001845

Alimentation télécom
Nl = 0,000135
Ni = 0,001845

**APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: Structure
Pa = 1,00E+00
Pb = 1,0
Pc (CFO) = 1,00E+00
Pc (CFA) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (CFO) = 1,00E-04
Pm (CFA) = 1,00E-04
Pm = 2,00E-04
Pu (CFO) = 1,00E+00
Pv (CFO) = 1,00E+00
Pw (CFO) = 1,00E+00
Pz (CFO) = 2,00E-01
Pu (CFA) = 1,00E+00
Pv (CFA) = 1,00E+00
Pw (CFA) = 1,00E+00
Pz (CFA) = 1,00E+00

# RAPPORT TECHNIQUE

## Protection contre la foudre
## Évaluation des risques
## Sélection des mesures de protection

CHIMIREC CARQUEFOU BATIMENT DIND

**INDEX**

1. CONTENU DU DOCUMENT

2. NORMES TECHNIQUES

3. STRUCTURE A PROTEGER

4. DONNEES D'ENTREES
   4.1 Densité de foudroiement.
   4.2 Données de la structure.
   4.3 Données des lignes électriques.
   4.4 Définition et caractéristiques des zones

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

6. EVALUATION DES RISQUES
   6.1 Risque $R_1$ perte en vies humaines
      6.1.1 Calcul du risque $R_1$
      6.1.2 Evaluation des risques $R_1$

7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

8. CONCLUSIONS

9. APPENDICES

10. ANNEXES

## 1. CONTENU DU DOCUMENT

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

## 2. NORMES TECHNIQUES

Ce document porte sur les normes suivantes:

- EN 62305-1: Protection contre la foudre. Partie 1: Principes généraux
  mars 2006;

- EN 62305-2: Protection contre la foudre. Partie 2: Evaluation des risques
  mars 2006;

- EN 62305-3: Protection contre la foudre. Partie 3: Dommages physiques à des structures et des risques de la vie
  mars 2006;

- EN 62305-4: Protection contre la foudre. Partie 4: Systèmes électriques et électroniques au sein des structures
  mars 2006;

## 3. STRUCTURE A PROTEGER

Il est important de définir la partie de la structure à protéger dans le but de définir les dimensions et les caractéristiques destinées à être utilisées pour le calcul des surfaces d'exposition.
La structure à protéger est l'ensemble d'un bâtiment, physiquement séparé des autres constructions. Ainsi, les dimensions et les caractéristiques de la structure à considérer sont les mêmes que l'ensemble de la structure (art. A.2.1.2 -- norme EN 62305-2).

## 4. DONNEES D'ENTREES

### 4.1 Densité de foudroiement

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

$$N_g = 0{,}3 \text{ coup de foudre/km}^2 \text{ année}$$

**4.2 Données de la structure**

Les dimensions maximales de la structure sont :
A (m): 40 B (m): 15 H (m): 8

Le type de structure usuel est : Industrielle
La structure pourrait être soumise à :
- perte de vie humaine

L'évaluation du besoin de protection contre la foudre, conformément à la norme EN 62305-2, doit être calculé :
- risque R1;

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

**4.3 Données des lignes électriques**

La structure est desservi par les lignes électriques suivantes:
- Ligne de puissance: Arrivée BT
- Ligne Telecom: Arrivée Télécom

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

**4.4 Définition et caractéristiques des zones**

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

sont définies les zones suivantes :

Z1: Structure

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

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

La surface d'exposition Ad due à des coups de foudre directes sur la structure est calculée avec la méthode analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.2.
La surface d'exposition Am due à des coups de foudre à proximité de la structure, qui pourrait endommager les réseaux internes par des surtensions induites, est calculée avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.3.
Les surfaces d'exposition Al et Ai pour chaque ligne électrique sont calculées avec la méthode d'analytique selon la norme EN 62305-2, art.A.4.
Les valeurs des surfaces d'expositions (A) et du nombre annuel d'événements dangereux (N) sont présentées dans l'Appendice *Surface d'exposition et nombre annuel d'événements dangereux.*
Les valeurs de la probabilité de dommage (P) servant à calculer les composantes du risque sélectionné sont indiquées à l'appendice *Valeurs de la probabilité d'endommagement de la structure non protégée.*

## 6. EVALUATION DES RISQUES

### 6.1Risque R1: pertes en vies humaines

#### 6.1.1 Calcul de R1

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

Z1: Structure
RB: 2,08E-06
RC: 0,00E+00
RM: 0,00E+00
RU(CFA): 1,95E-10
RV(CFA): 9,74E-07
RW(CFA): 0,00E+00
RZ(CFA): 0,00E+00
RU(CFO): 1,95E-10
RV(CFO): 9,74E-07
RW(CFO): 0,00E+00
RZ(CFO): 0,00E+00
Total: 4,03E-06

Valeur du risque total R1 pour la structure : 4,03E-06

#### 6.1.2 Analyse du risque R1

Le risque total R1 = 4,03E-06est inférieur au risque tolérable RT = 1E-05

## 7. SELECTION DES MESURES DE PROTECTION

Par conséquent, le risque total R1 =4,03E-06est inférieur au risque tolérable RT = 1E-05, il n'est pas nécessaire de choisir les mesures de protection afin de la réduire.

## 8. CONCLUSIONS

Risque inférieur au risque tolérable:R1
SELON LA NORME EN 62305-2 LA STRUCTURE EST PROTEGE CONTRE LA FOUDRE.

Date30/04/2018

Cachet et signature

## 9. APPENDICES

### APPENDICE - Type de structure

Dimensions: A (m): 40 B (m): 15 H (m): 8
Facteur d'emplacement: Entouré d'objets plus hauts (Cd = 0,25)
Blindage de structure :Aucun bouclier équence de foudroiement (1/km ² an) Ng = 0,33

### APPENDICE - Caractéristiques électriques des lignes

Caractéristiques des lignes: Arrivée BT
L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Énergie enterrée
Longueur (m) Lc = 65
résistivité (ohm.m) ρ = 500
Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts
Facteur environnemental (Ce): urbain (10 <h <20 m)
Dimensions de la structure adjacente: A (m): 34 B (m): 15 H (m): 3
Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Caractéristiques des lignes: Arrivée Télécom
L'ensemble de la ligne a des caractéristiques uniformes. de ligne: Signal enterrée
Longueur (m) Lc = 65
résistivité (ohm.m) ρ = 500
Facteur d'emplacement (Cd): Entouré d'objets plus hauts

Facteur environnemental (Ce): urbain (10 <h <20 m)
Blindage (ohm / km)connecté à la même bar équipotentielle de l'équipement:5 < R <= 20 ohm/km
Dimensions de la structure adjacente: A (m): 34 B (m): 15 H (m): 3
Facteur d'emplacement de la structure adjacente (Cd): Entouré d'objets plus hauts

**APPENDICE - Caractéristiques des zones**

Caractéristiques de la zone: Structure
Type de zone: Intérieur
Type de surface: Béton (ru = 0,01)
Risque d'incendie: élevé (rf = 0,1)
Danger particulier: Niveau de panique faible (h = 2)
Protections contre le feu: actionnés manuellement (rp = 0,5)
zone de protection: Aucun bouclier
Protection contre les tensions de contact: aucune des mesures de protection

Réseaux interneCFA
Connecté à la ligne Arrivée BT
câblage: superficie de boucle de l'ordre de 0,5 m² (Ks3 = 0,02)
Tension de tenue: 4,0 kV
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)
Réseaux interneCFO
Connecté à la ligne Arrivée Télécom
câblage: câble blindé 5 <R <= 20 ohm / km (Ks3 = 0,001)
Tension de tenue: 1,5 kV
Parafoudre coordonnés - niveau: aucun (Pspd =1)

Valeur moyenne des pertes pour la zone:Structure
Pertes dues aux tensions de contact (liées à R1) Lt =0,0001
Pertes en raison des dommages physiques (liées à R1) Lf =0,05
Pertes dues à la défaillance des réseaux internes (liées à la R1) = Lo0

Risque et composantes du risque pour la zone:Structure
Risque 1: Rb Rc Rm Ru Rv Rw Rz

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

Structure

Surface d'exposition due aux coups de foudre directes sur la structure Ad =5,05E-03 km²
Surface d'exposition due aux coups de foudre à proximité de la structure Am =2,24E-01 km²
Nombre annuel d'événements dangereux à cause des coups de foudre directes sur la structure Nd =4,17E-04
Nombre annuel d'événements dangereux en raison de coups de foudre à proximité de la structure Nm =7,35E-02

Lignes électriques

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

Arrivée BT
Al = 0,000716 km²
Ai = 0,036336 km²

Arrivée Télécom
Al = 0,000716 km²
Ai = 0,036336 km²

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

Arrivée BT
Nl = 0,000059
Ni = 0,001199

Arrivée Télécom
Nl = 0,000059
Ni = 0,001199

**APPENDICE - Probabilité d'endommagement de la structure non protégée**

Zone Z1: Structure
Pa = 1,00E+00
Pb = 1,0
Pc (CFA) = 1,00E+00
Pc (CFO) = 1,00E+00
Pc = 1,00E+00
Pm (CFA) = 1,00E-04
Pm (CFO) = 1,00E-04
Pm = 2,00E-04
Pu (CFA) = 1,00E+00
Pv (CFA) = 1,00E+00
Pw (CFA) = 1,00E+00
Pz (CFA) = 2,00E-01
Pu (CFO) = 1,00E+00
Pv (CFO) = 1,00E+00
Pw (CFO) = 1,00E+00
Pz (CFO) = 1,50E-01

# ANNEXE 2

## Liste des paramètres

**Données et caractéristiques de la structure**

| | | | | param choisi |
|---|---|---|---|---|
| Longueur de la structure | | $L_b$ | m | m |
| Largeur de la structure | | $W_b$ | m | m |
| Hauteur de la structure | | $H_b$ | m | m |
| Hauteur des protubérances du toit mesurée à partir du sol | | $H_{pb}$ | m | m |
| Facteur d'emplacement | Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres | $C_d$ | 0,25 | |
| | Objet entouré par des objets ou des arbres de même hauteur ou + petits | $C_d$ | 0,5 | |
| | Objet isolé : pas d'autres à proximité | $C_d$ | 1 | |
| | Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule | $C_d$ | 2 | |
| Probabilité de dommages physiques sur une structure | Structure non protégée par SPF | $P_B$ | 1 | |
| | Structure protégée par SPF niveau IV | $P_B$ | 0,2 | |
| | Structure protégée par SPF niveau III | $P_B$ | 0,1 | |
| | Structure protégée par SPF niveau II | $P_B$ | 0,05 | |
| | Structure protégée par SPF niveau I | $P_B$ | 0,02 | |
| | SPF niveau I et armatures en métal continues ou en bétonarmé agissant comme descentes naturelles | $P_B$ | 0,01 | |
| | Idem avec toiture métallique | $P_B$ | 0,001 | |
| Facteur associé à l'efficacité d'écran d'une structure | Pas d'écran spatial | $K_{S1}$ | 1 | |
| | A une distance de sécurité de l'écran au moins = à la taille de la maille | $K_{S1}$ | 0,12xw | |
| | A une distance plus faible, par ex allant de 0,1w à 0,2w | $K_{S1}$ | 2x0,12xw | |
| | Ecran métallique continu d'une épaisseur de 0,1 mm à 0,5 mm | $K_{S1}$ | 0,0001-0,00001 | |
| **Densité de foudroiement au sol** | Suivant carte de la France | $\mathbf{N_g}$ | | |
| Nombre total de personnes attendues dans la structure | | $n_t$ | | |

**Caractéristiques de la zone**

| | | | | param choisi |
|---|---|---|---|---|
| Facteur de réduction associé au type de plancher (intérieur) | R < 1 kohm: Agricol, béton | $r_u$ | 0,01 | |
| | R < 1-10 kohm: Marbre, céramique | $r_u$ | 0,001 | |
| | R < 10-100 kohm: Gravier, moquette | $r_u$ | 0,0001 | |
| | R > 100 kohm: Asphalte, lino, bois | $r_u$ | 0,00001 | |
| | Autres | $r_u$ | 0 | |
| Probabilité de blessures d'êtres vivants (impacts sur le service connecté) | Pas de mesures de protection | PU | 1 | |
| | Plaques d'avertissement | PU | 0,1 | |
| | Isolation électrique du conducteur exposé | PU | 0,01 | |
| | Sol équipotentiel efficace | PU | 0,01 | |
| | Armatures ou entourages utilisés comme conducteurs de descente, ou présence de restrictions physiques | PU | 0 | |
| Facteur de réduction associé au type de sol (extérieur) | R < 1 kohm: Agricol, béton | $r_a$ | 0,01 | |
| | R < 1-10 kohm: Marbre, céramique | $r_a$ | 0,001 | |
| | R < 10-100 kohm: Gravier, moquette, tapis | $r_a$ | 0,0001 | |
| | R > 100 kohm: Asphalte, linoleum, bois | $r_a$ | 0,00001 | |
| Probabilité de blessures d'êtres vivants (impacts sur une structure) | Pas de mesures de protection | PA | 1 | |
| | Plaques d'avertissement | PA | 0,1 | |
| | Isolation électrique du conducteur exposé | PA | 0,01 | |
| | Sol équipotentiel efficace | PA | 0,01 | |
| | Armatures ou entourages utilisés comme conducteurs de descente, ou présence de restrictions physiques | PA | 0 | |
| Facteur associé à l'efficacité d'écran d'une structure | Pas d'écran spatial | $K_{S2}$ | 1 | |
| | A une distance de sécurité de l'écran au moins = à la taille de la maille | $K_{S2}$ | 0,12xw | |
| | A une distance plus faible, par ex allant de 0,1w à 0,2w | $K_{S3}$ | 2x0,12xw | |
| | Ecran métallique continu d'une épaisseur de 0,1 mm à 0,5 mm | $K_{S2}$ | 0,0001-0,00001 | |
| Facteur réduisant les pertes dues aux dispositions contre l'incendie | Pas de disposition | $r_p$ | 1 | |
| | Extincteurs, installations d'extinction fixes ou d'alarme déclenchées manuellement | $r_p$ | 0,5 | |
| | Installations d'extinction fixes ou d'alarme déclenchées automatiquement | $r_p$ | 0,2 | |
| Risque d'incendie | Explosion | $r_f$ | 1 | |
| | Elevé | $r_f$ | 0,1 | |
| | Ordinaire | $r_f$ | 0,01 | |
| | Faible | $r_f$ | 0,001 | |
| | Aucun | $r_f$ | 0 | |
| Nombre de personnes potentiellement en danger (victimes ou usagers non desservis) | | $n_p$ | | |

**Données et caractéristiques de la ligne de puissance**

| | | | | param choisi |
|---|---|---|---|---|
| Résistivité du sol | | $\rho$ | 500 ohm.m | |
| Longueur de la section du service | | $L_c$ | 1000 m | m |
| Hauteur des conducteurs du service au-dessus du sol | Ligne enterrée | $H_c$ | | |
| | Ligne non enterrée | $H_c$ | 6 m | m |
| Facteur de correction pour la présence d'un transformateur HT/BT sur le service | Service avec transformateur à 2 enroulements | Ct | 0,2 | |
| | Service uniquement | Ct | 1 | |
| Facteur d'emplacement | Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres | $C_d$ | 0,25 | |
| | Objet entouré par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits | $C_d$ | 0,5 | |
| | Objet isolé : pas d'autres à proximité | $C_d$ | 1 | |
| | Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule | $C_d$ | 2 | |
| Facteur d'environnement de ligne | Urbain avec bâtiments de hauteur > 20 m | Ce | 0 | |
| | Urbain avec bâtiments de hauteur entre 10m et 20 m | Ce | 0,1 | |
| | Suburbain avec bâtiments de hauteur < 10 m | Ce | 0,5 | |
| | Rural | Ce | 1 | |
| Tension de tenue aux chocs d'un réseau | | $U_w$ | 1,5 - 2,5 - 4 6 kV | |
| Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne | Câble non écranté - pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles | $K_{S3}$ | 1 | |
| | Câble non écranté - précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille | $K_{S3}$ | 0,2 | |
| | Câble non écranté - précaution de cheminement afin d'éviter des boucles | $K_{S3}$ | 0,02 | |
| | Câble écranté avec résistance d'écran 5<Rs<=20 ohms/km | $K_{S3}$ | 0,001 | |
| | Câble écranté avec résistance d'écran 1<Rs<=5 ohms/km | $K_{S3}$ | 0,0002 | |
| | Câble écranté avec résistance d'écran Rs<1 ohm/km | $K_{S3}$ | 0,0001 | |
| Facteur associé à la tension de tenue aux | | $K_{S4}$ | 1 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| chocs d'un réseau | | | | |
| Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) en fonction de Rs et Uw | 5<Rs<=20 ohms/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LD}$ | 1 | |
| | 1<Rs<=5 ohms/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LD}$ | 0,8 | |
| | Rs<1 ohm/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LD}$ | 0,4 | |
| Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité du service connecté) en fonction de Rs et Uw | 5<Rs<=20 ohms/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LI}$ | 0,15 | |
| | 1<Rs<=5 ohms/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LI}$ | 0,04 | |
| | Rs<1 ohm/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LI}$ | 0,02 | |
| | Ecran non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté si Uw = 1,5 kV | $P_{LI}$ | 0,5 | |
| Probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres | Pas de parafoudres coordonnés | $P_{SPD}$ | 1 | |
| | Niveau de protection III-IV | $P_{SPD}$ | 0,03 | |
| | Niveau de protection II | $P_{SPD}$ | 0,02 | |
| | Niveau de protection I | $P_{SPD}$ | 0,01 | |
| | Niveau de protection I + | $P_{SPD}$ | 0,005-0,001 | |
| Facteur d'emplacement de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres | $C_{da}$ | 0,25 | |
| | Objet entouré par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits | $C_{da}$ | 0,5 | |
| | Objet isolé : pas d'autres à proximité | $C_{da}$ | 1 | |
| | Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule | $C_{da}$ | 2 | |
| Longueur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | | $L_a$ | m | |
| Largeur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | | $W_a$ | m | |
| Hauteur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | | $H_a$ | m | |
| Hauteur des protubérances de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | | $Hp_a$ | m | |

**Données et caractéristiques de la ligne de communication**

| | | | | param choisi |
|---|---|---|---|---|
| Résistivité du sol | | ρ | 500 ohm. m | |
| Longueur de la section du service | | $L_c$ | 1000 m | m |
| Hauteur des conducteurs du service au-dessus du sol | Ligne enterrée | $H_c$ | | |
| | Ligne non enterrée | $H_c$ | 6 m | m |
| Facteur de correction pour la présence d'un transformateur HT/BT sur le service | | Ct | | pas |
| Facteur d'emplacement | Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres | $C_d$ | 0,25 | |
| | Objet entouré par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits | $C_d$ | 0,5 | |
| | Objet isolé : pas d'autres à proximité | $C_d$ | 1 | |
| | Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule | $C_d$ | 2 | |
| Facteur d'environnement de ligne | Urbain avec bâtiments de hauteur > 20 m | Ce | 0 | |
| | Urbain avec bâtiments de hauteur entre 10m et 20 m | Ce | 0,1 | |
| | Suburbain avec bâtiments de hauteur < 10 m | Ce | 0,5 | |
| | Rural | Ce | 1 | |
| Tension de tenue aux chocs d'un réseau | | $U_w$ | 1,5 - 2,5 - 4 6 kV | |
| Facteur associé aux caractéristiques du câblage interne | Câble non écranté - pas de précaution de cheminement afin d'éviter des boucles | $K_{S3}$ | 1 | |
| | Câble non écranté - précaution de cheminement afin d'éviter des boucles de grande taille | $K_{S3}$ | 0,2 | |
| | Câble non écranté - précaution de cheminement afin d'éviter des boucles | $K_{S3}$ | 0,02 | |
| | Câble écranté avec résistance d'écran 5<Rs<=20 ohms/km | $K_{S3}$ | 0,001 | |
| | Câble écranté avec résistance d'écran 1<Rs<=5 ohms/km | $K_{S3}$ | 0,000 2 | |
| | Câble écranté avec résistance d'écran Rs<1 ohm/km | $K_{S3}$ | 0,000 1 | |
| Facteur associé à la tension de tenue aux chocs d'un réseau | | $K_{S4}$ | 1 | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts sur le service connecté) en fonction de Rs et Uw | 5<Rs<=20 ohms/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LD}$ | 1 | |
| | 1<Rs<=5 ohms/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LD}$ | 0,8 | |
| | Rs<1 ohm/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LD}$ | 0,4 | |
| Probabilité de défaillances des réseaux internes (impacts à proximité du service connecté) en fonction de Rs et Uw | 5<Rs<=20 ohms/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LI}$ | 0,15 | |
| | 1<Rs<=5 ohms/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LI}$ | 0,04 | |
| | Rs<1 ohm/km si Uw = 1,5 kV | $P_{LI}$ | 0,02 | |
| | Ecran non relié à la borne d'équipotentialité à laquelle le matériel est connecté si Uw = 1,5 kV | $P_{LI}$ | 0,5 | |
| Probabilité de défaillance des réseaux internes avec l'installation de parafoudres | Pas de parafoudres coordonnés | $P_{SPD}$ | 1 | |
| | Niveau de protection III-IV | $P_{SPD}$ | 0,03 | |
| | Niveau de protection II | $P_{SPD}$ | 0,02 | |
| | Niveau de protection I | $P_{SPD}$ | 0,01 | |
| | Niveau de protection I + | $P_{SPD}$ | 0,005-0,001 | |
| Facteur d'emplacement de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | Objet entouré par des objets plus hauts ou des arbres | $C_{da}$ | 0,25 | |
| | Objet entouré par des objets ou des arbres de la même hauteur ou plus petits | $C_{da}$ | 0,5 | |
| | Objet isolé : pas d'autres à proximité | $C_{da}$ | 1 | |
| | Objet isolé au sommet d'une colline ou sur un monticule | $C_{da}$ | 2 | |
| Longueur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | | $L_a$ | m | |
| Largeur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | | $W_a$ | m | |
| Hauteur de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | | $H_a$ | m | |
| Hauteur des protubérances de la structure connectée à l'extrémité "a" du service | | $Hp_a$ | m | |

**Perte humaine**

| | | | | param choisi |
|---|---|---|---|---|
| Pertes dues aux blessures par tensions de contact et de pas | Tout type - (personnes à l'intérieur des bâtiments | $L_t$ | 0,0001 | |
| | Tout type - (personnes à l'extérieur des bâtiments | $L_t$ | 0,01 | |
| Pertes dues aux dommages physiques | Hopitaux, hôtels, bâtiments civils | $L_f$ | 0,1 | |
| | Industrielle, commerciale, scolaire | $L_f$ | 0,05 | |
| | Publique, églises, musées | $L_f$ | 0,02 | |
| | Autres | $L_f$ | 0,01 | |
| Facteur augmentant les pertes en présence d'un danger particulier | Pas de danger particulier | $h_z$ | 1 | |
| | Faible niveau de panique | $h_z$ | 2 | |
| | Niveau de panique moyen | $h_z$ | 5 | |
| | Difficulté d'évacuation | $h_z$ | 5 | |
| | Niveau de panique élevé | $h_z$ | 10 | |
| | Danger pour l'environnement | $h_z$ | 20 | |
| | Contamination de l'environnement | $h_z$ | 50 | |
| Pertes dues aux défaillances des réseaux internes | Structure avec risques d'explosion | $L_o$ | 0,1 | |
| | Hôpitaux | $L_o$ | 0,001 | |
| | Autres | $L_o$ | 0 | |
| Risque tolérable | | $R_T$ | 0,00001 | 0,00001 |

# ANNEXE 3

# Lexique

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

| | |
|---|---|
| **Effet réducteur** | Réduction des perturbations HF par la proximité du conducteur victime avec la masse. L'effet réducteur est le rapport de l'amplitude de la perturbation collectée par un câble non blindé ou loin des masses à celle collectée par le même câble blindé ou installé contre un conducteur de masse. |
| **Electrode de terre** | Elément ou ensemble d'éléments de la prise de terre assurant un contact électrique direct avec la terre et dissipant le courant de décharge atmosphérique dans cette dernière. |
| **Equipements métalliques** | Eléments métalliques répartis dans l'espace à protéger, pouvant écouler une partie du courant de décharge atmosphérique tels que canalisations, escaliers, guides d'ascenseur, conduits de ventilation, de chauffage et d'air conditionné, armatures d'acier interconnectées. |
| **Etincelle dangereuse (étincelage)** | Décharge électrique inadmissible, provoquée par le courant de décharge atmosphérique à l'intérieur du volume à protéger. |
| **Foudre** | Décharge électrique aérienne, accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre). |
| **Installation de Protection contre la Foudre (I.P.F.)** | Installation complète, permettant de protéger une structure contre les effets de la foudre. Elle comprend à la fois une installation extérieure (I.E.P.F.) et une installation intérieure de protection contre la foudre (I.I.P.F.) |
| **Liaison équipotentielle** | Eléments d'une installation réduisant les différences de potentiels entre masse et élément conducteur. |
| **Mode commun (MC)** | Un courant de mode commun circule dans le même sens sur tous les conducteurs d'un câble. La différence de potentiels (d.d.p.) de MC d'un câble est celle entre le potentiel moyen de ses conducteurs et la masse. Le mode commun est aussi appelé mode longitudinal parallèle ou asymétrique. |
| **Mode différentiel (MD)** | Un courant de mode différentiel circule en opposition de phase sur les deux fils d'une liaison filaire, il ne se referme donc pas dans les masse. Une différence de potentiels (d.d.p.) de MD se mesure entre le conducteur signal et son retour. Le mode différentiel est aussi appelé mode normal, symétrique ou série. |

| | |
|---|---|
| **Niveau de protection** | Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité. |
| **Parafoudre ou parasurtenseur** | Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant entre deux éléments à l'intérieur de l'espace à protéger, tels que les éclateurs ou les dispositifs semi-conducteurs. |
| **Paratonnerre** | Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre. |
| **P.D.A** | Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde. |
| **Point d'impact** | Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre. |
| **Prise de terre** | Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre. |
| **Régime de neutre** | Il caractérise le mode de raccordement à la terre du neutre du secondaire du transformateur source et les moyens de mise à la terre des masses de l'installation. Il est défini par deux lettres:<br>• La première indique la position du neutre par rapport à la terre:<br>**I**: neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance<br>**T**: neutre directement à la terre<br>• La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre:<br>**T**: masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre)<br>**N**: masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (**N-S**), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (**N-C**). |
| **Réseau de masse** | Ensemble des conducteurs d'un site reliés entre eux. Il se compose habituellement des conducteurs de protection, des bâtis, des chemins de câbles, des canalisations et des structures métalliques. |
| **Réseau de terre** | Ensemble des conducteurs enterrés servant à écouler dans la terre les courants externes en mode commun. Un réseau de terre doit être unique, équipotentiel et maillé. |

| | |
|---|---|
| **Résistance de terre** | Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms (Ω), elle n'a pas, contrairement au maillage des masses, d'influence sur l'équipotentialité du site. |
| **Surface équivalente** | Surface de sol plat qui recevrait le même nombre d'impacts que la structure ou le bâtiment en question. Cette surface est toujours plus grande que la seule emprise au sol de l'ensemble à protéger. On la détermine en pratique en entourant fictivement le périmètre de cet ensemble par une bande horizontale, dont la largeur est égale à trois fois sa hauteur. Elle peut ensuite être corrigée en tenant compte des objets environnants : arbres, autres structures, susceptibles de dévier un coup de foudre vers eux. |
| **Surtension** | Variation importante de faible durée de la tension. |
| **Tension de mode commun** | Tension mesurée entre deux fils interconnectés et un potentiel de référence (voir mode commun). |
| **Tension différentielle** | Tension mesurée entre deux fils actifs (voir mode différentiel). |
| **Tension résiduelle d'un parafoudre** | Tension qui apparaît sur une sortie d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge. |
| **TGBT** | Tableau Général Basse Tension |
| **Traceur** | Predécharge progressant à travers l'air et formant un canal faiblement ionisé. |

RG Consultant
INGÉNIERIE FOUDRE

25 Avenue des Saules (Métro B) – 69600 OULLINS – France
Tél. +33 (0)4 37 41 16 10 * Fax +33 (0)4 72 30 13 36

8 Rue Jean Jaurès – 35000 RENNES - France
Tél. +33 (0)2 30 02 79 98

Qualifoudre INERIS N° 071179534036

info@rg-consultant.com
www.rg-consultant.com

FÉDÉRATION CINOV
N° d'adhésion 2508

# ÉTUDE TECHNIQUE FOUDRE

# CHIMIREC

## SITE DE CARQUEFOU (44)

*SARL **RG Consultant** au capital de 20 000 Euros - R C S LYON 409733995 - SIRET 40973399500032*
*APE 7490 B (Ingénieur conseil) T.V.A. FR 52 409 733 995*
*CIC RHONE SUD ENTREPRISES 10096 18506 00067915801 21*
*Organisme de formation n° 826906449*

# CHIMIREC
## SITE DE CARQUEFOU (44)

| Référence document |
|---|
| **RGC 23631** |


**RESUME :**

Ce document représente l'Etude Technique d'un site industriel de la société **CHIMIREC** sur la commune de **CARQUEFOU** dans le département de la **Loire-Atlantique** (44).

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

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

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


| Rédacteur | Vérification | Révision |
|---|---|---|
| Nom : **Martin GOIFFON**<br>Date : 26/04/2018<br>Visa | Nom : **Yoni GARCIA**<br>Date : 30/04/2018<br>Visa | |


Diffusion : **GROUPE AXE**

*1 ex. PDF*

Rue Urbain Leverrier
351170 BRUZ
Tél : 02.99.52.52.12

**RG Consultant Arc Atlantique**

*Archive papier et informatique*

8 rue Jean Jaurès
35000 Rennes
Tél : +332 30 02 79 98

Email : info@rg-consultant.com

## TABLE DES MODIFICATIONS

| Rév | Chrono secrétariat | Date | Objet |
|---|---|---|---|
| | RGC 23631 | 26/04/2018 | Étude Technique |

## LISTE DES DOCUMENTS FOURNIS PAR AXE

| INTITULE | N°/ Fournis |
|---|---|
| Plan de masse (pdf) | 20/12/2017 |
| DDAE par GROUPE AXE | Février 2018 |
| Analyse de Risque Foudre par RGC | RGC 23630 |

L'Etude technique ci-après a été réalisée selon les informations et plans fournis par **AXE**, commanditaire de cette étude. Il appartient au destinataire de l'étude de vérifier que les hypothèses prises en compte et énumérées dans le descriptif ci-après sont correctes et exhaustives.

# SOMMAIRE

**1. INTRODUCTION ..... 5**

1.1 OBJET ..... 5
1.2 PRESENTATION GENERALE DU SITE ..... 6
1.3 SITUATIONS REGLEMENTAIRES ..... 7

**2. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES ..... 8**

2.1 TEXTES REGLEMENTAIRES ..... 8
2.2 NORMES DE REFERENCES ..... 8

**3. MÉTHODOLOGIE ..... 9**

3.1 PRESENTATION GENERALE ..... 9
3.2 LIMITE DE L'ÉTUDE TECHNIQUE ..... 9

**4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE ..... 10**

4.1 SYSTEME DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE (SPF) ..... 10
4.2 MESURES DE PREVENTION EN CAS D'ORAGE ..... 10

**5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS ..... 11**

5.1 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FORTS ..... 11
5.2 CARACTERISTIQUES DES COURANTS FAIBLES ..... 11
5.3 PROTECTION INCENDIE ..... 11
5.4 LISTE DES CANALISATIONS ENTRANTES ET SORTANTES ..... 11
SOURCE : SELON INFOS CLIENTS ..... 11
5.5 MISE A LA TERRE DES INSTALLATIONS ..... 12
5.6 MESURES DE MAITRISE DES RISQUES ..... 12
5.7 DESCRIPTION DE LA PROTECTION CONTRE LA FOUDRE EXISTANTE ..... 13
*5.7.1 Installation Extérieure de Protection Foudre (I.E.P.F) ..... 13*
*5.7.2 Installation Intérieure de Protection Foudre (I.I.P.F) ..... 14*

***6.* PRECONISATIONS - EFFETS DIRECTS DE LA FOUDRE ..... 15**

6.1 DISPOSITIONS GENERALES ..... 15
6.2 DIFFERENTS TYPES D'I.E.P.F ..... 15
6.3 CHOIX DU TYPE D'I.E.P.F ..... 18
6.4 MISE EN ŒUVRE DE L'I.E.P.F ..... 18
*6.4.1 Ensemble du site ..... 18*
*6.4.2 Bâtiment de stockage ..... 20*
*6.4.3 Cuvettes 1 et 2 ..... 22*
*6.4.4 Dispositifs de descente et mise à la terre ..... 24*
*6.4.5 Mise à la terre des canalisations ..... 30*

**7. PRÉCONISATIONS - EFFETS INDIRECTS DE LA FOUDRE ..... 31**

7.1 PROTECTION DES COURANTS FORTS ..... 32
*7.1.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II ..... 32*
*7.1.2 Détermination des caractéristiques des parafoudres type II ..... 33*
*7.1.3 Raccordement ..... 34*
*7.1.4 Dispositif de deconnexion ..... 34*
7.2 PROTECTION DES LIGNES DE TELECOMMUNICATION ..... 35

**8. PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX ..... 36**

**9. REALISATION DES TRAVAUX ..... 37**

**10. VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS ..... 37**

10.1 VERIFICATION INITIALE ..... 37
10.2 VERIFICATIONS PERIODIQUES ..... 38
10.3 VERIFICATIONS SUPPLEMENTAIRES ..... 38

**11. TABLEAU DE SYNTHESE ..... 39**

# ANNEXES

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

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

**Annexe 3** : Lexique

# 1. INTRODUCTION

## 1.1 Objet

Dans le cadre de la modification de ses activités sur le site anciennement **UNIVAR** de **CARQUEFOU** dans le département de la **Loire-Atlantique** (44), une Etude Technique Foudre est réalisée.

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

L'Etude Technique, objet de ce document, est réalisée sur la base des résultats de l'Analyse du Risque Foudre réalisée par **RG Consultant**, détaillés dans le rapport **RGC 23630**.

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

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

### 1.2 Présentation générale du site

**Plan n°1** : Site CHIMIREC (Source Google Earth)

La société **CHIMIREC** envisage le démarrage d'une activité de tri, transit, regroupement et prétraitement de déchets industriels dangereux.
Le site sera composé aux termes de ses évolutions des installations suivantes :

- Un hall DIND,
- Un bâtiment abritant les bureaux et locaux sociaux,
- Un bâtiment de stockage,
- Des zones de stockage extérieures,
- Deux cuvettes abritant 28 cuves de stockage,
- Une aire de dépotage/empotage extérieure,
- Un pont bascule,
- Un local abritant un surpresseur RIA,
- Un conteneur et sa cuve de surpression Sprinkler,
- Une unité de filtration et de dépollution au charbon,
- Des aires de parking,
- Un bassin d'orage et de rétention.

### 1.3 Situations Règlementaires

Les activités classées au titre de la législation sur les Installations Classées pour la Protection de l'Environnement sont fixées par un arrêté préfectoral et visées par l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié.

Les rubriques concernées par l'arrêté sont les suivantes :

- Sous le régime d'Autorisation : 3550, 3510, 2790-1, 2718-1,

Les effets de la foudre présentent des risques de toute nature dont les conséquences sont plus ou moins graves. L'étude de ces risques permet de déterminer les actions à entreprendre pour les minimiser.

# 2. DOCUMENTS RÈGLEMENTAIRES

## 2.1 Textes réglementaires

**Arrêté du 4 octobre 2010** modifié par **l'arrêté du 11 mai 2015** relatif à la protection contre la **foudre** de certaines installations classées pour la protection de l'environnement.

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

## 2.2 Normes de références

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

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

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

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

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

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

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

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

**NF EN 61 643-12** – Parafoudres BT

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

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

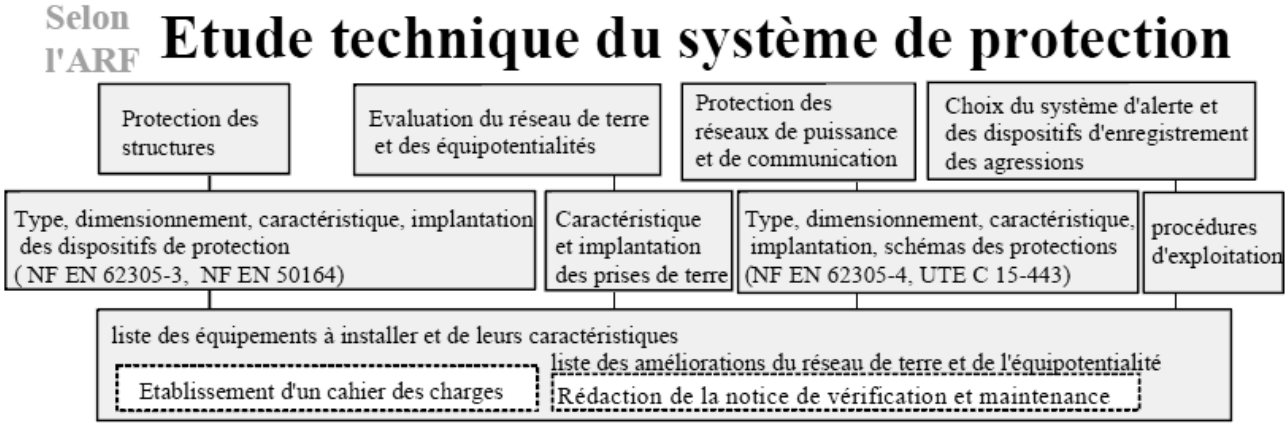
**NF EN 61 643-21_A2** – juillet 2013 [Parafoudres BT]

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

# 3. MÉTHODOLOGIE

## 3.1 Présentation générale

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




## 3.2 Limite de l'Étude Technique

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

**Elle ne concerne pas :**

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

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

# 4. CONCLUSIONS DE L'ANALYSE DU RISQUE FOUDRE

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

| *Structure* | *Protection effets directs* | *Protection effets indirects* |
|---|---|---|
| ***Bâtiment de stockage*** | Protection de **niveau IV** | Protection par parafoudres de **niveau IV** |
| ***Bâtiment DIND*** | Absence de nécessité de proteciton | Protection par parafoudres de **niveau IV** à titre d'optimisation |
| ***Cuvettes 1 et 2*** | Protection de **niveau IV** | Protection par parafoudres de **niveau IV** |
| ***Aire de dépotage*** | Protection de **niveau IV** | Protection par parafoudres de **niveau IV** |
| ***Bâtiment administratif*** | Absence de nécessité de proteciton | Protection par parafoudres de **niveau IV** à titre d'optimisation |
| ***MMR*** | Aucune nécessité de protection | Protéger par parafoudres les installations référencées en §5.6 |
| ***Canalisations métalliques*** | Liaison équipotentielle à prévoir sur les canalisations référencées en §5.4 | Aucune nécessité de protection |

## 4.2 Mesures de prévention en cas d'orage

Une procédure d'interdiction de dépotage et d'empotage devra être mise en place en période orageuse.

# 5. DESCRIPTIONS DES INSTALLATIONS

## 5.1 Caractéristiques des courants forts

Le site est alimenté par une ligne basse tension souterraine issue d'un transformateur HT/BT en bordure de site vers un TGBT en zone administrative.
Le régime de neutre du site est TNS ou TT.

L'unité de filtration charbon est alimentée depuis le poste HT/BT via une ligne indépendante.

## 5.2 Caractéristiques des courants faibles

Le site est raccordé au réseau ORANGE via une ligne souterraine 104 paires de nature inconnue vers la zone administrative.

Les lignes de sécurité suivantes ont pu être recensées:
- Ligne report d'alarme intrusion/incendie vers société de télésurveillance et astreinte.

## 5.3 Protection incendie

Les mesures de prévention et d'extinction suivantes sont présentes :
- Extincteurs et RIA,
- Sprinklage sur certaines cellules du futur bâtiment de stockage,
- Sprinklage sur aire dépotage/empotage,
- Sprinklage sur cuvettes,
- Motopompe Sprinkler,
- Motopompe RIA,
- Détecteur multi ponctuel sur bâtiment DIND,
- Centrale d'alarme Motopompe Sprinkler,
- Centrale d'alarme Motopompe RIA,
- Détection incendie et déclencheurs manuels,
- Centrale de détection flamme sur cellules inflammables du futur bâtiment de stockage,
- SDI+CMSI sur zone administrative,
- Murs coupe-feu 2h entre certaines cellules du futur bâtiment de stockage,
- Poteaux et bassin incendie.

## 5.4 Liste des canalisations entrantes et sortantes

| Zone | Nom |
|---|---|
| Site | Canalisation RIA |
| | Canalisations Sprinkler |
| | Canalisations déchets |

**Source :** Selon infos clients

### 5.5 Mise à la terre des installations

- Canalisation fluides déchets :

Les différentes canalisations de fluides présentes au niveau des cuvettes et de la zone de dépotage sont raccordées à la terre via un réseau général de terre de chaque cuve.
Les différentes brides de canalisations sont shuntées.

- Canalisation Sprinkler :

Les différentes brides de canalisations sont shuntées.

- Canalisation RIA bâtiment DIND :

Une canalisation RIA est raccordée à la terre électrique via une tresse en cu nu de section 16mm².

### 5.6 Mesures de Maîtrise des Risques

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

| Organes de sécurité | Susceptibilité à la foudre |
|---|---|
| Motopompe Sprinkler | Oui |
| Motopompe RIA | Oui |
| Détecteur multi ponctuel sur bâtiment DIND | Oui |
| Centrale d'alarme Motopompe Sprinkler | Oui |
| Centrale d'alarme Motopompe RIA | Oui |
| SDI+CMSI sur zone administrative | Oui |
| Sonde de détection de niveaux | Oui |
| Dispositif d'obturation rejets eau (Surpresseur) | Oui |

***Tableau n° 1 :*** *Liste des équipements de sécurité*

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

## 5.7 Description de la protection contre la foudre existante

### *5.7.1 Installation Extérieure de Protection Foudre (I.E.P.F)*

Le site est doté de deux paratonnerres à dispositifs d'amorçage (PDA) de la marque INDELEC et de modèle PREVECTRON S4.50 (50µs) et S6.60 (60µs) implantés sur des mâts d'éclairage et raccordés chacun à une prise de terre foudre.

Les têtes électroniques ont pu être testées lors de notre intervention et répondent positivement.

***Photo n°1 :*** *PDA sur mât*

Les non-conformités suivantes ont été décelées :

- PDA sur mât proche bassin :
  - Pancartes d'avertissement à proximité des prises de terre absentes,
  - Compteur de coup de foudre hors-service,
  - Déconnexion pour mesure de la prise de terre foudre du mât impossible,
  - Déconnexion pour mesure de la prise de terre électrique du mât impossible,
  - Absence d'information sur la nature de la priser de terre. Le vérificateur devra se procurer la DOE auprès de l'installateur.

- PDA sur mât proche rails :
  - Pancartes d'avertissement à proximité des prises de terre absentes,
  - Déconnexion pour mesure de la prise de terre foudre du mât impossible,
  - Déconnexion pour mesure de la prise de terre électrique du mât impossible,
  - Absence d'information sur la nature de la priser de terre. Le vérificateur devra se procurer la DOE auprès de l'installateur.

Les différentes cuves de stockage présentes dans les cuvettes 1 et 2 sont mises à la terre via deux réseaux de terre distincts :

- Présence d'un réseau général de terre en cuivre nu torsadé de section >50mm² interconnectant l'ensemble des cuves via des remontées de terre depuis la dalle béton de chaque cuvette. Nous ne disposons d'aucune information sur la nature du réseau de mise à la terre de ce réseau.

- Présence d'un réseau général d'équipotentialité en cuivre étamé 27x2mm sur plot dans les cuvettes interconnectant l'ensemble des cuves via des boulonneries. Nous ne disposons d'aucune information sur la nature du réseau de mise à la terre de ce réseau.

La valeur du réseau de terre mesuré lors de notre audit est de 0,14Ohm pour la cuvette 1 et 0,11Ohm pour la cuvette 2.

### *5.7.2 Installation Intérieure de Protection Foudre (I.I.P.F)*

- Les installations suivantes sont protégées par parafoudre.

  - TGBT bâtiment administratif:

Parafoudre de Marque INDELEC, de modèle DSR 400, de type 1+2 et protégé par fusibles 125A.
Caractéristiques : In : 12,5 kA, Iimp : 12,5 kA Uc : 40VAC, Up : 1,3 kV.

Les non-conformités suivantes ont été recensées :

- Règle de câblage des 50 cm non respectée,

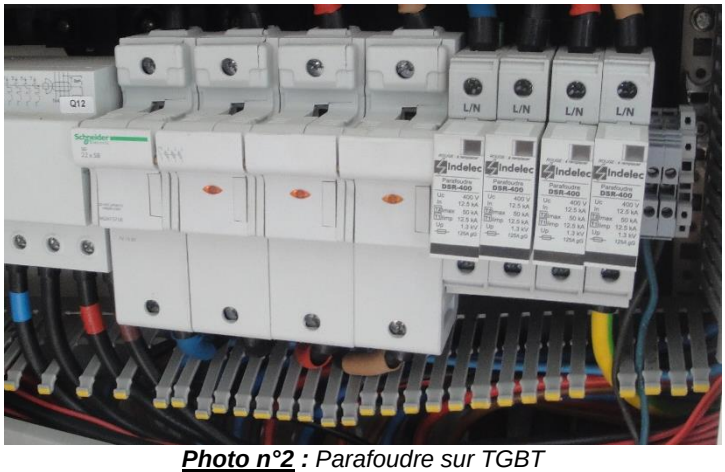



***Photo n°2 :*** *Parafoudre sur TGBT*

# 6. PRECONISATIONS - EFFETS DIRECTS DE LA FOUDRE

## 6.1 Dispositions générales

Son rôle est :

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

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

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

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

## 6.2 Différents types d'I.E.P.F

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

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

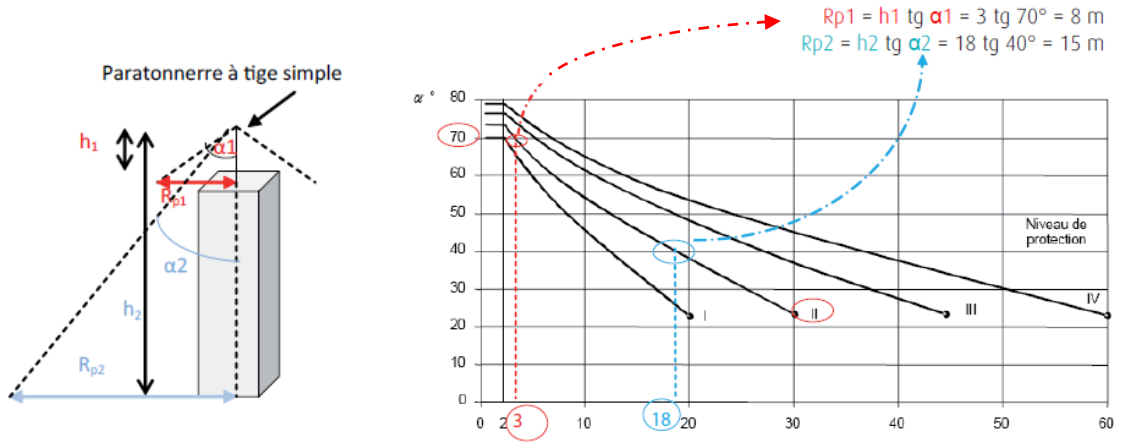
Ils peuvent être constitués par une combinaison des composants suivants :
- tiges simples,
- fils tendus,
- cages maillées et/ou composants naturels…

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

- **Tiges simples**

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

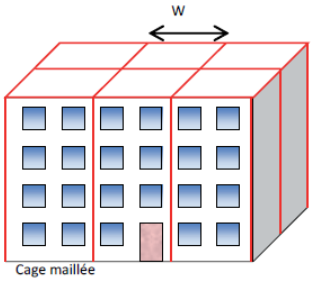
L'angle de protection concernant la zone protégée par ces tiges dépend du niveau de protection requis sur le bâtiment concerné et de la hauteur du dispositif de capture au-dessus du volume à protéger.




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

- **Cages maillées**

La protection par cage maillée consiste en la réalisation sur le bâtiment d'une cage à mailles reliées à des prises de terre.
Le système à cage maillée répartit l'écoulement des courants de foudre entre les diverses descentes, et ceci d'autant mieux que les mailles sont plus serrées.
La largeur des mailles en toiture et la distance moyenne entre deux descentes dépendent du niveau de protection requis sur le bâtiment.

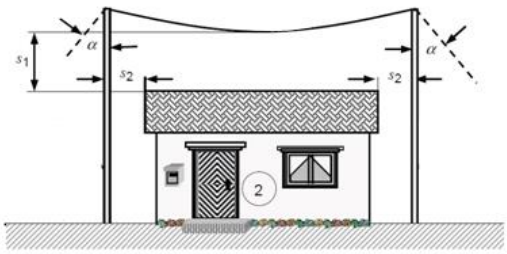



| Niveau de protection Issu de l'ARF | Taille des mailles | Distances typiques entre les conducteurs (W) |
|---|---|---|
| IV | 20 m x 20 m | 20 m |
| III | 15 m x 15 m | 15 m |
| II | 10 m x 10 m | 10 m |
| I | 5 m x 5 m | 10 m |

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

- **Fils tendus**

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



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

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

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

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

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

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

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

Afin de répondre aux exigences du maître d'ouvrage, la protection contre les effets directs de la foudre sera réalisée via un dispositif de protection actif et passif par la conservation de la protection par PDA.

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

### 6.4 Mise en œuvre de l'I.E.P.F

#### *6.4.1 Ensemble du site*

##### *6.4.1.1 Dispositif de capture*

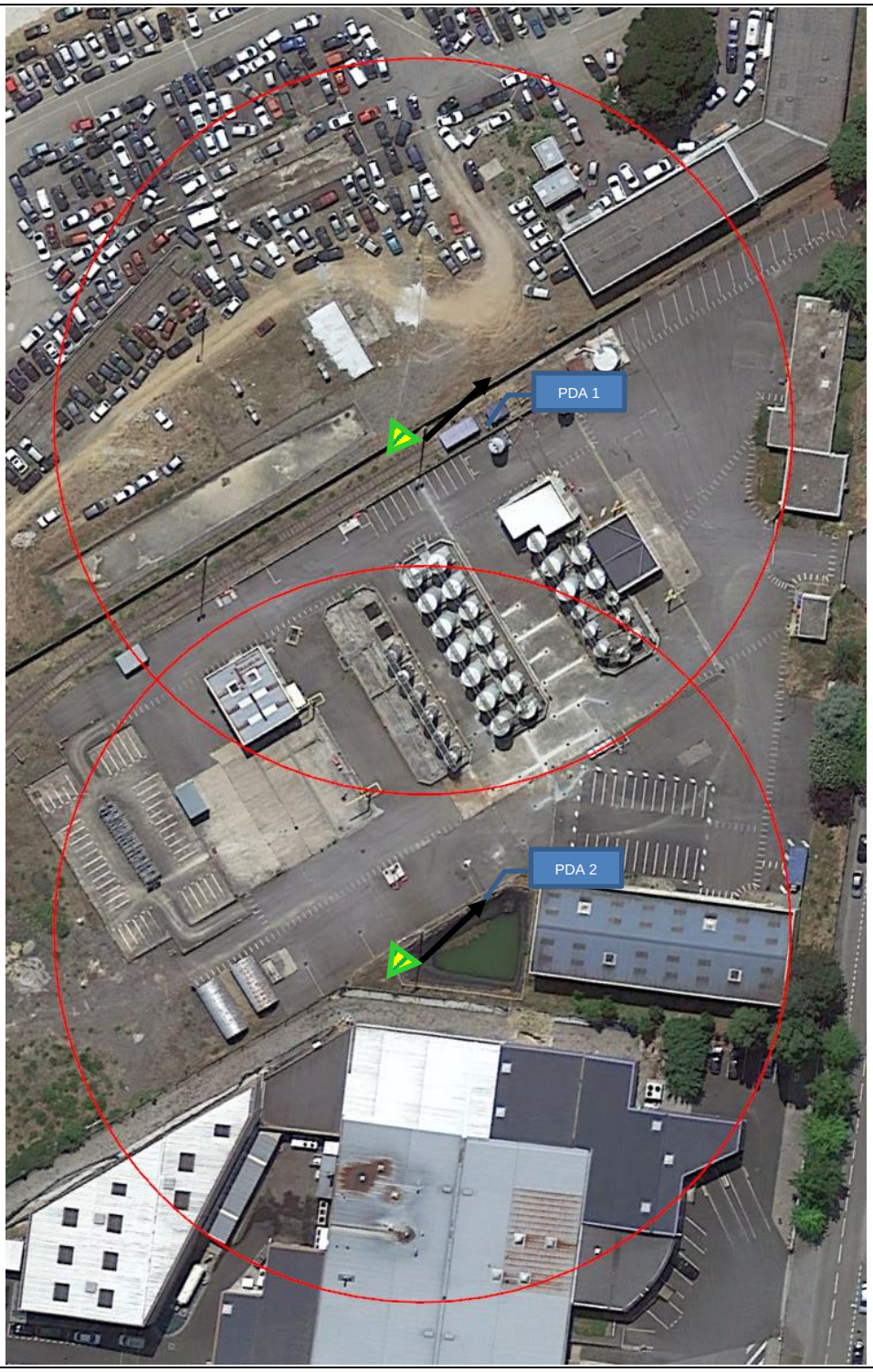
Nous préconisons :

- La conservation des 2 **PDA** testables à distance selon les recommandations du fabricant,
- La remise en conformité des SPF selon §5.7.1.

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

| Paratonnerre | Hauteur des mâts | Δt | Niveau de protection | Rayon de protection |
|---|---|---|---|---|
| 2 PDA | 5 mètres | 50 µs | IV | 58,2 m |

Le haut du PDA doit être installé à au moins 2 m au-dessus de la zone qu'il protège, y compris les antennes, les tours de refroidissement, les toits, les réservoirs, etc.




**Plan n°2 :** Rayon de protection des paratonnerres

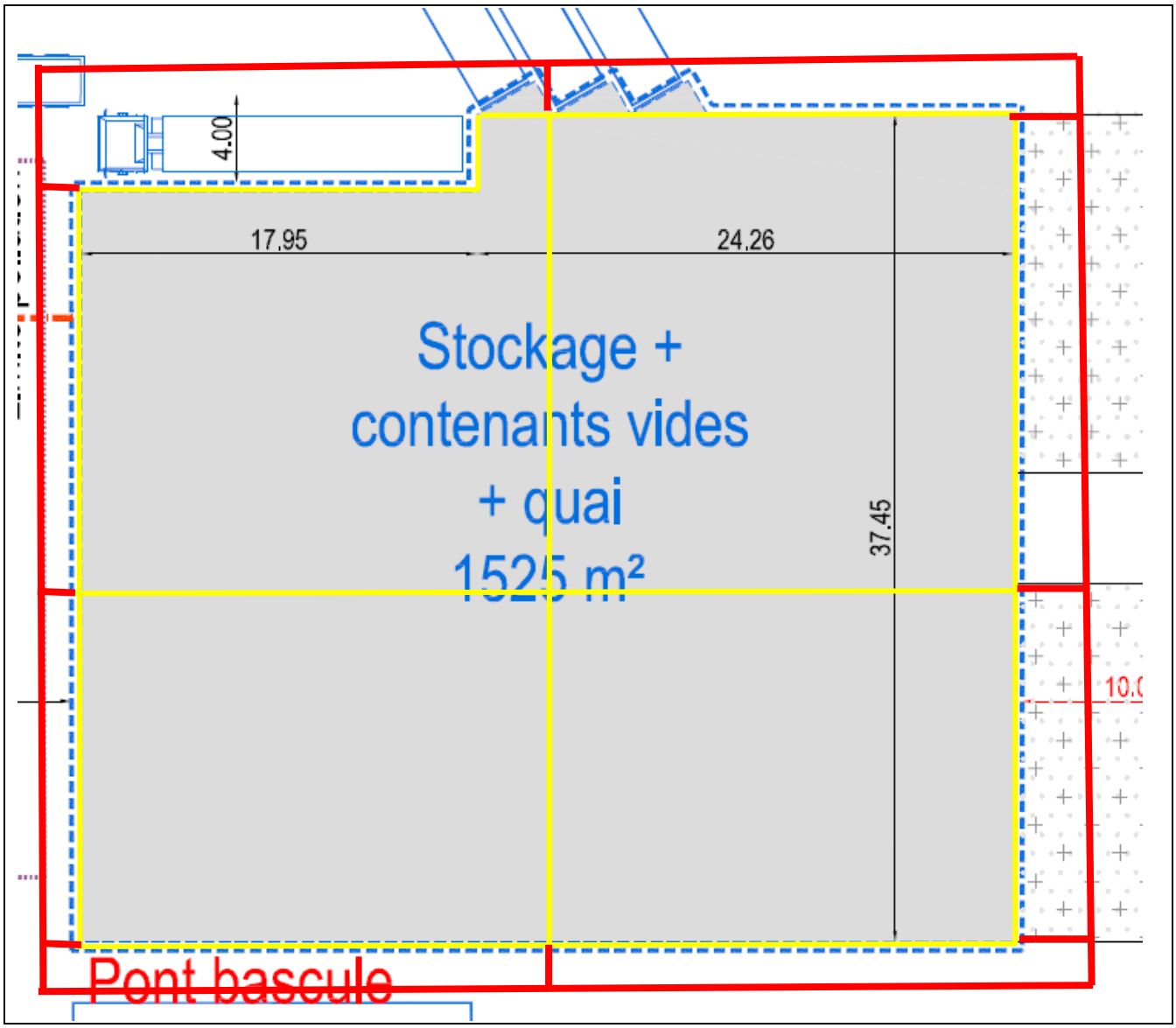
| Légende : | | | |
|---|---|---|---|
| | Rayon de protection 58,2 m | | PDA sur mât de 5 m |
| | Prise de terre | | |

### *6.4.2 Bâtiment de stockage*

#### *6.4.2.1 Dispositif de capture*

Nous préconisons :

- La création d'un maillage 20x20m,
- La mise en place d'étriers de terre au pied de chaque descente en façade permettant de déconnecter les différentes prises de terre,
- La création d'un réseau de terre à fond de fouille type B.




**Plan n°3 :** Implantation du SPF, conducteurs de descente et prises de terre

| Légende : | | | |
|---|---|---|---|
| | Prise de terre type B | | SPF en toiture |

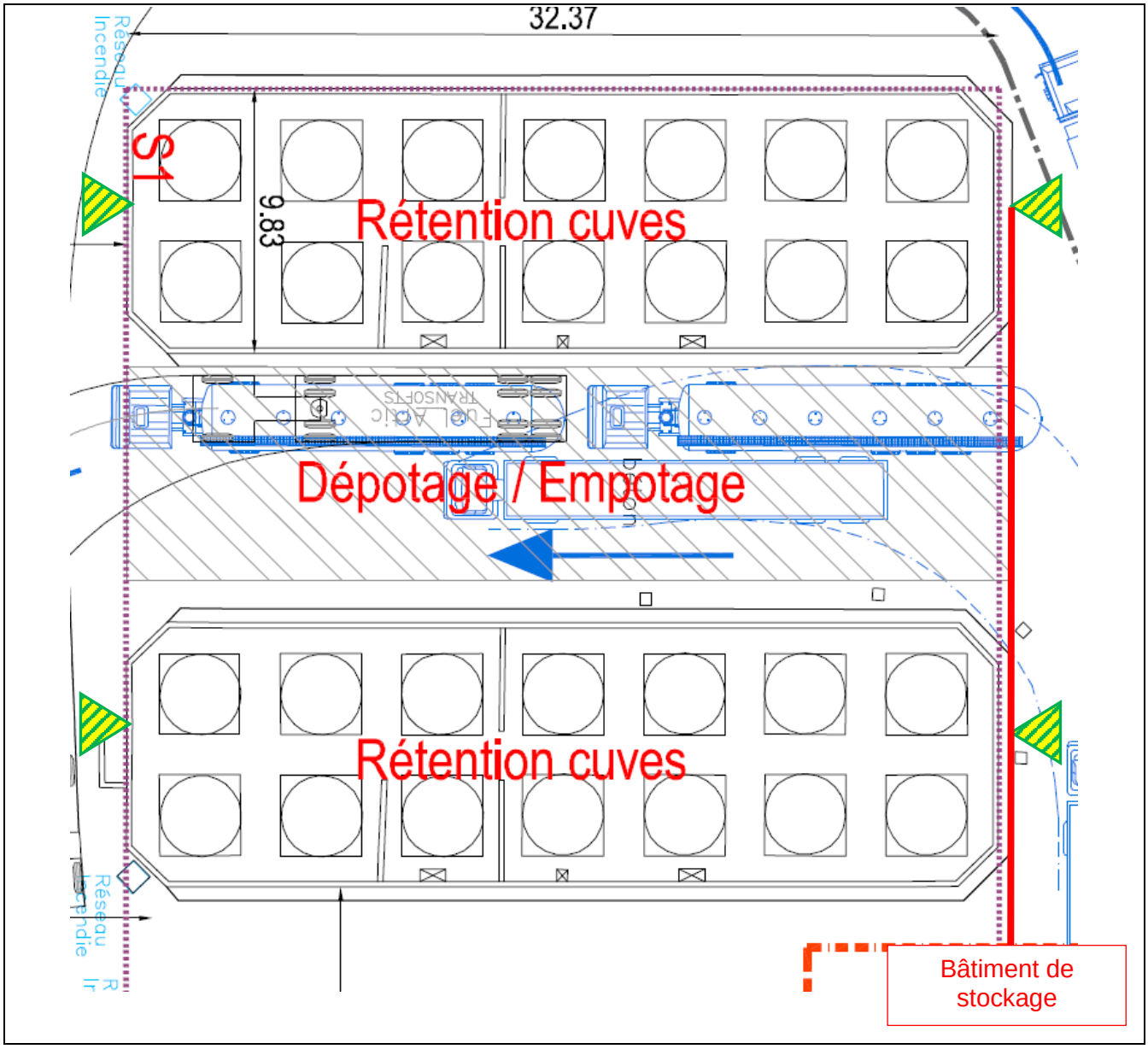
### *6.4.3 Cuvettes 1 et 2*

#### *6.4.3.1 Dispositif de capture*

Nous préconisons :

- L'utilisation des escaliers d'accès aux têtes de cuves comme composant naturel de capture permettant d'éviter tout impact de la foudre sur ces dernières,
- La reprise des fixations des conducteurs 27x2 mm aux cuvettes (percement du méplat proscrit)
- La création d'une prise de terre type A de part et d'autre des deux cuvettes, raccordées aux 2 réseaux de terre,
- La mise en place de pancartes d'interdiction d'accès aux crinolines des cuvettes en période orageuse,
- Le raccordement du réseau de terre de la cuvette 1 à la cuvette 2,
- Le raccordement du réseau de terre de la cuvette 2 au maillage du bâtiment de stockage,
- Le raccordement du réseau de terre aux pinces de liaison équipotentielle,
- Le raccordement des deux réseaux de terre au réseau de terre électrique.

La hauteur des deux cuvettes permet d'éviter tout impact de la foudre sur la zone de dépotage (méthode de la sphère fictive).




**Plan n°4 :** Implantation du SPF, conducteurs de descente et prises de terre

| Légende : | | | |
|---|---|---|---|
| | Prise de terre type A | | Réseau équipotentiel |

### *6.4.4 Dispositifs de descente et mise à la terre*

#### *6.4.4.1 Conducteurs de descente*

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

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

- 0,600 m pour les PDA 1 et 2,
- 0,111 m pour la cage maillée,
- 0,396 m pour les cuvettes.

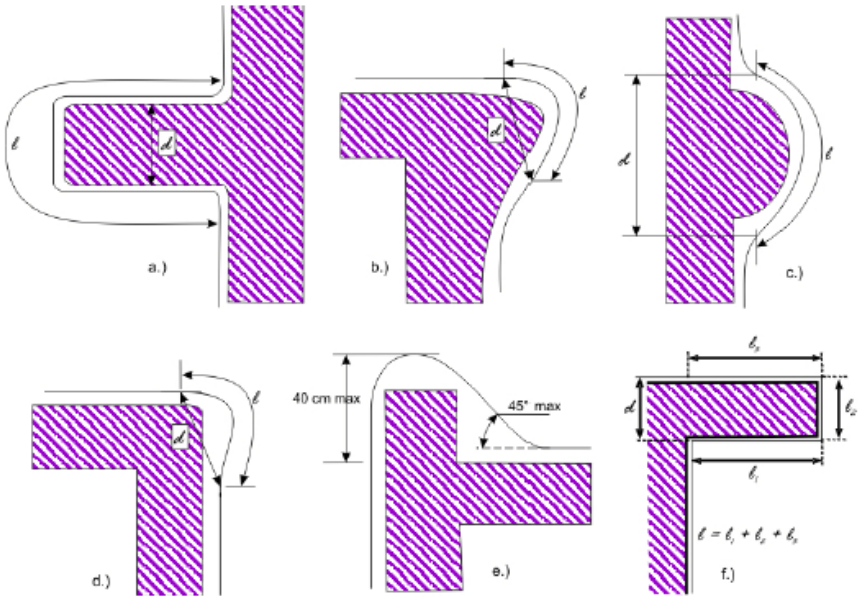
**L'ensemble des masses métalliques (skydomes, exutoires, crinolines, aérothermes) et des carcasses des spots d'éclairages/caméras devront être interconnectés au dispositif de descente par un conducteur de même nature que celui-ci.**
**Les courants forts/faibles devront être blindés (caméras, antenne hertzienne) ou protégés à l'aide de parafoudres (parafoudres BT et coaxiaux).**

#### 6.4.4.2 *Cheminement des conducteurs de descente*

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

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

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




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

– Formes de courbure des conducteurs de descente

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

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

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

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

#### 6.4.4.3 *Matériaux et dimensions*

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

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

| Matériau | Configuration | Section minimale |
|---|---|---|
| Cuivre, cuivre étamé, acier galvanisé à chaud, acier inoxydable | Plaque pleine (épaisseur min. 2 mm) | 50 mm² |
| Aluminium | Plaque pleine (épaisseur min. 3 mm) | 70 mm² |

#### 6.4.4.4 *Joint de contrôle*

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

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

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

#### 6.4.4.5 *Compteur de coups de foudre*

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

#### 6.4.4.6 *Prise de terre*

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

Cette disposition comprend soit une boucle extérieure à la structure en contact avec le sol sur une longueur d'au moins 80 % de la boucle, soit une prise de terre à fond de fouille, à condition qu'elle soit constituée d'un conducteur de 50 mm².

La norme NF EN 62305-3 indique :
*« Il convient que la résistance de terre des dispositifs de capture pour les structures contenant des matériaux explosifs solides et des mélanges explosifs soit la plus faible possible et non supérieure à 10 Ω. »*

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

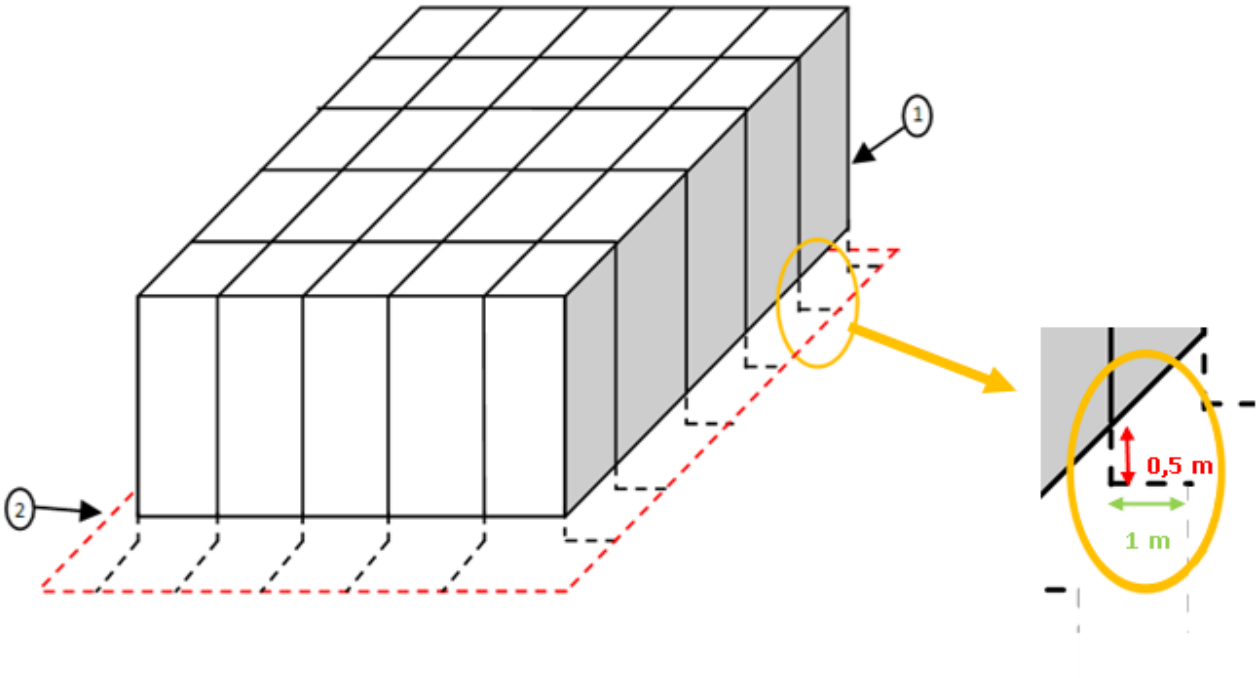



Schéma de principe « prise de terre type B »

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

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

| Matériau | Configuration | Dimensions minimales | |
|---|---|---|---|
| | | Électrode de terre | Conducteur de terre |
| Cuivre | Torsadé, rond plein, plaquer pleine (épaisseur min. 2 mm) | | 50 mm² |
| | Rond plein | ø15 mm | |
| | Tuyau (épaisseur 2 mm) | ø20 mm | |
| Acier | Rond plein galvanisé | ø 16 mm | ø 10 mm |
| | Tube galvanisé | ø 25 mm | |
| Acier inoxy-dable | Rond plein | ø 15 mm | ø 10 mm |

Au total, **2 prises de terre type A** devront être réfectionnées afin de relier les PDA à la terre.
Au total, **4 prises de terre type A** devront être crées afin de relier les cuvettes à la terre.

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

- la valeur de résistance mesurée à l'aide d'un équipement classique doit être la plus basse possible (**inférieure à 10 Ω**). Cette résistance doit être mesurée au niveau de la prise de terre isolée de tout autre composant conducteur. L'installateur a donc en charge tous les éventuels travaux complémentaires nécessaires, afin d'obtenir une valeur inférieure à 10 Ohms.

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

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

- Patte d'oie

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

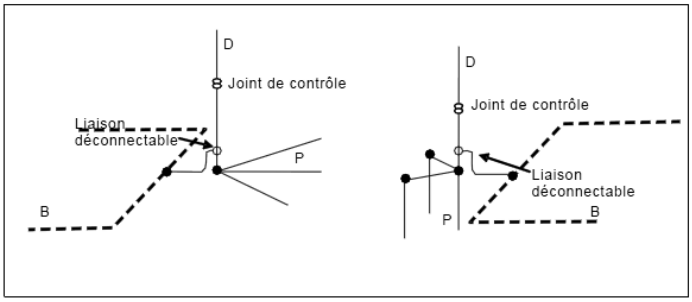
Exemple : trois conducteurs de 7 m à 8 m de long, enterrés à l'horizontale, à une profondeur minimum de 50 cm.

- Prise de terre ligne ou triangle

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

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

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




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

Schéma de principe « prise de terre type A »

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

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

| Matériau | Configuration | Dimensions minimales | |
|---|---|---|---|
| | | Électrode de terre | Conducteur de terre |
| Cuivre | Torsadé, rond plein, plaquer pleine (épaisseur min. 2 mm) | | 50 mm² |
| | Rond plein | ø15 mm | |
| | Tuyau (épaisseur 2 mm) | ø20 mm | |
| Acier | Rond plein galvanisé | ø 16 mm | ø 10 mm |
| | Tube galvanisé | ø 25 mm | |
| Acier inoxy-dable | Rond plein | ø 15 mm | ø 10 mm |

### *6.4.4.8 Dispositions complémentaires pour les prises de terre de PDA*

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

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

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

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

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

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

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

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

- 160 m pour le niveau de protection I (respectivement 100 m pour les autres niveaux de protection) pour une électrode horizontale ;
- 80 m pour le niveau de protection I (respectivement 50 m pour les autres niveaux de protection) pour les électrodes verticales ;
- ou une combinaison telle qu'expliquée ci-avant pour une prise de terre de Type A.

#### *6.4.4.9 Equipotentialité des prises de terres*

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

#### *6.4.4.10 Condition de proximité*

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

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

#### *6.4.4.11 Tension de contact et de pas*

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

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

### *6.4.5 Mise à la terre des canalisations*

Il est rappelé que toutes les canalisations métalliques rentrantes et sortantes devront être raccordées au réseau de terre et de masse du bâtiment à leur point de pénétration (liaisons avec les remontées de prise de terre de préférence). Ces liaisons d'interconnexion au réseau de terre du bâtiment sont notamment à faire au niveau des canalisations métalliques transportant des produits à risque. (Canalisations de gaz combustible et médicaux en particulier)
Ces liaisons devront se faire par l'intermédiaire d'un conducteur en cuivre nu de section 16 mm² minimum.

Les canalisations concernées sont :

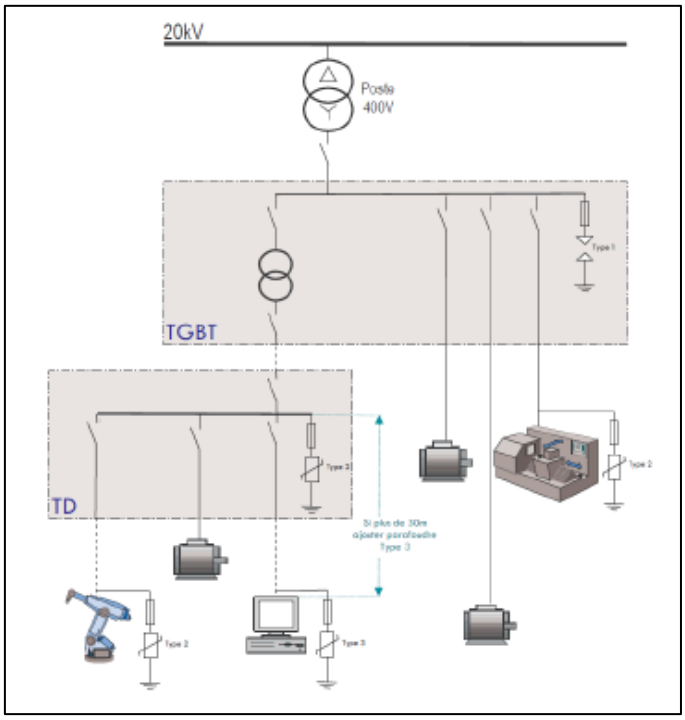
- Canalisation Eau pénétrant dans le local Surpresseur RIA, (la liaison équipotentielle présente sur une canalisation ne constitue pas une MALT car indépendante du réseau général de terre du site)
- Canalisations x2 RIA pénétrant dans le bâtiment DIND,
- Canalisations eau pénétrant dans le local Sprinkler.
- Canalisations Sprinkler pénétrant dans le bâtiment de stockage,
- Canalisations Sprinkler pénétrant dans la cuvette 1,
- Canalisations Sprinkler pénétrant la cuvette 2.

## 7. PRÉCONISATIONS - EFFETS INDIRECTS DE LA FOUDRE

Les résultats de l'analyse de risque aboutissent à une **protection obligatoire** contre les **effets indirects de niveau IV** sur le site de **CARQUEFOU** (44).

Une protection devra être mise en place :

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




Principe de protection par parafoudres

Nous préconisons :

- La remise en conformité du parafoudre **type 1+2 au niveau du TGBT,**
- La mise en place d'un parafoudre **type 1+2 au niveau du TD Motopompe RIA,**
- La mise en place d'un parafoudre **type 1+2 au niveau du TD Unité de dépollution 1,**
- La mise en place d'un parafoudre **type 1+2 au niveau du TD Unité de dépollution 2,**
- La mise en place d'un parafoudre **type 1+2 au niveau du TD Motopompe Sprinkler,**
- La mise en place d'un parafoudre **type 1+2 au niveau du TD Bâtiment DIND,**
- La mise en place d'un parafoudre **type 1+2 au niveau du TD Bâtiment Stockage,**

- La mise en place de **parafoudres téléphoniques et BUS** au niveau des différentes lignes de télécommunication :
  - Ligne de report d'alarme vers télésurveillance sur répartiteur télécom du bâtiment administratif,
  - Ligne de report d'alarme Centrale Sprinkler vers SDI,
  - Ligne de report d'alarme SDI vers Centrale Sprinkler,
  - Ligne de report d'alarme Centrale RIA vers SDI,
  - Ligne de report d'alarme SDI vers Centrale RIA,
  - Ligne de report d'alarme Centrale Multi ponctuel vers SDI,
  - Ligne de report d'alarme SDI vers Centrale Multi ponctuel,
  - Ligne de report d'alarme Centrale flamme bâtiment stockage vers SDI,
  - Ligne de report d'alarme SDI vers Centrale flamme bâtiment stockage.

## 7.1 Protection des courants forts

### *7.1.1 Détermination des caractéristiques des parafoudres type I et I + II*

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

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

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

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

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

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

Il dépend de :

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

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

***Tableau n° 2*** *: Valeurs du courant de foudre direct Iimp maxi*

- du nombre de pôles.

Ce courant est donné par la formule suivante :

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

Où *n* est le nombre de réseaux rentrants et *m* le nombre de conducteur actif.

| Bâtiment | Bâtiment stockage | Bâtiment DIND |
|---|---|---|
| **N (réseaux entrants)** | 2 | 2 |
| **M (conducteurs actifs)** | 4 | 4 |
| **Iimp maxi (voir tableau n°19)** | 100 | 100 |
| **Calcul de Iimp** $I_{imp} = \frac{0,5}{n \times m} \times I_{imp} \max$ | 6,25 kA | 6,25 kA |

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

**<u>Caractéristiques</u>** :

- Régime de neutre : **TT / TNS**
- Tension maximale en régime permanent : **Uc = 253V**
- Intensité de court-circuit à respecter : **Icc = A définir**
- Courant maximum de décharge (onde 10/350 µs) :
  - **$I_{imp}$ = 12,5kA si TT / TNS**
- Niveau de protection : **Up = 1,5 kV pour un type 1+2**

  **Up = 2,5kV pour un type 1**

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

### *7.1.2 <u>Détermination des caractéristiques des parafoudres type II</u>*

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

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

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

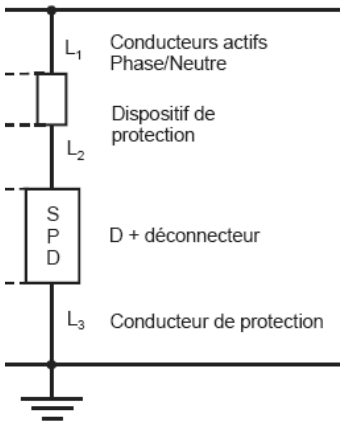
**Caractéristiques :**

- Régime de neutre : **TT / TNS**
- Tension maximale en régime permanent **Uc = 253V**
- Intensité de court-circuit à respecter : **Icc = A définir**
- Courant nominal de décharge (onde 8/20 µs) **In = 5 kA**
- Courant maximum de décharge (onde 8/20 µs) **Imax = 10 kA**
- Niveau de protection **Up = 1,5 kV**

### *7.1.3 Raccordement*

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

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




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

### *7.1.4 Dispositif de deconnexion*

Il est prévu un dispositif de protection contre les courants de défaut et les surintensités (Fusibles HPC, disjoncteurs…). Ce dispositif sera dimensionné par l'installateur **(note de calculs à l'appui)**. **Afin de privilégier la continuité des installations électriques**, les dispositifs de protection des parafoudres respecteront l**es règles de sélectivité.**

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

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

### 7.2 Protection des lignes de télécommunication

Ces parafoudres sont structurés par les normes internationales NF EN 61643-21 et -22.

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

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

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

Le courant impulsionnel de foudre (Iimp – onde 10/350 µs) des parafoudres doit être > ou = aux valeurs reprises ci-dessous en fonction des niveaux de protection.

| Niveau de protection Np | |
|---|---|
| I-II | III-IV |
| Iimp minimum du parafoudre (enkA) en onde 10/350 µs | |
| 2 | 1 |

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

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

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

**Des parafoudres courants faibles de type 1 devront être installés au niveau du répartiteur télécom.**

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

## 8. PREVENTION DU PHENOMENE ORAGEUX

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**<u>Conclusion</u> :**

Une procédure d'interdiction de dépotage et d'empotage devra être mise en place en période orageuse. Une procédure de mise à la terre des engins de dépotage devra également être mise en place.

## 9. REALISATION DES TRAVAUX

La mise en œuvre des préconisations doit être réalisée par une société spécialisée et agréée Qualifoudre **« Installation de paratonnerres et parafoudres »**.

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

La marque Qualifoudre :

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

Le label QUALIFOUDRE permet aux professionnels de la foudre de répondre aux exigences réglementaires de l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié par l'arrêté du 11 mai 2015.

## 10. VERIFICATIONS DES INSTALLATIONS

### 10.1 Vérification initiale

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

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

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

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

### 10.2 Vérifications périodiques

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

| Niveau de protection | Inspection visuelle (année) | Inspection complète (année) | Inspection complète des systèmes critiques (année) |
|---|---|---|---|
| I et II | 1 | 2 | 1 |
| III et IV | 2 | 4 | 1 |
| NOTE Pour les structures avec risque d'explosion, une inspection complète est suggérée tous les 6 mois. Il convient d'effectuer des essais une fois par an.<br>Une exception acceptable à l'essai annuel peut être un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des mesures de prise de terre en diverses saisons. | | | |

*D'après NF EN 62 305-3*

Les intervalles entre vérifications donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour le cas du projet de **CARQUEFOU** (44), l'arrêté du 4 octobre 2010 modifié précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

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

**Note importante :**

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

*Comment savoir si une surcharge ou des amorçages trop fréquents n'ont pas eu d'incidences sur le bon fonctionnement des parafoudres installés ?*

Si une démarche de vérification est mise en place, elle devra comporter une mission de contrôle de l'état des modules à l'aide de valise test (valise CHECKmaster ou équivalent) avec affichage des résultats des essais et raccordement par interface sur imprimante et PC pour exploiter les données et les incorporer au dossier « maintenance foudre ».

### 10.3 Vérifications supplémentaires

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

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

**Toutes ces vérifications devront être annotées dans la Notice de Vérification et Maintenance fournie. Il conviendra de la compléter pour la partie parafoudre, une fois que l'installation sera terminée.**

## 11. TABLEAU DE SYNTHESE

| Installations/ Equipements | Préconisations (effets directs et indirects) | Obligation | Optimisation |
|---|---|---|---|
| **I.E.P.F.** | **Installation Extérieure de Protection Foudre** | | |
| **Bâtiment de stockage** | Installation d'un SPF **de niveau IV,** conformément au § 6 de cette Etude Technique, | X | |
| **Cuvettes** | Installation d'un SPF **de niveau IV,** conformément au § 6 de cette Etude Technique, | X | |
| | Mise à la terre de certaines canalisations | X | |
| **I.I.P.F.** | **Installation Intérieure de Protection Foudre** | | |
| **TGBT, Tableaux divisionnaires et installations sensibles** | Remise en conformité et implantation de parafoudres **type 1+2 de niveau IV** : onde 10/350 µs, conformément au § 7 de cette étude technique. | X | |
| **Lignes de télécommunication, report d'alarme et ligne secours** | Protection par parafoudres courant faible adaptés, conformément au § 7 de cette étude technique. | X | |
| **Prévention Personnel** | Procédure à respecter en période orageuse, alerte foudre :<br>- soit par un système autonome local type moulin à champ, Détectstorm ou équivalent | | X |
| | - soit par un abonnement annuel à un service national de détection de front orageux, avertissant les services concernés que le risque d'orage sur la zone est élevé (Météorage). | | X |
| | - Télé comptage (Météorage) | | X |
| (en cas de travaux) | Vérification initiale des travaux (REC)<br>Vérification périodique Visuelle<br>Vérification périodique Complète | X<br>X<br>X | |

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

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

# ANNEXE 1

## Note de calcul distance de séparation

## CALCUL DE LA DISTANCE DE SEPARATION

### CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

| | |
|---|---|
| Niveau de protection | IV |
| Coefficient Ki | 0,04 |
| Nombre de conducteurs de descente | 1 |
| Coefficient Kc | 1 |
| Coefficient Km Air | 1 |
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 15 m |

**PDA**

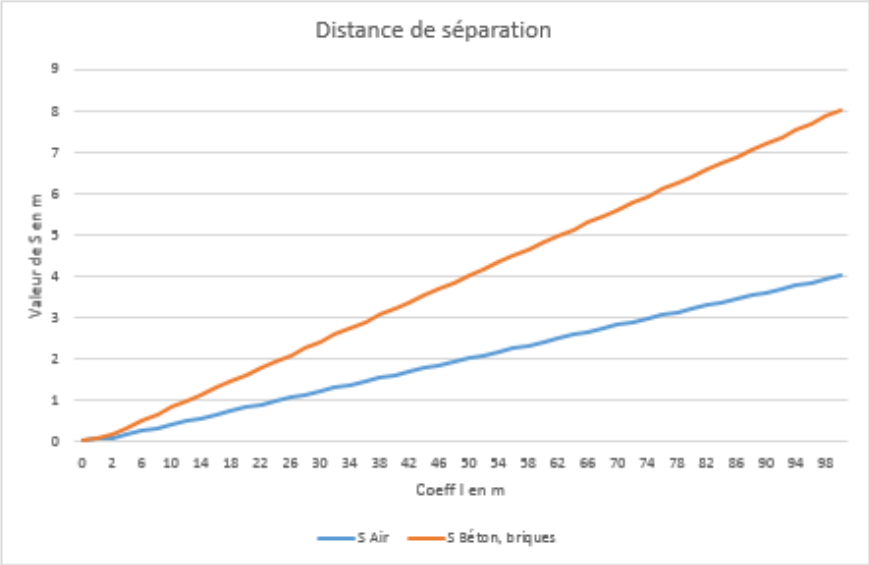
| Niveau de protection | Ki |
|---|---|
| I | 0,08 |
| II | 0,06 |
| III | 0,04 |
| IV | 0,04 |

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

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| | | |
|---|---|---|
| **Calcul de S Air max** | **0,600** | **m** |
| **Calcul de S Béton, Briques max** | **1,200** | **m** |

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




***NOTA:*** *La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente écoulant le courant de foudre et une masse conductrice voisine liée la terre. Pour qu'il y ait isolement au sens des étincelles dangereuses, il faut que la distance d séparant le système de protection contre la foudre de l'élément conducteur considéré, soit supérieur à s.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

| | |
|---|---|
| Niveau de protection | IV |
| Coefficient Ki | 0,04 |

| | | |
|---|---|---|
| Nombre de conducteurs de descente | n | 8 |
| distance entre 2 conducteurs de descente | c | 20 |
| distance (hauteur) entre ceinturage | h | 6 |
| Coefficient Kc | | 0,461 |

$$k_c = \frac{1}{2n} + 0{,}1 + 0{,}2 \times \sqrt[3]{\frac{c}{h}}$$

| | | |
|---|---|---|
| Coefficient Km Air | 1 | |
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 | |
| Coefficient l | 6 | m |

| | | |
|---|---|---|
| **Calcul de S Air max** | **0,111** | **m** |
| **Calcul de S Béton, Briques max** | **0,221** | **m** |

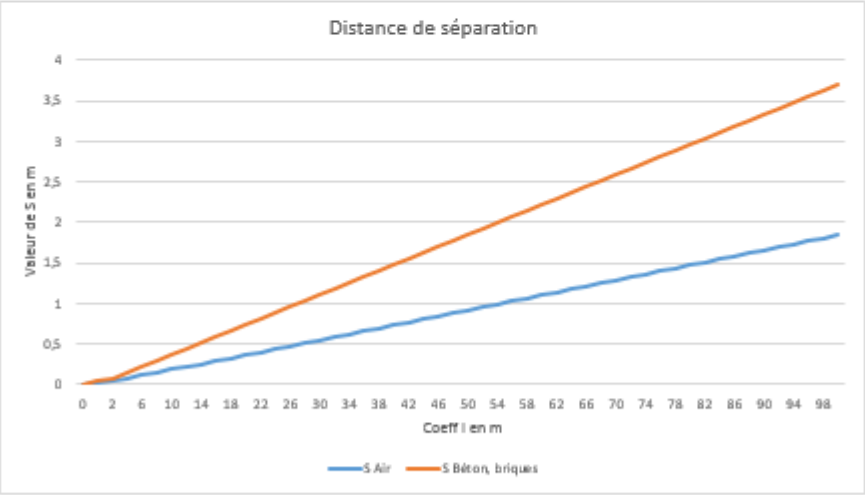
## POINTE/CAGE/FILS

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

| Nombre de conducteurs de descen | | Kc |
|---|---|---|
| 1 | | 1 |
| 2 | | 0,5.... 1 |
| 4 | et + | 0,25.... 0,5 |
| 4 | et + ceintur | 1/n.... 0,5 |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

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




***NOTA:*** *La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente écoulant le courant de foudre et une masse conductrice voisine liée la terre. Pour qu'il y ait isolement au sens des étincelles dangereuses, il faut que la distance d séparant le système de protection contre la foudre de l'élément conducteur considéré, soit supérieur à s.*

## CALCUL de la DISTANCE de SEPARATION s

| | |
|---|---|
| Niveau de protection | IV |
| Coefficient Ki | 0,04 |
| Nombre de conducteurs de descente | 2 |
| Coefficient Kc | 0,66 |
| Coefficient Km Air | 1 |
| Coefficient Km Béton, Briques | 0,5 |
| Coefficient l | 15 m |

**POINTE/CAGE/FILS**

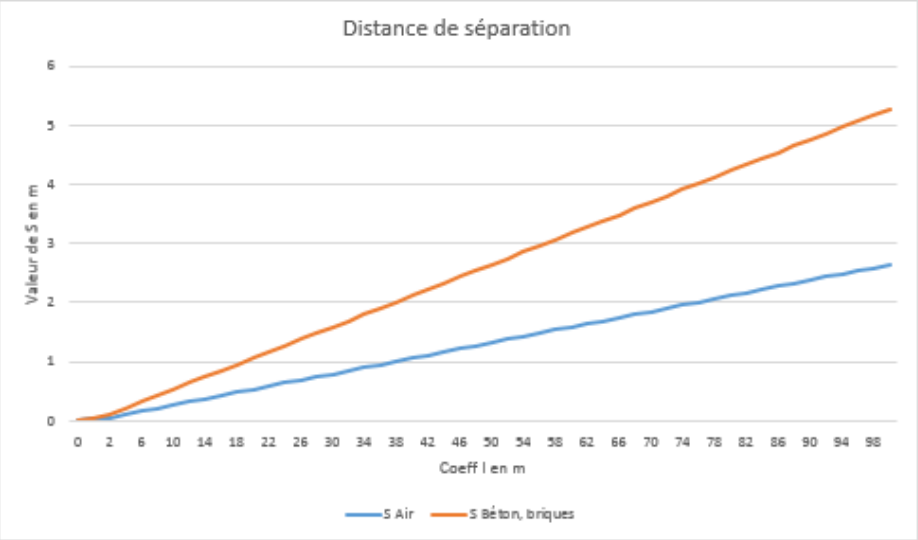
| Niveau de protection | Ki |
|---|---|
| I | 0,08 |
| II | 0,06 |
| III | 0,04 |
| IV | 0,04 |

| Nombre de conducteurs de descente | Kc |
|---|---|
| 1 | 1 |
| 2 | 0,66 |
| Maille 4 et + | 0,44 |

| Matériau | Km |
|---|---|
| Air | 1 |
| Béton, Briques | 0,5 |

| | | |
|---|---|---|
| **Calcul de S Air max** | **0,396** | **m** |
| **Calcul de S Béton, Briques max** | **0,792** | **m** |

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




***NOTA:*** *La distance de séparation est la distance minimale pour laquelle il n'y a pas formation d'étincelle dangereuse entre un conducteur de descente écoulant le courant de foudre et une masse conductrice voisine liée la terre. Pour qu'il y ait isolement au sens des étincelles dangereuses, il faut que la distance d séparant le système de protection contre la foudre de l'élément conducteur considéré, soit supérieur à s.*

# ANNEXE 2

## Notice de Vérification et de Maintenance

# 1. ORDRES DES VERIFICATIONS

## 1.1 Procédure de vérification

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

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

## 1.2 Vérification de la documentation technique

Il y a lieu de vérifier la documentation technique totalement, pour s'assurer de la conformité aux normes en vigueur et de la cohérence avec les schémas d'exécution.

## 1.3 Vérifications visuelles

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

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

### 1.4 Vérifications complètes

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

- le contrôle des têtes des paratonnerres à dispositif d'amorçage selon les recommandations du fabricant ;
- les essais de continuité des parties non visibles lors de la vérification initiale et qui ne peuvent être contrôlées par vérification visuelle ultérieurement ;
- les valeurs de résistance de la prise de terre. Il convient d'effectuer des mesures de terre isolées ou associées et d'enregistrer les valeurs dans un rapport de vérification du SPF.

a) La résistance de chaque électrode de terre et si possible, la résistance de la prise de terre complète.

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

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

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

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

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

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

### 1.5 Documentation de la vérification

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

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

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

- les conditions générales des conducteurs de capture et des autres composants de capture
- le niveau général de corrosion et de la protection contre la corrosion ;
- la sécurité des fixations des conducteurs et des composants ;
- les mesures de la résistance de la prise de terre ;

- les écarts par rapport aux normes ;
- la documentation sur les modifications et les extensions du système et de la structure. De plus, les schémas d'installation et de conception ont lieu d'être revus ;
- les résultats des essais effectués.

## 2. MAINTENANCE

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

| Niveau de protection | Inspection visuelle (année) | Inspection complète (année) | Inspection complète des systèmes critiques (année) |
|---|---|---|---|
| I et II | 1 | 2 | 1 |
| III et IV | 2 | 4 | 1 |
| NOTE Pour les structures avec risque d'explosion, une inspection complète est suggérée tous les 6 mois. Il convient d'effectuer des essais une fois par an.<br>Une exception acceptable à l'essai annuel peut être un cycle de 14 à 15 mois lorsqu'il est considéré avantageux d'effectuer des mesures de prise de terre en diverses saisons. | | | |

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

Les intervalles entre inspections donnés dans le tableau ci-dessus s'appliquent dans le cas où il n'existe pas de texte réglementaire de juridiction. Or, pour le site **de CARQUEFOU (44)**, l'arrêté du 4 octobre 2010 précise que la vérification visuelle doit être réalisée tous les ans et la vérification complète tous les deux ans.

### 2.1 Remarques générales

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

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

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

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

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

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

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

### 2.2 Procédure de maintenance

Le site de **CARQUEFOU (44)**, doit établir des programmes de vérifications périodiques pour tous les SPF.

La fréquence des procédures de maintenance dépend :

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

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

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

Le programme de maintenance comporte les informations suivantes :

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

### 2.3 Documentation de maintenance

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

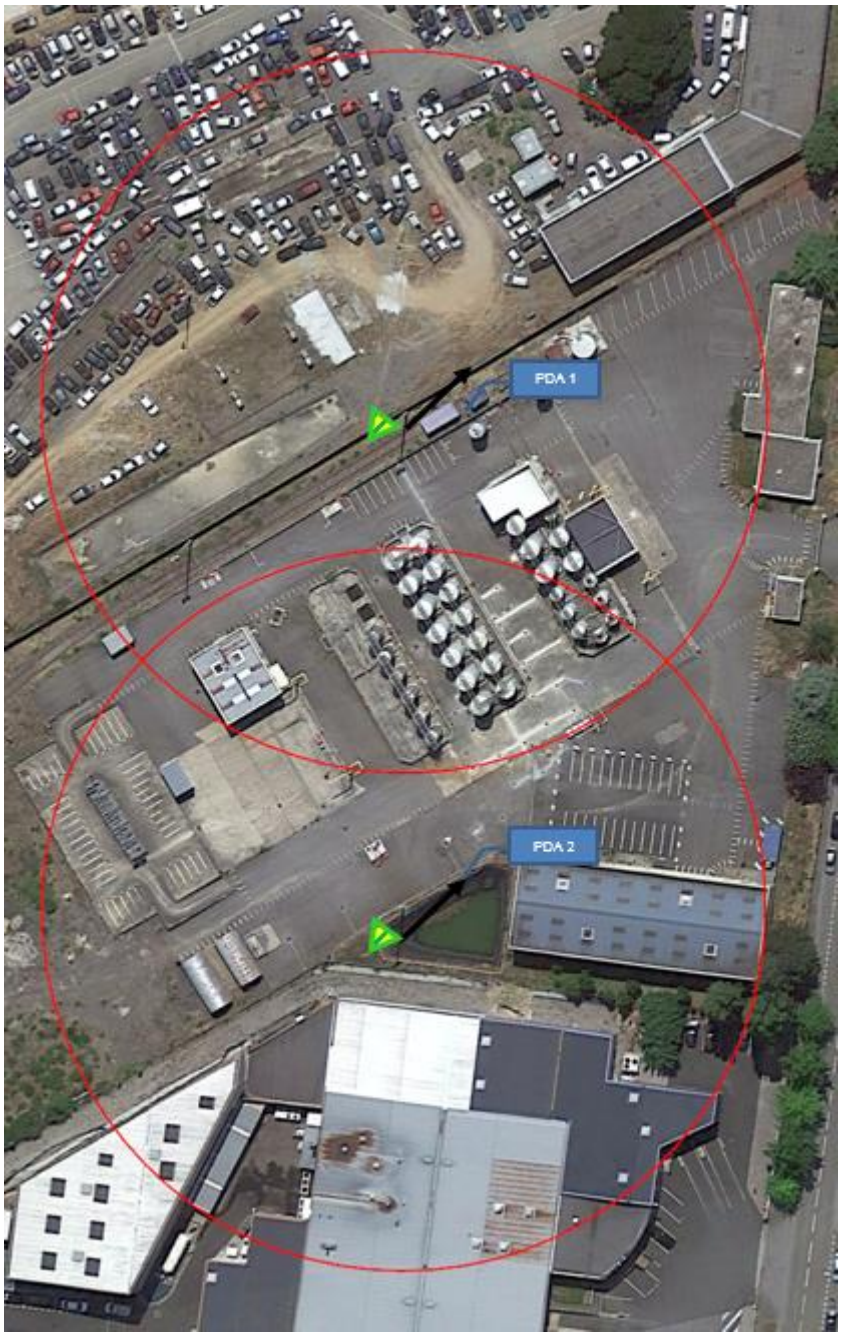
Ces enregistrements fournissent des moyens d'évaluation des composants et de l’installation du SPF.

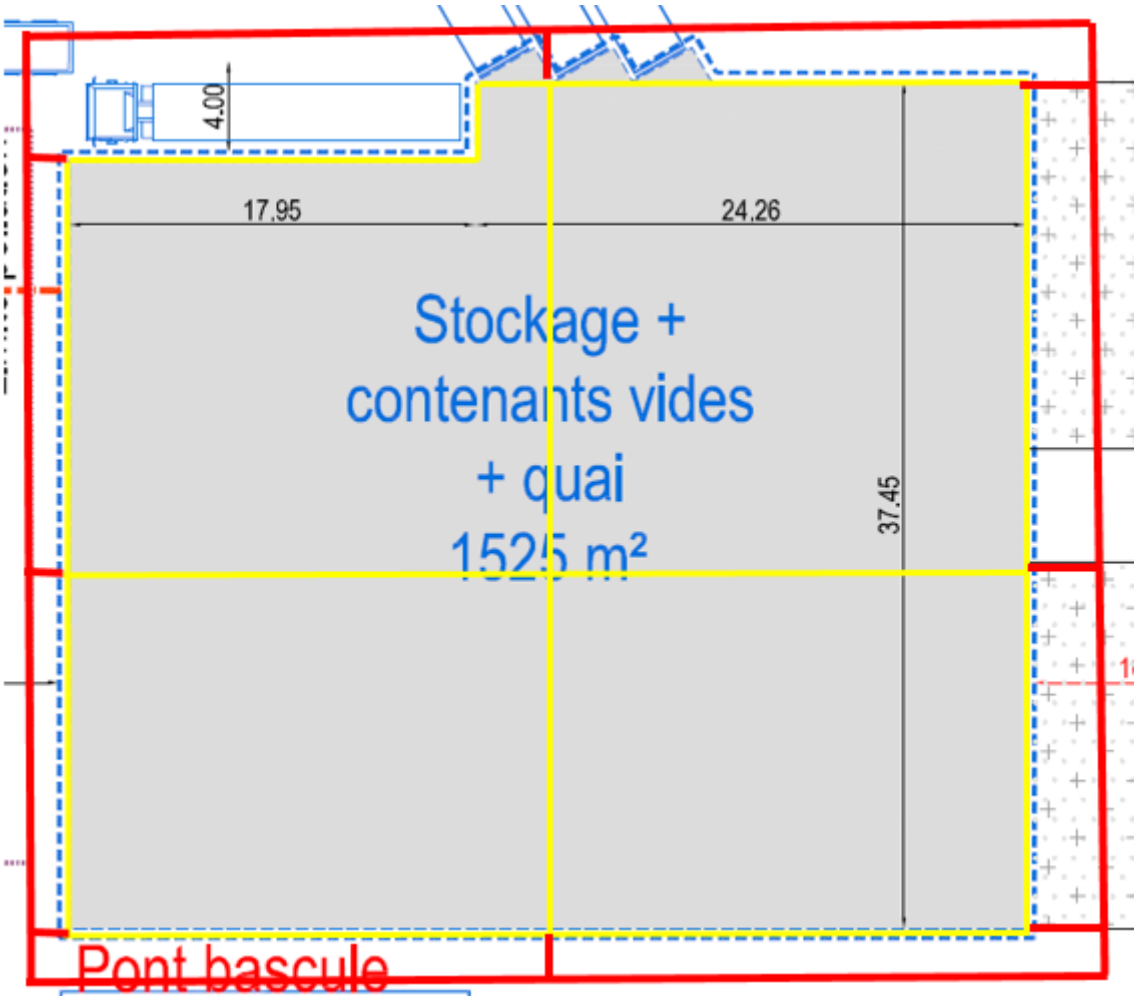
Il convient que ces enregistrements servent de base pour la révision et la modernisation des programmes de maintenance du SPF et qu'ils soient conservés avec les rapports de conception et de vérification.

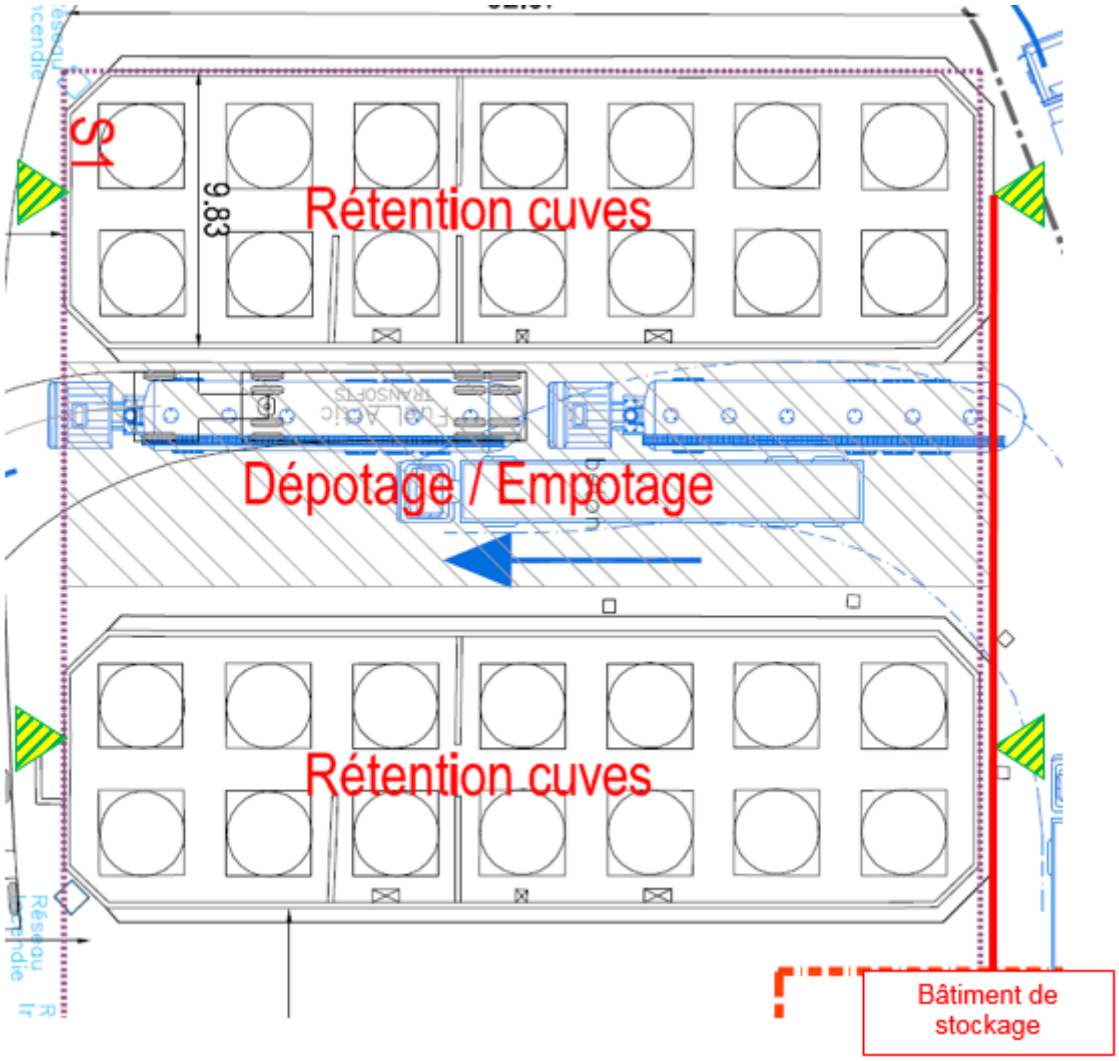
# 3. DESCRIPTION DES SPF

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

### *3.1.1 Implantation des dispositifs de capture*




4.00
17.95
24.26
Stockage +
contenants vides
+ quai
1525 m²
37.45
Pont bascule




### 3.1.2 *Caractéristiques des dispositifs de capture*

| | PDA 1 | PDA 2 | Maillage | Cuvettes |
|---|---|---|---|---|
| **Avance à l'amorçage** | 60 µs | 60 µs | / | / |
| **Hauteur/dimension** | 5 m | 5 m | 20x20 m | / |
| **Niveau de protection** | 4 | 4 | 4 | 4 |
| **Rayon de protection** | 64,2 m | 64,2 m | / | / |

### 3.2 Installations Intérieures de Protection contre la Foudre (I.I.P.F)

**Parafoudres**

*Caractéristiques des parafoudres mis en œuvre* :

| Localisation | Type (I, II, ou III) | $U_p$ (kV) | $I_n$ (kA) | $I_{imp}$ (kA) |
|---|---|---|---|---|
| TGBT | I+II | 1,5 | 5,0 | 12,5 |
| TD Motopompe RIA | I+II | 1,5 | 5,0 | 12,5 |
| TD Unité dépollution 1 | I+II | 1,5 | 5,0 | 12,5 |
| TD Unité dépollution 2 | I+II | 1,5 | 5,0 | 12,5 |
| TD Sprinkler | I+II | 1,5 | 5,0 | 12,5 |
| TD DIND | I+II | 1,5 | 5,0 | 12,5 |
| TD Stockage | I+II | 1,5 | 5,0 | 12,5 |
| Ligne télécom et BUS | I | | | 1,0 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

# 4. NOTICE DE VERIFICATION

## 4.1 Notices de vérification des Paratonnerres à Dispositif d'Amorçage (PDA) et Pointes Simples

➢ **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.

La pointe simple est un type de dispositif passif de capture de la foudre. Il est relié à la terre par deux circuits de descente.

➢ **Document de référence :**

Norme NF EN 62 305-3 de décembre 2006
Norme NF C 17-102 de septembre 2011

➢ **Matériel utilisé :**

Matériel de test de la partie active (tête) spécifique selon chaque fabriquant.

➢ **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 : qualifoudre ou F2C

➢ **Conditions d'accès particuliers :**

- 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.

➢ **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 selon les procédures propres à chaque fabricant.

- **Mode opératoire : la vérification initiale comprend les étapes suivantes :**

1) vérifier que le PDA domine d'au moins 2 mètres l'ensemble de la zone protégée,
2) vérifier que le nombre de conducteurs de descente respecte les critères de la norme,
3) vérifier la bonne fixation mécanique du conducteur de descente au PDA,
4) vérifier la continuité électrique entre le PDA et le conducteur de descente.

**C** : Conforme ; **NC** : Non Conforme ; **SO** : Sans Objet

| | PDA 1 | PDA 2 |
|---|---|---|
| **Etape 1** | | |
| **Etape 2** | | |
| **Etape 3** | | |

- **Pour la vérification périodique, les vérifications de la situation du PDA et du nombre de descente sont complétées par :**

5) un contrôle fonctionnel de la tête active (test approprié selon constructeur), si impossibilité de les tester in situ, les retourner au laboratoire pour test avec certificat à l'appui,
6) un contrôle de la bonne fixation mécanique du mât sur l'installation et du PDA sur le mât.

**C** : Conforme ; **NC** : Non Conforme ; **SO** : Sans Objet

| | PDA 1 | PDA 2 |
|---|---|---|
| **Etape 1** | | |
| **Etape 2** | | |
| **Etape 3** | | |

**Commentaires** :

### 4.2 Notice de vérification des conducteurs de descente

- **Description de l'équipement à vérifier**

Conducteur de descente reliant le système de protection foudre à la prise de terre. La partie contrôlée est comprise entre l'élément de capture et la borne de coupure.

- **Documents de référence**

Norme NF EN 62 305-3 de décembre 2006.
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 : qualifoudre ou F2C

- **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.

- **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.

- **Mode opératoire : La vérification initiale comprend les étapes suivantes :**

1) vérifier la fixation du conducteur (nombre de fixations suffisant),
2) vérification de la section et du type de matériau,
3) vérification du cheminement du conducteur,
4) 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,
5) vérifier l'enregistrement du compteur de coups de foudre monté sur la descente,
6) indication de la conformité ou non du conducteur dans une fiche de contrôle.

**C** : Conforme ; **NC** : Non Conforme ; **SO** : Sans Objet

| | PDA 1 | PDA 2 | Maillage 1 à 8 | Cuvette 1 | | Cuvette 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Descente** | | | | | | | |
| **Etape 1** | | | | | | | |
| **Etape 2** | | | | | | | |
| **Etape 3** | | | | | | | |
| **Etape 4** | | | | | | | |
| **Etape 5** | | | | | | | |
| **Etape 6** | | | | | | | |

- **Pour la vérification périodique, les vérifications de la section et du type de matériau (étape 2) sont remplacées par une inspection de l'état de corrosion.**

**C** : Conforme ; **NC** : Non Conforme ; **SO** : Sans Objet

| | PDA 1 | PDA 2 | Maillage 1 à 8 | Cuvette 1 | | Cuvette 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Descente** | | | | | | | |
| **Etape 1** | | | | | | | |
| **Etape 2** | | | | | | | |
| **Etape 3** | | | | | | | |
| **Etape 4** | | | | | | | |
| **Etape 5** | | | | | | | |
| **Etape 6** | | | | | | | |

**<u>Commentaires</u> :**

### 4.3 Notice de vérification des prises de terre

- **Description de l'équipement à vérifier**

Les prises de terre peuvent être constituées par :

- des conducteurs normalisés, d'une longueur de 8 mètres, disposés en patte d'oie et enfouis horizontalement à au moins 50 cm de profondeur,

Ou

- d'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 normalisé.

- **Documents de référence**

Norme NF EN 62 305-3 de décembre 2006.
Norme NF C 17-102 de septembre 2011.

- **Matériel utilisé**

Mesureur de terre type Telluromètre, outillage pour l'ouverture du joint de contrôle et mètre.

- **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 : qualifoudre ou F2C

- **Conditions d'accès particulières :**

Plan de prévention.

- **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 (obligation pour PDA),
- 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.

- **Mode opératoire : La vérification initiale comprend les étapes suivantes :**

1) inspection visuelle des éléments visibles (section, état et fixation des éléments),
2) mesure de la prise de terre avec le joint de contrôle ouvert,
3) report du résultat de la vérification dans une fiche de contrôle.

**C** : Conforme ; **NC** : Non Conforme ; **SO** : Sans Objet

| | PDA 1 | PDA 2 | Maillage 1 à 8 | Cuvette 1 | | Cuvette 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Descente** | | | | | | | |
| **Etape 1** | | | | | | | |
| **Etape 2** | | | | | | | |
| **Etape 3** | | | | | | | |

- **La vérification périodique est identique à la vérification initiale :**

**C** : Conforme ; **NC** : Non Conforme ; **SO** : Sans Objet

| | PDA 1 | PDA 2 | Maillage 1 à 8 | Cuvette 1 | | Cuvette 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Descente** | | | | | | | |
| **Etape 1** | | | | | | | |
| **Etape 2** | | | | | | | |
| **Etape 3** | | | | | | | |

**Commentaires** :

### 4.4 Notice de vérification des parafoudres (type 1 et 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.

- **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 : qualifoudre ou F2C

- **Conditions d'accès particulières :**

Plan de prévention,
Habilitation électrique H0 / B0 minimum.

- **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 (< 50 cm, …),
  - le déconnecteur est fermé et l'indicateur n'indique pas de défaillance.

- **Mode opératoire : La vérification initiale comprend les étapes suivantes :**

  1) vérifier que les caractéristiques du parafoudre et du déconnecteur associé sont celles indiquées dans l'étude technique,
  2) vérifier la section et la longueur des conducteurs de connexions du parafoudre à l'installation,
  3) vérifier que le témoin de fonctionnement n'indique pas le remplacement du parafoudre,
  4) vérifier que le déconnecteur est en état de marche.

**C** : Conforme ; **NC** : Non Conforme ; **SO** : Sans Objet

- **la vérification périodique est identique à la vérification initiale :**

**Parafoudres**

*Caractéristiques des parafoudres mis en œuvre* :

| Localisation | Type (I, II, ou III) | $U_p$ (kV) | $I_n$ (kA) | $I_{imp}$ (kA) | Protection | Calibre | Marque |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TGBT | I+II | | | | | | |
| TD Motopompe | I+II | | | | | | |
| TD Unité dépollution | I+II | | | | | | |
| TD Unité dépollution | I+II | | | | | | |
| TD Sprinkler | I+II | | | | | | |
| TD DIND | I+II | | | | | | |
| TD Stockage | I+II | | | | | | |
| Ligne télécom et BUS | I | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

**C** : Conforme ; **NC** : Non Conforme ; **SO** : Sans Objet

**Parafoudres**

*Caractéristiques des parafoudres mis en œuvre* :

| Localisation | Type (I, II, ou III) | $U_p$ (kV) | $I_n$ (kA) | $I_{imp}$ (kA) | Protection | Calibre | Marque |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TGBT | I+II | | | | | | |
| TD Motopompe | I+II | | | | | | |
| TD Unité dépollution | I+II | | | | | | |
| TD Unité dépollution | I+II | | | | | | |
| TD Sprinkler | I+II | | | | | | |
| TD DIND | I+II | | | | | | |
| TD Stockage | I+II | | | | | | |
| Ligne télécom et BUS | I | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

**<u>Commentaires</u> :**

## 5. CARNET DE BORD

Qualifoudre INERIS

N° 071179534036

# INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

## CARNET DE BORD

Raison sociale : _____

Adresse de l'Établissement :

**CARNET DE BORD**

Ce carnet de bord est la trace de l'historique de l'installation de protection foudre et doit être tenu à jour sous la responsabilité du Chef d'Etablissement.
Il doit rester à la disposition des Agents des Pouvoirs Publics chargés du contrôle de l'Établissement.
Il ne peut sortir de l'Etablissement ni être détruit lorsqu'il est remplacé par un autre carnet de bord.

**Renseignements sur l'Etablissement**

Nature de l'activité : .....

N° de classification INSEE : .....

Classement de l'Etablissement

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'Etablissement :

Inspection Du Travail
……
……
……

Commission De Sécurité
……
……
……

DREAL
……
……
……

Personne responsable de la surveillance des installations :

| NOM | QUALITE | DATE D'ENTREE EN FONCTION |
|---|---|---|
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

## HISTORIQUE DES INSTALLATIONS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

I - DEFINITION DES BESOINS DE PROTECTION CONTRE LA FOUDRE

| DATE DE REDACTION | INTITULE DU RAPPORT | SOCIETE | NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE |
|---|---|---|---|
| 24/04/2018 | Analyse du Risque Foudre | RG CONSULTANT | M.GOIFFON 071179534036 |
| | | | |
| | | | |

II – ETUDE TECHNIQUE DES PROTECTIONS ET NOTICE DE CONTROLE ET DE MAINTENANCE

| DATE DE REDACTION | INTITULE DU RAPPORT | SOCIETE | NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE |
|---|---|---|---|
| 26/04/2018 | Etude technique foudre | RG Consultant | M.GOIFFON 071179534036 |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Les installations de protection sont décrites dans le rapport initial, leurs modifications sont signalées dans les rapports suivants.

III – INSTALLATION DES PROTECTIONS

| DATE DE REDACTION | INTITULE DU RAPPORT | SOCIETE | NOM DU REDACTEUR / N° QUALIFOUDRE |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

i

IV – VERIFICATIONS PERIODIQUES & MAINTENANCE

## Installation Extérieure de Protection Foudre (I.E.P.F)

| NATURE DE LA VERIFICATION | | | | | RESULTATS DE LA VERIFICATION | | VERIFICATEUR |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Date | Type de protection | Vérification de tous les conducteurs et composants du SPF (test de l'électronique pour les PDA) | Vérification de la continuité électrique de l'installation | Mesure de la résistance de terre du système de mise à la terre | Indiquer les valeurs obtenues ou les constations faites Référence des rapports | Actions prises ou à prendre | **Nom et Qualité** de la personne qui a effectué la vérification ou **N° QUALIFOUDRE** |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

# Installation Intérieure de Protection Foudre (I.I.P.F)

La vérification des parafoudres type 1 et type 2 se font, tout d'abord, **visuellemen**t tous **les ans** (signalisation qui donne l'état du parafoudre, lire la notice du constructeur pour connaître la méthode de signalisation utilisée), et la **vérification plus complète** nécessitant le démontage des parafoudres tous les **2 ans** (valise test).

La maintenance doit être faite dès qu'un parafoudre est <u>défectueux</u>, et dès qu'un composant ou un conducteur n'est plus ou mal fixé.

La vérification de l'efficacité du système doit être effectuée après chaque modification ou extension de la structure et de ses installations.

**A) Cas des parafoudres <u>à modules déconnectables</u>**

- Ouvrir le disjoncteur associé aux parafoudres.
- Enlever le module déconnectable hors service.
- Mettre en place un nouveau module.
- Vérifier la fonction test du disjoncteur.
- Fermer le disjoncteur.
- Vérifier la signalisation (*) des parafoudres (parafoudre en service).

(*) Signalisation qui donne l'état du parafoudre (lire la notice du constructeur pour connaître la méthode de signalisation utilisée).

**B) Parafoudres <u>non déconnectables</u>**

- Consigner l'armoire électrique (ouverture du disjoncteur général de l'armoire et des disjoncteurs secondaires).
- Ouvrir le disjoncteur associé aux parafoudres.
- Enlever le parafoudre défectueux.
- Mettre en place un nouveau parafoudre.
- Vérifier la fonction test du disjoncteur.
- Fermer le disjoncteur.
- Vérifier la signalisation des parafoudres (parafoudre en service).
- Enlever la consignation de l'armoire (fermer le disjoncteur général, réenclencher les disjoncteurs secondaires un par un).

# ANNEXE 3

# Lexique

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

| | |
|---|---|
| **Effet réducteur** | Réduction des perturbations HF par la proximité du conducteur victime avec la masse. L'effet réducteur est le rapport de l'amplitude de la perturbation collectée par un câble non blindé ou loin des masses à celle collectée par le même câble blindé ou installé contre un conducteur de masse. |
| **Electrode de terre** | Elément ou ensemble d'éléments de la prise de terre assurant un contact électrique direct avec la terre et dissipant le courant de décharge atmosphérique dans cette dernière. |
| **Equipements métalliques** | Eléments métalliques répartis dans l'espace à protéger, pouvant écouler une partie du courant de décharge atmosphérique tels que canalisations, escaliers, guides d'ascenseur, conduits de ventilation, de chauffage et d'air conditionné, armatures d'acier interconnectées. |
| **Etincelle dangereuse (étincelage)** | Décharge électrique inadmissible, provoquée par le courant de décharge atmosphérique à l'intérieur du volume à protéger. |
| **Foudre** | Décharge électrique aérienne, accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre). |
| **Installation de Protection contre la Foudre (I.P.F.)** | Installation complète, permettant de protéger une structure contre les effets de la foudre. Elle comprend à la fois une installation extérieure (I.E.P.F.) et une installation intérieure de protection contre la foudre (I.I.P.F.) |
| **Liaison équipotentielle** | Eléments d'une installation réduisant les différences de potentiels entre masse et élément conducteur. |
| **Mode commun (MC)** | Un courant de mode commun circule dans le même sens sur tous les conducteurs d'un câble. La différence de potentiels (d.d.p.) de MC d'un câble est celle entre le potentiel moyen de ses conducteurs et la masse. Le mode commun est aussi appelé mode longitudinal parallèle ou asymétrique. |
| **Mode différentiel (MD)** | Un courant de mode différentiel circule en opposition de phase sur les deux fils d'une liaison filaire, il ne se referme donc pas dans les masse. Une différence de potentiels (d.d.p.) de MD se mesure entre le conducteur signal et son retour. Le mode différentiel est aussi appelé mode normal, symétrique ou série. |

| | |
|---|---|
| **Niveau de protection** | Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité. |
| **Parafoudre ou parasurtenseur** | Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant entre deux éléments à l'intérieur de l'espace à protéger, tels que les éclateurs ou les dispositifs semi-conducteurs. |
| **Paratonnerre** | Appareil destiné à préserver les bâtiments contre les effets directs de la foudre. |
| **P.D.A** | Paratonnerre équipé d'un système électrique ou électronique générant une avance à l'amorçage. Ce gain moyen s'exprime en microseconde. |
| **Point d'impact** | Point où un coup de foudre frappe la terre, une structure ou une installation de protection contre la foudre. |
| **Prise de terre** | Partie de l'installation extérieure de protection contre la foudre destinée à conduire et à dissiper le courant de décharge atmosphérique à la terre. |
| **Régime de neutre** | Il caractérise le mode de raccordement à la terre du neutre du secondaire du transformateur source et les moyens de mise à la terre des masses de l'installation. Il est défini par deux lettres :<br>• La première indique la position du neutre par rapport à la terre :<br>**I** : neutre isolé ou relié à la terre à travers une impédance<br>**T** : neutre directement à la terre<br>• La deuxième précise la nature de la liaison masse-terre :<br>**T** : masses reliées directement à la terre (en général à une prise de terre distincte de celle du neutre)<br>**N** : masses reliées au point neutre, soit par l'intermédiaire d'un conducteur de protection lui-même relié à la prise de terre du neutre (**N-S**), soit par l'intermédiaire du conducteur de neutre lui-même (**N-C**). |
| **Réseau de masse** | Ensemble des conducteurs d'un site reliés entre eux. Il se compose habituellement des conducteurs de protection, des bâtis, des chemins de câbles, des canalisations et des structures métalliques. |
| **Réseau de terre** | Ensemble des conducteurs enterrés servant à écouler dans la terre les courants externes en mode commun. Un réseau de terre doit être unique, équipotentiel et maillé. |

| | |
|---|---|
| **Résistance de terre** | Résistance entre un réseau de terre et un "point de référence suffisamment éloigné". Exprimée en Ohms (Ω), elle n'a pas, contrairement au maillage des masses, d'influence sur l'équipotentialité du site. |
| **Surface équivalente** | Surface de sol plat qui recevrait le même nombre d'impacts que la structure ou le bâtiment en question. Cette surface est toujours plus grande que la seule emprise au sol de l'ensemble à protéger. On la détermine en pratique en entourant fictivement le périmètre de cet ensemble par une bande horizontale, dont la largeur est égale à trois fois sa hauteur. Elle peut ensuite être corrigée en tenant compte des objets environnants : arbres, autres structures, susceptibles de dévier un coup de foudre vers eux. |
| **Surtension** | Variation importante de faible durée de la tension. |
| **Tension de mode commun** | Tension mesurée entre deux fils interconnectés et un potentiel de référence (voir mode commun). |
| **Tension différentielle** | Tension mesurée entre deux fils actifs (voir mode différentiel). |
| **Tension résiduelle d'un parafoudre** | Tension qui apparaît sur une sortie d'un parafoudre pendant le passage du courant de décharge. |
| **TGBT** | Tableau Général Basse Tension |
| **Traceur** | Predécharge progressant à travers l'air et formant un canal faiblement ionisé. |

# ANNEXE N°15 :
# RAPPORTS FLUMILOG

# FLUM*ilog*

**Interface graphique v.5.1.1.0**

**Outil de calculV5.01**

# Flux Thermiques
# Détermination des distances d'effets

| | |
|---|---|
| **Utilisateur :** | |
| **Société :** | |
| **Nom du Projet :** | **contenants_1** |
| **Cellule :** | |
| **Commentaire :** | |
| **Création du fichier de données d'entrée :** | **09/01/2018 à14:46:42avec l'interface graphique v. 5.1.1.0** |
| **Date de création du fichier de résultats :** | **9/1/18** |

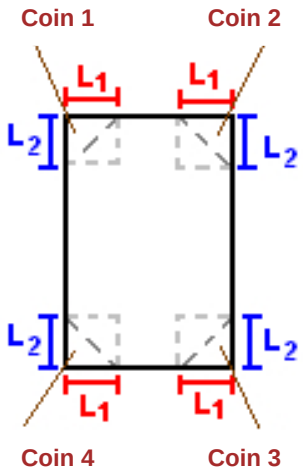
# I. DONNEES D'ENTREE :

## Donnée Cible

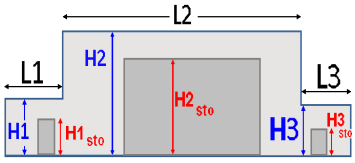
Hauteur de la cible : 1,8 m

## Géométrie Cellule1

| Nom de la Cellule :Cellule n°1 | | | |
|---|---|---|---|
| Longueur maximum de la cellule (m) | 16,6 | | |
| Largeur maximum de la cellule (m) | 17,7 | | |
| Hauteur maximum de la cellule (m) | 5,5 | | |
| 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 |



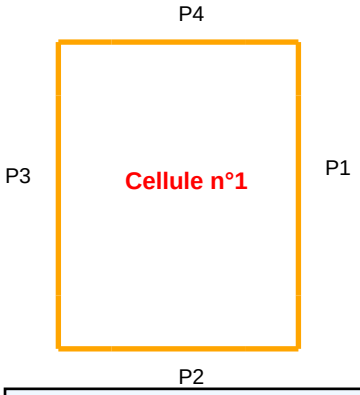

| Hauteur complexe | | | |
|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 |
| L (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| H (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| H sto (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 |




## Toiture

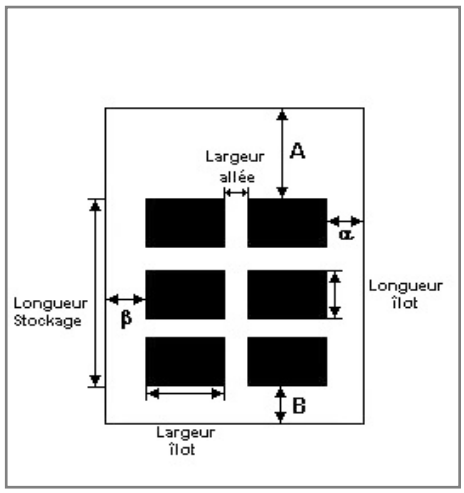
| | |
|---|---|
| Résistance au feu des poutres (min) | 15 |
| Résistance au feu des pannes (min) | 15 |
| Matériaux constituant la couverture | Fibrociment |
| Nombre d'exutoires | 1 |
| Longueur des exutoires (m) | 3,0 |
| Largeur des exutoires (m) | 2,0 |

## Parois de la cellule : Cellule n°1




| | Paroi P1 | Paroi P2 | Paroi P3 | Paroi P4 |
|---|---|---|---|---|
| Composantes de la Paroi | Monocomposante | Monocomposante | Monocomposante | Monocomposante |
| Structure Support | Autostable | Autostable | Autostable | Autostable |
| Nombre de Portes de quais | 0 | 0 | 0 | 1 |
| Largeur des portes (m) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 17,7 |
| Hauteur des portes (m) | 4,0 | 4,0 | 4,0 | 5,5 |
| | *Un seul type de paroi* | *Un seul type de paroi* | *Un seul type de paroi* | *Un seul type de paroi* |
| Matériau | bardage double peau | bardage double peau | Beton Arme/Cellulaire | bardage double peau |
| R(i) : Résistance Structure(min) | 0 | 0 | 120 | 0 |
| E(i) : Etanchéité aux gaz (min) | 0 | 0 | 120 | 0 |
| I(i) : Critère d'isolation de paroi (min) | 0 | 0 | 120 | 0 |
| Y(i) : Résistance des Fixations (min) | 0 | 0 | 120 | 0 |

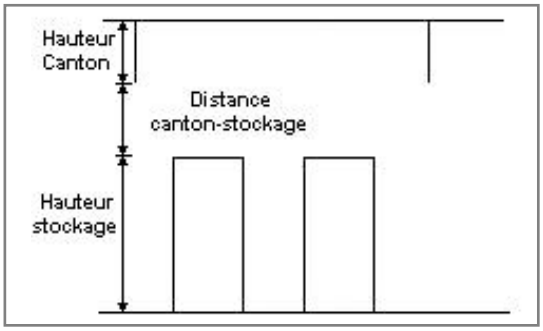
## Stockage de la cellule : Cellule n°1




| | | |
|---|---|---|
| **Mode de stockage** | **Masse** | |

### *Dimensions*

| | | |
|---|---|---|
| **Longueur de préparation A** | **0,0** | **m** |
| **Longueur de préparation B** | **0,0** | **m** |
| **Déport latéral** a | **0,0** | **m** |
| **Déport latéral** b | **0,0** | **m** |
| **Hauteur du canton** | **0,0** | **m** |




### *Stockage en masse*

| | | |
|---|---|---|
| **Nombre d'îlots dans le sens de la longueur** | **1** | |
| **Nombre d'îlots dans le sens de la largeur** | **1** | |
| **Largeur des îlots** | **17,7** | **m** |
| **Longueur des îlots** | **16,6** | **m** |
| **Hauteur des îlots** | **3,0** | **m** |
| **Largeur des allées entre îlots** | **0,0** | **m** |

## Palette type de la cellule Cellule n°1

### *Dimensions Palette*

| | | |
|---|---|---|
| **Longueur de la palette :** | **1,2** | **m** |
| **Largeur de la palette :** | **0,8** | **m** |
| **Hauteur de la palette :** | **1,0** | **m** |
| **Volume de la palette :** | **1,0** | **$m^3$** |

**Nom de la palette :**

**Poids total de la palette :** **35,2** **kg**

### *Composition de la Palette (Masse en kg)*

| PE | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 35,2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

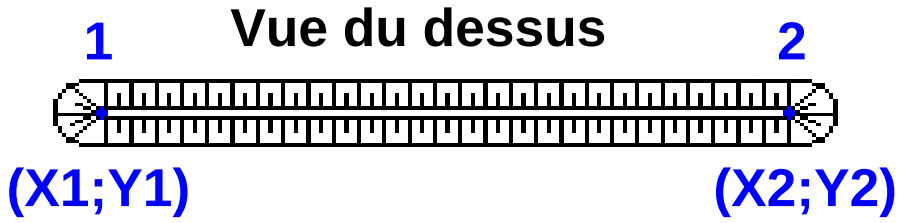
| NC | NC | NC | NC | NC | NC | NC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

| NC | NC | NC | NC |
|---|---|---|---|
| 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

### *Données supplémentaires*

| | | |
|---|---|---|
| **Durée de combustion de la palette :** | **57,2** | **min** |
| **Puissance dégagée par la palette :** | **410,5** | **kW** |

## Merlons



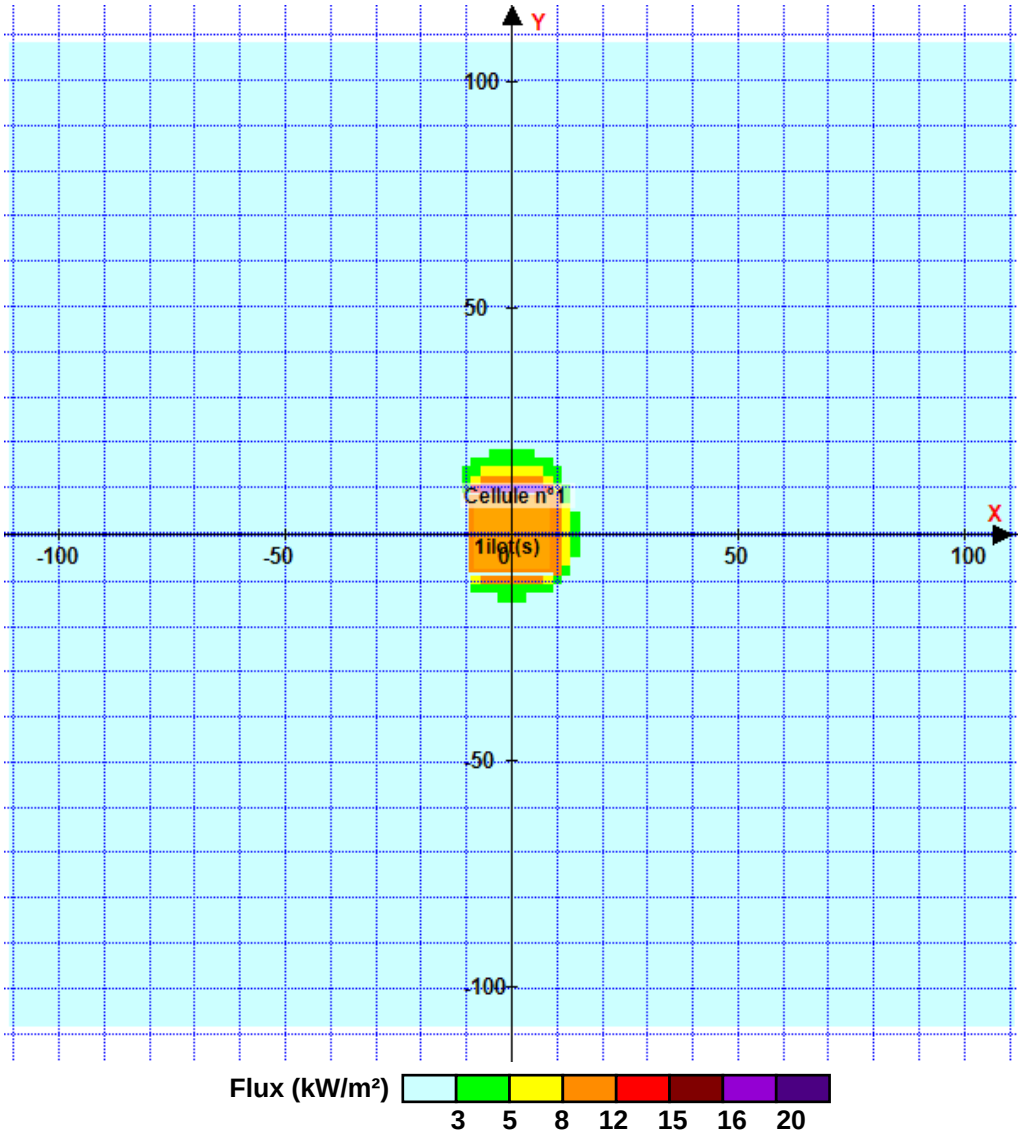

| | | Coordonnées du premier point | | Coordonnées du deuxième point | |
|---|---|---|---|---|---|
| Merlon n° | Hauteur (m) | X1 (m) | Y1 (m) | X2 (m) | Y2 (m) |
| 1 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 2 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 4 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 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 : Cellule n°1**

**Durée de l'incendie dans la cellule : Cellule n°1 119,0 min**

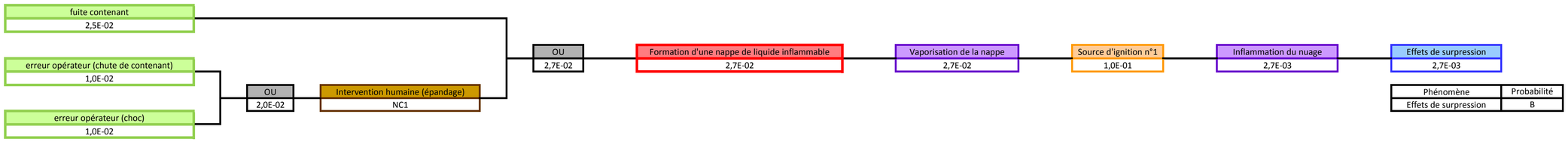
## Distance d'effets des flux maximum




**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.**

# ANNEXE N°16 :
# LOGIGRAMMES

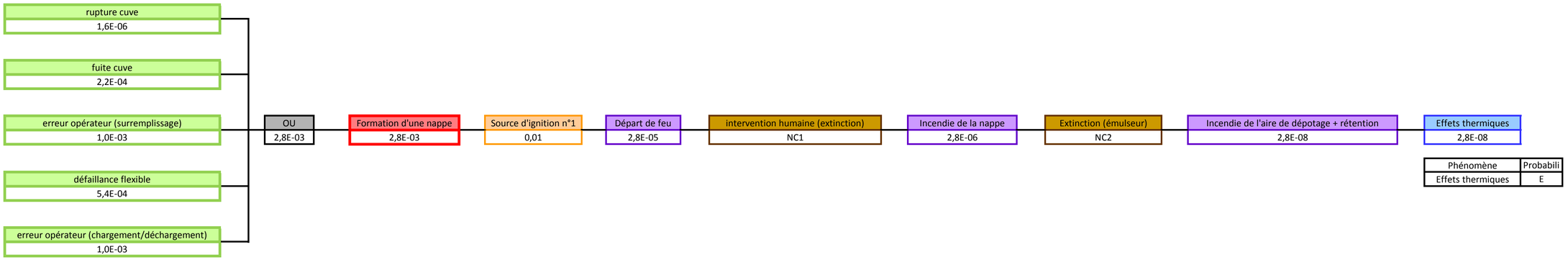
CHIMIREC Carquefou
Noeud-Papillon n°4
Créé le 20/12/2017




| Phénomène | Probabilité |
|---|---|
| Effets de surpression | B |

| Evènement | Source | Détail/Justification |
|---|---|---|
| erreur opérateur (chute de contenant) | Rapport INERIS du 27/03/2006 | |
| erreur opérateur (choc) | Rapport INERIS du 27/03/2006 | |
| fuite contenant | Handbook Failure Frequencies | Prise en compte de 1000 contenants |
| Source d'ignition n°1 | Ineris - DRA 71 - Opération B | Zone avec présence humaine forte |

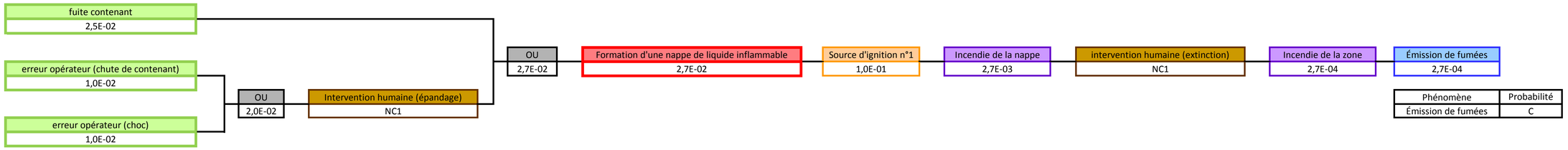
CHIMIREC Carquefou
Noeud-Papillon TH13
Créé le 28/09/2018




| Phénomène | Probabili |
|---|---|
| Effets thermiques | E |

| Evènement | Source | Détail/Justification |
|---|---|---|
| rupture cuve | Failure Rate and Event Data | Petites cuves à pression atmosphérique |
| fuite cuve | Handbook Failure Frequencies | Petites cuves à pression atmosphérique |
| erreur opérateur (surremplissage) | Rapport INERIS du 27/03/2006 | Suivi des stocks |
| défaillance flexible | Handbook Failure Frequencies | Matériel respectant les normes de sécurité : contrôle périodique des équipements |
| erreur opérateur (chargement/déchargement) | Rapport INERIS du 27/03/2006 | Consignes d'exploitation, procédures |
| Source d'ignition n°1 | Ineris - DRA 71 - Opération B | Rétention, présence humaine, consignes d'exploitation |

CHIMIREC Carquefou
Noeud-Papillon n°5
Créé le 20/12/2017




| Phénomène | Probabilité |
|---|---|
| Émission de fumées | C |

| Evènement | Source | Détail/Justification |
|---|---|---|
| erreur opérateur (chute de contenant) | Rapport INERIS du | |
| erreur opérateur (choc) | Rapport INERIS du | |
| fuite contenant | Handbook Failure | Prise en compte de 1000 contenants |
| Source d'ignition n°1 | Ineris - DRA 71 - Opération | Zone avec présence humaine forte |