

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA-BOUMERDES



Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie

Département génie des procédés chimiques et pharmaceutique

Mémoire de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme :

MASTER

Présenté par les étudiantes :

**CHALABI AMINE
LOUMANI OUSSAMA**

**Filière: Génie des procédés
Option : Sécurité industrielle**

Thème

**EVALUATION DU RISQUE
FOUDRE DANS UN DEPOT
PETROLIER (CAS RTE –SKKDA-)**

Devant le jury :

Dr.KHALLASI.S

maitre de conférences

Président

Dr.BENHABILES.M

maitre de conférences

Examineur

Mme.YOUNSI.F

maitre assistante

Examinatrice

Mme.BENRAHOU.F

maitre assistante

Promotrice

2015/2016

Remerciements

Exprimer les remerciements reste une tâche très difficile pour moi, que ce soit à l'oral ou à l'écrit. En attendant de nouveaux développements dans la communication par télépathie, je vais essayer d'exprimer ma gratitude en quelques mots à toutes les personnes m'ayant directement ou indirectement, scientifiquement et/ou moralement -- aidé pendant mon travail de thèse. On m'a appris que les remerciements les plus longs sont parfois les moins sincères. Je serais donc bref.

Nous remercions Dieu tout puissant et miséricordieux qui nous a donné la volonté, la patience et le courage de réaliser ce travail.

*Nous tenons à exprimer notre profonde gratitude et nos vifs remerciements les plus reconnaissants à notre encadreur : **M^{me}. BENRAHOU FATMA ZOHRA**, pour son orientation, ses conseils avisés, sa générosité, à ses reconnaissances et nous la remercions aussi pour le temps qu'elle nous a consacré.*

Nos remerciements les plus sincères s'adressent également : Tous le Personnel de SONATRACH région RTE en particulier chef de département Monsieur : ALI NARA et Monsieur: YOUSSEF.

En fin, nous tenons à exprimer nos remerciements à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

C. AMINE

L. OUSSAMA

Dédicace

Après cette réussite que fait la joie de tous qui m'aime ; je dédie ce modeste travail avec un vif plaisir à :

Mes parents, à qui je dois tout ce que je suis.

Le soleil qui a éclairé ma vie et, qui ma montré l'amour avec tous ses sens, à qui je dois ma vie, et qui a été toujours à mes côtés pour veiller sur moi, et me bercé nuits et jours : Ma chère maman

Qui ma donné la meilleur éducation, Le secret de ma fierté, et qui s'est toujours sacrifié afin que je ne manque de rien : Mon très cher Papa

Mon frères: Walid

Mes deux sœurs

La personne qui compte beaucoup pour moi et qu'il m'accompagnait pendant tous les moments difficiles et heureux durant ces cinq dernières années :

Mon cher binôme : OUSSAMA

Toutes mes amies :

AHMED, AMAR, JOUCEF, TOUFIK, YASSET, BILEL, AYOUB

Et tous les collègues et ma promotion 2011;

Tous ceux que j'ai oubliés involontairement.

AMINE

Dédicace

Pour chaque début il y a une fin, et ce qui beau dans toute fin c'est la réussite et l'atteinte du but.

Je dédie ce modeste ouvrage, fruit de très longues années de travail à:

*Ceux qui méritent le plus ma reconnaissance, ma gratitude et mon grand amour,
ceux qui m'ont apporté toujours soutien et bonheur dans la vie :*

*Pour toi, très chère mère qui as été toujours à mes côtés pour veiller sur moi, et
me bercé nuits et jours, Pour toi très respectueux père qui m'as donné la meilleur
éducation, Le secret de ma fierté.*

Vous les plus chers de mon cœur, vous qui m'avez entouré de nobles sentiments.

Mes deux chères sœurs

*Mes deux chers frères : **Saïd**, **Islem***

La personne qui compte beaucoup pour moi et qui je le n'oublierais jamais :

*Mon cher binôme : **Amine***

Tous mes intimes :

Ahmed ,Jozef,Ayoub ,Toufik, Bilel

*Et tous les collègues et ma promotion 2011
Tous ceux que j'ai oubliés involontairement.*

OUSSAMA

Liste des figures :

Fig.I.1 : principe d'amélioration continue

Fig.I.2 : Démarche pour l'analyse des risques des installations industrielle

Fig.II.1 : La place de la RTE dans l'organigramme du SONATRACH

Fig.II.2 : Niveaux kérauniques mondiaux

Fig.II.3 : Procès de transport des hydrocarbures gazeux

Fig.II.4 : Procès de transport des hydrocarbures liquides

Fig.II.5 : Description du bac a toit flottant

Fig.II.6 : Les accessoires d'accès au réservoir

Fig.II.7 : Exemple d'une soupape ouvert

Fig.II .8 : Exemple de circuit à mousse.

Fig.II.9 : Exemple d'un Joint d'étanchéité

Fig.II.10 : Les vannes de réservoir

Fig.II.1 : Evolution du champ électrique sous un nuage orageux

Fig.II.2 : Les différents coups de foudre

Fig.II.3 : Variation du courant de foudre en fonction du temps

Fig.III.1 : Maillage des masses

Fig.III.2 : Installation protégée par des parafoudres

Fig.III.3 : Paratonnerre a tiges

Fig.III.4 : Paratonnerre a cages mallées

Fig.III.5 : Paratonnerre à files tendus

Fig.III.6 : Installation de la mise a la terre

Fig.III.7 : Schéma complet comment calculer le risque Foudre

Fig.III.8 : Matrice de risque de quotidien dans l'industrie

Fig.III.9 : Schéma de la mise à la terre reliant deux bacs de stockage

Fig.III.10 : Le nœud de papillon

Liste des tableaux :

Tableau II.1 : Les Moyens Matériel du TA GK3 / Skikda

Tableau II.2 : Protection des réservoirs de stockage

Tableau II.3 : Les moyens matériels d'intervention mobile de RTE siège et leurs capacités

Tableau II.4 : Equipements dédiés à la sécurité des installations du Terminal Arrivée liquide

Tableau II.5 : Equipements dédiés à la sécurité S119 et S119bis

Tableau II.6 : Les phénomènes dangereux du Terminal GK1 GK2

Tableau III.1 : Fiche descriptive d'une structure à protéger contre la foudre

Tableau III.2 : Installations complémentaires sur le bâtiment

Tableau III.3 : Canalisations métalliques

Tableau III.4 : Lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)

Tableau III.5 : Critères de détermination des niveaux de gravité quotidien dans l'industrie

Tableau III.6 : Critères d'évaluation des niveaux de probabilité quotidienne dans l'industrie

Tableau III.7 : Chronologie des évènements

Tableau III.8 : Les conséquences de l'accident

Tableau III.9 : Les causes de l'accident

Tableau III.10 : Les barrières de sécurités et leurs états de fonctionnement

Sommaire

Dédicace	I
Remerciement.....	II
Liste des tableaux et des figures.....	IV
Introduction générale.....	1
Chapitre I : concept de base	
Introduction.....	3
I.1 - Le système de management HSE	
I.2 - Politique HSE.....	
I.3 - Le système management HSE du groupe SONATRACH.....	6
I.4 - La gestion des risques	
Conclusion	9
 Chapitre II : l'effet de la foudre sur les installations classées (cas RTE)	
 Partie 1 : Description du site RTE (Région Transport Est	
Introduction.....	11
II.1- Présentation générale de l'activité Transport par canalisation des hydrocarbures(TRC).....	
II.2- Présentation de la Région Transport Est (RTE).....	12
II.3- Les activités industrielles au niveau de la RTE.....	16
II.4- Le processus de transport des hydrocarbures au niveau de RTE.....	
II.5- Description des bacs de stockage à toit flottant	18
II.6- La Protection générale du Site RTE.....	26
II.7 Les phénomènes dangereux qui pourraient provoquer l'arrêt partiel ou total de l'activité du site	33
Conclusion.....	36

Sommaire

Partie 2 : Description du phénomène foudre et leurs effets sur les installations classées

Introduction.....	38
II.8- Description du phénomène foudre	
Conclusion	47

Chapitre III : évaluation du risque foudre au niveau d'un dépôt pétrolier (cas RTE Skikda)

Partie 1 : évaluation du risque foudre au niveau d'un dépôt pétrolier

Introduction.....	48
III.1- Les textes réglementaires.....	
III.2-Analyse risque foudre.....	53
III.3- Etude risque foudre pour une installation classée	55
III.4- Les modes de prévention.....	58
III.5- Les vérifications des protections.....	67
III.6- Etude risque foudre d'une installation classée (le parc de stockage RTE).....	71
Conclusion.....	88

Partie 2 : analyse d'accident du 16 avril 2010 selon l'outil nœud papillon 102

Introduction.....	89
III .7- Collecte documentaire	
III.8- L'application de la méthode « Nœud papillon ».....	98
Recommandations.....	100

Conclusion générale.....101

Abréviation.....	102
Glossaire	105
Annexes.....	109
Bibliographie.....	

Introduction générale

Introduction générale :

Aujourd'hui, le monde industriel est devenu plus sensible à la maîtrise des accidents majeurs à cause des conséquences graves et même catastrophiques : matérielles, humaines et environnementales.

Ces accidents majeurs comme l'explosion, l'incendie...etc. peuvent être causés par des risques de différente nature tels que les risques mécaniques, électriques et aussi naturels...etc. Le secteur le plus touché par ces accidents majeurs, c'est le secteur où l'identification, l'analyse, l'évaluation et la maîtrise des risques sont indispensables afin de prévenir ces accidents et protéger les installations, les personnes, les biens et l'environnement. Pour cela, des efforts considérables sont fournis pour atteindre ces objectifs.

Evidemment, les risques naturels constituent un thème plus ou moins récent dont les composantes ne sont pas encore totalement définies et dont l'intérêt augmente chaque jour du fait du développement technologique.

Parmi ces risques naturels « la foudre » qui est l'une des dangereux phénomènes qui représente une cause significative d'accident majeur au milieu industriel.

A l'instant de plusieurs accidents provoqués par la foudre à travers le monde, l'enregistrement d'un cas similaire d'accident du 16 avril 2010 au niveau du parc de stockage de la Région Transport Est (RTE) de Skikda appartenant au groupe SONATRACH, et qui a attiré notre intérêt d'étude, a généré des dommages physiques importants et des perturbations d'exploitation des produits transportés.

Cet accident met en évidence l'importance d'analyser les facteurs en cause techniques, humaines et organisationnelles sources de tel événement redouté. Leurs effets sur le milieu professionnel concerné ou sur le public d'une part, et l'évaluation du niveau de risque et chercher comment le ramener à un niveau acceptable d'autre part.

Dans ce contexte notre travail propose d'appliquer une méthode d'analyse des risques (nœud papillon) au niveau de RTE, qui pourraient survenir en partant des causes initiales de l'accident jusqu'aux conséquences au niveau des cibles identifiées. De ce fait, cet outil met clairement en valeur l'action des barrières de sécurité s'oppose à ce scénario d'accident et permet d'apporter une démonstration renforcée de la maîtrise des risques.

La question qui se pose c'est "comment évaluer le risque foudre en diminuant la gravité de leurs effets sur les installations industrielles ?".

La réponse à cette question constitue l'objet de notre travail qui est l'évaluation du risque foudre au niveau de RTE de Skikda.

Pour atteindre cet objectif, ce travail doit comprendre trois chapitres :

- **Chapitre 1 : « Concepts de base »**
Présenter la notion du système de management HSE dans le groupement SONATRACH et la politique HSE.
- **Chapitre 2 : « L'effet de la foudre sur les installations classées »**
(cas de RTE - Skikda-)
Ce chapitre comprend 2 parties
La 1ère partie :
Une description de la direction régionale Skikda de transport des hydrocarbures par canalisation.
La 2ème partie :
Une description du phénomène foudre et leurs effets sur les installations classées.
- **Chapitre 3 : « évaluation du risque foudre au niveau d'un dépôt pétrolier »**
(Cas de RTE- Skikda -)
Ce chapitre comprend 2 parties :
La 1ère partie :
Evaluation du risque foudre au niveau de RTE .
La 2ème partie :
Analyse de l'accident du 16 avril 2010 par l'application de la méthode nœud papillon.
- Une conclusion générale et des recommandations.

Chapitre I :

Concepts De Base

Introduction :

Les accidents et leurs impacts sur les personnes, les biens et l'environnement étaient jadis considérés comme des aléas inévitables, voire nécessaires de l'activité industrielle et du progrès, pour cela la santé, la sécurité et l'environnement, s'inscrivent parmi les défis majeurs que doit relever toute entreprise moderne afin d'être socialement responsable et économiquement compétitive.

Le management des accidents et des incidents permet le reporting et l'investigation des accidents, incidents, presque-accidents pour assurer un retour d'expérience. En structurant les données provenant des accidents/incidents, on peut identifier les risques évalués de façon incorrecte.

I.1. Système de management HSE :

Partie d'un système de management global qui facilite le management des risques associés aux activités de l'organisme relatifs à la santé et la sécurité au travail. Ceci comprend l'organisation, les activités de planification, les responsabilités, les pratiques, les procédures, les processus et les moyens nécessaires pour développer, mettre en œuvre et réaliser, revoir et tenir à jour la politique de l'organisme en matière de santé et sécurité au travail et impacts sur l'environnement.

I.1.1. Référentiels de Management :

Les référentiels de management ont été d'un grand apport dans les processus d'implémentation des systèmes de management de qualité, l'environnement ensuite la santé et la sécurité.

L'organisation Internationale de Normalisation (ISO) a développé plusieurs référentiels sur la qualité et l'environnement, ces référentiels sont regroupés en séries ou familles.

- La série 9000 : regroupe les normes de management de la qualité (9001 :2000 constitue la norme de référence pour la certification).
- La série 14000 : regroupe les normes de management de l'environnement (14001 :2004 constitue la norme de référence pour la certification)

Le domaine de la Santé et Sécurité ne fait pas l'unanimité au sein de l'organisme ISO. Les pays membres de cette organisation ne sont pas tous favorables à l'adoption d'un référentiel de certification pour la sécurité car il s'agit d'un domaine déjà régi par la législation.

Les organismes certificateurs ont adopté l'OHSAS [18001](occupational health & safety assessment series), qui est un référentiel privé adoptée en commun par des organismes internationaux de normalisation et de certification.

Les systèmes de management intégrés HSE s'appuient sur ces trois référentiels car ils ont été conçus avec la même philosophie et les mêmes principes. Cette harmonie conceptuelle se traduit aussi par des chapitres similaires dans les trois référentiels.

Les trois référentiels adoptent le même cheminement pour leur déploiement (Plan, Do, Check, Act) avec le principe de l'amélioration continue.

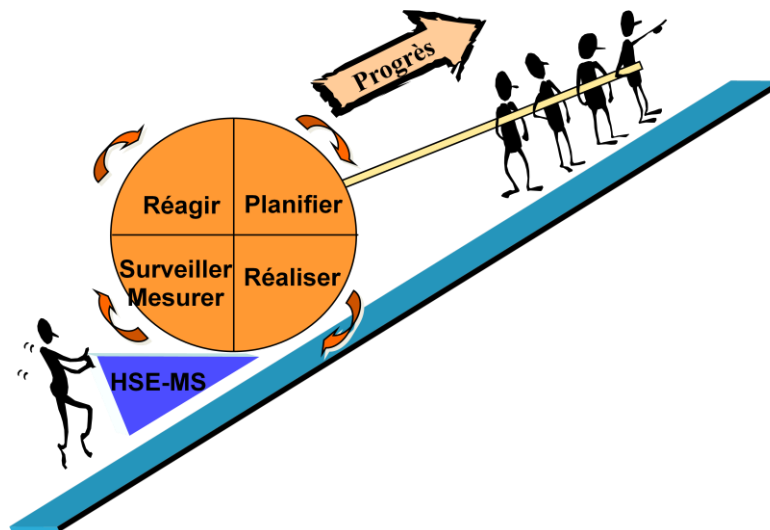


Figure I.1 : principe d'amélioration continue

I.1.2. Le processus du système management :

✓ **Planification :**

Planifier, c'est décider à l'avance de ce qui sera fait, comment, quand et par qui cela serait fait ?

✓ **Organisation :**

La fonction organisation consiste à concevoir et à maintenir des systèmes.

✓ **Direction :**

La direction est une fonction qui relève principalement des interpersonnelles.

✓ **Contrôle :**

Contrôler, c'est analyser et rectifier les activités des subalternes de façon à s'assurer que les événements sont conformes aux plans.

I.1.3. Les principes :

Pour maîtriser les risques, le savoir-faire est certainement primordial. La Démarche HSE ne se limite pas à l'assurance du savoir-faire, mais privilégie un regard critique sur le milieu de travail.

La notion de risque relève de trois (03) aspect :

- **réglementaire** : satisfaire aux réglementations en vigueur régissant les activités de l'entreprise
- **Technique** : satisfaire aux spécifications relatives aux équipements et à l'environnement de travail.
- **Pratique** : satisfaire au savoir-faire propre au secteur d'activité.

I.1.4. Les objectifs :

1. Maîtriser les risques inhérents aux activités de l'entreprise.
2. Rendre l'environnement de travail sécurisant, voire attrayant.
3. Rassurer les donneurs d'ordre dont principalement les clients.
4. Améliorer les performances de l'entreprise : économique, sociale, environnementale.

I.2. Politique HSE :

Selon le référentiel HSE-MS la direction de chaque Activité et Filiale du Groupe SONATRACH doit décliner la déclaration de politique HSE du Groupe SONATRACH sous forme d'objectifs et y associer des cibles mesurables et documentées.

Les objectifs mesurables et documentés doivent couvrir systématiquement les aspects suivants:

- L'adoption d'une démarche de prévention des risques HSE.
- L'engagement de mettre en œuvre les moyens nécessaires à l'application de cette politique (l'organisation, personnel, compétences, temps, matériel etc.)
- L'engagement de mettre en place un système de management HSE basé sur le principe de l'amélioration continue.

La politique doit être revue en fonction :

- d'une décision stratégique du Groupe et/ou du site.
- du retour d'expérience.
- de l'analyse des risques.
- de l'analyse et des résultats des investigations en cas d'accidents et incidents, des modifications et des évolutions de la réglementation, de processus, d'organisation et/ou tout autre événement d'importance pouvant impacter la cartographie des risques HSE.

I.3. le système de management HSE du groupe Sonatrach :

Le référentiel HSE-MS du Groupe SONATRACH a pour objet de donner les clefs d'une intégration structurée de la prévention et de la gestion des risques engendrés par ses activités.

Cependant, la perception « HSE » a évolué et ce domaine est désormais considéré comme une problématique à part entière nécessitant des solutions techniques et/ou d'engineering et l'intervention de professionnels au fait des dernières technologies en matière de prévention des risques.

La santé, la sécurité et l'environnement, s'inscrivent parmi les défis majeurs que doit relever toute entreprise moderne afin d'être socialement responsable et économiquement compétitive.

De plus, l'ensemble de ces préoccupations s'inscrit dans un contexte législatif de plus en plus strict.

Le Groupe SONATRACH y souscrit pleinement et s'est engagé dans la voie du strict respect des obligations légales, tant au niveau national qu'international.

Le HSE-MS est donc un facteur de progrès interne et un gage de confiance pour les interlocuteurs du groupe.

I.4. la gestion des risques :

La gestion des risques est une des composantes fondamentales de la réussite d'une entreprise, que ce soit en terme économique ou environnemental. Gérer un risque est un processus itératif fondé sur l'analyse des risques, étape qui permet d'identifier et de réaliser une première évaluation des risques.

Afin d'identifier de la manière la plus exhaustive possible les risques liés à l'exploitation d'installations industrielles, les principaux acteurs de la gestion des risques (industriels, militaires, universitaires, autorités compétentes) ont développé depuis une quarantaine d'années des outils systématiques d'analyse.

Il existe, à l'heure actuelle, de nombreux outils dédiés à l'analyse des risques et il serait illusoire de vouloir les décrire tous dans le détail.

Les méthodes d'analyse des risques ne sont que des outils d'aide à la réflexion et en ce sens, leur qualité est fortement liée à leurs conditions de mise en œuvre.

Il est donc indispensable de se pencher brièvement sur les raisons qui justifient l'utilisation de telles méthodes.

La gestion du risque peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable. Cette définition, cohérente

avec les concepts présentés dans les Guides ISO/CEI 51 et 73 s'appuie ainsi sur un critère d'acceptabilité du risque.

De manière classique, la gestion du risque est un processus itératif qui inclut notamment les phases suivantes :

- Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque).
- Acceptation du risque.
- Maîtrise ou réduction du risque.

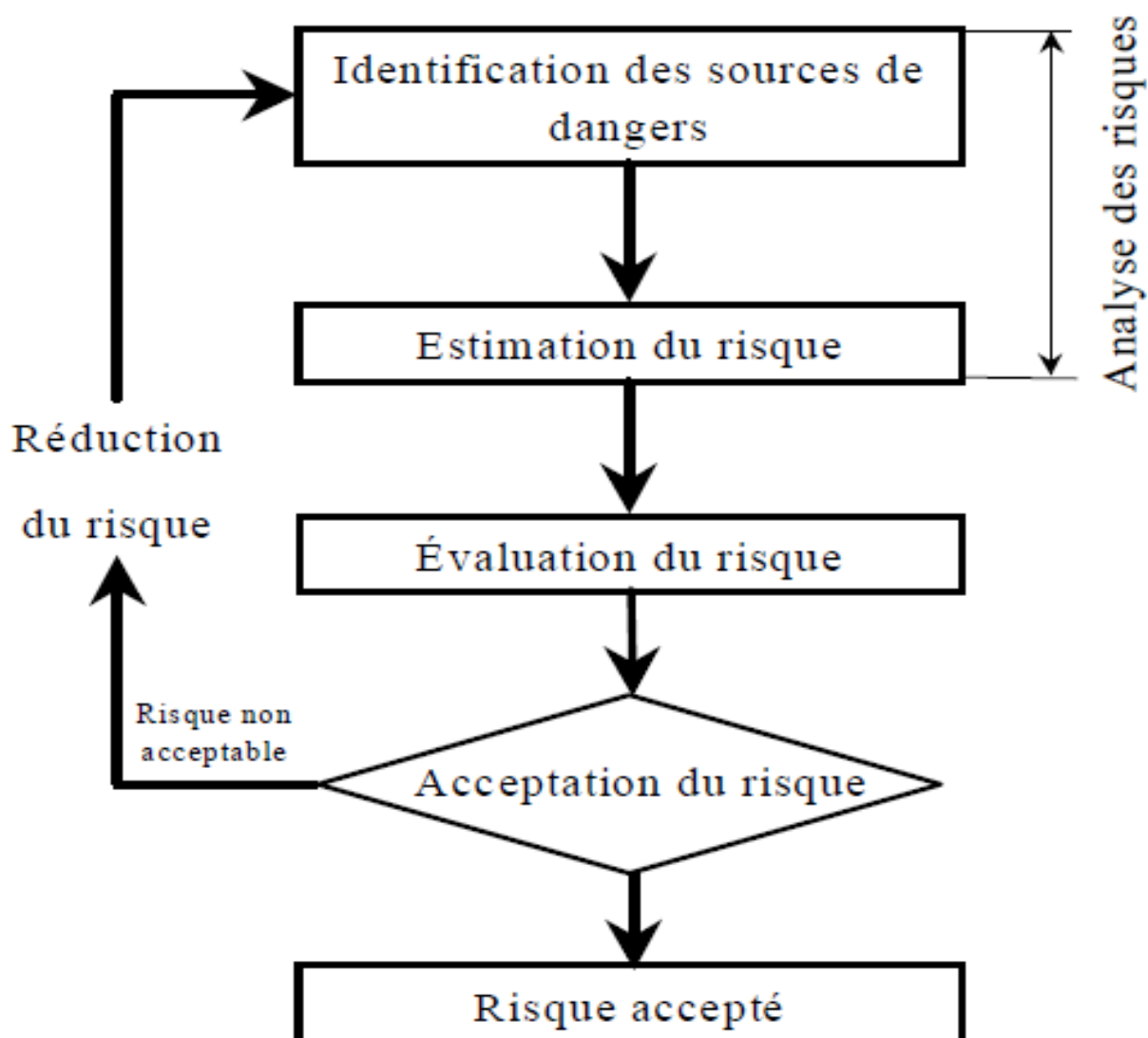


Figure I.2 : Principe de gestion de risque

I.4.1. Démarche pour l'analyse des risques des installations industrielle :

Les paragraphes suivants présentent à la démarche adoptée pour l'analyse des risques associés à l'exploitation d'installations industrielles. Cette démarche se décompose généralement en plusieurs étapes :

- Définition du système à étudier et des objectifs à atteindre.
Cette étape préliminaire permet de définir clairement le cadre de l'analyse des risques.
- Recueil des informations indispensables à l'analyse des risques.

Cette seconde étape vise à collecter l'ensemble des informations pertinentes pour mener Le travail d'analyse de façon efficace. Outre la description fonctionnelle de l'installation à étudier et de son environnement, il est indispensable d'avoir clairement identifié :

- ✓ Les dangers associés aux installations.
- ✓ les risques d'agressions externes sur l'installation étudiée.
- ✓ l'analyse des accidents survenus sur des installations similaires.

- Définition de la démarche à adopter.

Dans cette étape, il est notamment question de choisir un ou plusieurs outils pour mener l'analyse des risques et de retenir, si nécessaire, des échelles de cotation des risques et une grille de criticité.

- Mise en œuvre de l'analyse de risques dans le cadre d'un groupe de travail.

Pour être aussi exhaustive que possible, l'analyse des risques doit être menée au sein d'un groupe de travail réunissant des spécialistes des installations étudiées.

I.4.2. Analyse des accidents et incidents passés :

L'analyse des accidents passés joue un rôle fondamental dans l'analyse des risques à de nombreux titres

- Elle permet d'identifier a priori les incidents ou accidents susceptibles de se produire à partir :
 - Des accidents ou incidents s'étant déjà produits sur le site étudié.
 - Des accidents survenus sur des installations comparables à celles étudiées.
- Elle met en lumière les causes les plus fréquentes d'accident et donne des renseignements

Précieux concernant les performances de certaines barrières de sécurité.

- Elle constitue une base de travail pertinente pour l'analyse des risques en groupe de travail qui devra identifier a priori des scénarios d'accidents.

Cette analyse porte à la fois sur les incidents et accidents survenus sur les installations étudiées ou sur des installations similaires.

I.4.3 Choix des outils d'analyse des risques :

Il existe un grand nombre d'outils dédiés à l'identification des dangers et des risques associés à un procédé ou une installation.

Quelques-uns des outils les plus fréquemment utilisés sont :

- l'Analyse Préliminaire des Risques (APR).
- l'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC).
- l'Analyse des risques sur schémas type HAZOP ou « What-if ? ».
- l'Analyse par arbre des défaillances.
- l'Analyse par arbre d'évènements.
- le Nœud Papillon.

Ces outils pris individuellement ou combinés permettent le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse des risques portant sur un procédé ou une installation.

Néanmoins, pour des problématiques particulières, il est nécessaire de faire appel à des méthodes possédant un domaine d'application spécifique. C'est le cas par exemple pour la prise en compte des effets dominos entre installations ou l'examen des erreurs humaines.

D'une manière générale, le choix de retenir un outil particulier d'analyse des risques s'effectue à partir de son domaine d'application et de ses caractéristiques.

Conclusion :

Ce chapitre a permis de mettre en exergue la politique HSE du groupe Sonatrach. Cette politique s'intègre dans un processus d'amélioration continue de tout le système de management.

Le chapitre qui suit, on va faire une description de l'entreprise DRG SKIKDA (lieu de notre affectation) dans laquelle nous avons défini son activité principale, ses différents procédés et l'organisation du département HSE ainsi que ses tâches.

Chapitre II

*L'effet de la foudre sur les
installations classées (cas
de RTE-Skikda)*

Partie 1 :

Description du site

RTE (Région

transport Est)

Introduction:

Notre stage pratique a eu lieu au niveau de la région transport Est RTE de SKIKDA (DRGS). La variété des produits transportés et leurs natures (gaz, brut et condensat) font de cette entreprise un lieu de travail à haut risque.

RTE est l'une des activités de SONATRACH donc elle est concernée par les différents changements apportés par SONATRACH.

Le terminal arrivé OK1 /NK1/GK1/GK2/GK3 de Skikda, fait parti de RTE (Région Transport Est) de l'activité TRC (Transport par Canalisation) du groupe SONATRACH.

II.1- Présentation générale de l'activité Transport par canalisation des hydrocarbures (TRC) :

L'Activité Transport par Canalisations reste l'activité la plus étendue de SONATRACH qui assure l'acheminement des hydrocarbures liquides et gazeux (pétrole brut, gaz naturel, GPL et condensat) et qui gère un réseau de canalisation de plus 16.200 km de reliant les centres de stockage des hydrocarbures du sud et du nord du pays où sont situées les unités de liquéfaction et de raffinage, ainsi que les ports pétroliers pour l'exportation. (voir annexe 1)

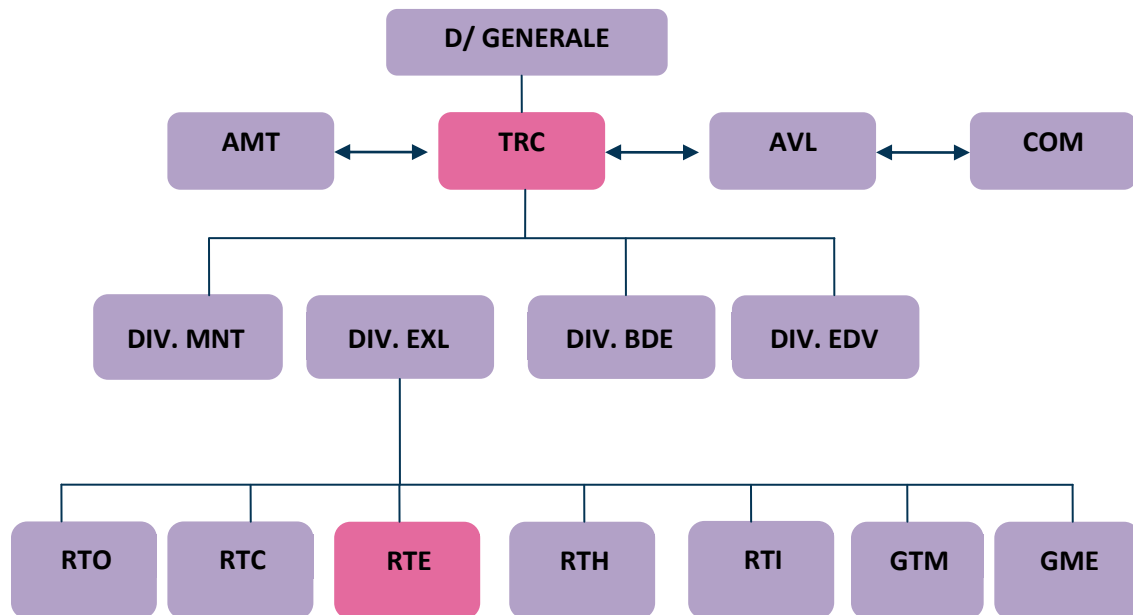


Fig. II.1 : La place de la RTE dans l'organigramme du SONATRACH

II.2- Présentation de la Région Transport Est (RTE) :

➤ Identification de l'unité :

- Nom de l'unité : Direction Régionale Skikda (DRGS).
- Année de mise en exploitation : 1971
- L'unité est classée : au sens du décret exécutif 98 - 339, relatif aux établissements classés dans la première catégorie, des installations soumises à autorisation du ministre chargé de l'environnement, ceci conformément à la nomenclature prévue à l'article premier du décret.

➤ Implantation de l'unité :

- Localisation et délimitation : **au sein de la zone industrielle de Skikda**
- Superficie: **110 Ha**

- Description du voisinage du site : l'unité est située au niveau de la zone industrielle de Skikda, formant son angle Sud –Est; avoisinant :

- ✓ De l'Est, la Direction Générale ENIP
- ✓ De l'Ouest, la route nationale n°44
- ✓ Du Sud, la commune Hamrouche Hammoudi
- ✓ Du Nord, l'unité topping condensat

➤ **L'environnement naturel :**

1. Le climat :

La moyenne établie est de 239 jours de beau temps, 67 jours de pluie et pendant les 59 autres jours, le ciel est nuageux et couvert.

La wilaya de Skikda appartient aux domaines bioclimatiques humide et subhumide.

2. Le niveau kéraunique :

Le niveau kéraunique du Nord de l'Algérie est compris entre 10 et 20. La densité de foudroiement N_g (qui supplante la notion de niveau kéraunique N_k en indiquant le nombre de coups de foudre au km^2 par an), est calculée en pratique par la relation

$$N_g = N_k/10$$

Soit : $1 \leq N_g \leq 2$ pour le nord de l'Algérie (voir l'annexe 2) .

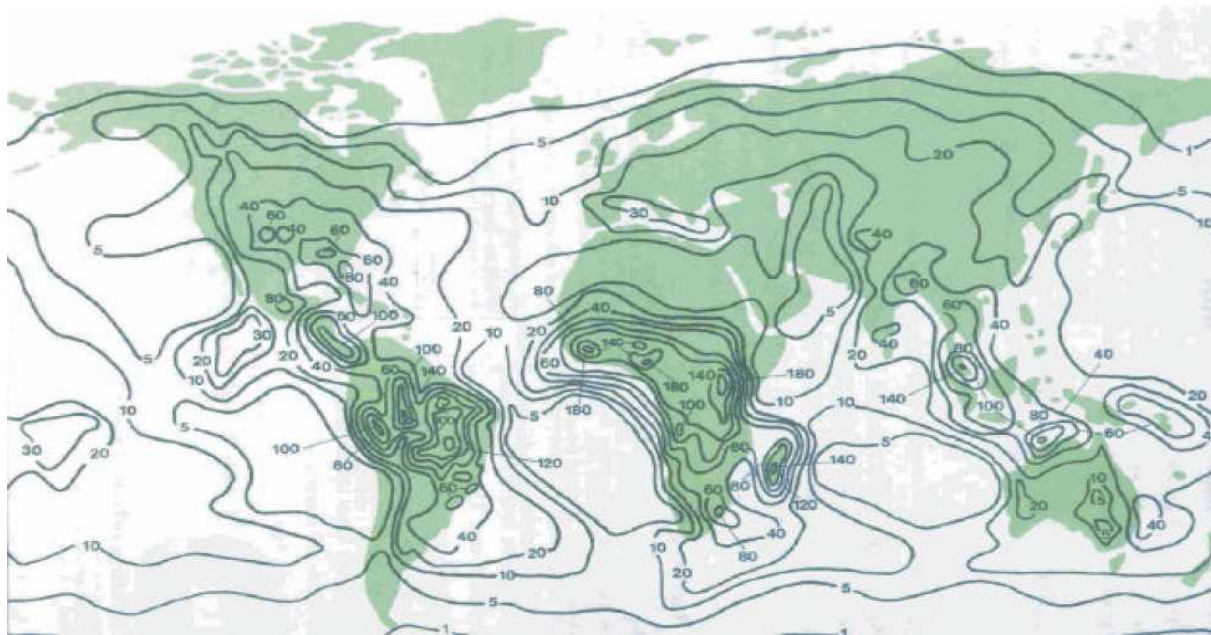


Fig. II.2 : Niveaux kéraoniques mondiaux

3. Présentation de quelques agresseurs externes :

La foudre :

Les effets potentiels de la foudre sont de nature thermique, électrique et électromagnétique...etc.

- les effets thermiques peuvent être à l'origine d'un incendie, d'une inflammation d'un nuage gazeux .
- les effets électriques peuvent induire des différences de potentiels .
- les effets électromagnétiques entraînent la formation de courants induits propres à endommager le matériel et les équipements électroniques.

Sur le site, la moyenne annuelle du nombre de jours où le tonnerre est entendu (niveau kéraunique) est comprise entre 20 et 30.

Tous les éléments métalliques des bacs de stockage sont reliés à la terre.

Compte tenu de la forte inflammabilité des produits manipulés sur le site, il est préconisé la réalisation d'une étude foudre qui pourrait :

- dans un premier temps, examiner la conformité réglementaire du site aux règles françaises

de protection contre la foudre des IC qui sont définies par l'arrêté du 28 janvier 1993 et ses circulaires d'application n° 93-17 du 28 janvier 1993 et DPPR/SEI du 28 octobre 1996 (il n'a pas été trouvé de texte réglementaire algérien relatif à la problématique foudre),

- dans un second temps, si cela s'avère nécessaire, formuler des préconisations visant à améliorer la protection foudre du site (ex : mise à la terre des installations contenant des liquides inflammables par un réseau maillé, l'équipotentialité des masses, détecteur d'orages,...).

➤ **Constitution de la région de transport Est:**

La région transport Est, comporte les ensembles suivants :

- 5 Stations de pompages (turbopompes).
- 5 Stations de compression (chacune : 04 turbocompresseurs).
- Terminal arrivée oléoduc 34" (OK1) pétrole brut.
- Terminal arrivée oléoduc 30"(NK1) condensat
- 03 Terminaux arrivées gaz naturel (GK 1 40", GK 2 42"et GK 3 48").
- Parc de stockage contenant 18 bac dont 14 bacs pour le pétrole brut et 04 bacs de condensat d'une capacité de 51200 m3 chacun et une pompe booster pour chaque bac.
- Les pompes de chargement au nombre de 10.
- Installation d'expédition du brut vers les bouées de chargement en mer du sea-line contenant des filtres, motopompes et la robinetterie associées.
- la RTE dispose d'installations annexes telles que divers bâtiments administratifs, un magasin central. Une sous-station électrique, deux laboratoires pour les analyses chimiques, une infirmerie, une salle de conférences équipée pouvant contenir 260 personnes avec des salles attenantes. Tout comme elle dispose de deux parcs de stockage de matériel. Une station de carburant et d'un terrain de sport.

II.3- Les activités industrielles au niveau de la RTE:

- **Activité principale :** Transport des hydrocarbures liquides et gazeux par canalisation et stockage du pétrole brut et condensat.
- **Activité secondaire :** Entretien et maintenance des équipements.

La région de Skikda assure le transport du pétrole brut, condensât et gaz naturel respectivement en provenance de Haoud El Hamra et Hassi R'Mel et les acheminent vers les terminaux arrivées oléoduc et gazoduc à Skikda.

II.4- Le processus de transport des hydrocarbures au niveau de RTE :

- **Le transport des hydrocarbures gazeux :**

Il est composé de :

- 03 pipelines de 40, 42 et 48 pouces (GK1, GK2 et GK3) avec des longueurs respectives de 574.87 Km 575.545 Km et 784 km
- 05 stations de compression (SCA, SCB, SCC, SCD et SCE) réparties sur le réseau.

Le gaz est transporté à une pression comprise entre 50 et 70 bars.

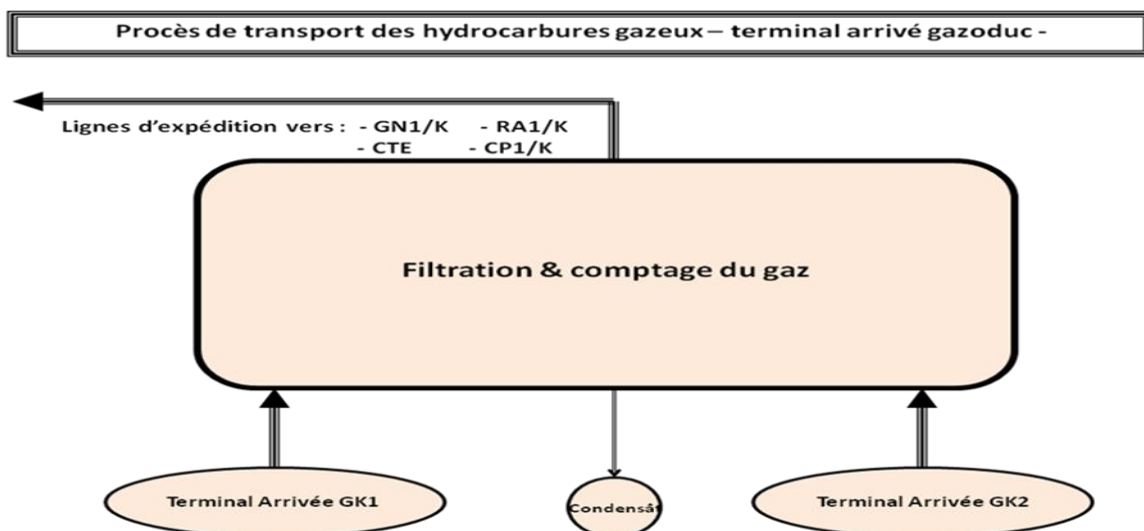


Fig. II.3 : procès de transport des hydrocarbures gazeux

➤ **Le transport des hydrocarbures liquides (pétrole brut / condensat) :**

Il est composé de :

- 1 pipeline de 34 pouces (OK1), d'une longueur de 645 km .
- 1 pipeline de transport de condensat de 30 pouces (NK1) d'une longueur de 645 km .
- 5 stations de pompage (SP1, SP2, SP3/3bis et SP4) pour le OK1 et SP3 NK1, réparties sur les réseaux.

Le pétrole brut est transporté à une pression comprise entre 45 et 80 bars.

Les stations de compression ou de pompage permettent de maintenir la pression et d'assurer le débit de transport des hydrocarbures en fonction de la demande en aval.

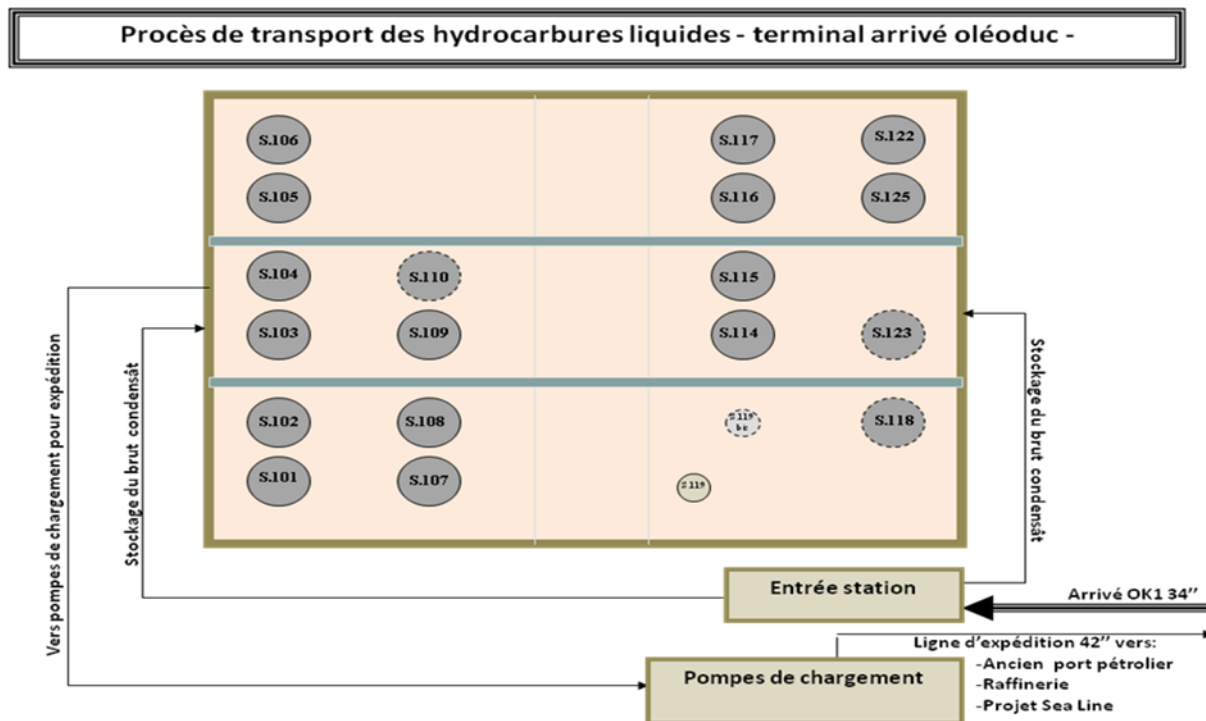


Fig. II.4 : procès de transport des hydrocarbures liquides

II.5- Description des bacs de stockage à toit flottant :

Ils comprennent une structure flottante directement posée sur le liquide. Ces réservoirs, en raison de leur remarquable capacité à réduire les pertes par évaporation sont réservés aux produits volatils.

Le toit flottant est un disque mobile qui flotte sur le liquide en suivant les mouvements de descente et de montée du produit. Pour permettre ces déplacements, un espace annulaire libre existe entre le toit et la robe de la cuve. Il est obturé par un système d'étanchéité qui permet au toit de coulisser sans entraves à l'intérieur de la robe.

Il existe deux types de toit flottant :

- Toit à ponton annulaire : Caisson recouvre jusqu'à 50% surface du liquide.

Partie centrale libre de gonfler pour libérer espace aux vapeurs qui peuvent se former.

- Toit à double pont : c'est le cas de la DRG SKIKDA, constitué de 2 couches de tôle, séparées par un espace vide d'environ 40cm compartimenté en caissons renforçant la structure du toit.

Les réservoirs de stockage à toit flottant éliminent la perte de produit pendant le remplissage et réduisent les pertes par "respiration".

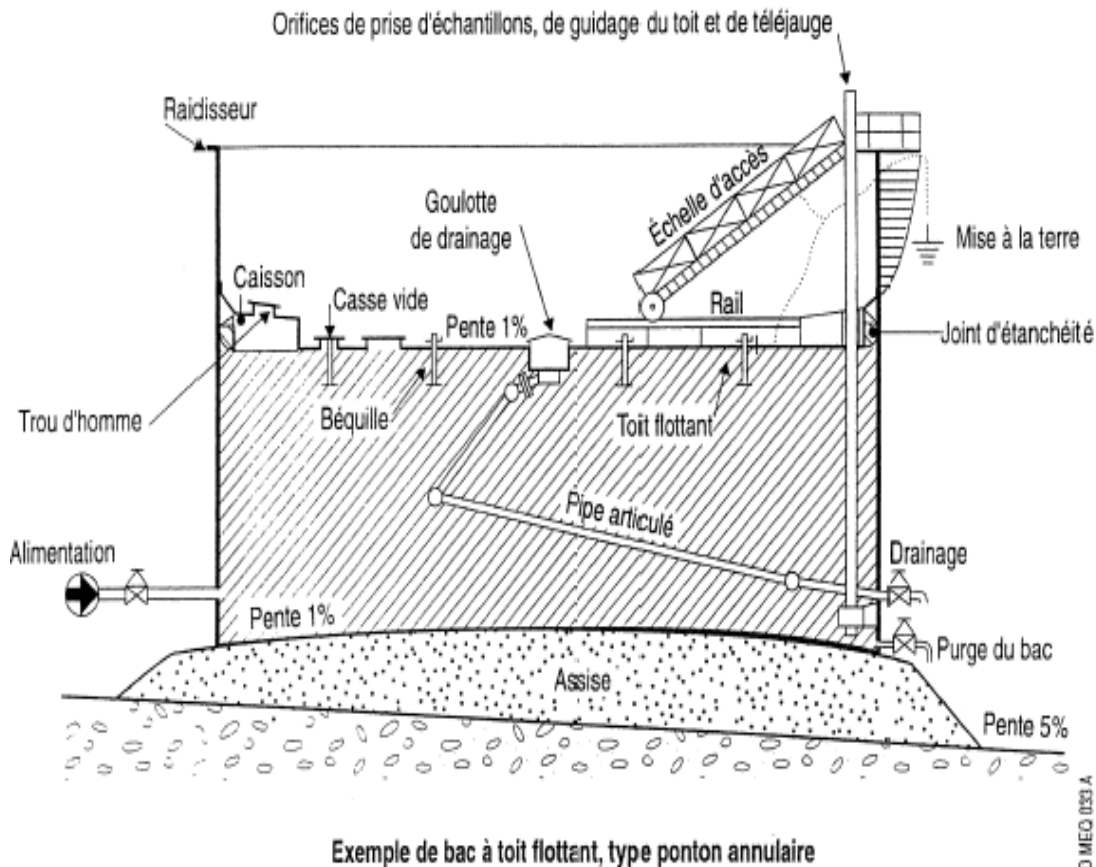


Fig. II.5 : description du bac a toit flottant

➤ **Les accessoires des réservoirs :**

✓ **Accessoires d'accès au réservoir :**

Les accessoires d'accès aux réservoirs comprennent : cuvette de rétention, escaliers, passerelles et échelle mobile.

• **La cuvette de rétention :**

Une cuvette de rétention est une capacité destinée à recevoir les hydrocarbures s'écoulant accidentellement des réservoirs.

Une telle capacité peut être obtenue par délimitation d'un espace de terrain autour ou à proximité des réservoirs, à l'aide de merlons ou de murs, ou par formation d'une excavation autour ou à proximité de ceux-ci.

La capacité réelle d'une cuvette est celle qui est calculée suivant ses dimensions géométriques, sans tenir compte de la présence des réservoirs implantés dans cette cuvette.

- **Un escalier :**

Un escalier d'accès à mains courants. Avec marches orientales.

- **Une échelle :**

Une échelle mobile pour les bacs à toit flottant, cette échelle est menée d'une crinoline, lorsque la hauteur dépasse 10m, un escalier d'accès avec main courante.

- **Les passerelles :**

Des passerelles ou plate-forme fixes, menées de garde-corps, sont disposées de façons à permettre l'accès sans risque aux orifices de jaugeage et de respiration à moins que le toit soit bordé par un garde-corps dans la partie intéressée.



Fig. II.6 : les accessoires d'accès au réservoir

✓ **Les accessoires de sécurité :**

Les accessoires de sécurité sont indispensables à l'exploitation du bac en toute sécurité, ses accessoires sont :

- **Soupapes de sécurité:**

La nature du brut l'exige pour l'évacuation du gaz, la soupape est menée d'un ressort qui permet son ouverture automatiquement en cas de surpression à l'intérieur du bac, et se ferme automatiquement lorsque les conditions normales ont été rétablies.

- **arrêtes-flammes :**

Ces appareils sont destinés à empêcher la pénétration d'une flamme dans le réservoir. Ils sont constitués par des grilles ou des empilages de tôles endurcis d'aluminium, ils agissent par disparition de la chaleur et sont construits de la manière à ne pas créer que très peu de perte de charge. On place des arrêtes- flammes sur des événements ou à la sortie de soupapes de sécurité.

- **La mise à la terre :**

Les réservoirs doivent être mis à la terre, de cette façon ils forment des cages faraday dont l'intérieur est préservé de toute influence électrique et l'écoulement des charges atmosphériques se fait dans des bonnes conditions.

Les réservoirs de DRG Skikda sont mis à la terre (03 mises à la terre chacun) étant donnée qu'ils sont de grand diamètre, leurs mise à la terre se fait en plusieurs points symétriques de leur robe (une prise tous les 20m).

Les mises à la terre ont plusieurs buts :

- ✓ Ecoulement au sol des charges électrostatiques produites par l'écoulement du produit dans les parois des réservoirs.
- ✓ Ecoulement au sol des courants de foudre (charges électriques résultant de la foudre) pour éviter tout amorçage d'arc et les destructions matériels qui pourraient en résulter.
- Ecoulement au sol des courants forts dus au défaut d'isolement du réseau électrique.

- **Drain d'évacuation des eaux de pluviales du toit :**

L'évacuation des eaux pluviales est faite par des flexibles ou des tubes articulés. De plus, en cas de bouchage de ce système, un drain de sécurité permet à l'eau de s'écouler dans le produit afin d'éviter que le toit ne coule.

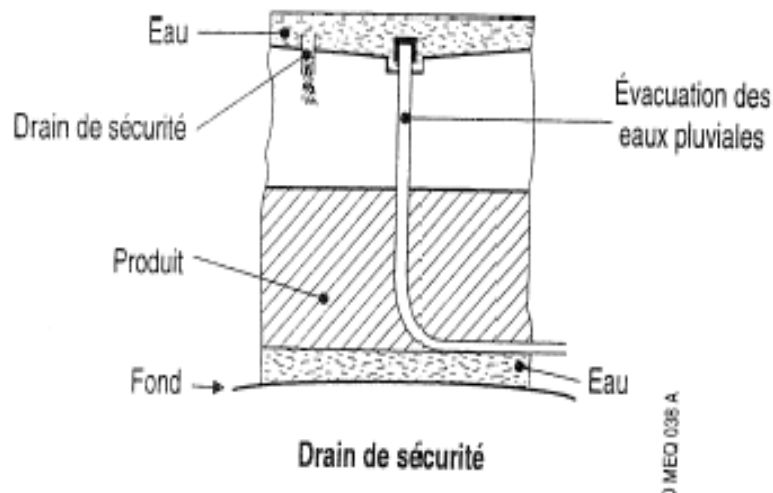


Fig. II.7 : exemple d'évacuation des eaux pluviales

- ✚ **Circuit mousse :**

Des diffuseurs placés en haut de la robe étalent sur la surface de liquide un tapis de mousse capable d'étouffer les flammes en cas d'incendie. Pour assurer une couverture rapide et uniforme repartir judicieusement plusieurs diffuseurs installés sur le tour de réservoirs.

- ✚ **Les déversoirs :**

Tubes déflecteurs : qui ont pour but de ramener le jet de mousse contre la paroi du déversoir, la mousse découle le long de cette dernière jusqu'à la surface des hydrocarbures laquelle elle s'étale.

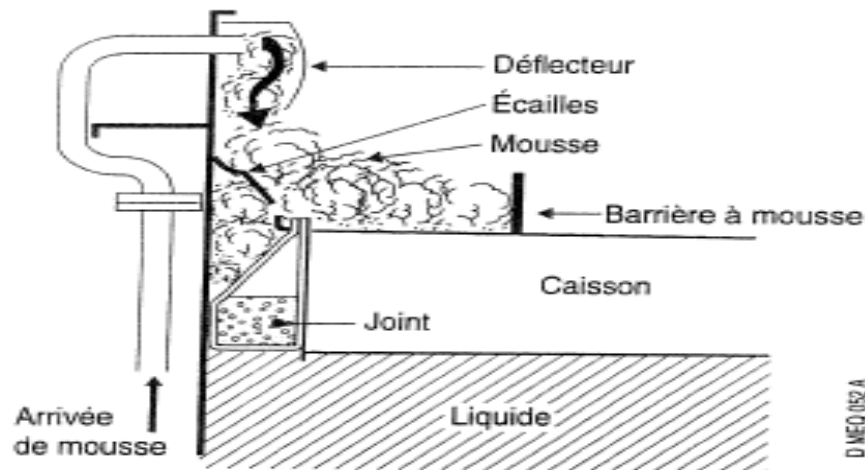


Fig. II.8 : exemple de circuit à mousse

✚ Système fixe de refroidissement :

C'est une canalisation circulaire où se trouvent les têtes d'arrosage en gardant un certain intervalle. Les tuyaux d'alimentation en eau vers chaque réservoir sont raccordés avec la canalisation principale à incendie.

✚ Système de détection et extinction automatique USD:

- Composantes du système :

- ❖ USD (unité de stockage et de dosage).
- ❖ Bouteilles d'Azote.
- ❖ Des fusibles, contres poids.
- ❖ La couronne et les buses de diffuseurs.

- Fonctionnement du système :

Lorsque la température atteint 92°C les fusibles fonctionnent, provoque la chute du contre poids sur le toit, qui percute la bouteille d'Azote, la libération de ce dernier à 125 bar percute à son tour l'USD.

➤ **Accessoires de contrôle et d'entretien :**

✚ **Joint d'étanchéité :**

L'étanchéité entre le toit flottant et la robe du bac est assurée par des joints qui peuvent être réalisés de différentes manières. De plus, afin d'améliorer l'étanchéité entre robe et toit, de nombreux bacs sont équipés d'un système de double joint primaire et secondaire.

L'étanchéité entre la robe et le toit est maintenue par un "boudin" compartimenté rempli de kérosène ou de gazole. Ce dispositif est peu utilisé car en cas de percement, le joint perd son étanchéité.

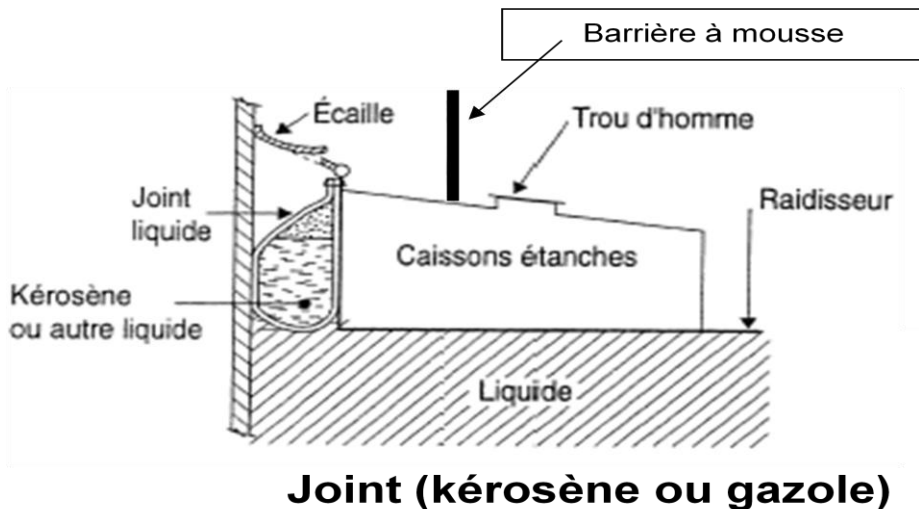


Fig. II.9 : Exemple d'un Joint d'étanchéité

✚ **Trous d'homme :**

Les trous d'homme pour l'inspection des réservoirs et le nettoyage.

✚ **Les caissons :**

Les caissons des toits flottants sont munis d'orifice permettant le contrôle de leur atmosphère.

✚ **Les béquilles :**

Lorsque la hauteur du liquide ne permet plus de maintenir le toit en flottaison, son support est assuré par des béquilles. Le nombre de béquilles nécessaires dépend de la taille du bac.

- **Système de jaugeage :**

Le jaugeage, servant au prélèvement des échantillons. L'entrée des hydrocarbures dans les réservoirs doit se faire par le bas.

- **Un indicateur de niveau :**

Il sert à indiquer le niveau de pétrole au niveau du bac, il est relié à la salle de contrôle par un transmetteur.

- **Réseaux de drainage des eaux de purge:**

Équipé de quatre vannes (D1, D2, D3, D4) servant à la purge de l'eau après la décantation

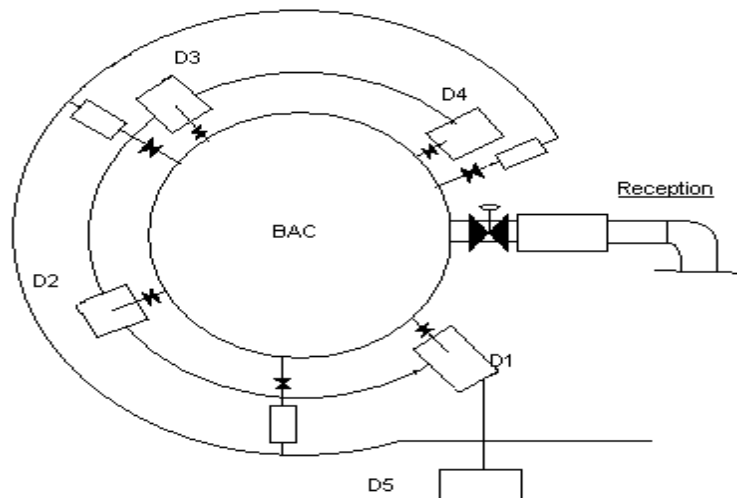


Fig. II.10 : les vannes de réservoir

- **Les pompes boosters d'expédition**

II.6- La Protection générale du Site RTE :

II.6.1- Terminaux GK1, GK2, GK3 :

Les mesures de prévention ci-dessous ont pour objet de limiter les risques de formation d'une ATEX et de réduire la probabilité de présence et d'activation de sources d'inflammation des ATEX éventuellement présentes à l'intérieur des équipements ou dans les locaux d'exploitation.

➤ **Equipotentialité et continuité électrique :**

L'ensemble des parties conductrices des installations sont dotées par un circuit de mise à la terre l'équipotentialité.

➤ **Adéquation des appareils électriques et non électriques avec le classement des emplacements ou des ATEX peuvent se présenter :**

Afin de réduire la probabilité du risque d'explosion, il est nécessaire de limiter la probabilité de présence de sources d'inflammation potentiellement actives. Pour cela, les équipements de travail mis en œuvre dans les locaux d'exploitation ou à l'intérieur des équipements, comme les installations d'éclairage, moteurs, capteurs,... Réponds aux prescriptions et exigences des directives 1994/9/CE et 1999/92/CE.

➤ **Events/soupapes :**

Les canalisations et réservoirs contenant de produit inflammable sont dotés par des événements, arrête flammes, soupapes de respiration ou de sécurité afin de réduire la possibilité d'explosion, formation d'une atmosphère gazeuse et de retour de flamme à l'intérieur des capacités.

➤ **Maintenance :**

Des vérifications techniques périodiques sont effectuées pour but de déterminer l'état des éléments des installations et des dispositifs dont la détérioration pourrait entraîner un danger. Les vérifications périodiques permettent un constat qui doit obligatoirement être complété par la remise en état des anomalies constatées.

➤ **Information et formation du personnel sur le système permis de travail et les risques présentent sur le site :**

La formation et la sensibilisation du personnel vis-à-vis des risques qui peuvent apparaître en exécution des tâches d'exploitation ou d'entretien est nécessaire au profit du personnel SONATRACH ou entreprises extérieures,

Des panneaux de signalisation sont installés à l'accès des installations qui contiennent des emplacements dangereux

Le personnel pénétrant dans ces installations ont reçu une information ou une formation en fonction du type de travail à effectuer.

II.6.2- La protection anti incendie :

➤ **Moyens mobiles et fixes de lutte contre l'incendie du TA GK1, GK2 :**

Le terminal arrivé gaz dispose des moyens de lutte contre l'incendie, son réseau d'eau (pompes anti-incendie) est relié à celui du Terminal liquide qui se trouve à environ 20 m.

➤ **Moyens matériels fixes du TA GK1, GK2 :**

Le réseau incendie est aérien et dispose de :

- 04 poteaux incendie équipés de 02 sorties en 70 mm et une en 100 mm.
- 03 canons monitors.
- 02 lances monitors portables.
- 01 lance monitor tractable.

➤ **Moyens matériels mobiles du TA GK1, GK2 :**

- 03 extincteurs à poudre de 200 kg.
- 06 extincteurs à poudre de 50 kg.
- 12 extincteurs à poudre de 9 kg.
- 01 extincteur à CO2 de 25 kg tractable.

➤ **Moyens Matériel du TA GK3 / Skikda :**

Terminal arrivée GK3 / Skikda	
Réseau d'eau de lutte contre l'incendie	- Réseau en 6 bouclé, maillé, et interconnecté avec le réseau du poste de livraison GL1K. - Cinq (05) poteaux d'incendie de trois sorties - Huit (08) vannes de sectionnement.
Dispositif de protection du bâtiment de contrôle	- Un (01) système de détection et extinction automatique à CO2.
Dispositif de protection du bâtiment laboratoire.	- Un (01) système de détection et extinction automatique à poudre.
Dispositif de première intervention	- Deux (02) canons monitors à eau tractables de 1500 l/min. - Quatre (04) extincteurs tractable à poudre de 50 Kg. - Un (01) extincteur portatif à CO2.
Dispositif de surveillance et anti intrusion	-Des caméras de vidéo surveillance au niveau du site.

Tableau II.1 : Les Moyens Matériel du TA GK3 / Skikda

➤ **Moyens humains :**

Les terminaux arrivés gaz et liquides disposent, des moyens humains dont l'organisation est décrite dans un plan d'organisation interne (POI).

II.6.3- Protection générale du site (terminal terrestre liquide):➤ **Protection des réservoirs de stockage :**

Nature	Conditions de stockage	Lieu de stockage	Dispositifs de sécurité
Pétrole brut	14 bacs toit flottant 51200 m ³	Parc de stockage terminal terrestre	1 cuvette de rétention par bac (25 600 m ³) Unité stockage et dosage (USD) couronnes de refroidissement,
Condensat	4 bacs 51200 m ³	Parc de stockage terminal terrestre	10 déversoirs, Moyens mobiles de refroidissement des bacs (canons répartis sur la zone de stockage)

Tableau II.2 : Protection des réservoirs de stockage .

➤ **Réseau de Lutte contre les incendies :**

- 01 Réservoir d'Eau Anti-incendie.
- Capacité maximale par réservoir : 480 m³
- 01 réservoir d'eau anti-incendie Capacité maximale par réservoir : 5200 m³
- 02 réservoirs d'eau anti-incendie Capacité maximale par réservoir (en cours de réalisation) : 12000 m³
- 01 Pompe, débit : 600 m³/h, Entraînée par moteur électrique.
- 02 Pompes, débit : 1000 m³/h, Entraînée par moteur électrique.
- 01 Pompe diesel, débit : 700 m³/h.
- Pompe diesel, débit : 2000 m³/h.
- 02 Pompes jockey pour le maintien de la pression sur le réseau.

➤ Les moyens matériels d'intervention mobile de RTE siège :

Moyens matériels	Capacité
CMR 11000	11000 L émulseur
VMR 75/1	6000 L émulseur 1500 L Eau
VMR75/2	1500 L émulseur 6000 L Eau
Trois fourgons tous secours	150 Kg de poudre 150 L pré mélange
Un Toyota VLTT	150 Kg de poudre 150 L pré mélange
Deux camions mixtes VMR 80	Eaux /mousse 2000 L/6000 L
Deux camions ravitailleurs émulseur	12000 L
Un camion poudre	2000 Kg
02 camions extincteurs G/puissance	8000d émulseur 3500d' eau 1000 kg de poudre

Un camion à échelle 32 mètres avec canon	
Un véhicule de secours /évacuation (Ambulance)	
Deux véhicules de liaison	

Tableau II.3 : Les moyens matériels d'intervention mobile de RTE siège et leurs capacités

➤ **Moyens d'intervention organisationnelle :**

La région de transport dispose de ses propres moyens d'intervention dont l'organisation est décrite dans un plan d'organisation interne (POI).

Dans le cas où un accident survient et que les moyens propres à l'unité concernée se révèlent insuffisants pour le maîtriser, la FIR (Force d'intervention de Rapide) intervient.

La Protection Civile peut intervenir en renfort de la FIR dans le cas où l'ampleur de l'accident le nécessite.

Un Plan d'Assistance Mutuelle (PAM) qui s'agit d'un plan d'organisation des interventions mettant en œuvre, outre les moyens de l'unité concernée par l'intervention, la FIR, les moyens d'une ou de plusieurs unités avoisinantes et la protection civile. Son déclenchement et le commandement des opérations sont du ressort du directeur de l'unité. Les unités assistantes ont un rôle de soutien.

Le degré le plus haut en termes d'intervention est l'activation du plan ORSEC.

Le Plan ORSEC est le plan d'organisation des secours destiné à faire face à des événements d'une importance exceptionnelle, catastrophe ou sinistre de grande envergure qui dépasse largement les limites et les moyens de l'unité.

Le déclenchement du plan ORSEC et le commandement des opérations sont du ressort du Wali, saisi par le Directeur de l'unité concernée.

➤ Equipements dédiés à la sécurité des installations du Terminal Arrivée liquide :

Prévention des surpressions	03 soupapes automatiques (S101, S102, S103, S104, S105, S106 , S107, S108 , S109, S110, S114, S115, S116, S117, S122, S125, S118, S123)
Détection de dérive de niveau	Détection de niveau Très Haut avec alarme en SDC pour les 3 nouveaux réservoirs (S110, S118 et S123) Détection de niveau haut avec alarme en SDC pour l'ensemble des réservoirs Détection de niveau bas avec alarme en SDC pour l'ensemble des réservoirs
Protection incendie	Système de détection d'incendie par élément fusible situé au niveau du joint du toit flottant et extinction (S110, S 123, S118, S119 bis). Systèmes fixes de refroidissement des réservoirs Dispositifs de détection et d'extinction fixe à mousse
Maintien d'un déversement de produit	Cuvette de rétention individuelle de : 112 m x 130 m en moyenne

Tableau II.4 : Equipements dédiés à la sécurité des installations du Terminal Arrivée liquide

➤ Equipements dédiés à la sécurité S119 et S119bis :

Détection de dérive de niveau	Détection de niveau haut avec mise en marche de la pompe P119 et alarme en SDC Détection de niveau bas avec arrêt de la pompe P119 et alarme en SDC
Protection incendie	Dispositif fixe de protection du réservoir par déversoirs mousse
Maintien d'un déversement de produit	Cuvette de rétention individuelle de : 57m x 69m x 1,7m

Tableau II.5 : Equipements dédiés à la sécurité S119 et S119bis**II.7 Les phénomènes dangereux qui pourraient provoquer l'arrêt partiel ou total de l'activité du site :****II.7.1 Les phénomènes dangereux du Terminal GK1 GK2) :**

N°	Phénomène Dangereux	Localisation	Effets Thermiques	Effets de Surpression
01	Rupture de la gare racleur	gare racleur	X	X
02	Rupture de la canalisation de gaz naturel à l'entrée du filtre principal	Filtre	X	X
03	Fuite au niveau de la canalisation de gaz naturel à l'entrée du filtre principal	Filtre	X	X

04	Rupture de la canalisation "Raffinerie" de gaz naturel après détente	Canalisation « Raffinerie »	X	X
05	Fuite au niveau de la canalisation "Raffinerie" de gaz naturel après détente	Canalisation «Raffinerie »	X	X
06	Rupture de la canalisation "GNL1K" de gaz naturel après détente	Canalisation « GNL1K »	X	X
07	Fuite au niveau de la canalisation "GNL1K" de gaz naturel après détente	Canalisation « GNL1K »	X	X
08	Rupture de la canalisation "CTE" de gaz naturel après détente	Canalisation «CTE »	X	X
09	Fuite au niveau de la canalisation "CTE" de gaz naturel après détente	Canalisation «CTE »	X	X
10	Rupture de la canalisation "SKS" de gaz naturel après Détente	Canalisation «SKS »	X	X
11	Fuite au niveau de la canalisation "SKS" de gaz naturel après détente	Canalisation «SKS »	X	X
12	Rupture de la canalisation "TOPC" de gaz naturel après détente	Canalisation «TOP C »	X	X

13	Fuite au niveau de la canalisation "TOPC" de gaz naturel après détente	Canalisation «TOPC »	X	X
14	Débordement de la cuve recevant les purges depuis l'évent	Cuve de purge	X	

Tableau II.6 : Les phénomènes dangereux du Terminal GK1 GK2**II.7.2 Les phénomènes dangereux du Terminal liquide et le stockage du brut et condensat :**

Pour le stockage :

- Incendie de bac : le brut est un liquide inflammable
- Incendie de cuvette de rétention : en cas de fuite de bac ou de canalisation contenue dans la cuvette,
- Brut : Boil over « classique ».
- Condensât : Boil over « couche mince ».

Pour les canalisations du terminal (réception/ expédition) :

En cas de fuite sur une canalisation, deux situations sont possibles :

- Canalisation enterrée : le potentiel de danger généré est une pollution de sol.
- Canalisation aérienne : une nappe d'hydrocarbure est créée. Elle a pour effet

Potentiel :

- Systématiquement générer une pollution de sol
- En cas d'allumage de nappe, générer un incendie de nappe.

Conclusion :

Cette partie nous a permis de connaître l'état des lieux du terminal de Skikda ainsi que la description générale des différentes installations.

Dans La partie qui suit, on va faire une description du risque naturel « la foudre » qui existe au niveau de la RTE.

Partie 2 :

*Description du
phénomène foudre et
ses effets
sur les installations
classées*

Introduction :

De nos jours, la foudre est toujours crainte ; non comme la manifestation de la volonté divine, mais comme la manifestation d'un phénomène physique à l'origine de nombreux dégâts ou de victimes.

II.8- Description du phénomène foudre :



La foudre est un phénomène naturel, universel et inévitable. Les conséquences de ses effets directs (coup de foudre) et indirects (effets thermiques et magnétiques, chocs mécaniques) peuvent être dévastatrices (dégâts environnementaux, destruction des installations, perturbation du fonctionnement de l'exploitation, danger pour votre personnel...).

II.8.1- Définition du phénomène foudre :

Les manifestations de la foudre : éclair et tonnerre :

La foudre est une manifestation de l'électricité d'origine atmosphérique, comportant une décharge accompagnée d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre).

Le terme d'**éclair** représente l'ensemble des manifestations lumineuses provoquées par les décharges électriques d'origine atmosphérique (entre deux nuages ou entre la base d'un nuage et le sol, ou à l'intérieur d'un même nuage).

Le tonnerre est le bruit induit par ces décharges électriques. La vitesse de la lumière étant de 300 000 km/s, l'éclair est perçu au moment où il se produit. En revanche, le son se propage à 340 m/s seulement, le tonnerre est donc perçu sensiblement après l'éclair.

Le nombre **n** de secondes qui s'écoulent entre ces deux phénomènes permet d'estimer la distance **d** en mètres qui sépare l'observateur de la décharge orageuse grâce à la formule suivante :

$$d = 340 \times n$$

❖ La formation de la foudre :

La foudre est une des manifestations des orages, perturbations atmosphériques violentes accompagnées d'éclairs, de tonnerre, de rafales de vent, d'averses de pluie ou de grêle.

La naissance de ces phénomènes orageux est généralement subordonnée à une grande instabilité atmosphérique, due à des différences importantes de température entre l'air au niveau du sol et l'air en altitude. Ceci explique pourquoi les orages « électriques » sont plus généralement observés en été qu'en hiver où cette différence de température peut ne pas être suffisante pour générer une grande instabilité.

Il existe deux types de nuages orageux :

- les cumulo-nimbus, qui donnent lieu aux orages de chaleur, très localisés et de durée limitée,
- les orages frontaux ou lignes de grains.

Dans ces deux cas, les nuages sont le siège de charges électriques et peuvent ainsi être à l'origine du phénomène de foudre.

Le cumulo-nimbus est une masse puissante de nuages sombres, en forme de double enclume à grand développement vertical (300 à 15 000 m d'altitude) qui s'étend sur une surface de plusieurs km². Le volume d'eau du nuage orageux peut atteindre 50 km³.

Un nuage orageux, le cumulo-nimbus, s'étend sur plusieurs kilomètres carrés et se développe en hauteur jusqu'à des altitudes de 15 kilomètres. La formation de ce type de nuage est généralement liée à une grande instabilité atmosphérique, caractérisée par des différences de températures importantes entre les masses d'air au niveau du sol et les masses d'air en altitude.

Les mouvements convectifs et les trajectoires des précipitations au sein du nuage provoquent la génération d'hydrométéores chargés électriquement puis entraînent leur séparation. Les particules chargées positivement sont repoussées vers le haut. Celles chargées négativement, plus lourdes, tombent vers la base du nuage.

La structure électrostatique de la cellule orageuse est proche de celle d'un dipôle d'axe vertical, formé de deux poches de charges de signe opposé et évaluées à plusieurs dizaines de coulombs. Des petites poches chargées positivement peuvent éventuellement être présentes à la base du nuage. Le champ électrique au sol correspondant à cette configuration est vertical et son amplitude varie avec la distance au centre du nuage (Fig. II.2).

Par beau temps, le champ électrique au sol est de l'ordre de la centaine de volts par mètre. A l'approche d'un nuage chargé, il s'inverse et son amplitude évolue jusqu'à atteindre 250 fois sa valeur initiale.

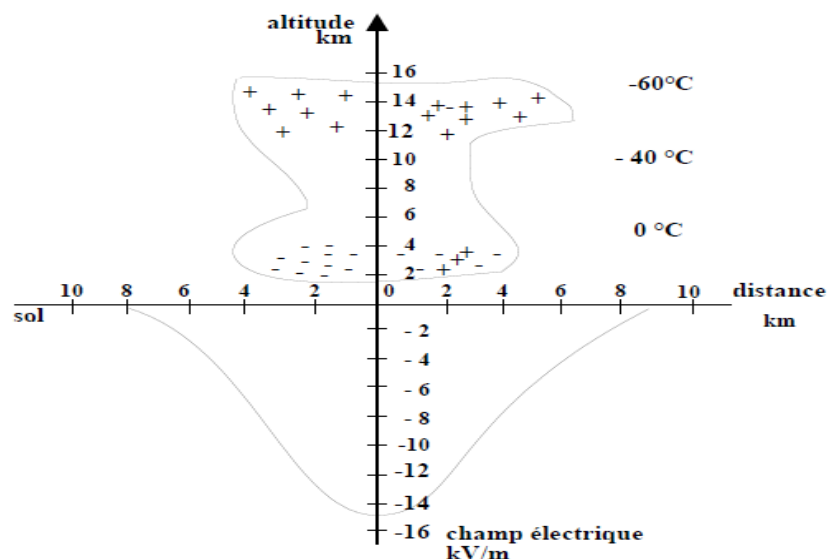


Fig. II.11: Evolution du champ électrique sous un nuage orageux

II.8.2- Types de coups de foudre :

On distingue quatre types caractéristiques de coups de foudre, selon qu'ils sont négatifs ou positifs et descendants ou ascendants.

- **Le coup négatif** : Le bas du nuage est chargé négativement. Les décharges sont multiples et variées : à une première décharge partielle de durée de front de 10 à 15 μ s succèdent des décharges d'attaque plus raides et de descentes plus douces.
- **Le coup positif** : Le bas du nuage est chargé positivement. Une seule décharge apparaît durant de 0,1 s à 0,2 s. La durée d'attaque varie entre 20 μ s et 50 μ s et l'amplitude du courant des «coups positifs» est généralement supérieure à celle des «coups négatifs».
- **Le coup descendant** : Caractérisé par son arborescence ouverte vers le bas, c'est le plus fréquent. Il comporte une phase initiale où une pré-décharge se propage par bonds successifs du nuage vers le sol (traceur). A l'extrémité de ce traceur, le champ électrique est extrêmement élevé, ce qui augmente localement le champ au sol. Dès que la pointe du traceur approche du sol, des pré-décharges ascendantes vont se développer à partir du sol. Lorsque ces deux canaux se rejoignent, un pont conducteur entre nuage et sol s'établit et permet ainsi le passage d'un courant de forte intensité.
- **Le coup ascendant** : Il est caractérisé par une arborescence ouverte vers le haut. Dans le cas de pylônes de grande hauteur ou de tours, l'effet couronne peut créer une décharge (partant donc du sol) qui va se développer suffisamment loin pour atteindre le nuage. Dès qu'un canal conducteur est créé, les charges accumulées dans le nuage vont s'écouler au sol. Le coup de foudre ascendant est très fréquent en zone de montage

Les différents coups de foudre sont illustrés ci-après :

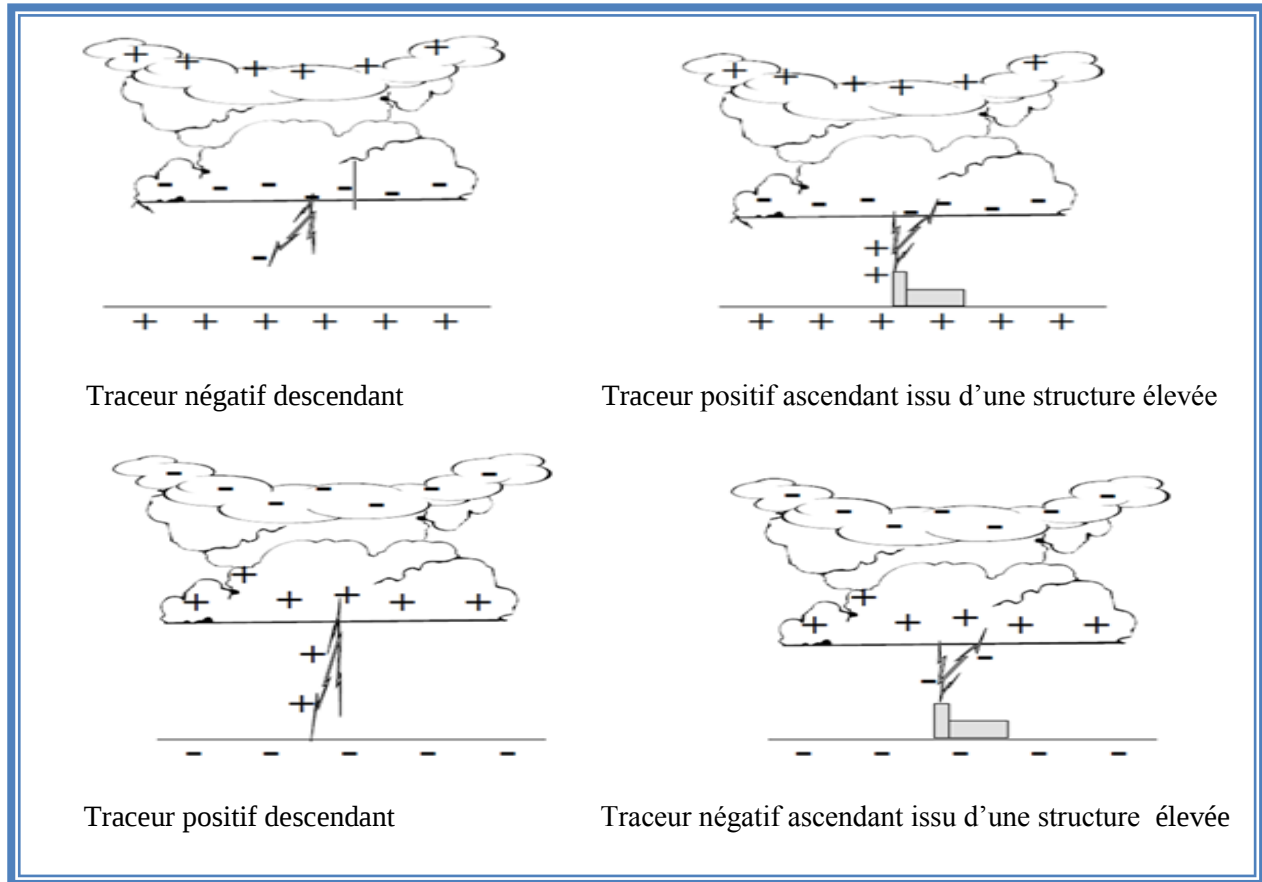


Fig. II.12 : Les différents coups de foudre

II.8.3- Le point d'impact :

La foudre peut tomber directement sur le sol, les structures ou les lignes. Les conséquences peuvent être néfastes du fait de la propagation des perturbations par conduction ou par rayonnement.

Le (ou les) point d'impact du coup de foudre ne semble se déterminer que dans la partie inférieure de la trajectoire (aux environs de 300 m d'altitude). De nombreux facteurs locaux peuvent avoir une action sur la localisation de l'impact (arbres, bâtiments, cheminées, nature du sol, cours d'eau ...).

II.8.4- Les caractéristiques du coup de foudre :

Un coup de foudre est composé en général de plusieurs décharges électriques, s'écoulant par le même canal ionisé. Les principales caractéristiques d'un coup de foudre sont les suivantes :

- Durée totale : 0,2 à 1 seconde.
- Nombre de décharges : 4 en moyenne
- Courant : 2 000 à 200 000 ampères (50% des coups de foudre < 20 000 A).
- Quantité de charges injectées : 5 à 200 Coulombs
- Valeur maximale di/dt : 40 000 à 150 000 ampères par microseconde.
- Durée locale d'un orage : 2 heures maximum.
- Etendue du spectre : le courant de décharge a une fréquence de quelques MHz; elle peut atteindre quelques GHz...

La figure ci- après montre un exemple d'onde de foudre (variation du courant de foudre en fonction du temps)

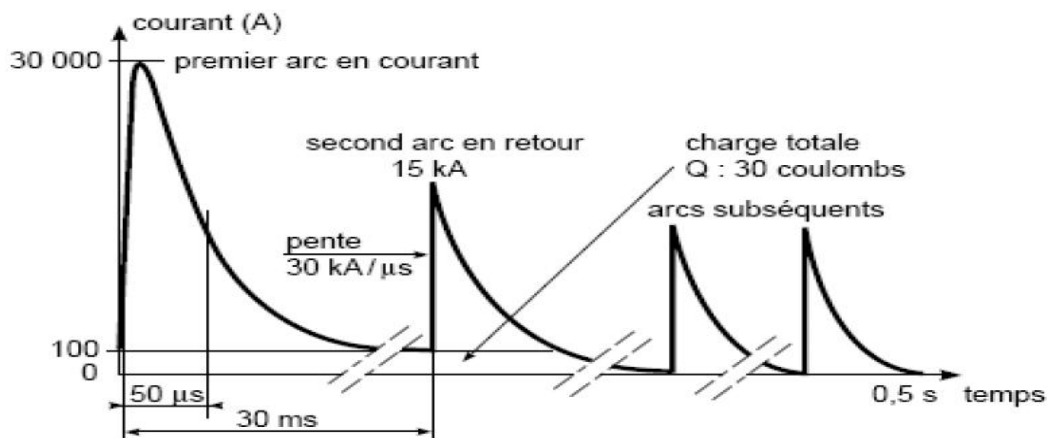


Fig. II.13 : variation du courant de foudre en fonction du temps

II.8.5- Les effets de la foudre sur les installations :

La foudre est une courante électrique haute fréquence qui entraîne les mêmes effets que tout autre courant circulant dans un conducteur électrique notamment :

- Effets thermiques (effet Joule).
- Effets dus aux amorçages (montées en potentiel des prises de terre et tensions dangereuses dues à l'impédance élevée des conducteurs en haute fréquence).
- Effets électromagnétiques.
- Effets électrodynamiques.
- Effets électrochimiques.
- Effets acoustiques (tonnerre).
- Effets lumineux.

❖ Effets thermiques :

Ils sont liés d'une part à l'effet d'arc, et c'est la quantité de charge transmise à la structure qui est le paramètre important, et d'autre part à la circulation d'un courant conduisant à un effet de Joule

- Dans les conducteurs de faible section ou dans les tôles de faible épaisseur, ils peuvent en provoquer la fusion .
- Dans les mauvais conducteurs (bois, béton,...), ils peuvent provoquer l'éclatement par vaporisation de l'eau incluse.

❖ Effets dus aux amorçages (montées en potentiel et amorçages) :

L'amorçage (l'étincelage) se produit lorsque la tension électrique entre deux points dépasse un seuil qui dépend de leur éloignement et des caractéristiques du milieu isolant qui les sépare. Ce phénomène transitoire se produit dans l'air lorsque le champ électrique est de l'ordre de 30 KV/cm

Ces différences de potentiel peuvent ainsi occasionner :

- des destructions d'équipements électriques ou électroniques.
- des claquages (étincelles) entre les descentes de paratonnerre et des objets métalliques proches reliés au sol, créant ainsi un risque important d'inflammation.

❖ Effets électromagnétiques :

Le canal de foudre ainsi que les éléments écoulant le courant de foudre à la terre génèrent un champ électromagnétique. Des courants et tensions induits vont alors apparaître dans les conducteurs proches. A titre d'illustration, signalons qu'à 100 m du point d'impact, un éclair peut induire une tension de 80 V dans une boucle d'un mètre carré formée par un conducteur.

Les différences de potentiels qui en résultent peuvent à leur tour entraîner des claquages dans les éléments électriques ou électroniques reliés à ces conducteurs. Ces claquages peuvent être également de forte intensité et créer un risque d'inflammations ou de destruction du même type que celui créé par le coup direct. Par ailleurs, certains équipements sensibles aux perturbations électromagnétiques peuvent être perturbés ou détruits par le champ créé par un éclair proche.

Les surtensions induites par un champ électromagnétique sont généralement de courte durée. Leur amplitude dépend notamment de la vitesse de variation du courant induit dans le composant considéré. Cette vitesse de variation est à relier à la raideur du coup de foudre et donc au profil de l'onde magnétique générée.

Ainsi, les temps de montée, de valeur de crête et le temps de descente ont chacun des effets destructeurs ou perturbateurs :

- le temps de montée : certains composants discrets (triacs, thyristors par exemple) sont déclenchés ou détruits par des impulsions de bas niveau, mais à front très raide (dU/dT et dI/dT importants) ;
- la valeur de crête : les surtensions de crête supérieures à la valeur admissible de certains éléments entraînent leur destruction par claquage ; c'est le cas pour les condensateurs, les diodes et en général les couches d'arrêt des semi-conducteurs ;
- le temps de descente : les impulsions de longue durée endommagent la plupart des composants du fait de l'énergie qu'elles véhiculent.

Sans aller jusqu'à la destruction d'un composant ou d'un circuit, les perturbations du réseau peuvent aussi entraîner des erreurs de fonctionnement d'équipements électroniques par suite de l'action d'une impulsion, même faible, sur un microprocesseur, une mémoire ou une logique câblée (basculer,...).

Les effets seront par exemple :

- ❖ L'arrêt ou le démarrage incontrôlé d'une machine automatique .
- ❖ Le fonctionnement erratique d'équipements .
- ❖ La perturbation de programmes informatiques .
- ❖ le déclenchement intempestif d'une centrale d'alarme .
- ❖ des erreurs d'affichage ou de calcul (mesures,...).

Relativement aux effets électromagnétiques de la foudre, il convient notamment de retenir que :

- la foudre peut avoir des conséquences destructrices ou perturbatrices sur des installations électriques ou électroniques situées dans un rayon de plusieurs kilomètres à partir du point d'impact ;
- une alimentation électrique d'un bâtiment réalisée par câbles souterrains n'est pas pour autant protégée des effets de la foudre et les équipements électriques ou électroniques branchés dans ce bâtiment ne sont pas à l'abri des conséquences de ce phénomène électrique.

❖ Effets électrodynamiques :

Des effets électrodynamiques peuvent être générés dès lors qu'un courant fort circule dans un conducteur se trouvant par ailleurs dans un champ magnétique généré par des courants voisins. Par analogie, on peut se référer aux phénomènes apparaissant sur des jeux de barres de poste de puissance en cas de court-circuit.

Ces effets peuvent être soit attractifs, soit répulsifs suivant la disposition des conducteurs les uns par rapport aux autres. Ces efforts peuvent atteindre de plusieurs centaines à plusieurs milliers de newtons pour des coups de foudre violents et conduisent à des déformations mécaniques pouvant entraîner des ruptures ou des arrachages de support.

❖ Effets électrochimiques :

Ces effets sont généralement négligeables sur les installations au sol, les quantités de matière pouvant se décomposer par électrolyse restant faibles, même pour des quantités de charge

transférées importantes. Une surveillance des prises de terre reste cependant nécessaire (risque de corrosion,...).

❖ Effets acoustiques :

Les forces électrodynamiques liées au courant s'écoulant dans l'éclair créent une dilatation de l'air du canal de foudre, accompagnée d'une élévation de pression dans le canal.

Cette surpression et sa disparition brutale, créent une onde de choc qui se propage ensuite dans l'atmosphère. Cette onde de choc peut générer de fortes surpressions sur des structures avoisinantes et conduire au renversement de panneaux, murs,...

❖ Effets lumineux :

Les effets sur les installations sont limités aux équipements optiques (cellules, caméra,...). En ce qui concerne l'homme, des lésions oculaires peuvent toutefois apparaître.

Conclusion :

La première partie du chapitre nous a permis de connaître l'état des lieux du terminal de Skikda ainsi que la description générale des différentes installations.

La deuxième partie a été consacrée à la description du phénomène foudre et leurs effets sur les installations industrielles.

Le chapitre qui suit, on va faire une analyse d'accidentologie concerne l'impact de la foudre sur ces installations.

Chapitre III :

*Evaluation du risque
foudre au niveau d'un
dépôt pétrolier (cas de
RTE-Skikda)*

Partie 1:

Evaluation du risque foudre au niveau RTE

Introduction :

La compréhension de ce phénomène d'un point de vue technique (formation des orages, des éclairs ...) ainsi que celle des agressions directes et indirectes engendrées, fait partie des connaissances de base des inspecteurs des installations classées pour la protection de l'environnement –installations

III.1-Les textes réglementaires :

Dans le cadre du Code du travail, les textes réglementaires sont élaborés à partir de décrets pris par le ministre de tutelle afin d'assurer l'hygiène et la protection des travailleurs.

Dans le domaine de la protection contre la foudre, la réglementation est relativement compliquée à appréhender.

On retrouve dans ce domaine :

➤ **La réglementation algérienne :**

Elle ne prend pas en charge la problématique d'évaluation du risque foudre pour les installations classées et précisément pour les dépôts pétroliers. Par contre elle prévoit la prévention contre les risques dus au courant électrique d'origine foudre au niveau de l'Arrêté interministériel du 13 Chaâbane 1419 correspondant au 2 décembre 1998 portant approbation du règlement technique et de sécurité des ouvrages de distribution d'énergie électrique.

➤ **La réglementation française qui contient :**

- les arrêtés généraux obligatoires (en particulier l'arrêté du 15 janvier 2008 relatif à la protection contre la foudre de certaines installations classées).
- les arrêtés spécifiques à un "produit".
- les circulaires d'application (en particulier la circulaire du 24 avril 2008 relative à l'arrêté du 15 janvier 2008).
- les obligations intégrées dans certains textes spécifiques.
- les impositions régionales.
- Les recommandations de l'UIC (Union des Industries Chimiques) : ces recommandations sont pour la protection des installations industrielles contre les effets

De la foudre et des surtensions (cahier technique de Juin 1991 et complément d'octobre 1993).

- les recommandations du GESIP (Groupe d'Etude de Sécurité des Industries Pétrolières).

➤ La normalisation :

Les normes électriques sont des recueils de règles, de prescriptions et de méthodes destinées aux constructeurs de matériel électrique, aux professionnels électriciens, ou non-électriciens exposés aux risques électriques.

Dans la réglementation, il existe peu de textes spécifiques à la foudre sauf dans des cas particuliers.

La normalisation essaye de préciser les protections. On peut classer les normes concernant la foudre en différentes catégories :

- ❖ Les normes spécifiques à la foudre et concernant la mise en œuvre des protections. On peut citer : NFC 17-100 - UTE C 15-443, CEI 1024.1, NFC 17-102...
- ❖ Les normes concernant le cahier des charges du matériel de protection contre la foudre : NFC 61- 740, NFC 65-100 (NF EN 60099 - 1), NFC 65 -101 (NF EN 60 099- 4) NFC 65 - 102 (NF EN 60099 - 5).
- ❖ Les normes sur un sujet global dans lesquels certains chapitres sont dédiés aux surtensions d'origine atmosphérique : NFC 15-100, NFC 13-200...
- ❖ Les normes étrangères qui peuvent apporter des éléments supplémentaires : norme Belge NBN C 18300, norme américaine NFPA 780...

1. Les normes spécifiques à la foudre et concernant la mise en œuvre des protections :

Parmi lesquelles on peut citer : **NFC 17-100, guide UTE C 15-443, NFC 17-102, NF EN 62305**

➤ **La norme NFC 17-100 (Déc. 1997) :**

" Protection contre la foudre - Installations de paratonnerre " : règles.

Cette norme décrit les principales dispositions destinées à assurer la protection des bâtiments contre les coups de foudre directs. Elle définit les dispositions minimales pour assurer une protection statistiquement efficace et donne des renseignements sur les moyens de réaliser cette protection. Le principe de la protection des bâtiments est basé sur le modèle électro-géométrique.

➤ **Le guide UTE C 15-443 (Juillet 1996)**

" Guide pratique : protection contre les surtensions d'origine atmosphérique, installation de parafoudre".

Ce guide donne une méthode empirique d'analyse du risque et les indications nécessaires pour le choix, l'installation et la coordination des parafoudres dans les installations à basses tension. Il vient en complément de la NFC 15.100 chapitre surtension. Il ne traite pas de la protection contre les coups de foudre directs.

➤ **La norme NFC 17-102 (Juillet 1995)**

" Protection des structures et des zones ouvertes contre la foudre par paratonnerre à dispositif d'amorçage ".

Cette norme homologuée donne les règles relatives à la conception, la réalisation, la vérification et la maintenance d'installations réalisées à l'aide de paratonnerres à dispositif d'amorçage.

Les paratonnerres à dispositif d'amorçage (PDA) sont des paratonnerres à tige équipés d'un système générant une "avance à l'amorçage". La zone protégée est déterminée en fonction de chaque type de paratonnerre.

➤ **La norme NF EN 62305-1 " Protection contre la foudre -Partie 1: Principes généraux de la protection foudre "**

Cette norme expose les principes généraux qui prévalent à la définition d'un système de protection foudre. Cette partie présente les principes et notions de bases relatives à l'analyse du risque que sont les notions de source et types de dommages, de pertes et de risque puis les

Différents types de mesures de protection et les critères de choix associés à la conception d'un système de protection contre la foudre sont abordés.

➤ **La norme NF EN 62305-2 " Protection contre la foudre - Partie 2 : Evaluation du risque"**

La norme 62305-2 traite de l'évaluation des risques contre la foudre dans une structure. Elle est destinée à proposer une procédure d'évaluation d'un tel risque. Une fois fixée la limite supérieure du risque tolérable, la procédure proposée permet de choisir les mesures de protection appropriées pour réduire le risque à une valeur inférieure ou égale à la valeur limite tolérable.

➤ **La norme NF EN 62305-3 "Protection contre la foudre -Partie 3 : Dommages physiques sur les structures et risques humains".**

Traite de la conception, de l'installation et de la maintenance des dispositions qui permettent de se protéger des conséquences d'un impact direct de foudre sur une structure. Le moyen proposé par la norme 62305-3 est la réalisation d'un Système de Protection Foudre (SPF) comportant une partie extérieure et une partie intérieure.

➤ **La norme NF EN 62305-4 " Protection contre la foudre -partie 4 : Réseaux de puissance et de communication dans les structures".**

Cette norme fournit les informations relatives à la protection contre l'impulsion électromagnétique de foudre (IEMF), au niveau : de la conception, l'installation, l'inspection, la maintenance, et les essais.

Le but est de réduire le risque de défaillances, dû aux effets secondaires de la foudre, des équipements internes d'une installation, reliés aux réseaux de puissance et de communication.

Cette norme est destinée autant au concepteur des réseaux de puissance et de communication qu'au concepteur des mesures de protection « Foudre » pour tenter d'obtenir la protection la plus efficace.

La NF EN 62305-4 introduit la notion de système de protection intérieur (au même niveau que le SPF à l'extérieur) : c'est l'ensemble des mesures nécessaires pour assurer une efficacité de protection optimale.

2. Normes concernant les cahiers des charges du matériel de protection contre la foudre :

Parmi lesquelles on peut citer :

➤ **Norme NFC 61-740 (Juillet 1995)**

" Parafoudre pour des installations basse tension ".

Cette norme s'applique aux parafoudres pour des installations alimentées directement par un réseau de distribution publique basse tension. Elle annule et remplace la norme NFC 61-740 de Janvier 1987 et son additif du 1er Juillet 1991. Elle fixe les conditions auxquelles doivent répondre les matériels pour donner toutes les garanties de fonctionnement, de sécurité et de durée et prend en compte les dernières évolutions technologiques.

3. Normes plus globales dont un chapitre est dédié aux surtensions d'origine atmosphérique :

Parmi lesquelles on peut citer :

➤ **Norme NFC 15-100 (Mars 1990)**

" Installation électrique basse tension ".

Cette norme a pour objet de définir les règles de conception et de réalisation des installations électriques en vue d'assurer la sécurité et le fonctionnement de façon satisfaisante.

4. Normes établies par d'autres pays de la CEE :

Parmi lesquelles on peut citer :

➤ **Norme Anglaise B.S.6651 : 1992 BRITISH STANDARD**

" Protection des installations contre la foudre ".

Ce document a pour objectif de donner des recommandations sur les principes et les pratiques que l'expérience a révélées comme importantes dans la protection des installations contre les dommages de la foudre. Ces recommandations sont un compromis économique entre une protection absolue et le coût de son installation.

➤ **Norme Belge NBN C 18-300 (Oct. 1989)**

" Ce code de bonne pratique concerne la protection des installations électroniques et électriques à basse et très basse tension contre la foudre ".

Cette norme définit les principes généraux de protection d'une façon très pertinente. Après avoir rappelé la théorie, elle décrit des exemples de réalisation.

III.2-Analyse du risque foudre :

III.2.1- Les objectifs de l'analyse risque foudre :

Cette étude permet d'identifier les risques liés à la foudre et à ses effets induits, cas le plus fréquent.

Ces risques peuvent être ainsi évalués par une analyse probabiliste. Cela conduit à définir des mesures de protection adaptées au plus près des installations pouvant être perturbées. Il y a de ce fait une optimisation technologique et financière des moyens de prévention à mettre en place.

III.2.2- Les structures concernées par l'ARF :

L'étude de danger n'indique pas explicitement les structures et les équipements concernés par l'ARF. Toutes les structures d'un site industriel ne sont pas systématiquement évaluées par une étude selon la norme NF EN 62305-2.

Les critères à retenir pour savoir si la méthode d'analyse du risque doit être appliquée pour une structure sont les suivants :

- ❖ Un scénario d'accident a été retenu et la foudre peut être l'événement Initiateur.
- ❖ Un matériel électrique ou électronique défini comme important pour la sécurité et dont la défaillance peut conduire au phénomène dangereux est situé dans la structure.

III.2.3- Les limite de L'ARF :

L'ARF n'indique pas de solution technique (type de protection directe ou indirecte). Elle précise, pour les structures concernées, l'efficacité attendue des mesures visant à réduire le risque tolérable.

L'ARF 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.

III.2.4- Les méthodes applicables pour faire une analyse du risque foudre :

Il existe plusieurs méthodes pour définir le besoin de protection contre la foudre:

III.2.4.1-La méthode probabiliste:

visent à privilégier les moyens de prévention et donc à réduire la probabilité d'occurrence d'événements faisant partie du processus de matérialisation d'un scénario d'accident donné.

III.2.4.2-L'approche déterministe :

Dans certains cas, une analyse déterministe des phénomènes peut être utilisée en complément de l'analyse probabiliste. Une méthode dite « déterministe » consiste à décider de protéger une installation sans prendre en compte l'occurrence de l'événement foudre.

Dans l'approche déterministe, les modes de défaillance des installations sont préalablement identifiés par l'exploitant. Lorsqu'une défaillance simple ne conduit pas systématiquement à une situation sûre (perte de la sécurité d'un système), la décision de protéger est retenue.

Il est utile de rappeler que les principaux cas pour lesquels une approche déterministe est applicable sont les suivants :

- Les installations pour lesquelles le risque est facilement maîtrisable
- Les installations génériques : Ce sont des installations qui existent en grand nombre et pour lesquelles une étude précise des phénomènes et des moyens de protection peut être réalisée dans le détail.

Des solutions techniques optimisées sont parfois définies suite au retour d'expérience sur les installations.

Le choix de la méthode d'ARF dépend de la complexité de l'installation à protéger. Cette complexité conduit à définir trois cas :

- Cas simple (S) :

Il s'agit d'un seul bâtiment, avec une ligne d'alimentation et éventuellement une ligne téléphonique. L'installation ne dispose pas de réseau informatique interne ou de système centralisé de surveillance ou d'alerte.

- Cas intermédiaire (I) :

C'est un bâtiment avec plusieurs liaisons vers l'extérieur (électriques ou canalisations métalliques), ou un ensemble de bâtiments simples. Les conséquences attendues d'un coup de foudre sur ou à proximité de l'installation sont a priori de faible gravité. L'évaluation des risques ne nécessite pas l'examen ou la réalisation d'études spécifiques autres que celles prévues dans l'application des normes et guides techniques relatifs à la protection foudre. L'installation peut disposer de réseau informatique. Il n'y a pas de barrières techniques de sécurité.

- Cas complexe (C) :

Il s'agit d'un bâtiment avec plusieurs liaisons vers l'extérieur (électriques ou canalisations métalliques), ou d'un ensemble de structures. Les conséquences attendues d'un coup de foudre sur ou à proximité de l'installation sont a priori de forte gravité. L'évaluation des risques nécessite l'examen ou la réalisation d'études spécifiques autres que celles prévues dans l'application des normes et guides techniques relatifs à la protection foudre. L'installation peut disposer de réseau informatique assurant des fonctions de sécurité. Il peut également y avoir des barrières techniques de sécurité.

III.3- Etude risque foudre pour une installation classée :

III.3.1- Détermination des risques :

Pour les installations classées, cette analyse sera faite en se basant sur les études de danger si elles existent. Sinon, une analyse exhaustive des risques doit être conduite. L'analyse consistera à identifier, parmi les activités, processus et éléments à risque, ceux pour lesquels une agression par la foudre et les effets qui s'en suivent peuvent devenir des facteurs aggravants.

Pour le cas d'un bac de stockage du pétrole brut les risques retenus sont les suivants :

- Incendie.
- Explosion.
- Déchirure de la robe (Fusion du métal) .

- Défaillance du système de lutte anti incendie.
- Pollution de sol.
- Perturbation électromagnétiques et des surtensions.

III.3.2- Identification des risques :

- le contexte géographique et météorologique local, en s'appuyant notamment sur le document de présentation générale de la sécurité de l'établissement.
- les caractéristiques de l'agression foudre à prendre en compte.
- les caractéristiques des installations (structure, matériaux, réseaux, moyens de protections existants).
- le contenu des installations et les activités afférentes.
- les éléments sensibles susceptibles d'induire des nuisances sur les populations et l'environnement.
- les éléments importants pour la sûreté devant être protégés des effets directs et indirects de-là foudre.

III.3.3- Conséquences d'une agression foudre sur l'installation :

Il faut rechercher toutes les conséquences indésirables susceptibles d'être engendrées par les effets de la foudre. Les valeurs des risques sont calculées en prenant en compte l'activité orageuse du site, la nature et les dimensions des installations, les substances présentes et les risques particuliers induits. Les mesures de prévention, ainsi que les moyens de prévention et de protection existants sont pris en considération dans l'analyse si leur efficacité est démontrée. Les valeurs des risques sont calculées sur la base de la situation initiale de l'installation (situation existante ou configuration initiale d'un projet). Elles sont alors comparées aux valeurs considérées comme acceptables vis à vis des objectifs généraux de sûreté et de radioprotection des installations concernées.

III.3.4- L'étude technique :

Lorsque l'analyse du risque foudre met en évidence un besoin de réduction des risques, une étude technique définit précisément les mesures de prévention et les dispositifs de protection à mettre en place.

Cette étude, basée sur une approche technico-économique, vise à atteindre l'objectif défini par l'analyse du risque foudre en optimisant le recours aux mesures de prévention et aux dispositifs de protection.

Les dispositifs de protection sont conçus conformément aux normes de la série NF EN 62305. L'étude technique prend en compte les moyens de prévention et de protection existants s'ils ont été installés conformément à une norme ou à l'état de l'art, et s'ils ont été régulièrement maintenus en état de fonctionnement.

Les justifications adéquates sont apportées.

Dans le cas où les objectifs de prévention et de protection définis dans l'analyse du risque foudre ne pourraient être atteints à l'issue de l'étude technique, il conviendrait de reprendre l'analyse du risque foudre en modifiant les hypothèses (aménagement des installations et / ou de leur exploitation, ou encore acceptation d'un risque plus élevé).

L'étude technique indique les caractéristiques et le dimensionnement des moyens visant à assurer la prévention et la protection contre les effets de la foudre.

L'étude technique identifie, parmi les matériels qui assurent la prévention ou la protection contre la foudre, ceux qui sont des équipements importants pour la sûreté ou la sécurité (EIS ou EIPS).

Les matériels à installer doivent être conformes aux normes en vigueur.

L'étude technique doit préciser les opérations de vérification, initiale et périodique, qui seront à mener après mise en place des différents dispositifs de protection et de prévention.

III.3.5- La notice de vérification et de maintenance :**III.3.5.1- Les objectifs de la notice de vérification et de maintenance :**

L'objectif de la notice est d'indiquer au vérificateur les informations nécessaires à sa mission

- Quelles sont les protections à vérifier ?
- Où sont-elles localisées ?

- Faut-il un équipement particulier pour réaliser la vérification ? (indispensable pour la vérification de certain paratonnerre).

III.3.5.2- La présentation de la notice :

La notice comprend au minimum trois parties :

- La liste des protections contre la foudre. Elle reprend de manière exhaustive les mesures de protection définies dans l'étude technique, y compris les liaisons d'équipotentialité.
- La localisation des protections. (Les protections sont repérées sur un plan tenu à jour).

Les fiches de vérification des différents types de protection. Elles indiquent :

- les méthodes de vérification des différents types de protections.
- les équipements particuliers éventuellement nécessaires pour procéder à la vérification
- les critères de conformité des protections par rapport aux normes à appliquer ou à défaut, des indications du fabricant de la protection.

Les points importants à contrôler dans une notice de vérification et de maintenance :

- l'exhaustivité des vérifications (toutes les protections définies dans l'ET puis installées font partie de la vérification).
- lorsque la protection est assurée par un paratonnerre à dispositif d'amorçage, le contrôle complet biennal est défini.
- les distances de séparation sont précisées.

III.4- Les modes de prévention :

Les dysfonctionnements et destructions sont liés à l'apparition de différences de potentiel trop importantes pour les équipements considérés, il faut donc trouver des solutions afin de réduire ces différences de potentiel.

Les différents objectifs de prévention sont les suivants :

- éviter un impact de la foudre sur les équipements et empêcher la circulation de courants importants dans les installations, les liaisons entre appareils.
- limiter le niveau des tensions induites dans le câblage du bâtiment.
- limiter les différences de potentiel entre prises de terre.

- empêcher la pénétration dans les équipements de surtensions susceptibles de les détériorer ou de les perturber.

Principaux modes de protection :

- maillage des masses
- régime du neutre
- cheminement des câbles
- implantation des équipements
- limiteur de surtension
- parafoudre/parasurtenseur
- paratonnerre
- prises de terre

III.4.1- maillage des masses :

La condition nécessaire à l'obtention d'une bonne protection contre la foudre est l'équipotentialité, qui reste le seul moyen fiable pour éviter les amorçages ou les destructions de matériels.

Dans les cas de la foudre, la difficulté pour arriver à cette bonne équipotentialité est due non pas aux valeurs absolues des courants de foudre, mais à leur variation dans le temps.

En effet 1 m de conducteur représente environ 1 μH , soit 2 Ω à 350 kHz.

Il est nécessaire de procéder à un maillage des masses, permettant de diminuer l'impédance du réseau de masses efficacement.

Les structures métalliques (ferraillages, poteaux, chemins de câbles, goulottes, conduites, descentes de paratonnerre) seront reprises sur le maillage en les interconnectant par des liaisons les plus courtes et les plus nombreuses possibles et de section adaptée.

Ce maillage est réalisé aussi bien en partie aérienne qu'en partie enterrée.

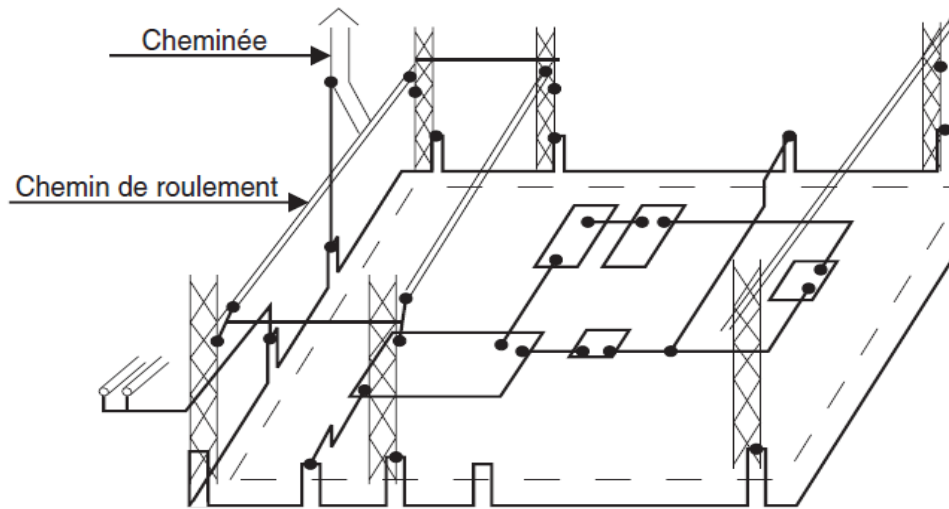


Fig.III.1 : maillage des masses

III.4.2- Influence du régime neutre :

D'une manière générale, le schéma TN est celui qui assure la meilleure protection contre les surtensions en raison de l'équipotentialité réalisée entre la référence des conducteurs d'alimentation et la terre.

À l'inverse, les schémas IT et TT sont les plus vulnérables compte tenu que les conducteurs d'alimentation sont soit isolés de la terre, soit reliés à elle par des impédances importantes.

III.4.3 - Cheminement des câbles :

On applique les principes vus dans les paragraphes consacrés au maillage des masses et des techniques de réduction des surfaces de boucle en faisant cheminer les câbles sur des châssis de câble métalliques interconnectés au réseau de masse. On sépare les câbles protégés de ceux qui ne le sont pas.

III.4.4- Implantation des équipements :

Regrouper les machines ou équipements sensibles peut être un élément de la maîtrise du risque.

En effet, il est plus facile et économique de protéger un point bien déterminé du réseau électrique que de protéger des éléments séparés.

Dans le même esprit, un regroupement “électrique” peut compléter un regroupement géographique.

III.4.5 - limiteurs de surtension :

Leur rôle est de protéger en tête l’installation en limitant l’amplitude des surtensions liées à des défauts. Ces appareils sont généralement utilisés en circuit IT. Ils n’ont pas été conçus spécifiquement pour une protection contre la foudre.

III.4.6 - parafoudres et parasurtenseurs :

Leur rôle est de limiter les surtensions transitoires à des valeurs non dangereuses pour le matériel et d’évacuer les courants de décharge vers la terre. Leur efficacité est essentiellement due à leur rapidité de fonctionnement et à leur pouvoir de décharge.

Différentes technologies peuvent être associées : diodes, varistances, filtres, éclateurs à air, éclateur à gaz, ...

Les parafoudres-parasurtenseurs doivent répondre à des règles précises de mise en œuvre.

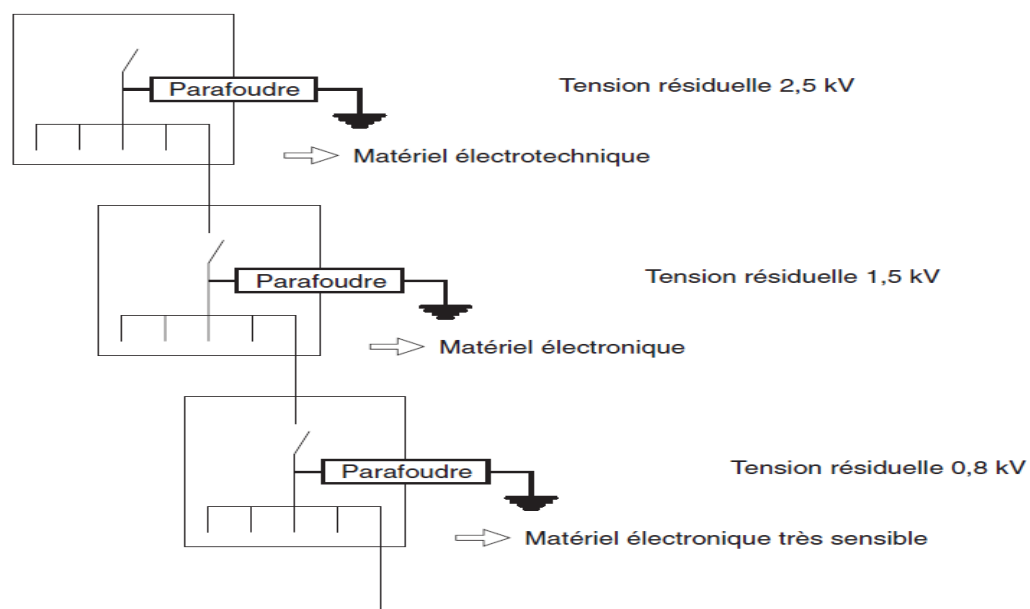


Fig.III.2 : installation protégée par des parafoudres

Sous dessous Exemple d'architecture classique d'une installation protégée par des parafoudres mettant en évidence des parafoudres en cascade dans le but d'une meilleure implantation des équipements

III.4.7- Paratonnerres :

Le principe de la protection primaire consiste à capter la foudre avec un paratonnerre situé sur le sommet des bâtiments, de canaliser et d'évacuer l'énergie vers la terre.

Le rôle des paratonnerres est de protéger les bâtiments contre les impacts directs de la foudre.

On distingue trois types de paratonnerres :

- les paratonnerres à "tiges".
- les paratonnerres à "cages maillées".
- les paratonnerres à "fils tendus".

➤ Paratonnerre a tiges :

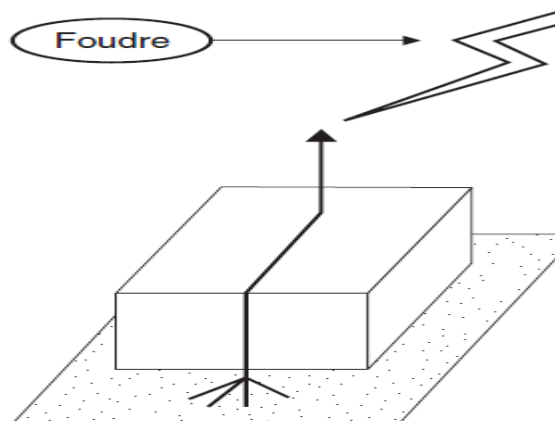


Fig.III.3 : paratonnerre a tiges

Les paratonnerres sont constitués de tiges métalliques placées en partie supérieure du bâtiment.

L'énergie est écoulee vers la terre au travers d'une descente verticale aussi courte et rectiligne que possible.

➤ **Paratonnerre a cages mallées :**

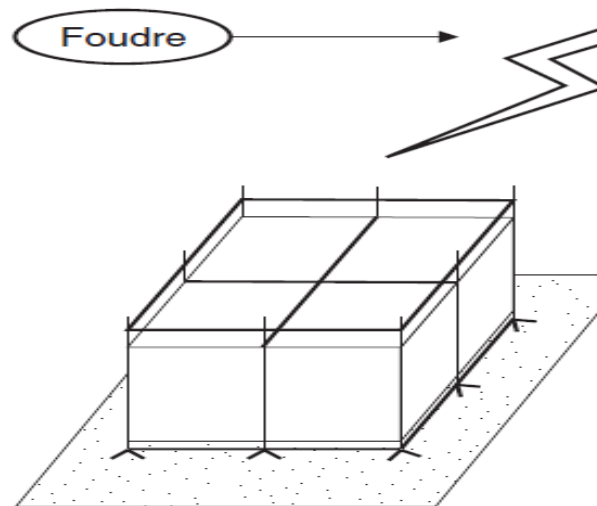


Fig.III.4 : Paratonnerre a cages mallées

Ce type de paratonnerres, inspiré de la “cage de Faraday” consiste à réaliser un maillage à intervalles réguliers et quadrillant le bâtiment.

Les conducteurs peuvent être équipés de pointes courtes (pointes de choc de 35 à 50 cm) sur la périphérie supérieure et les parties saillantes du bâtiment.

Chaque conducteur de descente est relié à une prise de terre. Ce dispositif apporte en plus une protection contre les effets indirects de la foudre.

➤ **Paratonnerre à fils tendus :**

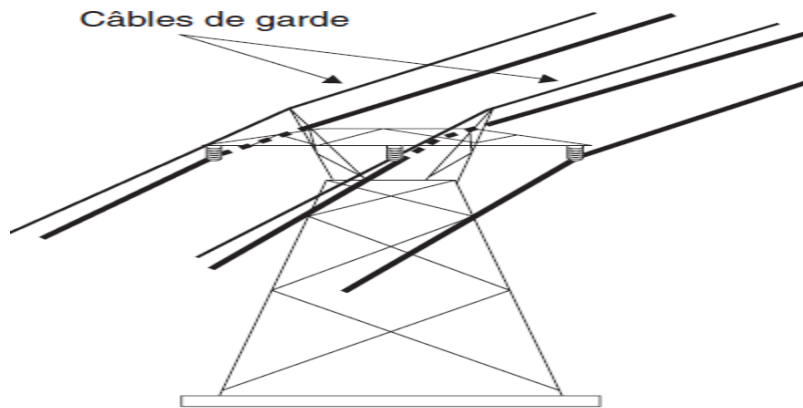


Fig.III.5 : Paratonnerre à fils tendus

Le système est constitué d'un ou de plusieurs fils conducteurs tendus au-dessus des installations à protéger. L'installation de fils tendus nécessite une étude particulière tenant compte notamment de la tenue mécanique, de la nature de l'installation, des distances d'isolement, etc.

Les principales applications sont :

- la protection des lignes aériennes (fils de garde);
- La protection de zones de stockage en plein air de matières dangereuses et/ou explosives;
- la protection des cuves de produits inflammables à toit flottant ou à ciel ouvert.

➤ **Les prises de terre :**

Par prises de terre, signifie de façon tout à fait générale, établir une liaison électriquement conductrice entre un matériau conducteur et la terre.

Le rôle des prises de terre associé au maillage des masses peut prendre deux aspects principaux :

- statique : fixer un potentiel invariable des appareils ou des éléments conducteurs;
- dynamique : écouler à la terre des courants de nature et d'intensité diverses pouvant atteindre des valeurs extrêmes (coup de foudre par exemple).

La norme NFC 17-100 fixe une valeur maximale de la résistance de la prise de terre à dix ohm mais cette valeur n'est guère significative pour l'écoulement des courants de choc.

Conditions spéciales à l'écoulement des coups de foudre :

- Il faut offrir au courant de foudre un chemin aussi direct que possible.

Les conducteurs de descentes ont pour rôle de guider le courant de foudre à la terre.

Chaque conducteur de descente est relié à une prise de terre. Toutes les prises de terre sont reliées entre elles.

Les prises de terre sont constituées différemment suivant le paratonnerre utilisé :

- ❖ pour un paratonnerre à tige, les prises de terre sont constituées pour chaque conducteur de descente :
 - ✓ soit par des conducteurs disposés en patte d'oie de grandes dimensions, par exemple trois conducteurs de 7 à 8 m de longueur, enfouis horizontalement à au moins 60 cm de profondeur
 - ✓ soit par un ensemble de trois piquets verticaux de 2 m reliés entre eux et disposés aux sommets d'un triangle équilatéral de 2 m de côté environ
- ❖ pour un paratonnerre à cage maillée, les prises de terre sont constituées pour chaque conducteur de descente :
 - ✓ soit par des conducteurs disposés en patte d'oie de faibles dimensions, par exemple trois conducteurs de 2 à 3 m de longueur, enfouis horizontalement à au moins 60 cm de profondeur
 - ✓ soit par un ensemble de deux piquets verticaux de 2 m reliés entre eux et distants d'au moins 2 m

Les prises de terre sont constituées par des conducteurs de même nature et de même section que les conducteurs de descente.

Les connexions sont réalisées de préférence selon un procédé de liaison moléculaire (aluminothermique).

Amélioration des prises de terre :

Lorsque la résistivité élevée du terrain ne permet pas d'obtenir avec les dispositions habituelles, une résistance de la prise de terre inférieure à 10 ohms, les dispositions complémentaires suivantes peuvent être appliquées :

- ❖ ajouter des piquets de terre aux pattes d'oie ou piquets déjà en place

- ❖ multiplier le nombre de prises de terre en les interconnectant
- ❖ rapporter autour des conducteurs de terre un matériau de moindre résistivité (terre végétale, argile, ...)
- ❖ appliquer des traitements qui permettent une diminution de l'impédance

Ainsi, dans les sols de résistivité élevée, il est possible d'améliorer chimiquement la conductibilité du sol :

- ❖ adjonction de sel (préférer un sulfate de cuivre au chlorure de sodium pouvant corroder l'électrode) :
 - ✓ Les sels sont déposés dans une tranchée circulaire autour de la tête du piquet (profondeur 25 à 30 cm) puis arrosés pour imprégner le terrain.
 - ✓ Cette solution est peu coûteuse, bien que nécessitant l'utilisation de plusieurs kilos de sel, mais doit être périodiquement renouvelée afin de compenser la perte du sel entraîné par les eaux d'infiltration, ainsi cette méthode n'est pas à recommander
- ❖ adjonction de sel métallique sous forme de gel insoluble (combinaison de deux solutions chimiques formant un composé colloïdal stable) :
 - ✓ Cette solution peut durer plusieurs années et est peu sensible à la sécheresse.
 - ✓ La quantité nécessaire est beaucoup plus faible que pour les sels solubles.

Concernant la mise à la terre des bacs, le Groupe d'Etude de Sécurité des Industries Pétrolières (GESIP) a publié le rapport "Recommandations pour la protection contre la foudre des installations pétrolières et pétrochimiques". Ce rapport propose des règles communes de mise à la terre pour tous les bacs de stockage.

Dans le but d'écouler les charges dues aux effets de la foudre et d'éviter leur montée en potentiel, les bacs de stockage contenant des hydrocarbures devront être mis à la terre selon une des méthodes suivantes :

1. les bacs cylindriques d'un diamètre au moins égal à 15 mètres posés directement sur le sol, sur un support en béton armé ou une galette bitumeuse ont une mise à la terre de fait;
2. les bacs ne répondant pas aux critères ci-dessus devront être raccordés à un circuit de terre par au moins deux points.

Lorsque le diamètre des réservoirs n'est pas suffisamment important pour affirmer que leur résistance de mise à la terre soit suffisamment faible, il faut réaliser les mesures de résistance

de mise à la terre. Cela peut démontrer que la mise à la terre est suffisante, lorsque le nombre de liaisons au conducteur périphérique de terre n'est pas celui recommandé dans les guides. Lorsque la perte de confinement d'un produit non inflammable est inacceptable, ou lorsque le produit stocké est inflammable, la protection d'un réservoir non métallique s'impose. Pour cela, différentes solutions peuvent être envisagées. Les fils tendus ou un paratonnerre à proximité sont des solutions couramment retenues.

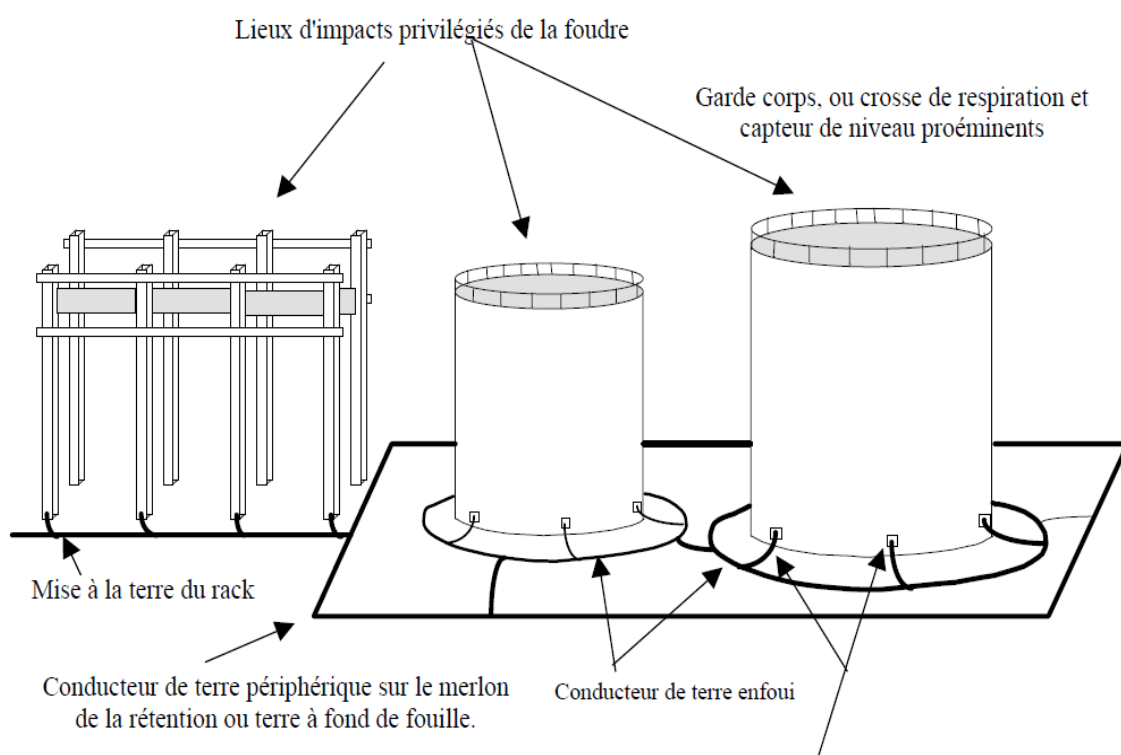


Fig.III.6 : installation de la mise a la terre

III.5- Les vérifications des protections :

III.5.1- Objectifs des vérifications :

L'objectif de la vérification initiale est de s'assurer que l'installation mise en œuvre est celle décrite dans l'ET et que les protections sont installées selon les normes en vigueur.

L'objectif des vérifications périodiques est de s'assurer que l'efficacité des protections en place ne s'est pas dégradée.

III.5.2- Moyens :

Il est indispensable que les vérifications se référant à la notice de vérification et de maintenance pour statuer sur la conformité des protections.

Les normes NF EN 62305-3 et NF EN 62305-4 précisent les modalités de vérification des installations de protection contre la foudre.

Pour la protection par PDA, il convient d'ajouter les dispositions complémentaires de la norme NF C 17-102.

Si des modifications des installations (modification de la structure ou de son utilisation) sont intervenues après la réalisation de l'ARF et l'ET, le vérificateur doit alors indiquer que le besoin ou/et les moyens de protection ne sont peut-être plus adaptés à la situation actuelle.

Un installateur n'est pas autorisé à réaliser la vérification initiale d'une installation qu'il a réalisée.

Sous réserve d'être reconnu compétent, un bureau d'étude, un installateur (qui n'a pas réalisé l'installation à vérifier), un organisme de contrôle ou l'exploitant lui-même peuvent vérifier les installations de protection contre la foudre.

Pour réaliser sa mission, le vérificateur doit avoir à sa disposition :

- la notice de vérification et de maintenance;
- le carnet de bord;
- les rapports des précédentes vérifications.

III.5.3- méthodes de vérifications :

La vérification visuelle indique que :

❖ A l'extérieur des structures :

- la conception est conforme aux normes de protection contre la foudre.
- le SPF 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.
- les mesures des conducteurs et des bornes d'équipotentialité, des écrans, du cheminement des câbles et des parafoudres ont été contrôlés et testés.

❖ A l'intérieur des structures :

- les connexions sont serrées et qu'aucune rupture de conducteur ou de jonction n'existe.
- aucune partie du système n'est fragilisée par la corrosion, particulièrement au niveau du sol.
- les conducteurs de mise à la terre et les écrans de câbles sont intacts.
- il n'existe pas d'ajouts ou de modifications nécessitant une protection complémentaire
- il n'y a pas de dommages de parafoudres et de leur fusible.
- le cheminement des câbles est maintenu.
- les distances de sécurité aux écrans spatiaux sont maintenues.

La vérification complète comprend les points à vérifier lors d'une vérification visuelle complétés par les vérifications suivantes :

❖ A l'extérieur des structures :

Les mesures de continuité des parties non visibles lors de l'inspection initiale et qui ne peuvent être contrôlées par inspection 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 le rapport de vérification du SPF.

❖ A l'intérieur des structures :

Pour les parties des mises à la terre et des équipotentialités non visibles lors de l'inspection, il convient que des mesures de continuité soient effectuées.

III.5.4- La présentation des résultats :

Le rapport de vérification du SPF doit comporter 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.
- la documentation sur les modifications et les extensions du système et de la structure (les schémas d'installation et de conception ont lieu d'être revus).
- les résultats des mesures effectués.
- l'état de protection des équipements (bon état des parafoudres).
- toute(s) déviation(s) par rapport aux exigences de conception.
- les écarts par rapport aux normes d'installation.

Les points importants à contrôler dans un rapport de vérification :

- Le type de vérification (initiale, visuelle ou complète).
- Les normes de référence (les normes sont celles en vigueur au moment de l'installation des protections, il n'y a pas d'effet rétroactif).
- La vérification des distances de sécurité à chaque niveau (étage) de la structure.
- Les caractéristiques des parafoudres (en tension et en courant).
- L'indication de la modification de l'installation nécessitant une révision de l'ARF et/ou de l'ET.
- Les réserves émises et la suite qui a été donnée.

III.6- Etude risque foudre d'une installation classée (le parc de stockage RTE):

L'étude préalable du risque foudre définit le niveau de protection à atteindre pour préserver les fonctions de l'installation. Il est également nécessaire de réaliser une évaluation des risques pour déterminer un niveau de protection des différents éléments.

Dans le cas d'une installation classée soumise à autorisation (ICPE), une étude préalable est obligatoire selon l'arrêté du 2 janvier 1993 et la circulaire d'application du 28 octobre 1998 (réglementation française).

Il est a signalé que l'installation (parc de stockage RTE) n'a pas fait l'objet d'une étude foudre jusqu'à ce jour. Par ailleurs, des mesures de prévention et de protection ont été réalisée et d'autre en cours de réalisation à savoir :

- Un diagnostic réseau de terre et systèmes de protection contre les foudres des installations de la RTE.
- Des actions correctives aux défaillances des installations issues du rapport diagnostic du parc de stockage.

Afin d'entamer l'opération du diagnostic préliminaire des réseaux de terre et de protection contre la foudre du parc de stockage de RTE, un référentiel établi au préalable à cet effet, constituant un guide résumant toutes les actions à réaliser,

Ce référentiel a été adopté pour la réalisation de ce diagnostic, à savoir :

1/ Regroupement plans, schémas et documents (voir l'annexe 3 ,4 ,6)

- Plans Schémas électriques unifilaires.
- Plans du réseau de terre du parc de stockage.
- Note de calcul de dimensionnement du réseau de terre.
- Plan de masse du site.
- Documents et plans de bacs de stockage comme construit.

2/ Vérifications visuelles de l'état de corrosion des éléments constituant le réseau de terre (Piquets, câbles de terre, barrettes, connecteurs, barres équipotentielles, connections aux réservoirs, etc....)

3/ Mesure de la résistance électrique entre :

➤ Toit flottant – robe via l'échelle (déconnecté).

➤ Toit flottant – robe (connecté).

➤ Toit flottant – robe via le joint annulaire (valeur calculée).

4/ Vérification de l'unicité de l'installation de mise à la terre du parc de stockage en mesurant la continuité électrique entre le réseau de terre et les différents équipements/masses (réservoirs, poteaux, réseau anti-incendie, pompes, tableaux électriques, clôture métallique, etc.)

5/ Mesure de la résistance des prises de terre des bacs, après déconnexion des connexions.

6/ Mesure de la résistivité du sol au niveau du parc de stockage.

7/ Mesure de la continuité électrique entre bacs adjacents.

8/ Recensement des dispositifs de protection contre la foudre.

9/ Etablissement d'un listing des moyens matériels et accessoires (Piquets, barrettes, cosses, collecteurs, connecteurs, câble de terre, etc.) pour mener les actions correctives.

III.6.1- Evaluation du risque foudre au niveau du parc de stockage RTE :

Le parc de stockage (dépôt pétrolier) est considéré comme une installation classée, une étude de danger du parc de stockage a été réalisé d'où des scénarios et des risques potentiels ont été retenus dans l'étude, par contre une étude risque foudre est toujours absente qui est jugé importante afin de connaître les effets de la foudre qui peuvent être des facteurs aggravants.

Nous citons ci-après quelques effets qui peuvent être apparaître en cas de décharge électrique due à la foudre sur les installations. Ces effets sont considérés les plus probables lors d'une décharge de la foudre sur les installations (bac, conduite, pompe,...etc.)

- Effet électromagnétique
- Effet électrochimiques
- Effet thermique
- Effet électrodynamique

L'évaluation du risque foudre est destinée à savoir si une protection est nécessaire ou non au niveau du site, et aussi permettre de définir le niveau de protection à atteindre. Cela pour rendre le risque foudre tolérable.

III.6.1.1- Application de la norme NF EN 62305-2 :

Il existe différentes méthodes permettant d'évaluer et calculer le risque et aussi de définir le niveau de protection à atteindre parmi lesquelles : le calcul selon la norme NF EN 62305-2

➤ **Recueil des données :**

Les tableaux 1 à 4 présentent les données qui sont utilisées pour la réalisation d'une ARF

<i>Données pour la réalisation de l'ARF - structure à protéger</i>
<i>Désignation de la structure (n°=S108, nom : bac de stockage, fonction : stockage condensat) la plus proche en m :(S107, S102, S109) la distance moyenne est de 40 m</i>
<i>Dimensions : (Diamètre : 66.75 m, hauteur : 14.64 m, Capacité du bac : 51200m³)</i>
<i>Situation relative de la structure (déterminée à partir du plan de masse : éloignement de la structure : situé à environ 40 m des :(S107, S102, S109)</i> <i>Les coordonnées géographiques du site sont environ :</i> - <i>Latitude = 36°51'N</i> - <i>Longitude = 6°57'E</i> <i>Le bac S108 est situé au nord est du parc de stockage</i>
<i>Y-a-t-il une prise de terre en fond de fouille ? Oui</i>
<i>Les liaisons d'équipotentialité des masses sont-elles réalisées ? Oui</i>
<i>Les ferraillements du béton armés sont-ils reliés ? (quelles est la dimension des mailles) Oui</i>
<i>Distance entre les pannes qui relient les fermes : 10 m</i>
<i>Résistivité du sol (ohm .m) : entre 20 à 60</i>
<i>Type du sol : S3 : Site meuble : dépôts épais de sables et graviers moyennement denses ou d'argile moyennement raide (Vs > 200 m/s, à partir de 10 m de profondeur),</i>
<i>Le niveau kéraunique du Nord de l'Algérie est compris entre 20 et 30. La densité de foudroiement Ng supplante la notion de niveau kéraunique Nk en indiquant le nombre de coups de foudre au km² par an, en pratique Ng = Nk/10 soit : 2 Ng 3 pour le nord de l'Algérie.</i>

Tableau III.1 : fiche descriptive d'une structure à protéger contre la foudre

<i>Données pour la réalisation de l'ARF - installations complémentaires</i>
<i>Installation de paratonnerre sur le pylône (type : 1 Tige simple par pylône, année : 2009, état : bon)</i>
<i>Nombre de conducteur de descente du paratonnerre : 01</i>
<i>Nombre de compteur de coup de foudre (indication du compteur) : chaque phase doté par un compteur</i>
<i>Installation des parafoudres sur les lignes électriques (lignes protégées, type de protection, état) : Paratonnerre, simple tige, cross, éclateur</i>
<i>Nombre de prises de terre pour la foudre : 04 pour chaque bac (système maillé), deux en diagonal au niveau de la sous station électrique 63 KV</i>
<i>Système de sécurité incendie :(détection et extinction automatique)</i>

Tableau III.2 : installations complémentaires sur le bâtiment

Données pour la réalisation de l'ARF – canalisations**Désignation de la canalisation**

- *Entrée / Sortie produit 40'' (1 canalisation) pour les réservoirs de brut 34'' (1 canalisation) pour les réservoirs de condensât*
- *Canalisation Vidange fond de réservoir 14'' (4 canalisations)*
- *Canalisation Sortie drainage toit 10'' (1 canalisation)*
- *Canalisations de recirculation et mélange 14'' (3 canalisations)*
- *Vannes motorisées (A-B-C-D-E) 5 vannes motorisées implantées en sortie des cuvettes*
- *de rétention sur la canalisation d'Entrée/Sortie*
- *Pompe Booster 5 000 m3/h à 6 bars entre vanne manuelle Entrée/sortie réservoir et vannes C, D et E 3 000 m3/h pour le futur réservoir S118 (condensât)*

Nombre de canalisations qui entrent au même endroit dans le bac : 08

Cheminement (aérien, enterré) : les deux existent

Matériau, épaisseur (> 4 mm)

- *Diamètre* : 40'' (1016 mm),
- *Epaisseur* : Ep. = 12,70mm,
- *Nuance de l'acier* : X60,

Protection cathodique : oui

Protection thermique (calorifugeage) : non

Liaisons à la terre (nombre, type...) : oui ,04 liaisons par réservoir allant vers 04 puits de terre constitués par des piquets en tube plein galvanisé.

Toutes les installations et accessoires métalliques existant au niveau du Terminal Terrestre sont reliés au système de mise à la terre via les liaisons équipotentielle.

Continuité de la canalisation (soudée, dimension des tresses ou des câbles d'équipotentialité : 50mm²)

Tableau III.3 : canalisations métalliques

Données pour la réalisation de l'ARF – lignes
Désignation de la ligne : 63 KV en double alimentation , réalisé en boucle
Type de ligne (alimentation BT, HT, courant faible) : HT
Présence d'un transformateur à l'entrée de la structure : oui ,02 transformateurs 28 méga volts ampères
Cheminement (aérien, enterré) à l'extérieur de la structure : en amont : aérien, en aval : enterré et aérien
Support du câble (chemin de câble métallique, capoté, tube rigide, tube métallique...) à l'extérieur du structure : pylône
Cheminement à l'intérieur du bâtiment (formation ou non de boucle susceptible de capter l'impulsion électromagnétique de la foudre) : non
Support du câble (chemin de câble métallique, capoté, tube rigide, tube métallique...) à l'intérieur du structure : intérieur support chemin de câble
Tenue aux surtensions de l'équipement (1,5 kV, 2,5 kV, 4 kV ou 6 kV) : protection contre les surtensions et surintensité de la ligne par le biais d'un relais de terre ou a aiguille
Désignation de l'équipement relié dans la structure (armoire de distribution, moteur, automate,...) : Armoire de distribution, onduleur, moteurs, selfs « bobine inductive ».....
Où va cette ligne ? pour alimenter la sous station électrique et par conséquent assurer l'alimentation des équipements électrique qui sont nécessaires à l'exploitation
Longueur de la ligne entre les équipements (intérieur et extérieur) : environ 50 mètres « a l'entrée du poste HT jusqu'au l'armoire de distribution électrique »
Nombre de câbles qui empruntent le même cheminement à l'extérieur du bâtiment (sous station électrique):dizaines de câbles

Tableau III.4 : lignes (liaisons de la structure avec l'extérieur)

III.6.1.2- METHODE DE CALCUL DE L'ARF:

Il faut utiliser la norme NF EN 62305-2 qui définit un processus itératif afin de réduire les risques à un niveau jugé acceptable (le risque est alors dit maîtrisé). Le risque total est la somme de composantes du risque (risques partiels dépendant de la source et du type de dommage). Chaque composante du risque est calculée de la manière suivante :

$$R = \sum N . P . L$$

Où

N : Nombre annuel d'agression de la foudre.

P : Probabilité pour qu'un événement dangereux cause un dommage à ou dans un objet à protéger.

L : Montant moyen de pertes (personnes et biens) consécutif à un type spécifique de dommage dû à un événement dangereux, par rapport à la valeur (personnes et biens) de l'objet à protéger.

Pour évaluer les risques R, les composantes appropriées du risque (risques partiels dépendant de la source et du type de dommage) doivent être définies et calculées. Chaque risque R est la somme des risques qui le composent. Lorsqu'on les ajoute, les composantes du risque peuvent être groupées en fonction de la source et du type des dommages.

RA: composante liée aux blessures d'êtres vivants dues aux tensions de contact et de pas dans les zones jusqu'à 3 m à l'extérieur de la structure.

RB: composante liée aux dommages physiques d'un étincelage dangereux dans la structure entraînant un incendie ou une explosion pouvant produire des dangers pour l'environnement.

RC: composante liée aux défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF (impact direct).

RM: composante liée aux défaillances des réseaux internes causées par l'IEMF (impact à proximité).

RU: composante liée aux blessures d'être vivants dues aux tensions de contact à l'intérieur de la structure en raison du courant de foudre injecté dans une ligne entrante.

RV: composante liée aux dommages physiques (incendie ou explosion dus à un étincelage dangereux entre une installation extérieure et les parties métalliques généralement situées au

Point de pénétration de la ligne dans la structure) dus au courant de foudre transmis dans les lignes entrantes.

RW: composante liée aux défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises à l'intérieur de la structure.

RZ: composante liée aux défaillances des réseaux internes en raison des surtensions induites sur les lignes entrantes et transmises à la structure. Des pertes de type L2 et L4 pourraient apparaître dans tous les cas, avec le type L1 dans le cas des structures présentant un risque d'explosion, des hôpitaux ou d'autres structures dans lesquelles des défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

R1: Risque de perte de vie humaine :

$$R1 = RA + RB + RC (1) + RM (1) + RU + RV + RW (1) + RZ (1)$$

(1) Uniquement pour les structures présentant un risque d'explosion et pour les hôpitaux équipés de matériels de réanimation électriques ou autres structures, lorsque les défaillances des réseaux internes mettent immédiatement en danger la vie des personnes.

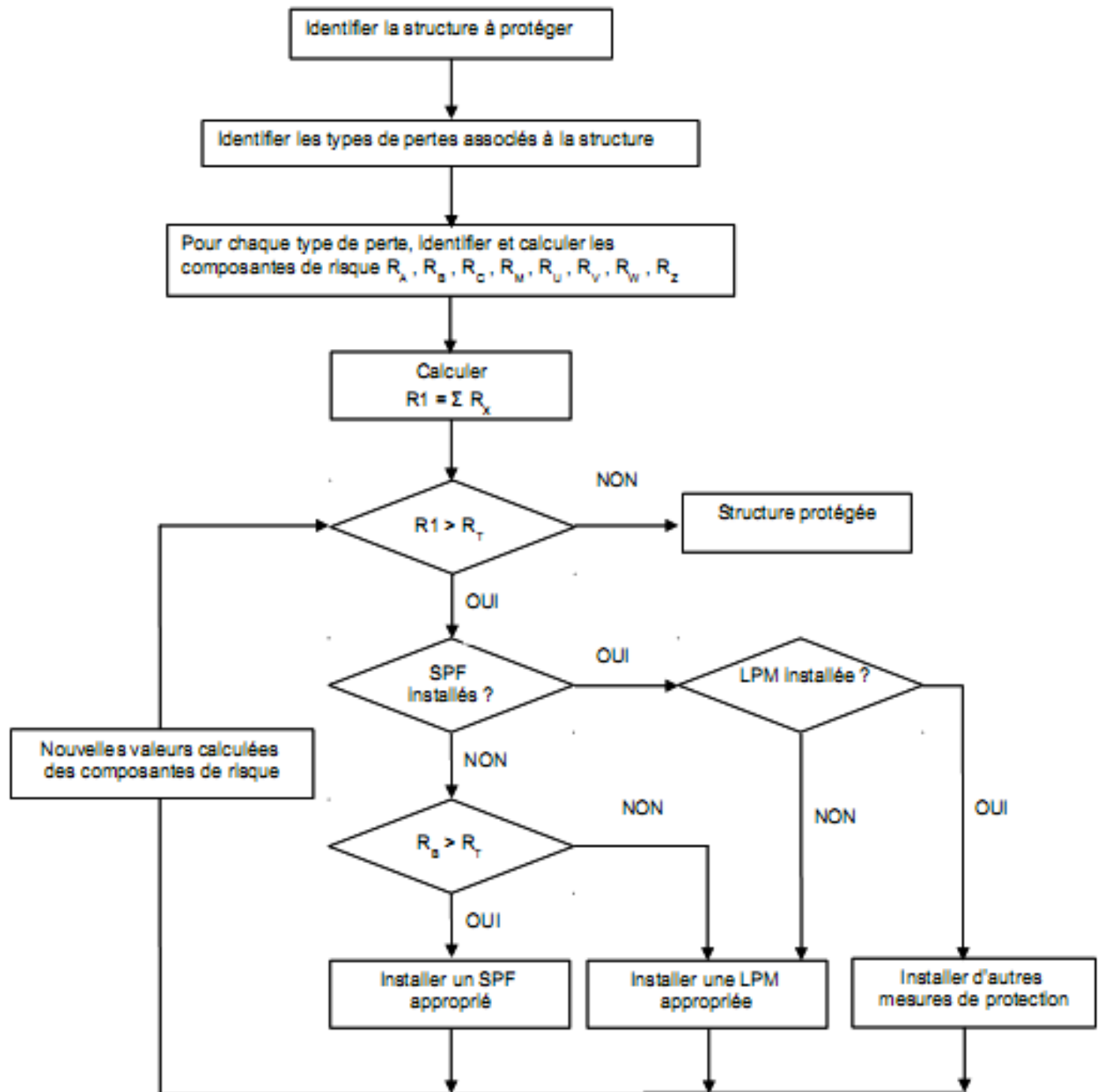


Fig.III.7 : schéma complet comment calculer le risque foudre

- ✚ A cause d'un manque de données permettant de déterminer **R1** on était dans l'obligation de suivre l'orientation du chef de département HSE vers l'utilisation du **quotidien de l'industrie** qui est une référence de SONATRACH.

✚ **définition du quotidien de l'industrie :**

c'est un document Référentiel d'investigations des Accidents et incidents du Groupe SONATRACH .

III.6.1.2.1- La quantification du niveau de risque selon le quotidien dans l'industrie:

On comparera le risque potentiel à des critères définis. On pourra utiliser les grilles matricielles de niveau de risque à double entrée (probabilité et gravité) adaptée à l'installation étudiée. Cette grille peut se réaliser d'une manière simple en attribuant directement un niveau de risque allant de 1 à 5 en utilisant la formule simple suivante :

$$\text{Niveau de risque} = \text{Probabilité} \times \text{Gravité}$$

➤ Le calcul du risque selon le quotidien dans l'industrie :

Pour déterminer le niveau de risque il faut au préalable déterminer :

- **le niveau de gravité** : évaluation des dommages potentiels aux personnes (léthalité, blessures irréversibles) et des dégâts aux équipements (biens internes et externes l'entreprise)
- **le niveau de probabilité** : estimation de sa probabilité d'occurrence

La probabilité d'apparition dépend de :

- La situation géographique;
- La nature du sol;
- L'environnement des bâtiments/installations;
- La nature et la structure des éléments, etc.

❖ Niveaux de gravité de quotidien dans l'industrie :

5 niveaux de gravité ont été définis sur une échelle de 1 à 5 résumés dans le tableau ci-dessous .

Niveau de gravité	Conséquences			
	Sécurité et santé Des personnes	environnement	économie de l'entreprise	réputation vis à vis du public
1 (pas de conséquences)	- pas de blessure - pas d'atteinte à La santé	- effet restant confiné dans l'enceinte de l'usine production -impact économique <7500 Euros	- pas d'interruption de la mission de l'usine	- impact limité à la communication dans - quelques tiers peuvent être au courant
2 (conséquences Mineures)	-accident de Personne sans Arrêt de travail -atteinte à la Santé réversible	- effet mineur et passager correspondant à un dépassement isolé des normes de rejets - plainte isolée d'un Riverain	- interruption de la mission pour une durée<24heures - impact économique <75 000Euros	- impact limité à quelques tiers proche de l'usine - impact médiatique local sans articles dans la presse
3 (conséquences Modérées)	-accident avec Arrêt de Travail invalidité Momentanée ou définitive -atteinte à la Santé avec perte De capacité ou Déclaration de Maladie Professionnelle	- effet limité à l'environnement de l'usine dû à des produits de toxicité commue - plusieurs plaintes de riverains	- arrêt partiel des installations pour une durée >24heures mais pouvant être redémarrées par les moyens du site - impact économique <750 000Euros	- les habitants des localités voisines sont informées - information écrite dans la presse locale ou communiqués par les radios locales et/ou la TV régionale
4 (conséquences Graves)	-Décès ou incapacité permanente limités au personnel de l'usine -Maladie Professionnelle grave limité au personnel de l'usine	-atteinte sévère à l'environnement nécessitant la mise en œuvre du POI pour éviter la propagation des effets à l'extérieur	-interruption de longue durée des installations (>à 2 semaines) -impact économique <7500 000 Euros	- L'ensemble du pays est informé - Information écrite dans la presse nationale et communiqués important sur les chaines nationales de TV - Mobilisation de mouvements écologistes

5 <i>(conséquences Très graves)</i>	-Plusieurs décès ou incapacités permanentes à l'intérieur et à l'extérieur de l'usine	-Atteinte sévère au système écologique de la région -Intoxication des Populations environnantes nécessitant la mise en œuvre du PPI	-Destruction complète d'installation avec potentielle fermeture du site ou licenciements -Impact économique 7 500 000 Euros -Destruction d'habitations ou de bâtiments à l'extérieur de l'usine	-Information écrite dans les presses internationales -Image négative véhiculée par les informations télévisées internationales -Impact sur l'ensemble de la profession
--	---	--	---	--

Tableau III.5 : Critères de détermination des niveaux de gravité quotidien dans l'industrie

❖ **Niveaux de probabilité de quotidien dans l'industrie :**

À nouveau, l'échelle de niveaux établie par le quotidien dans l'industrie permet une harmonisation de l'évaluation des niveaux de risques associés aux scénarios d'études de danger. Les risques considérés sont caractérisés par des niveaux de probabilité répartis sur une échelle de 1 à 5 basés sur une évaluation de l'occurrence, établies à partir de références accidentologie.

<i>Niveau de probabilité</i>	<i>Définition</i>	<i>Probabilité d'occurrence</i>
1	Ne jamais produit dans la profession	-< 1 fois tous les 20 ans
2	S'est déjà produit dans la profession	-Au moins 1 fois en 20 ans
3	S'est déjà produit dans la société d'appartenance du site	-Au moins 1 fois en 20 ans
4	C'est déjà produit sur le site	-Au moins 1 fois en 20 ans
5	C'est déjà produit plusieurs fois sur le site	-> 1 fois par an

Tableau III.6 : Critères d'évaluation des niveaux de probabilité quotidienne dans l'industrie

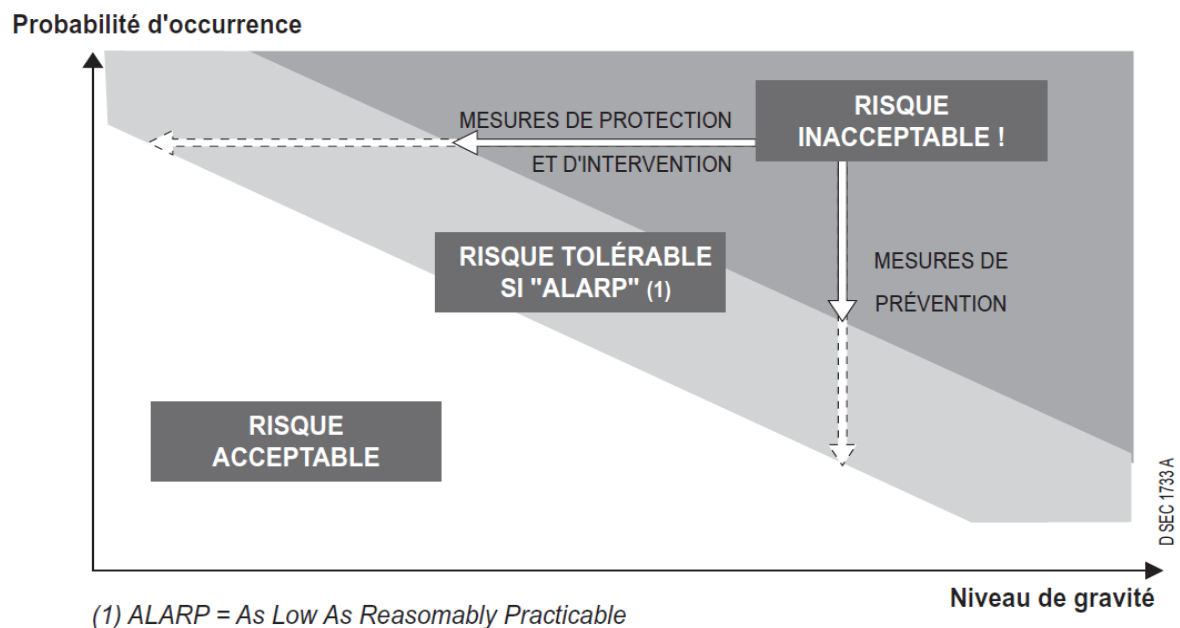
❖ La matrice d'évaluation des risques :

La matrice définie présentée ci-dessous définit 3 niveaux de risque établis à partir des niveaux de gravité et de probabilité de quotidien présentés précédemment :

P R O B A B I L I T É	5	5	10	15	20	25
	4	4	8	12	16	20
	3	3	6	9	12	15
	2	2	4	6	8	10
	1	1	2	3	4	5
		1	2	3	4	5
	G R A V I T É					

Fig.III.8 : Matrice de risque de quotidien dans l'industrie

Comment lire cette dernière ?



Trois niveaux de risque sont définis selon la position dans la matrice et la grille:

- ✓ **Risque faible (zone blanche):** “*risque acceptable*” ne justifiant pas d’action supplémentaire.
- ✓ **Risque modéré (zone gris claire):** si la variation d’un paramètre (probabilité ou gravité) seulement peut amener le niveau de risque à un niveau de gravité élevé, des actions doivent être mises en place pour réduire ce paramètre. Si non, des mesures de prévention sont mises en place afin de maintenir ce risque à ce niveau.
- ✓ **Risque élevé (zone gris foncée):** “*risque inacceptable*” nécessitant la prise de mesures urgentes pour réduire ce risque à un niveau acceptable.

III.6.1.2.2- La quantification du niveau de risque au niveau de parc de stockage RTE :

La probabilité d’occurrence et la gravité peuvent être déterminées de différentes manières (qualitatives, quantitatives, semi-quantitatives) en faisant appel à :

- les inspections visuelles
- la réglementation
- les banques de données (diagnostic - le plans d’action issus de diagnostic par rapport au suivi périodique)
- le retour d’expérience (l’accident du 10 avril 2010 au niveau du bac de stockage S108) aussi la grille de classification accident/incident du groupe SONATRACH (Voire l’annexe 5)

L’accident est classé :

- En dommages avérés : Accident classé au **niveau 4** sur la grille de classification de la référentielle investigation.
- En dommages potentiels : Accident classé au **niveau 2** sur la grille de classification de la référentielle investigation.

❖ Le niveau de gravité :

A cause de :

- La dégradation sensible des performances du système pouvant entraîner l'interruption de la mission.
- L'interruption de la mission pour une durée < 24 heures
- L'impact économique < 75 000 Euros

Alors le niveau de gravité est de **niveau 2**.

❖ Le niveau de probabilité :

- a foudre est déjà produite sur le site c'est-à-dire la probabilité d'occurrence comprise 1 fois en 20 ans

Alors le niveau de probabilité est le **niveau 4**

A l'aide de la matrice de risque de quotidien dans l'industrie nous pouvons évaluer le risque.

niveau de gravité = 2

le niveau de probabilité = 4

$$C = 2 \times 4 = 8$$

Le risque est situé dans la zone gris claire (risque modéré) c'est-à-dire **le niveau de risque est tolérable** mais dont l'identification permet de mettre en évidence les moyens à mettre en œuvre pour les maintenir à ce niveau.

III.6.1.2.3- Ecart entre les protections existantes et les protections nécessaires :

Les éventuels points non protégés sont répertoriés. Pour les effets indirects de la foudre, les fonctions critiques et les équipements de production sur lesquelles la protection contre les surtensions est insuffisante seront répertoriés.

Les anomalies enregistrées, suite au diagnostic réalisé au niveau du parc de stockage RTE, se résument comme suit :

- ✓ Absence de boucle reliant les différents puits de terre intra et inter-bacs;
- ✓ Absence de regards de visite pour les piquets de terre (non prévus lors de la construction);
- ✓ Mauvaise continuité électrique entre certains points qui est due particulièrement :
 1. à la présence de la corrosion ou de la peinture sur les cosses et les boulons.

2. à la non-conformité de l'endroit de connexion des câbles et des colliers de connexion de ces câbles.
 3. A la dégradation de l'état des câbles électrique (fissure des gaines, corrosion du cuivre).
- ✓ Absence d'éclateurs sur certains joints isolants.

III.6.1.2.3- Les actions de protection à mettre en œuvre :

Actions prises par RTE :

- Nettoyage des cosses et des points de contact, d'élimination des points de corrosion et de la peinture sera menée, afin d'améliorer la continuité électrique entre différentes structures (équipements);
- Remplacement des connexions dégradées;
- Réfection de seize (16) prises de terre résistantes;
- Réalisation des liaisons équipotentielles intra et inter-bacs avec coffrets répartiteurs;
- Réalisation des liaisons équipotentielles + barrettes de connexions intra poteaux électriques et inter pylônes-ouvrages concentrés;
- Réalisation des regards de visite munis de barrettes pour les prises de terre;

(Cette action est tributaire à la possibilité de localier sur site, les endroits d'implantation de ces piquets de terre).

- Fourniture et installations des éclateurs pour joints isolants;
- Etude de la conformité du système de réseau de terre existant et analyse risques foudre des parcs de stockage des oléoducs;
- Déplacement des connexions non conformes sur les toits de bacs flottants, nécessitant des perçages ou soudure sur les toits / échelles des bacs.

L'étude des protections à mettre en œuvre a pour but d'annuler les écarts définis par l'évaluation des risques. En ce qui concerne les effets directs de la foudre, le modèle électro géométrique sera employé chaque fois qu'une optimisation du placement des dispositifs de capture est possible dans le but de limiter les travaux éventuels au strict nécessaire. Pour les effets indirects, l'étude conduira à la définition précise des solutions de protection, incluant les

Caractéristiques électriques des éventuels matériels de protection à installer. Les installations électriques courant fort et courant faible sont concernées.

Conclusion :

Cette partie nous a permis de faire une évaluation du risque foudre au niveau du site RTE
Dans La partie qui suit, on va faire une analyse de l'accident majeur du (16/04/2010)
(Un incendie due à la foudre par l'application de l'outil de nœud papillon.)

Partie 2 :

Analyse d'accident du (16/04/2010) selon l'outil du nœud papillon

Introduction :

Après un recensement des accidents d'origine coup de foudre. Nous avons enregistré un seul accident d'ordre matériel, incendie au niveau du joint primaire du bac de stockage.

III .7- Collecte documentaire :**1. L'accident survenu le 16 avril 2010 au niveau du toit du bac S108 du Terminal Arrivée Oléoducs- Skikda :**

Dans la nuit du 16/04/2010 à 20h45['] environ, alors que le bac S108 – condensât situé au terminal arrivée oléoducs OK1/NK1 était en cours de remplissage, un début d'incendie s'est déclaré au niveau de son joint primaire. Ce début de feu a été précédé d'une importante détonation suite à une décharge électrique d'une foudre.

2. Circonstances de l'accident :

A 20h45mn le 16 avril 2010, le réservoir à toit flottant en cause recevait du condensât par l'intermédiaire de l'ouvrage NK1 et contenait 40 000 m³ lorsqu'un début d'incendie s'est déclaré au niveau du joint primaire localisé sous la passerelle d'accès au toit du réservoir. Le temps était orageux et pluvieux, c'est en raison des effets générés par un coup de foudre que le nuage gazeux s'est enflammé, mettant instantanément en feu le joint annulaire du bac.

Au moment de l'accident les deux réservoirs S107 et S108 étaient en cours de réception en condensât à un débit total de 1200 m³/h et le niveau du produit dans le bac S108 atteignait la hauteur de 11,200 mètres. L'ouvrage OK1 était aussi en service et assurait le remplissage des bacs s104 et s110 avec un débit total de 2400m³/h.

Conditions Climatiques : temps pluvieux, orageux et vent faible, T°= 14°C.

3. Chronologie des évènements :

Chronologie des faits : selon les audités et les documents consultés, la chronologie suivante a été déterminée :

20h44	- Décharge électrique importante d'une foudre
20h45	- Réception à la salle de veille HSE d'un signal d'alarme de détection feu au niveau du toit bac S108 - Enclenchement automatique du système de détection et extinction - Le chef d'équipe intervention du TA-OK1 a été alerté par le contremaître de la salle de veille - Déplacement de deux agents HSE vers le bac S108 à bord d'un véhicule de première intervention
20h47	- Disjonction de la MP100A moto pompe électrique
20h48	- Arrivée des deux agents HSE au niveau du toit du bac et début d'intervention avec trois extincteurs à poudre de 09 kg chacun - Démarrage de la pompe Diesel MP100 pour alimenter le circuit d'extinction à mousse et de refroidissement - Arrivée du camion d'intervention émulseur - Démarrage de l'électropompe anti-incendie et mise en œuvre des systèmes d'injection de mousse et de refroidissement
20h50	- Arrêt du remplissage en condensât du S108 et du transfert vers RA2K à partir du bac S101. La réception du condensât est orientée vers le S118
21h00	- Arrêt de l'exploitation de l'oléoduc NK1
21h10	- Arrêt de l'exploitation de l'oléoduc OK1 - Extinction total du feu avec maintien du refroidissement et du déversement de la mousse jusqu'au noyage du toit flottant

Tableau III.7 : Chronologie des évènements

4. Les conséquences de l'accident :

Humains	Environnemental	Exploitation	Installations et équipements
- Aucun dégât n'a été enregistré	- Pas d'atteinte à l'environnement	- Arrêt de la ligne OK1 34'' et NK1 30'' par mesure de sécurité -Transfert vers RA2K suspendu par mesure de sécurité.	- Endommagement du joint primaire à liquide sur une longueur de 03 mètre -Peinture détériorée de la dernière virole du bac. -Endommagement des circuits électroniques des commandes d'ouverture des vannes de la séquence des processus d'extinction et de refroidissement des bacs. Les effets électromagnétiques induits par le courant de foudre seraient à l'origine de ces dégâts

Tableau III.8 : les conséquences de l'accident**5- La classification de l'accident :**

- En dommages avérés : Accident classé au **niveau 4** sur la grille de classification de la référentielle investigation.
- En dommages potentiels : Accident classé au **niveau 2** sur la grille de classification de la référentielle investigation (voir l'annexe 5)

6- L'analyse de l'accident:

Causes immédiates	Causes profondes
- Décharge d'une foudre sur le toit du bac. - Présence d'émanation de gaz, habituelle lors du mouvement de remplissage d'un bac.	- A cause de l'arrivée de la foudre du côté ouest jusqu'au bac S108 la foudre a frappé directement le toit du bac S108

Tableau III.9 : les causes de l'accident

❖ Comment la foudre s'est déchargée? Quel est le phénomène?

Le bac S108 a subi un coup de foudre direct, et l'impact de cette décharge électrique montre bien que le courant électrique de cette foudre s'est déchargé vers la terre à travers deux directions :

- la première a suivi la direction via les liaisons équipotentielles reliant le toit et la robe par l'intermédiaire de l'échelle,
- et le pourcentage minimum du courant a suivi la deuxième direction reliant le toit et la robe via le joint secondaire (écailles) qui a provoqué probablement l'apparition d'un arc électrique entre les écailles et la robe, et ce, suite aux constatations suivantes :
 - Formation rapide d'oxydes de fer sur la robe, suite à la réaction entre l'eau et l'acier de la robe, cette formation rapide ne peut avoir lieu qu'à des températures élevées.
 - Apparition d'une partie calcinée et décollée de la peinture concentrée autour du point d'impact de la foudre sur la face externe de la robe.

L'arc électrique a engendré ainsi, le début d'incendie qui s'est déclaré au niveau du joint primaire localisé sous la passerelle d'accès au toit du réservoir (endroit où la présence de la concentration en gaz est importante).

Il est à signaler, que cette concentration importante de gaz est due aux émissions de gaz à travers le joint annulaire et au niveau du tube de guidage.

❖ **Est-ce que la liaison équipotentielle toit/robe est suffisante pour assurer l'écoulement sûr d'un courant sans claquage ?**

La protection du bac S108 contre la foudre à permet de canaliser l'énergie électrique de la foudre qui s'est abattue sur le bac.

Les prises de photos, montrent bien que le système de mise à la terre ainsi que les liaisons équipotentielle du bac S108 sont conformes.

Il est à noter, qu'à cause de la présence des gaz sur le toit du bac en question, des mesures électriques n'ont pas pu être réalisées pour décrire le chemin emprunté par le courant électrique de la foudre.

Le bon fonctionnement du système de mise à la terre du bac S108 a permis d'éviter les conséquences potentielles et catastrophiques, à savoir :

- l'explosion du bac S108,
- et l'arrêt de l'exploitation.

Note de Calcul d'une mise à la terre :

Pour la protection d'une installation contre la foudre, la résistance équivalente (R_{eq}) des puits de terre constituant la mise à la terre doit être inférieure ou égale à 10 Ohm.

La résistance d'un puits de terre dont le bout sort de la terre est calculée selon la formule suivante :

$$R = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{4L}{d}\right)$$

Avec :

R : Résistance du puits de terre (Ohm).

ρ : Résistivité du sol (Ohm.m).

L : Longueur du piquet de terre (m).

d : diamètre du puits de terre « Piquet + Fine de coke entourant le piquet » = 0,3 à 0.4 m

$$R_{eq} = R_a / n$$

R_{eq} : Résistance équivalente des puits de terre installés (Ohm).

n : nombre de piquets de terre.

En se référant aux données du chef de département protection cathodique :

$\rho = 32,25 (\text{Ohm.m})$ à de 2m de profondeur

$L = 1.5\text{m}$

$d = 0.3\text{m}$

$n = 4$ piquets (nord, est , ouest , sud)

Schéma de principe de maillage du réseau de terre de deux réservoirs du Parc de stockage OK1

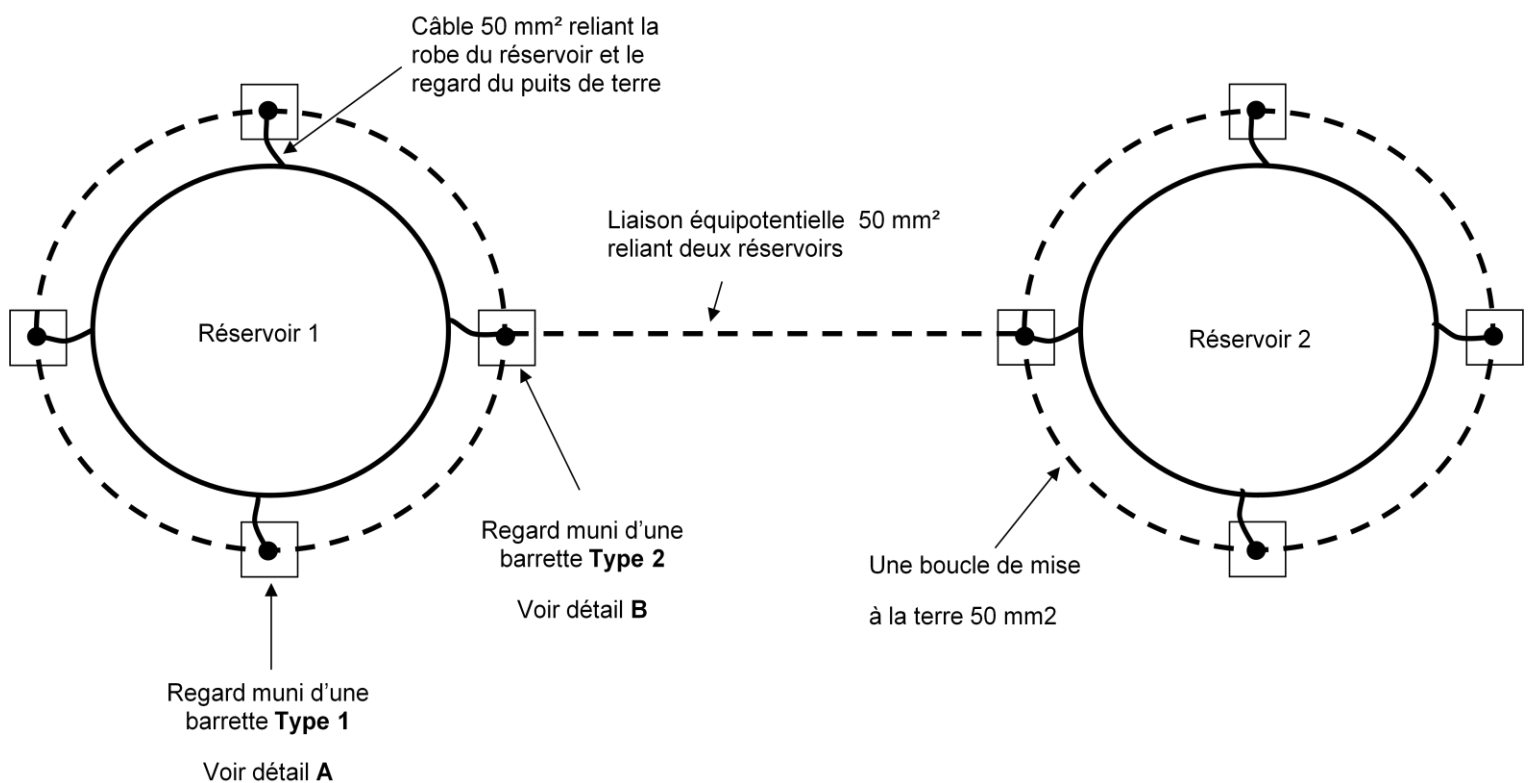


Fig.III.9 : Schéma du mise a la terre reliant de bac de stockage

Application numérique :

$$R_a = \frac{32.25}{2 \times 3.14 \times 1.5} \ln \frac{4 \times 1.5}{0.3}$$

Donc :

$$R_a = 10,25 \text{ ohm}$$

$$R_{eq} = R_a / n \quad \longrightarrow \quad R_{eq} = 10,25/4$$

$$R_{eq} = 2,56 \text{ ohm} < 10 \text{ ohm}$$

Donc notre calcul indique que l'installation est protégée contre le risque foudre car la résistance équivalente (R_{eq}) des puits de terre constituant la mise à la terre doit être inférieure ou égale à 10 Ohm.

❖ **D'où proviennent les gaz ? :**

Lors du remplissage, le toit flottant a tendance à se déplacer, et ces déplacements minimes sont amortis par le joint, ce qui explique les émanations de gaz à cet endroit.

Aussi la présence d'émanation de gaz est détectée au tour du tube de guidage et les béquilles.

❖ **Conclusion :**

L'analyse de cet accident a permis de tirer la conclusion suivante:

- Le bac S108 a subi un coup de foudre direct, et l'impact de cette décharge électrique montre bien que le courant électrique de cette foudre s'est déchargé vers la terre à travers deux directions :

- La première a suivi la direction via les liaisons équipotentielle reliant le toit et la robe par l'intermédiaire de l'échelle,

- Un pourcentage minimum du courant a suivi la deuxième direction reliant le toit et la robe via le joint secondaire (écailles) qui a provoqué probablement l'apparition d'un arc électrique entre les écailles et la robe.

- L'arc électrique a provoqué le début d'incendie qui s'est déclaré au niveau du joint primaire localisé sous la passerelle d'accès au toit du réservoir. La présence de

l'atmosphère gazeuse en cet endroit s'explique par les émissions de vapeurs d'hydrocarbures à travers le joint annulaire et au niveau du tube de guidage

❖ **Remarque :**

Le bon fonctionnement du système de mise à la terre du bac S108 a permis d'éviter les conséquences potentielles et catastrophiques :

- ✓ l'explosion du bac S108,
- ✓ l'arrêt de l'exploitation.

La détermination du chemin emprunté par la décharge électrique générée par la foudre nécessite des mesures électriques. Ces mesures ont été rendues impossibles en raison de la présence sur le toit du bac d'une atmosphère explosive.

III.8- L'application de la méthode « Nœud papillon »:

➤ **Les barrières de sécurité :**

✓ **Prévention :**

1-Evaluation du risque foudre.

3- Vérification périodique et supervision des réservoirs

6-Vérification et contrôle des équipements

8-organiser et planifier les travaux

✓ **Protection :**

2- les mises à la terre

4-Arrêt de flamme

✓ **Intervention :**

7-interdiction de présence humaine sur le toit

5-réseau anti-incendie (détection + alarme+....)

➤ Tableau des barrières de sécurité :

N	Barrières de sécurité			Etat de fonctionnement	
	Prévention	Protection	Intervention	Fonctionne	Ne fonctionne pas
1	×				×
2		×		×	
3	×				×
4		×			×
5			×	×	
6	×				×
7	×				×
8	×			×	

Tableau III.10 : Les barrières de sécurités et leurs états de fonctionnement

Recommandations :

A travers de ce modeste travail on a essayé d'évaluer le risque foudre au niveau du parc de stockage RTE et en cours d'évaluation de ce risque on a déjà appliqué la méthode nœud papillon sur l'accident du 16 avril 2010 causé par la foudre que nous permet d'établir quelque recommandations résumées comme suite :

- Le remplacement des joints secondaires (écailles) existants par un modèle ayant une meilleure adhérence et une continuité électrique parfaite sur la robe du bac et cela pour réduire les émissions de vapeurs inflammables et éviter l'apparition de l'arc électrique lors des décharges électriques.
- Vérification du dimensionnement des mises à la terre des réservoirs par rapport aux standards internationaux récents en la matière.
- Sensibiliser les opérateurs aux risques naturels et leurs effets sur les êtres vivants, les biens et sur l'environnement.
- Contrôler le bon fonctionnement des systèmes de protection contre la foudre.
- Faire la vérification périodique des moyens de protection.
- Installer des parafoudres au niveau du parc de stockage.
- Lancer une étude risque foudre au niveau du site RTE.
- Vérifier périodiquement l'efficacité des mises à la terre des réservoirs.
- Refaire l'installation des piquets de terre résistants.
- Protéger les équipements électriques et électroniques.
- Faire une formation sur les systèmes de protection contre les décharges électriques et contre la foudre pour assurer la sécurité des opérateurs.
- Entretien des équipements du site.
- Effectuer des inspections quotidiennes au niveau du site.
- Vérifier l'efficacité du réseau anti incendie par la réalisation des tests d'intervention périodiques.

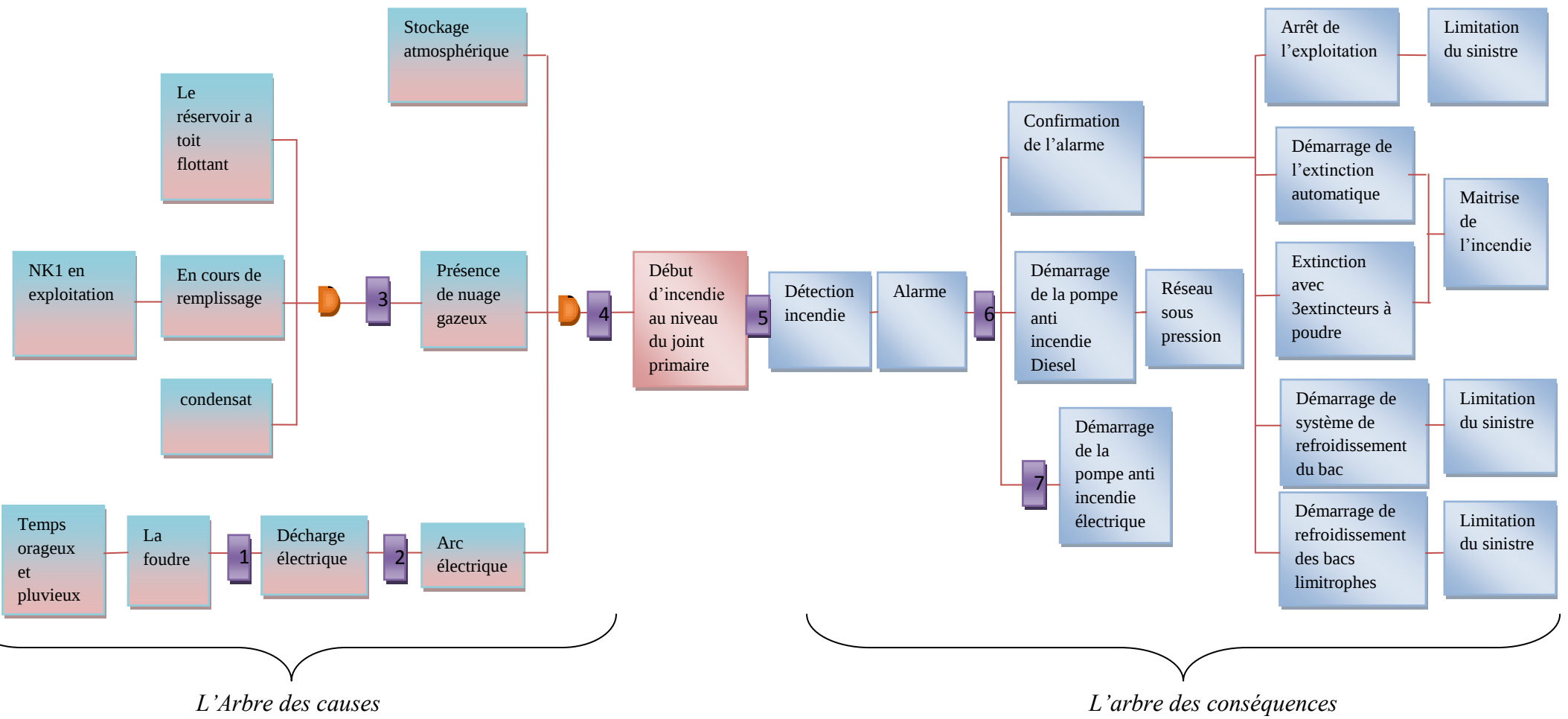


Fig.III.1 : Le nœud de papillon

Conclusion générale

Acronymes et abréviations :

AMDEC : Analyse des modes de défaillance et leurs effets et leur criticité.

AMT : Amont.

APR : Analyse Préliminaire des Risques.

ARF : Analyse risque foudre.

AVL : Aval.

CEI : Commission Electrotechnique Internationale.

CDHI : Centre national de dispatching des hydrocarbures liquides.

CNDG : Centre national de dispatching gaz.

COM : Commercialisation.

CPHS : Commission paritaires hygiène et sécurité.

DEPT : Département.

DIV : Division.

DRGS : Direction régional SKIKDA.

EIS ou EIPS : Eléments Importants Pour la Sécurité.

ET : Etude technique.

EXP : Exploitation.

FIR : Force d'intervention de Rapide.

GESIP : Groupe d'Etude de Sécurité des Industries Pétrolières.

GNL : Gaz naturel liquéfié.

GPL : Gaz pétrole liquéfié.

HAZOP : Hazard and Operability Study.

HSE : Health, Safety and Environment.

IEMF : L'impulsion électromagnétique de foudre.

ICPE : Installation classée pour la protection de l'environnement.

NFC : Association Française de Normalisation.

ORSEC : Plan d'organisation des secours.

PAM : Plan d'Assistance Mutuelle.

PDA : Paratonnerre a dispositif d'amorçage.

POI : Plan d'organisation interne.

RTE : Région transport Est.

SPF : Système protection foudre.

TF : Taux de fréquence.

TG : Taux de gravité.

TRC : Transport par canalisation.

UIC : (Union des Industries Chimiques).

USD : Unité de stockage et de dosage.

UTEC : Union Technique de l'Electricité.

Glossaire

Accident : Evénement soudain et imprévu qui a pour conséquence une atteinte à:

- la santé des personnes ;
- l'environnement ;
- aux biens et équipements.

Action corrective : Action visant à éliminer la cause d'une non-conformité détectée ou autre situation indésirable...

Atteinte à la santé : Etat physique ou mental défaillant identifiable, résultant de et/ou aggravé par une activité professionnelle et/ou une situation professionnelle...

Barrière technique de sécurité : 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 susceptible d'aboutir à un accident .

Cage de Faraday : Enceinte métallique (maillage ou paroi pleine) à l'intérieur de laquelle le champ électromagnétique est nul ou considérablement atténué.

Champ électrique : Vecteur, noté E, lié à la variation de la différence de potentiel entre deux points. Il s'exprime en volt par mètre. L'effet principal d'un champ E est d'induire des courants dans les conducteurs.

Champ électromagnétique : Composante des deux champs électrique et magnétique.

Champ magnétique : Vecteur, noté H, lié à la circulation d'un courant dans un circuit électrique, il s'exprime en ampère par mètre. L'effet principal d'un champ H est d'induire des différences de potentiel dans les boucles des circuits.

Conducteur de descente : Conducteur chargé d'écouler à la terre le courant d'un choc de foudre direct.

Conducteur d'équipotentialité : Conducteur permettant d'assurer l'équipotentialité.

Conducteur de protection (symbole 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 dans et vers la structure.

Cumulo-nimbus : Nuage de grandes dimensions à développement vertical, d'aspect foncé, qui très souvent déclenche un orage.

Danger : Le danger est la propriété ou capacité intrinsèque d'une substance, d'un équipement, d'une activité, de causer un dommage pour la santé humaine, les biens et/ou l'environnement.

Décharge électrostatique (ou DES) : Décharge très rapide d'un conducteur électrisé dans un autre.

Densité de foudroiement : Nombre d'impacts au sol par an au Km². En France, ce nombre varie de 0,5 à 5.

Domages : Conséquences d'un événement sur les biens, les personnes et les fonctions d'un système. Les dommages peuvent être exprimés en termes humains, financiers, économiques, sociaux ou environnementaux.

Eclair : Lueur brève et très vive traduisant une décharge électrique entre deux nuages ou entre nuage et la terre, lors d'un orage.

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.

Explosion : Une explosion c'est la transformation rapide d'un système matériel donnant lieu à une forte émission de gaz, accompagnée éventuellement d'une émission de chaleur importante.

Les explosions peuvent être soit d'origine physique (éclatement d'un récipient dont la pression intérieure est devenue trop grande, etc.), soit d'origine chimique.

Foudre : Décharge électrique aérienne, accompagné d'une vive lumière (éclair) et d'une violente détonation (tonnerre).

Harmoniques : Déformation des courants ou tension ayant pour origine des courants consommés par des charges non linéaires à des fréquences multiples de la fréquence du réseau d'alimentation. Ces courants déforment l'onde de tension, ce qui peut perturber certains matériels.

Incendie : L'incendie est une combustion qui se développe d'une manière incontrôlée dans le temps et dans l'espace. Elle engendre de grandes quantités de chaleur, des fumées et des gaz polluants, voire toxiques. L'énergie émise favorise le développement de

l'incendie. Combustion autant retenue qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace.

Incident (presque accident) : Événement soudain et imprévu, qui aurait pu, dans des conditions légèrement différentes, occasionner un accident.

Liaison équipotentielle : Eléments d'une installation réduisant les différences de potentiel entre masse et élément conducteur.

Niveau de protection : Terme de classification d'une installation de protection contre la foudre exprimant son efficacité.

Niveau Kéraunique : Nombre moyen de jours de l'année durant lesquels le tonnerre est entendu.

Nuage : Ensemble de particules d'eau très fine, liquides ou solides maintenues en suspension dans l'atmosphère par des mouvements verticaux de l'air.

Orage : Perturbation atmosphérique violente, accompagnée d'éclair et de tonnerre, de rafales, d'averses de pluie ou de grêle (orage magnétique : intense perturbation transitoire du champ magnétique).

Parafoudre : Dispositif destiné à limiter les surtensions transitoires et à dériver les ondes de courant.

Parasurtenseur : Dispositif destiné à limiter les surtensions entre deux éléments à l'intérieur de l'espace à protéger, tels qu'éclateurs, parafoudres ou dispositifs à semi-conducteurs.

Prévention : Mesures visant à prévenir un risque en réduisant la probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux.

Protection : Mesures visant à limiter l'étendue ou/et la gravité des conséquences d'un accident sur les éléments vulnérables, sans modifier la probabilité d'occurrence du phénomène dangereux correspondant.

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 et équipotentiel.

Risque : C'est la probabilité qu'un phénomène dangereux se produise et se transforme en un dommage d'une certaine gravité pour la santé des personnes, les biens et/ou l'environnement...

Risque acceptable (Réf. CEI 61508) : Niveau de gravité des conséquences et de probabilité d'occurrence d'un événement redouté considéré comme acceptable par les parties prenantes.

Santé : Etat de bien être total physique, social et mental de la personne.

Sécurité : Absence de circonstances susceptibles d'occasionner soit accidents ou mort de personnel soit dégradation ou perte d'équipements ou bien.

C'est l'ensemble des mesures visant à assurer la santé, l'intégrité physique et mentale des individus.

Tonnerre : Bruit de la foudre, c'est-à-dire de la décharge électrique dont l'éclair est la manifestation lumineuse.

Annexes

Annexes

Annexe 1 :

Le Terminal expédié vers :

Nom de la ligne	Diamètre de la ligne (Pouces)	Produit	Destination	Pression d'expédition (bars)
RA1K	28"	Pétrole brut	Raffinerie RA1K	06 Bars
Nouveau Port	42"	Pétrole brut	Nouveau Port	10 Bars
SEA LINE	42"	Pétrole brut	SPM Bouée1/2	18 Bars
RA2K	24"	Condensât	Raffinerie RA2K	05 Bars
Nouveau Port	42"	Condensât	Nouveau Port	10 Bars
SEA LINE	42"	Condensât	Bouée1/2	18 Bars

> Légende :

- RA1K : Complexe de raffinage pétrole brut ;
- RA2K : Complexe de raffinage de condensat ;
- Nouveau port : port pétrolier Skikda ;
- SPM : Boué d'amarrage pour chargement en mer ;
- OK1 : Oléoduc N°1 reliant Haoud el Hamra – Skikda
- NK1: Oléoduc N°1 reliant Haoud el Hamra – Skikda
- RTE : Region Transport Est – Skikda
- CDHL: Centre de Dispatching Hydrocarbures Liquide.

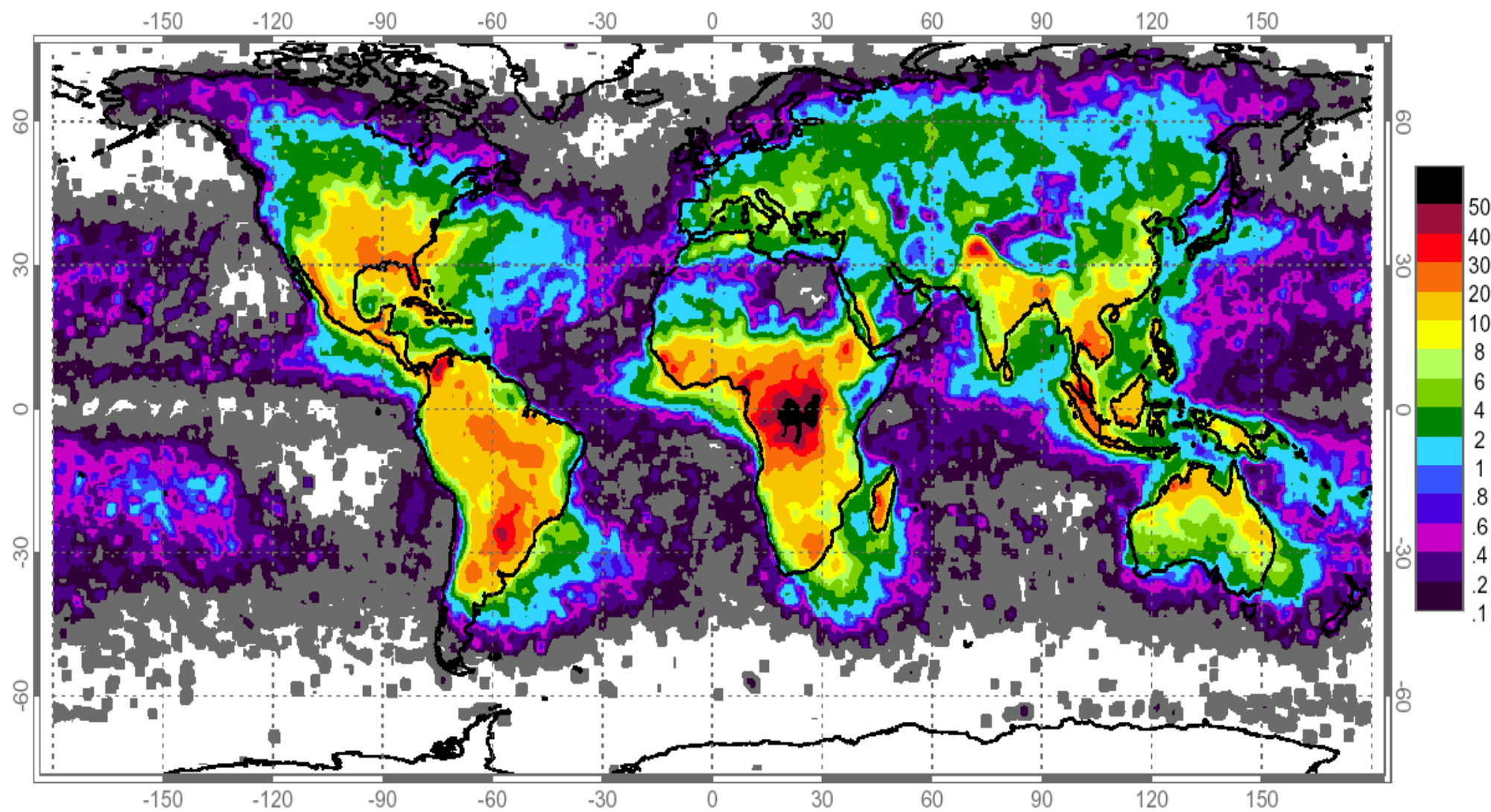
Spécifications des produits

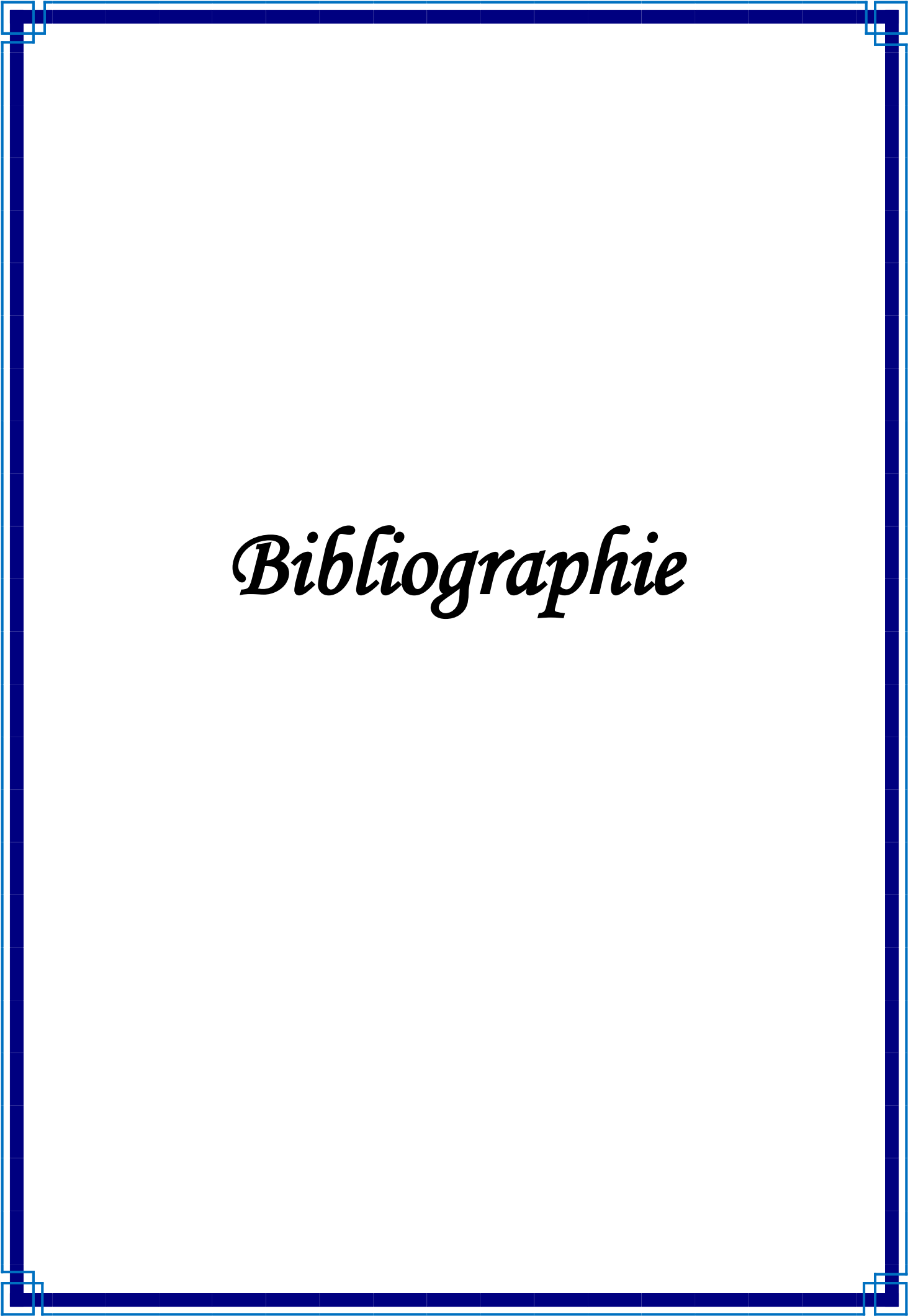
01	Nom du produit :	Pétrole Brut
Densité à 15° C		0.7900 / 0.8020
Température de Stockage (°C)		19° / 35°
Tension de vapeur TVR (Kg/cm ²)		0.637 / 0.900
Viscosité (Cst)		à 20°C = 2.72
Point éclair (°C)		< 20°
Auto inflammation (°C)		50°
Point d'inflammation (°C)		20° / 25°
PCS (kcal/kg)		11120
Poids moléculaire		198

Spécifications des produits

02	Nom du produit :	Condensât
Densité à 15° C (kg/cm ³)		0.7000 / 0.7080
Température de Stockage (°C)		16° / 24°
Tension de vapeur TVR (Kg/cm ²)		0.535 / 0.570
Viscosité (Cst)		à 20°C = 0.68
Point éclair (°C)		< (- 5°)
Auto inflammation (°C)		> 5°
Point d'inflammation (°C)		0° / 5°
PCS (kcal/kg)		> 11200
Poids moléculaire (g/mole)		111

Annexe 2 :





Bibliographie