

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Sécurité des procédés industriels et maîtrise des risques

*APPLICATION DE METHODES HAZOP ET ADD AINSI QUE
SYSTEM D'EXTINCTION BROUILLARD D'EAU*

Soutenu le 04/06/2023

Réalisé par : Ben Meziane Rania Ines Encadré par : Bouras Ibtissam
Draoui Rania
Mallem Housseem

Président : Boussaha
Encadrant : Bouras Ibtissam
Examineur : Gurfi Samia

Année Universitaire 2022- 2023

REMERCIEMENT

Dans mon imaginaire, l'écriture de cette page était loin de représenter autant de choses ; la joie immense d'avoir mené ce projet à bien mais aussi la tristesse qui cache toujours derrière le mot FIN.

Rien n'aurait été possible seule. Par cette simple phrase, cette page prend ici tout son sens et la peur d'oublier quelqu'un. A tous ceux là, MERCI.

Louange à Dieu le tout puissant, de m'avoir aidé à réaliser ce modeste projet.

*Nous n'oublierons jamais d'adresser un grand et chaleureux remerciement à nos **familles** pour leurs soutiens moraux, matériels continus et inébranlables au long de notre formation. Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à l'encadrante Madame BOURASS Ibtissem Pour son suivi durant la période de préparation de notre mémoire, son aide et ses conseils qui m'ont été très précieux.*

*Nous tenons à remercier très chaleureusement **l'ingénieur Monsieur Mohamed Amine LESSAK**, pour sa disponibilité, les conseils qui 'il nous a prodigués, la patience, la confiance qu'il nous a témoignée ont été déterminants dans la réalisation de notre mémoire. Nous désirons aussi à exprimer nos remerciements à tout le personnel de complexe RAIK à SKIKDA pour l'accueil qu'ils nous ont réservé et le temps qu'ils nous ont consacrés. Enfin, nous tenons a remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à l'exécution de ce modeste travail*

Dédicace I

Avant tout c'est grâce à dieu que je suis arrivé là.

Je dédie ce simple travail à mes chers parents qui m'ont encouragé à donner le meilleur de moi-même, et qui m'ont fourni les moyens pour devenir ce que je suis aujourd'hui,

Je le dédie aussi à ma chère sœur Racha et *mon cher frère ADEM et ma sœur RITEDJE.*

A mes très chers amis de promotion 2023 HSI.

Enfin à tous les êtres chers à mon cœur.

INES

Dédicace II

Avant tout c'est grâce à dieu que je suis arrivé là.

Je dédie ce simple travail à mes chers parents qui m'ont encouragé à donner le meilleur de moi-même, et qui m'ont fourni les moyens pour devenir ce que je suis aujourd'hui,

Je le dédie aussi à ma chère sœur Racha et *mes chers frères Youcef, Zaki et nour elislam*

A mes très chers amis de promotion 2023 HSI.

Enfin à tous les êtres chers à mon cœur.

RANIA

Dédicace III

Je dédie ce travail à toutes les personnes qui me sont très chers :

A ma famille, elle qui m'a doté d'une éducation digne, son amour a fait de moi ce que je suis aujourd'hui :

Particulièrement à mes parents, pour leur soutien, leur patience, leur encouragement,

A mes chères sœurs, chères frères.

A tous mes amis,

Particulièrement à la rose ma vie ma femme, ceci est ma profonde gratitude pour ton éternel amour.

A mon fils,

Et à l'ensemble des collègues de promotion M2 HSI de l'année 2022/2023.

Housseem

Résumé

Les unités de production des industries pétrochimiques sont exposées à de nombreux risques, qui affectent négativement leurs équipements, leurs travailleurs et l'environnement qui les entoure. Notre étude a été réalisée au niveau du complexe pétrolier de Skikda, plus précisément l'unité RA1K, où nous avons identifié les scénarios de risques qui découlent du bac de stockage 600.S.226, e. Pour atteindre notre objectif, nous avons utilisé deux méthodes, la première est la méthode Arbre de Défaillances (**AdD**) et la seconde méthode est la méthode hazope et technique d'extinction brouillard d'eau..Ainsi une modélisation des différents accidents au niveau du back de stockage, à nous a permis d'identifier l'impact et les zones touchées par ces risques majeurs.

Mots clés : Risque ; modélisation ; analyse ; industrie pétrochimique ; ADD ; hazope .

Abstract

The production units of the petrochemical industries are exposed to many risks, which negatively affect their equipment, their workers and the environment that surrounds them, and this is what prompted us to set up a set of safety barriers, that reduce and limit these risks. Our study was carried out at the level of the Skikda oil complex, more precisely the RA1K unit, where we identified the risk scenarios that arise from the storage bin 600.S.226, by determining the frequencies of each of them. To do this, we used two methods, the first is the Fault Tree (AdD) method and the second method is the hazope method and spray fire. We finish by modeling the various accidents at storage bin for Process Risk Analysis

Keywords: risk; modelization; analysis; petrochemical industry; ADD ; hazope and spray fire.

ملخص

تتعرض وحدات الإنتاج في الصناعات البتر وكيميائية إلى مخاطر عديدة، تؤثر سلبا على تجهيزاتها وعمالها والبيئة المحيطة بها التي تقوم بالتقليل والحد من هذه المخاطر. دراستنا تمت على مستوى مركب تكرير البترول سكيكدة وبالتحديد وحدة RA1K، حيث قمنا بتحديد سيناريوهات المخاطر التي تنجم عن صندوق التخزين، مع تحديد المخاطر التي يتعرض لها. للقيام بذلك، استخدمنا طريقتين، الأولى هي طريقة شجرة الأعطال (AdD) والطريقة الثانية هي طريقة HAZOP (تحليل العمليات النظرية للأنظمة).

وفي النهاية قمنا بتنفيذ النموذج باستخدام تقنية الضباب لإخماد الحرائق (BROUILLAR D'EAU.2)

الكلمات المفتاحية: خطر؛ تصميم؛ تحليل؛ صناعة بتر وكيميائية Brouillard D'EAU ; HAZOP ; ADD .

D'EAU.

Sommaire

REMERCIEMENT

Dédicace I

Dédicace II

Dédicace III

Résumé

Listes des tableaux

Listes des figures

Introduction générale 1

CHAPITRE I

Les risques industriels

I.1. Introduction3

I.2. Notion de danger3

I.3. Notion de risque.....3

I.4. Le risque industriel4

I.4.1. Les effets du risque industriel4

I.5. Le risque incendie4

Le tétraèdre du feu :À partir de 1980, le triangle du feu devient le tétraèdre du feu. En effet, un quatrième élément indispensable à la combustion est identifié : les radicaux libres[12]. 5

I.6. Le risque de l'explosion.....6

I.6.1. Les effets de l'explosion [16]7

I.7. Feu de torche8

I.7.1. Description du phénomène8

I.7.2. Origines8

I.7.3. Les conséquences d'une feu torche9

I.8. BLEVE "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion"9

I.8.1. Description du phénomène9

I.8.2. Origines10

I.8.3. Les type du BLEVE10

I.8.4. Effet d'un BLEVE.....	10
I.9. UVCE "Unconfined Vapor Cloud Explosion"	10
I.9.1. Description du phénomène	10
I.9.2. Origines	11
I.9.3. Effets d'un UVCE [18].....	11
I.10. Conclusion.....	12

CHAPITRE II Technique Brouillard d'eau

II.1. Introduction.....	13
II.2. Présentation de l'agent extincteur	13
II.2.1. Généralités	13
II.2.2. Caractérisation des pulvérisations d'eau et définition.	13
II.2.3 Compatibilité avec les classes de feu.	15
II.2.4. Limites d'utilisation.	15
II.2.5. Modes d'action du brouillard d'eau.	16
II.2.6. Spécificités du bouillard d'eau.	18
II.2.7. Objectif de performance.	20
II.2.8. Paramètres conditionnant l'efficacité d'une protection par bouillard d'eau.	21
II.3. Les technologies de fabrication.....	23
II.3.1. Pression de mise en œuvre.	23
II.3.2. Gaz d'entraînement	23
II.4. Composants	24
II.4.1. Généralités	24
II.4.2. Composants du système de détection.....	24
II.4.3. Tuyaux et Raccords.....	25
II.4.4 Flexibles.	25
II.4.5. Filtres et crépines.	25
II.4.6. Organe de commande.....	25

II.4.7. Clapets Anti.Retour.....	25
II.4.8. Soupapes de sécurité.	25
II.4.9. Buses de Diffusions.....	26
II.5. Exigences Minimales d’installation.	26
II.5.1. Fluides	26
II.5.2. Filtration.	28
II.5.3. Sources d’eau.....	28
II.5.3 SOURCES D'EAU	35
II.5.4 BUSES	41
II.5.5 RÉSEAU DE DISTRIBUTION	41
II.5.6 POMPES	42
II.5.7 SYSTÈME DE DÉTECTION AUTOMATIQUE D'INCENDIE	44
II.5.8 ALARMES	44
II.5.9 ÉVÉNEMENTS. SURPRESSION	45
II.5.10 INTERACTION AVEC LE DÉSENFUMAGE DANS LE CAS DE BUSES AUTOMATIQUES	46
II.6 RÉCEPTION DE L'INSTALLATION.....	46
II.6.1 DOSSIER TECHNIQUE DE L'INSTALLATION	46
II.6.2. Des tuyauteries propreté et intégrité avant mise en œuvre.....	47
II.6.3 ÉPREUVE HYDRAULIQUE	47
II.6.4 ESSAI FONCTIONNEL ET VALIDATIONS HYDRAULIQUES	48
II.6.5 pressions et le débit du système.....	48
II.7. RÉCEPTION.....	48
II.8. INSPECTIONS, VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES ET MAINTENANCE	48
II.9 Sécurité des personnes.....	49
II.9.1 ASPECTS TOXICOLOGIQUES LIES A L'UTILISATION DE L'EAU SOUS UNE FORME FINEMENT DIVISÉE	49
II.9.2 UTILISATION D'UN GAZ PROPULSEUR INERTE	50

II.10 Conclusion.	50
------------------------	----

CHAPITRE III :

Les méthodes d'analyse des risques ADD ET HAZOP

III.1. Introduction.....	51
III.2. Analyse préliminaire des risques (APR)	51
III.3. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets (AMDE).....	51
III.4. La méthode HAZOP.....	52
III. 5. Méthode de l'Arbre de Défaillances (AdD)	53
III.6. Conclusion	55
CHAPITRE IV.....	56
Généralité sur le stockage des hydrocarbures	56
IV.1. Introduction	56
IV .2. Caractéristique physico.chimique des hydrocarbures.....	56
IV.2.1. Caractéristiques physiques.....	56
IV .2.3. Caractéristiques chimiques	56
IV .2.4. Classification des hydrocarbures.....	57
IV .2.5. Le stockage.....	57
IV.3. Conclusion.....	66

CHAPITRE V

Présentation de la raffinerie de Skikda RA1K

V.1. Historique et localisation de la raffinerie	67
V.2. Structure hiérarchique de la raffinerie La structure hiérarchique de la gestion de la raffinerie de Skikda prévoit à son sommet un Directeur de quel dépend cinq services, techniques de ligne, plus deux de staff comme le montre l'organigramme suivant :.....	67
V.3. Procédés de raffinage	69
V.3.1. Les opérations de raffinage	69
V.3.2. Zones de stockage et installations portuaires La raffinerie de Skikda présente 3 zones de stockages :	72

V.4. Présentation de l'unité d'affectation	73
V.4.1. Description de l'activité de planification et de programmation.....	73
V.4.2. Bilans des produits finis	74
V.5. Organisation générale de la sécurité.....	75
V.5.1. Présentation de la structure sécurité.....	75

CHAPITRES VI

Application de la méthode hazope et AdD et brouillard d'eau

VI.1.Introduction	77
VI.2. Description du système étudié le Bac 600.S.226.....	77
VI.3. Caractéristique physique du produit stocké le NAPHTA.A.....	78
VI.3. Analyse détaillée des risques par la méthode HAZOP :	79
VI.4. Description de système Brouillard d'Eau Haute Pression	92
VI.4.1. Diffusion du d'eau brouillard.....	93
VI.4.2. Différents types de fonctionnement du système de protection par brouillard d'eau	94
VI.5. Les avantages du brouillard d'eau	95
VI.5.1. Respect de l'environnement.....	95
VI.5.2. Encombrement réduit du système de protection	95
VI.6. L'efficacité du système de brouillard d'eau	95
VI.6.1. Nombre de buses réduit	96
VI.6.2. Réalisation de réseaux de distribution simplifiés	96
VI.6.3. Intégration et impact esthétique	96
VI.6.4. Diminution notable du dommage créé par les eaux d'incendie	96
VI.7. ARCHITECTURE DES INSTALLATIONS	98
VI.7.1. Plusieurs types d'installations	99
VI.8. Conclusion.....	101
Conclusion générale	102

Références bibliographie	104
Annexe.....	107

Listes des tableaux

Tableau II.1 : définition de brouillards d'eau en trois classes	14
Tableau II.2 : la variation de la surface d'échange en fonction du diamètre des gouttelettes	16
Tableau II.3 : domaines de pression de mise en œuvre des systèmes	23
Tableau II.4 : Les gaz doivent être exempts de résidus liquides et solides et répondre aux spécifications suivantes :	27
Tableau II.5 : En complément des marques réglementaires, les informations suivantes doivent être apposées sur chaque réservoir :	30
Tableau II.6 : Choix des sources d'eau en fonction du risque à protéger Et de l'objectif de performance revendiqué.....	32
Tableau II.7: Les gaz doivent être exempts de résidus liquides et solides et répondre aux spécifications suivantes :	33
Tableau II.8: En complément des marquages réglementaires, les informations suivantes doivent être apposées sur chaque réservoir :	36
Tableau II.9: Choix des sources d'eau en fonction du risque à protéger et de l'objectif de performance revendiqué.....	39
Tableau II.10: Exemples de classification de risques pour une protection par brouillard d'eau.....	40
Tableau II.11: Les espacements maximums entre deux supports sont indiqués pour chaque diamètre de tube dans le tableau suivant :	42
Tableau III.1: Tableau analyse HAZOP (CEI 61882).....	51
Tableau III.2: Symboles graphiques des événements et des transferts	52
Tableau III. 3: Symboles graphiques des portes logiques.	53
Tableau V.1 : Activités voisines de la raffinerie de Skikda	69
Tableau V.2: Produits stockés dans les zones de stockages de RA1K.....	72
Tableau VI.1 : Caractéristiques du bac de stockage de NAPHTA 600.S.226.....	77
Tableau VI.2: caractéristiques physiques du NAPHTA.A	78
Tableau IV.3 : Application de la méthode HAZOP sur le BAC 600.S.226	80

Listes des figures

Figure I.1 : Le triangle du feu	05
Figure I.2 : Le tétraèdre du feu.	05
Figure I.3 : l'hexagone de l'explosion.	07
Figure I.4 : Feu de torche.	08
Figure I.5: BLEVE Crescent City (1970).	09
Figure I.6: UVCE	11
Figure II.1 : Les différentes tailles des gouttelettes.	15
Figure IV.1 : Description d'un bac à toit fixe.	59
Figure IV.2 : Description d'un bac à toit flottant.....	60
Figure IV.3 : Description d'un bac à toit flottant.....	61
Figure IV.4 : Description d'un bac à toit flottant.....	62
Figure IV.5 : Sphère de gaz.	63
Figure IV.6 : Schéma d'un cigare.	64
Figure IV.7 : Equipements de sécurité dans un bac.	66
Figure V.1: Localisation de la raffinerie de Skikda	67
Figure V.2: Organigramme de la raffinerie de SkikdaRA1/K.....	68
Figure VI.1: l'application de l'dd dans un bac de stockage 600.S.226.....	91
Figure VI.2: les pourcentages de la contribution des évènements de base à la survenance de L'E.R	91
Figure VI.3: système Brouillard d'Eau Haute Pression	92
Figure VI.4 : le triangle de feu	93
Figure VI.5: Les sources d'eau	95
FigureVI.6: Phénomène UVCE au niveau d'un bac de stockage 600.S.226.....	97
Figure VI.7 : Les résultats d'essai d'extinction UVCE sur un bac de stockage 600.S.226.....	97
Figure VI.8 : L'opération de l'extinction d'un bac de stockage 18.	98
Figure VI.9: l'installation d'un Système déluge	99
Figure VI .10 : l'installation d'un Système sous eau	100
Figure VI.11: l'installation d'un Système sous air.....	100
Figure VI.12 : l'installation d'un Système à précaution.....	101

Introduction Générale

Introduction générale

Les accidents industriels peuvent survenir et entraîner des conséquences graves pour le personnel, la population, les biens et l'environnement. Ils peuvent donc se transformer en véritables catastrophes, même si le progrès technologique dans tous les domaines permet, d'en atténuer les effets de ces accidents [KER 11].

L'Algérie a connu ces dernières années une série d'événements douloureux qui ont révélé l'étendue de la problématique des risques liés au secteur des hydrocarbures, tels que : l'explosion du complexe pétrochimique de Skikda en Janvier 2004 qui a causé 23 décès et 74 blessés ; l'accident du puits Nezla en Septembre 2006 à la plateforme du forage à Gassi Touil (Hassi Messaoud) qui a causé 09 morts, 78 blessés et Perte de l'appareil de forage d'un coût de 4 millions de dollars ; deux éclatements suivis d'incendies sur le gazoduc à Relizane en Aout 2008 qui ont occasionné des blessures et des dommages matériels aux riveraines [KER 11] .

L'industrie d'ammoniac reste toujours une source permanente du risque d'incendie et d'explosion. Ces accidents ont une cinétique rapide, c. à .d. ils surviennent et se développent instantanément et ils peuvent par la suite provoquer des conséquences très graves [ZAI 14].

Pour cette raison, nous avons choisi, d'étudier le risque d'incendie en industrie d'ammoniac, .ainsi que la politique de sécurité incendie appliquée dans ce type d'activité industriel, par la mise en place des différents mécanismes du management des risques d'incendie que nous allons voir tous au long de ce mémoire.

A la lumière de ce qui a été dit, le présent travail s'articule autour de quatre chapitres :

Le premier chapitre traite des généralités relatives à l'incendie.

Alors que le deuxième chapitre sera consacré aux moyens de lutte contre l'incendie.

Puis le troisième chapitre est lui consacré à la présentation du complexe FERTIAL lieu de notre stage pratique.

Le quatrième chapitre sera dédié au scénario d'accidents possibles (simulation).

CHAPITRE I
Les risques industriels

I.1. Introduction

Le risques et l'industrie vont de pair dans l'environnement de travail qui évolue sans cesse. Plusieurs secteurs sont concernés, comme la pétrochimie, le secteur minier, l'agroalimentaire ou le nucléaire. Les installations peuvent subir des défaillances, qu'il s'agisse d'une tuyauterie industrielle, d'un équipement sous pression, et requièrent un contrôle régulier. Dans cette partie du premier chapitre, nous aborderons des généralités sur les risques industriels

I.2. Notion de danger

Selon Desroches et la norme IEC 61508, le danger désigne une nuisance potentielle pouvant porter atteinte aux personnes, aux biens (détérioration ou destruction) ou à l'environnement [1, 2]. Les dangers peuvent avoir une incidence directe sur les personnes, par des blessures physiques ou des troubles de la santé, ou indirecte, au travers de dégâts subis par les biens ou l'environnement.

Par exemple [3] :

- Substance volatile, inflammable, toxique, corrosive, explosive...
- Système technique sous pression ou températures élevées ;
- Masse des charges (levage, déplacement...).

I.3. Notion de risque

Selon OHSAS 18001, un risque est la combinaison de la probabilité et de la (des) conséquence (s) de la survenue [4].

Selon Gouriveau, le risque peut être défini par l'association d'événements causes et conséquences d'une situation donnée [5].

Par exemple [3] :

- Un salarié manipulant un produit chimique volatil est exposé à un risque par inhalation ;
- Une installation utilisant ce produit chimique est exposée à un risque d'incendie ;
- Un cours d'eau proche de l'installation est exposé à un risque de pollution, et le village avoisinant peut subir les effets d'un nuage toxique dégagé par l'incendie.

I.4. Le risque industriel

Le risque industriel comme étant un événement accidentel sur un site industriel entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les riverains, les biens ou l'environnement. [6]

Les risques industriels existent un peu partout dans les usines et les ateliers industriels, ces générateurs du risque sont regroupés en deux familles :

- **Les industries chimiques** : produisent des produits chimiques de base, des produits destinés à l'agroalimentaire (notamment les engrais), les produits pharmaceutiques et de consommation courante (eau de javel, etc.) ; [7]
- **Les industries pétrochimiques** : produisent l'ensemble des produits dérivés du pétrole (essences, goudrons, gaz de pétrole liquéfié). [7]

I.4.1. Les effets du risque industriel

Les **risques industriels** sont des **risques technologiques**. Qualifié de majeur quand il est grave et peu probable, un **accident industriel** est **classé** selon ses effets [8]:

- **L'effet toxique** : Une fuite de substance toxique (chlore, ammoniac, phosgène, acide, etc.) dans une installation peut, par l'inhalation, par contact avec la peau ou les yeux, ou par ingestion provoquer de graves lésions. Les effets peuvent être, par exemple, un œdème aigu du poumon, une atteinte au système nerveux ou des brûlures chimiques cutanées ou oculaires ;
- **L'effet thermique**: Les effets thermiques. Ils sont liés à une explosion ou à la combustion d'un produit inflammable. Il en résulte des brûlures plus ou moins graves ;
- **L'effet mécanique** : Ils résultent d'une surpression suite à une onde de choc (déflagration ou détonation), provoquée par une explosion. Les lésions aux tympanes, aux poumons, en sont les conséquences principales.

I.5. Le risque incendie

Le terme incendie a été emprunté par la langue française au XVI^{ème} siècle au latin «incendium» (embrasement), dérivé de « incendere » (allumer). Il désigne un feu violent, un embrasement qui se propage à un édifice, une maison, une forêt, etc. L'incendie est une réaction de combustion non maîtrisée dans le temps et l'espace[9].

L'incendie, appelé communément feu, est particulièrement destructeur pour les activités humaines et la nature : habitations, lieux de travail, entrepôts, véhicules, cultures, forêts, monuments historiques, etc[9].

L'incendie est une combustion qui se développe sans contrôle dans le temps et dans l'espace. Il s'agit d'une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Elle nécessite une source d'énergie pour être initiée (flamme, chaleur, étincelle...)[10].

Pour qu'un incendie se déclare, il faut réunir simultanément les trois conditions suivantes (on parle du "triangle du feu") **figure I.1**[11] :

- **Un combustible** : Un produit inflammable (en l'état solide, liquide, ou gazeux) ;
- **Un comburant** : comme l'air qui contient de l'oxygène ;
- **Une énergie d'activation** : comme une source de chaleur, un éclair électrique, un mégot.



Figure I.1 : Le triangle du feu. [11]

• **Le tétraèdre du feu** : À partir de 1980, le triangle du feu devient le tétraèdre du feu. En effet, un quatrième élément indispensable à la combustion est identifié : les radicaux libres[12].

Selon le tétraèdre du feu **figure I.2**, pour qu'une combustion ait lieu, il faut donc réunir [12]:

- Un combustible,
- Un comburant,
- Une énergie d'activation,
- Une réaction chimique entraînant la création de radicaux libres.



Figure I.2 : Le tétraèdre du feu. [12]

Un incendie dans une installation a bien sur des conséquences locales, mais engendre aussi des effets thermiques sur les cibles vulnérables :

- ❖ Brulure sur l'homme;
- ❖ Dégradation d'installations : destruction de vitres, ruine du béton, perte de tenue mécanique des structures ;
- ❖ Propagation du feu à d'autres éléments combustible [13].

L'estimation des conséquences nécessite de connaître les caractéristiques de combustion des produits mis en jeu dans l'incendie (chaleur de combustion, débit massique de combustion, rendement chimique). Des modèles de calcul éprouvés sont alors utilisés pour simuler un feu son comportement. On détermine typiquement la géométrie du feu (hauteur de flamme, du panache), et le flux thermique rayonné reçu par une cible en fonction de la distance et l'impact toxique des fumées.[13].

I.6. Le risque de l'explosion

L'explosion est une réaction brusque d'oxydation ou de décomposition entraînant une élévation de température, de pression ou les deux simultanément. C'est une Libération brutale d'énergie issue d'une Combustion très vive.

Six conditions doivent être réunies simultanément pour qu'une explosion soit possible

- Source d'inflammation ;
- Produits en suspension ;
- Produits combustibles ;
- Confinement suffisant ;
- Oxygène ;
- Domaine d'explosivité. [14].

Ces six conditions sont généralement représentées sous la forme de « l'hexagone de l'explosion » [15].

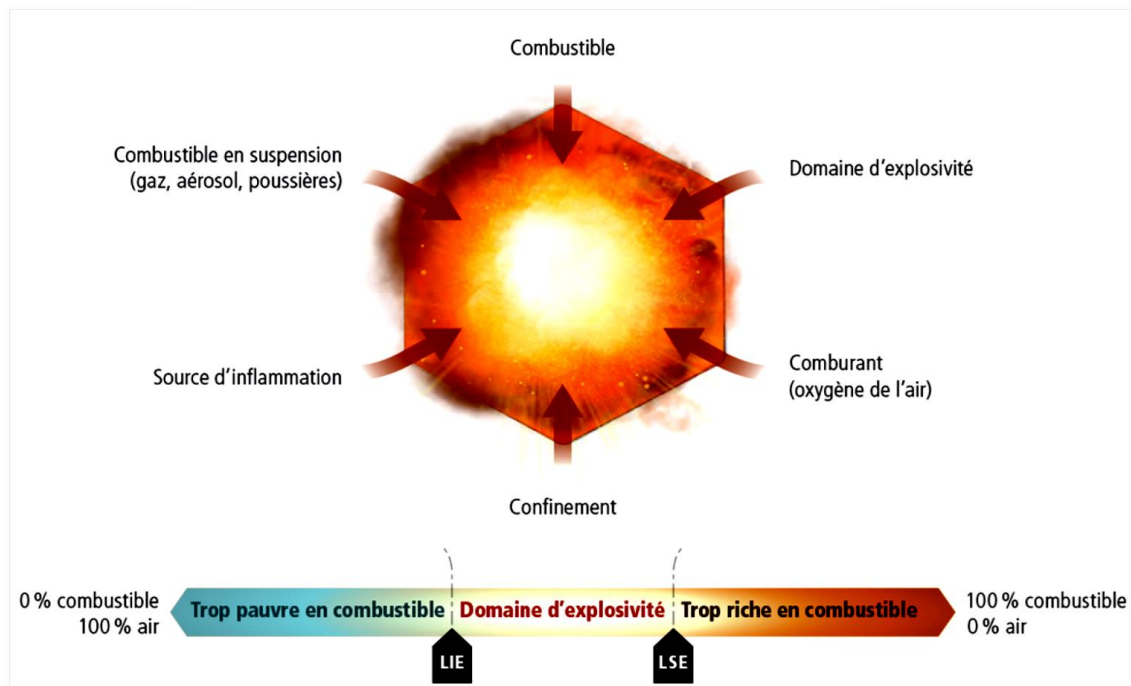


Figure I.3 : l'hexagone de l'explosion. [15]

I.6.1. Les effets de l'explosion [16]

L'explosion, produit essentiellement des effets de surpression et des effets thermiques aussi que des effets de projections.

➤ Les effets de surpression engendrés par une explosion due à la production de gaz de combustion sont relativement importants dans les cas de fort confinement et peuvent passer du cas de déflagration à celui de détonation.

➤ Les effets d'un éclatement d'un réservoir ou d'une conduite sont d'une part des effets de surpression dus à l'expansion brutale des gaz comprimés et les vaporisations instantanées d'une partie de la phase liquide et d'autre part des projections des fragments du réservoir ou de la conduite.

➤ Les effets thermiques d'une explosion sont dus au rayonnement de la flamme et des gaz chauds de combustion, leur portée et leur gravité sont variables selon l'étendue de la propagation de l'explosion et selon sa vitesse.

- Plus une explosion sera confinée ou en milieu encombré, plus la vitesse de flamme et la surpression seront grandes.

- Par ailleurs, plus les conditions d'explosion du mélange seront réunies sur une étendue vaste plus les cibles distantes seront affectées par les effets cumulatifs du rayonnement.

I.7. Feu de torche**I.7.1. Description du phénomène**

Dans l'environnement industriel, les feux de torche appelés également feuxchalumeau peuvent survenir suite à des fuites accidentelles de fluides inflammables ou à des évacuations intentionnelles de sous-produits par l'intermédiaire de torchères [17].

I.7.2. Origines

Le phénomène de feu de torche a pour origine un rejet de fluides combustibles, généralement à l'état gazeux, qui s'enflamme :

- Spontanément si sa température est suffisamment élevée.
- En raison de points chauds.
- Par démarrage d'un véhicule situé à proximité (étincelle).
- Par action de la foudre.

Afin de se prémunir de tels évènements, il est important de pouvoir prévoir et évaluer les conséquences associées aux feux torche. Pour ce faire, il est notamment nécessaire d'estimer les caractéristiques géométriques de la flamme et de déterminer le flux radiatif émis par la flamme pouvant aller jusqu'à 300 kW/m² [17].



Figure I.4 : Feu de torche. [18]

I.7.3. Les conséquences d'une feue torche

Parmi les conséquences les plus critiques, il convient de citer des pertes humaines (ouvriers, conducteurs de camions...) et matérielles (effets dominos) pouvant entraîner également une perte de production, et plus grave une propagation à d'autres installations.

Par ailleurs, quelques éléments observés donnent une idée qualitative des conséquences des feux torche :

- Les débits de fuite qui représentent des quantités importantes de combustibles rejetés (toxicité).
- L'orientation de la flamme qui peut avoir une influence déterminante sur l'occurrence d'effets dominos (thermique).
- Les hauteurs de flamme de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de mètres (thermique) [18].

I.8. BLEVE "Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion"**I.8.1. Description du phénomène**

Un BLEVE correspond à la libération brutale d'une masse de gaz liquéfié en état d'ébullition sous pression, suite à l'éclatement ou la perforation d'une enveloppe de stockage suivi d'une inflammation générale immédiate. Il s'agit d'une explosion dont les effets dominants sont les effets de rayonnement thermique plus que de surpression [17].



Figure I.5: BLEVE Crescent City (1970). [18]

I.8.2. Origines

- Corrosion ;
- Dommages ou fatigues mécaniques ;
- Hautes températures (incendie)[18].

I.8.3. Les type du BLEVE

On distingue deux types de BLEVE, le BLEVE froid et le BLEVE chaud

➤ BLEVE froid:

Lorsque le phénomène se produit à une température inférieure à la température limite de surchauffe du liquide. Visuellement, on a affaire à une explosion plutôt "molle", plutôt proche du régime de la déflagration avec production d'une boule de feu (si le liquide est inflammable) qui s'élève peu au-dessus de la citerne.

➤ BLEVE chaud:

Lorsque le phénomène se produit à une température inférieure à la température limite de surchauffe du liquide. Visuellement, on a affaire à une explosion plutôt "molle", plutôt proche du régime de la déflagration avec production d'une boule de feu (si le liquide est inflammable) qui s'élève peu au-dessus de la citerne [19].

I.8.4. Effet d'un BLEVE

- Une boule de feu : qui consume ou endommage ce qui se trouve à l'intérieur.
- Un rayonnement thermique sur le voisinage immédiat de la boule de feu. Ainsi les émittances de ce front de flamme peuvent atteindre des valeurs de plusieurs centaines de kW/ m².
- Une Onde de pression choc (détonation) : Le BLEVE est une explosion, il va donc générer une onde de choc (détonation), un important déplacement d'air qui va affecter l'environnement proche du réservoir.
- Projection de débris : Des débris sont propulsés majoritairement vers les extrémités du réservoir. Cette projection est donc imprévisible et peut parfois atteindre des proportions énormes, à plus d'un kilomètre de diamètre de la source [18].

I.9. UVCE "Unconfined Vapor Cloud Explosion"

I.9.1. Description du phénomène

C'est-à-dire explosion d'un nuage de gaz en milieu non confiné (à l'air libre). Suite à une fuite de gaz combustible un nuage formé d'un mélange d'air et de gaz combustible se forme. Lorsque ce mélange atteint les critères d'explosibilité (teneurs en combustible et en oxygène comprises

dans le domaine d'inflammabilité) et rencontre une source d'allumage, il explose. Un front de flamme se propage associé à l'expansion des gaz brûlés qui agissent sur les gaz frais environnant à la manière d'un piston pouvant donner lieu à une onde de pression aérienne (déflagration)[17].



Figure I.6: UVCE [18].

I.9.2. Origines

Les causes d'un de l'UVCE sont :

- Fuite d'un gaz combustible liquéfié ;
- Évaporation d'une flaque de liquide inflammable [18].

Une très faible énergie suffit pour initier l'explosion. Par ailleurs, l'allumage peut être différé dans le temps et par conséquent se produire à une certaine distance du lieu de la fuite.

I.9.3. Effets d'un UVCE [18]

- Une boule de feu qui consume ou endommage ce qui se trouve à l'intérieur.
- Un rayonnement thermique sur le voisinage immédiat de la boule de feu.
- Des effets de pression plus ou moins importants suivant l'encombrement du lieu de l'accident [17]

I.10. Conclusion

A travers les points abordés sur les risques industriels, nous pourrions dire que ce thème est un sujet d'actualité qui crée un sentiment croissant d'insécurité et qui fait appel à une réflexion continue et efficace. Par conséquent ces risques industriels doivent être maîtrisés par des méthodes adéquates.

CHAPITRE II
Technique Brouillard d'eau

II.1. Introduction

Un brouillard est constitué de fines gouttelettes d'eau qui se développent dans l'espace en créant un milieu contenant un mélange d'un gaz (l'air) et d'un liquide (les gouttelettes d'eau) dénommé diphasique.

Ce milieu devient rapidement homogène et prend son expansion dans l'espace, en 3 dimensions.

Cette configuration génère des propriétés particulières, à la condition que ce mélange soit stable et pour cela que les gouttelettes soient suffisamment fines.

II.2. Présentation de l'agent extincteur**II 2.1. Généralités**

Le brouillard d'eau correspond à l'utilisation d'eau sous une forme finement divisée en gouttelettes. L'agent extincteur n'est pas l'eau à proprement parler, mais bien le brouillard qui, suivant les modes de génération, sa finesse et son énergie cinétique, est doté de propriétés différentes. Cet agent extincteur n'est pas stocké, mais est produit « in situ » au niveau de la buse.

Les informations suivantes sont données à titre indicatif et doivent permettre à l'utilisateur d'acquérir une bonne compréhension des modes d'action du brouillard d'eau et de faire ainsi les distinctions nécessaires, entre les technologies. Il n'a pas paru nécessaire d'imposer des règles de métrologie et des critères d'acceptation des différents types de brouillard d'eau. L'utilisateur veillera ce que le système dont. Il bénéficie ait les mêmes caractéristiques que celles évaluées lors des essais.

II.2 .2. Caractérisation des pulvérisations d'eau et définition.

Les caractéristiques granulométriques de pulvérisations peuvent être décrites par différentes grandeurs mathématiques telles que le diamètre de sauter (SMD D_{32}), les diamètres moyens géométriques ou volumiques (D_{10} et D_{30}), ou des diamètres représentatifs ($D_{0.5}$, $D_{0.9}$, et C).

La représentation graphique des caractéristiques granulométriques est généralement effectuée au moyen d'histogrammes de distribution des diamètres ou d'une courbe cumulée de pourcentage de volume total de la pulvérisation en fonction des différents diamètres. Cette dernière est généralement utilisée car elle facilite les comparaisons entre les différentes pulvérisations d'eau. C'est au moyen de cette courbe que l'on peut déterminer les diamètres représentatifs.

La définition retenue est celle du référentiel CEN TS 14972. Cette définition est basée sur le DV_{0,9} (diamètre correspondant au volume cumulé de 90% des gouttes). Ainsi, est considérée comme brouillard d'eau, toute pulvérisation ayant un DV_{0,9} inférieur à 1mm, c'est.à.dire que 90% du volume d'eau de la pulvérisation est constitué de gouttelettes possédant un diamètre inférieur à 1mm.

Cette définition est assez large et, dans la pratique, les brouillards d'eau répondant à cette définition peuvent posséder des caractéristiques sensiblement différentes, notamment en termes de distribution de tailles des gouttes. Cette définition englobe par ailleurs des systèmes de pulvérisation d'eau conventionnels.

Les caractéristiques des brouillards d'eau sont aussi parfois représentées sous forme de courbes indiquant, pour chaque diamètre, quelle proportion de la pulvérisation es occupée par des gouttes de diamètre inférieur.

Si l'on considère 90% du volume de la pulvérisation pour déterminer la valeur des diamètres représentatifs correspondant (DV_{0,9}), pour chaque type de pulvérisation présenté sur les courbes ci-dessus, on constate que toutes les pulvérisations appartiennent, selon la définition précédente, à la gamme des brouillards d'eau (tous les DV_{0,9} déterminés étant inférieurs à 100 µm).

C'est également en utilisant les distributions cumulatives en volume que la NFPA 750 a proposé une séparation des brouillards d'eau en 3 classes, par ailleurs bien différenciées d'un point de vue expérimental.

Tableau II.1 : définition de brouillards d'eau en trois classes

Classe I	Classe II	Classe III
DV _{0,9} ≤ 200 µm	200 µm < DV _{0,9} ≤ 400µm	400µm < DV _{0,9} ≤ 1000µm

Si l'on superpose cette proposition de classification aux courbes précédentes, aux courbes précédentes, on constate que A appartient à la classe I, B appartient à la classe II et C est un brouillard de classe III. Il faut noter que la classe III est large et peut englober des technologies de pulvérisation d'eau.

Les brouillards d'eau de classe I sont plutôt préconisés dans les situations où l'on souhaite maximiser le refroidissement d'une phase gazeuse (air ou fumées par exemple) de par leur proportion plus grande de fines gouttes.

Les brouillards d'eau de classe I et II permettent l'extinction de feux de liquides inflammables en limitant les projections sur leur surface.

Les brouillards d'eau de classe III sont plutôt réservés aux situations où l'on souhaite un refroidissement du foyer solide, une pénétration de l'eau efficace et où l'on tolère une quantité d'eau plus importante. Cette classe de pulvérisation d'eau est plus adaptée aux feux de combustibles solides et moins adaptée au refroidissement de phase gazeuse.

Au-delà de la granulométrie, la densité de brouillard d'eau (masse d'eau en suspension dans un volume donné d'air) et les caractéristiques dynamiques de la pulvérisation, influencées notamment par la vitesse en sortie de buse, sont également des paramètres importants conditionnant la qualité, les performances et l'adéquation du brouillard d'eau généré au type de foyer) combattre.



Figure II.1 : Les différentes tailles des gouttelettes.

II.2.3 Compatibilité avec les classes de feu.

Le brouillard d'eau est compatible avec les feux de classe A, B, C et F.

II.2.4. Limites d'utilisation.

Le brouillard d'eau ne doit pas être utilisé directement sur des matériaux qui réagissent avec l'eau en donnant des réactions violentes ou des quantités significatives de produits dangereux.

Ces matériaux comprennent notamment :

- a- Les métaux réactifs tels que le lithium, le sodium, le potassium, le magnésium, le titane, le zirconium, l'uranium et le plutonium ;
- b- Les alcoolates de métaux tels que le méthylate de sodium ;

- c- Les amidures de métaux tels que l'amidure de sodium ;
- d- Les carbures tels que le carbure de calcium ;
- e- Les halogénures tels que le chlore de benzoyle et le chlore d'aluminium ;
- f- Les hydrures tels que l'hydruure d'aluminium.lithium ;
- g- Les oxyhalogénures tels que l'oxybromure de phosphore ;
- h- Les silanes tels que le trichlorométhylsilane ;
- i- Les sulfures tels que le pentasulfure de phosphore ;
- j- Les cyanates tels que l'isocyanate de méthyle ;
- k- Les gaz liquéfiés aux températures cryogéniques, qui peuvent être ramenés à ébullition par la chaleur apportée par l'eau.

II.2.5. Modes d'action du brouillard d'eau.

L'action du brouillard d'eau repose sur plusieurs mécanismes, souvent combinés :

- Refroidissement des flammes et du combustible ;
- Recirculation des produits en combustion ;
- Atténuation du rayonnement thermique ;
- Effet d'appauvrissement d'oxygène lié à la vaporisation de l'eau ; cet effet peut être plus ou moins généralisé (localisé au niveau des flammes ou généralisé au volume) suivant les configurations (taille de type du local, ratio puissance de feu/foyer notamment).

II.2.5.1. Refroidissement.

L'eau est un très bon piège thermique. L'élévation d'un kilogramme d'eau liquide de 20° C à 100° C nécessite 335 KJ et sa vaporisation demande 2257 KJ/Kg supplémentaires, soit un total de 2592 KJ/Kg.

Plus les gouttes sont fines et plus la surface d'échange est grande. En conséquence, si les conditions de température le permettent, la vitesse de vaporisation sera plus grande et le refroidissement de l'ambiance consécutif à l'absorption d'énergie par l'eau pour sa vaporisation sera plus rapide.

Tableau II.2 : la variation de la surface d'échange en fonction du diamètre des gouttelettes d'eau.

Diamètre des gouttes (mm)	Volume d'un goutte (µl)	Nombre de gouttes par litre (en millions)	Surface d'échange par litre d'eau (m ²)
1	0,52	1,9	6

0,3	0,014	71	20
0,1	0,00052	1910	60
0,03	0,000014	70736	200
0,01	0,00000052	1909860	600

Le refroidissement lié à l'eau agit sur les flammes et l'air chaud ainsi que sur les matériaux en feu.

II.2.5.1.1. Refroidissement d'une flamme ou de gaz de combustion.

La finesse des gouttelettes du brouillard d'eau implique une surface d'échange importante permettant d'exploiter son potentiel d'évaporation et d'absorption des calories.

Le refroidissement de la flamme participe à son extinction. Il faut aussi noter que le refroidissement d'un nuage de fumée peut empêcher son auto-inflammation lorsqu'il arrive au contact d'air frais.

II.2.5.1.2. Refroidissement des matériaux en feu.

Le contact eau.matériau est limité par la surface du matériau en feu. La finesse de brouillard d'eau n'est pas essentielle mais peut être utilisée à profit pour limiter les chocs thermiques. Un refroidissement efficace nécessite par contre un débit d'eau suffisant et un bon recouvrement liquide.solide.

Si l'on souhaite par exemple optimiser le refroidissement d'une atmosphère chaude, un brouillard très fin est préférable. En revanche, si l'on souhaite maximiser le refroidissement de solides combustibles, un brouillard comportant une plus grande proportion de grosses gouttelettes donnera de meilleurs résultats.

II.2.5.2. Diminution de la concentration globale en oxygène dans les locaux.

La formation de vapeur d'eau contribue mécaniquement à faire baisser la concentration en oxygène dans l'air des locaux clos. Pour le cas de foyers important dans un petit volume, le brouillard d'eau peut se vaporiser et l'action de la vapeur produit un effet d'étouffement pouvant conduire à l'extinction. Une température minimale ambiante suffisante (65°C.75°C) est nécessaire pour constater cet effet lié à la vapeur d'eau car, pour un volume saturé en eau (sous l'action du brouillard), la proportion en volume pour l'eau sous forme vapeur est limitée par la pression de vapeur saturante de l'eau dans l'air.

Les produits de combustion du foyer peuvent également participer à l'appauvrissement de la concentration en oxygène dans les locaux protégés.

II.2.5.3. Diminution localisée de la concentration en oxygène au voisinage du foyer

Au voisinage du foyer, les gouttelettes d'eau se transforment en vapeur, ce qui contribue à diminuer localement la concentration en oxygène.

II.2.5.4. Combinaisons des modes d'action.

Dans la pratique, les modes d'action interviennent de manière souvent combinée. En fonction des situations et de l'objectif de protection, les caractéristiques du brouillard d'eau peuvent être adaptées de manière à favoriser tel ou tel mode d'action.

II.2.6. Spécificités du brouillard d'eau.**II.2.6.1. Excellent potentiel de refroidissement des phases gazeuses.**

C'est de loin la spécificité essentielle du brouillard d'eau par rapport à d'autres technologies d'extinction à base d'eau.

II.2.6.2. Atténuation du rayonnement thermique.

Tout comme la conduction et la convection, le rayonnement thermique est un mode de transfert de la chaleur. Il contribue à la propagation d'un incendie. Un brouillard d'eau convenablement dimensionné peut notablement atténuer le rayonnement thermique.

Les mécanismes prépondérants dans l'atténuation sont l'absorption, la réflexion et la diffraction.

Les principaux paramètres intervenant dans l'efficacité de l'atténuation sont :

- La densité du brouillard d'eau ;
- L'épaisseur de l'écran de brouillard d'eau ;
- La classe de brouillard d'eau ;
- L'homogénéité de la répartition.

Un taux global d'atténuation de 50% peut être facilement atteint.

Un brouillard d'eau peut être traversé par les flammes, dans ce cas, le taux global d'atténuation devient presque nul. Pour ces raisons, l'écran de brouillard d'eau ne peut donc pas être considéré comme un élément séparatif.

II.2.6.3. Précipitation des fumées.

Peu de données sont disponibles sur le sujet.

- Particule et suies.

Les effets du brouillard d'eau sur la précipitation des particules et suies n'ont pas été quantifiés à ce jour. Dans les conditions normales d'utilisation, le brouillard d'eau ne saurait laver complètement les fumées avec un niveau comparable à un dispositif dédié.

- Gaz de combustion.

Les gaz hydrosolubles sont susceptibles d'être captés avec une certaine efficacité en utilisant des systèmes appropriés. Les gaz peu ou pas solubles tel que le monoxyde de carbone ne peuvent pas être captés, mais dispersés par l'action du brouillard d'eau (avec diminution des concentrations locales).

II.2.6.4. Diminution de la visibilité.

Le brouillard d'eau peut avoir deux effets sur la visibilité :

- Atténuation de la lumière et donc diminution de la distance de visibilité (qui peut se réduire à quelques mètres) ;
- Diffusion de la lumière dans différentes directions avec perte de contraste, ce qui tend à désorienter les personnes qui y sont prises.

Ces effets sont à prendre en compte pour l'évacuation dans les locaux normalement occupés. La déstratification de la couche de fumées est également à prendre en compte.

Le concepteur du système prévoira des mesures appropriées de manière à éviter la concomitance des situations suivantes :

- Nécessité d'un déclenchement précoce ;
- Système brouillard d'eau réduisant fortement la visibilité ;
- Présence de personnel ;
- Eloignement des issues.

II.2.6.5. Conductivité électrique.

La conductivité au cœur d'une fine pulvérisation d'eau est limitée mais l'eau de ruissellement, quant à elle, est conductrice.

La conductivité de l'eau augmente avec les concentrations en additif.

L'eau déminéralisée peut devenir conductrice car cette dernière se trouve rapidement polluée lors de l'émission par les poussières et les fumées.

la mise hors.tension des équipements exposés est conseillé.

Les distances minimales conseillées entre les buses et les matériels électriques sous tension sont présentées en annexe 2 à titre informatif (données NFPA).

II.2.6.6. Volumes d'eau mis en œuvre.

Pour certaines applications, le brouillard d'eau permet d'obtenir de bon résultats avec des quantités d'eau modérées, avec les avantages suivants :

- Tuyauteries de faible diamètre ;
- Réserves d'eau à capacités réduites ;
- Surcharges en toiture réduites ;
- Réduction des dégâts liés à l'eau.

II.2.6.7. Limitation des chocs thermique.

En permettant un refroidissement progressif et homogène des surfaces chaudes, les chocs thermiques peuvent être évités. La faible quantité d'eau de mise en œuvre permet de limiter également les effets de choc thermique sur les zones d'accumulation d'eau résiduelle.

II.2.6.8. Utilisation sur des feux d'hydrocarbures sans recours à un additif.

un brouillard d'eau adapté est capable d'éteindre les feux d'hydrocarbures sans nécessiter d'additif, le refroidissement des surfaces est nécessaire pour éviter toute réinflammation.

II.2.6.9. Limitation des projections sur feux de classe F.

il est possible d'adapter les caractéristiques du brouillard d'eau pour permettre l'extinction d'un feu de classe f en minimisant le risque de projections.

II.2.7. Objectif de performance.

Trois niveaux d'efficacité peuvent être retenus pour les objectifs de performance des systèmes de protection par brouillard d'eau :

- Extinction de l'incendie.
C'est l'élimination complète et définitive de tout feu à flamme vive ou de tout feu couvant.
- Suppression de l'incendie
C'est l'élimination complète et définitive de tout feu à flamme vive ou de tout feu couvant.
- Contrôle de l'incendie.
C'est la réduction significative du débit calorifique et la prévention de la reprise du feu.
- Contrôle de l'incendie.

C'est la limitation du développement de l'incendie et la prévention des dommages structurels (par refroidissement des objets, des gaz présents à proximité et/ou par pré.mouillage des éléments combustibles présent à proximité).

II.2.8. Paramètres conditionnant l'efficacité d'une protection par bouillard d'eau.

II.2.8.1. L'analyse de risque.

L'analyse de risque est un pré.requis indispensable permettant l'adéquation du système avec le risque à protéger.

II.2.8.2. Mode d'activation du système.

Les possibilités d'activation des systèmes brouillard d'eau sont très diversifiées et peuvent s'adapter à de multiples configurations. Le choix du mode d'activation est un élément clef, conditionnant notamment la précocité de déclenchement du système.

II.2.8.3. Granulométrie adaptée.

Un brouillard très fin optimisera les effets de refroidissement d'une ambiance gazeuse et d'atténuation du rayonnement.

Les gouttes de taille plus importante jouent cependant un rôle important :

- Aide au déplacement des gouttes de plus petites dimensions ;
- Durée de vie accrue (résistance à la vaporisation immédiate :
- Pénétration favorisée au cœur du foyer (surtout pour le refroidissement de combustibles solides) ;
- Résistance supérieure à la ventilation.

II.2.8.4. Energie cinétique adaptée

L'énergie cinétique est un paramètre important conditionnant la pénétration dans le foyer, la durée de vie des gouttelettes et le contournement des obstacles.

II.2.8.5. Taux d'application.

Les taux d'application volumique et surfacique conditionnent la densité de trouillard d'eau susceptible de parvenir au foyer. Les taux d'applications sont notablement variables selon les applications et l'objectif de performance recherché.

II.2.8.6. Durée d'émission.

Ce paramètre fondamental est fonction des applications et du niveau de performance du système de protection par brouillard d'eau.

II.2.8.7. Prise en compte de la ventilation.

De par la finesse de ses gouttelettes le brouillard d'eau est sensible aux mouvements aérauliques, dans tous les cas où cela est possible, les systèmes de ventilation doivent être coupés lors de l'émission de l'agent extincteur. Dans le cas contraire, l'installateur doit préciser, sur la base d'essais, les conditions acceptables en termes de ventilation.

II.2.8.8. Étanchéité de l'enceinte protégée.

Pour le système utilisé en protection de volume, et même si le brouillard d'eau se montre beaucoup moins sensible que les agents extincteurs gazeux, l'installateur doit préciser, sur la base d'essais, le taux d'ouverture acceptable pour tout local à protéger.

II.2.8.9. Positionnement des buses.

Le positionnement adéquat des buses conditionne fortement le succès d'une protection par brouillard d'eau.

La prise en compte des obstacles est fondamentale car le brouillard d'eau ne contourne pas u peu les obstacles comme le feraient les agents extincteurs gazeux.

Dans le cas d'une protection de volume, si l'effet de vaporisation du brouillard d'eau est prépondérant (mode d'action 2.5.2) et si les produits de combustion du foyer participent également à l'extinction, il est possible d'éteindre les foyers cachés sans avoir recours à des placements de buses ciblés. Un placement homogène des buses dans le local à protéger peut alors suffire.

Dans le cas contraire, il est nécessaire d'attendre, au niveau des petits foyers cachés, une densité critique de brouillard d'eau pour refroidir les flammes et la surface du combustible. Seules de buses judicieusement placées permettent d'atteindre ce résultat.

II.2.8.10 Respect des hauteurs des buses, des distances à l'objet et des espacements.

Respecter les hauteurs des buses, les distances à l'objet et les espacements validés dans les essais est la condition indispensable pour garantir une quantité de brouillard d'eau suffisante au niveau du foyer, une énergie cinétique adaptée et un brouillard d'eau avec des caractéristiques granulométriques efficaces.

Ne pas perdre de vue qu'augmenter la hauteur des buses (par exemple en les installant dans un local de 5 m de hauteur de plafond au lieu de 3m diminue le taux d'application volumique dans le rapport des hauteurs et donc la densité efficace de brouillard d'eau parvenant au foyer.

Les hauteurs maximales généralement rencontrées pour l'installation des buses sont de l'ordre de 5 à 6m.

Des hauteurs supérieures peuvent être prises en compte par des buses spécifiques, validées par des essais ou des dispositions particulières (réseau intermédiaire).

Il convient de respecter également une distance minimale buse.foyer, notamment en protection d'objet. Une distance trop faible peut gêner la formation de brouillard ou provoquer par exemple des projections indésirables au niveau du foyer.

II.3. Les technologies de fabrication

Les technologies de fabrication du brouillard d'eau sont très variables. Les principaux paramètres sont les suivants :

- Pression de mise en œuvre (haute, moyenne ou basse) ;
- Présence ou non d'un gaz d'entraînement (mono ou double fluide) ;
- Technique de génération du brouillard au niveau de la buse.

II.3.1. Pression de mise en œuvre.

Il est distingué 3 domaines de pression de mise en œuvre des systèmes :

Tableau II.3 : domaines de pression de mise en œuvre des systèmes

Basse pression	Pression inférieure à 12,5 bar
Moyenne pression	Pression comprise 12,5 et 35 bar

II.3.2. Gaz d'entraînement

La présence ou non d'un gaz d'entraînement définit les systèmes simple ou double fluide. Dans le système simple fluide, l'eau seule parvient aux buses par l'intermédiaire d'une canalisation unique. Le brouillard d'eau est obtenu par :

- Passage forcé du liquide à travers un orifice ;
- Eclatement d'un jet sur un déflecteur ;

- Interaction de deux jets en sortie de buse.

Dans le système double fluide, les buses sont alimentées par deux canalisations, l'une contenant l'eau et l'autre contenant un gaz (azote ou air comprimé). Le brouillard s'obtient par la rencontre de ces deux fluides au sein de la buse ou en sortie de buse. Dans le cas d'une canalisation unique transportant de l'eau et du gaz, on parle de système diphasique.

La conception des buses influe sur l'angle d'ouverture du cône du brouillard formé :

- Certaines buses sont très directionnelles et sont destinées à viser directement un foyer ;
- D'autres buses forment plutôt un brouillard diffusant, destiné à une protection d'ambiance ;
- Les buses peuvent être équipés d'un élément sensible à la température permettant son ouverture ;
- L'ouverture des buses peut être pilotée.

II.4. Composants

II.4.1. Généralités

Les composants doivent être conformes aux exigences réglementaires applicables les concernant et notamment aux textes suivants :

- Equipements sous pression (directive 97/23 CE du 27 mai 1997) ;
- Equipement sous pression transportables (directive 1999/36 CE du 28 avril 1999 modifiée) ;
- Normes harmonisées prévues dans le cadre de la directive produite de construction (directive 89/106 CEE du 21 décembre 1988 modifiée) pour les composants rentrant dans le champ d'application.

D'une manière générale, les composants basse pression rentrant dans le champ d'application de la série des normes NF EN 12259 doivent répondre aux exigences les concernant. Les composants haute pression équivalents d'un point de vue fonctionnel doivent répondre aux caractéristiques essentielles des essais prévus dans les parties correspondantes de la norme.

II.4.2. Composants du système de détection.

Les composants du système de détection automatique d'incendie doivent satisfaire aux exigences des parties correspondantes de la norme NF EN 54.

II.4.3. Tuyaux et Raccords.

Les tuyaux et raccords sont d'un matériau résistant la corrosion intérieure et extérieure (acier inox, acier protégé par traitement de surface, cuivre...), à l'incendie et aux conditions d'exploitation.

Les tuyaux doivent comporter un marquage sur toute leur longueur de manière à permettre leur identification (type, constructeur, numéro de lot...).

II.4.4 Flexibles.

Les flexibles doivent être conçus dans des matériaux adaptés à l'environnement et comporter une indication claire du fabricant, du numéro de lot et de la pression maximale de service.

II.4.5. Filtres et crépines.

Les dispositifs de filtration utilisés doivent être résistants à la corrosion. Le sens de l'écoulement doit être précisé sur le corps du filtre.

II.4.6. Organe de commande.

En l'absence de normes spécifiques pour les composants des systèmes brouillard d'eau, l'installateur pourra utiliser en référence les normes européennes relatives aux systèmes d'extinction automatique à eau et à gaz.

Les organes de commande (basse, moyenne et haute pression) doivent être adaptés aux conditions de pression, de température et d'environnement qui leur sont imposées et doivent répondre, lorsque c'est applicable, aux critères d'acceptation des caractéristiques essentielles des essais énumérés dans la partie appropriée des normes européennes.

Un dispositif doit être pour tester la bonne activation de l'organe de commande, par exemple par l'ouverture d'une vanne d'essai en aval. Les systèmes à réserve de gaz pourront faire l'objet d'essais fonctionnels sans décharge de gaz.

II.4.7. Clapets Anti.Retour.

Les clapets anti-retour doivent être compatibles avec la pression de mise en œuvre du système.

II.4.8. Soupapes de sécurité.

Les soupapes de sécurité doivent être conçues pour résister à une pression égale à 13% de la pression maximale de service conformément à la directive 97/23 CE.

II.4.9. Buses de Diffusions.

Les buses doivent être réalisées dans un matériau résistant à la corrosion et à la chaleur. Elles doivent être conçues de manière à offrir un niveau de résistance suffisant aux impacts mécaniques.

Les buses doivent porter une indication indélébile identifiant le constructeur, le modèle ainsi que la date de fabrication et/ou le numéro de série.

En outre, les buses doivent avoir fait l'objet d'essais d'un niveau d'exigence comparable aux essais définis dans l'annexe D du document CEN TS 14972.

Les éléments sensibles à la chaleur équipant les buses automatiques doivent posséder un codage couleur, conformément à la norme NF EN 12259.1.

II.5. Exigences Minimales d'installation.**II.5.1. Fluides****II.5.1.1 Qualité de l'eau**

L'installateur doit préciser la qualité de l'eau acceptable pour son système brouillard d'eau. A la conception du système, une analyse de l'eau doit être effectuée afin de déterminer sa compatibilité (PH, dureté, dureté, matières en suspension) avec les exigences technologiques du système installé.

L'eau utilisée doit être exempte de particules fibreuses ou de matières en suspension susceptibles de causer des accumulations dans le réseau.

Les systèmes à réservoirs à chasse de pression sont remplis avec de l'eau potable ou déminéralisée.

II.5.1.2. Conservation de l'eau.

L'installateur doit justifier la durée de conservation de l'eau en fonction des traitements apportés à l'eau.

L'installateur doit justifier la durée de conservation de l'eau en fonction des traitements apportés à l'eau.

L'eau stagnante doit être traitée ou remplacée périodiquement pour éviter toute détérioration liée au développement d'algues ou de micro.organismes.

Les réserves non traitées doivent faire l'objet d'une analyse annuelle et vidangées tous les 3 ans.

II.5.1.3. Additifs.

Les additifs éventuellement employés peuvent être de plusieurs natures :

- Agent antigel (cas des réseaux sous eau) ;
- Agent anticorrosion ;
- Agent limitant le développement des microorganismes des algues ;
- Agent permettant d'améliorer l'efficacité du brouillard d'eau (tel émulseur).

La compatibilité des différents agents utilisés doit être démontrée :

- Entre additifs ;
- Avec la nature des revêtements des réservoirs et la nature des matériaux constituant le réseau de la distribution.

L'utilisation d'additif doit être clairement identifiée par étiquetage sur les réservoirs.

La sécurité des personnes doit être prise en compte lors du choix de l'additif.

II.5.1.4. Qualité du gaz propulseur.

Le gaz propulseur ne doit pas présenter de risques vis.à.vis de l'homme et de l'environnement.

Les agents propulseurs utilisés sont notamment l'azote et l'air comprimé.

Tableau II.4 : Les gaz doivent être exempts de résidus liquides et solides et répondre aux spécifications suivantes :

Humidité (% massique)	< 50 ppm
Résidus non volatils (% massique)	< 0,01 %
Impuretés	< 20 ppm

Il appartient à l'installateur de démontrer la compatibilité du gaz vis.à.vis du matériel utilisé (stockage et distribution).

II.5.2. Filtration.

Certaines technologies de brouillard d'eau utilisent de très petits orifices qui peuvent de ce fait ce trouver facilement obturés par des corps étrangers. La qualité de la filtration est donc importante pour garantir un bon fonctionnement.

Les différents éléments de filtration équipant le système brouillard d'eau permettent de garantir une eau compatible avec les différents matériels et buses utilisés.

Les dispositifs de filtration utilisés doivent être adaptés à la qualité de l'eau et la technologie des buses.

Les systèmes comprennent au minimum :

- 2 niveaux de filtration pour les systèmes à pompes (entrée de la pompe, entrée de la buse) si le diamètre de passage libre du ou des orifice(s) de la buse est inférieur à 4 mm ;
- 1 niveau de filtration pour les systèmes à réservoirs à chasse de pression, situé à l'entrée des buses si le diamètre de passage libre du ou des orifice(s) de la buse est inférieur à 4mm.

Les filtres utilisés doivent être choisis de manière à retenir une particule sphérique de 0,8 fois le diamètre de passage libre de la buse.

Les filtres doivent être accessibles en vue de leur maintenance.

Il est conseillé d'utiliser des filtres (hors filtres de buses) munis d'un dispositif de purge et d'un dispositif permettant leur inspection et/ou leur remplacement.

L'état des filtres doit être vérifié :

- A l'issue de chaque fonctionnement ;
- Avec la périodicité précisée par l'installateur, notamment en fonction de la qualité de l'eau.

II.5.3. Sources d'eau.

Les sources d'eau sont variables en fonction des applications et de l'autonomie requise.

Les sources d'eau doivent être capables d'assurer l'alimentation du système au débit et la pression requis, elle doit être définie pour assurer l'autonomie nécessaire en fonction de l'application et de l'objectif de protection.

Ces sources doivent être fiables et dédiées à l'incendie.

II.5.3.1. Sources d'eau possibles.

II. 5.3.1.1. Groupe pompage puissant dans une réserve dédiée à l'incendie.

La pompe peut être une électropompe, une électropompe secourue, une motopompe diesel, un pompe à motorisation pneumatique.

✓ **La réserve doit comporter :**

- Une trappe de visite ;
- Un indicateur de niveau ;
- Un trop plein ;
- Un dispositif de vidange ;
- Un dispositif de réalimentation, manuelle ou automatique.

Les réserves à ciel ouvert ne sont pas autorisées, sauf si des dispositions spécifiques permettent d'assurer la disponibilité, ainsi qu'un niveau de filtration compatible avec le système.

II. 5.3.1.2. Réservoir d'eau sous pression permanente ou raccordé à une réserve de gaz comprimé.

Ce type de source d'eau doit comporter :

- Un système de surveillance de la pression du gaz (contrôle visuel et/ou report vers le tableau de signalisation) ;
- Un dispositif de contrôle du niveau de l'eau pour les réserves d'eau équipées d'un système de purge en parti basse.

Les réservoirs remplis en usine doivent comporter une indication de chargement. Le chargement des réservoirs doit être effectué par du personnel compétant, avec des pièces d'origine et conformément aux prescriptions du constructeur.

Les réservoirs doivent être conçus dans un matériau résistant à la corrosion ou comporter un revêtement interne résistant à la corrosion.

Le système doit comporter un dispositif de détection de circulation d'eau permettant de rendre compte de toute vidange totale ou partielle du réservoir d'eau.

Les bouteilles de gaz doivent être équipées d'un dispositif de déclenchement automatique et d'un déclencheur mécanique manuel de secours.

Les bouteilles de gaz, les raccords de vanne et les accessoires doivent être disposés de manière à être accessibles pour tous contrôles, essais et autres travaux de maintenance.

Le gaz doit être disponible en permanence et prévu uniquement pour le système de protection par brouillard d'eau.

Les réservoirs d'eau et de gaz doivent :

- Pouvoir être facilement montés et correctement fixé, conformément au manuel d'installation ;
- Facilement accessibles, même en cas d'incendie (notamment pour l'accès du déclencheur manuel de secours) ;
- Etre situés en un emplacement ou ils ne peuvent être :
 - Soumis à des conditions climatiques sévères.
 - Endommagés du fait de contraintes mécaniques, chimiques ou autres.

Tableau II.5 : En complément des marques réglementaires, les informations suivantes doivent être apposées sur chaque réservoir :

Réservoir d'eau	Réservoir de gaz
Nom du constructeur	Nom du constructeur
Quantité d'eau stockée (l)	Nature du gaz
Nature des additifs le cas échéant	Quantité de gaz (kg)
Date du dernier remplissage	Valeur de la pression et de la température de remplissage
Durée maximale de conservation	Température minimales et maximales de stockage relation pression/température (courbe ou tableau)
Températures minimales et maximales de stockage	Date de fabrication
Date de fabrication	

Les réservoirs doivent être stockés dans un local dédié. En cas d'impossibilité, ils seront stockés dans un local séparé du risque en respectant les exigences ci.après.

Il est admis de stocker les réservoirs dans le local contenant l'objet à protéger, à condition que les commandes manuelles soit situées en dehors de la zone ou du volume protégé(e).

La zone de stockage des réservoirs doit être dans tous le cas :

- Clairement identifiée ;
- Inaccessible aux personnes non autorisée ;

- Maintenu normalement dans des limites de températures prescrites par l'installateur et compatibles avec le gaz ;
- Suffisamment ventilate ;
- Claire.

Il doit être démontré par calcul que la quantité de gaz mis en œuvre n'est pas de nature à présenter un risque pour les personnes dans le local protégé. Dans le cas contraire, il conviendra d'appliquer les dispositions prévues par la règle APSAD R13.

II.5.3.1.3. Réseau d'eau public surprise.

L'autorisation du service des eaux est nécessaire avant tout raccordement.

Les caractéristiques hydrauliques à prendre en considération sont celles correspondant à la pression minimale du réseau, hors puisage lié à la protection incendie. Cette pression peut être obtenue auprès du service des eaux ou au moyen d'enregistrements.

Un système anti-pollution de type disconnecteur est à prévoir.

Un plan du réseau d'alimentation en eau de ville et le schéma de raccordement doivent être établis.

Le réseau d'eau public doit être capable d'assurer, aux heures de plus grande consommation et aux pressions requises, le débit cumulé correspondant à l'alimentation :

- Dus système brouillard d'eau ; ce débit est majoré de 25%
- Des autres systèmes éventuellement en place raccordés sur le réseau d'eau public (rideau d'eau, sprinkleur, robinets d'incendies armés, bouches et poteau d'incendie...).

Le supprimer put être :

- Une électropompe ;
- Une électropompe secourue ;
- Une motopompe diesel ;
- Une pompe à motorisation pneumatique.

II.5.3.1.4. Alimentation des moteurs électriques.

L'ensemble de l'alimentation électrique ainsi que tous câblages associés à une pompe à moteur électrique, y compris les circuits de surveillance, doivent être conformes aux réglementations et normes en vigueur.

L'alimentation des pompes et des équipements électriques doit se faire par un circuit indépendant réservé à ce seul usage. Il est rappelé que les dispositifs nécessaires pour permettre la

mise hors tension de l'installation électrique de l'établissement ne doivent pas couper l'alimentation électrique du système de protection par brouillard d'eau (l'installation de sécurité).

II.5.3.2. Choix et fiabilité des sources d'eau.

Le choix des sources d'eau est fonction :

- Du risque à protéger ;
- De l'objectif de performance revendiqué.

Tableau II.6 : Choix des sources d'eau en fonction du risque à protéger Et de l'objectif de performance revendiqué

Objectif de performance possible et autonomie correspondante	Présence du public	Protection d'objet	Protection de biens	
			Risque moyen	Risque élevé
<u>Extinction de l'incendie</u> 10 min minimum ou deux fois le temps nécessaire à l'extinction (plus grande des 2 valeurs)	Sources I,J (30 ou 60 minutes autonomie)	Sources I, J, L (K, M note1) (note4)	Sources I, J, L (K note3)	Sources I, J, L
<u>Suppression de l'incendie</u>	Sources I, J	Sources I, J, L (K, M note 1)	Sources I, J, L (K note3)	Sources I, J, L
<u>Contrôle de l'incendie</u> 30 ou 60 minutes (note2)	Non	Non applicable	Sources I, J, L	Sources L, J, L (60 minutes autonomie)
Note 1.Le choix d'une source K ou M se fera en accord avec le prescripteur. Note2.L'autonomie de 30 ou 60 minutes sera choisie en fonction du délai d'arrivée des secours et en accord avec le prescripteur. Note 3.Le choix de la source K se fera en accord avec le prescripteur. Note 4.Pour le car particulier des systèmes utilisés en protection d'objet et dont l'objectif de performance est l'extinction : voir 5.3.3.				

II.5.3.3 Qualité de l'eau

L'installateur doit préciser la qualité de l'eau acceptable pour son système brouillard d'eau. A la conception du système, une analyse de l'eau doit être effectuée afin de déterminer sa compatibilité (pH, dureté, matières en suspension) avec les exigences technologiques du système installé.

L'eau utilisée doit être exempte de particules fibreuses ou de matières en suspension susceptibles de causer des accumulations dans le réseau.

Les systèmes à réservoirs à chasse de pression sont remplis avec de l'eau potable ou déminéralisée.

Conservation de l'eau

L'installateur doit justifier la durée de conservation de l'eau en fonction des traitements apportés à l'eau.

L'eau stagnante doit être traitée ou remplacée périodiquement pour éviter toute détérioration liée au développement d'algues ou de micro.organismes.

Les réserves non traitées doivent faire l'objet d'une analyse annuelle et vidangées tous les 3 ans.

Additifs

Les additifs éventuellement employés peuvent être de plusieurs natures:

- agent antigel (cas des réseaux sous eau);
- agent anticorrosion;
- agent limitant le développement des micro.organismes et des algues;
- agent permettant d'améliorer l'efficacité du brouillard d'eau (tel émulseur).

La compatibilité des différents agents utilisés doit être démontrée :

- entre additifs;
- avec la nature des revêtements des réservoirs et la nature des matériaux constituant le réseau de distribution.

L'utilisation d'additif doit être clairement identifiée par étiquetage sur les réservoirs.

La sécurité des personnes doit être prise en compte lors du choix de l'additif.

Qualité du gaz propulseur

Le gaz propulseur ne doit pas présenter de risques vis.à.vis de l'homme et de l'environnement.

Les agents propulseurs utilisés sont notamment l'azote et l'air comprimé.

Tableau II.7: Les gaz doivent être exempts de résidus liquides et solides et répondre aux spécifications suivantes :

Humidité (% massique)	< 50 ppm
Résidus non volatils (% massique)	< 0,01 %
Impuretés	< 20 ppm

Il appartient à l'installateur de démontrer la compatibilité du gaz vis.à.vis du matériel utilisé (stockage et distribution).

II.5.3.4 FILTRATION

Certaines technologies de brouillard d'eau utilisent de très petits orifices qui peuvent de ce fait se trouver facilement obturés par des corps étrangers. La qualité de la filtration est donc importante pour garantir un bon fonctionnement.

Les différents éléments de filtration équipant le système brouillard d'eau permettent de garantir une eau compatible avec les différents matériels et buses utilisés.

Les dispositifs de filtration utilisés doivent être adaptés à la qualité de l'eau et à la technologie des buses.

Les systèmes comprennent au minimum :

- 2 niveaux de filtration pour les systèmes à pompes (entrée de la pompe, entrée de la buse) si le diamètre de passage libre du ou des orifice(s) de la buse est inférieur à 4 mm;
- 1 niveau de filtration (entrée de la pompe) pour les systèmes à pompes si le diamètre de passage libre des orifices de la buse est supérieur ou égal à 4 mm;
- 1 niveau de filtration pour les systèmes à réservoirs à chasse de pression, situé à l'entrée des buses si le diamètre de passage libre du ou des orifice(s) de la buse est inférieur à 4 mm.

Les filtres utilisés doivent être choisis de manière à retenir une particule sphérique de 0,8 fois le diamètre de passage libre de la buse.

Les filtres doivent être accessibles en vue de leur maintenance.

Il est conseillé d'utiliser des filtres (hors filtres de buses) munis d'un dispositif de purge et d'un dispositif permettant leur inspection et/ou leur remplacement.

L'état des filtres doit être vérifié :

- à l'issue de chaque fonctionnement;
- avec la périodicité précisée par l'installateur, notamment en fonction de la qualité de l'eau.

II.5.3 SOURCES D'EAU

Les sources d'eau sont variables en fonction des applications et de l'autonomie requise.

Les sources d'eau doivent être capables d'assurer l'alimentation du système au débit et à la pression requis. Elle doivent être définies pour assurer l'autonomie nécessaire en fonction de l'application et de l'objectif de protection.

Ces sources doivent être fiables et dédiées à l'incendie.

II.5.3.1 Sources d'eau possibles

Groupe de pompage puisant dans une réserve dédiée à l'incendie

La pompe peut être une électropompe, une électropompe secourue, une motopompe diesel, une pompe à motorisation pneumatique.

La réserve doit comporter:

- unetrappe de visite
- un indicateur de niveau ;
- un dispositif de réalimentation, manuelle ou automatique.
- un dispositif de vidange;
- un trop plein;

Les réserves à ciel ouvert ne sont pas autorisées, sauf si des dispositions spécifiques permettent d'assurer la disponibilité, ainsi qu'un niveau de filtration compatible avec le système.

II.5.3.2 Réservoir d'eau sous pression permanente ou raccordé à une réserve de gaz comprimé

Ce type de source d'eau doit comporter:

un système de surveillance de la pression du gaz (contrôle visuel et/ou report vers le tableau de signalisation);

un dispositif de contrôle du niveau de l'eau pour les réserves d'eau équipées d'un système de purge en partie basse.

Les réservoirs remplis en usine doivent comporter une indication de chargement. Le chargement des réservoirs doit être effectué par du personnel compétent, avec des pièces d'origine et conformément aux prescriptions du constructeur.

Les réservoirs doivent être conçus dans un matériau résistant à la corrosion ou comporter un revêtement interne résistant à la corrosion.

Le système doit comporter un dispositif de détection de circulation d'eau permettant de rendre compte de toute vidange totale ou partielle du réservoir d'eau.

Les bouteilles de gaz doivent être équipées d'un dispositif de déclenchement automatique et d'un déclencheur mécanique manuel de secours.

Les bouteilles de gaz, les raccords de vanne et les accessoires doivent être disposés de manière à être accessibles pour tous contrôles, essais et autres travaux de maintenance.

Le gaz doit être disponible en permanence et prévu uniquement pour le système de protection par brouillard d'eau.

Les réservoirs d'eau et de gaz doivent :

- pouvoir être facilement montés et correctement fixés, conformément au manuel d'installation;
- facilement accessibles, même en cas d'incendie (notamment pour l'accès au déclencheur manuel de secours);
- être situés en un emplacement où ils ne peuvent être :
 - . soumis à des conditions climatiques sévères,
 - . endommagés du fait de contraintes mécaniques, chimiques ou autres.

Tableau II.8: En complément des marquages réglementaires, les informations suivantes doivent être apposées sur chaque réservoir :

Réservoir d'eau	Réservoir de gaz
Nom du constructeur	Nature du gaz
Quantité d'eau stockée	Quantité de gaz (kg)
(1)	valeur de la pression et de la température de remplissage
Nature des additifs le cas échéant	Températures minimales et maximales de stockage
Date du dernier remplissage	
Durée maximale de conservation	

Températures minimales et maximales de stockage	Relation pression/température (courbe ou tableau)
Date de fabrication	Date de fabrication

Les réservoirs doivent être stockés dans un local dédié. En cas d'impossibilité, ils seront stockés dans un local séparé du risque en respectant les exigences ci. après.

Il est admis de stocker les réservoirs dans le local contenant l'objet à protéger,

à condition que les commandes manuelles soit situées en dehors de la zone ou du volume protégé(e).

La zone de stockage des réservoirs doit être dans tous les cas :

- clairement identifiée;
- inaccessible aux personnes non autorisées ;
- maintenue normalement dans des limites de températures prescrites par l'installateur et compatibles avec le gaz ;
- suffisamment ventilée ;
- conçue de manière à permettre l'exécution des opérations de maintenance et de vérification;
- éclairée.

Il doit être démontré par calcul que la quantité de gaz mis en œuvre n'est pas de nature à présenter un risque pour les personnes dans le local protégé. Dans le cas contraire, il conviendra d'appliquer les dispositions prévues par la règle APSAD R13.

II.5.3.4 Réseau d'eau public surprise

L'autorisation du service des eaux est nécessaire avant tout raccordement.

Les caractéristiques hydrauliques à prendre en considération sont celles correspondant à la pression minimale du réseau, hors puisage lié à la protection incendie. Cette pression peut être obtenue auprès du service des eaux ou au moyen d'enregistrements.

Un système anti.pollution de type disconnecteur est à prévoir.

Un plan du réseau d'alimentation en eau de ville et le schéma de raccordement doivent être établis.

Le réseau d'eau public doit être capable d'assurer, aux heures de plus grande consommation et aux pressions requises, le débit cumulé correspondant à l'alimentation :

- du système brouillard d'eau ; ce débit est majoré de 25 %;
- Des autres systèmes éventuellement en place raccordés sur le réseau d'eau public (rideaux d'eau, sprinkleurs, robinets d'incendies armés, bouches et poteaux d'incendie...).

Le surpresseur peut être :

- Une électro pompe;
- Une électro pompe secourue;
- Une moto pompe diesel;

une pompe à motorisation pneumatique.

II.5.3.5 Alimentation des moteurs électriques

L'ensemble de l'alimentation électrique ainsi que tous les câblages associés à une pompe à moteur électrique, y compris les circuits de surveillance, doivent être conformes aux réglementations et normes en vigueur.

L'alimentation des pompes et des équipements électriques doit se faire par un circuit indépendant réservé à ce seul usage. Il est rappelé que les dispositifs nécessaires pour permettre la mise hors tension de l'installation électrique de l'établissement ne doivent pas couper l'alimentation électrique du système de protection par brouillard d'eau (installation de sécurité).

Choix et fiabilité des sources d'eau

Le choix des sources d'eau est fonction :

- Une pompe à motorisation pneumatique.

Alimentation des moteurs électriques

L'ensemble de l'alimentation électrique ainsi que tous les câblages associés à une pompe à moteur électrique, y compris les circuits de surveillance, doivent être conformes aux réglementations et normes en vigueur.

L'alimentation des pompes et des équipements électriques doit se faire par un circuit indépendant réservé à ce seul usage. Il est rappelé que les dispositifs nécessaires pour permettre la

mise hors tension de l'installation électrique de l'établissement ne doivent pas couper l'alimentation électrique du système de protection par brouillard d'eau (installation de sécurité).

Choix et fiabilité des sources d'eau

Le choix des sources d'eau est fonction :

- du risque à protéger ;
- de l'objectif de performance revendiqué.

Tableau II.9: Choix des sources d'eau en fonction du risque à protéger et de l'objectif de performance revendiqué.

Objectif de performance possible et autonomie correspondante	Présence du public	Protection d'objet	Protection de biens	
			Risque moyen	Risque élevé
Extinction de l'incendie 10 min minimum ou deux fois le temps nécessaire à l'extinction (plus grande des 2 valeurs)	Sources I, J (30 ou 60 minutes autonomie)	Sources I, J, L (K, M note 1) (note 4)	Sources I, J, L (K note 3)	Sources I, J, L
Suppression de l'incendie 30 ou 60 minutes (note 2)	Sources I, J	Sources I, J, L (K, M note 1)	Sources I, J, L (K note 3)	Sources I, J, L
Contrôle de l'incendie 30 ou 60 minutes (note 2)	Non	Non applicable	Sources I, J, L	Sources I, J, L (60 minutes autonomie)

Note 1 Le choix d'une source K ou M se fera en accord avec le prescripteur.

Note 2. L'autonomie de 30 ou 60 minutes sera choisie en fonction du délai d'arrivée des secours et en accord avec le prescripteur.

Note 3 Le choix de la source K se fera en accord avec le prescripteur.

Note 4 . Pour le cas particulier des systèmes utilisés en protection d'objet et dont l'objectif de performance est l'extinction: voir § 5.3.3

Source : réservoir d'eau à pression permanente ou raccordé à une réserve de gaz comprimé ;

Source J: réserve dédiée avec pompe électrique secourue ou motopompe diesel (ou pompe à motorisation pneumatique avec sa réserve de gaz dédiée);
 Source K : réserve dédiée avec pompe électrique non secourue;
 Source L: réseau d'eau public (alimenté par 2 châteaux d'eau) avec pompe électrique secourue ou motopompe diesel (ou pompe à motorisation pneumatique avec sa réserve de gaz dédiée);
 Source M: réseau d'eau public avec un surpresseur électrique non secouru.

La classification des risques est réalisée en accord avec le prescripteur. On distingue les risques élevés et les risques moyens. Les critères principaux sont :

- le potentiel calorifique ;
- la cinétique de développement de l'incendie et la facilité de propagation;
- la vulnérabilité.

Tableau II.10: Exemples de classification de risques pour une protection par brouillard d'eau.

Risques élevés	Risques moyens
salles de groupe électrogène alimentant un hôpital ou une salle informatique stratégique salles d'archives historiques galeries de câbles stratégiques . armoires électriques stratégiques	. salles d'archives salles informatiques disposant d'un back.up . galeries de câbles . armoires électriques

Cas particulier applicable aux systèmes utilisés en protection d'objet et dont l'objectif de performance est l'extinction

Pour certaines applications, il peut être admis une autonomie minimale de 5 minutes, dès lors que les conditions suivantes sont remplies:

- des extinctions systématiques et répétées d'une durée maximale inférieure à 2 minutes ont été obtenues lors de la série . au minimum 3 d'essais d'évaluation sur le système correspondant (même configuration);

les essais ont démontré l'absence de ré inflammations;

- les essais d'évaluation

ont validé le refroidissement efficace des combustibles et des équipements protégés.

II.5.4 BUSES**II.5.4.1 Implantation des buses**

Pour une application donnée, les paramètres d'installation des buses (type de buse, hauteur, orientation, espacement, distances par rapport aux parois, distance minimum par rapport à l'objet protégé...) doivent être conformes avec les paramètres d'utilisation définis dans les fiches techniques du constructeur et validés par des essais réels d'efficacité.

Les buses doivent être installées de manière à ce qu'aucun obstacle ne vienne gêner la diffusion du brouillard d'eau, notamment à proximité de la buse. Protection des buses

Dans le cas où les buses sont sujettes à des risques de colmatage par l'extérieur (poussières, graisses, peintures...), des mesures de protection appropriées sont prévues (capuchons éjectables par exemple). Ces mesures de protection ne doivent pas présenter de risque pour le personnel lors de l'activation de la buse ni entraver le déclenchement des buses.

Si une protection mécanique des buses est nécessaire : s'assurer que celle-ci ne constitue pas un obstacle à la diffusion du brouillard d'eau.

II.5.5 RÉSEAU DE DISTRIBUTION**II.5.5.1 Tuyaux et raccords, mode d'assemblage**

Les tubes et raccords sont choisis et assemblés pour supporter au moins 1,43 fois la pression maximale de service.

Les réseaux sont mis à la terre et des dispositifs permettent d'assurer la continuité électrique sur l'ensemble du réseau.

II.5.5.2 Flexibles

Les flexibles doivent répondre aux mêmes exigences que le réseau de tuyauteries.

Une attention particulière est à apporter aux supports, au rayon minimum de courbure et à la résistance aux conditions particulières d'environnement et à celles prévisibles lors d'un incendie.

Leur montage doit être tel que le flexible ne soit pas soumis à des contraintes de torsion et doit suivre les préconisations de montage du fournisseur.

II.5.5.3 Supports du réseau de distribution

Les supports sont adaptés aux conditions de pression, aux vitesses d'écoulement, au poids de la canalisation en charge et aux éventuels coups de bélier.

De façon générale, la nature des supports est adaptée à la nature des tuyauteries, notamment pour éviter tout problème de corrosion (effet pile). Ces supports sont conçus pour résister aux conditions imposées par l'environnement et à celles prévisibles lors d'un incendie.

La structure du bâtiment doit pouvoir supporter le poids lié au réseau de distribution.

Tableau II.11: Les espacements maximums entre deux supports sont indiqués pour chaque diamètre de tube dans le tableau suivant :

Diamètre extérieur du tube (mm)	Espacement maximal entre 2 supports (m)
6 à 14	1,20
15 à 22	1,50
23 à 28	1,80
30.38	2,10
40.49	2,40
50.59	3,00
60.70	3,30
71.89	3,60
90.108	3,90

La distance de chaque buse au support le plus proche doit être aussi réduite que possible de manière à éviter tout porte à faux. A titre indicatif, il est souhaitable de ne pas excéder 0,30 m.

Les points fixes doivent être en nombre suffisant pour assurer la tenue du réseau de distribution et adaptés à la gamme de pression du système.

II.5.6 POMPES

II.5.6.1 Généralités

En fonction du domaine de pression de mise en œuvre du système de protection par brouillard d'eau, plusieurs types de pompes sont envisageables.

Les pompes centrifuges conventionnelles sont réservées aux systèmes de protection par brouillard d'eau à basse et moyenne pression.

Pour les systèmes à haute pression, des pompes volumétriques (appelées aussi pompes à déplacement positif) sont généralement utilisées. Des pompes centrifuges très haute vitesse ou couplées permettent également d'atteindre des hautes pressions.

Il existe également des pompes à motorisation pneumatique destinées à des systèmes haute pression.

Des pompes dites « jockey » sont uniquement destinées à maintenir une pression dans le réseau en état de veille.

II.5.6.2 Exigences

Les pompes doivent être munies d'un dispositif de décharge interdisant toute augmentation excessive de la pression. La surpression ne doit pas dépasser la pression maximale de service des composants du réseau concernés. Ce dispositif de décharge doit permettre de faire circuler la totalité du débit fourni par les pompes à la pression d'ouverture du dispositif. En cas de

Fonctionnement de ce dispositif, l'eau ne doit pas être remise en circulation dans les pompes afin d'éviter toute surchauffe.

Les pompes doivent comporter un dispositif permettant de tester le débit et la pression produite.

Un manomètre doit être installé en entrée et en sortie de chaque pompe.

Un clapet anti-retour doit être placé à la sortie de chaque pompe ou ensemble de pompes.

La fiabilité des pompes doit être démontrée aux moyens d'essais de fonctionnement.

Les pompes centrifuges doivent être dimensionnées et installées conformément aux exigences des normes NF EN 128451 et EN 12259.12.

Les pompes à déplacement positif possèdent des caractéristiques hydrauliques très différentes des pompes centrifuges conventionnelles (le débit est constant).

Pour s'adapter à des demandes hydrauliques différentes, il est nécessaire de recourir à plusieurs pompes et de prévoir un dispositif de by-pass.

II.5.7 SYSTÈME DE DÉTECTION AUTOMATIQUE D'INCENDIE

Une installation de détection automatique d'incendie (au sens de la série des normes NF EN 54) peut être utilisée :

- avec des buses ouvertes, pour l'activation de l'organe de commande permettant l'émission de brouillard d'eau à la confirmation d'alarme;
- avec des buses automatiques, pour permettre l'envahissement du réseau par l'eau pour les systèmes à préaction.

L'installation de détection automatique d'incendie doit répondre aux exigences de la règle APSAD R7 en vigueur, et notamment au chapitre relatif aux installations d'extinction automatique avec confirmation d'alarme. En l'absence de document permettant de vérifier ces exigences, la conformité de l'installation de détection d'incendie doit être établie.

II.5.8 ALARMES**II.5.8.1 Dispositif de signalisation**

Le système doit comporter un dispositif de signalisation destiné à signaler l'état du système en veille, en dérangement et en fonctionnement.

L'ouverture d'une buse automatique doit donner lieu à une alarme.

Le dispositif doit au minimum prendre en compte les informations suivantes :

❖ Pour les systèmes à pompes électriques

- . état non.auto;
- . manque d'eau dans les réservoirs ;
- . défaut d'alimentation électrique ;
- . défaut général pompe;
- . marche pompe.

• Pour les systèmes à pompes entraînés par moteur diesel

- . état non.auto;
- . manque d'eau dans les réservoirs ;

- . niveau bas de carburant;
- . pression d'huile ;
- .température de l'eau du moteur trop haute;
- . défaut général pompe;
- . marche pompe.
- Pour les systèmes utilisant des réserves de gaz comprimés
 - . défaut pression d'air dans les réseaux pilotes;
 - . pression insuffisante de gaz propulseur;
 - . indicateurs de passage d'eau.
- Pour tous les systèmes
 - . surveillance de la position des vannes d'arrêt;
 - . alarme température basse des réserves si elles sont soumises à un risque de gel.

II.5.8.2 Cas des locaux normalement occupés recevant un système de protection de volume

Le système doit être conçu pour permettre l'évacuation préalable des occupants du local avant émission.

Si un dispositif de temporisation est installé, il peut être réglable de 0 à 30 s.

Dans ce cas, des dispositifs sonores et lumineux sont à prévoir afin de prévenir les occupants éventuels du local protégé d'une émission imminente de brouillard d'eau.

II.5.8.3 Report d'alarme

Si le dispositif de signalisation n'est pas sous surveillance humaine permanente, au minimum des alarmes de synthèse < feu >> et « dérangement » devront être reportées vers un local occupé 24 h / 24 h ou vers une station de télésurveillance bénéficiant de la certification APSAD de service.

II.5.9 ÉVÉNEMENTS. SURPRESSION

Dans le cas où un feu à développement rapide est prévisible, entraînant une montée en température homogène et importante d'un local clos (feu de nappe ou de pulvérisations

d'hydrocarbures de forte puissance), il peut être nécessaire de prévoir un évent permettant d'évacuer la surpression générée par la vaporisation brutale de l'eau.

II.5.10 INTERACTION AVEC LE DÉSENFUMAGE DANS LE CAS DE BUSES AUTOMATIQUES

Sauf obligation réglementaire, il y a lieu de privilégier l'action du brouillard d'eau.

L'ouverture des exutoires de désenfumage est susceptible:

- de retarder le déclenchement des buses automatiques;
- de limiter notablement l'action du brouillard d'eau par une perte de confinement.

Une étude spécifique doit être menée sur les conditions de coexistence des deux systèmes dans le même local.

II.6 RÉCEPTION DE L'INSTALLATION

II.6.1 DOSSIER TECHNIQUE DE L'INSTALLATION

Un dossier technique de l'installation comprenant au minimum les éléments suivants est remis à l'utilisateur final par l'installateur:

- Liste exhaustive des composants utilisés ;
- Schéma de l'installation;
- Paramètres de conception du système (critères de dimensionnement, taux d'application, adaptation au risque...);
- Description fonctionnelle complète du système (y compris les seuils de déclenchement des pompes, les seuils des pressostats, etc.) avec liste de tous les dispositifs commandés et diagramme fonctionnel de l'installation;
- Liste des alarmes reportées ;
- Isométrie du réseau de distribution sur plan du risque, avec identification des différentes sections de protection, identification des buses, des canalisations, des supports et des différents équipements du système ;
- Notes de calcul hydraulique et référence du logiciel utilisé ; la note de calcul montrant notamment que la pression minimum de fonctionnement requise est bien atteinte à la buse la plus défavorisée le cas échéant;
- Résultats des épreuves hydrauliques;

- Attestation de rinçage et de soufflage des canalisations;

caractéristiques

- Documentation relative aux pompes, avec sespression/débit, y compris le certificat d'essai de réception d'usine;
- Autorisation de la compagnie des eaux pour le raccordement du système de protection par brouillard d'eau, plan du réseau d'alimentation, mesures effectuées, récapitulatif des besoins en eau en cas d'utilisation du réseau d'eau public;

Résultats de l'essai d'émission le cas échéant;

- Schémas électriques;
- Périodicité et nature des opérations de maintenance;
- Liste des éléments de vérifications du ressort de l'exploitant le cas échéant (inspections);
- Procédure de remise en service après déclenchement de l'installation;
- Rapport des essais de référence pour l'application concernée.

II.6.2. Des tuyauteries propreté et intégrité avant mise en œuvre

Une inspection externe doit être réalisée à l'issue du montage pour s'assurer de l'intégrité du réseau de distribution.

Un rinçage et/ou un soufflage doit être réalisé avant installation des buses afin d'éliminer tout corps étranger, résidu de montage, fibre d'étanchéité, etc. qui aurait pu pénétrer à l'intérieur des canalisations.

II.6.3 ÉPREUVE HYDRAULIQUE

Toute installation doit faire l'objet avant sa réception d'une ou plusieurs épreuve(s) hydraulique(s) ou pneumatique(s) destinée(s) à vérifier la bonne étanchéité et le maintien en pression efficace de l'installation.

Chaque section de protection doit être testée individuellement sous une pression égale à 1,43 fois la pression maximale de service, pendant une durée de 2 h.

Pendant les épreuves, des règles de sécurité appropriées doivent être respectées pour éviter tout risque pour le personnel.

Une attestation d'épreuve doit être jointe au dossier technique.

II.6.4 ESSAI FONCTIONNEL ET VALIDATIONS HYDRAULIQUES

Un essai fonctionnel doit être réalisé préalablement à la mise en œuvre de l'installation. Cet essai a pour but de vérifier le bon fonctionnement de l'ensemble de la séquence de fonctionnement du système de protection par brouillard d'eau, à l'exception de l'émission de l'agent extincteur (détection automatique d'incendie le cas échéant, organes de commandes, temporisation éventuelle, asservissements mis en œuvre et alarmes).

Le bon fonctionnement des organes de commande de type clapet hydraulique doit être testé, par exemple par ouverture de la vanne de test en aval.

Lorsque c'est possible, il est souhaitable de réaliser un essai d'émission réel.

Il permet de vérifier le bon fonctionnement du système et de vérifier la

II.6.5 pressions et le débit du système.

Tout écart significatif avec les données prévues par le logiciel de calcul doit être pris en compte et des mesures correctives doivent être prises.

Après l'essai, les buses qui ont fonctionné seront démontées et examinées afin de vérifier la présence de particules au niveau du filtre de la buse.

II.7. RÉCEPTION

La réception de l'installation est une opération importante. Elle doit être réalisée en présence de l'utilisateur. Au cours de cette réception, l'installateur présente à l'utilisateur les différents organes fondamentaux du système ainsi que les différentes opérations de contrôle à la charge de l'utilisateur. L'installateur remet le dossier technique à l'utilisateur.

II.8. INSPECTIONS, VÉRIFICATIONS PÉRIODIQUES ET MAINTENANCE

La fiabilité et la disponibilité du système dans le temps sont assurées par des inspections, des vérifications périodiques et une maintenance régulières.

La nature et la périodicité des inspections, des vérifications périodiques et des opérations de maintenance est précisée dans le dossier technique de l'installation.

Les inspections, de fréquence quotidienne ou au minimum hebdomadaires, sont du ressort de l'utilisateur. Elles doivent être réalisées par du personnel possédant une bonne connaissance du système et ayant reçu une formation appropriée.

Des vérifications périodiques permettent de s'assurer du bon fonctionnement de l'installation. Elles comprennent notamment l'examen du réseau de diffusion, des essais fonctionnels, le suivi des analyses d'eau non traitée, l'état de remplissage des réservoirs, dispositifs de contrôle et report d'alarmes... L'utilisateur doit informer l'installateur de toute modification apportée au risque protégé.

Les délais de remise en service de l'installation en cas de déclenchement doivent être précisés à l'utilisateur pour garantir que la non-disponibilité de l'installation soit compatible avec les exigences de protection du risque.

Des buses automatiques de rechange devront être disponibles sur le site.

L'exploitant doit mettre en œuvre des mesures compensatoires appropriées pour palier à l'absence de protection.

II.9 Sécurité des personnes

II.9.1 ASPECTS TOXICOLOGIQUES LIÉS A L'UTILISATION DE L'EAU SOUS UNE FORME FINEMENT DIVISÉE

Peu d'informations sont disponibles à propos des risques sur la santé liés à l'utilisation d'eau sous forme de brouillard.

Dans une étude demandée par l'EPA (Environmental Protection Agency), un groupe d'experts a livré en 1995 les conclusions suivantes

- les systèmes à brouillard d'eau utilisant de l'eau pure ne présentent pas de risques pour la santé et peuvent être utilisés dans les zones occupées;
- en cas d'utilisation d'additifs, ces derniers doivent être évalués au cas par cas d'un point de vue toxicologique.

Les gouttelettes d'un diamètre supérieur à 20 µm ne peuvent pas atteindre le poumon.

Le risque d'une contamination bactérienne de l'eau existe et il convient de prendre toutes les dispositions pour limiter la prolifération bactérienne dans les réservoirs.

Il a également été conclu que le brouillard d'eau ne constituait pas un facteur aggravant vis.à.vis des produits de combustion. Le brouillard d'eau ne produit pas de produit de décomposition.

L'extinction ou la suppression efficace des foyers réduit de manière notable l'émission de produits de combustion.

II.9.2 UTILISATION D'UN GAZ PROPULSEUR INERTE

L'utilisation d'un gaz propulseur inerte (ex: azote) peut, si sa quantité est suffisante, participer à l'extinction en contribuant à réduire la concentration en oxygène dans un local protégé. Il conviendra d'appliquer les dispositions particulières prévues dans la règle APSAD R13 en fonction de la concentration maximale en gaz inerte prévisible dans le local.

II.10 Conclusion.

Dans ce chapitre on a expliqué la technique d'extinction brouillard d'eau et les caractéristique granulométrique des pulvérisations. Défragmentée en microgouttelettes, cette eau offre une surface d'échange très importante.

CHAPITRE III :
Les méthodes d'analyse des risques ADD
ET HAZOP

III.1. Introduction

Il existe plusieurs méthodes d'analyse des risques avec des objectifs différents. Le choix de la méthode ou des méthodes nécessaires pour réaliser l'analyse des risques est primordial. Il n'existe pas une méthode unique miraculeuse qui permettrait à toutes les entreprises de toutes tailles et de tous secteurs d'analyser leurs risques afin de déterminer les mesures de prévention. Dans cette étude nous allons appliquer la méthode arbre de défaillance ADD et HAZOP .

Nous allons présenter dans cette section un échantillonnage de l'ensemble des méthodes d'analyse de risque. Chacune d'entre elle sera présentée brièvement.

III.2. Analyse préliminaire des risques (APR)

L'Analyse Préliminaire des Dangers ou APR a été développée aux Etats-Unis, au début des années 1960, pour l'analyse de sécurité de missiles à propergols liquides. Elle a ensuite été formalisée et employée dans les secteurs de la chimie, du nucléaire et de l'aéronautique[20].

Selon la norme CEI.300.3.9 (CEI 300.3.9, 1995) : « L'APR est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence du danger qui peut être utilisée lors des phases amont de la conception pour identifier les dangers et évaluer leur criticité »[21].

Cette méthode a pour but d'établir une liste, aussi exhaustive que possible, des événements redoutés liés à l'ensemble ou à une partie du cycle de vie d'un système afin de déterminer ceux qui devront faire l'objet d'une démarche approfondie d'analyse des risques[22].

III.3. Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets (AMDE)

L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets, ou AMDE (en anglais Failure Modes and Effects Analysis ou FMEA), a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs industriels. L'AMDEC est l'extension de l'étude AMDE quand il est question d'évaluer la criticité des défaillances [23.]

Selon la norme CEI.300.3.9 (CEI 300.3.9, 1995), l'AMDE est une technique fondamentale d'identification et d'analyse de la fréquence des dangers qui analyse tous les modes de défaillances d'un équipement donné et leurs effets tant sur les autres composants que sur le système lui-même[23] .

Cette analyse vise d'abord à identifier l'impact de chaque mode de défaillance des composants d'un système sur ses diverses fonctions et ensuite hiérarchiser ces modes de défaillances en fonction de leur facilité de détection et de traitement.[23]

L'AMDE est une méthode inductive, déterministe ou probabiliste, qualitative d'analyse des causes et des effets. Elle permet une identification et une évaluation des effets sur la disponibilité, la fiabilité, la maintenabilité, l'intégrité ou la sécurité des modes de défaillance de chaque composant d'un système, pour chaque fonction du système. Elle est composée de trois phases [24]:

- ✓ Analyse qualitative des défaillances (recensement des modes de défaillance, recherche des causes de défaillance, étude des effets, recensement des moyens de détection) ;
- ✓ Plan d'action ;
- ✓ Suivi des actions.

L'AMDE(C) traite des aspects détaillés pour démontrer la fiabilité et la sécurité d'un système. Elle contient 3 parties primaires [25] :

- ✓ Identification des modes de défaillance ;
- ✓ Identification des causes potentielles de chaque mode ;
- ✓ Estimation des effets engendrés;
- ✓ S'il s'agit d'une AMDEC : Evaluation de la criticité de ces effets.

L'analyse commence toujours par l'identification des défaillances potentielles des modes opérationnels. Elle se poursuit, par des inductions afin d'identifier les effets potentiels de ces défaillances (situation dangereuse, événement dangereux et dommages). Une fois les effets potentiels établis, on estime le risque on spécifie les actions de contrôle [23.]

III.4. La méthode HAZOP

La méthode HAZard and OPerability (HAZOP) est un outil formalisé, systémique et semi.empirique développé et utilisé pour analyser les risques associés à l'exploitation d'une installation industrielle. Elle prend en compte les risques liés au personnel et aux équipements et cherche des moyens adaptés de prévention [22].

Cette méthode permet d'examiner les plans de circulation des fluides, chercher les causes éventuelles de dérives des différents paramètres de fonctionnement ainsi que de déterminer les conséquences et les risques éventuels pour apporter toute correction ou protection appropriée [26].

Tableau III.1 : Tableau analyse HAZOP (CEI 61882).

Date:								
Ligne ou équipement :								
N°	Mot Clé	Paramètre	causes	Consequences	Detection	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	observations

III. 5. Méthode de l'Arbre de Défaillances (Add)


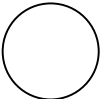
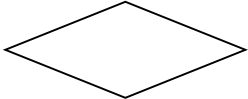
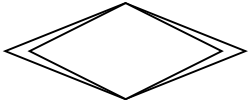

Un arbre de défaillance représente de façon synthétique l'ensemble des combinaisons d'événements qui, dans certaines conditions produisent un événement donné, point de départ de l'étude. Construire un arbre de défaillance revient à répondre à la question « comment tel événement peut-il arriver ? », ou encore « quels sont tous les enchaînements possibles qui peuvent aboutir à cet événement ? »[27].

Un arbre de défaillance est généralement présenté de haut en bas.

La ligne la plus haute ne comporte que l'événement dont on cherche à décrire comment il peut se produire. Chaque ligne détaille la ligne supérieure en présentant la combinaison ou les combinaisons susceptibles de produire l'événement de la ligne supérieure auquel elles sont rattachées. Ces relations sont représentées par des liens logiques OU ou ET[27].

Les symboles de la conception graphique d'un ADD sont regroupés dans le **tableau II.2**.

Tableau III.12 : Symboles graphiques des événements et des transferts [28].

<i>Symbole</i>	<i>Appellation</i>	<i>Signification</i>
	<i>Rectangle</i>	<i>Représente un événement qui résulte de la combinaison d'événements plus élémentaires agissant à travers des portes logiques.</i>
	<i>Cercle</i>	<i>Représente un événement</i>
	<i>Losange</i>	<i>Représente un événement qui ne peut être considéré comme élémentaire mais dont les causes ne seront pas développées</i>
<i>Symbole</i>	<i>Appellation</i>	<i>Signification</i>
	<i>Double losange</i>	<i>Représente un événement dont les causes ne sont pas encore développées, mais le seront ultérieurement</i>
	<i>Triangle</i>	<i>La partie de l'arbre qui suit le symbole ① est transférée à l'endroit indiqué par le symbole ②.</i>


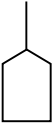
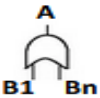
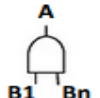
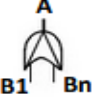
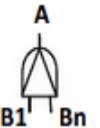
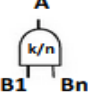
<p>①②</p> 	<p>Triangles inverses</p>	<p>Une partie semblable mais non identique à celle qui suit le symbole ① est transféré à l'endroit indiqué par le symbole ②.</p>
	<p>Maison</p>	<p>Représente un événement qui correspond à une utilisation normale du système.</p>

Tableau II. 3: Symboles graphiques des portes logiques.

Symbole	Appellation	Signification
	<p>OU</p>	<p>La sortie A est générée si au moins une des entrées B1, ..., Bn existe</p>
	<p>ET</p>	<p>La sortie A est générée si toutes les entrées B1, ..., Bn existe</p>
	<p>OU Exclusive</p>	<p>La sortie A est générée si une entrées et une seule Bi (i=1 à n) existe</p>
	<p>ET Prioritaire séquentiels</p>	<p>La sortie A est générée si toutes les entrées B1, ..., Bn existent avec un ordre d'apparition donné</p>
	<p>Voteur k/n</p>	<p>La sortie A est générée si k entrées Parmi les n entrées existent</p>

III.6. Conclusion

Nous venons de présenter dans ce chapitre les principaux outils d'analyse et d'évaluation des risques qui serviront notre étude de cas sur les risques liés à un procédé industrielle . dans notre étude de cas, parmi les méthodes que nous venons de discuter dans ce chapitre (hazope /AdD) seront appliquées dans un but d'indentification et d'évaluation des différents scénarios d'accident .

CHAPITRE IV
Généralité sur le stockage
des hydrocarbures

IV.1. Introduction

Le raffinage du pétrole brut comporte plusieurs étapes aussi importantes les uns que les autres. Les produits dérivés de ce pétrole sont très divers des liquides ou bien des gaz. Ces produits ne sont pas transférés directement des unités de production aux zones de distribution, ils doivent passer par le service de stockage. Ce service comporte des réservoirs de différent types de technologie servant à recueillir les ces produits dérivés du pétrole en conditions convenables et en toute sécurité avant de les transférés aux clients ou consommateurs

IV .2. Caractéristique physico.chimique des hydrocarbures

IV.2.1. Caractéristiques physiques

- **Liquide inflammable** : hydrocarbure ou autres liquides émettant des vapeurs, susceptibles de s'allumer momentanément en présence d'une flamme et ce dans des conditions normales de température et de pression. Cette température minimum est appelée point éclair.

- **Point éclair** : c'est la température minimale à partir de la quelle un hydrocarbure liquide émet suffisamment des vapeurs susceptibles de provoquer un flash en présence d'une source de chaleur.

Le point d'éclaire du brut en condensât se trouve généralement entre 12°C et 100°C et Par fois il peut dépasser ces limites.

- **Point d'inflammation** : température à laquelle un liquide inflammable émet des vapeurs en quantité suffisante pour que la combustion,

- **Point d'auto.inflammation** : c'est la température à la quelle le produit chauffé émet des vapeurs à cette température, le combustible avec l'air s'enflamme spontanément et continue de brûler.

- **Point d'ébullition** : température à partir de laquelle, sous la pression atmosphérique, un liquide se vaporise dans sa masse.

- **Tension de vapeurs** : pression, déterminée constante pour chaque température, exercée par les vapeurs d'un liquide dans une enceinte fermée. Cette pression augmente rapidement avec la température. Lorsque celle.ci devient stable, l'évaporation du liquide cesse dès que la tension de vapeur est atteinte.[8]

IV .2.3. Caractéristiques chimiques

Les hydrocarbures ne contiennent dans leur molécule que des atomes de carbone et d'hydrogène. Ils forment une classe qui comprend de très nombreux composés (plusieurs centaines de milliers). Suivant leur structure, les chimistes distinguent plusieurs types :

- hydrocarbures acycliques (ou aliphatiques, à chaîne ouverte) saturés et insaturés ;
- hydrocarbures cycliques saturés et insaturés. Cette famille d'hydrocarbures, qui regroupe les alcanes, les alcènes et les alcynes, est l'une des plus importantes dans la chimie organique industrielle. [8]

IV .2.4. Classification des hydrocarbures

Les hydrocarbures sont classés en fonction de leur point d'éclair. Selon leur catégorie d'appartenance, ils seront entreposés dans différents types de réservoirs, Ainsi :

- Les hydrocarbures liquéfiés seront stockés dans des bacs spéciaux ou dans des sphères ;
- Les hydrocarbures liquides de point éclair inférieur à 55°C, dans des réservoirs à toit flottant ;
- Les hydrocarbures liquides dont le point éclair sont compris entre 55 et 100°C, dans ces réservoirs à toit fixe ;
- Les hydrocarbures liquides dont le point éclair sont supérieure à 100 °C dans des réservoirs à toit fixe munis d'un système de réchauffage. [7]

La classification des hydrocarbures selon leurs caractéristiques avec le type de bac correspondant est résumée dans le tableau suivant :

IV .2.5. Le stockage

IV.2.5.1. L'importance du stockage

Les bacs de stockage sont nécessaires à l'exploitation des champs pétroliers. Sans eux, il sera impossible d'obtenir une production continue malgré les interruptions nécessaires pour l'évacuation de l'huile chargée sur les navires citerne par exemple.

Les réservoirs sont des installations coûteuses. Leurs capacités et leur nombre sont toujours étudiés selon les débits reçus et la capacité des moyens employés pour le transport.

Le modèle des réservoirs à employer dépend de la nature du produit à stocker. Certains produits doivent être conservés sous pression exemple : gaz liquéfié et nécessitent des réservoirs très résistants (sphérique) d'autres se conservent sous moyenne pression exemple ; pétrole essence, ou sous pression nulle.[4]

IV .2.5.2. Le but du stockage

Le stockage des hydrocarbures à pour but :

- Mettre le produit au repos suivi d'une opération décantation avant l'expédition ;
- Permet la collecte des différents champs pétroliers afin d'acheminer de grande quantité de produit ;

- Permet la continuité de la production et de l'exploitation tout en assurant un stockage permanent ;
- Permet de contrôler la qualité de produit expédié ;
- Permet le dégazage naturel pour l'élimination des gaz indésirables le traitement préalable du brut est nécessaire afin de minimiser les problèmes de corrosions ou d'incendie des bacs et des canalisations car ces installations sont très coûteuses.[4]

IV .2.5.3. Matières stockées

Les principales matières à stocker sont les suivantes :

Le pétrole

Le pétrole du latin «Petra Deum» qui signifie huile de pierre, c'est un liquide huileux inflammable dont la couleur varie du vert au noir. Le pétrole est une ressource naturelle géologique, dont l'efficacité énergétique, découverte à la fin du siècle 19, a été couplée au développement du moteur à explosion.[4]

Le condensât

Le condensât est un produit liquéfié par condensation à partir de sa vapeur. Le condensât est avant tout du gaz naturel sous forme liquide obtenue à 160°C. Sa masse volumique est alors réduite de 600 fois. Cette transformation permet donc de transporter et/ou de stocker des quantités très importantes de gaz dans des volumes réduits.[4]

Les gaz

Le stockage de gaz comprend toutes les installations de surface et de fond nécessaire pour le stockage et pour le soutirage et l'injection de gaz naturel .Des confinements développés naturellement ou artificiellement en couches géologiques profondes sont utilisés pour le stockage de gaz naturel.[4]

IV .2.5.4. Les réservoirs du stockage des hydrocarbures

IV.2.5.4.1. Les types de bacs

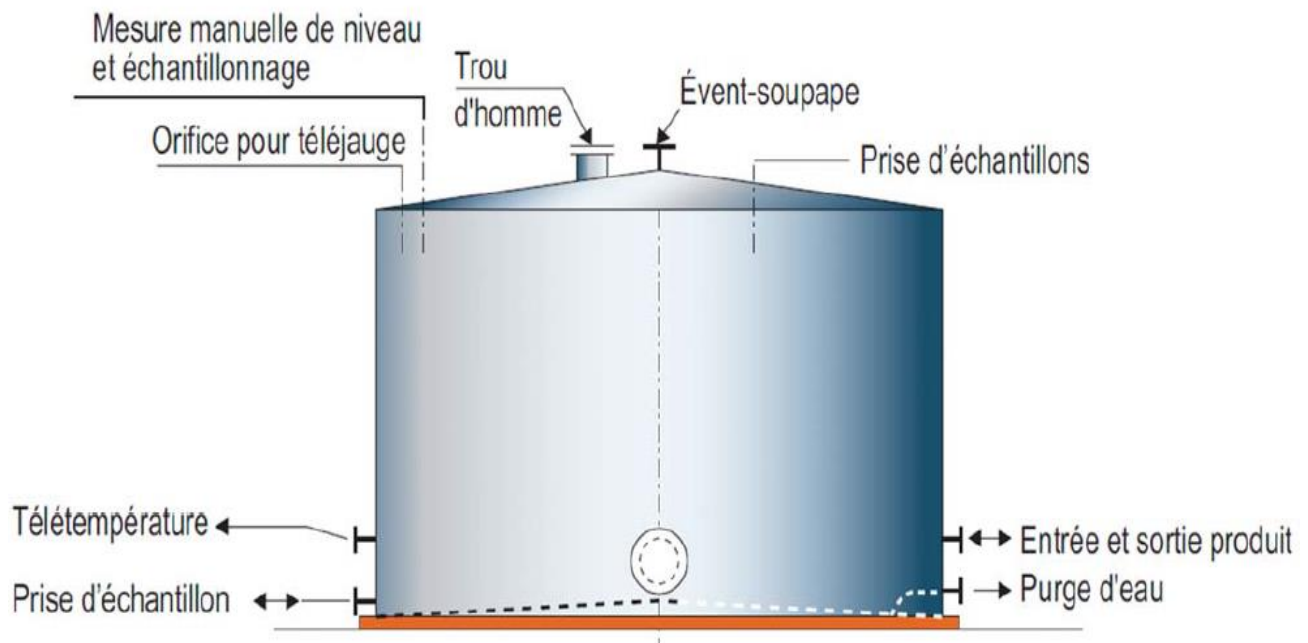
IV.2.5.4.2. les réservoirs de stockage des hydrocarbures liquides

Plus souvent, les hydrocarbures liquides sont stockés dans des réservoirs cylindriques verticaux à fond plat que l'on peut différencier par le type de couverture, et on distingue :

✓ Les réservoirs à toit fixe

Le réservoir équipé d'un toit fixe du type conique, en ombrelle, ou en parasol, est le plus économique à installer. Le toit fixe est d'une construction simple et, selon la taille du réservoir, il peut être du type autoportant ou non .Le toit autoportant conique a à peu près la forme d'un cône droit très plat et n'est supporté qu'à sa périphérie. Il n'est utilisé que pour s réservoirs de petits diamètres. Le toit conique supporté a approximativement la forme d'un code. Les tôles du toit sont

supportées par des profilés disposés en parapluie, supportés eux-mêmes par des profilés concentriques reposant sur des rangées de poteaux intérieurs. Plus le réservoir est grand, plus il faut de rangées de poteaux pour supporter le toit. Les bacs à toit fixe sont utilisés pour le stockage des hydrocarbures peu volatils et non toxique.[5]



Source : Matériel statique.instrumentation régulation (IFP)

Figure IV.1 : Description d'un bac à toit fixe.

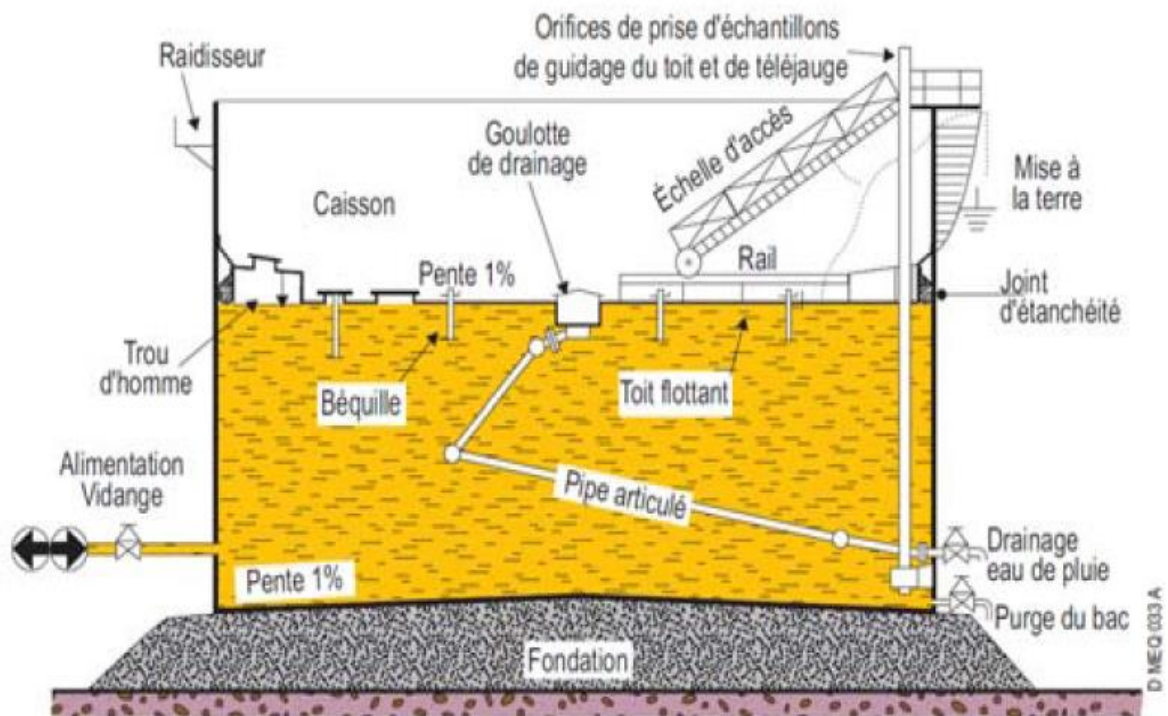
✓ Les réservoirs à toit flottant

Les réservoirs à toit flottant sont principalement utilisés pour le stockage des liquides volatils dont la tension de vapeur absolue à température ambiante est comprise entre 0.1 et 0.75 bar ou dont le point d'éclair est inférieur ou égal à 55°C.

C'est le cas, par exemple, des pétroles brutes, des naphthas et diverses essences et carburants.

Ils présentent trois avantages :

- Réduction des pertes par évaporation ;
- Diminution des risques d'incendie ;
- Diminution de la pollution atmosphérique (odeurs).[5]

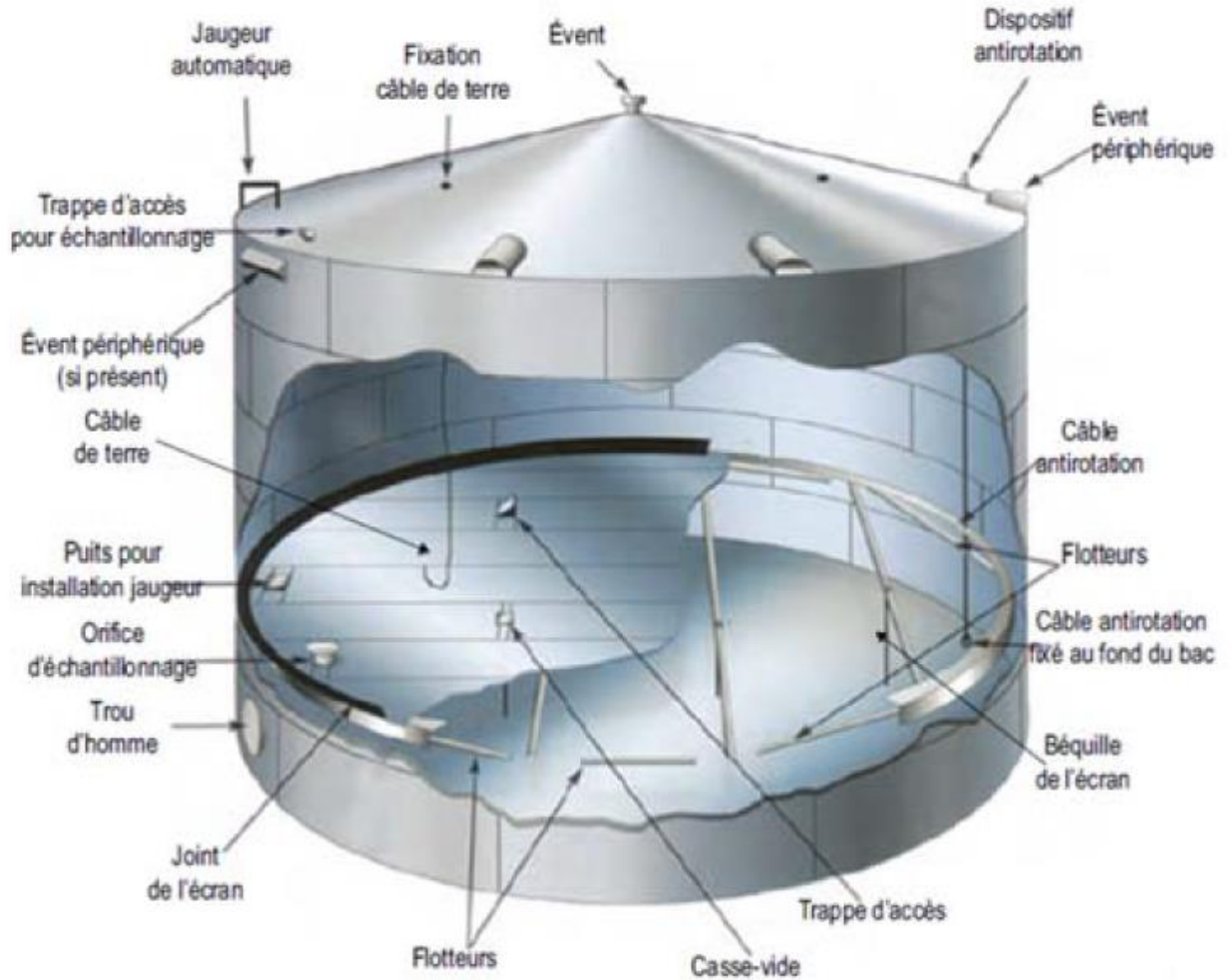


Source : Matériel statique.instrumentation régulation (IFP)

Figure IV.2 : Description d'un bac à toit flottant.

✓ Les réservoirs à toit fixe et écran flottant

Un écran flottant est un toit flottant interne, à l'intérieur d'un réservoir à toit fixe. Ces réservoirs sont bien adaptés pour le stockage des produits volatils qu'il faut préserver ou dont il faut limiter l'émission de vapeurs.[5]



Source : Matériel statique.instrumentation régulation (IFP)

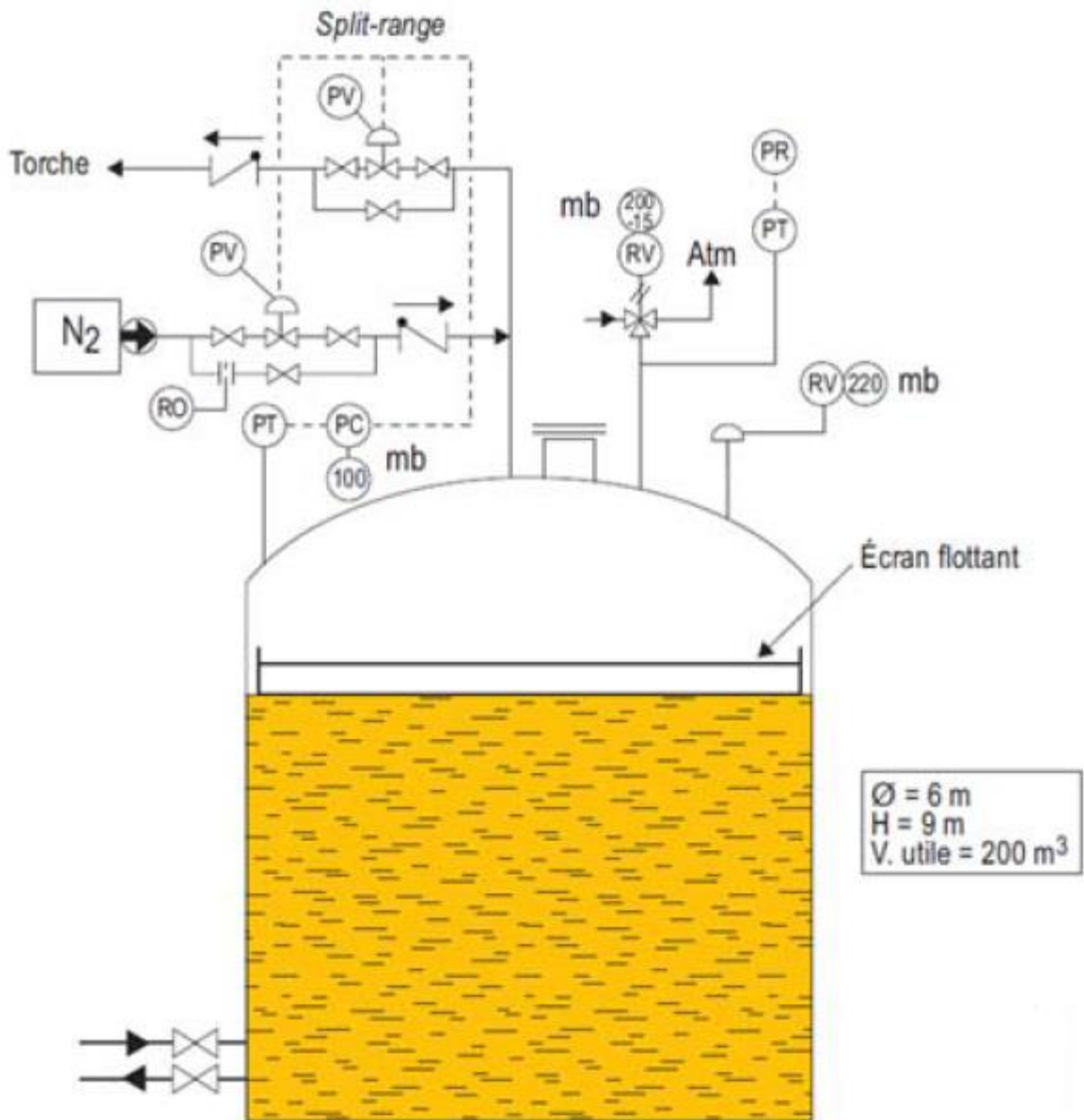
Figure IV.3 : Description d'un bac à toit flottant.

✓ Les réservoirs à toit bombé

Le réservoir à un toit fixe du type bombé et équipé d'une protection contre surpressions accidentelles une tôle de déchirure assemblée aux tôles voisines par un cordon de soudure très faible. En cas de surpression cette tôle se déchire préférentiellement. Sur un bac plusieurs tôles de déchirure peuvent être montées dans la partie supérieure un cordon d'étanchéité (soudure frangible) entre le toit et la cornière supérieure permettant au toit de se séparer de la virole partiellement ou totalement *intégré* dans le bac (*tank blanketing*).

Peut être nécessaire :

- pour des raisons de sécurité (inflammabilité) ;
- pour préserver la qualité du produit (absence d'oxygène), réalisé par injection d'un gaz inerte (azote) dans le ciel gazeux.[5]



Source : Matériel statique.instrumentation régulation (IFP)

Figure IV.4 : Description d'un bac à toit flottant.

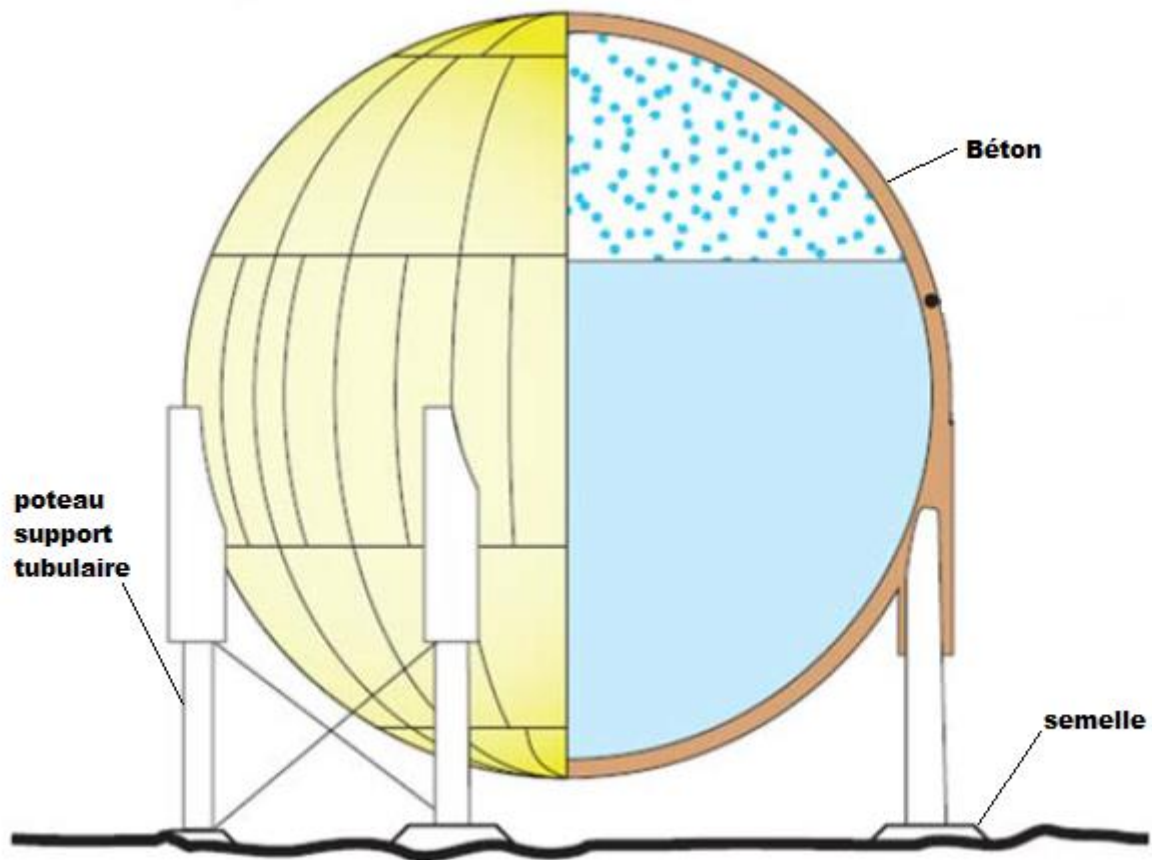
IV.2.5.5. Les réservoirs de stockage des gaz

✓ Les sphères

Cette catégorie de réservoirs représente la forme idéale pour les stockages sous forte pression. Elles permettent de réaliser économiquement des capacités importantes.

Les sphères sont largement employées pour les stockages importants de gaz liquéfiés sous forte pression (pressions effectives en général inférieures à 30 bars). C'est la forme idéale pour résister à la pression. C'est aussi la forme géométrique qui présente la plus petite surface de paroi pour un volume donné. Par ailleurs, l'implantation de ces ouvrages nécessite moins de place au sol que les réservoirs cylindriques horizontaux. Toutes ces propriétés contribuent à rendre ces réservoirs très économiques et bien adaptés aux stockages sous pression de grandes capacités. Les sphères

supportent également très bien d'importantes dépressions internes pouvant aller jusqu'au vide total. Comme pour les ballons cylindriques horizontaux, les pertes de produit dues à la variation de la température ambiante ou aux mouvements de produit sont nulles.[5]



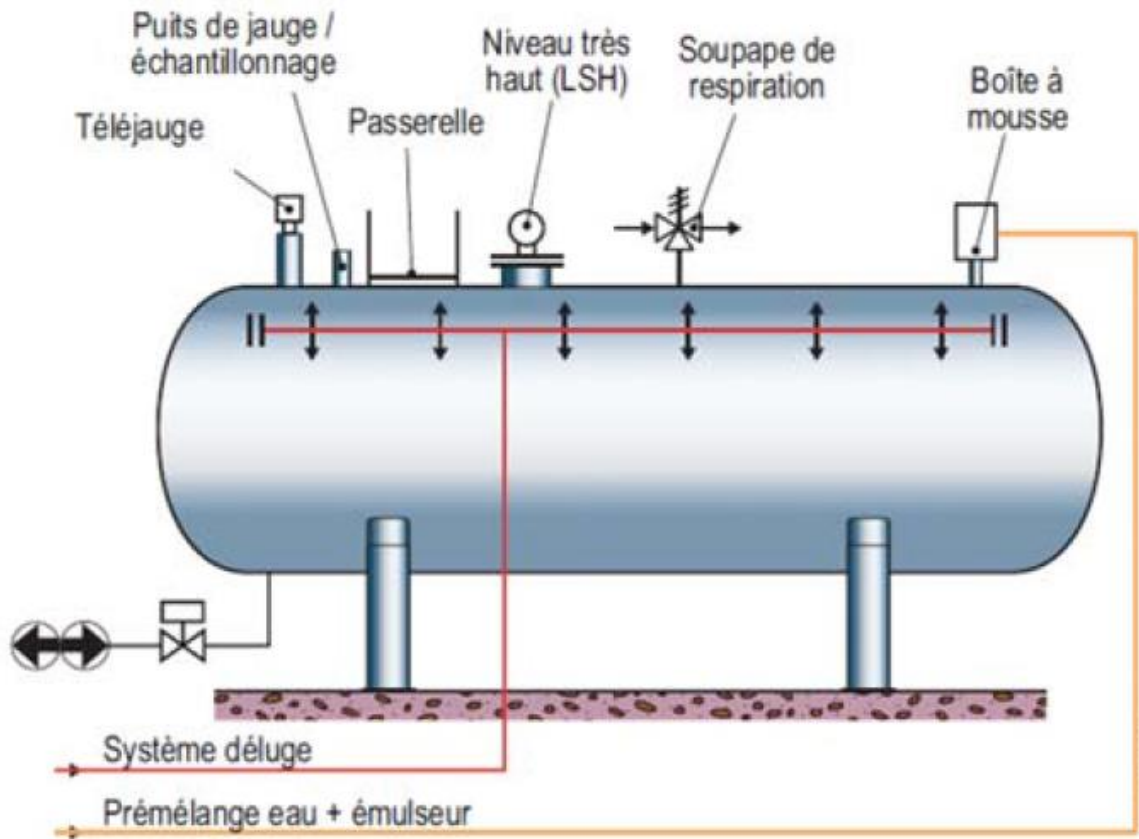
Source : Matériel statique.instrumentation régulation (IFP)

Figure IV.5 : Sphère de gaz.

✓ Les cigares

Ils peuvent être installés verticalement ou horizontalement. Ces réservoirs couvrent essentiellement le domaine du stockage sous forte pression des gaz liquéfiés. Ces produits très volatils présentent à température ambiante des tensions de vapeur élevées.

Dans ces enceintes, le produit est à la fois présent sous forme liquide et gazeuse. La phase gazeuse est totalement saturée. Les deux phases sont en équilibre de pression et de température et évoluent en fonction des fluctuations de la température du milieu ambiant extérieur. Les équipements rencontrés sur ces capacités sont identiques à ceux équipant les sphères.[5]



Source : Matériel statique.instrumentation régulation (IFP)

Figure IV.6 : Schéma d'un cigare.

IV.2.5.6. Les accessoires des réservoirs

IV.2.5.6.1. Accessoires d'accès

Les accessoires d'accès au réservoir comprennent : Escalier, garde de corps, passerelle et échelle mobile

- **Escalier** : Un escalier d'accès à main courante avec marche orientales.
- **Echelle** : Une échelle munie d'une crinoline, sa de préférence, lorsque la hauteur dépasse 10m, un escalier d'accès avec main courante.
- **Trous d'homme** : Les trous d'homme pour l'inspection et le nettoyage.[5]

Accessoires de contrôle et d'entretien

• **Manomètre** : Le manomètre d'indication de pression permet de maintenir la pression l'intérieur du bac constante» de contrôler la pression d'épreuve et de vérifier l'étanchéité du bac à travers les joints soudés au cours de l'exploitation.

• **La vanne de commande** : L'écoulement des liquides de purge des réservoirs doit pouvoir être contrôlé à vue depuis la vanne de commande.

- **Les vannes de vidange ou de remplissage** : Les vannes de vidange ou de remplissage, autres

que celles de pieds de bac doivent être montées à l'extérieure des cuvettes de rétention et demeurer accessible.

- **Système de jaugeage** : Cinq puisards pour le jaugeage, servent au prélèvement des échantillons. L'entrée des hydrocarbures dans les réservoirs doit se faire par le bas.

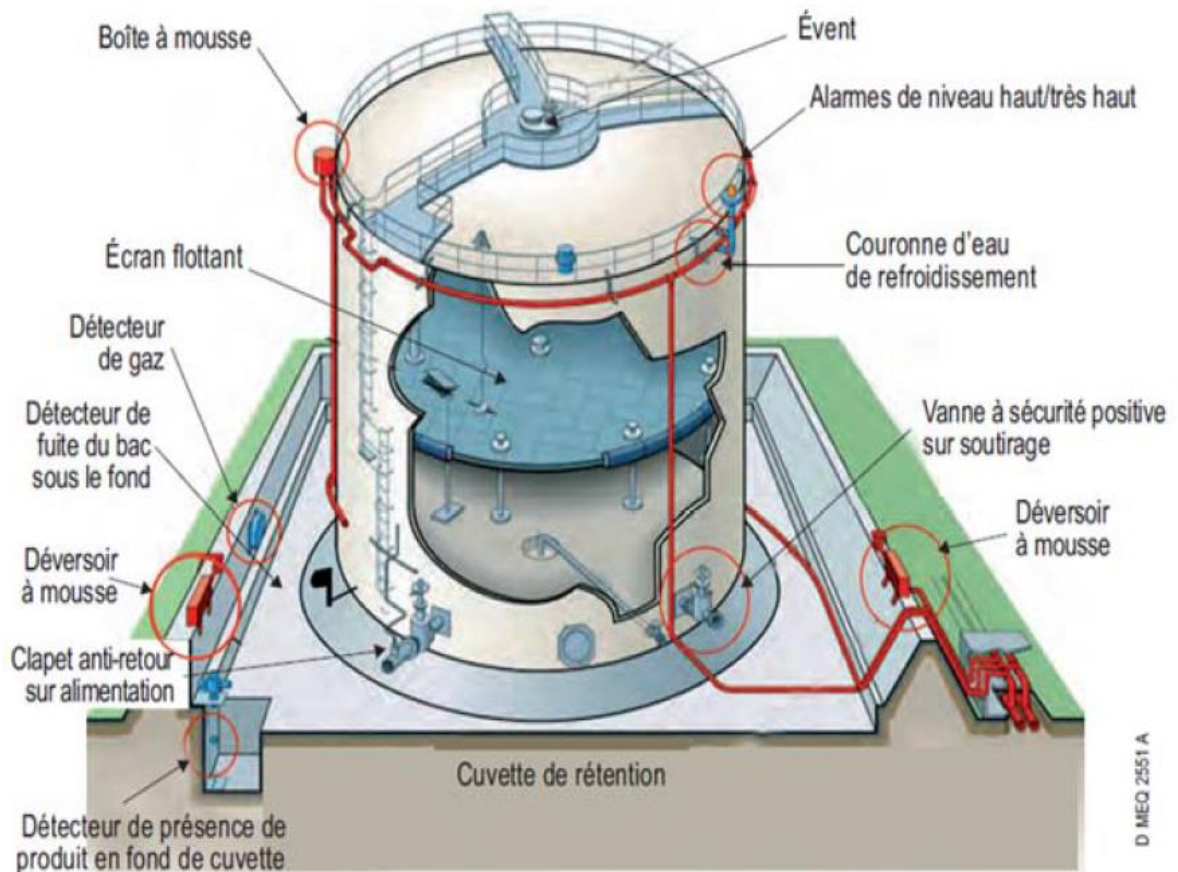
- **Ligne de purge** : La ligne de purge équipée de deux vannes, une serve à la purge de l'eau après la décantation et l'autre de sécurité.

- **Indicateur de niveau** : Celui-ci permet de relever le niveau du liquide dans le réservoir et au comptage du volume du produit au remplissage ou à la vidange de celui-ci. La détermination de la hauteur du produit dans le réservoir se fait avec les indicateurs de niveau à flotteur qui suit le niveau du liquide.[5]

IV.2.5.6.2. Equipements de sécurité

Ils sont variés et coûteux et indispensables à l'exploitation du bac en toute sécurité. Leur rôle est d'assurer la protection des réservoirs contre divers risques.

- ✓ **Les soupapes** : ils sont installés en haut de la sphère et permettent l'ouverture vers l'atmosphère. 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 réservoir, et se ferme automatiquement lorsque les conditions normales ont été rétablies.
- ✓ **Les arrêts de flamme** : Ces appareils sont destinés à empêcher la pénétration d'une flamme dans le réservoir. On place des arrêts. flammes sur des événements ou à la sortie des soupapes de sécurité.
- ✓ **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.
- ✓ **Les installations à mousse** : Deux types d'installation à mousse sont utilisés : Centrale à mousse fixe et Centrale à mousse mobile. En cas d'un feu de surface, la mousse est projetée à l'aide d'une lance à mousse.
- ✓ **La mise à la terre** : Les réservoirs doivent être mis à la terre, de cette façon ils ferment des cages faraday dont l'intérieur est préservé de toute influence électrique (écoulement des charges atmosphériques se fait dans de bonne condition. Elle doit être en cuivre.
- ✓ **Cuvette de rétention** : Les réservoirs sont implantés dans des cuvettes de rétention. C'est une capacité destinée à recevoir les produits pétroliers s'écoulant accidentellement des réservoirs pour éviter que le contenu ne se répande n'importe où l'aide de merlons ou de murs.[6]



Source : Matériel statique.instrumentation régulation (IFP)

Figure IV.7 : Equipements de sécurité dans un bac.

IV.3. Conclusion

Les hydrocarbures doivent être stockés dans les conditions adéquates, pour cela il faut utiliser les moyens de stockages et les gérer et les contrôler parfaitement pour assurer l'étape de stockage. Cette étape est très importante pour ensuite transférer ces produits en destinations de consommation.

CHAPITRE V

Présentation de la raffinerie de Skikda RA1K

V.1. Historique et localisation de la raffinerie

Le démarrage de construction de la raffinerie à commence le 02/01/1976 par le constructeur SnamProgetti (Italie) et le démarrage de la production en mars1980. En juillet 2009, la raffinerie a signé le contrat de la réhabilitation et l’adaptation et a augmenté la capacité de production. Elle fait une entrée progressive des unités de production réhabilitées, en octobre 2012. Elle emploie actuellement environ 1500 travailleurs.

La raffinerie est située à proximité de la Mer Méditerranée (environ 1,5 km au Nord de la raffinerie). Elle est bordée :

- Au Nord par la cité El Arbi Ben Mhidi
- À l’Ouest par un tissu urbain
- Au Sud par un tissu urbain et par d’autres sites industriels
- À l’Est par la zone industrielle.

L’image donnée ci.après situe la raffinerie de Skikda dans son environnement.



Figure V.1: Localisation de la raffinerie de Skikda [1]

V.2. Structure hiérarchique de la raffinerie La structure hiérarchique de la gestion de la raffinerie de Skikda prévoit à son sommet un Directeur de quel dépend cinq services, techniques de ligne, plus deux de staff comme le montre l’organigramme suivant :

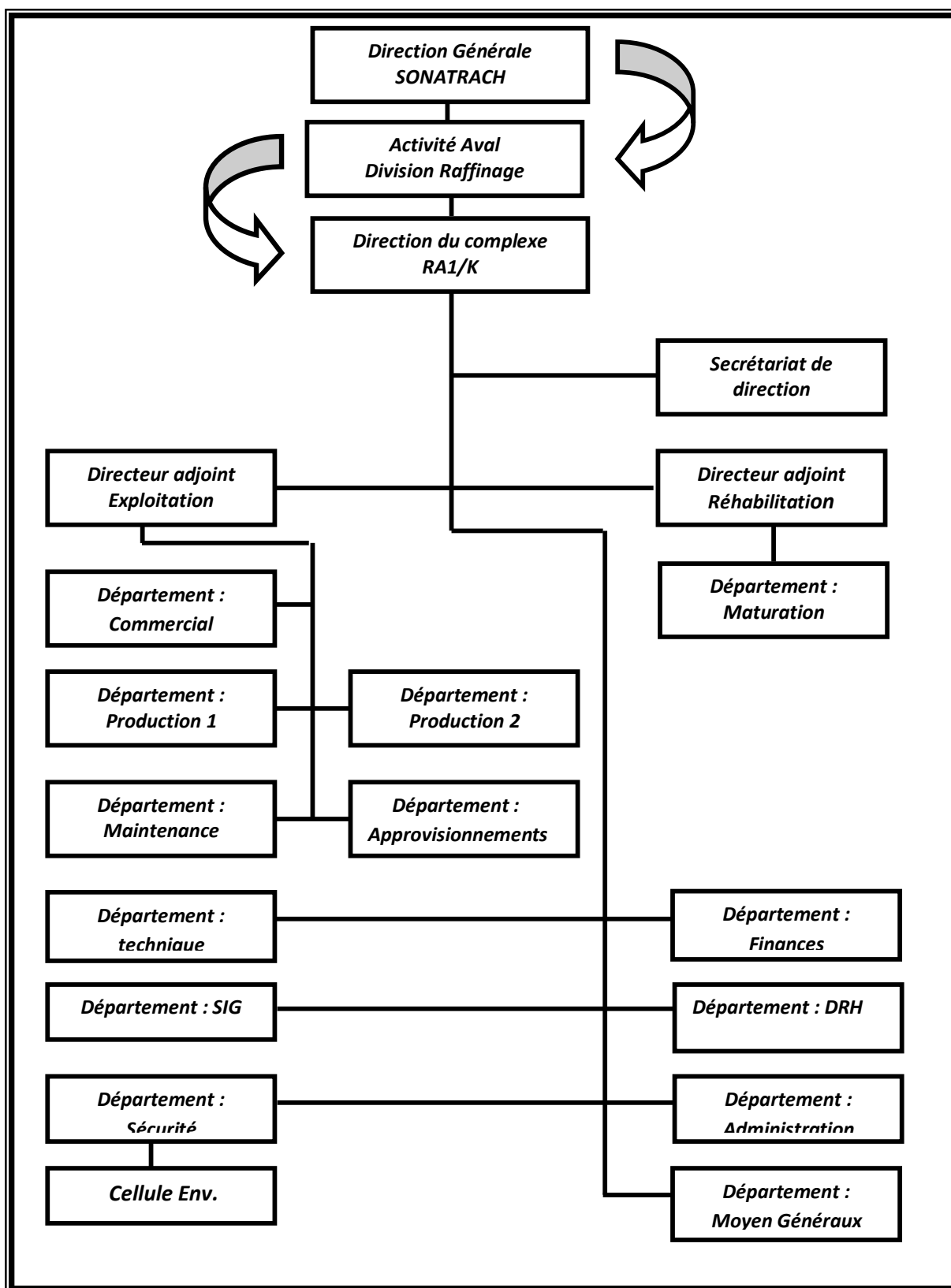


Figure V.2: Organigramme de la raffinerie de SkikdaRA1/K

L'activité industrielle de la wilaya de Skikda est dominée par l'industrie pétrochimique qui regroupe de nombreuses activités au niveau d'une Zone Industrielle de 1200 ha située à 4 km à l'Est de la ville de Skikda.

Le tableau ci-dessous reprend l'ensemble des activités présentes sur la Zone Industrielle :

Tableau V.1 : Activités voisines de la raffinerie de Skikda [2]

Nom	Activité
CTE: Centrale Thermique Sonelgaz	Production d'électricité
GL1K: Complexe de liquéfaction du gaz naturel	Liquéfaction de Gaz naturel provenant de HassiR'mel
CP1K: Complexe de production de matières plastiques	Fabrication des produits thermoplastiques
PEHD (POLYMED): Société Méditerranéenne des Polymères	Fabrication de produit thermoplastique polyéthylène à haute densité
ZIK: Zone Industriel Skikda	Entreprise chargée de la gestion de la zone industrielle de Skikda
ENGI: Entreprise Nationale de Production et de Distribution des Gaz Industriels	Production de Gaz industriels
RTE: Transport Régional Est	produits transportés : pétrole brut, gaz naturel et condensat)
LINDE GAS	Production des gaz de l'air

V.3. Procédés de raffinage

L'objectif du raffinage est la transformation du pétrole brut en gammes de produits finis pouvant être utilisés dans les différents domaines « Le Transport, L'énergie, et la pétrochimie».

V.3.1. Les opérations de raffinage

- Réception et stock age du pétrole brut et des produits.
- Traitement du pétrole brut dans les unités de raffinage (fabrication des bases).
- Mélanges des bases et constitution des produits finis.
- Contrôle de la qualité par le laboratoire.
- Expédition des produits finis par « Camions, Pipe et Navires ».

Elles ont pour but de fractionner le pétrole brut en un certain nombre de coupes ou fractions classées selon les températures d'ébullition des hydrocarbures. La capacité de traitement est 16 500 000 Tonne/An.

Elles peuvent produire :

- Des gazliquéfiés(GPL)
- Des naphtas (A, B et C)
- De la coupe C₆
- Du kérosène
- Des gasoilslégers et lourds
- Résidu des gasoilslourd et léger (Fuel Oil)
- Du fuel gaz

Les essences issues de l'unité de distillation atmosphérique (topping) contiennent des éléments nocifs et indésirables (composés soufrés, azotés et oxygénés) et l'indice d'octane n'est pas suffisant pour les moteurs à combustion interne. Ces filtrats doivent donc recevoir un

traitement complémentaire afin de modifier la structure moléculaire et les caractéristiques physico-chimiques des essences (Naphtas) issues de la première distillation du pétrole brut.

Le site de Skikda présente deux unités de reformage catalytique :

- **Unité 100 . Magnaforming** : unité de reformage catalytique (reforming 1).

L'unité de reforming 1 permet la production de :

- GPL
- Pentane
- Reformat léger et de toluène brut
- Reformat lourd et du fuel gaz

- **Unité 101 et 103 . Platforming** : unité de reformage catalytique (reforming 2).

L'unité de reforming 2 permet la production de :

- GPL
- Pentane et de platformat et du fuel gaz

Il existe aussi une section de fractionnement de l'unité reforming I et qui est reliée au reforming

- **Section du splitter du platformat**

La section du splitter du platformat de l'Unité 100 est une section de post-fractionnement qui reçoit la charge principale de l'unité existante de Reforming catalytique 2 (Unité 103) et une partie aussi des produits au-dessous de C₅ de l'unité d'isomérisation (Unité 500). L'objectif de cette section est de maximiser les produits aromatiques au sein de la Raffinerie de Skikda.

Les bitumes proviennent du traitement des bruts réduits importés, avec une capacité de traitement de 277 000Tonne/An.

L'unité 200 permet d'extraire, des aromatiques qui seront, par la suite, fractionnés en benzène et toluène purs.

La section extraction de l'unité Aromatiques permet, en permanence, la production de raffinat utilisé comme base pour la fabrication des essences.

L'unité 400 reçoit la charge de l'unité 100 (Reformat Lourde), elle permet de séparer un mélange de xylènes, destiné à la cristallisation, ainsi qu'un paraxylène destiné à la vente.

. Unité 900 (Purification d'hydrogène)

L'unité de purification d'hydrogène (UNIT 900) est conçue pour produire de l'hydrogène de haute pureté pour l'unité 500 et les unités 700, 701, 702, 703.

L'unité HPU se compose du compresseur de gaz d'alimentation, du package PSA et du compresseur des effluents gazeux.

Le gaz riche en H₂, provenant de l'unité Magnaforming (unité 100) et de l'unité de Reforming catalytique (unité 103), est comprimé par le compresseur de gaz d'alimentation (900.K.51 A/B). Le procédé d'adsorption du package PSA exige une pression élevée (environ 24kg/cm²). L'hydrogène de haute pureté est envoyé vers les unités d'isomérisation et les effluents gazeux, séparés du gaz riche en H₂, sont envoyés, à l'aide du compresseur des effluents gazeux (900.K.52A / B), au collecteur de gaz combustible.

.Description de l'unité 500

L'alimentation à l'Unité d'isomérisation est le produit de filtrats de l'Unité de Récupération du Paraxylène (Unité 400), Catalysé par les catalyseurs brevetés en présence d'hydrogène pur, cette unité peut produire :

- Pentane
- Essence reformat léger (benzène, toluène)
- Mélange xylène

.Unités d'isomérisation (700.701 et 702.703) :

L'objectif de ce procédé est d'améliorer l'indice d'octane de recherche et de moteur de l'alimentation du naphta léger (principalement C₅/C₆), tout en limitant les émissions toxiques et supprimer le plomb dans les essences. L'unité permet de produire :

- Isomérisat

- Fuel gaz

Les unités 30, 31 traitent les GPL (gaz de pétrole liquéfiés) qui proviennent des unités de distillation atmosphériques U10 et U11. L'unité 30 reçoit aussi les gaz liquides du Reforming 1, ainsi que le GPL provenant du Reforming 2.

Ces deux unités aboutissent au fractionnement du GPL et permettent la séparation du butane et du propane et aussi les incondensables C₁, C₂ (fuel gaz) vers la CTE. Elles sont identiques.

L'unité Gaz plant U104 permet le fractionnement du GPL issu des unités Topping U10 et U11 et des unités de reforming 1 et 2.

V.3.2. Zones de stockage et installations portuaires La raffinerie de Skikda présente 3 zones de stockages :

- **La zone Sud** qui permet, grâce à 25 bacs différents, le stockage de divers produits.
- **La zone Nord** ou encore MELEX (Mélange et Expédition) qui dispose d'un plus grand nombre de bacs permettant de stocker différents produits utilisés sur le site, mais aussi d'en envoyer une partie, via des pipelines, vers les bras de chargement situés sur les installations portuaires.
- **La zone Est** qui stocke différents produits finis.

Afin de pouvoir expédier une partie de sa production à l'étranger, la raffinerie peut transférer ses produits vers deux ports où ils seront chargés dans des navires par l'intermédiaire de bras de chargement. La raffinerie est reliée aux deux ports de SKIKDA

Les produits stockés dans les zones de stockages de la raffinerie sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau V.2: Produits stockés dans les zones de stockages de RA1K

Zone de stockage	Produits stockés
<p style="text-align: center;">Zone Sud</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Brut, Naphta A, Naphta B, naphta (B+C) et mélange de naphta • Essences (sans plomb) • Aromatiques (Mélange de Xylènes, Toluène et Benzène)
<p style="text-align: center;">Zone Nord</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pentane, Aromatiques • Reformat, Raffinat, Platformat • Essence normale, Essence super, Kérosène • Gasoil, Fuel Oil

	<ul style="list-style-type: none"> • Résidu BRI, Bitumes routiers et oxydés
Zone Est	<ul style="list-style-type: none"> • Propane, Butane, White Spirit • Gasoil (lourd et léger), SLOP

Les zones utilité sont pour objectif de fournir diverses utilités au reste de la raffinerie. Les utilités correspondent aux unités et aux fonctions suivantes :

- ❖ Unité 63 : Eau déminéralisée
- ❖ Unité 1020 / 1021 : Eau de refroidissement
- ❖ Unité 1030 / 1031 : Eau potable
- ❖ Unité 1040 : Réseau incendie
- ❖ Unité 1050 / 1051 : Production de vapeur et d'électricité
- ❖ Unité 1060 / 1061 : Condensats
- ❖ Unité 1070 / 1071 : Distribution fuel gaz
- ❖ Unité 1081 / 1082 : Production d'air service et instrument
- ❖ Unité 1111 : Production d'azote
- ❖ Unité 1090 / 1091 : Torche
- ❖ Unité 1100 / 1101 : Traitement des effluents

V.4. Présentation de l'unité d'affectation

V.4.1. Description de l'activité de planification et de programmation

L'activité planning et programmes est un ensemble de tâches ayant pour objectif la gestion des flux de production de toutes les unités, de leur stockage, des mélanges des produits semi-finis (Essence, Naphta, Gasoil), du contrôle de la qualité des produits finis de leur programmation à l'expédition.

Les objectifs principaux du service planning et programmes se résument comme suit :

- ✚ Elaboration, mise en œuvre, suivi et actualisation des programmes de production et réception matières premières

- ✚ Elaboration des programmes de mélange des produits semi-finis

- ✚ Etude et suivi réalisation des programmes d'enlèvements " SH /Com, Naftal, Clients Privés"

- ✚ Suivi du fonctionnement des unités

- ✚ Contrôle des produits semi.finis, et des produits finis à l'expédition.
- ✚ Elaboration sur la base d'une circulaire émanant de la direction générale du plan de production annuel et d'un plan à moyen terme " PMTE ".
- ✚ Elaborations des différents bilans :
 - Traitement
 - Production
 - Expédition
 - Utilités et Produits chimiques.
- ✚ Participation avec département " Production et Technique " aux :
 - Tests sur les unités de production
 - Développement et promotion des nouveaux produits.
- ✚ Participation aux différentes réunions internes au niveau de la raffinerie et inter raffineries.
- ✚ Prise en charge des relations internes partenaires " Aspect lié à la qualité et à la commercialisation des produits ".

V.4.1.1. Elaboration des plans prévisionnels

- Elaboration du plan annuel de production
- Elaboration du plan moyen terme " PMTE "
- Elaboration des bilans

V.4.2. Bilans des produits finis

Les produits semi finis "sortie unités " sont mélangés pour répondre à des spécifications commerciales. Sachant que, les produits finis sont un mélange de plusieurs composants ayant des caractéristiques différentes.

V.4.2.1. Bilan naphta

On distingue trois types de naphta « Sortie unités Topping ».

- Naphta A « Naphta léger »
- Naphta B « Naphta moyen »
- Naphta C « Naphta lourd »

Le naphta est la charge des unités reforming :

- Reforming I : Naphta B
- Reforming II: Naphta B

V.4.2.2. VBilan Gasoil

Le gasoil RA1K est un mélange de trois produits intermédiaires à savoir :

- Kérosène
- Gasoil Léger
- Gasoil Lourd

Le Blender gasoil peut fonctionner par le biais des bacs intermédiaires ou dans les bacs des produits finis directement des unités Topping.

V.4.2.3. Fabrication des essences

La raffinerie produit trois types d'essences pour les besoins du marché, l'excédent de l'essence super sans plomb est destiné à l'exportation.

Les trois types d'essences se distinguent par leur indice d'octane :

- Essence Normale : NO 89
- Essence Super Ethylée : NO 96
- Essence super Sans Plomb : NO 95

V.5. Organisation générale de la sécurité

La politique de sécurité mise en place par NAFTA est répercutée au niveau des différents

Sites par le département Hygiène Sécurité et Environnement (HSE) qui veille à sa bonne application. La politique est, en outre reprise au niveau d'un manuel HSE. Ce dernier regroupe des mesures de sécurité appliquées au niveau des sites.

La problématique de la sécurité est également traitée dans les manuels opératoires puisque pour chaque unité de l'installation, les procédures, propres au procédé, y sont formalisées. Ces dernières permettent, pour les différents opérateurs, la maîtrise des procédés et de l'exploitation. Comme cela a déjà été mentionné ci-dessus, en cas d'incident, la raffinerie peut toujours compter sur des moyens d'intervention appropriés. Ces moyens consistent dans des moyens fixes et mobiles d'intervention mais aussi dans un personnel convenablement formé. Un autre outil, le manuel de l'agent d'intervention, reprend les conduites à adopter pour lutter contre le feu.(10)

V.5.1. Présentation de la structure sécurité

Au sein du département Hygiène et Sécurité de Skikda, le département sécurité est composé de 4 services :

- < Service intervention ;
- < Service prévention ;
- < Service environnement.(10)

V.5.1.2. Service intervention

Ce service, constitué de 77 agents travaillant en quart, assure d'une manière continue, la surveillance et les interventions sur les installations. Le service intervention a pour tâches principales :

- < protéger et sauvegarder le personnel ainsi que le patrimoine de l'entreprise ;
- < Mener, en cas d'urgence, les actions conformément aux différents plan d'organisation des secours : POI ,PAM (plan d'assistance Mutualisée), Plan ORSEC ;
- < S'intégrer aux opérations d'intervention dans le cadre de l'assistance mutuelle ;
- < Gérer les installations et les équipements d'intervention et de secours ;
- < Concrétiser les programmes de formation et d'exercices de lutte contre l'incendie.(10)

V.5.1.3. Service prévention

Service constitué de 14 agent travaillant en journée normal et assurant :

- < La supervision et le contrôle des installation ;
- < La gestion des risques liés aux travaux ;
- < La préservation de la santé des travailleur ;
- < Le contrôle de la conformité des pratiques par rapport et aux règles du manuel HSE.

Service surveillance et accueil

Le service surveillance et accueil a pour mission :

- < Le contrôle des accès et des sorties des personnes et des véhicules ;
- < L'accueil et l'orientation des visiteurs en veillant à la bonne application des règles de Sécurité.

V.5.1.4. Service environnement

En est constitué par 3 cadres chargé des inspections et du contrôle environnemental sur les différents types de rejet.

CHAPITRES VI

**Application de la méthode hazope
et AdD et brouillard d'eau**

Chapitre VI Application de la méthode hazope et Add et brouillard d'eau

VI.1.Introduction

Dans ce chapitre nous avons appliqué la nouvelle technique de la plantation du système de sécurité d'extinction de brouillard d'eau qui consiste à réaliser une étude complète de prévention et d'intervention des différents risques possible d'un bac de stockage de NAPHTA 600.S.226 située au niveau de la zone nord de la raffinerie RA71K de la wilaya de Skikda.

On a appliqué les méthode d'analyse hazope et L'ddd pour identifier les risques et propose la thécnique d'extinction contre l'incendie brouillard d'eau sur un bac de stockage pour minimiser les risques existants.

VI.2. Description du système étudié le Bac 600.S.226

Le Bac 600.S.226 est un bac à toit fixe destiné au stockage intermédiaire de NAPHTA.A produisait au niveau de l'unité 10, avant de le transporter par la tuyauterie vers les bacs 600.S.226.

A d'autre part le Bac 600.S.226.est destiné aussi pour recevoir le NAPHTA.A qui récupérer au niveau VRS.

Le NAPHTA.A stocké au niveau de bac est transféré par les pompes P600.P.316A/B vers le VRS et les pompes de charge de l'unité 700 (isomrt)

Tableau VI.1: Caractéristiques du bac de stockage de NAPHTA 600.S.226

Caractéristiques	T3004
T° de calcul (C°)	1/65
T° de service (C°)	AMB
Pression de calcul en kg /cm ²	F.L+1.0/.0.005
Pression de service kg/cm ²	0.5
Volume (m3)	7500
Densité (Kg/m3)	700
Diamètre (m)	27.432
Hauteur (m)	12.802
Substance	NAPHTA -A

Chapitre VI Application de la méthode hazope et Add et brouillard d'eau

Type d'installation	Bac de stockage intermédiaire
Type de toit	Fixe
Tension de vapeur raide	8,6

A. Sous.système 1 : le bac et ces accessoires

Ce sous système est construit principalement de :

- Bac a toit fixe 600.S.226.
- Soupape de respiration.
- Mise à la terre et parafoudre.
- Les instruments de mesures et de contrôle des paramètres service (Pression, Niveau, Température)

B.Sous.système 2 : remplissage du bac

Ce sous système est construit principalement des :

- Pompes 600.MOV.4701 de transfère de produit de Bac 600.S.226.
- Les vannes de balancement de production HXV4005, HXV3008 et3007.
- Les vannes d'isolement HXV3004A/C.
- La tuyauterie.

C.Sous.système 3 : Expédition de NAPHTA.A

Ce sous système est construit principalement des :

- Pompes de transfère NAPHTA.A vers Unité 700
- La vanne d'isolement 600.MOV.4701
- Tuyauteries.

VI.3. Caractéristique physique du produit stocké le NAPHTA.A

Le NAPHTA.A c'est un liquide incolore, avec une odeur d'essence Les principales caractéristiques physiques du NAPHTA.A son :

Tableau VI.2 : caractéristiques physiques du NAPHTA.A

Caractéristiques de NAPHTA.A	Valeurs
Densité à 15° [Kg/m3]	0.7073 – 0.7254
Tension de vapeurs [g/cm2]	4750 max
Viscosité à 25° [cst]	0.7

Chapitre VI Application de la méthode hazope et Add et brouillard d'eau

Teneur en eau et sédiment bsw [% volume]	Nulle
Salinité (Na Cl) [mg/l]	Nulle
Teneur en soufre [%pds]	0.005
Point d'éclair [°C]	<20
La masse moléculaire [g/mol]	128

VI.3. Analyse détaillée des risques par la méthode HAZOP :

L'analyse par la méthode HAZOP est faite selon des nœuds ce nœud inclus :

- Le bac de stockage 600.S.226
- Vanne d'isolement de la ligne de remplissage du bac 600.MOV.4701 vanne d'isolement de la ligne d'expédition 600.MOV.4702.
- Les pompes de charges d'expédition de NAPHTA.A vers l'unité 700
- La vanne de maintien de débit minimum 600.MOV.4701.
- Les vannes de régulation de pression 600.PIC.4916.

Tableau IV.3 : Application de la méthode HAZOP sur le BAC 600.S.226

Equipement : 600.S.226

Paramètre : débit

DEVIATION	CAUSES POSSIBLES	CONSEQUENCES	G	P	C R	PREVENTIONS	PROTECTION	G	P	C R	RECOMMANDATIONS
Pas assez de débit	Bas débit de gaz de maintien de pression de bac la vanne 600.PIC.4916 positionnés fermés	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de pression au niveau de bac - Aspiration d'air a l'intérieur de bac. - Formation d'une atmosphère explosive 	2	3		<ul style="list-style-type: none"> - Formation des opérateurs . Maintenance préventive des vannes - Manomètre de pression sur la ligne 	. Soupape de respiration sur le bac.	1	2		<ul style="list-style-type: none"> - Cadenassez la vanne manuelle de régulation de pression du bac. . Contrôle de la vanne de la salle de contrôle. - Installation d'un transmetteur de pression PT
	Vanne d'isolement de ligne de remplissage 600.MOV.4701 défailante ou fermée par erreur humaine	<ul style="list-style-type: none"> - Bac hors service - Chute de pression de bac 	2	2		. la production dirigée vers DCS . 600.LI.226 A et 600.LI.226 B indiqué le niveau du bac. . Transfer de NAPHTHA vers 600.S.227	. Le maintien de pression du bac par la vanne 600.PIC.4916.	1	2		. Respecter le plan de la maintenance préventive des instruments
	Vanne d'aspiration 600. MOV.4702 et la vanne de fond des pompes	<ul style="list-style-type: none"> - Cavitation et échauffement de la pompe . Endommagement de la Pompe 	2	3		. Fonctionnement rare de la Pompe .Déclenchement de la pompe par le	<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Détecteurs de gaz sur zone des pompes d'expédition. 	1	2		. Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements

d'expédition fermée par erreur humaine ou défailante	. Perte de confinement			<ul style="list-style-type: none"> thermostat (sécurité intrinsèque) . Démarrage sur site de la pompe .Manomètre indique la pression de refoulement .Maintenance préventive périodique .Formation des opérateurs. 				<ul style="list-style-type: none"> - Respecter les procédures de mise en marche des équipements. - Installer des pompes à garnitures double sur les liquides dangereux pour limiter les fuites vers l'extérieur.
	. Feu de flaque dans la zone et blessure opérateurs	3	3	<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Détecteurs de gaz sur la zone des pompes d'expédition. - Un tapis de mousse sur la flaque pour éviter le triangle de feu 	<ul style="list-style-type: none"> - Détecteurs de flammes UV sur la zone des pompes d'expédition . Système déluge - Moyens fixes et mobiles anti incendie .plan d'intervention interne 	1	2	<ul style="list-style-type: none"> - Formation des agents d'intervention. . Exercices de simulation sur ce genre d'accident - Entretien et essais périodique des moyens d'intervention.
	. Pollution environnementale	2	3	<ul style="list-style-type: none"> - Détection de gaz sur la zone des pompes d'expéditions . Plateforme étanche - La pompe sur un skid étanche. 	<ul style="list-style-type: none"> . Circuit de drainage de Naphtas vers puisard . Plan d'intervention en cas de pollution accidentelle 	1	2	

			2	3				1	2	
--	--	--	---	---	--	--	--	---	---	--

		. Feu de cuvette + blessures potentiels	3	3	. Zone ATEX détecteurs de gaz . Tapis de mousse sur le Naphtas épandu	- Cuvette de rétention sur le bac - Couronne de refroidissement - Déversoirs à mousse sur cuvette - Moyens fixes et mobiles anti incendie - Plan d'intervention interne PII.		2	2	- Formation des agents d'intervention. . Exercices de simulation sur ce genre d'accident - Entretien et essais périodique des moyens d'intervention.
		. Pollution environnementale	3	3	. Détection de gaz	- Cuvette de rétention sur le bac - Plan d'intervention en cas de pollution accidentelle		2	2	- Renforcement du merlon de la cuvette en béton - Installation d'un système de drainage des hydrocarbures

Trop de débit	Trop de débit de gaz de maintien de pression de bac par défaillance de vanne 600.PIC.4916	<ul style="list-style-type: none"> - Montée en pression du bac - Perte de confinement (sortie de gaz léger). - Formation d'une atmosphère explosive 	2	3		<ul style="list-style-type: none"> .Manomètre de pression . Rondes d'inspection des opérateur . tarage de soupape de respiration. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX Détecteurs de gaz - Soupape de respiration sur le bac. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle de la vanne PIC de la salle de contrôle. - Installation d'un transmetteur de pression PT.
---------------	--	--	---	---	--	--	--	---	---	--	---

Equipement : 600.S.226

Paramètre : pression

DEVIATION	CAUSES POSSIBLES	CONSEQUENCES	G	P	C R	PREVENTIONS	PROTECTION	G	P	C R	RECOMMANDATIONS
Pas assez de pression	Vannes 600.PIC.4916 du gaz de maintien de pression positionné fermé.	<ul style="list-style-type: none"> - Chute de pression au bac - implosion interne du bac - Aspiration d'air a l'intérieur de bac. - Formation d'une atmosphère explosive 	2	3		<ul style="list-style-type: none"> - Formation des opérateurs XP .Manomètre sur la ligne de gaz de maintien - Tarage de la soupape de respiration. 	. Soupape de respiration sur bac	1	2		<ul style="list-style-type: none"> - Respecter le plan de maintenance préventive des instruments - Contrôle de la vanne de la salle de contrôle. - Installation d'un transmetteur de pression PT.

Trop de pression	Dépassement de point de consigne d'ouverture de vanne 600.PIC.4916 de gaz de maintien par	<ul style="list-style-type: none"> - Montée en pression du bac . - Perte de confinement (sortie de gaz léger). - Formation d'une atmosphère explosive 	2	3		<ul style="list-style-type: none"> - Présence de 2 vannes PIC en série. - Manomètre de pression - Rondes d'inspection des opérateurs - Tarage de la soupape de respiration. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Liaison permanente de bac vers VRS - Soupape de respiration sur le bac. - Détecteurs de gaz 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> - Contrôle de la vanne PIC de la salle de contrôle. - Installation d'un transmetteur de pression PT.
		<ul style="list-style-type: none"> . Phénomène UVCE (explosion d'un nuage de gaz) . Blessures opérateurs 	3	3		<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Détecteurs de gaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Couronne de refroidissement . - Chambres de déversement à mousse à l'intérieur de bac. . - Moyens fixes et mobiles anti incendie - plan d'intervention interne PII. 	2	2		<ul style="list-style-type: none"> - Formation des agents d'intervention. - Exercices de simulation sur ce genre d'accident . - Entretien et essais périodique des moyens d'intervention.
	Naphtha isolé entre 2 vannes	<ul style="list-style-type: none"> - Dilatation de liquide dans la ligne avec augmentation de pression. - Fuite de Naphtha sur joints des brides. 	2	3		<ul style="list-style-type: none"> . Formation des opérateurs 	<ul style="list-style-type: none"> - zone ATEX - détecteurs de gaz 	1	2		Vérifier les propriétés du Naphtha (dilatation thermique)
		<ul style="list-style-type: none"> . Feu dans la zone avec blessure opérateurs 	3	3		<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Détecteurs de gaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Moyens fixes et mobiles anti incendie - Plan d'intervention interne PII. 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> - Formation des agents d'intervention. - Exercices de simulation sur ce genre d'accident . - Entretien et essais périodique des moyens d'intervention

Présence de gaz léger dans le Naphtha stocké	<ul style="list-style-type: none"> - Tension de vapeur TVR élevé. - Perte de gaz. 	2	3		<ul style="list-style-type: none"> - Bac destiné pour le stockage de Naphtha on.spec. - Analyse de produit stocké 	. . Soupape de respiration	1	2		L'application de la modélisation par le logiciel courbe de monter en puissance (CMP).
--	---	---	---	--	---	----------------------------	---	---	--	---

Equipement : 600.S.226

Paramètre : température

DEVIATION	CAUSES POSSIBLES	CONSEQUENCES	G	P	C R	PREVENTIONS	PROTECTION	G	P	C R	RECOMMANDATIONS
Température basse	Température hivernale	. Risque de fragilisation de la robe du bac par les chocs thermiques lors de l'envoi du Naphtha chaude	2	2		<ul style="list-style-type: none"> - Formation des opérateurs. - 600.TI.226 indique la température au bac 		1	1		<ul style="list-style-type: none"> - Etudier le débit minimal nécessaire pour garantir le fonctionnement en sécurité du bac. - Respecter les conditions d'exploitation du bac (température de service et température de calcule).
		. Instrumentation défailante car l'eau dans l'air instrument givre. . Dérive du process	2	2		. Fonctionnement des instruments par l'air sec (élimination d'humidité)	. Maintenance curative	1	2		. Fiabiliser le sécheur d'air instrument pour éviter la contamination de cet air instrument et le repli des vannes.

Température élevée	. Feu dans la zone de stockage	<ul style="list-style-type: none"> - Vaporisation violente de Naphtha - Augmentation de pression sur bac - Perte de confinement 	2	3		. Distance de sécurité entre les bacs.	<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Détection gaz - Soupape de respiration - Couronne de refroidissement . Canons incendie fixe pour formés rideau d'eau. - Plan d'intervention interne PII 	1	2		. Tarage des soupapes de respiration.
Température élevée	. Feu dans la zone de stockage	. Feu de bac +blessures opérateurs	4	3		. Possibilité de vider le bac vers les autres réservoirs.	<ul style="list-style-type: none"> . Déversoirs à mousse dans les cuvettes. . Zones de rétention - Chambre à mousse au sommet des bacs . Couronne de refroidissement sur chaque bac - Zone de rétention pour chaque bac . Moyens fixes et mobiles anti incendie - Plan d'intervention interne PII 	2	2		<ul style="list-style-type: none"> . Formation des agents d'intervention. . Exercices de simulation sur ce genre d'accident . Entretien et essais périodique des moyens d'intervention.

Equipement : 600.S.226

Paramètre : Niveau

DEVIATION	CAUSES POSSIBLES	CONSEQUENCES	G	P	C R	PREVENTIONS	PROTECTION	G	P	C R	RECOMMANDATIONS
Trop de niveau	Transmetteur de niveau 600.LI.226A/B défaillant	. Augmentation de niveau jusqu'au débordement vers la ligne de VRS. . Perte de produit par la soupape de respiration.	2	3	Yellow	- Formation des opérateurs . Inspection préventif des instruments . Alarme niveau haut LAH226. - Lecteur locale de niveau de bac sur tuyau vinyl.	- Zone ATEX - Détecteurs de gaz . Cuvette de rétention sur le bac. - Transfer de Naphtha vers bac 600S.227	1	2	Green	. Respecter le plan de maintenance préventive des instruments
		. Feu de cuvette + blessures potentiels	3	3	Red	. Zone ATEX . Détecteurs de gaz . Tapis de mousse sur le Naphtha épandu	- Cuvette de rétention sur le bac - Couronne de refroidissement . Déversoirs à mousse sur cuvette . Moyens fixes et mobiles anti incendie - Plan d'intervention interne PII.	2	2	Yellow	- Formation des agents d'intervention. - Exercices de simulation sur ce genre d'accident . Entretien et essais périodique des moyens d'intervention.
		. Pollution environnementale	3	3	Red	. Détection de gaz	- Cuvette de rétention sur le bac - Plan d'intervention en cas de pollution accidentelle	2	2	Yellow	- Renforcement du merlon de la cuvette en béton - Installation d'un système de drainage des hydrocarbures
Pas assez de niveau	Casse du niveau "tuyau vinyl" extérieur au	. Vidange du bac dans la zone	2	3	Yellow	. Inspection du système vinyl . Formation des	. Zone ATEX détecteur de gaz . Transmetteur de	1	2	Green	. Changement systématique tuyau de vinyl lors des inspections à titre préventif.

	bac S.226					opérateurs . débit minime de tuyau de vinyl .	niveau LI226A/B de Naphtha sur le bac. . Alarme niveau bas LAL226 de Naphtha.				

	. Feu de cuvette + blessures opérateurs	3	3		. Zone ATEX . Détecteur de gaz . Tapis de mousse sur le Naphtha épandu.	- Cuvette de rétention sur le bac. - Couronne de refroidissement . Déversoirs à mousse sur cuvette . Moyens fixes et mobiles anti incendie - Plan d'intervention interne PII.	2	2		- Formation des agents d'intervention. - Exercices de simulation sur ce genre d'accident . Entretien et essais périodique des moyens d'intervention.
	. Pollution environnementale	3	3		. Détection de gaz	- Cuvette de rétention sur le bac - Plan d'intervention en cas de pollution accidentelle	2	2		- Renforcement du merlon de la cuvette en béton - Installation d'un système de drainage des hydrocarbures

<p>Transmetteur de niveau600. LI.226A/B défaillant</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Cavitation de la pompe si le bac est en expédition - Endommagement de la pompe et perte de confinement 	<p>2</p>	<p>3</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier le niveau sur le tuyau vinyl du bac avant le démarrage de la pompe - Alarme niveau bas LAL226. .Déclenchement de la pompe par température élevée . Manomètre indique la pression de refoulement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Détecteurs de gaz sur zone d'expédition. 	<p>1</p>	<p>2</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Respecter le plan de la maintenance préventive des équipements - Respecter les procédures de mise en marche des pompes. - Installer des pompes à garnitures double sur les liquides dangereux pour limiter les fuites vers l'extérieur.
	<p>. Feu de flaue à la zone des pompes d'expédition . Blessure des opérateurs</p>	<p>3</p>	<p>3</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Zone ATEX - Détecteurs de gaz sur zone d'expédition. . Un tapis de mousse sur la flaue. 	<p>.Détecteurs de flammes UV.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Moyens fixes et mobiles anti incendie . Système déluge - Plan d'intervention interne 	<p>1</p>	<p>2</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Formation des agents d'intervention. - Exercices de simulation sur ce genre d'accident . Entretien et essais périodique des moyens d'intervention.
	<p>. Pollution environnementale</p>	<p>2</p>	<p>3</p>		<p>. Détection de gaz sur zone de la des pompes d'expéditions . Plate forme étanche . La pompe sur un skid étanche.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Circuit de drainage de Naphtha vers puisard - Plan d'intervention en cas de pollution accidentelle 	<p>1</p>	<p>2</p>		

	Fuite sur une virole du bac 600.S.226	. Vidange du bac dans la zone	2	3		. Inspection préventive des parois du bac lors des révisions décennales. . Revêtement anti corrosion du bac.	- Zone ATEX détecteurs de gaz - Transmetteur de niveau LI226 de Naphtha sur le bac. - Alarme niveau bas LAL226 de Naphth. - Cuvette de rétention sur le bac	1	2		. Veiller au respect du plan de révisions périodiques des bacs. . Protection cathodique
--	---------------------------------------	-------------------------------	---	---	--	--	--	---	---	--	---

Afin de réduire la probabilité d'apparition de l'évènement redouté. On pourrait se suffire d'agir sur les coupes minimales. En agissant sur les deux évènements ressortis. On réduira cette probabilité 87%.

Recommandation

L'application du système de sécurité d'extinction de brouillard d'eau sur un bac de stockage qui porte la référence 600.S.226.

VI.4. Description de système Brouillard d'Eau Haute Pression

Depuis 150 ans, de nombreux systèmes de protection contre l'incendie utilisant l'eau comme agent extincteur ont été développés pour réduire la puissance de l'incendie ou l'éteindre et ceci dans le but d'augmenter la sécurité des personnes et la protection des biens.

Un nouveau système brouillard d'eau haute pression répondant à deux principaux objectifs : augmenter l'efficacité des systèmes et réduire la consommation d'eau. Ce système innovant, en surpressant l'eau et en la faisant passer au travers des buses de diffusion sophistiquées, génère un nuage de micro.gouttes qui peuvent en une dizaine de secondes agir efficacement sur un feu en réduisant de manière significative sa puissance.

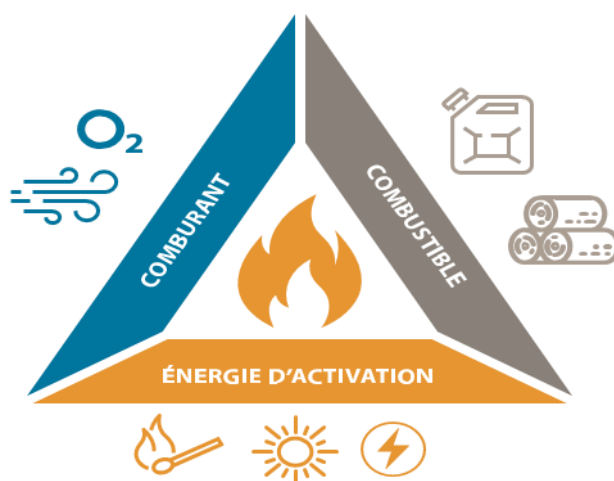


Figure VI.4: système Brouillard d'Eau Haute Pression

Pour comprendre comment un feu peut apparaître et comprendre comment agit le brouillard d'eau, il faut se reporter au bien connu triangle du feu. Pour qu'un feu apparaisse, les trois éléments du triangle du feu doivent être présents. Le premier de ces éléments est le combustible nécessaire à l'alimentation de la combustion, le second est l'oxygène, présent dans l'air, et enfin le troisième, l'énergie d'activation nécessaire pour démarrer et entretenir la réaction de la combustion.

Le brouillard intervient sur les deux derniers éléments cités, l'oxygène dans l'air et la température. Pour qu'une combustion démarre et se propage, il est essentiel d'avoir une énergie d'activation suffisante pour déclencher le phénomène de combustion. Ensuite lorsque le foyer est bien amorcé, une partie de l'énergie évacuée est nécessaire à l'entretien de la réaction de combustion.

Le brouillard d'eau est un agent idéal, puisque émis en très fines gouttelettes optimisant ainsi la surface d'échange et de ce fait optimisant l'échange thermique. La conséquence est que la réaction de combustion est entravée et que la puissance du foyer est fortement réduite. D'autre part, la vapeur d'eau ainsi générée contribue à la réduction de l'incendie par déplacement de l'oxygène à proximité du combustible.



Figures VI.5 : le triangle de feu

VI.4.1. Diffusion du d'eau brouillard

Les nombreux tests passés dans les laboratoires de certification européens ont permis à de perfectionner la gamme de buses pour les applications de noyage total et de protection d'objet. Ces buses, ont été conçues pour produire une distribution homogène de gouttes. Grâce a cette technologie, la taille des gouttes produite permet de lutter efficacement contre les différentes classes de feu.

Une large gamme de buses permet de s'adapter à chaque système de brouillard d'eau en fonction du risque, buses ouvertes ou équipées de bulbe en fonction du système global de protection. Ces buses fonctionnent à des pressions qui vont de 60 à 200 bars en fonction du risque à protéger et du type de solution d'extinction utilisé (pompe ou bouteille sous pression).

VI.4.2. Différents types de fonctionnement du système de protection par brouillard d'eau

Le fonctionnement du système dépend de sa configuration.

Il y a trois types de configuration possibles selon le type de buses utilisé :

- ✓ Réseau déluge, avec des buses ouvertes.
- ✓ Réseau sous eau avec des buses fermées.
- ✓ Réseau sous air avec des buses fermées, système dit à pré.action.
- **Système Déluge**

Dans ces systèmes, le réseau de distribution entre la vanne de section et les buses est toujours sec. Le système de détection automatique d'incendie autorise le remplissage du réseau de distribution avec l'eau sous pression et l'émission de brouillard d'eau à l'ensemble des buses ouvertes de la zone concernée ;

- **Réseau sous eau**

Dans ces systèmes, l'eau est sous pression dans le réseau de distribution entre la pompe et chaque buse fermée, à une pression de 16.18 bars, maintenue par une pompe Jockey. L'émission de l'eau est conditionnée à la rupture des bulbes calibrés, à une température déterminée, obturant les buses. Quand le feu survient, la température à proximité des bulbes augmente, causant la rupture du bulbe et de fait l'émission du brouillard d'eau.

- **Réseau sous air**

Dans ce cas, le réseau de tuyauterie de distribution est vide d'eau, maintenu sous pression d'air comprimé à 6.10 Bars, et le système est déclenché électriquement par la détection d'incendie :

- quand les buses sont fermées, équipées de bulbe, le système peut compter sur une mesure de sécurité supplémentaire ; bien que le système de détection automatique l'incendie autorise le remplissage du réseau de distribution avec l'eau sous pression, le déclenchement du système de protection par brouillard d'eau sera effectif seulement lorsque les bulbes équipant les buses seront soumis à une température suffisante causant une rupture du bulbe et de ce fait l'émission du brouillard d'eau.

- **Les sources d'eau**

Outre les systèmes à pompes, les systèmes à bouteilles sous pression peuvent être utilisés pour la protection d'objets et de petites enceintes.

En règle générale, la réserve d'eau est choisie en fonction du risque à protéger.

Pour son dimensionnement sont pris en compte deux paramètres importants : le débit requis et l'autonomie nécessaire



Figure VI.6: Les sources d'eau

VI.5. Les avantages du brouillard d'eau

Une gamme de buses complète :

Le système propose une large gamme de buses pour répondre à tous les types de risques, cela permet de s'adapter à chaque projet en utilisant les buses les plus appropriées.

- Pas de contrainte d'étanchéité particulière
- Moins contraignant pour les secours
- Autonomie illimitée dans le cadre d'un branchement sur un réseau d'eau
- Peu dépendant de la mise en configuration incendie du local
- Possibilité de plusieurs déclenchements
- Faible consommation d'eau
- Pas d'effet mécanique du au jet.

VI.5.1. Respect de l'environnement

De nos jours l'eau est précieuse, et elle le sera de plus en plus dans le futur. L'innovation réside dans la réduction de la consommation d'eau utilisée en protection incendie, comparativement au système traditionnel sprinkler, tout en assurant pour un même risque un même niveau d'efficacité, voir supérieur pour certains risques. En plus de préserver l'eau

Un autre avantage devient évident : moins il y aura d'eau émise, moins il y aura d'eau résiduaire à éliminer et à traiter

VI.5.2. Encombrement réduit du système de protection

Du fait qu'il ne soit pas nécessaire d'utiliser de grande quantité d'eau, la source d'eau ainsi que les équipements de mise en pression nécessitent un minimum d'espace pour leur stockage.

VI.6. L'efficacité du système de brouillard d'eau

La génération uniforme de fines gouttelettes permet d'absorber rapidement l'énergie du foyer

Faire chuter rapidement sa température et celle de son environnement proche

Permettant ainsi de mettre rapidement en sécurité les personnes et les biens

Nouvelles applications spéciales possibles : Le mode particulier de diffusion du brouillard d'eau permet la protection d'objets tels que les escalators, parkings robotisés etc..., au-delà des applications standards des systèmes traditionnels.

VI.6.1. Nombre de buses réduit

Les buses utilisées dans les systèmes sont capables de couvrir de grandes surfaces avec efficacité. Il est donc possible d'utiliser moins de buses qu'avec un système traditionnel type sprinkler, facilitant l'intégration de ces systèmes.

VI.6.2. Réalisation de réseaux de distribution simplifiés

Le système utilise jusqu'à 70% d'eau en moins (en fonction du risque) qu'un système traditionnel de type sprinkler. Les diamètres de tuyauterie sont de ce fait plus faibles pour assurer des débits moindres ; cela veut dire aussi moins de poids supporté par les structures des locaux à protéger.

L'activité peut reprendre rapidement dans les locaux protégés ; les dommages causés par l'émission du brouillard d'eau lui-même sont faibles et la remise en service du système est simple et rapide

D'autre part les installations sont plus simples à réaliser et plus rapides à mettre en oeuvre du fait que les composants de tuyauterie, tubes, raccords sont plus petits en diamètre ; de ce fait moins lourds et plus maniables donc plus faciles à mettre en oeuvre. Il est même possible, du fait des faibles diamètres de tuyauterie, de remplacer les coudes par un cintrage de la tuyauterie ce qui permet de fiabiliser les réseaux en limitant les raccords

VI.6.3. Intégration et impact esthétique

Pour les systèmes où les tuyauteries doivent être apparentes, les petites tuyauteries en acier inoxydable composant les réseaux de distribution auront un faible impact sur l'esthétique globale du local protégé. Le système est adapté pour des installations dans des configurations de locaux difficiles, où il serait très complexe d'installer un système traditionnel type sprinkler.

VI.6.4. Diminution notable du dommage créé par les eaux d'incendie

Il est un fait bien connu qu'en cas d'incendie, les dommages causés par l'eau sont souvent supérieurs aux dommages créés par le feu lui-même. Le système utilise jusqu'à 70% d'eau en moins qu'un système traditionnel de type sprinkler (en fonction du risque). De ce fait, les dommages causés par le système sont réduits.

L'activité peut reprendre rapidement dans les locaux protégés ; les dommages causés



Figure VI.7 : Phénomène UVCE au niveau d'un bac de stockage 600.S.226

Le contact au matériau est limité par la surface du matériau en feu. Le pouvoir refroidissant n'est donc plus lié à la finesse de la pulvérisation mais à la masse d'eau est à la qualité du contact liquide solide le brouillard d'eau perd ici sa supériorité sur l'eau pulvérisé.

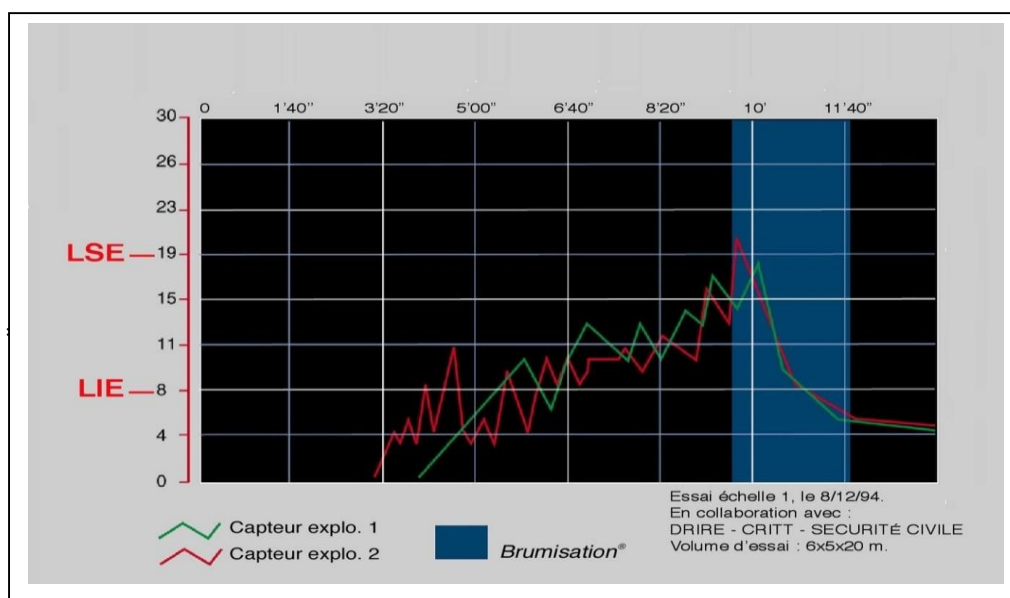


Figure VI.8: Les résultats d'essai d'extinction UVCE sur un bac de stockage 600.S.226 .

L'extinction par brouillard d'eau repose sur plusieurs mécanismes complémentaires et souvent mal connus :

- ✓ Le refroidissement des flammes et du combustible ;
- ✓ Diminution globale de la concentration en oxygène dans les locaux étanches (étouffement) ;

- ✓ Diminution locale de la concentration en oxygène au contact des flammes.



Figure VI.9 : L'opération de l'extinction d'un bac de stockage 18.

Cette figure représente les résultats de l'avantage et l'efficacité de la plantation du système d'extinction brouillard d'eau.

VI.7. ARCHITECTURE DES INSTALLATIONS

Les possibilités d'activation des systèmes brouillard d'eau sont très diversifiées et peuvent s'adapter à de multiples configurations. Le choix du mode d'activation est un élément clef, conditionnant la précocité de déclenchement du système. Tout dispositif manuel et/ou automatique permet de déclencher la diffusion du brouillard d'eau. Les installations sont définies par des diffuseurs, un réseau de canalisation et une source d'eau. Elles peuvent être pilotées et surveillées par un système de détection incendie identique à ceux utilisés pour les autres procédés d'extinction ou directement par la rupture d'une buse automatique thermique.

- **Les buses** sont de deux types soit ouvertes de type déluge activable par un système de détection automatique d'incendie et/ou piloté par des moyens manuels, soit automatique (fermées) équipées d'ampoules thermosensibles (fusible ou ampoule) pour les installations sous eau, sous air ou à réaction.
- **Les canalisations** sont traitées anti-corrosion, acier inox ou galvanisé.
- **Les postes de contrôle** sont des actionneurs automatiques et manuels qui permettent le déclenchement et la surveillance de l'installation en état de veille.
- **Les sources d'eau** sont dimensionnées en fonction des caractéristiques pression et débit nécessaires et de l'autonomie requise. Dans certain cas l'autonomie peut être deux fois le temps d'extinction obtenu expérimentalement suivant une certification.

Chapitre VI Application de la méthode hazope et Add et brouillard d'eau

Dans d'autres cas avec un minimum de 10 mn ou de 30 ou 60 mn dans le cadre d'un objectif de contrôle ou de suppression (réduction). Dans ces conditions on parle :

- Soit de taux d'application volumique ($l/min/m^3$) : Débit d'application de l'agent extincteur ramené au m^3 ; Ce taux est celui qui s'applique le mieux au brouillard d'eau.
- Soit de taux d'application surfacique ($l/min/m^2$) : Débit d'application de l'agent extincteur ramené au m^2 . Ce taux est moins pertinent pour le brouillard d'eau mais est utilisé à titre de comparaison avec les technologies sprinkleurs.

Une attention particulière doit être portée sur la qualité de l'eau et sur les dispositifs de filtration en fonction de la solution utilisée. L'eau peut provenir d'un réseau d'eau ou d'une réserve d'eau.

La mise en pression est assurée soit par une pompe soit par un gaz de chasse inerte pour des installations modulaires.

Dans certaine application, il est important de compléter l'eau d'un additif de type AFFF par exemple, favorisant l'extinction des feux de nappes ou des feux cachés.

VI.7.1. Plusieurs types d'installations

✓ Système déluge

C'est un système de brouillard d'eau utilisant des buses ouvertes et activable par un système de détection électronique d'incendie ou par un système pilote et/ou par des moyens manuels.

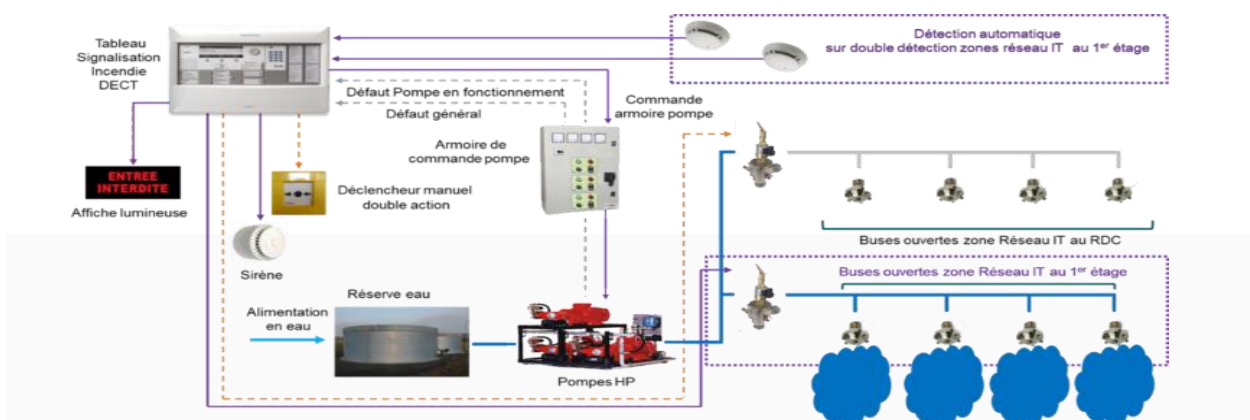


Figure VI.10: l'installation d'un Système déluge

✓ Système sous eau

C'est un système de brouillard d'eau utilisant des buses automatiques (fusible ou ampoule) montées sur un réseau de tuyauteries contenant de l'eau sous pression et raccordé à une alimentation en eau de telle façon que l'eau se déverse immédiatement par la ou les buse(s) actionnée(s) par la chaleur de l'incendie.

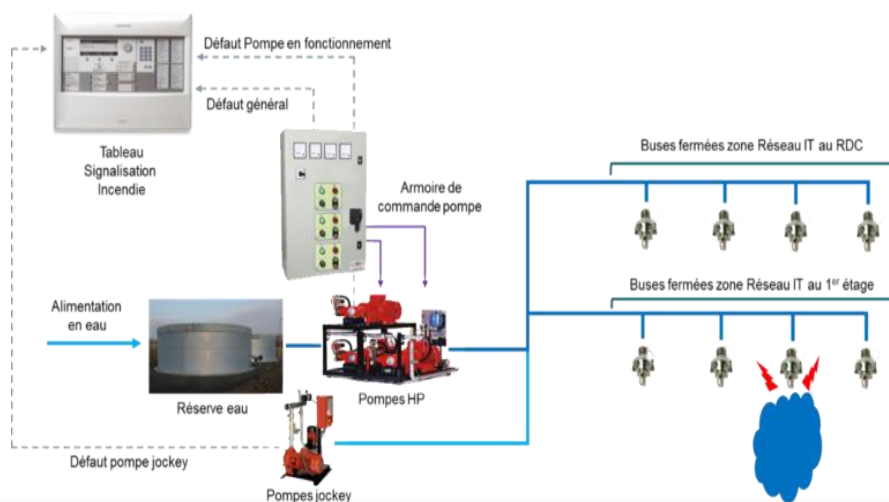


Figure VI.11 : l'installation d'un Système sous eau

✓ Système sous air

C'est un système de brouillard d'eau utilisant des buses automatiques (fusible ou ampoule) montées sur un réseau de tuyauteries contenant de l'air, de l'azote ou un gaz inerte sous pression. L'ouverture d'une buse automatique permet, par la chute de pression du réseau, l'activation de l'organe de commande. L'eau ou le mélange diphasique envahit le réseau et se transforme en brouillard d'eau à la sortie des buses activées.

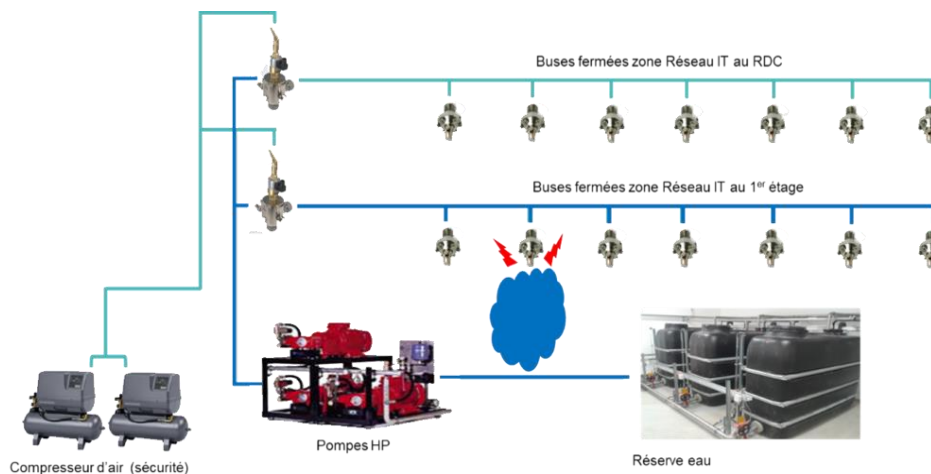


Figure VI.12: l'installation d'un Système sous air

✓ Système à précaution

C'est un système dans lequel l'organe de commande est activé par un système de détection électronique d'incendie ou par un système pilote indépendant, dans la zone protégée, permettant à l'eau ou le mélange diphasique de pénétrer dans la tuyauterie à l'intérieur de la zone protégée, indépendamment du déclenchement de toute buse automatique (fusible ou ampoule).

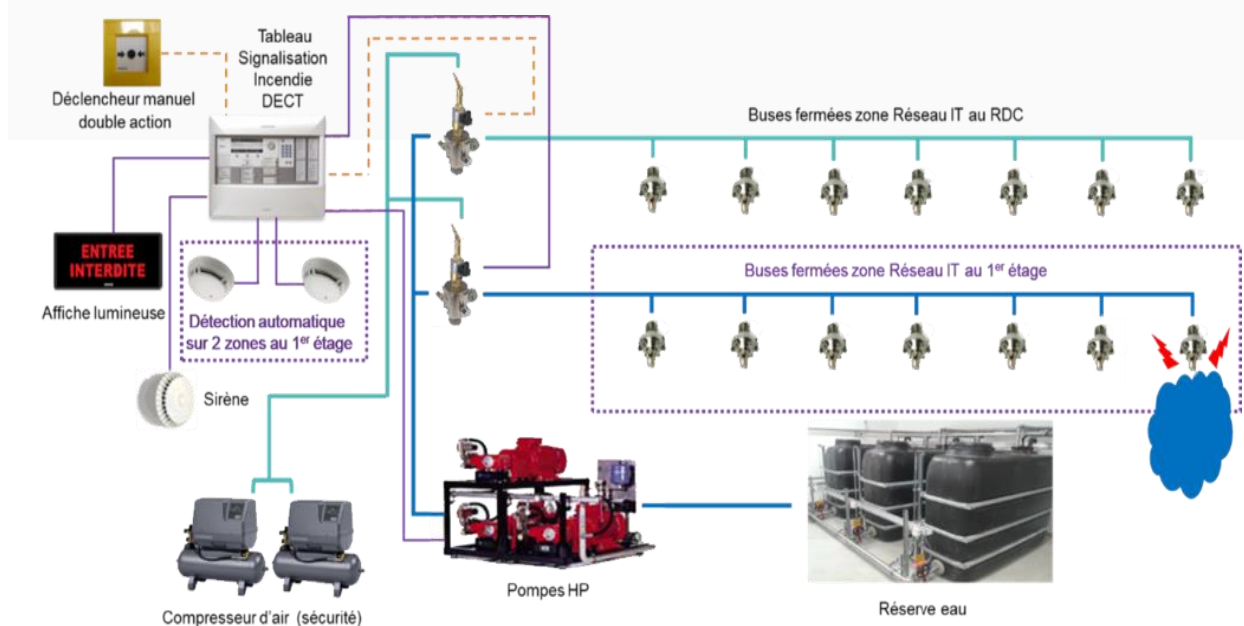


Figure VI.213: l'installation d'un Système à précaution

VI.8. Conclusion

A la fin, nous avons proposé un procédure d'intervention le brouillard d'eau pour faire face à ce scenario d'accident et la meilleure procédure,

Nous avons l'intention des développes cette procédure a l'avenir pour assurer la sécurité dans les installations industrielles

Conclusion générale

Conclusion générale

Conclusion générale

Un processus de gestion des risques implique l'identification des risques entourant les activités d'une entreprise, l'évaluation de la probabilité qu'un évènement survienne, la compréhension de la façon de répondre à cet évènement et la mise en place de système afin de faire face aux conséquences.

A titre indicatif nous citons les raffineries qui sont de vastes usines à hauts risques car on y traite et on y stocke de grosses quantités de produits liquides et gazeux inflammables explosifs, toxiques, à des températures élevées qui font appel à plusieurs facteurs qui contribuent ensemble à minimiser la probabilité de Défaillances ou à atténuer les conséquences en limitant leur gravité et celle des évènements potentiellement dangereux.

Le stage pratique que nous avons effectué au niveau du complexe RAIK, nous a permis de découvrir le milieu de travail et d'améliorer nos connaissances en matière de sécurité industrielle. Il nous a en outre permis de connaître les différents risques liés à la séparation de l'essence totale (naphta) . Après la collecte des données d'entrées nécessaires, on a essayé malgré les difficultés rencontrées et le court délai de stage, d'élaborer une étude des risques au niveau de le bac de stockage 600.S.226 dans l'unité zone sude (milexe) . Les points essentiels constatés sont les suivants :

- Les incidents les plus fréquents sont : les fuites, les ruptures et les défaillances des équipements de mesure (capteur, transmetteur ...) ;

- Les principaux scénarios sont : feu de jet, le boule de feu, éclatement, explosion, BLEVE, incendie, UVCE et risque d'implosion.

Dans notre travail en a choisi la méthode Arbres de Défaillances AdD et HAZOPE afin d'appliquer la technique d'extinction brouillard d'eau.

Nous espérons finalement que cette étude contribuera d'une manière ou d'une autre à une meilleure compréhension de la considération des fréquences d'accidents au niveau des études de risque.

Références

bibliographie

Références bibliographie

Refaire les références comme suit en jaune et 1

Lorsque c'est un mémoire écrire à la fin (Mémoire de master, Université Batna 2).

Cadet, B., & Kouabéban, D. R. (2005). Évaluer et modéliser les risques: apports et limites de différents paradigmes dans le diagnostic de sécurité. *Le travail humain*, 68(1), 7.35.

[1] Desroches, A. (2005). Concepts et méthodes probabilistes de base de la Sécurité. Lavoisier, France.

[2] IEC 61508, « Functional Safety of Electrical/Electronic/Programmable Electronic (E/E/PE) safety related systems », International Electro.technical Commission (IEC), 1998.

[3] Document PRÉVENTION ET RISQUES INDUSTRIELS© INRS 2016 Page 3

[4] OHSAS 18001, Système de management de la santé et de la sécurité au travail. Spécification .BSI, AFNOR, 1999. Enlever majuscule

[5] R. Gouriveau, « Analyse de risques, formalisation des Connaissances et structuration des données pour l'intégration des outils d'étude et de décision », PhD thesis, Institut National Polytechnique de Toulouse, 2003.

[6] www.inrs.fr/demarche/risques.industriels.html INRS consulté le 06/05/2022 à 16 :18

[7] Cédric Morneau LA GESTION DES RISQUES D'ACCIDENTS INDUSTRIELS MAJEURS : ÉTAT DE LA SITUATION SUR LE TERRITOIRE DE LA POINTE DE L'ÎLE 2011 page 5.

[8] Saber Ben Zian Fiche DRM « le risque industriel » . DIMENC – 2014.

[9] <http://www.serlienne.com/incendie.php> consulter le 06/05/2022 à 18 :26.

[10] FELICIE N., SHETTLE J. Prévention des incendies sur les lieux de travail 11/2018.

[11] Éric Marsden, FonCSI, les cahiers de la sécurité industrielle, risque incendie, Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle (ICSI Toulouse, le 5 janvier 2009.

[12] <https://www.jpj.executive.com/tetraedre.du feu/consulter> le 06/05/2022 à 19 :17.

[13]

<https://www.dekra.process.safety.fr/media/images/pages.service.dekra.process.safety/expertise.et.conseil.dekra.process.safety/calculs.et.simulations.de.consequences/dekra.process.safety.datashe.et.estimation.des.consequences.des.evenements.industriels.pdf> consulter le 06/05/2022 à 20.:21.

[14] Chebira .Samia, Cours Risque incendie.explosion, Université Batna 2.

[15] CELHAY Matthieu et GIRAUDO Yoann et RICHARD SAUNAL Charles

« Facteurs de risque et prévention » Master PRNT – Année 2014/2015

[16] <http://www.installationsclassees.ecologie.gouv.fr/Risque.explosion.htm>

[17] TOUAHAR Bachir, MODELISATION ET SIMULATION NUMERIQUE POUR LA DISPERSION ATMOSPHERIQUE DE POLLUANT ,2013.

[18] Gildas Auguin et Arnaud Rabilloud et Eric Guillaume PLAN DE PRÉVENTION DES RISQUES TECHNOLOGIQUES «Caractérisation et réduction de la vulnérabilité du bâti face à un phénomène dangereux technologique thermique» Juillet 2008 .

[19] Fabien Dekeyser Officier supérieur de Sapeurs.Pompiers Expert en risques chimiques

« Le BLEVE Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion ».

[20] Les Risques Majeurs, documentation du Ministère de l'aménagement du territoire et de l'environnement, 1990.

[21] Mohamed Habib MAZOUNI, Jean.François AUBRY, El Miloudi EL KOURSI «Méthode systémique et organisationnelle d'Analyse Préliminaire des Risques basée sur une ontologie générique ».

[22] (Mephtaha GUENNOUN . Badr DAKKAK . Youness CHATER. Abdennebi TALBI) Etude comparative des différentes méthodes d'analyse des risques des installations industrielles Conférence Paper · Décembre 2012.

[23] Mohamed.Habib MAZOUNI. Pour une Meilleure Approche du Management des Risques :De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d'Aide à la Décision 13 Novembre 2008.

[24] H. GARIN, AMDEC/AMDE/AEEL L'essentiel de la Méthode, AFNOR ,1994.

Annexe

[25]MAZOUNI .M . H .2008 Pour une Meilleure Approche du Management des Risques : De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d'Aide à la Décision.

[26]LACONDEMINE, HAZOP, INSA STRASBOURG, 2011.

[27]Jean.Pierre.D, François, Didier& all. (2017). Méthode d'analyse des risques. Model pour plusieurs auteurs

[28] Mohamed Amine BOULAZAIB.METHODES D'ANALYSE DES RISQUES

« ARBRES DE DEFAILLANCES». Ecole Mohammedia d'Ingénieurs, Graduat Soudent
01/14/19.

[29] TOTAL «Introduction aux hydrocarbures» support de formation EXP.PR.RT030.FR
Révision1. 11/04/2007.

[30] F. RAHIM, F. SABBAGH «Analyse des risques de sécurité liés au stockage du fuel par la méthode MOSAR» mémoire de master. Université de Boumerdas 2017.

[31] N. GRUYER, P.GROLEAU «Hydrocarbures pétroliers : caractéristiques, devenir et criminalistique environnementale» centre d'expertise en analyse environnementale Québec 2015.

[32] <http://www.alloprof.qc.ca/BV/pages/s1578.aspx> .date de consultation 02/04/2020.

[33] A. LAHIOUAL «Park de stockage» séminaire. Institut algérien de pétrole SKIKDA

[34] Vds,FM,CNPP ,ou TUV , au travers de tests réalisées selon des protocoles reconnus (NFPA 750 , prEN 14972, FM5560, Vds 3188,IMO ou D2)

[35] Bureaux conformément au standard prEN17972 et certifié par le Vds .

Annexe

Annexe

1. Présentation de l'outil GRIF

GRIF (GRaphiques Interactifs pour la Fiabilité) est une plate-forme logicielle d'analyse des systèmes qui permet de déterminer les indicateurs fondamentaux de la sûreté de fonctionnement : Fiabilité – Disponibilité – Performance – Sécurité. Elle est développée par Total S.A. depuis le début des années 2000. Elle est composée en trois packages :

- Le package Booléen : [20] Elle est composée de 7 modules.
 - Le module BFiab repose sur une modélisation du type blocs diagrammes de fiabilité.
 - Le module Tree repose sur une modélisation de type arbre de défaillances.
 - Le module ETree repose sur une modélisation de type arbre d'événements.

Le module SIL permet d'évaluer les Fonctions Instrumentées de Sécurité (SIF : Safety Instrumented Function) à partir du calcul des niveaux d'intégrité de sécurité SIL (Safety Integrity Level) selon les normes IEC 61508 & 61511

- Le module Reseda modélise des réseaux de fiabilité.
- Le module Risk dédié aux analyses de risque.
- Le module Bool qui permet de lier l'ensemble de ces modélisations dans un unique modèle.

Ces modules utilisent le moteur de calcul ALBIZIA

- Le package Simulations : [20] comprenant les modules suivant
 - Le module Petri permet la modélisation des grands systèmes industriels complexes grâce aux « Réseaux de Petri stochastiques à Prédicats »
 - Le module BStock (Bloc diagramme stochastique) permet de modéliser des systèmes complexes sous forme de bloc diagramme qui utilisent une bibliothèque de Réseaux de Petri qui restent cachés à l'utilisateur.
 - Le module Petro permet de modéliser des systèmes Oil and Gas multi.Flux
 - Le module Flex permet aussi de modéliser des diagrammes multi.flux mais avec la création de ces propres prototypes en réseaux de Petri.

Ces modules utilisent le moteur de calcul MOCA.RP basé sur la simulation de Monte Carlo.

- Le package Markovien : [20] comprenant le module Markov.

- Le module Markov repose sur une modélisation de type graphe markovien. Il est destiné à la modélisation et aux calculs de petits systèmes dynamiques

Ce module utilise le moteur de calcul analytique MARK.XPR.

II. Arbres de défaillance avec GRIF/Tree (ALBISIA)

II.1. Introduction

Les arbres de défaillance avec GRIF/Tree permet de modéliser un système sous la forme d'un arbre de défaillances, une modélisation simple et transverse à tous les domaines (aéronautique, automobile, ferroviaire, pétrolier ...) de par sa logique booléenne.

Le module Tree s'appuie sur ALBIZIA, le moteur de calcul par BDD (Binary Decision Diagram) développé par TotalEnergies. Le point fort d'ALBIZIA est qu'il est capable d'effectuer des calculs analytiques exacts et de fournir rapidement un très grand nombre d'informations sur le système étudié.

II.2. Fenêtre principale du module Arbre de défaillance [22]

La fenêtre principale est décomposée en plusieurs parties :

- Barre de titre : La barre de titre indique le nom du module et le nom du fichier en cours d'édition.
- Barre de menu : La barre de menu permet d'accéder à toutes les fonctions de l'application.
- Barre d'icônes (raccourcis) : La barre de raccourcis est une barre (horizontale) d'icônes permettant d'accéder plus rapidement aux fonctions usuelles.
- Barre d'outils : La barre d'outils (verticale) permet de sélectionner les éléments à utiliser pour la modélisation.
- Zone de saisie : Un maximum de place a été laissé à la zone de saisie graphique pour permettre de réaliser le modèle.
- Arborescence : L'arborescence est entre la zone de saisie et la barre d'outils. Elle permet de naviguer dans les pages et groupes du document.
- Modèles : La liste des modèles se situent en dessous de l'arborescence. Ils sont groupés en deux sous dossiers suivant leur lieu d'enregistrement (Répertoire utilisateur ou d'installation). Ensemble des tableaux : Les tableaux de données sont regroupés dans des onglets à droite de la zone de saisie.

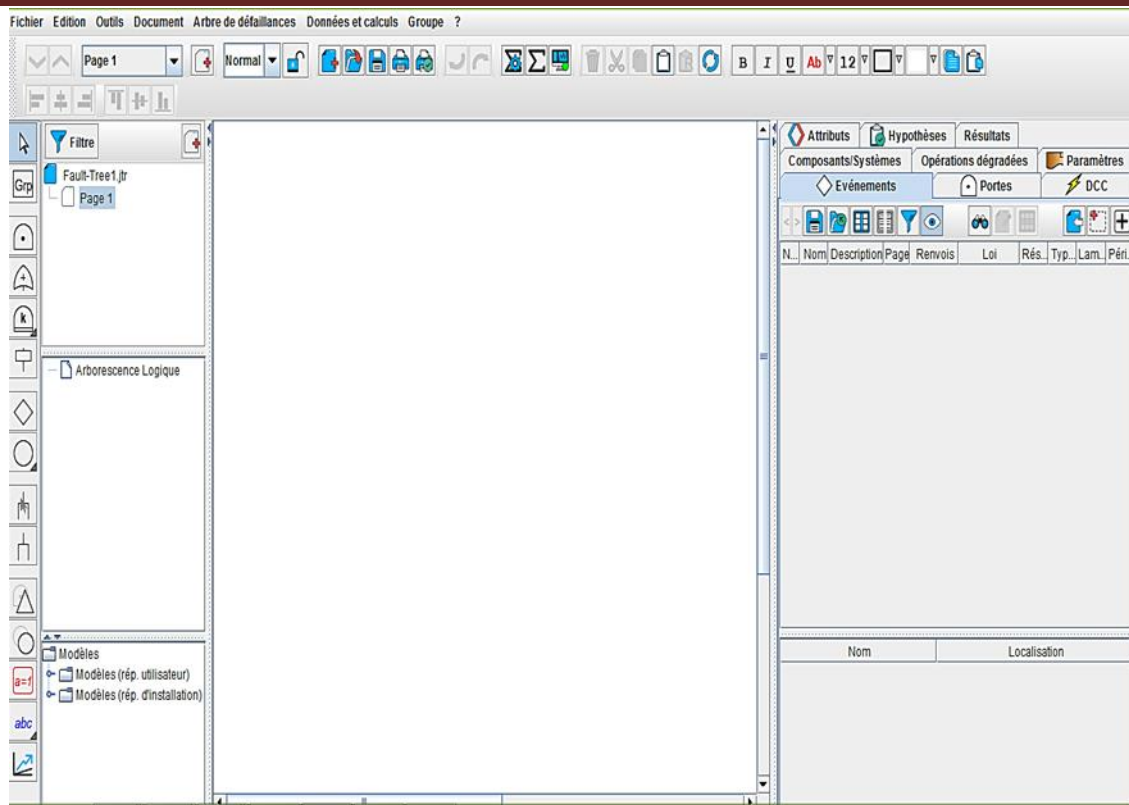


Figure 6 : Fenêtre principale du module Arbre de défaillance GRIF/Tree 2021

II.3. Modélisation et calculs [20]

La saisie des arbres de défaillances est très simple et s'appuie sur une interface graphique intuitive qui propose la saisie des portes (AND, OR, K/N, NOT, IF.THEN.ELSE ...) et des événements en fonction de la logique du système étudié ainsi que de nombreuses lois de probabilité (Exponentielle, Weibull, Gamma.Lambda.Mu, Test.Périodique...).

Le moteur ALBIZIA permet d'obtenir un grand nombre de résultats :

- Indisponibilité: $Q(t)$, $U(t)$ or $PF(t)$, Disponibilité : $A(t)$, Fiabilité : $R(t)$, Défiabilité : $F(t)$,
- Fréquence : Intensité inconditionnelle de défaillance : $W(t)$, $UFI(t)$ ou $PFH(t)$,
- Lambda Equivalent : Intensité conditionnelle de défaillance : $\lambda_{eq}(t)$, $\lambda_v(t)$ ou $CFI(t)$,
- De nombreux facteurs d'importance (Birnbaum MIF, Critical CIF, Vesely, DIF...),
- Coupes minimales,
- Allocation de fiabilité.

II.4. Saisie de l'arbre [22]

II.4.1. Saisie des portes

Pour saisir les différentes Portes, il suffit de sélectionner le symbole correspondant sur la barre d'outils verticale. Ensuite à chaque clic gauche de la souris sur la surface de saisie graphique, un nouvel élément est créé. Chacune des portes du modèle est caractérisée par cinq paramètres :

- Un numéro : le numéro et le type sont les vrais identifiants des portes (ceux qui seront utilisés par le moteur de calcul). C'est pour cette raison que lorsque l'utilisateur souhaite changer le numéro de certaines portes il doit faire attention au fait que deux portes ne peuvent pas avoir un numéro identique. Ils sont incrémentés automatiquement au fur et à mesure de la création de nouveaux éléments.
- Un nom : C'est un paramètre qui est défini automatiquement et qui ne peut pas être modifié par l'utilisateur. Le nom de chaque porte est composé de son "type" suivit de son "numéro" (ex.: "And1" ou "KofN3").
- Un entier "K sur N" : Ce champ n'est accessible que dans le cas des portes de type K sur N. Il permet à l'utilisateur de choisir la valeur de K (par défaut K vaut 1).
- Un commentaire : Ce champ permet d'ajouter du texte à l'intérieur de la porte. Cette fonction a pour but de faciliter la lecture du modèle (en spécifiant la particularité de ces éléments).
- Un type : Une fois qu'une porte a été créée, il est possible de modifier son type parmi les cinq types disponibles au niveau de la liste déroulante.

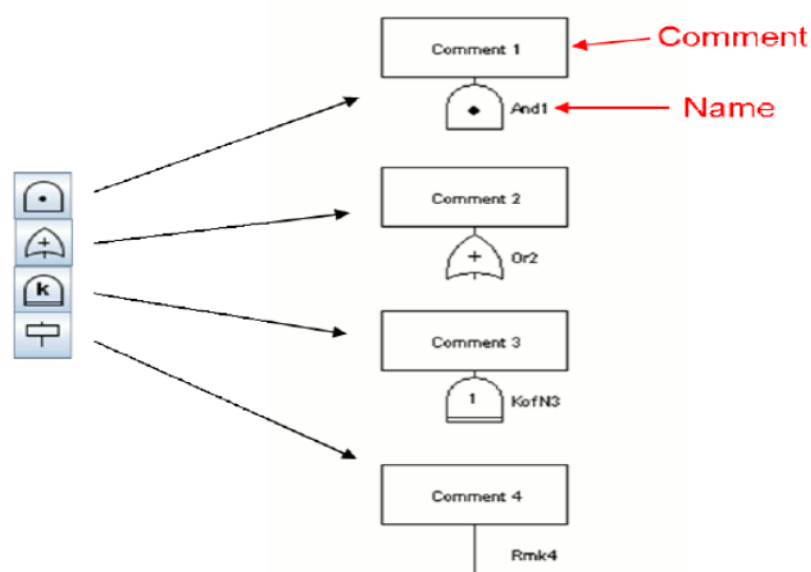


Figure 1 : Saisie des portes GRIF/Tree 2021

II.4.2. Saisie des événements1

Pour saisir les Evénements du modèle, il suffit de sélectionner le symbole correspondant sur la barre d'outils verticale. Ensuite à chaque clic gauche de la souris sur la surface de saisie graphique, un nouvel élément est créé. Chacun des événements du modèle est caractérisé par différents paramètres regroupés en 3 onglets :

- Général avec les informations suivantes :
 - Un numéro : le numéro et le type sont les vrais identifiants des événements (ceux qui seront utilisés par le moteur de calcul). C'est pour cette raison que lorsque l'utilisateur souhaite changer le numéro de certains événements il doit faire attention au fait que deux événements ne peuvent pas avoir un numéro identique. Ils sont incrémentés automatiquement au fur et à mesure de la création de nouveaux éléments.
 - Un nom : Le nom par défaut qui est attribué aux événements est Evti pour le ième élément créé. Il est conseillé à l'utilisateur de remplacer ce nom par quelque chose de plus mnémotechnique afin de faciliter la lecture du modèle.
 - Un commentaire : Ce champ permet d'ajouter du texte à l'intérieur de l'événement. Cette fonction a pour but de faciliter la lecture du modèle (en spécifiant la particularité de ces éléments).
 - Une loi : C'est l'élément qui va servir à modéliser l'aspect aléatoire de l'événement. L'utilisateur a la possibilité de choisir parmi vingt.trois lois qui doivent dans un deuxième temps être paramétrées (cf. ultérieurement la description détaillée des lois).
 - Un type : Une fois qu'un événement a été créé, il est possible de modifier son type parmi les quatre types disponibles au niveau de la liste déroulante.
- Un onglet Attributs
- Un onglet Avancé pour spécifier le comportement de l'évènement.

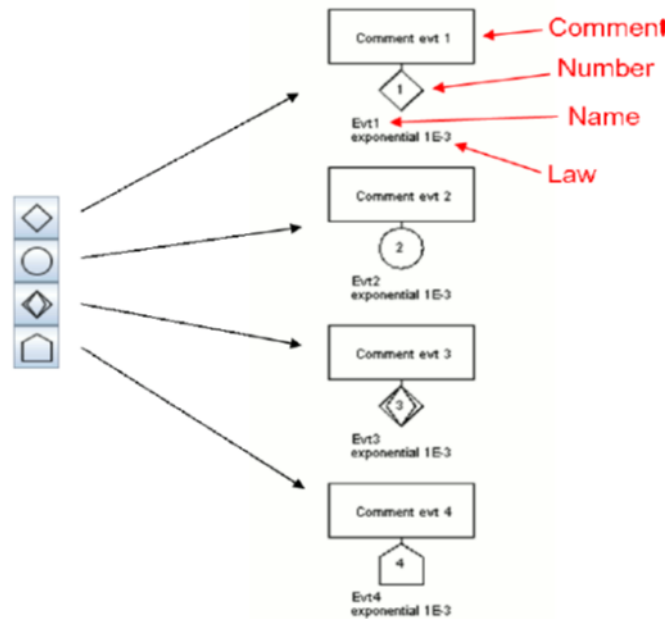


Figure2 :Saisie des événements GRIF /Tree 2021.

II.4.3. Notion d'événement initiateur pour le calcul de fréquence UFI

Pour chaque porte ou événement, il est possible via un clic.droit d'indiquer qu'elle/il est initiateur. Cela doit s'entendre dans le sens "arbre d'événement" du terme. Dans un arbre d'événement, l'événement initiateur est celui qui arrive avant que les barrières ne mettent le système dans un état de sécurité. Pour que l'événement redouté se il faut donc que l'événement initiateur survienne après la défaillance des barrières. Le fait de positionner un événement initiateur signifie qu'il devra arriver après les événements non.initiateurs. Cela aura un impact sur le calcul de fréquence UFI, cette propriété n'a pas d'impact sur les calculs de proba ou de Lambda équivalent.

II.4.4. Saisie des liens

- Une fois les portes et les événements créés, il faut les connecter entre eux afin d'établir la logique de l'arbre. Il existe deux types de connexions possibles : les connexions "porte .> porte" et les connexions "porte .> événement". Pour réaliser une connexion, il suffit de :
 - Cliquer sur l'icône correspondante de la barre d'outils verticale.
 - Sélectionner la porte de départ en faisant un clic gauche sur la zone spécifique (point pour les portes "ET", croix pour les portes "OU"...) et laisser le bouton enfoncé.
 - Faire glisser la souris jusqu'à l'élément qui doit être connecté.
 - Relâcher la Souris.

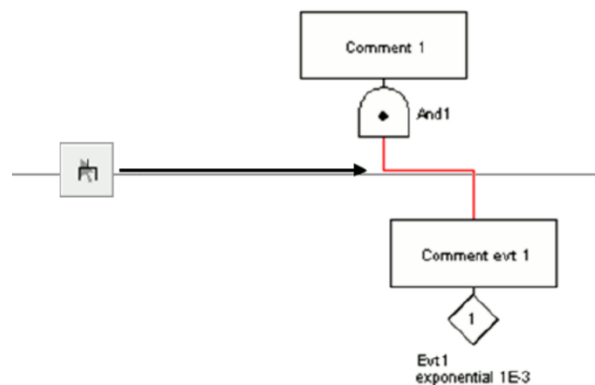


Figure 3 :Saisie des liens GRIF/Tree 2021

II.5. Ergonomie [20]

En plus de l'arborescence graphique commune à tous les modules, le module Tree bénéficie d'une arborescence « logique » qui permet de naviguer dans l'arbre en fonction de la logique du système.

La réalisation de groupes/sous.arbres est aisée, de plus la mise en page automatique vous permettra d'organiser proprement votre arbre avec un simple appui sur la touche F7.

II.6. Exploitation des données et résultats [20]

- Synthèse des données d'entrée sous forme de tableaux facilitant par exemple le contrôle qualité d'une saisie
- Possibilité d'automatiser les calculs (lancement en batch)
- Résultats stockés au sein même du document et exportables sous divers formats (csv, XML, Excel...).
- Visualisation des résultats sous la forme de courbes, camemberts ou histogrammes.
- Impression vectorielle des éléments graphiques et des courbes au format PDF qui permet de garder une qualité parfaite même au format A3 ou A2.
- Interaction avec le système d'exploitation : possibilité de copier/coller courbes et résultats vers des logiciels de traitement de texte, tableurs ou outils de présentation.
- Connexion possible aux bases de données MySQL, Accès, Excel afin de récupérer les valeurs à utiliser pour les paramètres

II.7. Conclusions

Les arbres de défaillance possèdent la plupart des avantages pour les ingénieurs : relativement simples à appliquer et à lire, basés sur des méthodes performantes d'analyses, et qui permettent l'inclusion de nombreuses caractéristiques (dont des caractéristiques avancées de test et de réparation) – à condition bien sûr d'utiliser d'un outil logiciel performant. La seule limite concerne les caractéristiques « dynamiques » (e.g. séquences d'évènements) qui ne peuvent pas être modélisées à cause d'hypothèses intrinsèques aux arbres de défaillance (e.g. indépendance entre les évènements de base).