



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Amar Thelidji- Laghouat

FACULTE : TECHNOLOGIE

DEPARTEMENT : GÉNIE DES PROCÉDÉS

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

BELMECHERI Hadj Saïid ; SENOUCI Mohammed

DOMAINE : Sciences et Technologies

FILIERE : Sciences et Génie de L'Environnement

OPTION : Génie des Procédés de l'Environnement

Thème

**Analyse quantitative des risques environnementaux :
application à l'industrie gazier dans la zone industrielle
Hassi R'mel**

Jury de soutenance :

Nom et Prénom	Grade	qualité
Dr. BOUDELLIOUA Hichem		Président
Dr. GHALEM Khaled		Examineur
Dr. ZERROUKI Hamza		Rapporteur

Promotion : JUIN 2021

Remerciement

Au terme de ce travail nous tenons à remercier en premier lieu "ALLAH" qui nous a donné la force pour mener à bien l'étude de ce Projet.

*Notre gratitude à notre enseignante, promoteur **Dr. ZEEROUKI Hamza** de l'université de Laghouat, département de Génie des Procédés, pour son dévouement, sa motivation, son aide et ses conseils assez utiles et fructueux, qu'il n'a pas hésité à m'accorder et le grand souci dont elle a montré pour la réalisation de ce travail. Ce fut un grand plaisir de travailler avec elle, durant la préparation du ce travail. Sans ses encouragements nous ne serons jamais arrivées à ce stade de ma formation.*

*Nous souhaitons exprimer nos sincères et respectueuses reconnaissances et remerciements à notre enseignant, **Dr. BOUDELLOUA Hichem** Pour le grand honneur qu'il nous fait en présidant ce jury, toute notre gratitude et nos remerciements au **Dr. GHALEM Khaled** De l'université de Laghouat département de science et technique pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant d'examiner ce travail.*

Nous tenons également à remercier nos parents et les personnes qui nous ont encouragés et participés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

À l'homme de ma vie, mon exemple éternel, mon soutien moral et source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père

Tahar Madani.

À la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, ma vie et mon bonheur ; ma mère Fatima que j'adore.

À mes frères et ma sœur : Ahmed, Aïssa , Ibrahim , Hamza, Khadidja.

Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagnées durant mon chemin d'études supérieures,

À mon binôme : Senouci Mohammed Lamine

Mes aimables amies Youcef, Yazid,

ET, Ghali, Islam, Sid Ahmed, Omar, Hami , Othmane,

À tous les étudiants de la promotion 2020/2021.

À tous ceux qui, par un mot, m'ont donné la force de continuer ...

Belmecheri Saïid

Dédicaces

Je dédie ce travail :

- *À mes parents pour leur amour inestimable, leur confiance, leur soutien, leurs sacrifices et toutes les valeurs qu'ils ont su m'inculquer.*
- *À mon cher PAPA qui m'a soutenu moralement dans cette vie planté dans mon cœur une ambition qui me conduit à un avenir prospère.*
- *À la plus chère, la plus précieuse, la plus belle, la plus grande vérité connue de l'histoire, à la source de tendresse ma douce MAMAN. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours.*
- *À mes frères et mes sœurs : Islam , Abdellah , Alaa , Nour que sont aussi les meilleurs soutiens avec leur amour qui n'a jamais cessé.*
- *À mon cher binôme : Belmachri Hadj Said : À propos de l'amitié, du respect et de l'appréciation qui étaient entre nous et du travail pour offrir le meilleur. Je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.*
- *À toutes mes Collègues de la promotion 2021, surtout : Youcef , Yazid , Mohamed, Lamine , Omar , Imad . En souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous Avons passées ensemble, veuillez trouver, à travers ces lignes, l'expression de mon respect le plus profond et mon affection la plus sincère .*
- *À mes tout La famille SENOUCI et mes Amis et toutes les personnes qui me connaissent, je vous présente ce travail.*

Senouci Mohammed Lamine

Sommaire

Liste des tableaux**Liste des figures****Liste des abréviations****INTRODUCTION GENERALE****I.INTRODUCTION GENERALE 1**

I.1 Les objectifs de l'analyse quantitative de risque 1

I.2. Le problématique et l'objectif de mémoire 2

I.3. Structure de mémoire 2

Chapitre I : Présentation des différentes méthodes d'analyse des risques**(HAZOP, Nœud de papillon)**

I. Introduction 3

II. Le concept du Risque 3

II.1. Danger, risque, accident : des notions communes 4

III. État de l'art de certains accidents industriels à l'industrie gazière 5

IV. Approches d'analyse des risques 6

IV.1. La méthode HAZOP (Hazard and Operability studies) 7

IV.1.1. Domaine d'application 7

IV.1.2. Objectifs de la méthode HAZOP 7

IV.1.3. Déroulement de la méthode 8

IV.1.4. Feuille de travail HAZOP 10

IV.1.5. Définition de mot guide 10

IV.1.6. Définition de paramètre 11

IV.1.7. Définition de déviation 11

IV.1.8. Causes et conséquences de la déviation 11

IV.1.9. Moyen de détection et de protection 11

IV.1.10. Relation avec les autres méthodes 12

IV.1.11. Les avantages et les limites de la méthode	12
IV.2. Nœud de papillon	13
IV.2.1 Historique et domaine d'application	13
IV.2.2. Principe	13
IV.2.3. Déroulement	15
IV.2.4. Limites et avantages	15
V. Conclusion	16

Chapitre II : Application de l'analyse fonctionnelle et dysfonctionnel à l'Industrie gazier

I. Introduction	17
II. Description Générale Du L'industrie SONATRACH A Hassi R'mel	17
III. Description du CSTF	18
III.1. Localisation du site CSTF et installations voisines	18
III.2. Principales installations de stockage	18
III.3. Description du fonctionnement du site de Stockage et de transfert du GPL...	19
III.4. Section de stockage et de transfert du GPL	19
a) Fonctionnement normal :	19
b) Remplissage et vidange :.....	19
c) Transfert du GPL entre les sphères de stockage	20
III.5. Section de torche	20
III.6. Section de vide-vite	20
III.7. Utilités	20
III.8. Description générale de la sphère de stockage GPL (50-T016)	21
IV. Défaillance d'une sphère de stockage de GPL	24

IV.1. Phénomènes Dangereux	24
V. L'application de la méthode HAZOP au niveau de sphère stockage de GPL	26
V.1. Elaboration des tableaux HAZOP	26
V.2. Les barrières de prévention et de protection.....	29
VI. L'application de la méthode Nœud de Papillon	29
VI.1. Elaboration de la Nœud de Papillon	29
VI.2. Description des événements redoutés	30
VI.3. Analyse de cause de défaillance et probabilité d'occurrence	31
VI.4. Construction finale de Nœud Papillon	33
Commentaires :.....	34
Conclusions :.....	35

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Conclusions et Recommandations	36
--------------------------------------	----

LA BIBLIOGRAPHIE

Résumé de Mémoire

Liste des tableaux :

Tableau 1. Définitions de danger, risque, accident, et dommage.....	04
Tableau 2. Principaux accidents technologiques enregistrés au sein de la SONATRACH.....	05
Tableau 3. Exemples de feuille de travail HAZOP	10
Tableau 4. Principal mot guide avec leur signification de conception.....	10
Tableau 5. Les mots guide relatives à l'heure et à un ordre ou une séquence.....	11
Tableau 6. Définit tous les composants d'un nœud papillon suivant la figure 2.....	14
Tableau 7. Utilités d'eau et l'air.....	20
Tableau 8. Description générale de la sphère de stockage GPL (50-T016).....	21
Tableau 9. Application de la méthode HAZOP de la sphère de stockage GPL (50-T016).....	27
Tableau 10. Les barrières de prévention et de protection de la sphère de stockage GPL (50-T016)	29
Tableau 11. Taux de contributions de causes de défaillance des réservoirs.....	31
Tableau 12. Fréquences de défaillance (/tank/an).....	32
Tableau 13. Fréquence d'occurrence des événements redoutés	32
Tableau 14. Le niveau de risque des phénomènes dangereux.....	34

Liste des figures :

Figure 1. Organigramme de HAZOP [6].....	09
Figure 2. Représentation de scénarios d'accident selon le modèle du nœud papillon.....	14
Figure 3. Emplacement du CSTF (Google Maps). [2].....	18
Figure 4. Équipements de sécurité de la sphère. [2].....	22
Figure 5. La matrice de criticité 01 [3]	25
Figure 6. Nœud Papillon de la sphère Commentaires [3].....	33
Figure 7. La matrice de criticité 02 [3]	34

ABREVIATIONS	
APR	Analyse Préliminaire des Risque
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
AM	Accident Majeurs
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion
CPSRM	Commission Permanente Spécialisée Des Risques Majeurs
EC	Evènement Courant
EDD	Etudes De Dangers
EI	Evènement Initiateur
REX	Retour d'Expérience
ERC	Evènement Redouté Central
HAZOP	Hazard Operability
ICPE	Les installations classées pour la protection de l'environnement.
MMR	Mesure de Maîtrise des Risques
OIT	L'Organisation internationale du Travail
OREDA	OFFSHORE RELIABILITY DATA
ORSEC	Organisation de Secours
PGPRM	Plan générale de prévention des risques majeurs.
PhD	Phénomène Dangereux
POI	Le plan d'opérations interne
POS	Plan d'Occupation de Sol
RBF	Rayon de la Boule de Feu .
ATEX	Atmosphère explosive

Introduction

Générale

I.INTRODUCTION GENERALE

Actuellement, le monde industriel est devenu plus sensible à la maîtrise des accidents majeurs à cause des conséquences graves et même catastrophiques matérielles, humaines et environnementales. Pour cela des efforts considérables sont fournis en matière de gestion des risques afin de prévenir ces accidents.

L'analyse et l'évaluation des risques industriels exigent la disposition de certaines données et informations sur les différents composants du système étudié et donc, sur les différents paramètres caractérisant les risques. A cet égard, l'application des méthodes d'analyse et d'évaluation des risques est souvent difficile à cause des manques des donnée ou faute de données correctes ou il y a des fautes des données.

Dans certains cas, les données peuvent être disponibles et connues avec précision en se référant au retour d'expérience. Cependant, ces données ne sont pas toujours adaptées pour l'analyse d'événements rares et souvent complexes tels que, les accidents majeurs pour lesquels les données statistiques ne sont pas satisfaisantes. Les banques de données les jugements d'experts sont une autre source fournissant des données utilisées par les méthodes d'analyse des risques, mais qui sont aussi entachées d'incertitude et d'imprécision. Les approches, floue et possibiliste peuvent offrir un cadre très adéquat pour la représentation et le traitement de ces aspects incertains et/ou imprécis.

I.1 Les objectifs de l'analyse quantitative de risque

L'analyse quantitatives des risques dans le cadre de l'évaluation environnementale consiste à l'identifications des sources des dommages, la hiérarchisation des risques et l'évaluation de ces risques afin de proposer des mesures d'élimination ou de réduction des risques afin de les rendre acceptables ou tolérables. L'une des étapes les plus importantes à suivre dans les approches d'analyse des risques sont les suivantes :

- ✓ Réduire les risques à la source ;
- ✓ Informer les autorités concernées ;
- ✓ Informer le public ;
- ✓ Planifier les mesures d'urgence en tenant compte des risques technologiques majeurs ;
- ✓ Permettre la considération des risques technologiques majeurs lors de la planification de l'occupation des sols.

I.2. Le problématique et l'objectif de mémoire

L'entreprise comme entité économique évolue dans un environnement caractérisé par une multitude de risques, l'exposé apportera les réponses aux questions suivantes :

- Quels sont les principaux risques pouvant altérer l'exploitation d'une entreprise ?
- Quelle est la teneur des nouveaux risques environnemental et informationnel ?
- Quelles méthodes pour une meilleure couverture des risques ?

I.3. Structure de mémoire

Notre travail sera divisé en deux chapitres :

Le premier chapitre, présente quelques notions de bases dans l'analyse de risques et les différentes étapes de l'approche d'analyse de risques, avec une description des méthodes utilisés dans ce travail.

Dans le deuxième chapitre, nous appliquerons une analyse quantitative des risques sur une station de stockage de gaz à Hassi R'mel, Laghouat. Notre approche repose sur les étapes suivantes :

1. Une description de fonctionnement de système ;
2. Une analyse des conséquences par la méthode HAZOP ;
3. Une application de méthode Nœud de papillon pour identifier les barrières de sécurités existantes.

Chapitre I :

**Présentation des différentes
méthodes d'analyse des risques
(HAZOP, Nœud de papillon)**

I. Introduction

L'analyse des risques peut être effectuée par plusieurs façons, qualitative ou quantitative selon l'information recueillie et disponible. Dans ce chapitre, et dans un but de rendre l'analyse des risques plus objective on s'intéresse à la quantification des causes et des conséquences engendrées par des accidents industriels. D'où la nécessité d'outils d'analyse de risque qui seront utilisés dans un cadre méthodologique dans le but de maîtriser des phénomènes dangereux. Parmi ces outils, nous utiliserons la méthode HAZOP pour le traitement qualitatif, et la méthode Nœud papillon pour l'analyse quantitatives. Dans ce qui suit, les concepts des bases concernant l'analyse et l'évaluation des risques sera présentés, de plus, une description détaillée des méthodes utilisés dans ce travail.

II. Le concept du Risque

Le risque industriel est défini comme un évènement accidentel se produisant sur un site industriel mettant en jeu des produits et/ou des procédés dangereux et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les riverains, les biens et l'environnement. Afin d'en limiter la survenue et les conséquences, les établissements les plus dangereux sont soumis à une réglementation particulière (classement des installations) et à des contrôles réguliers. Néanmoins, ce n'est pas parce qu'un site n'est pas classé qu'il ne présente pas de danger [1] Ses principales manifestations sont : [2]

- L'incendie dû à l'ignition de combustibles par une flamme ou un point chaud (risque d'intoxication, d'asphyxie et de brûlures),
- L'explosion due au mélange combustible / comburant (air) avec libération brutale de gaz (risque de décès, de brûlures, de traumatismes directs par l'onde de choc...),
- La pollution et la dispersion de substances toxiques, dans l'air, l'eau ou le sol, de produits dangereux avec une toxicité pour l'homme par inhalation, ingestion ou contact.

Ces différents phénomènes peuvent être associés.

Ces risques industriels sont qualifiés de « risques majeurs » quand ils sont caractérisés par une probabilité faible et une gravité importante. Cette notion de « risques majeurs » ne concerne que les risques environnementaux.

On peut les regrouper en deux catégories : [2]

Risques naturels : avalanches, feux de forêt, inondations, mouvements de terrain, cyclones, séismes, éruptions volcaniques...

Risques technologiques : risques de nature industrielle, nucléaires, liés à la radioactivité, aux transports de matières dangereuses (par voie maritime, terrestre ou fluviale), aux exploitations minières et souterraines ou encore liés à la rupture de barrages. Ils sont engendrés par l'activité humaine. Ils pèsent sur l'environnement considéré dans son acception la plus large (pollution de l'air, environnement du travail, pollution des sols...)

II.1. Danger, risque, accident : des notions communes [2] :

Le tableau ci-dessous synthétise les trois principales définitions de danger, risque et accident ou dommage et donne quelques exemples.

Tableau 1. Définitions de danger, risque, accident, et dommage.

Terminologie utilisée en prévention des risques		
Définitions		Exemples
Danger	Propriété intrinsèque des produits, des équipements, des procédés...pouvant entraîner un dommage.	-Substance volatile, inflammable, toxique, corrosive, explosive... -Système technique sous pression ou températures élevées -Masse des charges (levage, déplacement...) - Micro-organisme à caractère infectieux
Risque	Exposition d'une cible (salarié, entreprise, environnement y compris la population...) à un danger. Le risque est caractérisé par la combinaison de la probabilité	-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

	d'occurrence d'un événement redouté (accident) et de la gravité de ses conséquences.	exposé à un risque de pollution, et le village avoisinant peut subir les effets d'un nuage toxique dégagé par l'incendie.
Accident Domage	Conséquences négatives d'un phénomène dangereux.	-L'inhalation de vapeurs de solvants peut entraîner une irritation des voies aériennes supérieures (bouche, nez, pharynx, larynx). - L'incendie peut provoquer des atteintes aux personnes, aux biens et à l'environnement.

III. État de l'art de certains accidents industriels à l'industrie gazière

L'entreprise nationale Sonatrach a vécu des accidents technologiques majeurs dans les dix dernières années, les plus importants sont cités dans le tableau N°1, dont la sécurité, la santé et la protection de l'environnement deviennent un souci majeur du groupe Sonatrach. [1]

Tableau 2. Principaux accidents technologiques enregistrés au sein de la SONATRACH. [1]

Incidents/Accidents	Date	Lieu	Dégâts humains et/ou matériels
Eruption non contrôlée du puits de gaz HR 64	Janvier 2000	SH/DP/Hassi R'mel	Puits abandonné
Incident de GP2Z, Incendie sur four rebouilleur	15 Novembre 2003	GP2Z, SH/Activité Aval, Arzew	Four rebouilleur totalement détruit et un autre partiellement
Accident de GL1K, forte explosion de gaz sur unité de liquéfaction	19 Janvier 2004	Complexe GL1K SH/Activité Aval, Skikda	27 morts, plusieurs blessés. Destruction totale de l'unité 6 du complexe (3 modules indisponibles)

Accident de RTE, incendie sur deux bacs de stockage de brut S105, S106	04 Octobre 2005	Terminal Arrivée RTE, SH/Activité TRC, Skikda	02 morts. Les deux bacs S105/S105 furent totalement détruits
---	-----------------	---	---

L'accident du 19/01/2004, est à la genèse de la politiques HSE du groupe Sonatrach qui a été signée par le PDG de Sonatrach le 27 avril 2004, ce faisant, le groupe Sonatrach s'engage à tout mettre en œuvre pour assurer la sécurité de ses activités, la préservation de la santé au travail, la protection de l'environnement et à minimiser pour les populations les risques éventuels découlant de ses activités (Extrait du Politique HSE du Groupe Sonatrach). [3]

Dans ce cadre et dans le but de concrétisation de cette politique, l'entreprise a engagé dans un vaste programme impliquant les politiques et les systèmes, les normes et les procédures, la culture et les pratiques, le comportement et les réflexes liés à la santé, à la sécurité et à l'environnement. Donc la gestion des risques industriels a été placée aux premières préoccupations du groupe Sonatrach. Et dans ce contexte, la prévention et la gestion proactive des risques est au cœur du système de management HSE du groupe. [3]

L'identification des dangers, l'estimation et la maîtrise des risques sont aussi au cœur de la réussite d'un système de management de la santé et de la sécurité au travail et doivent apparaître dans la politique de santé et sécurité au travail de l'organisme (Lignes directrices OHSAS 18002 :2000, partie 4.2, d1). [1]

De ce fait, le concept "Analyse des risques" est au cœur du processus de gestion des risques, dont la finalité est réduite les risques à un niveau acceptable, qui fait dans ce qui suit, l'objet de ce rapport de Mission d'Entreprise. [3]

IV. Approches d'analyse des risques

L'analyse des risques généralement consiste à la combinaison des deux ou trois méthodes. Dans cette section, nous utiliserons trois méthodes pour effectuer une analyse de risque précise et approfondie. [3]

IV.1. La méthode HAZOP (Hazard and Operability studies)

La méthode HAZOP, a été développée par la société Impérial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulés « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'identifier les causes et les conséquences. [4]

La norme internationale CEI 61882 a été préparée par le comité d'études 56 de la CEI [5]. Cette édition annule et remplace la première édition publiée en 2001. Cette édition constitue une révision technique. Cette édition comprend les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente

Édition précédente :

- a) Clarification de la terminologie ainsi que l'alignement avec les termes et définitions de la norme ISO 31000 :2009 et le Guide ISO 73 :2009 ;
- b) Ajout d'une étude de cas améliorée d'une HAZOP procédurale.

IV.1.1. Domaine d'application

Cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation. De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas PID (Piping and Instrumentation Diagram). [1]

IV.1.2. Objectifs de la méthode HAZOP

HAZOP est une technique structurée et systématique appliquée à l'examen d'un système défini en vue de [4] :

- L'identification de danger potentiel dans le système. Le danger peut se limiter à la proximité immédiate du système ou étendre ses effets bien delà, comme dans le cas des dangers environnementaux.

- L'identification des problèmes potentiels d'exploitabilité posés par le système et en particulier, l'identification des causes des perturbations du fonctionnement et des déviations dans la production susceptible d'entraîner la fabrication de produit non conformes.
- Evaluer les causes et les conséquences des déviations par une évaluation semi quantitatives, et proposer des actions d'amélioration.

IV.1.3. Déroulement de la méthode

La méthode HAZOP suit le déroulement ou la séquence correspondant au de l'analyse en procédant des entrées aux sorties dans une séquence logique comme le montre la figure 1 et décrite ci-après : [6]

1. Choisir une partie du plan de conception comme point de départ et expliquer ensuite l'intention de conception de la partie et identifier les éléments pertinents et toutes les caractéristiques associées à ces éléments ;
2. Choisir un des éléments et déterminer le mot guide qui doit être appliqué en premier ;
3. Examiner la première interprétation applicable au mot guide dans le paramètre étudié pour crédible est identifiée, on recherche ses causes et ses conséquences possibles. Dans certaines applications, il est utile de classer les déviations en fonction du niveau de gravité et probabilité basé sur l'utilisation de grille de criticité ;
4. Vérifier la présence de mécanisme de détection et indication, de protection qui peut être n'empêche pas l'examen ou l'indication du problème d'exploitabilité potentiel, ni les tentatives de réduire la probabilité de manifestation d'un tel problème ou d'atténuer ses conséquences.
5. Vérifier qu'il existe des actions d'améliorations selon l'évaluation de la déviation
6. Répéter ensuite le processus pour toutes les autres interprétations de ce mot guide ; puis pour un autre mot guide ; puis pour chaque déviation ; puis pour chaque élément de la partie étudiée. Après l'examen complet d'une partie, le processus est répété jusqu'à ce que toutes les parties aient été analysées.

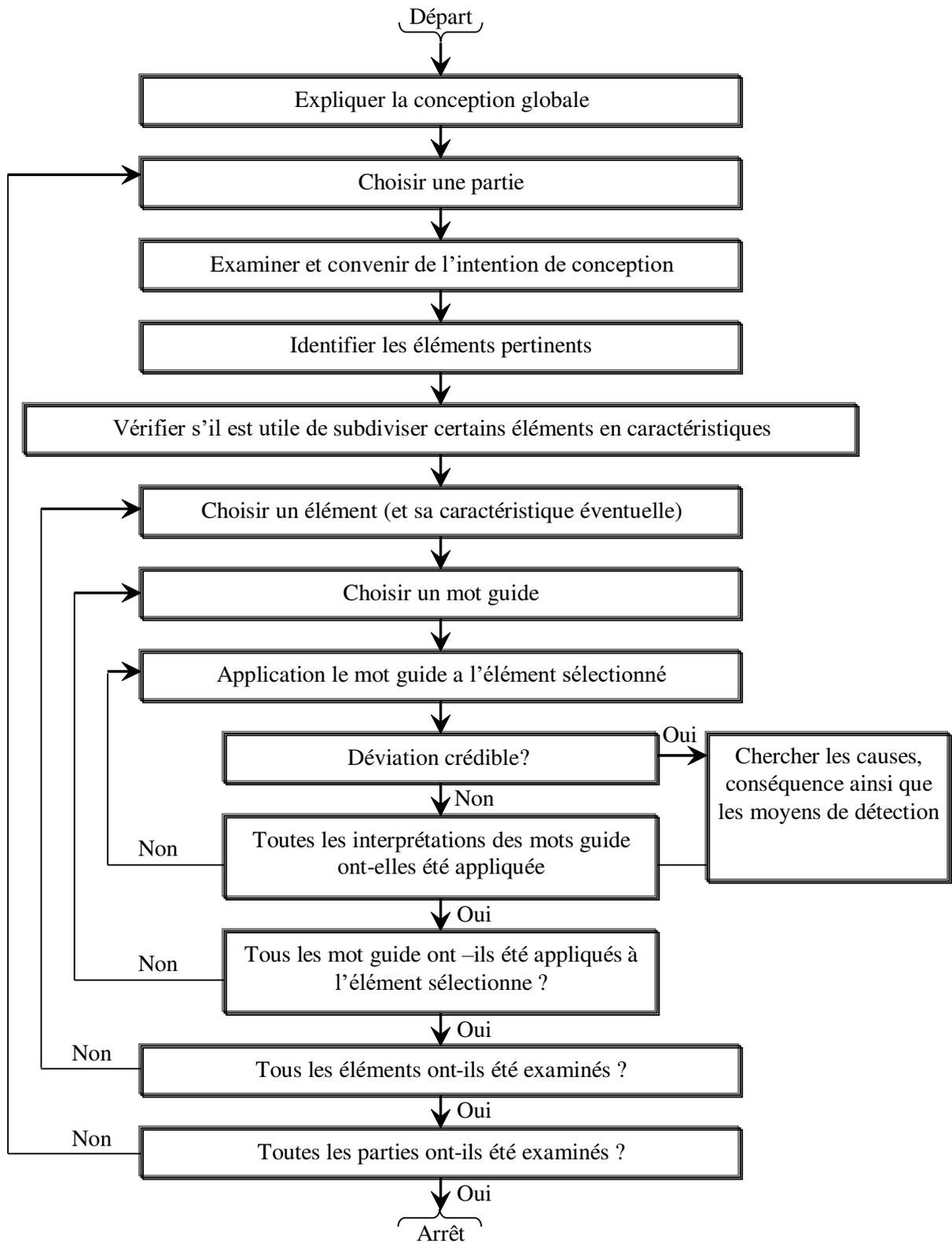


Figure 1. Organigramme de HAZOP [6].

IV.1.4. Feuille de travail HAZOP

Le tableau ci-dessous présenter un exemple de feuille de travail HAZOP.

Tableau 3. Exemples de feuille de travail HAZOP. [6]

Date Ligne ou équipement								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mot clé	Paramètre	Déviatio n	Cause s	Conséquence s	Délectio n	Protectio n	Actions d'amélioratio n

IV.1.5. Définition de mot guide

Est un mot phase qui exprime et définit un type particulier de déviation par rapport à l'intention de conception d'un élément.

Les deux tableaux ci-dessous présenter les principaux mot guide avec leur signification générale et les mot guide relatives à leur et a un ordre ou une séquence.

Tableau 4. Principal mot guide avec leur signification de conception.

Mot guide	Mot guide
Ne pas faire	Négation totale de l'intention de conception
Plus	Augmentation quantitative
Moins	Diminution quantitative
En plus de	Modification / Augmentation quantitative
Partie de	Modification / diminution qualitative
Remplacement total	Contraire logique de l'intention de conception
Autre que	Remplacement total

Tableau 5. Les mots guide relatives à l'heure et à un ordre ou une séquence.

Mot guide	Signification
Plutôt tôt	Relatives à l'heure
Plus tard	Relative à l'heure
Avant	Relatif à un ordre ou une séquence
Après	Relatif à un ordre ou une séquence

IV.1.6. Définition de paramètre

Les paramètres auxquels sont accolés les mots guide dépendent bien sûr du système considéré. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse sont :

- ✓ La température,
- ✓ La pression,
- ✓ Le débit,
- ✓ Le niveau,
- ✓ La concentration,
- ✓ Le temps,
- ✓ Des opérations à réaliser.

IV.1.7. Définition de déviation

Ecart par rapport à l'intention de conception : Mot guide + paramètre = Déviation

IV.1.8. Causes et conséquences de la déviation

Une fois la dérive envisagée doit, identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot guide une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer dans certains cas complexe.

IV.1.9. Moyen de détection et de protection

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets.

[6]

IV.1.10. Relation avec les autres méthodes

HAZOP peut être utilisé conjointement à d'autres méthodes d'analyse de la sûreté de fonctionnement, tels que l'analyse des modes des défaillances et de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) et l'analyse par l'arbre des défaillances (AdD) de telle combinaison peuvent être utilisées dans les situations exposées ci-dessous :

L'analyse HAZOP indique clairement que les qualités de fonctionnement d'une entité spécifique de l'équipement sont critiques et doivent être examinées en profondeur ; HAZOP peut être utilement complété à une AMDEC de cette entité de l'équipement.

Après avoir examiné, avec HAZOP, les déviations par éléments ou caractéristiques, on décide d'analyser l'effet des déviations multiples en utilisant une AdD ou de quantifier l'éventualité des défaillances, toujours en utilisant une AdD. HAZOP est une approche centrée essentiellement sur le système, contrairement à l'AMDEC qui est centrée sur le composant. [4]

IV.1.11. Les avantages et les limites de la méthode

A. Les avantages

- ✓ L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques.
- ✓ Méthode semi quantitative à utilisation simple.
- ✓ Elle présente un caractère systématique et méthodique.

B. Limites

Dans certains cas, cette méthode peut être perçue comme point faible puisqu'elle ne peut pas traiter les défaillances complexes faisant intervenir plusieurs processus.

HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances.

Il est parfois difficile d'affecter un mot guide à une portion bien délimitée du système étudié. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une déviation.

Les systèmes étudiés sont souvent composés de partie interconnectées si bien qu'une déviation survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement

Bien entendue, il est possible a priori de reporter les implications d'une déviation d'une partie à une autre du système. Toutefois cette tâche peut rapidement s'avérer complexe. [6]

IV.2. Nœud de papillon

IV.2.1 Historique et domaine d'application

Le « Nœud Papillon » est une approche de type arborescente largement utilisée dans les pays européens comme les Pays-Bas qui possèdent une approche probabiliste de la gestion des risques. Le Nœud Papillon est utilisé dans différents secteurs industriels par des entreprises comme SHELL qui a été à l'origine du développement de ce type d'outils. Dans ce document, l'INERIS présente une version particulière du Nœud Papillon qu'il a été amené à adapter. [7]

IV.2.2. Principe

Le nœud papillon est un outil qui combine un arbre de défaillance et un arbre d'événements comme la figure 2 et le tableau 6 montrent. Il peut être représenté sous

la forme suivante : [7]

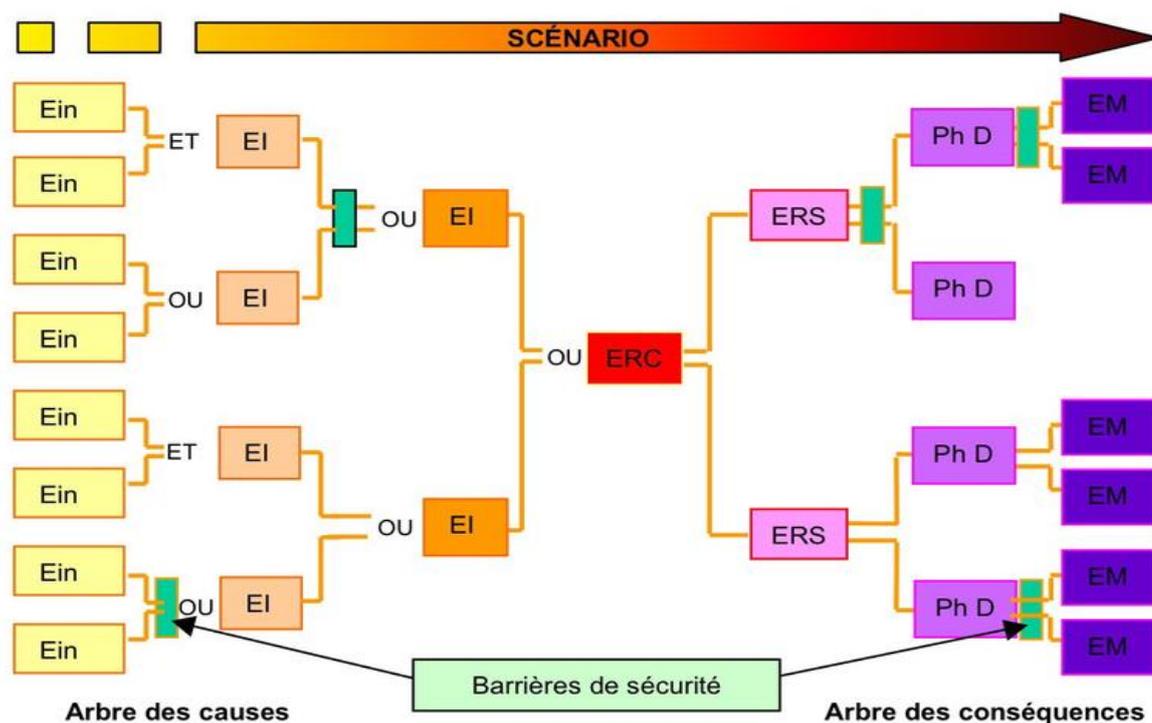


Figure 2. Représentation de scénarios d'accident selon le modèle du nœud papillon.

Tableau 6. Définit tous les composants d'un nœud papillon suivant la figure 2. [7]

Désignation	Signification	Définition
Ein	EVENEMENT INDESIRABLE	Dérive ou défaillance sortant du cadre des conditions d'exploitation usuelles définies
EI	EVENEMENT INITIATEUR	Cause direct d'une perte de confinement ou d'intégrité physique
ERC	Événement redouté centrale	Perte de confinement sur un équipement dangereux ou perte d'intégrité physique d'un substance dangereuse
ERS	Événement redouté secondaire	Conséquence directe de l'événement redouté central l'événement redouté se conduire caractérise le terme source de l'accident
Ph D	Phénomène dangereux	Phénomène physique pouvant engendrer des dommages majeurs
EM	Effets majeurs	Dommages occasionnés au niveau des cibles (personnes. Environnement ou biens) par les effets d'un phénomène dangereux
Barrières ou mesure de prévention		Barrière ou mesures visant à prévenir la perte de confinement ou d'intégrité physique
Barrières ou mesure de protection		Barrière ou mesures visant à limiter les conséquences de la perte de confinement ou d'intégrité physique

Le point central du Nœud Papillon, appelé ici Événement Redouté Central, désigne généralement une perte de confinement ou une perte d'intégrité physique (décomposition). La partie gauche du Nœud Papillon s'apparente alors à un arbre des défaillances s'attachant à identifier les causes de cette perte de confinement. La partie droite du Nœud Papillon s'attache quant à elle à déterminer les conséquences de cet événement redouté central tout comme le ferait un arbre d'évènements. Sur ce schéma, les barrières de sécurité sont représentées sous la forme de barres verticales pour symboliser le fait qu'elles s'opposent au développement d'un scénario d'accident. De fait, dans cette représentation, chaque chemin conduisant d'une défaillance d'origine (événements indésirable ou courant) jusqu'à l'apparition de dommages au niveau des cibles (effets majeurs) désigne un scénario d'accident particulier pour un même événement redouté central. Cet outil permet d'apporter une démonstration renforcée de la bonne maîtrise des risques en présentant clairement l'action de barrières de sécurité sur le déroulement d'un accident. [7]

IV.2.3. Déroulement

Le Nœud Papillon s'inspirant directement des arbres des défaillances et d'évènements, il doit être élaboré avec les mêmes précautions. S'agissant d'un outil relativement lourd à mettre en place, son utilisation est généralement réservée à des évènements jugés particulièrement critiques pour lesquels un niveau élevé de démonstration de la maîtrise des risques est indispensable. En règle générale, un Nœud Papillon est construit à la suite d'une première analyse des risques menée à l'aide d'outils plus simples comme l'APR (analyse préliminaire des risques) par exemple. [7]

IV.2.4. Limites et avantages

Le Nœud Papillon offre une visualisation concrète des scénarios d'accidents qui pourraient survenir en partant des causes initiales de l'accident jusqu'aux conséquences au niveau des cibles identifiées. De ce fait, cet outil met clairement en valeur l'action des barrières de sécurité s'opposant à ces scénarios d'accidents et permet d'apporter une démonstration renforcée de la maîtrise des risques. En revanche, il s'agit d'un outil dont la mise en œuvre peut être particulièrement

coûteuse en temps. Son utilisation doit donc être décidée pour des cas justifiant effectivement un tel niveau de détail. [7]

V. Conclusion

Dans ce chapitre, une description détaillée des concepts des bases tel que le risque, le danger, et l'accident sont abordées. De plus, nous avons présenté le déroulement des méthodes qui nous choisissons pour l'analyse de risques, et qui nous aide dans la description de notre système et leur déviation. Notre étude est composée de deux étapes dont le premier consiste, en l'identification des conséquences les plus graves, nous le ferons en utilisant la méthode HAZOP. Deuxièmement, le traitement quantitatif est fait par l'analyse Nœud papillon. Dans ce qui suit, nous appliquerons ces méthodes sur une sphère de stockage de GPL.

Chapitre

II :

**Application de l'analyse
fonctionnelle et dysfonctionnel à
l'Industrie gazier**

I. Introduction

Dans ce chapitre nous avons appliqué les deux méthodes d'analyse ; fonctionnelle et dysfonctionnelle (HAZOP, Nœud Papillon) du système. Critères de choix des méthodes :

Les critères suivants interviennent dans le choix d'une méthode d'analyse :

- Critères liés aux objectifs de l'analyse ;
- Critères liés au système étudié ;
- Critères liés aux moyens d'étude.

II. Description Générale Du L'industrie SONATRACH A Hassi R'mel : [1]

L'entreprise nationale pétrolière et gazière SONATRACH a été créée en 1963, aujourd'hui elle emploie plus de 3500 personnes seulement à HASSI R'MEL et se trouve en position de jouer un rôle important dans l'économie nationale, ce qui lui a permis d'occuper le 13ème rang parmi les grandes compagnies pétrolières internationales.

La SONATRACH classé 7ème à l'échelle internationale, en ce qui concerne les réserves du gaz (réserve dépassant 50 billions ft³). Plus de 50% de ces réserves en gaz naturel sont concentrées dans les glissements de HASSI R'MEL.

Les objectifs visés par SONATRACH, dans la région de HASSI R'MEL sont :

- ✓ La production de 100 milliards de m³/ an de gaz ;
- ✓ La capacité de réinjection 60 milliard de m³/ an ;
- ✓ La vente de gaz 40 à 60 milliards de m³/ an, avec une récupération maximale d'hydrocarbures liquides condensat et GPL.

En déplétion naturelle, la récupération des hydrocarbures liquides est limitée par suite de condensation au niveau de réservoir.

Le recyclage partiel retenu pour le gisement de HASSI R'MEL permet :

- De réduire cette condensation dans le réservoir par le maintien de pression ;
- De maximiser l'extraction des gaz humide ;
- De produire un potentiel optimal en condensat et GPL sans avoir recours au torchage des gaz excédentaires, d'où une meilleure flexibilité d'exploitation des unités de traitement de gaz.

Pour maintenir la pression d'un gisement et récupérer le maximum de son condensat, la réinjection de gaz est devenue une technique rend aussi plus facile l'extraction de condensat ou de pétrole.

Pour le réinjecter, le gaz devrait une série d'étages de compresseur centrifuges haute pression, entraîné par des turbines à gaz.

Au centre de production à HASSI R'MEL, deux stations de compression sont installées par SONATRACH : station de compression nord et station de compression sud, chacune de ces stations contiens un totale de 18 compresseur centrifuge qui sont dimensionnés pour assurer la compression de $9.10^7 \text{ m}^3/\text{an}$.

III. Description du CSTF : [2]

Le CSTF a pour but de stocker le GPL et le condensat en provenance des modules de traitement de gaz MPP 0, I, II, III, IV et le centre de traitement de gaz Djebel Bissa, et de transférer ces deux produits vers le terminal d'ARZEW à travers les deux oléoducs LZ1 et NZ1.

Le CSTF a une capacité de stockage totale de 78000 m^3 de GPL et de 285000 m^3 de Condensât.

III.1. Localisation du site CSTF et installations voisines :

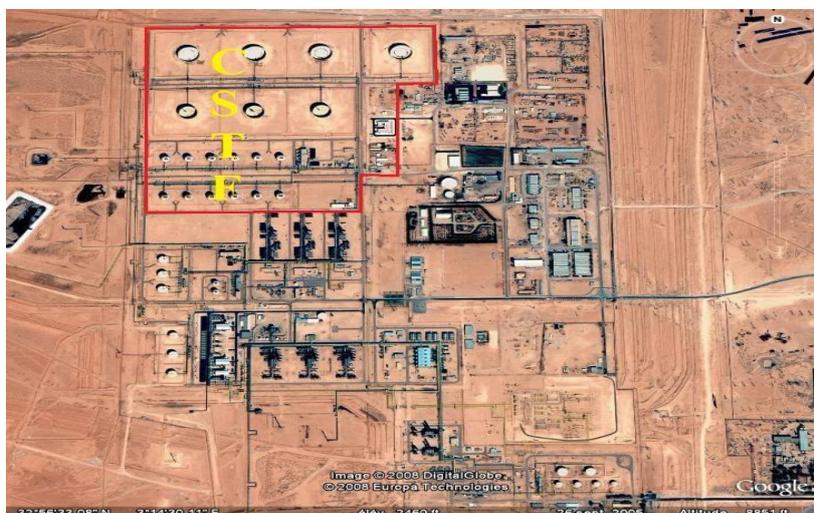


Figure 3. Emplacement du CSTF (Google Maps). [2]

III.2. Principales installations de stockage : [2]

Le Centre de Stockage et de Transfert Facilité CSTF dispose 12 Sphères de stockage de GPL et 07 Bacs de stockage du Condensât.

Le CSTF est composé en trois sections :

- ✓ Section de stockage et de transfert du condensat ;

- ✓ Section de stockage et de transfert du GPL ;
- ✓ Section de compression du GPL.

III.3. Description du fonctionnement du site de Stockage et de transfert du GPL :

Le site de stockage et de transfert de GPL est composé des installations suivantes : [1]

- ✓ 12 sphères d'une capacité nominal de 6500 m³ chacune avec une capacité totale de stockagede l'ordre de 78000 m³ ;
- ✓ 6 pompes boosters *P001 A/B/C/D/E/F* : débit 165 m³/h à $P = 15$ à 18 bar chacune dont 3 pompes ont une deuxième fonction de transfert de GPL entre les sphères.
- ✓ 3 pompes *P002 A/B/C*: débit 350 m³/h à $P = 25$ à 34 bar chacune, d'expédition GPL vers la ligne 24'' avec un débit de 350 m³/h chacune
- ✓ 5 groupes turbocompresseurs avec 12 aéroréfrigérants de GPL

III.4. Section de stockage et de transfert du GPL [1]:

a) Fonctionnement normal :

Lors du fonctionnement normal, le GPL sortant des modules II, III et IV circule vers le pipeline à travers l'unité de comptage du GPL en évitant les sphères de stockage après avoir été pompé à l'aide de la pompe de pipeline à GPL.

Lorsque la pression d'aspiration de la pompe s'élève suffisamment, une partie de GPL se dirige vers les sphères de stockage.

Les vannes de remplissage des sphères de stockage du GPL sont toujours laissées ouvertes.

b) Remplissage et vidange :

Si le GPL en provenance des modules ne peut être transféré du fait d'une interruption du pipeline, d'une anomalie de la pompe ou d'une diminution de la demande de SONATRACH TRC, il se dirige vers les sphères de stockage.

Après la remise en état du pipeline ou de la pompe, le GPL contenu dans les sphères de stockage circule vers la conduite d'aspiration de la pompe sous l'action d'un régulateur de débit, après avoir été pressurisé par la pompe surcompression à GPL. [1]

En règle générale, on ne doit pas pomper du GPL de deux sphères de stockage simultanément au cours d'une opération de vidange. De plus, il est interdit d'effectuer simultanément le remplissage et la vidange de la même sphère.

c) Transfert du GPL entre les sphères de stockage :

Lorsqu'on veut effectuer des travaux sur une sphère de stockage contenant du GPL, on fait le transfert du GPL à une autre sphère au moyen des trois pompes. Ce transfert peut être effectué parallèlement à d'autres opérations.

III.5. Section de torche [1]:

Le CSTF est doté d'un système de torche HP (haut pression) qui permet de brûler les gaz résiduels dégagés en cas d'anomalie.

Le système de torche se compose de collecteurs de torche, d'un dispositif de récupération des brouillards (ballon-tampon, ballon draineur et purgeurs à pompage) et d'une torche proprement dite.

Les gaz résiduels ne circulent pas dans le système de torche au cours de l'exploitation normale de l'usine. Donc, du gaz combustible est injecté en amont du collecteur de torche.

III.6. Section de vide-vite [1]:

L'hydrocarbure liquide déchargé à partir de chaque section se dirige vers la fosse de brûlage pour combustion. Cette fosse de brûlage, réservée aux besoins du MPP I, est située dans la zone du CSTF.

L'hydrocarbure déchargé est d'abord recueilli dans un ballon tampon, qui permet de le séparer en phases gazeuse et liquide. Après avoir été pressurisé par la pompe de vidange, l'hydrocarbure liquide se dirige finalement vers la fosse de brûlage.

III.7. Utilités

Tableau 7. Utilités d'eau et l'air [1]

Utilités	
<i>Eau :</i>	<i>Air :</i>
Eau de service	Air de service
Eau anti incendie	Air instrument
Eau de refroidissement	
Eau potable	

Les deux types d'air sont assurés par un compresseur d'air d'un débit de 855 Nm³/h et une pression de 7 bars

Gaz inerte

Système de drainage eau

Système de gaz combustible

Séparateur d'huile

Énergie électrique

III.8. Description générale de la sphère de stockage GPL (50-T016) :

Le tableau ci-dessous présente une description détaillée de la sphère de stockage étudiée, il contient les caractéristiques techniques et les équipements des sphères de stockage GPL.

Tableau 8. Description générale de la sphère de stockage GPL (50-T016) [1].

Caractéristiques techniques de la sphère 50-T016	Équipements des sphères de stockage GPL
Diamètre intérieur : D = 23,9314 m	Ligne de remplissage 14"
Tolérance de Corrosion : 3,175 mm	Ligne de vidange 12" : calorifugée
Température de calcul : -17,8 – 93,3 °C	Ligne de purge d'eau : calorifugée et équipée de deux résistances (traçage électrique) pour éviter le givrage de la conduite
Matériel : SA – 537 CL. 2	Ligne de prise d'échantillon
Pression nominal PN = 5,34 Kg/Cm2	Ligne de récupération des vapeurs GPL : BOIL OFF
Température nominale TN = 21 Kg/Cm2	2 Soupapes PSV vers atmosphère
Pression de calcul P = 5,98 Kg/Cm2	2 Soupapes PSV vers torche
	2 Trou d'homme : un trou en bas et l'autre en haut équipés d'une conduite de vidange
	2 Indicateurs de pression PG (haut et bas)
	2 Indicateurs de température TG (haut et bas)
	2 jauges avec indicateur local
	LIA H : alarme haut niveau

	<p>LZH : alarme très haut niveau</p> <p>LIA L : alarme bas niveau</p> <p>LZL : alarme très bas niveau</p> <p>2 Éclairages ATEX haut et bas</p> <p>Une mise à la terre</p> <p>Une passerelle pour accès au sommet de la sphère</p>
--	---

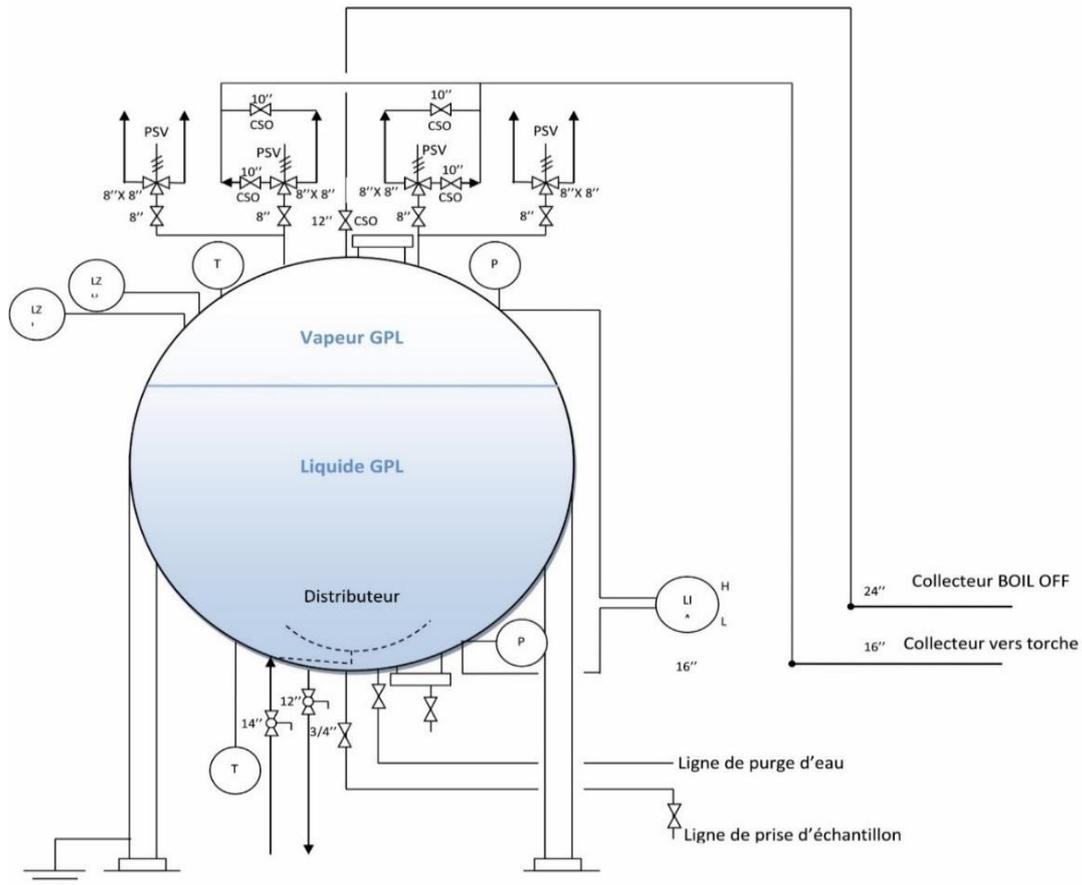


Figure 4. Équipements de sécurité de la sphère. [2]

Comme montre le schéma, notre sphère est connectée aux différentes conduites, vannes et Soupapes suivantes : [1]

1. Soupape PSV vers atmosphère
2. Soupape PSV vers torche
3. Vanne de la conduite de BOIL OFF
4. Vanne de remplissage
5. Vanne de sécurité de remplissage
6. Vanne de vidange
7. Vanne de sécurité de vidange

8. Vanne du collecteur d'aspiration de transfert
9. Vanne du collecteur de refoulement de transfert
10. Vanne du collecteur d'écoulement minimum
11. Vanne de la ligne de purge d'eau

Chaque sphère GPL est raccordée aux canalisations de Remplissage, Vidange et de BOIL OFF. [2]

La ligne remplissage est raccordée au collecteur de remplissage, collecteur de refoulement de transfert et au collecteur d'écoulement minimum comme montre les paragraphes suivants : [2]

Collecteur de remplissage 14 : Ce collecteur est raccordé directement au pipeline GPL en provenance des modules de traitement de gaz.

Collecteur de refoulement de transfert 6 : Lors de l'opération de transfert du GPL d'une sphère à une autre pour des raisons de sécurité (anomalie, fuite ...), le GPL refoulé à partir de la pompe de transfert se dirige vers le collecteur de refoulement de transfert pour alimenter l'autre sphère à l'aide de la vanne 6

Collecteur d'écoulement minimum 3 : Lorsqu'on a un excès de débit au refoulement des pompes booster et afin de protéger les pompes d'expédition, le GPL se dirige vers le collecteur d'écoulement minimum à partir d'une vanne de régulation de débit. Le GPL contenu dans ce collecteur est renvoyé vers la sphère par l'ouverture de la vanne 3.

La ligne de vidange : est raccordée au collecteur d'aspiration principale des pompes d'expédition et au collecteur d'aspiration de transfert.

Collecteur d'aspiration principale : Chaque conduite de vidange de la sphère est raccordée au collecteur d'aspiration principale des pompes d'expédition.

Collecteur d'aspiration de transfert : Lors de l'opération de transfert du GPL d'une sphère à une autre pour des raisons de sécurité (anomalie, fuite ...), on ouvre la vanne 10 " de la conduite raccordée à la ligne de remplissage de la sphère qu'on veut vidanger afin d'envoyer le GPL vers le collecteur d'aspiration de transfert qui alimente la conduite d'aspiration des pompes de transfert.

Cuvette de rétention :

Les sphères GPL sont situées à l'intérieur de cuvettes de rétention qui sont séparées. La surface de chaque cuvette de rétention est de **4225** m² elle est calculée pour contenir 20 % du volume utile de stockage. [1]

IV. Défaillance d'une sphère de stockage de GPL :

IV.1. Phénomènes Dangereux :

Pour l'ensemble des unités décrites, des analyses de risque ont permis d'identifier des scénarios d'accidents majeurs. Les phénomènes dangereux ici étudiés sont principalement liés au caractère inflammable et explosif de certains composés se trouvant sur les sites de production de Sonatrach DP à TFT. Ces scénarios ont été regroupés sous des scénarios enveloppes, plus généraux et permettant de représenter tous les scénarios identifiés. [1]

Boule de feu : Une boule de feu fait référence à la combustion d'un nuage de gaz inflammables non dilué. La boule de feu a tendance à s'élever dans les airs lors sa combustion. Un point important de ce phénomène qu'il est de courte durée mais d'intensité élevée. La boule de feu résultera de la rupture d'un équipement contenant du gaz sous pression ou liquéfié. [3]

Feu de flaque : Le « feu de flaque » décrit un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air. Certains scénarios donneront lieu à un feu de flaque libre ou à un feu de cuvette (lorsque l'équipement est entouré d'une rétention). Le feu de flaque peut résulter de la rupture ou de la fuite d'un équipement contenant un liquide inflammable. [3]

Feu de chalumeau : les feux de chalumeau peuvent survenir suite à l'ignition d'une fuite à haute pression de gaz. Un feu de chalumeau est caractérisé par un jet rapide et très turbulent. Le feu de chalumeau est un danger direct pour les personnes ou structures prises dans la flamme ou exposées à des niveaux de radiation thermique élevés. Ce phénomène concerne les scénarios de fuite de gaz et pas ceux de rupture. [2]

VCE : le terme « vapor cloud explosion » ou explosion de nuage est défini comme un procédé où la combustion d'un mélange inflammable (combustible/air ou combustible/oxydant) cause une augmentation rapide de pression. Ce phénomène peut résulter de la perte de confinement (rupture ou fuite) d'un gaz mais également de l'évaporation d'un liquide. [3]

Feu flash : Un feu flash est la combustion non explosive d'un nuage inflammable, celui-ci pouvant résulter de la perte de confinement (rupture ou fuite) d'un gaz mais également de l'évaporation d'un liquide. La majorité des conséquences liées à un feu flash concerne les personnes ou équipements situés à l'intérieur du nuage. La durée et l'intensité de ce

feu sont en général insuffisantes que pour causer des radiations thermiques importantes hors du nuage. [3]

IV.2. Cartographie du risque – situation actuelle [3]:

La criticité des conséquences des différents phénomènes dangereux a été appréciée selon des échelles de probabilité et de gravité.

La probabilité s'estime en termes de fréquence d'occurrences d'un événement et s'étend de 1 « Improbable » (Fréquence < 10⁻⁴/an) à 4 « Très probable » (Fréquence 1/an).

L'échelle de gravité s'étend également de 1 à 4, 1 étant le moins grave et 4 le plus grave. Elle prend en compte quatre types de critères à savoir : personnel, environnement, public et production/biens.

Ainsi pour le critère personnel, le 1 correspond à des blessures mineures alors que le 4 correspond à plusieurs fatalités ; pour le critère d'environnement, le 1 correspond à une fuite mineure, le 4 à une pollution hors des limites du site de longue durée ; pour le critère public, le 1 correspond à pas d'incidence, le 4 à un décès ; enfin pour le critère de production/biens, 1 correspond à pas de perte de biens ni de production et 4 à des dommages importants et un arrêt complet du site.

Ces deux échelles permettent de définir une matrice de risques et d'y classer les événements dangereux. Cette matrice se décompose en trois classes de risques :

- Les risques Acceptables (en vert)
- Les risques Améliorable si ALARP (en jaune)
- Les risques Inacceptables (en rouge).

Gravité	1				
	2				
	3				
	4				
		1	2	3	4
		Probabilité			

Figure 5. La matrice de criticité 01 [3]

En fonction de la combinaison de probabilité d'occurrence et de gravité des conséquences potentielles des accidents correspondant aux phénomènes dangereux identifiés dans l'étude de dangers, des actions différentes doivent être envisagées, graduées selon le risque. [3]

La liste des phénomènes dangereux issus de l'étude de dangers est présentée ci-après [3]

V. L'application de la méthode HAZOP au niveau de sphère stockage de GPL :

Nous avons proposé l'application de la méthode HAZOP, qui permet de hiérarchiser en fonction des risques les actions possibles pour la sûreté, En utilisant la méthode HAZOP comme ayant pour objectif d'identifier d'une manière structurée et systémique les dangers potentiels et problèmes d'exploitabilité et qui s'avère d'une grande utilité pour déterminer les mesures préventives à mettre en place.

V.1. Elaboration des tableaux HAZOP :

Les tableaux HAZOP, issus de l'application de la méthode HAZOP au système de stockage des GPL de CSTF, sont présentés dans les pages suivantes :

Tableau 9. Application de la méthode HAZOP de la sphère de stockage GPL (50-T016)

Paramètre	Déviaton	Causes	Conséquences	Moyen de sécurité	Moyenne de détection	Moyenne de prévention
Pression	Haute pression	<ol style="list-style-type: none"> 1. Feu dans la zone de la sphère 2. Dysfonctionnement et système d'alarme PS 056 défaillant 3. Augmentation de température 4. Défaillance la vanne de régulation UZV 091 et UZV 092. 5. Défaillance PSV 032A PSV 032B (torche) 6. Défaillance PSV 30A ; PSV30B(ATM) 7. Fort rayonnement solaire, température extérieure élevée 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Enlèvement des réservoirs ou des canalisations 2. Emet de GPL vers torche 3. Libération de GPL vers l'ATM 4. Incendie et explosion 5. Blessures et décès 6. Dommages aux biens 7. Risque de BLEVE 	<ol style="list-style-type: none"> 1. système d'alarme PA056 2. la vanne de régulation de niveau UZV 091. 3. la vanne de régulation de niveau UZV 092. <p>(2) PSV.032A PSV 032B (torche)</p> <p>(2) PSV 30A ; PSV30B(ATM)</p>	PS056 (indicateur haute pression)	Alarme PA056
Pression	Basse pression	<ol style="list-style-type: none"> 1. Défaillance (bloquée ouverture) de la vanne de vidange. 2. Défaillance (bloquée fermée) de vanne de remplissage. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Perte De Production 2. Capacité vide dans les sphères. 3. Cavitation des pompes de remplissage. 4. L'arrêt distribution de GPL 		PG088 (indicateur basse pression)	Alarme Basse pression
Température	Haute température	<ol style="list-style-type: none"> 1. Défaillance des détecteurs température 2. température ambiante élevée voir pression plus 	<ol style="list-style-type: none"> 1. l'augmentation rapide de la Pression interne. 2. risques d'explosion (BLEVE). 	<p>Ouverture les soupapes vers torche et vers atmosphère.</p> <p>Refroidissement la sphère par le courant d'eau.</p> <p>Système déluge.</p> <p>Couronnes de refroidissement</p>	Détecteur de température	Alarme de température haute.

				des sphères. Réseau d'eau anti-incendie. Poteaux incendies, Canons fixes à eau et à mousse, Dévidoirs tournants.		
Niveau	Haute niveau	Défaillance de la vanne de remplissage et la vanne de vidange	1.Risques d'explosion (BLEVE). 2.Risque de surpression	Vanne de régulation UZV091. Vanne de régulation UZV092.	LS 034A LS 034B LI 036	Alarme haut niveau LIAH 036 Alarme très haut niveau LZH034A
	Basse niveau	Défaillance (ouverture) de la vanne de vidange	1. Vidange totale de la sphère et risque de cavitation. 2.L'endommagement des pompes d'export	Vanne de régulation UZV091. Vanne de régulation UZV092.	LS 034A LS 034B LI 036	Alarme bas niveau LIAL036. Alarme très bas niveau LZL034B.

V.2. Les barrières de prévention et de protection

Les sphères de stockage de GPL 50/60-T001~006 sont munies des moyens de prévention et protection principaux suivants [3] :

Tableau 10. Les barrières de prévention et de protection de la sphère de stockage GPL (50-T016) [3]

Mesures de prévention	Mesures de protection
<ul style="list-style-type: none"> • L'équipement est construit selon les normes • Procédures et consignes d'exploitation et de sécurité • Contrôle journalier des équipements • Inspection décennale des sphères conformément aux exigences réglementaires, Décret exécutif 90-245, réglementation des APG appareils à pression de gaz • Alarme haut niveau LIAH • Alarme très haut niveau LZH avec déclenchement (fermeture de la vanne de sécurité de remplissage (FC)) • Alarme bas niveau LIAL • Alarme très bas niveau LZL avec déclenchement (arrêt de la pompe booster et fermeture de la vanne de sécurité de vidange (FC)) • Vanne régulatrice de pression vers torche PIC019 • Vanne HXCV 014 vers torche • Soupapes PSV vers torche (2 soupapes par sphère) • Soupapes PSV vers atmosphère (2 soupapes par sphère) 	<ul style="list-style-type: none"> • Réseau d'eau anti-incendie • Couronnes de refroidissement des sphères • Poteaux incendies, Canons fixes à eau et à mousse, Dévidoirs tournants • Moyens matériels mobiles du secteur Centre • Détecteurs de gaz avec alarme reportée en salle de contrôle • Zones ATEX (atmosphère explosif) • Mise à la terre

Les sphères sont chacune installées dans un encuvement individuel. Celui-ci est construit en Tuf compacté d'une surface de 4225 m² permettant de recueillir 20% du volume utile de stockage. [3]

VI. L'application de la méthode Nœud de Papillon :

VI.1. Elaboration de la Nœud de Papillon :

La méthode du nœud papillon constitue aujourd'hui, dans le domaine de l'analyse du risque Industriel, l'une des méthodes de quantification du risque majeur. En effet, son application rigoureuse permet d'identifier de manière exhaustive les causes et les

conséquences liées à un Événement redouté.

En revanche, la quantification d'un nœud papillon ne peut se faire que si l'on dispose de données quantifiées permettant d'estimer respectivement la probabilité de l'événement redouté, puis Celle des dommages qui lui sont liés. C'est évidemment lors de cette étape que les difficultés.

Inhérentes à l'évaluation du risque ressortent. Il n'est, en effet, pas possible de suggérer que l'on puisse construire un nœud-papillon sans se poser de questions sur la crédibilité et l'origine des données nécessaires à sa quantification ou, s'il existe de nombreuses banques de données

Permettant d'alimenter les calculs, il en ressort que l'hétérogénéité des valeurs d'une banque de Donnée à une autre, la propagation d'incertitudes liées à la méthode, introduisent une place

Prédominante au jugement de l'analyste ou, plus simplement, à l'avis d'experts.

VI.2. Description des événements redoutés

L'événement redouté est une défaillance d'une sphère de GPL 50/60-T001~006. Le scénario étudié est donc la mise à l'atmosphère d'un gaz liquéfié stocké au-dessus de sa température d'ébullition (perte de confinement).

Les phénomènes dangereux qui y sont associés sont BLEVE, feu de flaque, feu de chalumeau et feu flash.

VI.3. Analyse de cause de défaillance et probabilité d'occurrence

Analyse des Causes

Une étude menée par DNV Technica pour le Ministère HSE (Angleterre) sur 230 accidents impliquant des réservoirs sous pression donne les contributions suivantes : [14]

Tableau 11. Taux de contributions de causes de défaillance des réservoirs [3]

CAUSE	CONTRIBUTION (%)
Surpression	42,17
Erreur humaine	22,90
Effet thermique (ex. incendie)	10,43
Défaillance mécanique	6,67
Corrosion	5,87
Impact (ex. missiles)	5,22
Surcharge par influence externe	2,39
Autres	4,35

La cause principale de défaillance de réservoirs sous pression est une surpression. Viennent ensuite les erreurs humaines et les effets thermiques (type incendie). D'autres causes contribuent également aux défaillances dans une moindre mesure, la corrosion, les défaillances mécaniques ou encore les agressions externes. [4]

Analyse des conséquences

Les calculs des fréquences génériques de défaillance sont basés sur des données extraites du Handbook Failure Fréquences 2009 . Le Handbook Failure Fréquences se base sur des données historiques d'un certains nombres d'équipements représentatifs. Le Handbook Failure Fréquences donne les probabilités de défaillances suivantes pour un réservoir sous pression [13].

Tableau 12. Fréquences de défaillance (/tank/an) [2]

Fréquences de défaillance (/tank/an)	
Types de défaillance	Tanks de stockage aériens
Petite fuite : $0.1 < d \leq 10$ mm $d_{\text{éq}} = 10$ mm	$1.2 \cdot 10^{-5}$
Fuite moyenne : $10 < d \leq 50$ mm $d_{\text{éq}} = 25$ mm	$1.1 \cdot 10^{-6}$
Grande fuite : $50 < d \leq D$ max	$1.1 \cdot 10^{-6}$
Rupture	$6.4 \cdot 10^{-7}$
Total	$1.48 \cdot 10^{-5}$

Compte tenu de présence de 12 sphères de stockage au niveau du CSTF, la fréquence de défaillance totale d'une sphère est de $12 \times 1.48E-05/\text{an/sphère} = 1.78E-04/\text{an}$ (soit, $1.44 \cdot 10^{-4}$ /an pour une petite fuite, $1.32 \cdot 10^{-5}$ /an pour une fuite moyenne, $1.32 \cdot 10^{-5}$ /an pour une grande fuite et $7.68 \cdot 10^{-6}$ /an pour une rupture). [5]

En excluant les événements non redoutés car ayant une occurrence trop rare, c'est-à-dire ayant une fréquence d'occurrence inférieure à $10^{-6}/\text{an}$, nous obtenons le tableau des événements redoutés suivants : [5]

Tableau 13. Fréquence d'occurrence des événements redoutés [2].

N°	Phénomène Dangereux	Fréquence	Indice de probabilité
		(/an)	
01	VCE	2.5E-06	P1
02	BLEVE	7.7E-06	P1
03	Boule de feu	5.4E-06	P1
04	Feu de flaque	5.6E-05	P1
05	Feu chalumeau	5.0E-05	P1
06	Feu flash	7.2E-06	P1
07	Pollution	1.2E-04	P2

Tous les phénomènes dangereux ont une fréquence d'occurrence supérieure au seuil d'acceptabilité, il est dès lors nécessaire d'en analyser les conséquences. [4]

VI.4. Construction finale de Nœud Papillon

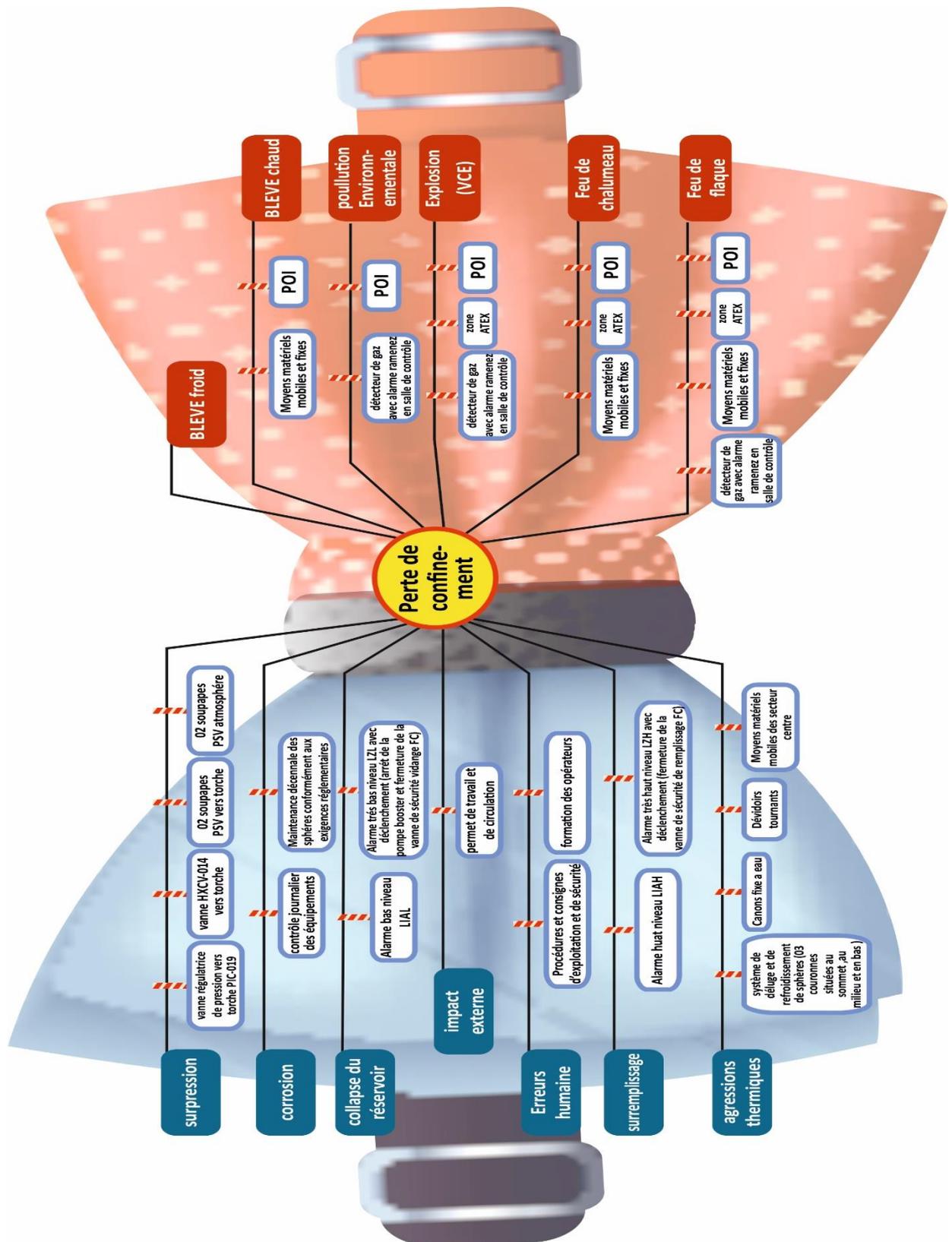


Figure 6. Nœud Papillon de la sphère Commentaires [3]

Commentaires :

Le niveau de risque de chaque phénomène dangereux identifié est évalué en fonction des fréquences d'occurrence des événements, des conséquences et des moyens de prévention et de protection en place, dont les résultats sont représentés ci- après. [3]

Tableau 14. Le niveau de risque des phénomènes dangereux [3]

N°	Phénomène dangereux	Fréquence(/an)	Indice de Gravité	Indice de probabilité
01	VCE	2.5E-06	G4	P1
02	BLEVE	7.7E-06	G4	P1
03	Boule de feu	5.4E-06	G4	P1
04	Feu de flaque	5.6E-05	G4	P1
05	Feu chalumeau	5.0E-05	G4	P1
06	Feu flash	7.2E-06	G3	P1

Le positionnement de ces phénomènes dangereux dans la matrice de risque du site révèle les niveaux de risque suivants. [3]

Gravité	1				
	2				
	3	06			
	4	01,02,0 3,04,05			
		1	2	3	4
		Probabilité			

Figure 7. La matrice de criticité 02 [3]

On observe ici que le phénomène BLEVE c'est le moins fréquent (7.7E-06) dont les conséquences sont les plus désastreuses [3].

Conclusion :

Partant de principes d'une politique de prévention des risques majeurs, Dont le plus important principe est celui de la réduction du risque à la Source (études de dangers EDD), nous avons effectué un survol d'une Étude de danger sur la zone de stockage de Hassi R'mel, dont le Phénomène dangereux le plus désastreux identifié au niveau du CSTF est celui du BLEVE (sphère de stockage de GPL)

Dans le cadre de cette étude, nous avons opté à l'application de la méthode de Nœud papillon, qui est, en fonction des objectifs attendus, la plus adaptée aux Accidents majeurs, comme modèle d'étude, de présentation et de maîtrise des risques Majeurs par l'approche barrières.

Afin d'évaluer l'ampleur des dégâts engendrés, d'une part, et de recommander des Mesures de prévention et de protection les plus efficaces pour bien gérer le risque de BLEVE sur le site de Hassi R'mel, d'autre part.

Conclusions

Générale :

Et

Recommandations

Conclusions et Recommandations

Les résultats obtenus dans notre étude montrent l'importance de l'utilisation de la méthode **HAZOP** et **NŒUD DE PAPILLON** dans la prédiction des scénarios catastrophique, et l'identification des causes possibles de ces scénarios, ce qui nous permettrait de préparer tous les moyens possibles pour éviter les accidents, ou—en cas d'urgence— de minimiser les conséquences éventuelles de tels accidents : dégâts humains et/ou matériel. Dans ce même contexte, nous avons discuté la possibilité d'adaptation d'une telle méthode au niveau de la station, et nous avons proposé quelques pistes d'amélioration.

Dans le cadre de cette amélioration, diverses actions ont été recommandées dans le présent mémoire. Les principales recommandations pouvant diminuer le niveau de risques sont reprises ci-après :

-S'assurer que les salles de contrôles, poste de garde et autres bâtiments à l'intérieur ou à proximité du site soit blast-proof et Fire-proof ; et le cas échéant, prendre les mesures nécessaires afin de mettre ces bâtiments à niveau .

Cette recommandation permettra aux personnes à l'intérieur des bâtiments d'avoir le temps de mettre en place les mesures d'interventions nécessaires en cas d'accident et de pouvoir évacuer de manière sécurisée si nécessaire. Il sera ainsi possible de diminuer la gravité d'importante de certains phénomènes d'explosion (VCE) ou d'incendie (Feu Chalumeau, feu de flaque, feu flash, boule de feu) .

-Prévoir l'installation de détecteurs de gaz et d'incendie combinés à un « Shutdown » général automatique des installations en cas d'alarme avec sectionnement et dépressurisation des équipements .

-Pour les unités de GPL, prévoir d'installer des détecteurs de gaz et d'incendie combinés à un « Shutdown » général automatique des installations en cas d'alarme avec sectionnement et dépressurisation des équipements ;

-Voir la possibilité d'installer un point bas vers une fosse déportée au niveau de la zone de rétention de la sphère de GPL pour éviter le feu sous la sphère et le BLEVE.

-Former les agents d'intervention sur le phénomène de BLEVE .

- Voir la pertinence de renforcer l'ignifugeage des supports de lignes dans la zone de rétention des sphères par une peinture retardatrice.
- Utilisation alarme de basse pression.
- Évolution les systèmes de refroidissement .
- L'inspection périodique .
- Utilisée les détecteurs plus efficaces .

Bibliographie

- [1] K. K. a. R. Batres, «An Ontological Approach to Represent HAZOP Information,» Process Systems Engineering Laboratory, Tokyo Institute of Technology,, Tokyo , TR-2003-01, April 2003.
- [2] «INRS, Institut National de Recherche et Sécurité Santé et sécurité au travail,» 1 06 2021. [En ligne]. Available: <https://www.inrs.fr/demarche/risques-industriels/definition-risque-industriel.html>.
- [3] C. Makhlouf, «Analyse des risques D'une unité de traitement de gaz MPP1,» 2009.
- [4] b. b. Ben outhmane mostafa, «analyse desrisques liés au système turbocompresseur,» sonatrach , 2007.
- [5] L. C. E. I. (IEC) 61882 , INTERNATIONAL STANDARD NORME INTERNATIONALE, Geneva, Switzerland, 2016.
- [6] G. A. e. K. AMMAR, «Etude de la sûreté de fonctionnement d'un procédé industrielle,» Ingénieur d'état,, promotion 2006.
- [7] «previnfo.net,» [En ligne]. Available: <https://www.previnfo.net/sections.php?op=viewarticle&artid=42>.
- [8] D. Walid et R. Rafik, «Aperçu générale du champ gazier de Hassi R'mel,» laghouat , : 2015/2016.
- [9] O. T. S. Salah eddine et D. Baghdadi, «Identification et caractérisation des effets dominos par l'application de la méthode MICADO (Méthode pour l'identification et la caractérisation des effets dominos),» ouregla, 2017-2018.
- [10] H. Mouaadh et H. Hefaidh, «PREVENTION DES RISQUES TECHNOLOGIQUES Proposition d'un Plan Général de Prévention Des Risques Majeurs (PGPRM) au sens de la loi n° 04-20 Cas SH/DP/HRM,» Constantine , 2011.
- [11] B. YANNART, «Etudes « Risk Assessment » des unités,» DET NORSKE VERITAS , 2009.
- [12] h. F. Frequencies, «for drawing up a safety report,» Flemish Government, LNE, 2009.
- [13] Handbook Failure Frequencies 2009, for drawing up a safety report, Flemish Government, LNE
- [14] Références expérimentales créées par DNV (Etude de Dangers Module 1N° Rapport EP002718 N° 6-7 HRM Centre Décembre 2010

Résumé

de

mémoire

Résumé de mémoire

Le stockage de produit liquéfier telle que le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) compagnie des accidents majeurs comme l'explosion qui cause des effets grave sur la santé humaine, l'installation et l'environnement, c'est pour ça les entreprises pétroliers donnent beaucoup d'importance aux mesures de sécurité. Le but principal de ce mémoire est d'étudier et d'investiguer les mesures de sécurité mise en place, à partir de l'analyse des effets de scénario d'accident majeurs en adoptant deux méthodes HAZOP et nœud papillon. L'application de ces deux derniers sur un sphère de stockage de GPL, permettent de trouver que le BLEVE est la conséquence la plus grave. Après connaitre ces résultats, nous ferons proposer des mesures de prévention, de protection et d'intervention afin de réduire l'ampleur des conséquences.

الملخص:

إن تخزين المواد المسالة مثل الغاز (غاز البترول المسال) تنتج عنه حوادث خطيرة مثل الانفجار الذي يسبب أضرار جسيمة على صحة الإنسان، العتاد والبيئة، لأجل ذلك الشركات البترولية تولي اهتماما كبيرا لمقاييس الأمن والسلامة والبيئة، الهدف الرئيسي من هاته المذكرة هو دراسة وتحقيق تدابير الأمن والسلامة المتخذة إنطلاقا من، من تحليل تأثيرات سيناريوهات الحوادث الكبرى من خلال اعتماد طريقتين HAZOP و nœud papillon. يتيح لنا تطبيق النوعين الأخيرين على مجال تخزين غاز البترول المسال أن نجد أن BLEVE هو أخطر نتيجة. بعد معرفة هذه النتائج، سنقترح تدابير وقائية وتدخلية لتقليل حجم العواقب.

ABSTRACT

The storage of liquefied products such as LPG (Liquefied Petroleum Gas) is a major accident hazard that causes serious effects on human health, the installation and the environment. This is why oil companies give a lot of importance to safety measures. The main purpose of this thesis is to study and investigate the safety measures put in place, from the analysis of the effects of major accident scenario by adopting two methods HAZOP and bowtie. The application of these two last ones on a sphere of storage of LPG, allow to find that the BLEVE is the most serious consequence. After knowing these results, we will propose prevention, protection and intervention measures to reduce the extent of the consequences.