

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE



Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme

D'Ingénieur d'état en QHSE-GRI

Intitulé

**Approche analytique de la gestion globale des risques
au sein de General Electric**

Etudié par : ABBAS Nazim

HAMITOUCHE Mohamed Issam

Proposé par : Mr BOUSBAI Badr Eddine Responsable EHS, General Electric.

Encadré par : Mr CHERGUI Abdelmalek MCA, Ecole Nationale Polytechnique.

Mr KERTOUS Aboubakeur Doctorant, Ecole Nationale Polytechnique.

Promotion 2015

10 ,Avenue des frères Ouadek. Hassen Badi. BP A82, 16200. Alger, ALGERIE.
www.enp.edu.dz

Remerciements

En préambule à ce mémoire, Nos remerciements s'adressent d'abord à ALLAH le tout puissant et à son prophète MOHAMED (paix et salut sur lui) pour les chances qui nous sont offertes pour réaliser ce travail

Nous souhaiterions adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Nos profonds remerciements s'adressent à nos encadreurs Monsieur CHERGUI Abdelmalek et KERTOUS Abdelkader, qui se sont toujours montrés disponible et à l'écoute tout au long de l'élaboration de ce mémoire, ainsi pour leurs conseils clairvoyants, l'inspiration, l'aide et le temps incommensurable qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans qui cette thèse n'aurait jamais vu le jour.

Nous adressons nos chaleureux remerciements à Mr BOUSBAI Badreddine responsable HSE au sein de General Electric, qui a su nous orienter par ses conseils tout au long de ce travail.

Nos remerciements s'adressent aussi à Mme HELLAL Amina professeur à l'ENP qui a bien voulu présider ce jury, à Mr BOUBAKEUR Mohamed et Mr LEGUEBEDJ Farid... D'avoir bien voulu examiner ce travail modeste

Nos remerciements s'adressent également à tous les employés d'ALGESCO (GE Oil & Gaz), pour leur générosité et leur grande patience dont ils ont su faire preuve.

Une pensée particulière est adressée aux étudiants et aux professeurs du département Qualité hygiène sécurité environnement et gestion des risques industriels que nous avons côtoyé quotidiennement durant nos années d'étude au département.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours soutenu et encouragé au cours de la réalisation de ce mémoire

À toutes ces personnes, nous présentons nos remerciements, notre respect et notre gratitude.

Dédicace :

Je dédie ce mémoire à :

· Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mon frère et mes sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

A la famille ABBAS et A BENINI.

Ils vont trouver ici l'expression de mes sentiments de respect et de reconnaissance pour le soutien qu'ils n'ont cessé de me porter.

A tous mes amis et mes collègues : Sami Rahim Mohamed El hachemiMahrez Fayçal Amine Samir

ManelNeilaNailaNawellmene et sans oublier mon binôme Issam.Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

A.nazim

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail à mes parents qui Grâce à leurs tendres encouragements et leurs grands sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études. Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon respect, ma considération et mes profonds sentiments envers eux. Je prie le bon Dieu de les bénir, de veiller sur eux, en espérant qu'ils seront toujours fiers de moi.

À mon frère qui n'a jamais cessé de me soutenir malgré la distance qu'il y a entre nous, je lui envoie l'expression de mon respect, amour et reconnaissance.

Aux personnes dont j'ai bien aimé la présence dans ce jour, à tous mes frères et mes sœurs, je dédie ce travail dont le grand plaisir leur revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements. Aux personnes qui m'ont toujours aidé et encouragé, qui étaient toujours à mes côtés, et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études supérieures, mes aimables amis, collègues d'étude, frères et sœurs de cœur, vous Zaka, Youcef, Mahrez, Imene, Elhachemi, Nawel Faycel, Naila, Amine, Neila, Sarah, Samir et Moh Raouf et Yasser sans oublier mon binôme Nazim et à tous ceux qui sont proches de mon cœur et dont je n'ai pas cité le nom car un livre entier n'aurait pas suffi.

Ils vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

H. mohamedissam

Résumé et mots clés

ملخص

تسيير المخاطر في الشركات أصبح تحديا كبيرا لضمان الاستدامة وحماية الأشخاص والممتلكات و الحفاظ على البيئة. الهدف من هذه الدراسة هو، أولا، تعريف المفاهيم وإدخال مصطلح التسيير الشامل للمخاطر عند الشركات بما في ذلك: تقييم المخاطر والسيطرة
ثانيا، هو تطبيق عملية تسيير المخاطر على نشاطات شديدة الخطورة لشركة جنرال إلكتريك بشكل عام وعلى وجه الخصوص Algesco. للقيام بذلك، استعملنا الأدوات و الوسائل الرئيسية المستخدمة لتحليل و تقييم المخاطر HAZOP ، شجرة الأعطال، كما اننا لجانا الى منهجية التقييم الشامل لنظام التسيير و وضع حلول تقنية للنقاط المسجلة

كلمات: تسيير المخاطر، تقييم وتحليل المخاطر، HAZOP، شجرة الأعطال، General Electric.

Résumé

La maîtrise des risques dans les entreprises devient un enjeu capital pour assurer la pérennité et la protection des hommes et des biens.

L'objectif de la présente étude est, dans un premier temps, de présenter les concepts à l'intersection de la problématique de la gestion globale des risques dans l'entreprise, en l'occurrence : l'évaluation des risques et la maîtrise globale de ces risques.

Dans un deuxième temps, il s'agit d'appliquer tout le processus de gestion des risques sur un procès hautement dangereux de General Electric en général et de Algesco en particulier et proposée des barrières de prévention et de protection technique et organisationnel.

Mots clés : Gestion des risques, Evaluation et analyse des risques, HAZOP, Arbre de défaillance, General Electric.

Abstract

Risk management in companies is becoming a major challenge to ensure the sustainability and protection of people and property. The objective of this study is, firstly, to introduce the concepts at the intersection of the problem of global risk management in the company, namely: risk assessment and mastery of those risks. Secondly, it is to apply the whole risk management process on a highly dangerous trial of General Electric in general and Algesco in particular. To do this, the main tools used are the risk analysis methodologies HAZOP, Fault Tree, Event and engineering treatment approaches ...

Keywords: Risk Management, Evaluation and Risk Analysis, HAZOP, Fault Tree, General Electric.

SOMMAIRE

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES ABBREVIATIONS

PARTIE1: PARTIE THÉORIQUE

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE :	3
CHAPITRE I : IMPORTANCE DE LA SECURITE DANS LES ENTREPRISES	4
I.1 INTRODUCTION :	4
I.2 LA NOTION DE RISQUE :	5
I.3. GESTION GLOBALE DES RISQUES :	6
<i>I.3.1.Introduction :</i>	6
<i>I.3.2.Concept fondamental de la GGR :</i>	6
<i>I.3.3.Processus de Gestion des risques :</i>	7
I.3.3.1. Identification des risques :.....	7
I.3.3.2. Analyse des risques :.....	7
I.3.3.2.1 Développement de réseaux de cause à effet pour les risques identifiés :	7
I.3.3.2.2 Collecte de données :	8
I.3.3.2.3 Quantification et Qualification des risques	8
I.3.3.2.4 Compiler une liste des risques quantifiés	8
I.3.3.3. Evaluation des risques :.....	9
I.3.3.4. Traitement des risques :	9
I.3.3.5. Maîtrise des risques	10
<i>I.3.4.Gestion de la cartographie des risques</i>	11
<i>I.3.5.Suivi et révision :</i>	12
I.4CONCLUSION :	14
CHAPITRE II : OUTILS D'ANALYSE DES RISQUES :	19
<i>II.1. Introduction :</i>	16
<i>II.2.HAZOP :</i>	17
<i>II.3. Méthodologie du nœud papillon :</i>	22
<i>II.4. Conclusion :</i>	25
PARTIE 2 :	26
APPLICATION AU NIVEAU DE GENERAL ELECTRIC (ALGESCO)	26
INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE :	26
PROBLEMATIQUE :	27
CHAPITRE III : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE GENERAL ELECTRIC	28
<i>III.1. Introduction :</i>	28
<i>III.2. General Electric</i>	29
III.2.1 Introduction de l'entreprise :	29
III.2.2. Les différentes infrastructures :	30

SOMMAIRE

III.2.2.1 GE Energy Infrastructure :	30
III.2.2.2 GE Technology Infrastructure :	31
III.2.2.3. GE Capital :	32
III.2.2.4. GE Consumer & Industrial :	32
III.3. General Electric Algérie:.....	33
III.3.1. Présentation d'ALGESCO :(Algérien Engineering Services Company)	33
III.3.2. Algesco Capacités Locales :	34
III.3.2.1. Service maintenance :	34
III.3.2.2. Service réparation :	35
III.3.2.3. Algesco _Technologies & Expertise :	35
III.3.2.4. Assistance Technique :	35
III.3.2.5. Centre Local RM&D dédié à l'Algérie :	35
III.3.2.6. Centre de Formation :	35

CHAPITRE IV : EVALUATION DE LA PERFORMANCE DE SYSTEME DE MANAGEMENT SECURITE D'ALGESCO..... 36

IV.1. Introduction :	36
IV.2. Relation entre le document unique et le système de management sécurité	37
IV.3. Relation entre système de management sécurité et l'OHSAS 18001 :	37
IV.4. De l'OHSAS a un système de classe mondiale (ISRS) :	38
IV.5. Système de management ISRS :	39
IV.6. Du système de classe mondiale au système propre à GE le FRAMWORK 2.0 :	40
IV.6.1. Introduction :	40
IV.6.2. Propriété opérationnelle :	40
IV.6.3 Indicateur de performance EHS	41
IV.7. Les systèmes EHS de GE :	41
IV.7.1. Nouveau programme d'audit EHS.....	41
IV.7.2. Nouveau FRAMWORK EHS.....	41
IV.7.3. Les type d'organisation gérées par le FRAMWORK 2 .0 :	42
IV.8. Eléments du FRAMWORK 2.0 :	42
IV.9. construction de la section des dangers et des lignes de Défense :	43
IV.10. Système de management FRAMWORK 2.0 :	44
IV.11. Audit interne du système de management :	45
IV.12. Conclusion :	62

CHAPITRE V : ETUDE DE SURETE DE FONCTIONNEMENT SUR LES SILOS DE STOCKAGE DES GAZ..... 63

V.1. Introduction :	63
V.2. Schéma du système :	64
V.3. Les critères de choix des méthodes :	66
V.4. Application du HAZOP :	66
V.5. Interprétation des résultats du HAZOP :	73
V.6. Arbre de défaillance :	75
V.6.1. Réduction de l'arbre de défaillance :	77
V.6.2. Simplification:	78
V.6.3. Nouvelle Arbre de défaillance :	79
V.6.4. Tableaux des PFD	80
V.6.5. Les nouvelles simplifications :	81
V.7. Arbre d'événement :	82
V.8. Conclusion :	87

CHAPITRE VI : ETUDE TECHNIQUE SUR LES BARRIERES DE SECURITE 88

VI.1. Introduction :	88
VI.2. Système de régulation de pression avec vanne pneumatique comme actionneur ...	93
VI.2.1. Généralité sur les vannes :	89
VI.2.2. Éléments constituant la vanne de réglage	90
VI.2.3. Modélisation de la vanne pneumatique :	91

SOMMAIRE

VI.2.4. Régulation :	93
VI.3. Réseau anti-incendie:	94
VI.3.1 Introduction.....	95
VI.3.2. Généralité sur la mécanique des fluides :	98
VI.3.3. Caractéristiques de la pompe :	99
VI.3.4. Calcul de la hauteur manométrique d'une conduite de 0,075m de diamètre :	99
VI.3.5. Calcul de la hauteur manométrique d'une conduite de 0,09m de diamètre :	100
VI.3.6. Calcul de la hauteur manométrique d'une conduite de 0,1m de diamètre :	101
VI.3.7. Calcul de la hauteur manométrique d'une conduite de 0,125m de diamètre :	101
VI.3.8. Estimation économique :	101
VI.3.9. Calcul des HMT.....	102
VI.3.10. Point de fonctionnement de la pompe :	103
VI.3.11. Dimensionnement du réservoir :	104
VI.4. Elaboration d'une analyse de la sécurité au poste de travail (JSA)	102
VI.4.1. Introduction.....	103
VI.4.2. JSA (Analyse de la sécurité des tâches)	107
VI.4.3. Les avantages du JSA :.....	107
VI.4.4. Les étapes du JSA :.....	108
VI.5. Conclusion :	114

CONCLUSION GENERALE	115
----------------------------------	------------

BIBLIOGRAPHIE

Liste des figures

Fig. I. 1 Evaluation du risque en fonction de la probabilité et de la gravité.....	17
Fig. I. 2 Logigramme de quantification et de qualification des risques.	26
Fig. I. 3 Tableau de bord de la GGR (avant/après plan de maitrise).....	26
Fig. II. 1 Schéma d'un nœud papillon.....	35
Fig. IV. 1 Relation entre le document unique et le SMS	50
Fig. IV. 2 corrélation entre le SMS et l'OSHAS 18001	51
Fig. IV. 3 les fondamentaux de l'ISRS	53
Fig. IV. 4 Résultats de l'audit	59
Fig. V. 1 Schéma de silo.....	77
Fig. V. 2 La grille de criticité	79
Fig. V. 3 les résultats de l'HAZOP	83
Fig. V. 4 l'arbre de défaillance	86
Fig. V. 5 Arbre d'événement	91
Fig. VI. 1 les Types de vannes.....	96
Fig. VI. 2 Les éléments de la vanne	97
Fig. VI. 3 Modélisation de la vanne pneumatique	98
Fig. VI. 4 Schéma SIMULINK en boucle fermée	102
Fig. VI. 5 Simulation du système après perturbation.	103
Fig. VI. 6 La courbe caractéristique de la pompe	106
Fig. VI. 7 Les points de fonctionnement de la pompe pour différentes canalisations	109
Fig. VI. 8 Plan de réseau anti-incendie	110

Liste des tableaux

Tableau I. 1 Sélection de définitions du risque, adaptée de Shashank Rao and Thomas .	15
Tableau I. 2 Récapitulation des définitions du risque.....	16
Tableau II. 1 Exemple de tableau pour l’HAZOP.....	30
Tableau II. 2 Exemple de mot-clé pour l’HAZOP (norme CEI :61882).....	31
Tableau II. 3 Définition des événements composant un nœud papillon.....	34
Tableau III. 1 Information générale sur ALGESCO	46
Tableau IV. 1 Exemple sur les Niveaux de question	57
Tableau IV. 2 Les résultats de l’audit	59
Tableau V. 1 Les résultats de l’HAZOP.....	80
Tableau V. 2 Les valeurs de PFD pour l’arbre de défaillance	89
Tableau V. 3 les valeur des PFD des barrières de sécurité 7	92
Tableau VI. 1 les recommandations proposées pour les écarts identifiés	60
Tableau VI. 2 Les valeurs du SIL	98
Tableau VI. 3 les valeurs caractéristiques de la pompe.....	105
Tableau VI. 4 Les hauteurs manométriques pour un DN75.....	106
Tableau VI. 5 Les hauteurs manométriques pour un DN90.....	106
Tableau VI. 6 Les hauteurs manométriques pour un DN100.....	107
Tableau VI. 7 Les hauteurs manométriques pour un DN125.....	107
Tableau VI. 8 les pertes de charge singulière	107
Tableau VI. 9 Les coûts de la canalisation.....	108
Tableau VI. 10 les hauteurs manométriques en fonctions de débit pour chaque diamètre	108

LISTE DES ABREVIATIONS

Liste des abréviations

ADD : Arbre De Défaillance

ADE : Arbred'Evènement

ALGESCO : Algerian Engineering Services Company

AMDEC : Analyse des Mode de Défaillance et de ces Criticités

APR : Analyse Préliminaire des Risques

ATS : Action Tracking System

BS :British Standard

CA : Chiffred'affaire

CCPS : Center for Chemical Process Safety

CEI : Commission Electrotechnique Internationale

CFTH :CompagnieFrançaise Thomson-Houston

Dec : Diamètre économique de la conduite

Dh : Perte de charge

Dh total : Perte de charge totale

DM : Dommages

DNV :DetNorske Veritas

DR : Disque de Rupture

DW :DistributedWorkforces

EB : Evénement de Base

EHS : EnvironmentHealthSafety

EI : Evénement Intermédiaire

ENS : Evénement Non Souhaité

ER : Evénement Redouté

ERC : Evénement Redouté Central

ERS : Evénement Redouté Secondaire

F : Force

Fc :Fréquence

FDS : Fiche de Données Sécurité

FF :Fixed Facilities

LISTE DES ABBREVIATIONS

FIE :Fréquence

FMEA : Failure Mode Effects Analysis

GE : General Electric

GECAS : General Electric Commercial Aviation Services

GEMS : General Electric Medical System

GGR : Gestion Global des Risques

H : Hauteur

HAZOP :Hazard and Operability

HHP : High Hazardous Process

HMT : Hauteur Manométrique

HRM :HassiR'mel

ICI : Imperial Chemical Industries

ISO :International Organization for Standardization

ISRS :International Safety Rating System

LI : Indicateur de Niveau

LOTO : Log Out Tag Out

M : Masse

MOC : Management Of Change

N : Nombre des poteaux anti-incendie

OHSAS :Occupational Health and Safety Advisory Services

P&ID :Piping and Instrumentation Diagram

Pa : Pression de consigne

PFD :ProbabilityFailed to Demand

PHA :ProcessHazard Analyses

PI : Indicateur de Pression

PID : Proportionnel Intégral Dérivé

PSSR :Pre-Startup Safetyreview

Q : Débit

Re : Reynolds

SDM :Strength of Defence Matrix

LISTE DES ABREVIATIONS

SH : SONATRACH

SIL: Safety Integrity Level

SST : Santé Sécurité au Travail

SMS : Système de Management de Sécurité

SWIFT : Structured What-IF Technique

SZ : SONALGAZ

t : temps

TMS : Trouble Musculo-Squelettique

UIC : Union des Industries Chimiques

US:United States

USD: United States Dollar

V : Vanne

V' : Volume

VR : Vanne de Régulation

VS : Vanne de Sécurité

X : déplacement de la tige

λ : coefficient de perte de charge linéaire.

Introduction générale :

Pour l'industrie moderne la maîtrise des accidents, majeurs ou mineurs, est devenue une constante non négociable de la gestion et ce, pour les conséquences directes indirectes ou même catastrophiques qu'elles peuvent engendrer sur les biens, les personnes ou l'environnement. Pour cela des moyens et des efforts considérables ont été fournis en matière de gestion des risques, afin de prévenir ces accidents.

Toutes les activités d'une entreprise comprennent des risques. Une des démarches que l'entreprise doit réaliser pour une bonne gestion des risques, consiste d'une part, à une identification et caractérisation des dangers et d'autre part, à une analyse et à une évaluation des risques, pour enfin, aboutir à la mise en œuvre d'un plan d'actions prioritaires, visant à réduire la criticité des risques au niveau le plus faible jugé raisonnable à atteindre.

Durant ces dernières années, plusieurs techniques et outils de prévision des risques ont été développés, et qui demeurent indispensables et nécessaires pour une bonne évaluation et maîtrise des risques, l'approche consiste principalement à identifier les scénarios d'accidents potentiels, en estimant leurs fréquences et analyser leurs conséquences, moyennant des méthodes d'analyse des risques (HAZOP, Arbre des Causes, Arbre des Evénements, ...)

La finalité étant d'estimer le risque et l'évaluer, afin qu'en puisse appliquer les mesures qui répondent convenablement à cette estimation.

Dans ce travail, il s'agit, dans une première étape, de définir les concepts clés de la gestion globale des risques, et l'ensemble des outils et techniques que les entreprises mettent en place pour une gestion collective ou individuelle des risques. Dans une deuxième étape, déterminer la problématique de la gestion globale des risques illustrée par un cas pratique au niveau de l'entreprise ALGESCO (GE Oil&Gas).

Notre travail est divisé en deux parties :

La première partie est consacrée à la définition du contexte théorique de la problématique de gestion des risques. Elle est composée de quatre chapitres à savoir :

Chapitre 1, une revue de la littérature portant sur les notions relatives à la gestion globale des risques, En suite nous enchaînerons par la définition de la gestion globale des risques comme concept avec un bref aperçu de son évolution.

Chapitre 2, présentation des principaux outils et méthodes d'analyse des risques, utilisés dans les études de sûreté de fonctionnement, sur les équipements d'un système donné et plus particulièrement la méthode HAZOP.

Chapitre 3, présentation de la société Général Electric, ainsi que la société ALGESCO.

Chapitre 4, présentation de l'audit réalisé au sein d'ALGESCO, pour évaluer la performance du système de management de sécurité, et établir une étude comparative entre le niveau d'exigence de EHS Framework (standard interne au GE) et les référentiels internationaux tels que ISRS et OSHAS.

La deuxième partie est composée de deux chapitres, à savoir :

Chapitre 5, élaboration d'une étude de sureté de fonctionnement, sur un système qui présente un risque potentiel majeur, qui peut engendrer des pertes considérables pour le personnel et les équipements. Dans cette partie nous avons identifié les scénarios accidentels les plus dangereux, par l'utilisation des outils et des méthodes d'analyse des risques.

Chapitre 6, élaboration et proposition de deux études techniques des barrières de sécurité. La première il s'agit-là d'un modèle de système de régulation de pression avec vanne pneumatique comme actionneur, qui sert à maitriser tous risque d'éclatement, et répond parfaitement à notre système. La deuxième étude consiste au redimensionnement du réseau anti-incendie avec l'élaboration d'un JSA.

Partie1:

Partiethéorique

" Let knowledge come to us from all universe "

Vedas

Introduction de la première partie :

Dans cette première partie, il s'agit de présenter, dans une première étape, tous les concepts relatifs à la problématique de gestion globale des risques dans une entreprise, en l'occurrence les concepts système de management HSE, gestion des risques industriels et professionnel et son processus ainsi que le système de management spécifique à General Electric.

Dans une deuxième étape, nous allons expliciter quelques outils et méthodes, conçus ou adaptés à la gestion des risques industriels ou professionnels d'une part, La mise en place des outils d'analyse de risque, d'une façon conjointe ou individuelle d'autre part.

CHAPITRE I : Importance de la sécurité dans les entreprises

I.1 Introduction :

Ce chapitre a pour but d'éclaircir les notions de gestion des risques, ou en d'autres termes, la gestion globale de risque et d'éclaircir notamment deux termes importants dans la littérature qui sont la notion de danger et la notion de risque,

Nous entamerons par la suite avec le concept et les fondamentaux de la gestion globale de risques, dont nous allons présenter la définition, ainsi qu'un bref aperçu de son évolution.

I.2 La notion de risque :

Le « **danger** » est une situation, une condition ou une pratique qui comporte en elle-même un potentiel à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement.

SITKIN et PABLO (1992) ont défini le risque comme « la mesure dans laquelle il existe une incertitude que les résultats de décision potentiellement importants et/ou décevants vont se réaliser ». Le risque est défini comme étant la « Probabilité qu'un événement nuisible particulier apparaisse durant une période de temps donnée, ou qu'il résulte d'un défi particulier ». **The Royal Society**

Le tableau I-1 donne quelques définitions du risque

Tableau I. 1Récapitulation des définitions du risque, BEN KAHLA – Touil (2011)

Auteur (s), année	Définition
Rowe (1980)	Est le potentiel de conséquences négatives indésirables qui résulte d'un événement ou d'une activité.
Lowrance (1980)	Est une mesure de la probabilité et de la gravité des effets indésirables.
March and Shapira (1987)	Se réfère aux variations négatives dans l'aboutissement du business comme les revenus, coûts, profits, etc.
Yates and Stone (1992)	Est un concept intrinsèque subjectif qui traite de la possibilité d'une perte.
Chiles and Mackin (1996)	Se réfère à la possibilité d'une perte.
Kervern, (1995)	Un événement dont l'apparition n'est pas certaine et dont la manifestation est susceptible d'engendrer des dommages significatifs sur un programme entraînant la baisse des performances du système ou l'augmentation des coûts de maintien en conditions opérationnelles.
Aloui S., (2007)	L'exposition (d'une personne ou d'un bien) à un danger potentiel, inhérent à une situation ou à une activité.
Xu J., (2008)	lié à l'incertitude des résultats, la probabilité de perte et de non détection.

Le risque est la composante de deux paramètres : la « **gravité** » et la « **probabilité** ».

Plus la gravité et la probabilité d'un événement sont élevées, plus le risque est élevé.

La gestion du risque consiste, à prendre toutes les dispositions possibles pour minimiser le risque...

Dans le cas où nous ne pouvons pas supprimer le danger on peut toutefois maîtriser ou réduire un risque à un niveau acceptable en agissant sur les deux paramètres suivants :

Réduction de la gravité : Effectuer une action de protection.

Réduction de la probabilité : Faire une action de prévention.

L'évaluation du risque en fonction de la probabilité et de la gravité est donnée par la figure I.1.

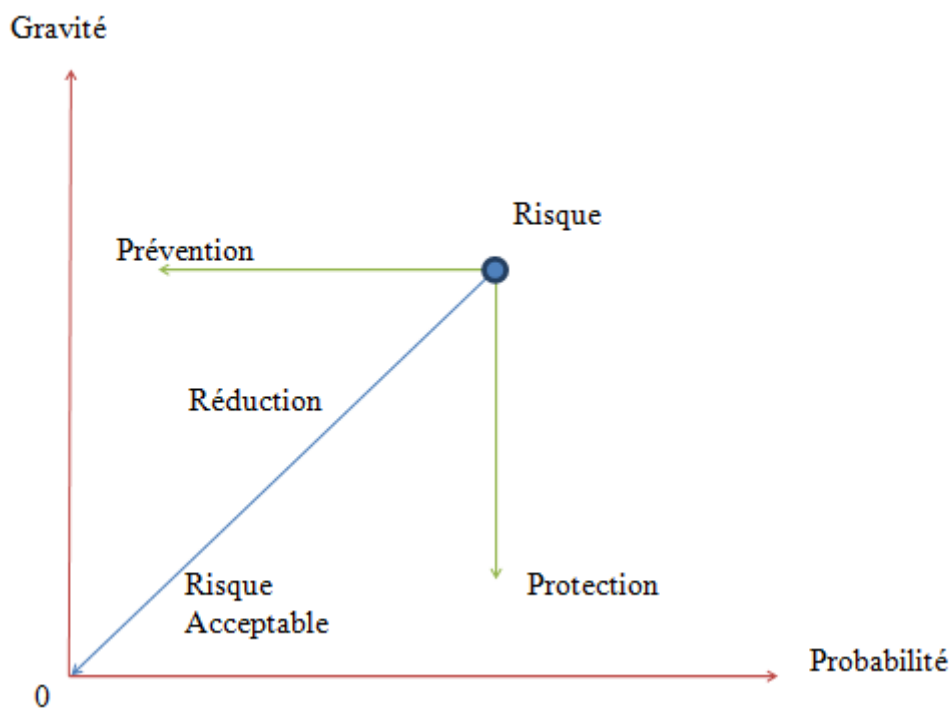


Fig. I. 1 Evaluation du risque en fonction de la probabilité et de la gravité

I.3. Gestion Globale des risques :

I.3.1. Introduction :

L'objectif de la **GGR** n'est pas d'éviter les risques, mais de savoir quels risques valent la peine d'être pris.

I.3.2. Concept fondamental de la GGR :

Les organisations de tous types et de toutes tailles sont confrontées à divers risques susceptibles d'affecter l'atteinte de leurs objectifs.

Toute activité d'un organisme implique des risques. Le management du risque apporte une aide à la prise de décision par la prise en compte de l'incertitude et de son effet sur l'atteinte des objectifs, et à l'évaluation de la nécessité de chaque action. La même approche de management du risque peut être adoptée pour toutes les activités d'un organisme, y compris les projets, les fonctions spécifiques, les actifs et les produits ou activités.

I.3.3. Processus de Gestion des risques :

I.3.3.1. Identification des risques :

Le risque naît à la rencontre d'un danger et d'une source d'exposition.

L'identification des risques commence par une cartographie des processus dans laquelle sont précisées les entrées et les sorties, la contribution aux objectifs fondamentaux de l'organisation et les ressources utilisées.

Une fois ces processus identifiés, le diagnostic sera conduit selon deux axes complémentaires : les processus, d'une part, et les installations, d'autre part.

Le premier permet d'identifier les insuffisances ou les dysfonctionnements de l'organisation. Le second cible les failles dans la conception, l'adéquation, l'opération, l'entretien ou la maintenance des installations.

L'objectif de l'identification des risques est d'établir une liste détaillée des risques. Pendant cette phase, les principaux risques sont identifiés et décrits dans un catalogue des risques. (ISO 31000, 2009)

I.3.3.2. Analyse des risques :

Les risques identifiés à l'étape précédente sont évalués non seulement pour les hiérarchiser en termes de criticité mais aussi, pour comprendre la relation entre différents aspects des risques, tels que la vérification des interdépendances entre les risques.

Le processus d'analyse des risques comprend les étapes suivantes :

I.3.3.2.1 Développement de réseaux de cause à effet pour les risques identifiés :

Le but de la création de réseaux de cause à effet pour les risques identifiés est double : dans un premier temps, il permet l'exploration systématique et l'identification des causes profondes des risques identifiés au préalable, il permet aussi, dans un second temps, d'agrèger les risques identifiés dans une structure globale de causalité, ce qui permet la simplification et une amélioration de la transparence par l'agrégation d'un certain nombre de risques dans un réseau global de risques.

I.3.3.2.2 Collecte de données :

Dans l'étape de collecte de données pour la quantification des risques (probabilité et impact, ou distribution de probabilité), les données pertinentes pour quantifier les risques sont recueillies. Cela peut se faire de différentes façons et avec différents niveaux de précision et de détail. La compréhension qualitative du risque à l'étape précédente permet une prise de décision éclairée sur la précision qui est nécessaire à la quantification, et par conséquent la quantité et la précision des données nécessaires.

I.3.3.2.3 Quantification et Qualification des risques

Dans cette étape, les risques sont quantifiés selon les indications fournies par les parties prenantes et avec des méthodes appropriées selon le niveau de détail attendu et la fiabilité de l'évaluation. Il existe deux approches principales pour l'évaluation des risques. Une approche qualitative et une autre quantitative. La figure I.2 explique le logigramme de quantification et de qualification des risques.

Dans l'approche qualitative, il y a lieu de tenir compte de différents facteurs tels que :

- Une description qualitative du risque ainsi que sa nature.
- Les conséquences de l'occurrence du risque (avec une description qualitative du potentiel des pertes ou des gains).
- La probabilité d'occurrence (il s'agit de donner un point de vue subjectif sur le fait de savoir si le risque se matérialise ou pas).

Les mesures n'ont généralement pas de valeur numérique et ne sont pas toujours pour la gestion des risques et ce, comparées à l'approche quantitative. Ce pendant et d'après les avis des experts, les méthodes qualitatives sont utilisées en cas d'absence de donnée quantitative.

A la différence de la méthode AMDEC qui se base sur trois facteurs Les approches quantitatives sont basées sur deux facteurs qui sont :

La probabilité d'occurrences de risque et ;

L'impact du risque.

Ainsi, par définition, $\text{Risque} = \text{Probabilité} \times \text{impact}$

I.3.3.2.4 Compiler une liste des risques quantifiés

Cette phase consiste en la tenue d'un catalogue des risques avec une mise à jour par des informations quantitatives. Les informations recueillies de la phase de quantification ajoutées au catalogue des risques devrait inclure :

- La quantification des risques
- Les méthodes par lesquelles ont été obtenues les quantifications

- Les données sur lesquelles la quantification a été basée
- La déclaration concernant la fiabilité de la précision de l'évaluation des risques (l'évaluation de la précision doit dépendre de la sévérité du risque).

I.3.3.3. **Evaluation des risques :**

L'évaluation des risques comprend les étapes suivantes :

Comparaison quantitative des risques avec des seuils prédéfinis :

Dans cette étape, le degré de risque déterminé lors de l'analyse des risques est comparé aux seuils d'acceptation. La décision sur l'acceptabilité des risques ne dépend pas seulement des nombres générés mais aussi, d'une évaluation attentive du contexte des risques et des facteurs qui n'ont pas été pris en compte par les modèles de quantification.

Classement des risques :

Les risques sont ensuite mis en rang selon la priorité qui leur a été assignée. Le classement des risques peut être divisé selon les zones de responsabilité.

Sélection des risques pour le traitement et la ré- analyse :

La sélection des risques pour le traitement doit impliquer les parties prenantes ainsi que, les personnes pour qui la responsabilité du traitement sera probablement affectée. Les décideurs peuvent également découvrir lors de cette étape, que les informations actuelles sur les risques sont insuffisantes.

Compilation de la liste des risques pour le traitement

Dans cette étape, le catalogue des risques est mis à jour avec des informations sur les risques qui ont été sélectionnés pour le traitement. Ces informations devraient inclure :

- L'identification des risques pour le traitement
- La réduction prévue des risques
- Le coût prévu ou l'effort de réduction des risques

I.3.3.4. **Traitement des risques :**

Cette phase englobe toutes les activités qui sont concernées par, la sélection et l'exécution de mesures de traitement des risques supérieurs aux seuils. Elle comporte les étapes suivantes :

I.3.3.4.1. Analyse du niveau de gestion et les actions possibles

Dans cette étape, des options de traitement alternatives pour réduire les risques sont identifiées. Cette étape peut être éclairée par une analyse de la cause fondamentale du risque afin

de démontrer les points d'intervention possibles, en cas d'occurrence du risque, ou par la description de son impact, afin de déterminer les possibilités de minimisation de ses dommages. Quelques stratégies de gestion des risques sont énumérées ci- dessous : (**Darsa, 2013**)

- ✓ Stratégie d'évitement.
- ✓ Stratégie de contournement.
- ✓ Stratégie d'acceptation.
- ✓ Stratégie d'élimination.
- ✓ Stratégie d'acceptation avec réduction.
- ✓ Stratégie de transfert.

I.3.3.5. Maîtrise des risques

Les risques étant identifiés, puis quantifiés et qualifiés, il reste à envisager de les maîtriser.

Maîtriser un risque, ce n'est pas l'éliminer à tout prix, mais l'ramener économiquement à un niveau, qui soit accepté par l'ensemble des parties prenantes et des parties intéressées.

C'est prendre si nécessaire, des dispositions permettant de le réduire, en agissant sur sa probabilité d'occurrence (prévention) ou, sur une ou plusieurs composantes de sa gravité (protection). **BARTHELEMY, B (2013)**.

La première question que l'on doit se poser est de savoir si le risque est acceptable en l'état, compte tenu de sa criticité ou des efforts à engager pour le maîtriser davantage. Pour cela, le management de l'organisation définira une matrice d'acceptabilité.

Cette grille doit être validée au plus haut niveau de l'organisation, car elle décide des priorités dans le programme de maîtrise des risques donc, des coûts qui y sont associés, puisqu'à chaque zone de la matrice, correspond une stratégie de maîtrise.

Il sera prudent d'attendre la fin du recensement et de la hiérarchisation des risques pour construire la matrice d'acceptabilité, afin d'éviter que le nombre de risques inacceptables ne soit pas compatible avec les moyens financiers de l'organisation. On adoptera avec sagesse une démarche de progrès faisant croître graduellement la zone de risques inacceptables.

Pour traiter ses risques, l'organisation dispose d'une boîte à outils contenant des instruments de quatre types :

- Outils d'organisation et de management :

De prévention, par exemple des procédures opératoires, des consignes de sécurité, l'externalisation de certaines fonctions, la formation redondante,

De protection, tels que des plans de sauvegarde ou de survie, des fournisseurs redondants ;

- Outils technique :

De prévention, tels que des détecteurs, des équipements de sécurité, des contrôles d'accès,

De protection, tels que des murs coupe-feu, des stockages cloisonnés, des équipements de protection individuels, des sauvegardes informatiques, des stocks de pièces détachées ou de produits finis, la partition des moyens, voire leur duplication (exemple : back-up informatique) ;

- Outils juridiques :

Des clauses contractuelles de limitation de responsabilités.

Des contrats de travail.

- Financement :

Des provisions pour risques,

Un crédit conditionnel,

Des rétentions,

- des assurances.

I.3.4. Gestion de la cartographie des risques

Les scénarios à risques sont établis sur la base d'entretiens avec les dirigeants et les opérationnels, la trame des entretiens étant la formalisation des processus concernés, Ainsi, de nombreux scénarios sont-ils identifiés, de criticité très variable. Il est fondamental de ne pas faire de sélection a priori : tous les scénarios doivent être gardés. On se retrouve donc rapidement avec plusieurs centaines de scénarios. Voir Figure I.3

Par ailleurs, la cartographie doit vivre. Les opérationnels doivent l'amender et l'alimenter en permanence, valider les actions faites et modifier en conséquence, la criticité des risques concernés, en créer de nouvelles. **BARTHELEMY, B. (2013).**

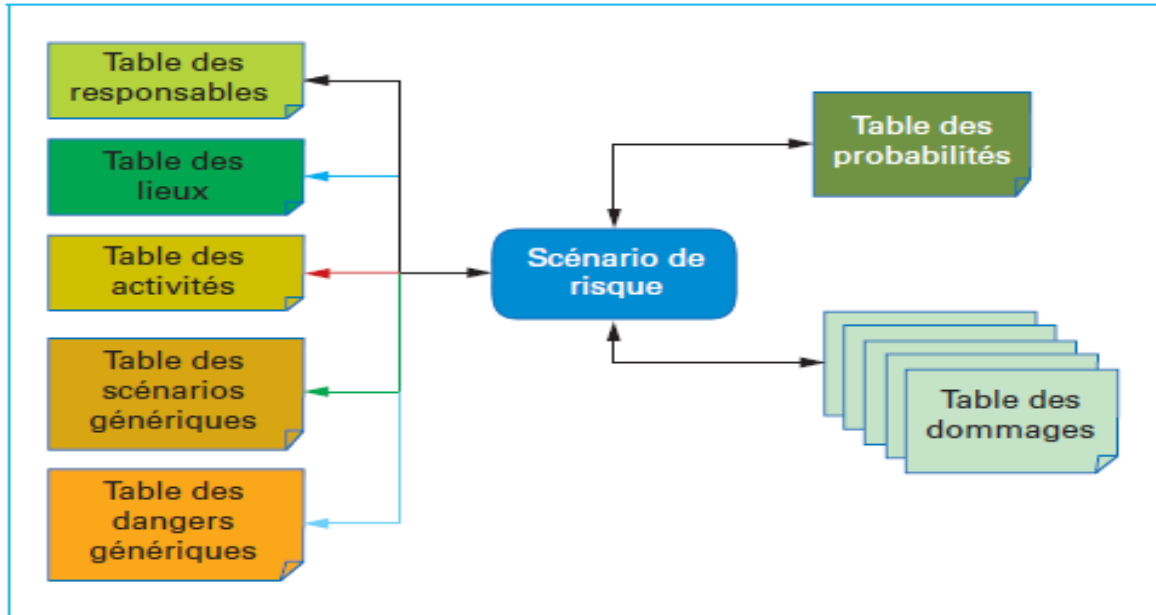


Figure. I. 2 Logigramme de quantification et de qualification des risques.

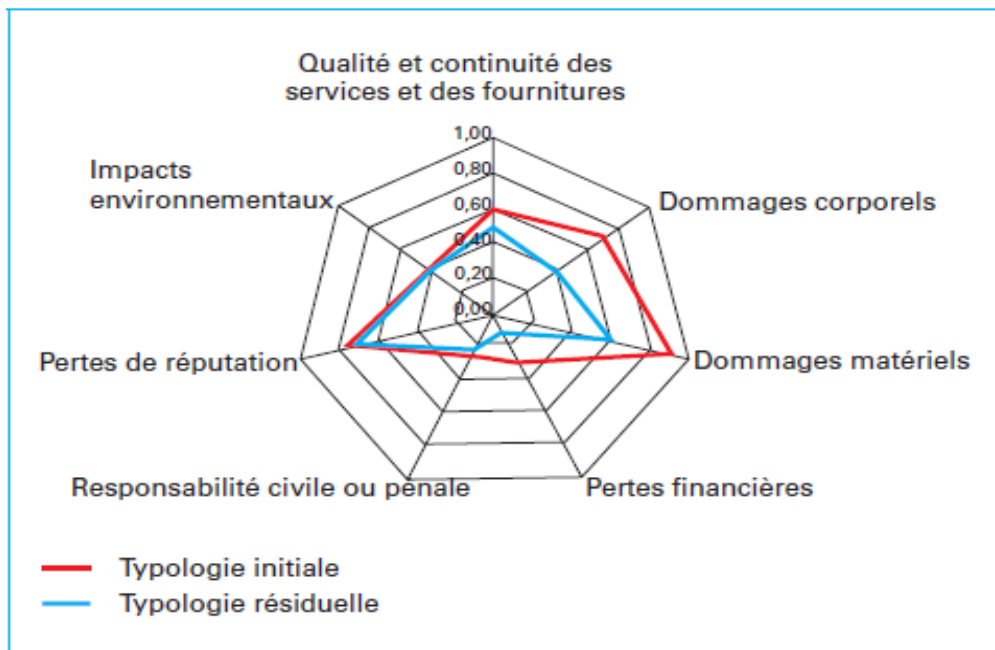


Figure. I. 3 Tableau de bord de la GGR (avant/après plan de maîtrise)

I.3.5. Suivi et révision :

Le processus de suivi et de révision a pour rôle de superviser à la fois la situation de risque de l'organisation, ainsi que l'exécution du processus de gestion du risque lui-même. Il comporte quatre parties.

- Suivi de la situation de risque.
- Révision de l'exécution du processus de gestion des risques.
- Mise en œuvre du suivi des actions de traitement des risques.
- Déclenchement et suivi des actions correctives.

I.4 Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de comprendre les notions du risque et de gestion globale des risques de voir leur évolution ainsi que, de présenter un recueil des principales définitions de ces dernières.

Le chapitre suivant portera sur les outils principaux dans l'analyse des risques.

CHAPITRE II : Outils d'analyse des risques :

II.1. Introduction :

« Un scénario d'accident » correspond, selon **IDDIR.O(2008)** à un enchaînement d'événement de base, aboutissant à un événement redouté, conduisant lui-même à des conséquences lourdes ou effets majeurs.

Le choix des méthodes et outils dans l'analyse des risques, ce fait en fonction du domaine d'activités de l'entreprise et de la situation à la quelle elle est confrontée.

II.2.HAZOP :

II.2.1. HISTORIQUE ET DOMAINE D'APPLICATION :

La méthode HAZOP, pour **HAZardOperability**, a été développée par la société Imperial 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 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». **KNOWLTON, (1981)**

Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier leurs causes et leurs conséquences,

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 P&ID (Piping and Instrumentation Diagram).

(ROYER.M(2009))

II.2.2. PRINCIPE :

L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais, les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur l'installation, à la différence, de l'AMDE qui est centrée sur les composants.

Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction :

- de **mots-clés** comme par exemple « Pas de », « Plus de », « Moins de », « Trop de »
- des **paramètres** associés au système étudié. Des paramètres couramment rencontrés concernent la température, la pression, le débit, la concentration, mais également le temps ou des opérations à effectuer.

Mot-clé + Paramètre = Dérive

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter

cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets. Le cas échéant, le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité.

A l'origine, l'HAZOP n'a pas été prévue pour procéder à une estimation de la probabilité d'occurrence des dérives ou de la gravité de leurs conséquences. Cet outil est donc parfois qualifié de qualitatif.

Néanmoins, dans le domaine des risques accidentels majeurs, une estimation a priori de la probabilité et de la gravité des conséquences des dérives identifiées, s'avère souvent nécessaire. Dans ce contexte, l'HAZOP doit donc être complétée par une analyse de la criticité des risques, sur les bases d'une technique quantitative simplifiée. Dans une première approche, une démarche semi-quantitative similaire pourra être retenue.

Cette adaptation semi-quantitative de l'HAZOP est d'ailleurs mentionnée dans la norme **CEI : 61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application ».Année (2009)**

II.2.3. DEROULEMENT :

Le déroulement d'une étude HAZOP est sensiblement similaire à celui d'une AMDE. Il convient pour mener l'analyse de suivre les étapes suivantes :

- 1) Dans un premier temps, choisir une **ligne ou de la maille**. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifiée au cours de la description fonctionnelle.
- 2) Choisir un **paramètre de fonctionnement**,
- 3) Retenir un **mot-clé** et générer une **dérive**,
- 4) Vérifier que **la dérive est crédible**. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3,
- 5) Identifier les **causes et les conséquences potentielles** de cette dérive,
- 6) Examiner les **moyens** visant à **détecter** cette dérive ainsi que ceux prévus pour en **prévenir l'occurrence ou en limiter les effets**,
- 7) Proposer, le cas échéant, des **recommandations** et améliorations,
- 8) Retenir un **nouveau mot-clé** pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3),
- 9) Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un **nouveau paramètre** et reprendre l'analyse au point 2),

10) Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, **retenir une nouvelle ligne** et reprendre l'analyse au point 1).

Notons de plus que, dans le domaine des risques accidentels, il est souvent nécessaire de procéder à une estimation de la criticité des dérives identifiées.

Enfin, comme le précise la norme CEI : 61882, il est également possible de dérouler l'HAZOP, en envisageant en premier lieu un mot-clé, puis, de lui affecter systématiquement les paramètres identifiés.

II.2.4. Exemple de tableau HAZOP :

Un exemple de tableau pouvant être utilisé est présenté et commenté dans les paragraphes suivants. Voir tableau II.1

Tableau II. 1 Exemple de tableau pour l'HAZOP

Date :								
Ligne ou équipement :								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mot clé	Paramètre	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	Observations

II.2.4.1. DEFINITION DES MOTS-CLE (COLONNE 2) :

Les mots-clés, accolés aux paramètres importants pour le procédé, permettent de générer de manière systématique les dérives à considérer. La norme CEI : 61882 propose des exemples de mots-clés, dont l'usage est particulièrement courant. Ces mots-clés sont repris dans le tableau ci-dessous, inspiré du Tableau 3 de la norme précitée.

Tableau II. 2 Exemple de mot-clé pour l'HAZOP (norme CEI : 61882)

Type de déviation	Mot-Guide	Exemples d'interprétation
Négative	NE PAS FAIRE	Aucune partie de l'intention n'est remplie
Modification quantitative	PLUS	Augmentation quantitative
	MOINS	Diminution quantitative
Modification qualitative	EN PLUS DE	Présence d'impuretés – Exécution simultanée d'une autre opération/étape
	PARTIE DE	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	INVERSE	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques
	AUTRE QUE	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu
Temps	PLUS TOT	Un événement se produit avant l'heure prévue
	PLUS TARD	Un événement se produit après l'heure prévue
Ordre séquence	AVANT	Un événement se produit trop tôt dans une séquence
	APRES	Un événement se produit trop tard dans une séquence

II.2.4.2. DEFINITION DES PARAMETRES (COLONNE 3) :

Les paramètres auxquels sont accolés les mots-clés dépendent bien sûr du système considéré. Généralement, l'ensemble des paramètres pouvant avoir une incidence sur la sécurité de l'installation doit être sélectionné. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels portent l'analyse sont :

- la température,
- la pression,
- le débit,
- le niveau,
- la concentration,
- le temps,
- des opérations à réaliser...

La combinaison de ces paramètres avec les mots clé précédemment définis, permet donc de générer des dérives de ces paramètres.

Par exemple :

- « Plus de » et « Température » = « Température trop haute »,

- « Moins de » et « Pression » = « Pression trop basse »,
- « Inverse » et « Débit » = « Retour de produit »,
- « Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

II.2.4.3. CAUSES ET CONSEQUENCES DE LA DERIVE (COLONNES 4 ET 5) :

De la même façon que pour une AMDE, le groupe de travail, 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 clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe.

Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides telles que celle présentée en Annexe 3 à titre illustratif.

II.2.4.4. MOYENS DE DETECTION, SECURITES EXISTANTES ET PROPOSITIONS (COLONNES 6, 7 ET 8) :

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.

Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou du moins, définir des actions à engager pour améliorer la sécurité quant à ces points précis.

II.2.5. LIMITES ET AVANTAGES :

L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo-hydrauliques.

Cette méthode présente tout comme l'AMDE, un caractère systématique et méthodique. Considérant, de plus, simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système, elle évite entre autres de considérer, à l'instar de l'AMDE, tous les modes de défaillances possibles pour chacun des composants du système.

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

Par ailleurs, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées, si bien qu'une dérive survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse, des causes dans une maille voisine et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe.

II.3. Méthodologie du nœud papillon :

La méthode du nœud papillon a pour principe de réunir un arbre de défaillances et un arbre d'événements, centrés sur un même événement redouté.

La partie amont de l'événement redouté est conçue par un arbre de défaillances, qui permet la mise en évidence de l'effet des mesures de prévention, sur le déroulement des séquences accidentelles aboutissant à la réalisation de l'événement redouté.

La partie aval est constituée par un arbre d'événements et permet de déterminer la nature et l'ampleur des conséquences, en fonction de la disponibilité des mesures de protection.

Le tableau II.3 détaille les définitions associées à chacun des événements figurant sur le modèle du nœud papillon de la figure II.1

Tableau II. 3 Définition des événements composant un nœud papillon

Identification	Signification	Définition
EB	Evénement de base	Evénement dont la réalisation, seule ou combinée, est susceptible d'aboutir à la matérialisation d'un événement intermédiaire (EI)
EI	Evénement intermédiaire	Evénement dont la réalisation, seule ou combinée, est susceptible d'aboutir à la matérialisation de l'événement redouté (ER),
ER	Evénement redouté	Evénement résultant de dérives de paramètres de fonctionnement, ou de défaillances d'éléments, pouvant avoir des conséquences dommageables sur l'environnement,
ERS	Evénement redouté secondaire	Conséquence directe de l'événement redouté,
DM	Dommages	Dommages occasionnés au niveau de l'environnement : dommages aux individus, dégâts aux structures, aux matériels, pollution de l'environnement par les effets d'un phénomène dangereux,

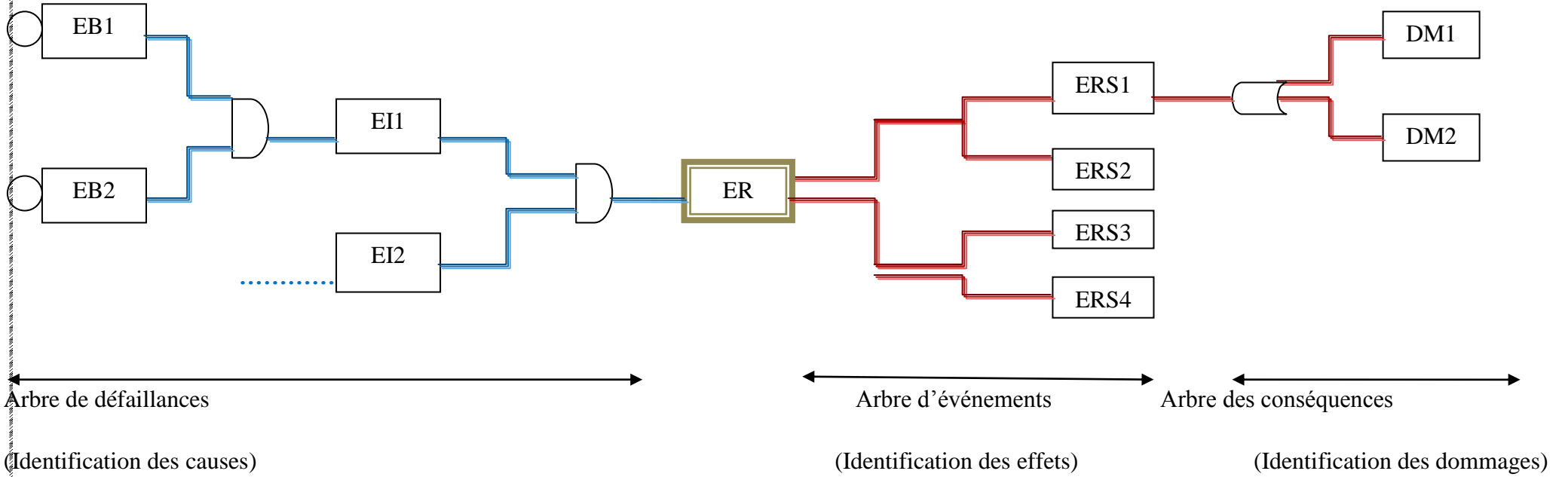


Fig. II. 1 Schéma d'un nœud papillon

L'intérêt principal du nœud papillon est, qu'il permet de visualiser l'ensemble des chemins, conduisant des événements de base, jusqu'à l'apparition de dommages au niveau des cibles. Chaque chemin désigne alors un **scénario** d'accident particulier, pour un même événement redouté.

Dans une démarche d'analyse de risques, un scénario d'accident est défini comme un enchaînement d'événements de base, aboutissant à un événement redouté, conduisant lui-même à des conséquences lourdes ou effets majeurs. **IDDIR.O (2008)**

L'événement redouté central généralement, dans les études d'analyse des risques majeurs, désigne une perte de confinement, augmentation de pression ..., il est possible que ces nœuds soient plus ou moins complexes (dépend du nombre des branches).

La complexité du nœud papillon dépend de sa finalité (analyse qualitative ou quantitative), la complexité de l'arborescence est variable. Elle dépend essentiellement :

- du niveau de développement de l'arbre de défaillance ;
- de la mise en évidence, de la défaillance des barrières de prévention dans l'arbre de défaillances ;
- de la mise en évidence, de la défaillance des barrières de détection/protection dans l'arbre d'événements.
- de la prise en compte ou non, de l'inflammation lorsque des produits inflammables sont susceptibles d'être libérés à l'atmosphère.

Ainsi, deux utilisations du nœud papillon sont à distinguer :

- l'analyse qualitative des risques (présentation symbolique de l'effet des barrières par une barre verticale) ;
- l'analyse quantitative des risques (présentation explicite de la défaillance des barrières).

II.4. Conclusion :

Ce chapitre nous a permis de présenter les méthodes d'analyse des risques et un certain nombre d'outils conçus ou adaptés à la maîtrise des risques, en l'occurrence, la méthode HAZOP pour l'identification des risques et de l'événement non souhaité d'un processus hautement dangereux,

L'arbre de défaillance et d'événement pour définir les scénarios et les conséquences plausibles des événements non souhaités.

Partie 2 :

**Application au niveau de Général Electric
(ALGESCO)**

"An ounce of practice is worth a pound of theory" English proverb

Introduction de la deuxième partie :

Général Electric, fait partie des entreprises qui ont opté pour des standards très élevés, en matière de santé et de sécurité, utilisés au niveau international.

Afin d'assurer la sécurité de son personnel, de son matériel et des équipements au niveau de ses différents sites, répartis à travers le monde, comme c'est le cas pour l'unité de ALGESCO Boufarik (Field OIL & Gaz), Général Electric a engagé un important investissement dans le domaine de la sécurité.

Dans cette deuxième partie, nous allons tout d'abord présenter la société Général Electric en général, avec ses différentes activités et ALGESCO en particulier, ainsi que, la gestion des risques, telle qu'elle est appliquée. Nous allons enchaîner par la suite par l'application des outils et méthodes présentés dans la première partie.

Problématique :

Créée en 1993 et établie à HassiR'Mel, la société ALGESCO est une joint-venture entre Sonatrach, Sonelgaz et General Electric. profitant de 45 ans d'expérience de GE en Algérie, ALGESCO est spécialisée dans l'offre de services d'entretien , de réparation et d'optimisation de turbines, compresseurs et auxiliaires pour l'industrie pétrolière et gazière Algérienne

Une activité très sensible car elle touche directement, aux secteurs économiques les plus importants en Algérie qui sont l'énergie, le pétrole et le gaz.

Tous le personnel d'ALGESCO est conscient des enjeux que peut engendrer l'occurrence d'un évènement majeur, dont les conséquences néfastes vont au-delà du périmètre de l'entreprise. C'est dans cette perspective qu'ALGESCO a mis en œuvre, tous les moyens humains et matériels, pour respecter ses engagement cités dans sa politique HSE, dont le but et de protéger son personnel, ses biens et l'environnement, ainsi que ses partenaires économiques et sociaux.

Dans sa démarche de conformité règlementaire, ALGESCO procède à une vérification annuelle de ses permis et autorisations conformément, aux lois et aux exigences qui régissent l'activité dans le pays. Un rapport émis, fait état d'une non-conformité concernant les silos de stockage des gaz qui ne sont pas algérianisés, et c'est à partir de là, que la problématique de notre sujet est née. Dont le soucis de s'assurer, que les Silos et les opérations principales qui y sont reliées sont sécurisées et ne représentent aucun danger pour ALGESCO, dans cette optique nous allons procéder à une évaluation globale des risques, en utilisant différentes méthodes de sureté de fonctionnement sur les systèmes et les processus lié au Silos, et à un audit du système de gestion HSE, afin de proposer une stratégie de contrôle et de mitigation des risques qui soit efficace dans les deux aspects préventif et curatif.

CHAPITRE III : Présentation de l'entreprise

General Electric

III.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous présenterons General Electric au niveau mondial ainsi que ALGESCO comme entité de General Electric. Cette présentation inclura également un aperçu du système de gestion EHS (FRAMEWORK 2.0), ainsi qu'une étude de vulnérabilité, afin de comprendre l'environnement où ALGESCO évolue en matière de sécurité.

III.2. General Electric

III.2.1 Introduction de l'entreprise :

En 1889, Thomas Edison créa l'Edison General Electric Company en réunissant ses différentes activités sous une même bannière. Pendant cette période, un nouveau concurrent a émergé : The Thomson-Houston Company. Elle est devenue une entreprise dominante de l'innovation électrique à travers une série de fusion dirigée par Charles A. Coffin, un ancien fabricant de chaussures de Lynn, ville du Massachusetts. Mais il devint de plus en plus difficile pour les deux sociétés de produire des installations électriques complètes en s'appuyant uniquement sur leurs propres brevets et technologies. En 1892, elles fusionnèrent pour créer la General Electric Company.

En 1893, une filiale française, nommée Compagnie Française Thomson-Houston (CFTH) est créée pour exploiter en France les brevets de Thomson-Houston Electric dans le domaine de la production et du transport de l'électricité. Elle deviendra par la suite Thomson-Brandt, puis Thomson. En 1896, la General Electric Company fut l'une des douze compagnies qui ont formé le Dow Jones Industrial Average. Elle est la seule à y être encore. De 1956 à 1970, General Electric devint un modèle d'organisation managériale et fut l'un des principaux constructeurs d'ordinateurs sur le marché mondial, prenant notamment le contrôle de Bull et d'Olivetti en Europe.

Jack Welch fut directeur général de General Electric de 1981 à 2001. Il est considéré par la presse comme un des meilleurs managers de l'histoire. La société GEMS (General Electric Medical System), implantée à Buc (Yvelines), comprenait une usine de fabrication d'appareils médicaux ainsi qu'un département pour le développement de logiciels en imagerie médicale. Cette unité comptait un effectif de 2000 personnes en 2010.

General Electric Company est un groupe diversifié organisé autour de 6 pôles d'activités :

- prestations de services financiers (33,7 % du CA total) : destinées aux entreprises (57,1 % du CA des prestations de services financiers : affacturage, crédit-bail, gestion de flottes automobiles, financement d'équipements industriels, etc.) et aux particuliers (42,9 % du CA des prestations de services financiers : crédit à la consommation, crédit automobile, crédit immobilier, etc.) ;

- fabrication d'équipements d'infrastructures (33,4 % du CA total) : moteurs d'avions, locomotives, turbines à gaz, équipements pétroliers et gaziers, centrales clés en main, etc. ;
- fabrication de biens d'équipements domestiques et industriels (10 % du CA total) : appareils électroménagers, produits d'éclairage, équipements électriques et de contrôle basse tension, détecteurs, alarmes, systèmes de contrôle d'accès, caméras, automates programmables, capteurs de gaz, de température et de pression, etc. ;
- fabrication d'équipements médicaux (9,9 % du CA total) : systèmes d'imagerie, de navigation chirurgicale, de monitoring et de diagnostic moléculaire, etc. ;
- diffusion de chaînes TV (8,9 % du CA total ;NBC Universal). En outre, le groupe développe des activités d'édition et de distribution de cassettes vidéo et de DVD ; cette filiale est cédée à Comcast en 2011 et 2013.
- autres (4,1 % du CA total).

III.2.2. Les différentes infrastructures :

III.2.2.1 GE Energy Infrastructure :

GE Energy Infrastructure est un ensemble de sociétés (réparties dans 3 grands pôles : GE Power and Water, GE Energy Services, GE Oil and Gas) spécialisées dans les services et les solutions de financement dans la recherche, l'exploitation et la mise en œuvre des ressources naturelles tel le vent, l'énergie solaire, le gaz, le pétrole et l'eau.

Les principales activités sont:

- *GE Power and Water*

- énergies renouvelables tels que panneaux solaires et turbines pour éoliennes, barrages hydrauliques et biogaz (GE Energy) ; - production d'électricité et fournisseurs d'équipements et technologies associés (GE Energy) ; - traitement de l'eau, y compris le dessalement (GE Water & Process Technologies).

- *GE Oil and Gas*

- équipements et services pour l'industrie du pétrole et du gaz naturel (GE Oil and Gas) ;

- *GE Energy Services*

- fourniture de service, conseils et personnel pour les entreprises liés au domaine de l'énergie (GE Energy Services)

III.2.2.2 GE Technology Infrastructure :

GE Technology Infrastructure est un ensemble de sociétés (réparties dans quatre grands pôles : GE Aviation, GE Transportation, GE Healthcare, GE Enterprises Solutions) développant et offrant partout dans le monde des produits et des services dans les domaines de la santé, des transports et des hautes technologies.

Les Principales activités sont :

- *GE Aviation*

- moteurs pour l'aviation civile et militaire ; - location et financement d'avions commerciaux ;

- *GE Enterprise Solutions*

- Intelligent Platforms - Sensing& Inspection Technologies

- *GE Healthcare*

- imagerie médicale : échographie, mammographie, radiographie, scanographie, cardiologie et vasculaire interventionnels, IRM, imagerie moléculaire, mobiles chirurgicaux ; - produits de contraste (radiologie et IRM), de fluorescence (urologie) et radio-pharmaceutiques. - systèmes cliniques : monitoring et ventilation, cardiologie, mère et enfant. - technologies de l'information ; - systèmes et réactifs pour la recherche sur les maladies, l'identification de nouvelles molécules et la fabrication de médicaments ; - services : conseil, formations cliniques et techniques, maintenance et financement.

- *GE Transportation*

- Locomotives, fret et passagers - Signalisation, solutions de communication et infrastructures pour le marché ferroviaire - Maintenance et services pour le marché ferroviaire - Moteurs marins et systèmes d'entraînement électrique pour l'industrie minière - Transmissions et générateurs pour les éoliennes

III.2.2.3. GE Capital :

GE Capital offre une gamme variée de solutions financières et de services associés aux entreprises et aux consommateurs. Ces solutions incluent les prêts commerciaux, les contrats de location, la gestion des biens d'équipement, les financements et investissements immobiliers pour notre propre compte et pour des tiers, les assurances, les cartes de crédit, certains crédits personnels à la consommation ainsi que d'autres services financiers.

Les Principales activités sont:

- *GE Commercial Aviation Services (GECAS)*
 - solutions de financement, de prêt et de gestion dans l'aviation commerciale.
- *GE Commercial Finance*
 - GE Capital Solutions : gestion de flotte automobile, financement des entreprises et des stocks.
 - GE Real Estate : investissement et financement dans le domaine de l'immobilier d'entreprise.
 - GE Corporate Financial Services : financement et prêts aux entreprises, expertise et conseils (consolidation de dettes, acquisition, restructuration...)
- *GE Energy Financial Services*
 - solutions de financement, de services et de gestion pour les entreprises du domaine de l'énergie.
- *GE Money*
 - solutions de financement pour les particuliers.

III.2.2.4. GE Consumer & Industrial :

GE Consumer & Industrial offre un large de gamme de produits industriels et de services dans le monde.

Principales activités :

- produits et solutions d'éclairage ;
- équipements électriques et de contrôle basse tension ;

- systèmes d'automatisme et de contrôle commande ;
- matériels de contrôle non destructif ;
- systèmes de sécurité, de protection et de détection de drogues et d'explosifs ;
- capteurs et instruments de mesure ;
- appareils électroménagers ;
- location et services aux flottes de semi-remorques et tracteurs routiers ;
- location de wagons de marchandises.

III.3. General Electric Algérie:

III.3.1. Présentation d'ALGESCO :(Algérien Engineering Services Company)

En 1993 Sonatrach, Sonalgaz, GE ont créé une société ALGESCO dont le siège est établie à HassiR'Mel, Forte de 45 ans d'expérience de GE en Algérie, ALGESCO est spécialisée dans l'offre de services d'entretien et d'optimisation de turbines, compresseurs et auxiliaires pour l'industrie pétrolière et gazière Algérienne.

Dans le cadre de son engagement continu pour servir ses clients, en les aidants, à améliorer leur capacité d'exploitation, ALGESCO étend sa présence locale avec l'ouverture d'un nouvel atelier de technologie de pointe à Boufarik, dans la région d'Alger. Le nouvel atelier, d'une surface de 18300 m², sera le plus grand de GEOil&Gas en partenariat avec deux entreprises nationales. L'atelier d'Alger sera un véritable centre d'excellence de services après-vente des équipements turbomachine et, contribuera à l'accroissement des capacités d'exploitation et de production de l'industrie pétrolière et gazière locale, en offrant les technologies les plus avancées pour l'inspection, la maintenance, la réparation et l'amélioration des performances des équipements de ses clients.

Avec ce nouvel atelier, ALGESCO soutiendra les marchés émergents et l'industrie du gaz naturel en forte croissance en Algérie, en offrant une expertise dans les domaines du Gaz Naturel Liquéfié, transport et pipeline, de la gazéification et du stockage. Cette entreprise s'appuie sur de nombreuses années d'expérience.



Le tableau(III.1) nous donne quelques informations sur ALGESCO

Tableau III. 1 Information général sur ALGESCO

Localisation	Boufarik
Surface de Terrain	18,300m ²
Surface de l'Atelier	5,300m ²
Grue	Up to 80T
Entrepôt	900m ²
Baie de réception	1000m ²
Surface de Bureaux	680m ²
Elevation	12m
Nombre d'Employés	220
P&E	\$36M ('09-'10)

III.3.2. Algesco Capacités Locales :

La société ALGESCO dispose des services suivants :

III.3.2.1. Service maintenance :

Un Service sur site avec des capacités locales:

- 29 Ingénieurs du Field Service : Mécanique et Contrôle
- 70 Techniciens: Mécanique et Instrumentation
- 5 Fonctions d'assistance + Support Technique de GE O&G HQ

Des Interventions de type (Frame 3, 5, PGT10, PGT25,BCL, SRL, ST):

- Major Inspection/Hot GasPath Inspection/Combustion Inspection/ Liner and Transition Piece Inspection/Borescopic inspection
- Start-up / Installation &Commissioning

- Modular Exchange/Troubleshooting

III.3.2.2. Service réparation :

Le plus grand atelier de GE Oil&Gas du Monde

- Inspection complète - Réparation des composants et des rotors - Révision
- Equipement: Turbines à gaz – TurboExpanders - Compresseurs Centrifuges et Alternatifs - Turbines à vapeur

III.3.2.3. Algesco Technologies & Expertise :



III.3.2.4. Assistance Technique :

Une expertise locale pour assurer le dépannage et le support technique

Recueil et analyse d'informations des machines pour mieux connaître les produits et services de nos clients



III.3.2.5. Centre Local RM&D dédié à l'Algérie :

Une technologie de suivi et de diagnostic à distance 24x7 pour la surveillance de toute la flotte installée en Algérie.



III.3.2.6. Centre de Formation :

Capacité de former sur place jusqu'à 500 stagiaires par an

Des cours de formation sur mesure: technique, maintenance, Leadership, HSE.

**CHAPITRE IV : Evaluation de la performance
de Système de management sécurité
d'ALGESCO.**

IV.1. Introduction :

L'entreprise vit aujourd'hui dans un environnement dynamique, marqué par une exigence sans cesse accrue, de rentabilité et de performance. Cette réalité rend d'autant plus nécessaire, un management motivant, permettant de donner du sens aux actions de chacun, en les intégrant dans les orientations stratégiques de l'entreprise, de faire comprendre et accepter la nécessité des objectifs fixés et/ou des changements programmés.

IV.2. Relation entre le document unique et le système de management sécurité

Le document unique représente le noyau du management HSE au sein des entreprises, La figure IV. 1 représente la relation entre le document unique et le système de management

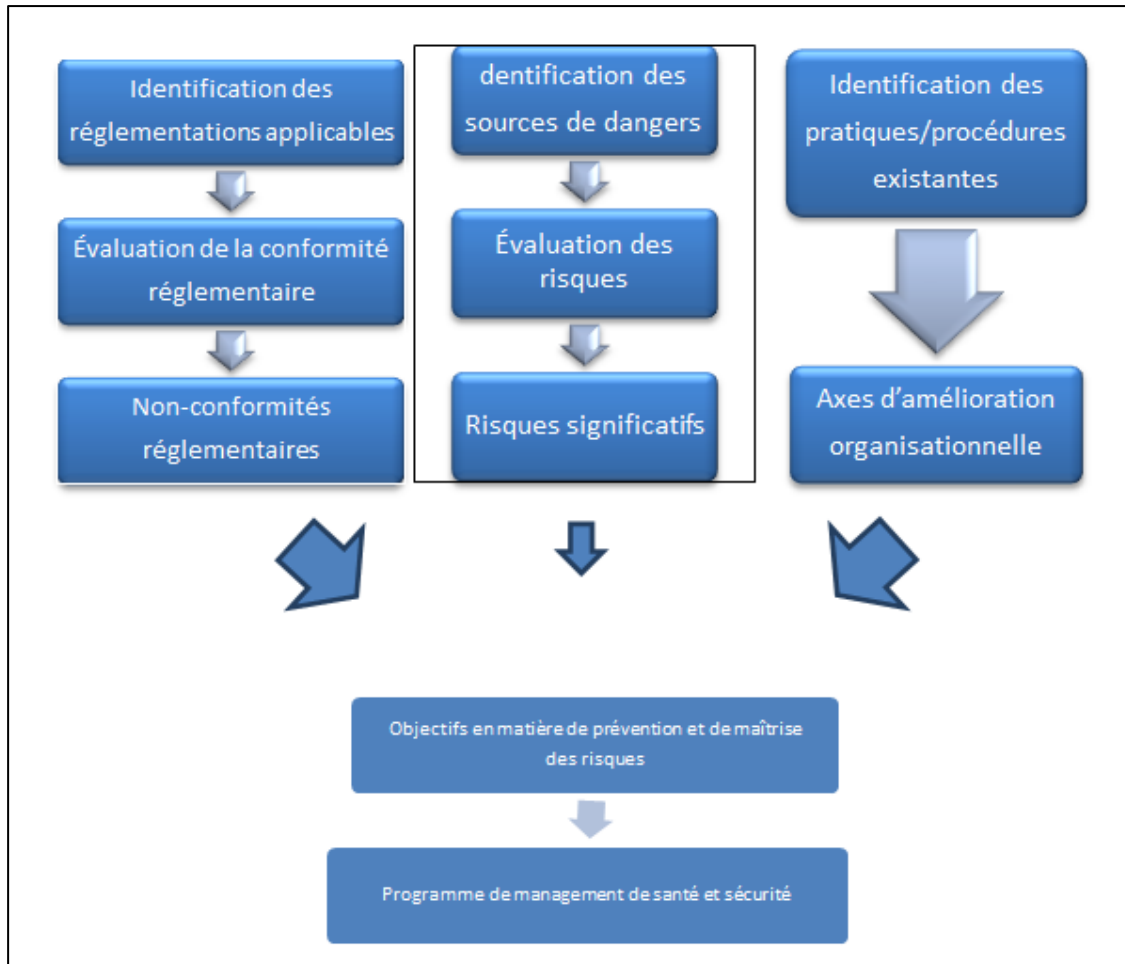


Fig. IV. 1 Relation entre le document unique et le SMS

IV.3. Relation entre système de management sécurité et l'OHSAS

18001 :

Le référentiel OHSAS 18001 couvre le système de management sécurité avec un principe d'amélioration continue qui est résumé sur la figure IV.2.

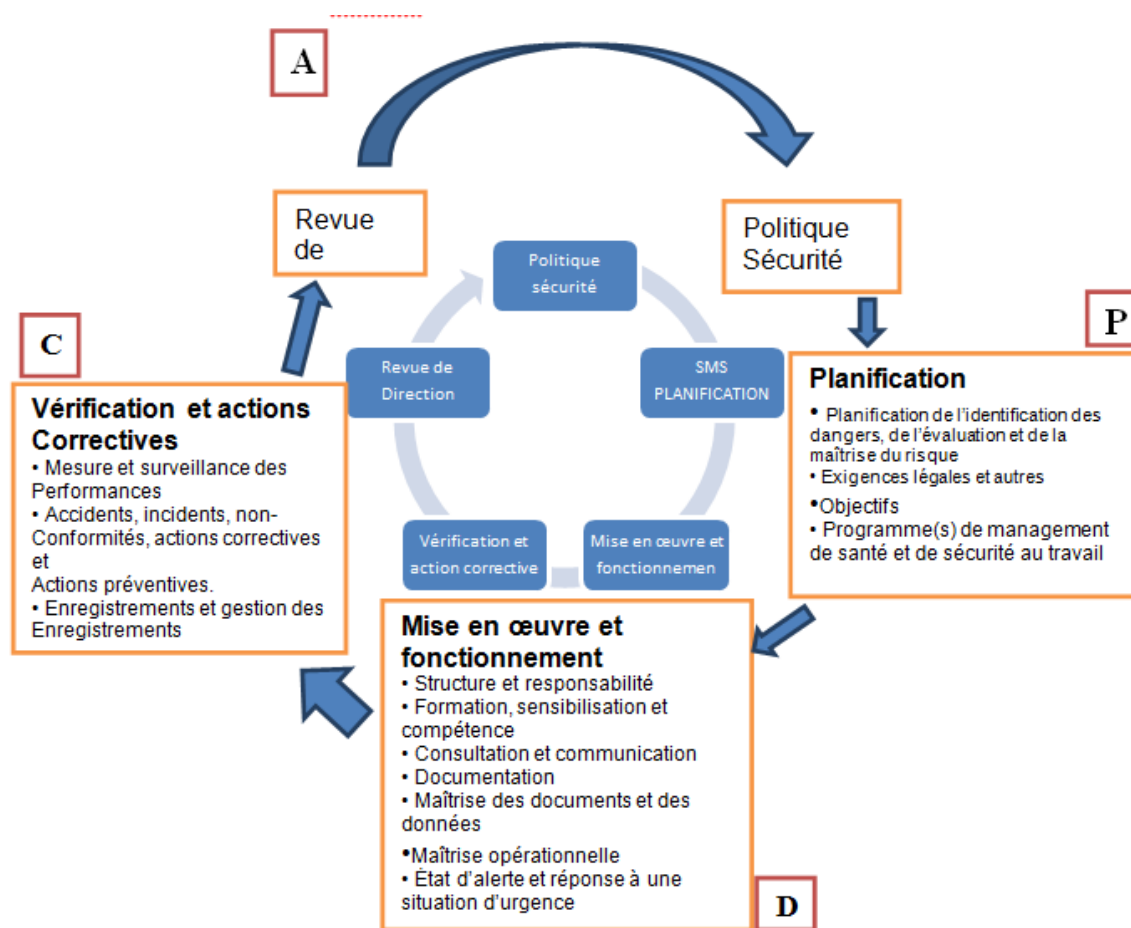


Fig. IV. 2corrélation entre le SMS et l'OSHAS 18001

IV.4. De l'OHSAS a un système de classe mondiale (ISRS) :

ISRS est un système de classe mondiale pour mesurer, améliorer et démontrer la performance santé/sécurité environnementale et opérationnelle. ISRS aide à manager les risques. Il conforte et améliore la santé des processus de l'entreprise. ISRS fournit au Management des outils avancés d'aide à la décision et construit la réputation de l'entreprise. Il oriente aussi les résultats opérationnels et aide à établir un avantage concurrentiel.

ISRS a été développé comme un projet industriel conjoint entre DNV GL et des partenaires mondiaux issus des industries nucléaires, chimiques et pétrochimiques. L'ISRS de DNV GL est un système qui aide à instaurer, développer et améliorer les systèmes de management. La 6ème édition d'ISRS avait été réalisée en 1994. ISRS met à jour ISRS7 avec les plus récents concepts et réflexions en matière de systèmes de management. Il est dessiné sur la base de l'expérience acquise par DNV GL au cours de la dernière décade, avec les leaders mondiaux. De par le monde, des milliers de sites utilisent ISRS. Le succès continu d'ISRS sur un quart de siècle atteste de la robustesse de ses visions et principes.

ISRS satisfait les exigences des normes et références suivants:

- ISO 9001:2000 - Management de la Qualité
- ISO 14001:2004 - Management de l'Environnement
- OHSAS 18001:2007 - Management de la Santé/Sécurité au Travail
- PAS 55:2004 - Management des Actifs
- Global reporting initiative 2006 – Responsabilité Sociale d'Entreprise.

Le International Safety Rating System (ISRS) inclue 20 éléments:

1. Direction et administration
- 2. Formation en leadership**
- 3. Inspections prévues et Maintenance**
- 4. Analyse et procédures et taches critiques**
- 5. Accident /Enquête sur les incidents**
6. Observation des tâches
7. Mesures d'urgence
8. Règles et permis de travail.
- 9. l'analyse des Accident /Incident**
10. Connaissances et compétences de Formation
11. Équipement De Protection Individuelle
- 12. Santé et contrôle de l'hygiène**
13. Évaluation du système
- 14. Ingénierie et gestion du changement**
15. Communication personnelle
16. Communication de Groupe
17. Promotion générale
18. Embauche et affectations
19. Matériaux et services de gestion
- 20. Hors d'emploi sécuritaire***

IV.5. Système de management ISRS :

La figure IV.3 montre les différentes parties du système de management d'ISRS

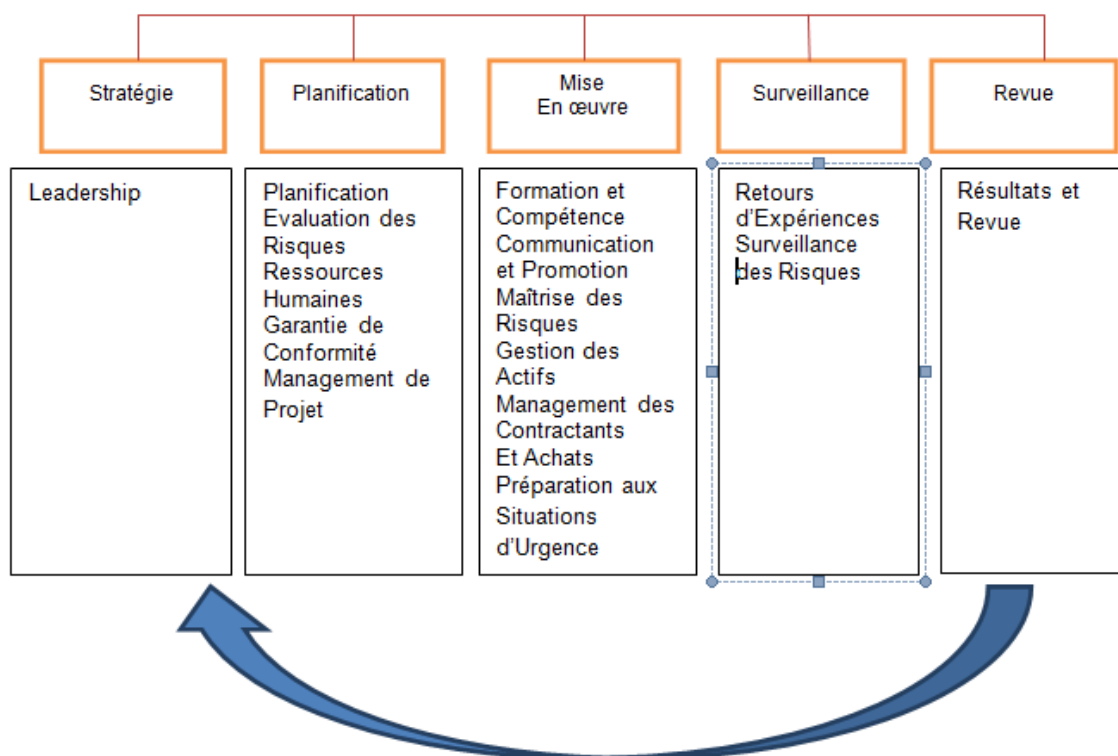


Fig. IV. 3 les fondamentaux de l'ISRS

IV.6. Du système de classe mondiale au système propre à GE le FRAMEWORK 2.0 :

IV.6.1. Introduction :

Le système de gestion EHS de GE offre une parfaite cohérence et des conseils qui répondent aux besoins de ses diverses activités et régions de par le monde.

Le EHS FRAMEWORK, dans des domaines tels que l'environnement la conformité, la gestion des déchets et l'audit, fournit des exigences claires, avec un accès garanti à tous les employés Ils favorisent un esprit de partage de travail d'équipe et de la vulgarisation des meilleures pratiques à travers l'entreprise.

IV.6.2. Propriété opérationnelle :

GE a appris que la meilleure façon de délivrer l'excellence en matière d'EHS ne peut se faire que par la propriété opérationnelle. Par propriété opérationnelle on entend, la responsabilité de gestion des opérations même dans les sites de ses clients, partenaires ou sous-traitants GE évalue l'engagement des employés à travers des sondages réguliers au cours desquels, les employés donnent leurs avis sur la gestion de l'HSE sur les lieux de travail.

IV.6.3 Indicateur de performance EHS

GE poursuit ces indicateurs EHS et examine leur rendement de trois façons. Premièrement, le suivi des données EHS en temps réel en utilisant le best-in-class outil Gensuite@IT.

Deuxièmement, les hauts dirigeants au sein de chacune des entreprises de GE effectuent régulièrement des audits internes EHS de chacune de leurs installations. Troisièmement, GE Corporate procède à des revues annuelles approfondies des performances et de la stratégie de gestion des risques.

IV.6.4 Formation EHS pour les gestionnaires

Tous les dirigeants et manager sont tenus de suivre la formation: Opérations Training Manager(OMT). Une formation de deux jours au cours de laquelle les nouveaux manager seront introduit aux valeurs de GE en matière d'EHS, de la stratégie de gestion des opérations, EHS, aussi de l'excellence en matière d'EHS qui demeure l'objectif ultime de toutes les entités de GE.

En 2014, GE a réalisé plus de 27 sessions OMT pour plus de 513 participants.

IV.6.5 Commentaires des employés :

GE récompense ses sites les plus performants avec des certifications d'excellence convoités dont GEmondialStar, GEenvironnementExcellence et VPP Star de l'OSHA. Deux cent quarante-sept sites de GE détiennent actuellement un ou plusieurs de ces certifications ; 132 sites détiennent également la certification ISO 14001 pour satisfaire les besoins des clients.

IV.7. Les systèmes EHS de GE :

GE a toujours été un chef de file dans le domaine de la stratégie et les systèmes EHS. Comme l'une des plus grandes entreprises industrielles du monde, il est de leur devoir de rester avec les leaders de l'analyse EHS, les techniques de réduction des risques et les systèmes de gouvernance. Voici quelques exemples :

IV.7.1. Nouveau programme d'audit EHS

L'approche de GE à l'audit se concentre sur l'enrichissement des opérations que sur la découverte et la correction des non-conformités et des lacunes. En 2014, ils ont créé un corps centralisé des dirigeants d'audit qui se consacrent à la promotion de culture GE.

IV.7.2. Nouveau FRAMEWORK EHS

Le cœur du système de gestion EHS de GE est le Framework EHS qui est un logiciel de gestion

intégré dans le GENSUITE . En 2014, GE a entièrement revu ce système pour l'aligner avec leur stratégie EHS évolutive. Basé sur l'expérience et les évaluations des opérations, GE a conçu le nouveau "Framework 2.0» pour souligner la nécessité des mettre en place des lignes de défense exhaustives contre le risque, aussi elle accentue la reconnaissance des risques de façon à prévoir et à corriger l'erreur humaine.

IV.7.3. Les type d'organisation gérées par le FRAMWORK 2.0 :

FW2.0est pré-adapté pour les installations fixes (fixedfacilities), la main d'œuvre distribuées (distributedworkforces), et des organisations hybrides.

Définition des installations fixes : un emplacement physique, y compris la fabrication, l'assemblage, les laboratoires, R& D, les entrepôts, les centres de service et de réparation, et des bureaux.

Définitionde La main-d'œuvre distribuée : les employés agissent sur les sites des clients ou dans des lieux de travail contrôlés.

Définition du terme Hybrid : les deux aspects installations fixes et la main-d'œuvre distribuée.

IV.8. Eléments du FRAMWORK 2.0 :

Les éléments essentiels sont :

- 1 Leadership et responsabilité
- 2 Application de la réglementation
- 3 Processus et systèmesEHS
 - 3.1 inspections
 - 3.2 Enquêtes sur les incidents
 - 3.3 Gestion du changement
 - 3.4 Formation
- 4 Mesures d'urgence
- 5 Évaluation des risques EHS
- 6 Processus à haut risque
 - 7 défenses de sécurité
 - 7.1 Grue et appareil de levage
 - 7.2 véhicules automobiles
 - 7.3 LOTO
 - 7.4 Espace confiné
 - 7.5 Ergonomie
 - 7.6 poussières combustibles

8 Défenses de l'exposition

8.1 Hygiène industrielle

8.2 Gestion des produits chimiques

8.3 Radiation

9 Défenses de l'environnement

9.1 Air

9.2 Eau

9.3 Déchets

9.4 Environnement

10 marchandises dangereuses

11 Services d'entrepreneurs

12 Maintenance préventive

13 Protection de la main d'œuvre distribué

13.1 Opérations Commerciales (demande à commander)

13.2 Plan de sécurité du site

Aspects environnementaux

IV.9. construction de la section des dangers et des lignes de

Défense :

Le système FRAMWORK 2.0 contient 243 questions réparties comme suit :

151 questions de niveau 1

Niveau I –attentes d'éléments minimaux

Exigences simples .Servir en tant que fondement. Nécessaire indépendamment de la taille ou de la complexité de l'opération si l'opération a une certaine présence de l'activité ou de processus

93 questions de niveau 2.

Niveau II-de plus grands risques existent nécessitant des contrôles et les défenses supplémentaires

Exigences du système de gestion plus complets destiné à lutter contre les activités et les processus à risque élevé appliquer si l'opération a le risque identifié dans le dépistage,

Le tableau IV.1 donne quelque exemple sur les niveaux des questions

Tableau IV. 1 Exemple sur les Niveaux de question

	Niveau I	Niveau II
espace Confiné	L'entrée dans un espace confiné est effectuée	La supervision de l'entrée dans l'espace par un employé ou d'un sous-traitant GE
Eau	Les rejets industriels, les eaux pluviales ou sanitaires	Les rejets qui ont une limite numérique établie par un permis, une autorisation ou réglementation

Remarque :

En gras représente les éléments en commun entre l'ISRS et le Framework 2.0

IV.10. Système de management FRAMEWORK 2.0 :

Les figures IV.4 et IV.5 montrent les parties fondamentales du système de management FRAMEWORK2.0

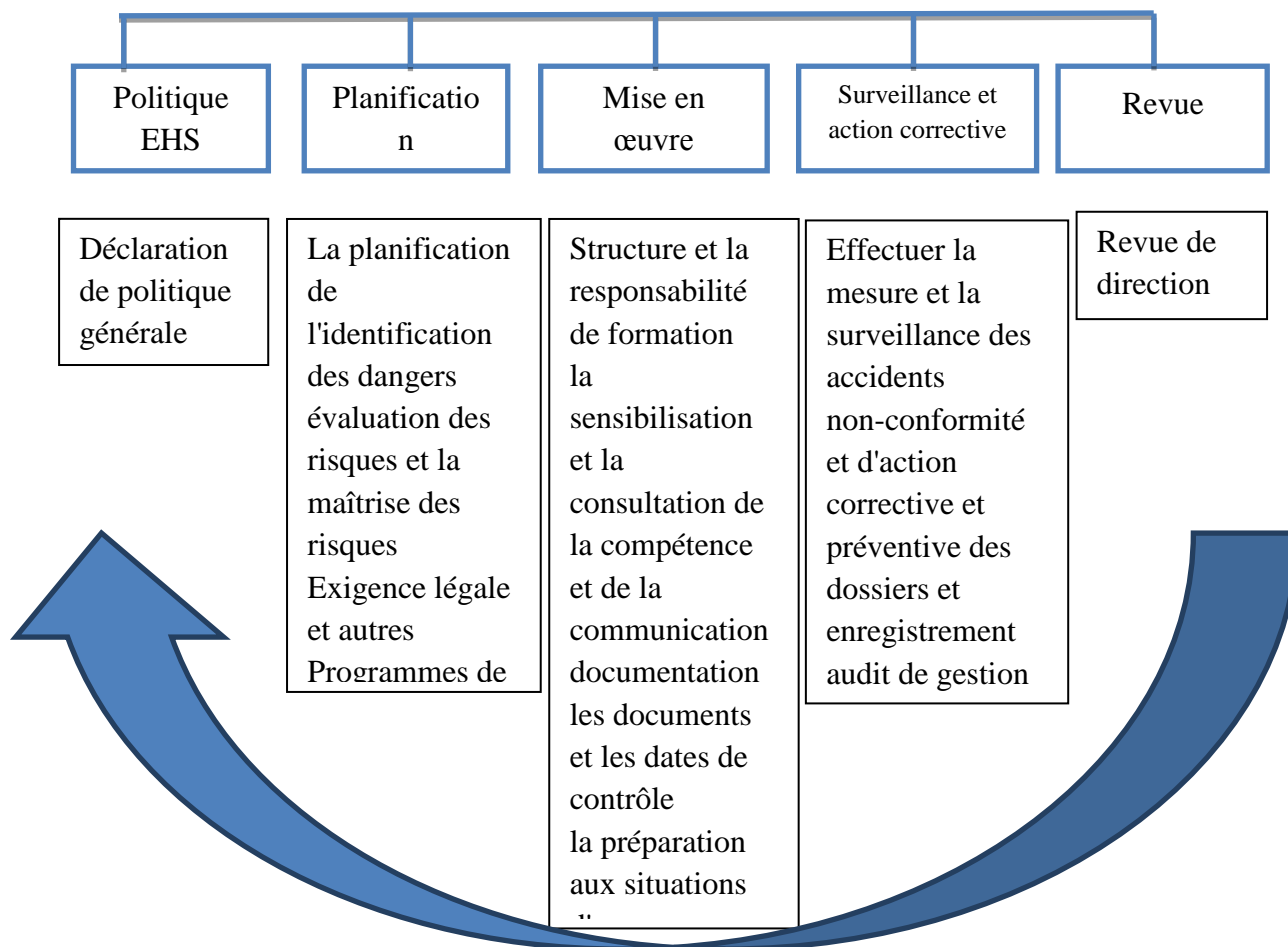


Figure 4.4 : Les fondamentaux de Framework

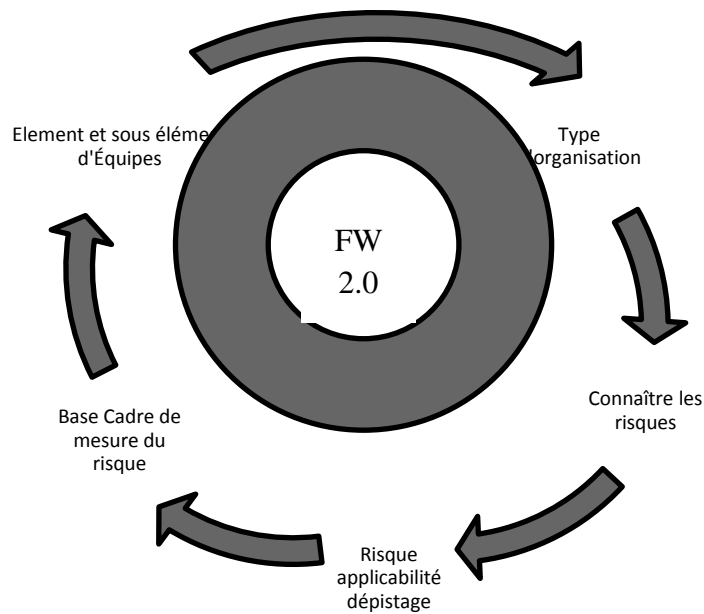


Figure 4.5 : Stratégie de Framework :

IV.11. Audit interne du système de management :

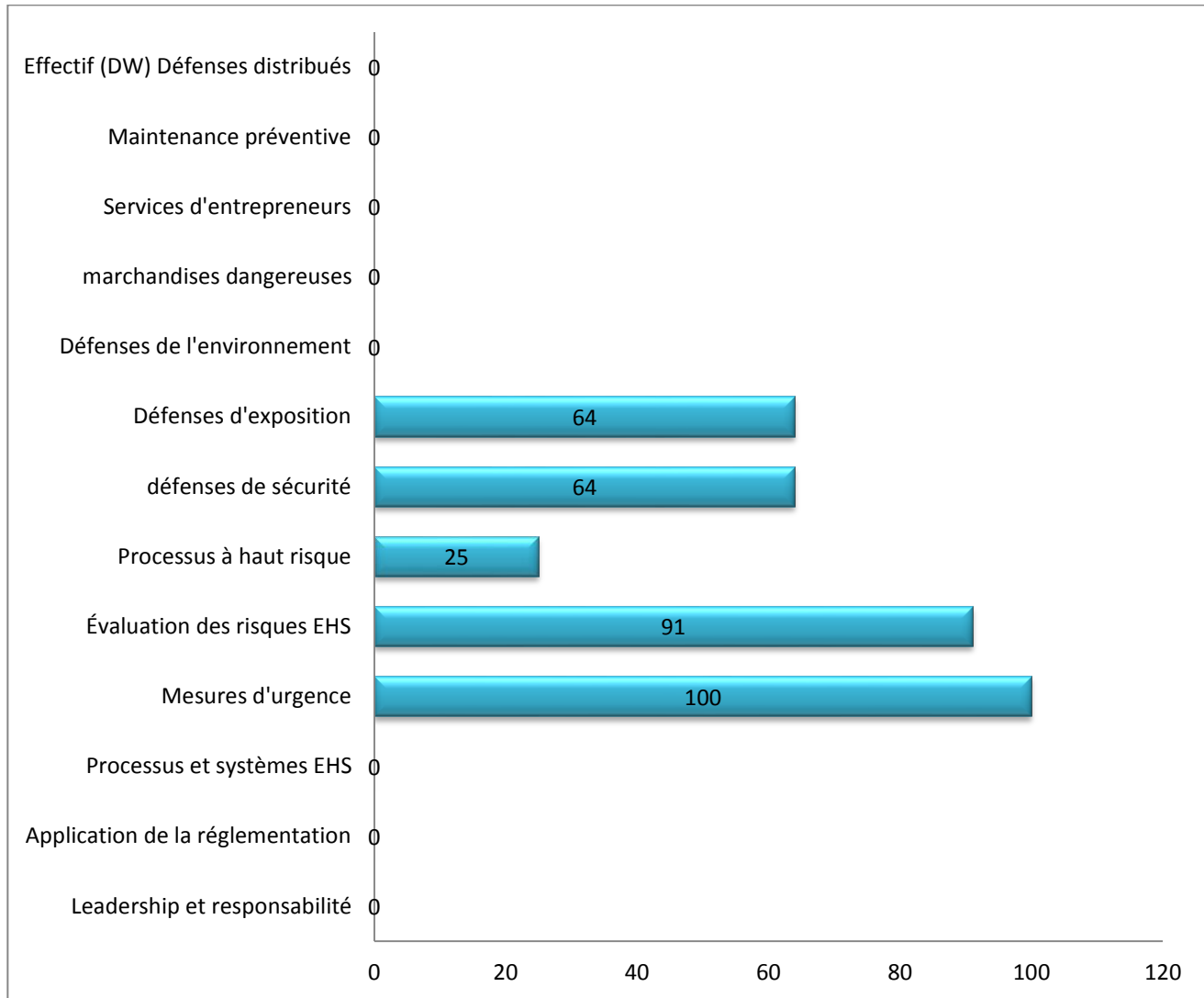
Cette étape a été réalisée en répondant aux questions des cinq éléments cités dans le tableau IV.2 et la vérification sur le terrain de l'existence des procédures et moyens comme exigés dans le système.

Dans le tableau nous trouvons la moyenne de chaque élément, voir Annexe 1.

Tableau IV. 2 Les résultats de l'audit

Les éléments	Niveau 1 (%)	Niveau 2 (%)	Niveau 3 (%)	Moyenne (%)
Mesures d'urgence	100	100	/	100
Évaluation des risques EHS	85	89	100	91
Processus à haut risque	25	25	25	25
défenses de sécurité	64	67	62	64
Défenses d'exposition	64	77	50	64

Fig. IV. 4 Résultats de l'audit



Le résultat de l'audit fait ressortir des non-conformités majeurs, pour l'élément de gestion des processus dangereux, et des défaillances sur les mesures de défense et ce, par rapport aux exigences du système FW2.0 récemment installé.

Il est mentionné dans le tableau VI.1 toutes les recommandations nécessaires pour supprimer les écarts enregistrés.

Tableau VI. 1 les recommandations proposées pour les écarts identifiés

Élément	Subelement	Question ID	Tiers	Question	Answer	Recommandation
RiskAssessment	RiskAssessment	5 . 1 .06	Tier 1	Les protections d'ingénierie et administratives notées dans l'évaluation du risque sont-elles vérifiées régulièrement afin de s'assurer qu'elles ont bien été mises en œuvre, et fonctionnent comme prévu et sont utilisables ?	Non	<p>Strength of defence matrix a besoin de couvrir tous les risques identifiés.</p> <p>une mise à jour des risques identifiés est indispensable.</p> <p>Les nouvelles protections d'ingénierie doivent être inspectées dès leur mise en œuvre et dans les 6 mois suivants pour confirmer leur efficacité et que leur utilisation correcte par les employés concernés n'a nullement été altérée.</p> <p>Les protections d'ingénierie et administratives pour les tâches réduisant les dangers forts (avant réduction du risque) devront être évaluées au moins une fois par an et les inspections ou la maintenance préventive devront être documentés.</p> <p>Les protections concernant les tâches ou les activités à danger faibles peuvent être revues moins fréquemment</p> <p>les protocoles d'inspection avant utilisation par l'opérateur.</p> <p>les inspections d'équipement ou de zone, ainsi que</p>

						les protocoles de maintenance préventive critique pour à l'EHS.
RiskAssessment	RiskAssessment	5. 1 .14	Tier 3	L'organisation a-t-elle procédé à une évaluation des risques concernant les aspects environnementaux significatifs en rapport à la norme ISO 14001 ?	Non	<p>Faire une évaluation pour déterminer tous les risques concernant les aspects environnementaux significatifs en rapport à la norme ISO 14001 en prenant en compte les nouvelles activités, changements, modifications.</p> <p>L'organisation devra communiquer ses aspects environnementaux significatifs aux différents niveaux et fonctions de l'organisation.</p> <p>l'organisation devra conserver les informations dans un document par écrit.</p>

Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.01	Tier 1	L'organisation a-t-elle un Programme écrit sur les Procédés hautement dangereux ?	Non	Faire un programme écrit qui contient un Pla d'action , les dangers associés, les notices d'utilisation, les exigences de formation de l'opérateur, les paramètres ou les limites d'utilisation sécurisés, les limites d'avertissement qu'un processus a tendance à être hors de contrôle, les exigences de maintenance préventive et les procédures d'urgence pour les procédés hautement dangereux selon OHSA ,EPA ,UE Seveso.
Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.02	Tier 2	L'organisation a-t-elle des procédures écrites pour exploiter ou conduire des travaux sur des processus hautement dangereux ?	Non	Une procédure doit être créé qui doit contenir : une description du travail ; les dangers associés ; toutes les mesures de précaution associées au travail ; les paramètres ou les conditions d'utilisation sécurisée ; les signes d'avertissement lorsqu'un procédé a tendance à être hors de contrôle ; les étapes nécessaires pour faire revenir le procédé à des paramètres ou des conditions d'utilisation sécurisés.

Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.06	Tier 1	L'organisation a-t-elle procédé à une Analyse des risques du procédé (« Process Hazard Analysis » ou PHA) sur chacun de ses procédés hautement dangereux ?	Non	<p>Finalisation du programme qui est en cours en appliquant la méthode PHA qui inclut la technique structurée "que faire si" (« Structured What-if Technique » ou SWIFT) ; l'analyse des effets de mode d'échec (AMDEC ou « Failure Mode Effects Analysis » ou FMEA) ; la technique "nœud papillon" (« Bow-tie ») ; Hazop; et l'analyse de l'arbre de défaillance pour:</p> <p>détecter Les causes et les conséquences potentielles d'incendies, d'explosions et d'échappements de produits chimiques toxiques ;</p> <p>L'équipement, l'instrumentation, les actions humaines et les autres facteurs qui peuvent affecter les processus ;</p> <p>Les points de défaillances potentiels, les méthodes d'utilisation et les autres facteurs susceptibles de provoquer des accidents;</p>
-----------------------------------	----------------------------	---------	--------	--	-----	--

Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.07	Tier 1	L'organisation fait-elle appel à une équipe de PHA appropriée pour procéder aux Analyses de risques des procédés (« Process Hazard Analyses » ou PHA) ?	Non	Une équipe pluridisciplinaire de PHA doit être créée et former qui nécessitent, au minimum, un employé bien informé, d'un ingénieur expérimenté, d'un opérateur expérimenté, d'un responsable de la maintenance expérimenté et d'un représentant de l'EHS.
Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.08	Tier 2	L'organisation utilise-t-elle une méthode pour vérifier que les informations clés sont couvertes et documentées dans la PHA ?	Non	Faire une liste de vérification (check-list) qui doit inclure et vérifier au minimum les informations clés suivantes : un examen des MOC (Management Of Change = Gestion des Changements) pertinents ; les informations sur un incident ou un événement depuis le site même ou d'autres sites ; le statut de maintenance préventive ; les résultats d'examen de l'intégrité mécanique ; le signalement de problème pertinent ; les données de test du dispositif essentiel à la sécurité ; les facteurs humains .

Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.09	Tier 1	L'organisation a-t-elle formé les membres de son équipe de PHA ?	Non	Il faut d'abord créer l'équipe puis faire une formation au leadership de PHA qui devrait inclure leurs informations sur les méthodologies de PHA, comment faciliter au mieux un événement de PHA l'outil de PHA utilisé, l'importance du processus de PHA et comment aborder le processus de PHA.
Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.10	Tier 1	L'organisation utilise-t-elle une liste de vérification de sécurité avant le démarrage, avant de débuter ou de relancer le processus hautement dangereux ?	Non	Faire une Check-list à partir des exemples des listes de vérification de sécurité avant le démarrage sont fournis dans l'Annexe A des directives du Centre de sécurité des processus chimiques (« Center for Chemical Process Safety » ou CCPS) pour effectuer des examens de sécurité prédémarrage efficaces (2007). Vous pouvez trouver une copie de l'Annexe A dans le dossier de Référence Élément 6.

Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6.1.11	Tier 1	L'organisation a-t-elle clôturé chaque point d'action de l'examen de sécurité pré-démarrage qu'on a jugé nécessaire de mettre en œuvre avant le démarrage ?	Non	Action à être implémenter ou Chaque élément d'action de sécurité pré-démarrage devra être suivi jusqu'à la clôture par une méthode telle que « Action Tracking System » de Gensuite ou par une check-list.
Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6.1.12	Tier 2	L'organisation a-t-elle établi des critères qui spécifient quand un examen de sécurité pré-démarrage (« pre-startup safety review » ou PSSR) est nécessaire ?	Non	il est nécessaire de faire un examen de sécurité pré-démarrage pour: les nouveaux sites ; les modifications de sites assez importantes pour imposer un changement dans les informations sur la sécurité du procédé.

HighlyHazardous Processes	HighlyHazardous Processes	6 .1.13	Tier 1	L'organisation a-t-elle des diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (« piping and instrumentation diagrams » ou P&ID) précis qui décrivent l'installation actuelle du/des procédés hautement dangereux ?	Non	<p>Obtention des diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (« piping and instrumentation diagrams » ou P&ID) qui sont conçus pour communiquer la configuration générale de la tuyauterie, des vannes et de l'équipement du système de votre processus.</p> <p>Documentez tous les composants du procédé, y compris les vannes et la tuyauterie</p> <p>Vérifiez-le en sélectionnant des portions du procédé et comparez-les aux P&ID.</p>
HighlyHazardous Processes	HighlyHazardous Processes	6 .1.14	Tier 1	Les Dispositifs essentiels à la sécurité du procédé et les systèmes associés sont-ils clairement documentés et identifiés avec une désignation spéciale dans les systèmes de tenue de registre de maintenance ?	Non	<p>Faire une liste des dispositifs essentiels à la sécurité du procédé et des systèmes associés, ainsi que déterminer le statut de maintenance de ces dispositifs.</p> <p>Garantir que les systèmes de tenue de registres de maintenance ont identifié ces dispositifs d'une façon particulière et unique pour permettre à l'organisation de déterminer facilement quels dispositifs sont essentiels à l'EHS et si les dispositifs ont été inspectés, étalonnés et entretenus comme prévu.</p>

Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.16	Tier 2	Au cours des deux dernières années, l'organisation a-t-elle complété ou participé à un exercice de simulation impliquant un scénario d'événement accidentel (par ex. : la perte de confinement) pour un procédé hautement dangereux ?	Non	La planification, l'exercice de simulation et les actions de suivi de la simulation devraient être évalués à l'aide d'une approche basée sur l'apprentissage du retour d'expérience. Programmation d'un exercice de simulation impliquant un scénario d'événement accidentel L'exercice devrait inclure des entités externes sur lesquelles on compte dans le plan de réponse aux urgences (par ex. : une équipe HAZMAT, une équipe de surveillance tierce, des agents des services de transport, etc...) ; ainsi que les membres de l'équipe de gestion de crise et de communication aux niveaux de l'organisation et de l'entreprise.
Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.17	Tier 2	L'organisation dispose-t-elle d'une évaluation du Programme sur les précédés hautement dangereux, effectuée par un expert externe ?	Non	Evaluation par un expert externe des aspects spécifiés du programme de Sécurité du processus relatif aux produits chimiques de l'organisation au minimum sur un cycle de 3 ans. Les qualifications de l'expert externe devront être documentées et conservées. L'expert externe devrait avoir un minimum de 15 ans d'expérience dans la gestion de la sécurité du processus relatif aux produits chimiques ou dans les programmes Seveso, et avoir également un diplôme d'ingénierie chimique,

						mécanique ou électrique.
Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6.1.18	Tier 1	L'organisation a-t-elle mené un examen annuel avec la Direction des opérations de la Division (par ex. : Supply Chain ou un Service équivalent) et le Directeur EHS mondial de la Division ?	Non	<p>Programmer un examen annuel avec la direction des opérations et le Directeur EHS mondial afin de vérifier que le programme de sécurité du procédé hautement dangereux de l'organisation à la ressource pour fonctionner à tous les niveaux nécessaires afin d'empêcher la perte de confinement et pour minimiser les conséquences de fuites accidentelles.</p> <p>la revue peut traiter le nombre et le niveau d'expérience des individus responsables des activités quotidiennes ; le besoin de modifications de la conception et de dépenses d'investissement dans le but d'améliorer la sécurité ; les résultats de la maintenance prédictive et préventive ; les améliorations de la réponse aux urgences ; les considérations d'agencement et d'arrangement du site ; et les modifications majeures attendues.</p>

Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.19	Tier 2	Le responsable des opérations et le responsable d'EHS mène-t-il un examen trimestriel des activités de maintenance préventive pour les dispositifs essentiels à la sécurité du processus et leurs systèmes associés ?	Non	Programmer une séance de travail trimestriel pour le suivi du programme de la maintenance préventive pour le HHP afin de vérifier que les dispositifs essentiels à la sécurité du procédé et leurs systèmes associés fonctionnent comme attendu, les activités de maintenance préventive (par ex. : l'étalonnage) et de test sont généralement requises sur une fréquence fixée.
Highly Hazardous Processes	Highly Hazardous Processes	6 .1.20	Tier 2	L'organisation a-t-elle un processus efficace en place pour se tenir informée des événements négatifs pertinents issus de processus similaires, dans d'autres industries ou implantation ?	Non	Implémenter un processus qui devra couvrir non seulement les événements internes à GE mais aussi les événements externes se produisant dans d'autres entreprises.

SafetyDefenses	Cranes and Hoist	7. 1.05	Tier 2	L'organisation s'assure-t-elle que des Inspections et Bilans approfondis annuels sont réalisés tel qu'exigé par le Manuel de sécurité des grues de GE	Non	L'examen approfondi est l'inspection annuelle décrite dans le Manuel de sécurité des grues de GE, qui devra être effectuée par une personne qualifiée.
SafetyDefenses	Ergonomics	7. 5.02	Tier 1	L'organisation a-t-elle un processus établi et communiqué pour commander, obtenir et installer des équipement et accessoires qui répondent aux exigences d'ergonomie ?	Non	Mettre en place un processus pour installer des équipement et accessoires qui répondent aux exigences ergonomiques et vérifier que le processus est mis en œuvre, compris et régulièrement utilisé en menant des entretiens avec les employés et en examinant la documentation qui décrit ce processus.

SafetyDefenses	Ergonomics	7. 5.03	Tier 1	L'organisation a-t-elle constitué une liste hiérarchisée des projets et des améliorations possibles en matière d'ergonomie ?	Non	<p>Elaborer un document qui contient Les critères d'établissement des priorités. Les données à considérer peuvent inclure : les évaluations des risques , la participation et le retour d'expérience des employés, les rapports de problèmes ou propositions d'amélioration ("Concernas"), les accidents et maladies professionnelles, les quasi-accidents, la fréquence des tâches et le nombre d'employés qui réalisent chacune des tâches</p> <p>Il est possible d'utiliser l'outil "Ergo Facilitation" de Gensuite .</p>
SafetyDefenses	Ergonomics	7. 5.04	Tier 2	Des actions correctrices ont-elles été mises en œuvre pour les éléments identifiés sur liste des projets et améliorations ergonomiques prioritaires?	Non	<p>L'organisation doit démontrer les progrès réalisés vers la clôture des éléments de la liste d'ergonomie. La liste doit être revue et mise à jour régulièrement donc il est nécessaire de faire un programme de revue et mise à jour.</p>

SafetyDefenses	Ergonomics	7. 5.04	Tier 2	L'organisation évalue-t-elle les actions correctrices relatives à l'ergonomie après leur mise en œuvre pour en garantir l'efficacité et l'utilisation ?	Non	Examiner et vérifier que l'action correctrice mise en œuvre a réduit ou éliminé le risque qu'elle était censée corriger, qu'elle n'a pas créé de nouveaux risques ergonomiques ou de sécurité, et qu'elle est entièrement utilisée par les employés . Si l'examen révèle que l'action correctrice ergonomique n'est pas complètement efficace ou n'est pas entièrement utilisée (une dérive a eu lieu), des mesures doivent être prises pour résoudre les problèmes identifiés. Le moment et le nombre d'exams doivent être déterminés en fonction de la complexité de l'action correctrice.
SafetyDefenses	General Safety	7 .7.06	Tier 2	L'organisation applique-t-elle des procédures concernant les travaux à chaud qui vérifient le statut des systèmes d'extinction incendie avant de commencer un travail à chaud ? Met-elle en œuvre une surveillance incendie de 60 minutes plus une période de surveillance de 3 heures après l'accomplissement du travail à chaud ?	Non	Mettre en place une procédure concernant le travail à chaud et compléter la procédure existante

ExposureDefenses	IndustrialHygiene	8 .1.02	Tier 2	L'organisation met-elle en œuvre les exigences de notification et de suivi pour tous dépassements des limites de l'exposition au travail (OEL) ?	Non	Examiner les résultats des évaluations quantitatives de l'organisation pour identifier tout dépassement de valeur limite d'exposition et les mesures à prendre. satisfaire la notification de dépassements des valeurs limites d'exposition. satisfaire la planification et la mise en œuvre des actions de suivi.
ExposureDefenses	IndustrialHygiene	8 .1.20	Tier 2	Si l'évaluation réglementaire indique l'obligation d'un conseiller de sécurité laser ou son équivalent, l'organisation a-t-elle assigné un conseiller de sécurité qualifié pour gérer le programme de sécurité laser ?	Non	Assigner une personne à gérer les opérations au laser La personne responsable doit être identifiée et avoir une formation et une expérience suffisantes, ainsi que le temps et l'appui de la direction pour remplir les missions et assumer les responsabilités de son rôle, et garantir la conformité au programme et aux exigences réglementaires.

IV.11. Conclusion :

A travers cet audit nous avons constaté que les Processus à haut risque ne sont pas maîtrisés. Après notre visite du site, on a pu détecter que les silos de gaz liquéfié représentent le plus grand danger sur les autres équipements, à cause de leurs emplacement qui est voisin des fours et des salles de revêtement thermique. La survenance d'un à ce niveau, provoque l'arrêt de plusieurs machines, ce qui impliquera une perte économique énorme pour ALGESCO et ses clients.

CHAPITRE V : Etude de Sureté de fonctionnement sur les silos de stockage des gaz

V.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons élaborer une étude de sureté de fonctionnement sur un système (silo de stockage de gaz) qui présente un risque potentiel majeur, qui peut causer des dégâts pour le personnel et les équipements.

Dans un premier temps il s'agit d'identifier les scénarios accidentels les plus dangereux, par l'utilisation des outils et des méthodes d'analyse des risques qualitatives et semi-quantitatives. Notre choix a porté sur la méthode HAZOP. Aussi l'utilisation d'autres méthodes quantitatives telles que, l'arbre de défaillance et l'arbre d'événement. Ceci nous permettra d'estimer et d'évaluer le risque en prenant en considération la performance des barrières de sécurité existantes.

V.2. Schéma du système :

La figure V.1 présente le silo de stockage de gaz liquéfiée à haute pression, qui est conçue pour alimenter certains équipements tels que, Le four et l'appareillage du revêtement thermique (le coating)

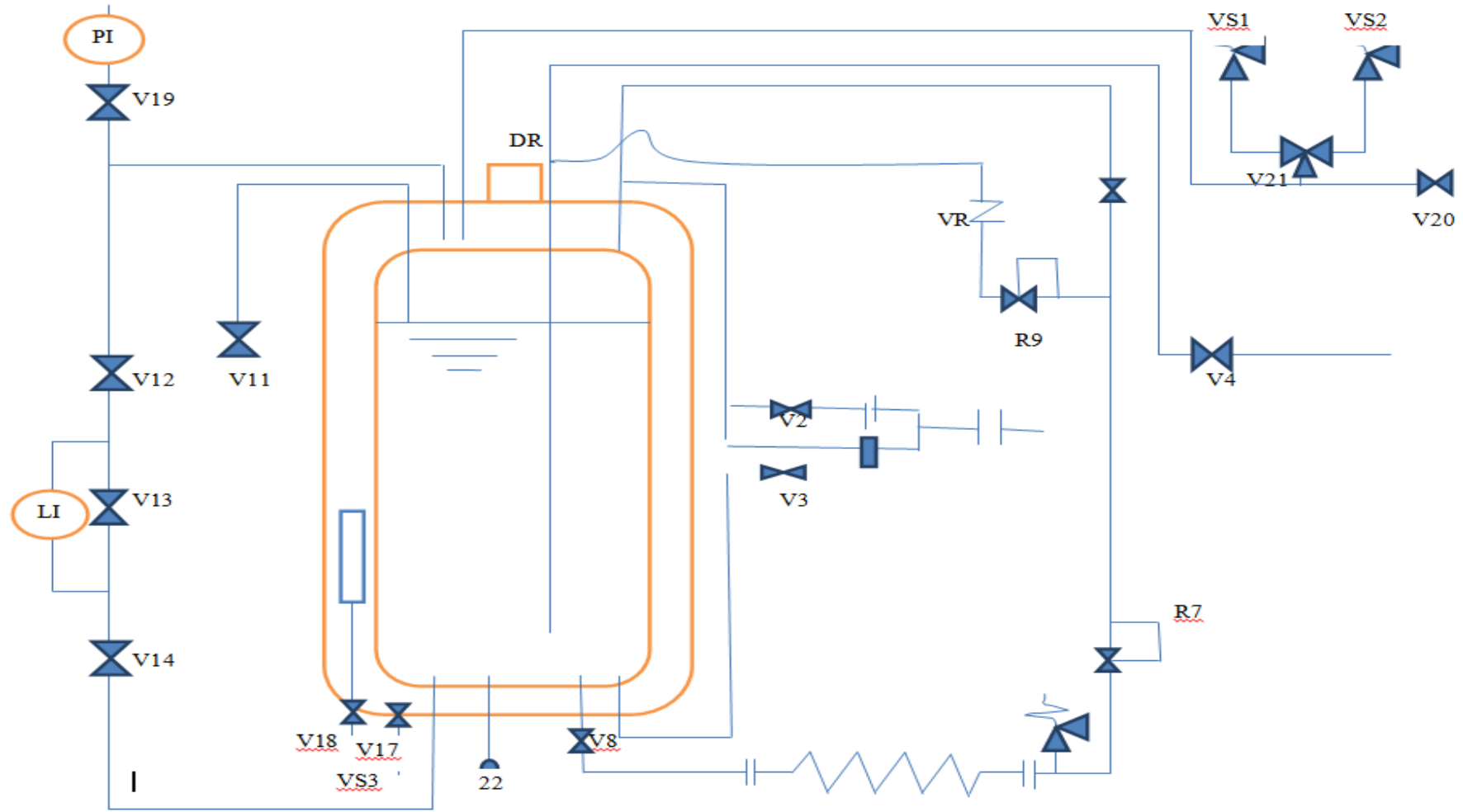


Fig. V. 1 Schéma de silo

V.3. Les critères de choix des méthodes :

Pour le choix des méthodes d'analyse des risques, nous avons optés pour les méthodes scientifiquement applicables à notre système. Notre étude doit nous conduire à des résultats qui nous permettent une meilleure compréhension de la nature des risques et de la manière dont ils peuvent être contrôlés. Le choix des méthodes est justifié en tenant compte des différents facteurs qui puissent influencer le système afin d'assurer sa couverture totale. La méthodologie est une approche systématique classique (méthode mads) qui s'appuie sur des méthodes qualitatives comme l'analyse préliminaire des risques et l'HAZOP, Ceci nous permet d'estimer la probabilité d'apparence de notre événement non souhaité, a savoir la situation dangereuse , et aussi d'estimer la probabilité des événements provoquées par l'ENS

V.4. Application du HAZOP :

L'intérêt de l'application de la méthode HAZOP c'est qu'elle fournit une étude de base permettant de recenser les différentes causes et conséquences des scénarios d'accidents et leurs criticités selon la grille de criticité représentée sur la figure V.2

Elle permet aussi d'envisager les différentes barrières de sécurité pouvant empêcher ces accidents. Toutes ces informations seront utilisées dans l'arbre de défaillance et l'arbre d'événement.

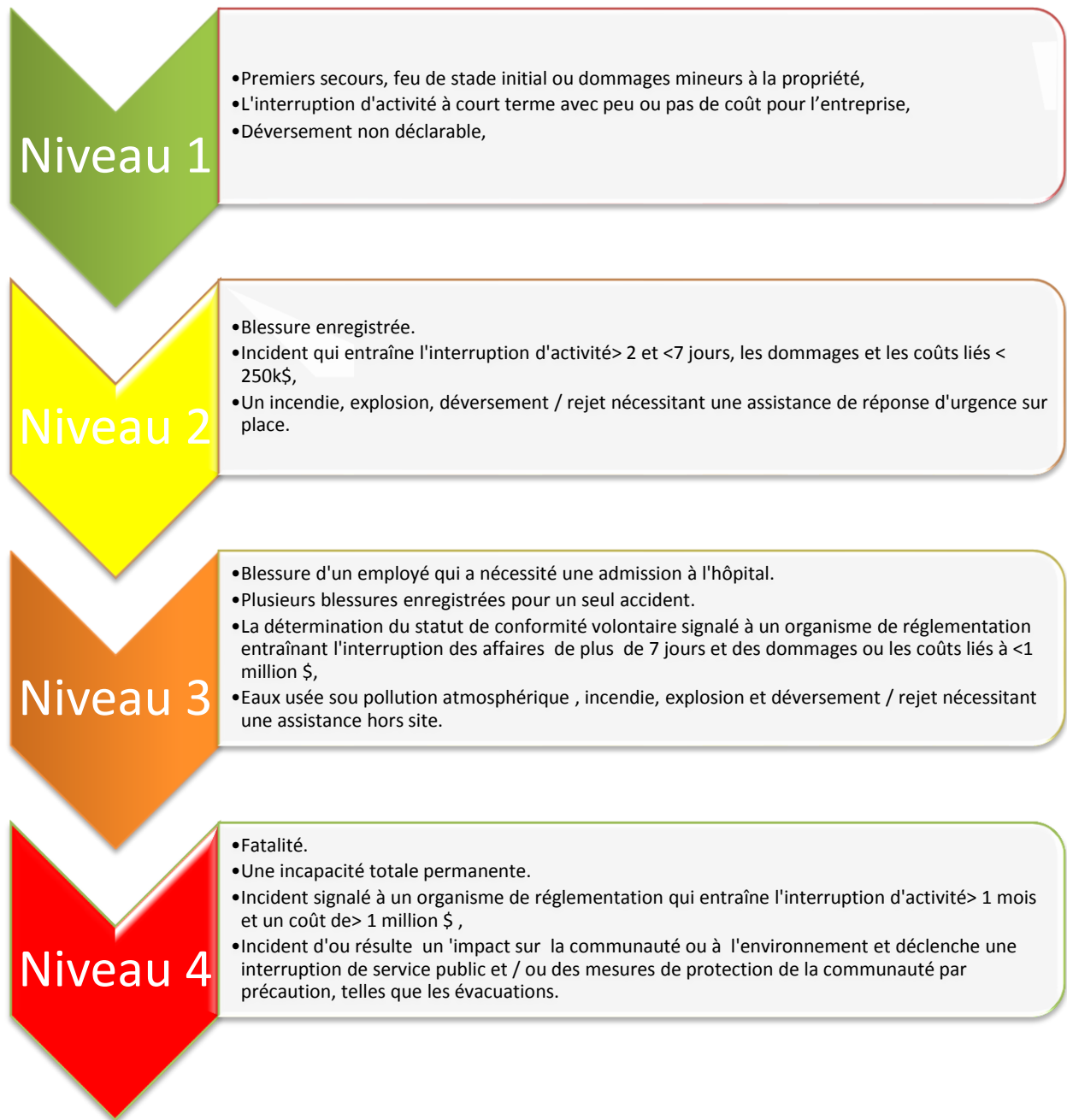


Fig. V. 2 La grille de criticité

Le tableau V.1 montre les différentes causes et conséquences ainsi que les barrières de sécurité existantes au niveau des silos de stockage des gaz liquéfiés.

Tableau V. 1 Les résultats de l'HAZOP

N	Paramètre	Dérive	Cause	Conséquence	moyens de détections	sécurités existantes	D C	proposition d'amélioration
	Température	Température haute	augmentation de la température des parois extérieure suite à un contacte directe à un feu voisin (tank kérosène)	<p>élévation de pression dû à l'évaporation brutale du liquide à l'intérieur de l'enceinte.</p> <p>perte des propriétés physiques et détérioration de l'enceinte</p> <p>fonctionnement inadéquat des équipements en aval dû à l'instabilité du produit (turbulence)</p>	inexistant	sphère calorifuge	Niveau3	<p>Système de refroidissement du gaz,</p> <p>Indicateur de température</p>
			Mise en équilibre avec température extérieure en été après la défaillance de la partie Clio génique (Corrosion ou fissure)					

	Température Basse	<p>Fuite sur les lignes de circulation du liquide, vannes 4 et 8</p> <p>Défaillance de l'échangeur qui se trouve juste après la vanne 8</p>	<p>modification des propriétés physiques/ mécaniques (fragilisation) des lignes de circulation du liquide (amont et aval des vannes 4 et 8) à cause du choc thermique</p> <p>Détérioration des équipements (four etc.) due à la présence de la phase liquide dans le produit,</p>	inexistant	sphère calorifuge	Niveau 1	Indicateur de température
Niveau	Niveau élevé	<p>bouchage des lignes de circulation dû à la défaillance des vannes 4 et 8 ou grippage des canalisations, erreur opérateur, alimentation en excès provoquée par la défaillance de l'indicateur de niveau (LI),</p>	<p>Accumulation du gaz en phase de remplissage et augmentation de pression</p> <p>charge excessive sur l'enceinte</p> <p>Retour du liquide vers la ligne de refoulement ou d'alimentation par les vannes (V2/ V3/ V4 / V21)</p>	Indicateur de niveau	soupapes et vannes	Niveau 2	Indicateur de niveau High high relié avec une alarme visuelle et sonore

		Niveau bas	<p>Consommation du gaz, fuite à l'intérieur de l'enceinte ou sur les lignes de canalisation suite à la corrosion ou une fragilisation (facteur externe), variation de température(augmentation) /Pression (diminution)</p> <p>défaillance des vannes V11 et V8</p> <p>erreur operateur en laissant les vannes V11 et V8 ouvertes</p>	<p>Perte économique en cas de fuite</p> <p>Alimentation insuffisante des équipements qui induit l'arrêt de fonctionnement</p>	Indicateur de niveau	vannes	Niveau2	Indicateur de niveau lowlow
		absence de niveau	<p>Grande fuite à l'intérieur de l'enceinte ou sur les lignes de canalisation suite à la corrosion ou une fragilisation (facteur externe)</p> <p>bouchage de la ligne d'alimentation ou défaillance des vannes(V2 ou V3)</p> <p>Conflit ou retard du sous-traitant</p>	<p>Perte économique due à l'arrêt de travail du shop et accumulation du retard</p> <p>Arrêt des machines due à l'absence d'alimentation</p>	Indicateur de niveau	vannes	Niveau3	/

pression	pression élevée	<p>Evaporation brutale due à une fuite ou a une augmentation de la température et absence d'évacuation</p> <p>Accumulation du gaz en phase de remplissage due à la défaillance de l'indicateur de pression,</p> <p>Erreur de l'opérateur et absence d'évacuation</p> <p>Erreur opérateur en laissant la vanne V8 ouverte (la ligne d'évaporation) ou défaillance de V8 (ouverture ;;)</p>	<p>Modification des propriétés physiques/ mécaniques(fragilisation)</p> <p>Explosion de l'enceinte</p> <p>Perte de confinement et Emission du gaz dans l'air(perte économique)</p> <p>Détérioration des équipements</p>	Indicateur de pression	soupapes et vannes disque de rupture	Niveau4	Système de refroidissement
	Basse Pression	<p>Diminution de la température fuite à l'intérieur de l'enceinte (fissure au niveau des parois intérieure ou extérieures) ou au niveau des lignes de circulation du liquide et du gaz).</p> <p>Soutirage exagéré ou erreur opérateur en laissant les vannes (V4 et V11) ouvertes.</p> <p>Diminution de la pression pendant la phase de soutirage du gaz et défaillance de la vanne V8 (blocage en position de fermeture)</p>	<p>modification des propriétés physiques et chimiques du produit</p> <p>Détérioration des équipements due l'insuffisance d'alimentation</p> <p>Arrêt des machines (pression d'alimentation inférieur à la pression de fonctionnement)</p>	Indicateur de pression	vannes	Niveau2	/

débit	Débit élevé	Augmentation de pression et ouverture des Régulateurs de pression (R7 et R9) Défaillance des régulateurs de pression et des vannes erreur operateur sur le positionnement des vannes (V4 et V3)	Instabilité et turbulence du produit d'où le changement de phase (Evaporation et augmentation de pression)	inexistante	soupapes vannes disque de rupture Régulateur de pression Clapet anti retour	Niveau I	Vérification périodique de positionnement des vannes V4 et V3
	Moins/absence ou inversement de débit	Présence de corps étrangers bouchage des vannes V2 V3 V4 Diminution de pression ou manque du produit au sein de l'enceinte Présence d'une fuite dans les canalisations d'alimentation ou circulation ou défaillance du clapet anti retour	Modification des proportions gaz/liquide au sein de l'enceinte Débordement en amont et changement de phase	Inexistant	Clapet anti retour Régulateur de pression	Niveau I	Détecteur de fuite de gaz

V.5. Interprétation des résultats du HAZOP :

L'étude HAZOP est une approche centrée essentiellement sur les systèmes complexes. Elle permet d'identifier les différentes dérives qui peuvent exister et qui engendrent des accidents et des incidents majeurs. Après une évaluation des conséquences des différents scénarios constatés dans le tableau V.1, Nous avons pu identifier l'événement le plus accidentel et le plus catastrophique, qui est la surpression des silos de stockage de gaz liquéfié, qui a pour origine différentes causes directes ou même indirectes, provoquant des conséquences importantes, dont des pertes humaines et économiques.

Les résultats du HAZOP montrent les niveaux de criticité qui sont illustrés dans la figure V.3

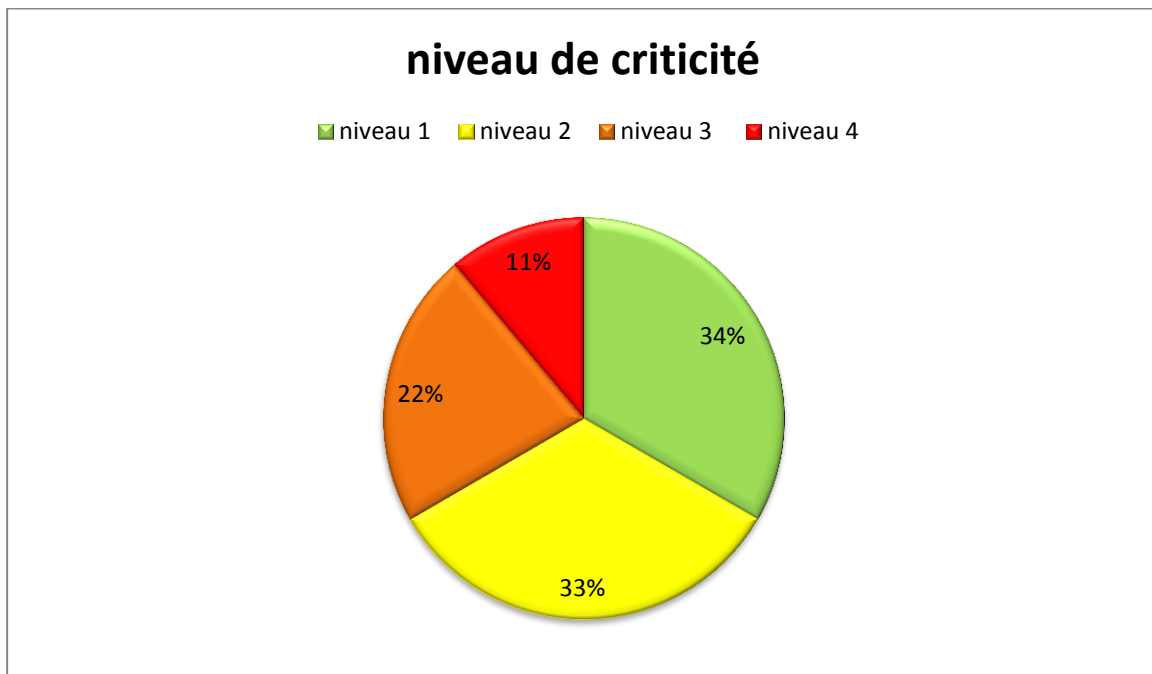


Fig. V. 3 les résultats de l'HAZOP

Les phénomènes dangereux qui ont un niveau de criticité de degré 1 représentent 34% des événements non souhaités (ENS) et qui sont connus par leurs conséquences :

- Premiers secours, feu de stade initial ou dommages mineurs à la propriété,
- L'interruption d'activité à court terme avec peu ou pas de coût pour l'entreprise,
- Déversement non déclarable

Les phénomènes dangereux qui ont un niveau de criticité de degré 2 représentent 33% des ENS et dont les conséquences sont :

- Blessure enregistrée.
- Incident qui entraîne l'interruption d'activité de 2 à 7 jours, les dommages et les coûts liés sont de l'ordre de \$ 250 000,
- Incendie, explosion, déversement / rejet nécessitant une assistance de réponse d'urgence sur place

Les phénomènes dangereux qui ont un niveau de criticité de degré 3 représentent 22% des ENS et qui sont connus par leurs conséquences telles que :

- Blessure d'un employé qui nécessite son admission à l'hôpital.
- Plusieurs blessures enregistrées par un seul accident.
- La détermination du statut de conformité volontaire signalé à un organisme de réglementation entraînant l'interruption des affaires plus de 7 jours et les dommages ou les coûts liés estimés à 1 million \$,
- Eaux usées ou pollution atmosphérique, incendie, explosion et de déversement / rejet.

Les phénomènes dangereux qui ont un niveau de criticité de degré 4 représentent 11% des ENS et qui sont connus par leurs conséquences telles que :

- Fatalité.
- Une incapacité totale permanente.
- Incident signalé à un organisme de réglementation qui entraîne l'interruption d'activité de 1 mois ou plus et une perte de 1 million ou plus \$
- Incident qui résulte de l'impact sur la communauté ou sur l'environnement et qui déclenche une interruption de service public et / ou des mesures de protection de la communauté de précaution telles que les évacuations ou abritant en place

La méthode présente différents avantages et inconvénients, bien que les études HAZOP aient fait preuve d'une extrême utilité dans différents milieux, surtout sur le système thermo-hydraulique

comme c'est le cas de notre système. La technique a ses limites, d'où la nécessité de faire appel à d'autres méthodes complémentaires telles que l'arbre de défaillance et l'arbre d'événement.

L'étude HAZOP facilite l'identification des dangers et examine méthodiquement les effets des déviations sur chaque partie du système. Parfois, un danger provient d'une interaction entre un certain nombre de parties du système. Ceci impose une étude plus détaillée du danger, faisant appel à des techniques telles que l'analyse par arbre d'événements ou l'analyse par arbre de défaillance. Cette technique d'identification de danger liée à l'exploitation, est utilisée en combinaison avec d'autres techniques appropriées au système étudié. Il est essentiel d'intégrer d'autres études pertinentes pour obtenir un système efficace de gestion des risques.

Nous avons clairement indiqué que les qualités de fonctionnement d'une entité spécifique de l'équipement sont critiques et doivent être examinées en profondeur ceci nous a conduit à compléter l'étude HAZOP par d'autres méthodes quantitatives, l'étude HAZOP a montré des déviations par élément et par caractéristiques. Il est possible d'analyser l'effet de déviations multiples et de **quantifier l'éventualité des défaillances en utilisant un arbre de défaillance et d'événement**

V.6. Arbre de défaillance :

D'après les résultats de l'étude HAZOP, nous avons constaté que l'événement le plus destructif et le plus dangereux est l'augmentation de pression dans le silo. L'identification des causes profondes s'impose afin, d'estimer la probabilité de survenance du scénario accidentel. Nous avons pu identifier à travers l'étude HAZOP, trois (03) causes directes avec l'ENS qui sont :

- L'accumulation du gaz en phase de remplissage
- L'ouverture de la ligne d'évaporation qui a comme but d'assurer une pression constante à l'intérieur du silo.
- L'évaporation brutale du liquide due à la défaillance de la partie calorifuge du silo.

D'où nous avons opté pour la construction d'un arbre de défaillance globale à l'aide d'un logiciel qui s'intitule « logiciel Arbre –analyste » afin de déterminer les différents événements intermédiaires et les événements de base qui peuvent engendrer, une augmentation de pression au sein des silos de stockage.

Nous avons utilisé le logiciel Arbre-Analyste Version 1.1.1 Stable – du 17/04/2015 pour la construction de l'Add représentée sur la figure V.4.

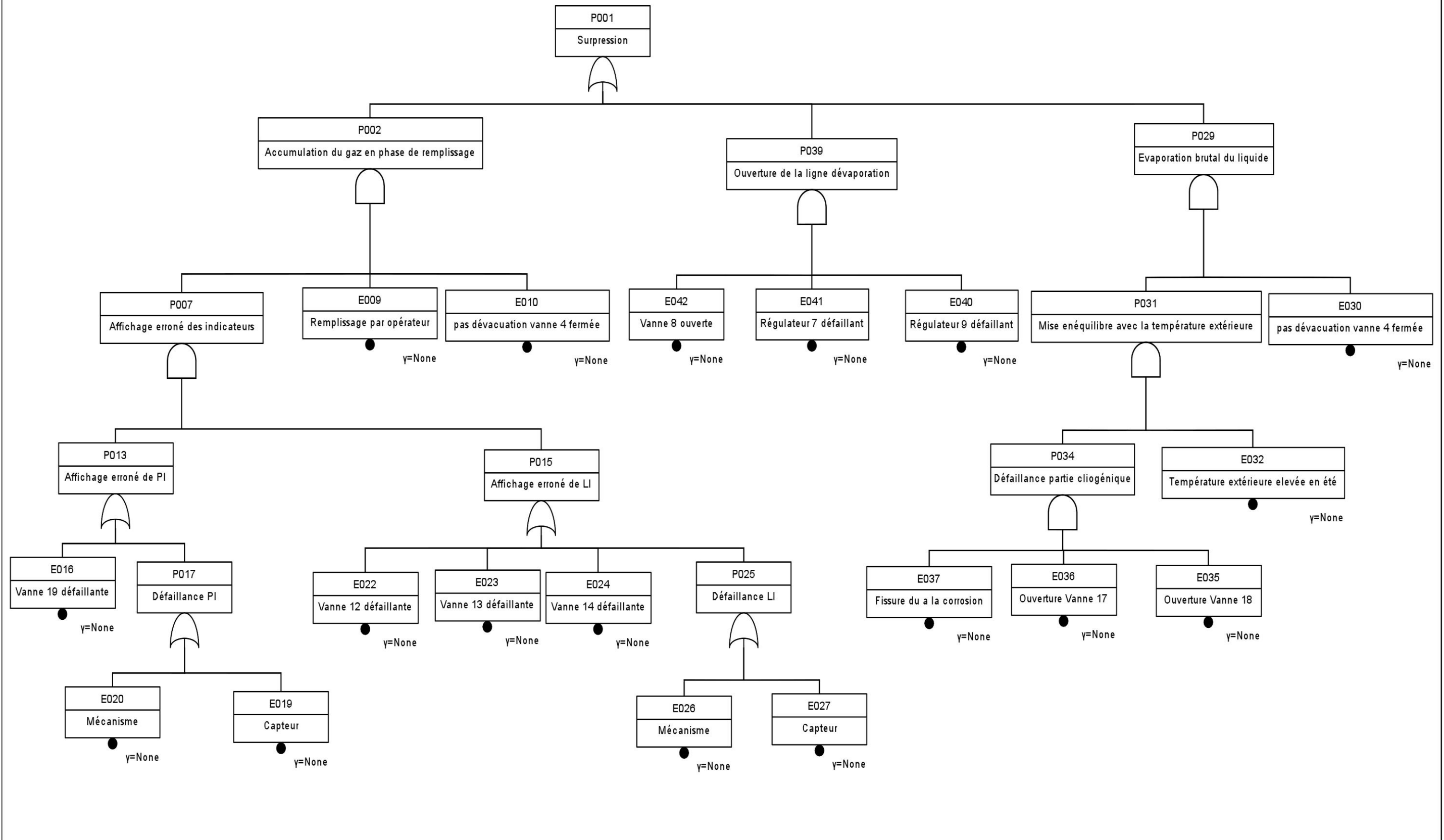


Fig. V. 4 Arbre de défaillance

V.6.1. Réduction de l'arbre de défaillance :

La description mathématique de notre arbre est :

P_{ni} : la fréquence d'occurrence de l'événement i .

$$P(\text{ENS})=P_{002} + P_{039} + P_{029}\dots(0)$$

$$P_{002}= P_{007} *P_{009} *P_{010}\dots\dots\dots(1)$$

$$\text{Et } P_{007}= P_{013} *P_{015}\dots (2)$$

$$P_{013}=P_{016} + P_{017}\dots\dots(3) \quad \text{avec} \quad P_{017}= P_{020} + P_{019}\dots\dots(4)$$

$$P_{0015}= P_{022} + P_{023} + P_{024} + P_{025}\dots (5) \quad \text{avec} \quad P_{025} = P_{026} + P_{027}\dots (6)$$

$$(4) \text{ dans } (3) \text{ on a : } P_{013}=P_{016}+P_{020} +P_{019}\dots (7)$$

$$(6) \text{ dans } (5) \text{ on a : } P_{015}=P_{022}+P_{023}+P_{024} +P_{026}+P_{027}\dots(8)$$

$$(7) \text{ et } (8) \text{ dans } (2) \text{ on a : } P_{007} = (P_{016} + P_{020} +P_{019}) *(P_{022}+P_{023}+P_{024}+P_{026}+P_{027})\dots\dots(8)'$$

D'où

$$*P_{002}= (P_{016} + P_{020} +P_{019}) * (P_{022}+P_{023}+P_{024}+P_{026}+P_{027}) * P_{009} *P_{010} \dots\dots\dots (A)$$

$$*P_{039}= P_{042} * P_{041} *P_{040} \dots\dots\dots (B)$$

Simplification du P_{029} :

$$P_{029}= P_{031} * P_{030} \dots\dots (9)$$

$$P_{031}= P_{034} * P_{032}\dots\dots\dots (10) \quad \text{avec} \quad P_{034}= P_{037} + P_{036} +P_{035} \dots\dots\dots(11)$$

$$(10) \text{ dans } (9) \text{ on a : } P_{029}= P_{034} * P_{032} * P_{030} \dots\dots\dots(12)$$

$$P_{029}= (P_{037}+P_{036}+P_{035})*P_{032} *P_{030}\dots\dots\dots(C)$$

On remplace (A) et (B) et (C) dans (0) :

$$P(\text{ENS})= (P_{016} + P_{020} +P_{019}) * (P_{022}+P_{023}+P_{024}+P_{026}+P_{027}) * P_{009} *P_{010} + P_{042} * P_{041} *P_{040} + (P_{037}+P_{036}+P_{035})*P_{032} *P_{030}$$

V.6.2. Simplification:

$$\begin{aligned}
 P(ENS) = & P016 * P022 * P009 * P010 + P016 * P023 * P009 * P010 + P016 \\
 & * P023 * P009 * P010 + P016 * P024 * P009 * P010 + P016 * P026 * P009 * P010 + P016 * P027 * P009 * P010 \\
 & + P020 * P022 * P009 * P010 + P020 * P023 * P009 * P010 + P020 * P024 * P009 * P010 + P020 * P026 * P009 \\
 & * P010 + P020 * P027 * P009 * P010 + P019 * P022 * P009 * P010 + P019 * P023 * P009 * P010 + P019 * P024 \\
 & * P009 * P010 + P019 * P026 * P009 * P010 + P019 * P027 * P009 * P010 + 9042 + P041 + P040 + P037 * P032 \\
 & * P030 + P036 * P032 * P030 + P035 * P032 * P030.
 \end{aligned}$$

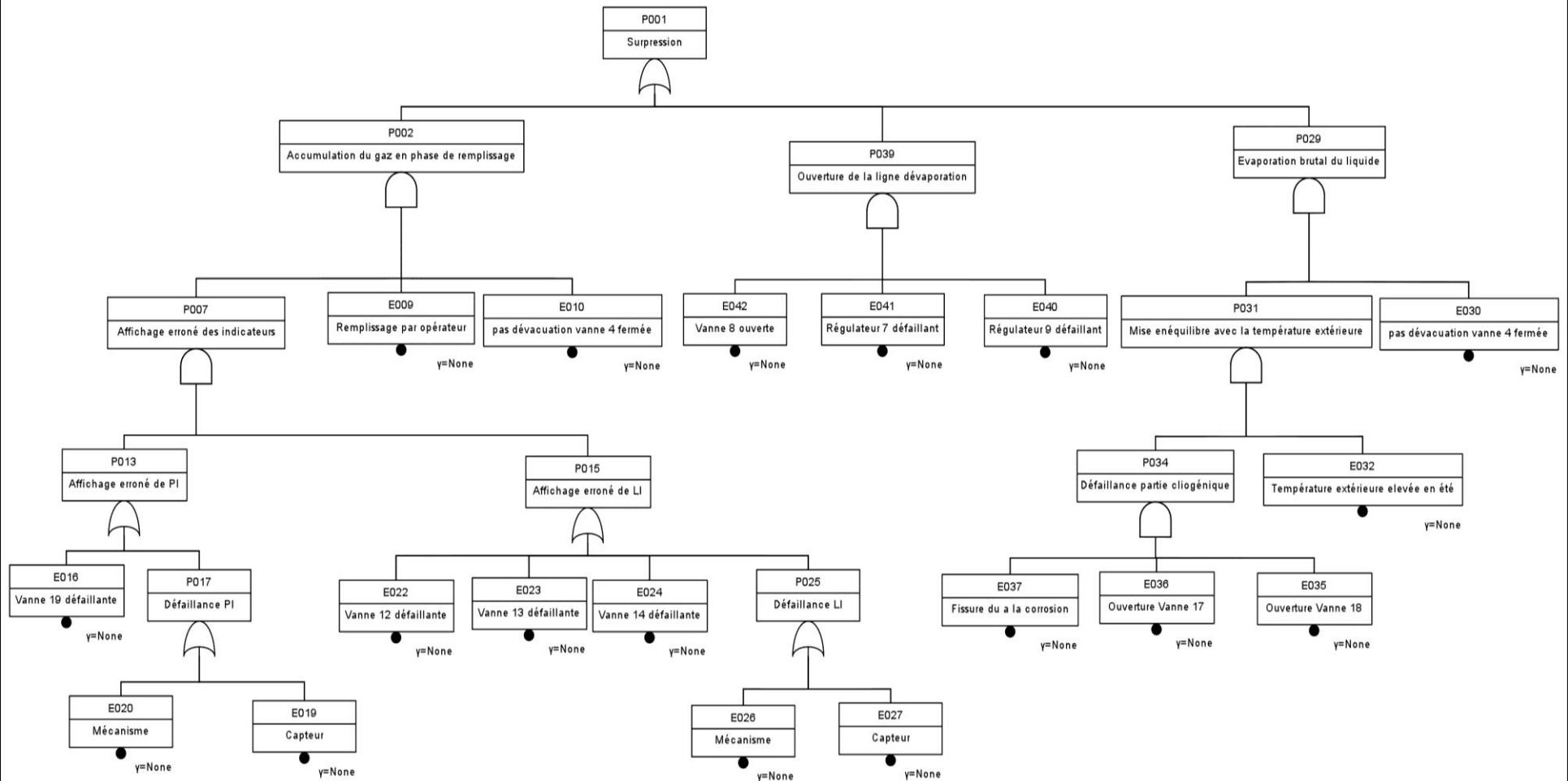
On a

$$\left\{ \begin{array}{l} P020 = P026 : \text{m\^eme \xe9v\^enement.} \\ P019 = P027 : \text{m\^eme \xe9v\^enement} \\ P010 = P030 : \text{m\^eme \xe9v\^enement} \end{array} \right.$$

Donc :

$$\begin{aligned}
 P(ENS) = & P016 * P022 * P009 * P010 + P016 * P023 * P009 * P010 \\
 & + P016 * P024 * P009 * P010 + P016 * P020 * P009 * P010 + P016 * P019 * P009 * P010 + P020 * P022 * P009 \\
 & * P010 + P020 * P023 * P009 * P010 + P020 * P024 * P009 * P010 + P020 * P009 * P010 + P020 * P019 * P009 \\
 & * P010 + P019 * P022 * P009 * P010 + P019 * P023 * P009 * P010 + P019 * P024 * P009 * P010 + P019 * P020 \\
 & * P009 * P010 + P019 * P009 * P010 + P042 * P041 * P040 + P037 * P032 * P010 + P036 * P032 * P010 + P035 \\
 & * P032 * P010.
 \end{aligned}$$

V.6.3. Nouvelle Arbre de défaillance :



V.6.4. Tableaux des PFD: (ICSI's Initiating event frequency working group, 2009)

Lorsqu'on se base sur les calculs de la fréquence d'occurrence de l'événement redouté central (ERC), on perd de l'information sur les éléments conduisant à l'ERC, sur l'effet de l'ensemble des barrières de prévention. On ne sait pas quelles barrières ont été prises en compte implicitement dans le chiffre fourni ; on ne sait pas si les effets dominos sont intégrés ou non. Pour cette raison, nous avons cherché dans ce chapitre à quantifier la fréquence d'occurrence des événements initiateurs, plutôt que celles des événements redoutés centraux. Le tableau V.2 donne les valeurs des PFD de nos événements élémentaires.

Tableau V. 2 Les valeurs de PFD pour l'arbre de défaillance

Evénement	Fonctionnement accidentel (ouverture ou fermeture inopinée) d'une vanne
Valeur	Valeur type entre 10^{-2} /ans
Evénement	Défaillance d'un régulateur
Valeur	Valeur type : 10^{-1} /ans
Evénement	Défaillance d'un système (mécanisme)
Valeur	Valeur type : 10^{-1} /ans
Evénement	Défaillance des capteurs
Valeur	Valeur type : 10^{-1} /ans
Evénement	Corrosion d'un équipement, entraînant une perte de confinement
Valeur	Traitement au cas par cas : difficile de fournir une fréquence d'occurrence 10^{-2} /ans
Observations	Dans certaines branches d'activité, ce type d'événement ne peut pas s'associer à une fréquence d'occurrence, En effet, on supposera que le matériau est adapté au produit transporté; il n'est pas pertinent de faire des études de sécurité sur l'utilisation inappropriée d'un équipement,

Pour faciliter le calcul de la fréquence d'occurrence de l'événement non souhaité, on a remplacé les événements qui ont la même fréquence d'occurrence par un seul événement, pour notre cas, il s'agit de la défaillance des différentes vannes présentes dans notre équation.

V.6.5. Les nouvelles simplifications :

$$P_{016}=P_{022}=P_{023}=P_{024}=P_{042}=P_{030}=P_{036}=P_{035}=P_{10}=P_d=10^{-1}.$$

D'où

$$P(ENS)=P_d * P_d * P_{009} * (P_d + P_d) * P_d * P_{009} * (P_d + P_d) * P_d * P_{009} * P_d + P_d * P_{009} * P_d + P_d * P_{020} * P_{009} * P_d + P_d * P_{019} * P_{009} * P_d + P_{020} * P_d * P_{009} * P_d + P_{020} * P_d * P_{009} * P_d + P_{020} * P_d * P_{009} * P_d + P_{020} * P_{009} * P_d + P_{020} * P_{009} * P_d + P_{020} * P_{019} * P_{009} * P_d + P_{019} * P_d * P_{009} * P_d + P_{019} * P_d * P_{009} * P_d + P_{019} * P_d * P_{009} * P_d + P_{019} * P_d * P_{009} * P_d + P_{019} * P_{020} * P_{009} * P_d + P_{019} * P_{009} * P_d + P_d * P_{041} * P_{040} + P_{037} * P_{032} * P_d + P_d * P_{032} * P_d + P_d * P_{032} * P_d.$$

$$P(ENS)=P_d^3 * P_{009} + P_d^3 * P_{009} + P_d^3 * P_{009} + P_d^2 * P_{020} * P_{009} + P_d^2 * P_{019} * P_{009} + P_{020} * P_d^2 * P_{009} + P_{020} * P_d^2 * P_{009} + P_{020} * P_d^2 * P_{009} + P_{020} * P_{009} * P_d + P_{020} * P_{019} * P_{009} * P_d + P_{019} * P_d^2 * P_{009} + P_{019} * P_d^2 * P_{009} + P_{019} * P_d^2 * P_{009} + P_{019} * P_{020} * P_{009} * P_d + P_{019} * P_{009} * P_d + P_d * P_{041} * P_{040} + P_{037} * P_{032} * P_d + P_d^2 * P_{032} + P_d^2 * P_{032}.$$

$$P(ENS)=3 * P_d^3 * P_{009} + 4 * P_d^2 * P_{020} * P_{009} + 4 * P_d^2 * P_{019} * P_{009} + 2 * P_{020} * P_{019} * P_{009} * P_d + P_d * P_{041} * P_{040} + P_{037} * P_{032} * P_d + 2 * P_d^2 * P_{032} + P_{020} * P_{009} * P_d + P_{019} * P_{009} * P_d.$$

Fréquence de remplissage=4fois /ans.

Fréquence de T° élevé=30 fois/ans.

Application Numérique :

$$P(ENS)=3 * 0.1^3 * 4 + 4 * 0.1^2 * 0.1 * 4 + 4 * 0.1^2 * 0.1 * 4 + 2 * 0.1 * 0.1 * 4 * 0.1 + 0.1 * 0.1 * 0.1 + 0.01 * 30 * 0.1 + 2 * 0.1^2 * 30 + 0.1 * 4 * 0.1 + 0.1 * 4 * 0.01$$

$$P(ENS)=0.76 \text{ fois/ans}$$

Le résultat montre que la fréquence d'occurrence de notre événement non souhaité qui est l'augmentation de pression par rapport à la pression de service est de 1 fois dans environ 16mois.

V.7. Arbre d'événement :

Afin de prévenir et/ou limiter les conséquences en cas de survenue de l'événement non souhaiter, en prenant en compte les barrières des sécurités (ou mesure de maîtrise des risques). Selon le fonctionnement ou non de ces barrières, les conséquences observées sont d'occurrence et d'intensité différentes. Afin de mener une analyse exhaustive, il est nécessaire de disposer d'une méthode qui permette de définir précisément l'ensemble des conséquences observables. Pour ce faire, la méthode de l'arbre d'événements est reconnue comme une méthode efficace.

La figure V.6 illustre l'arbre d'événement de notre ENS qui est la surpression de silo.

Les valeurs des PFD des barrières de sécurité pour l'arbre d'événement. Concernant les barrières de protection, on distingue deux valeurs :

- sa disponibilité, au sens du PFD (Probability of Failure on Demand, ou probabilité de défaillance à la sollicitation);
- son efficacité, c'est à dire sa capacité à réduire les effets du phénomène dangereux. Une efficacité de 100% voudrait dire que l'on a entièrement éliminé l'impact du phénomène.

Tableau V. 3 les valeur des PFD des barrières de sécurité 7

Barrière	Soupape de prévention ou protection surpression/dépression
Valeur	Valeur type : 10^{-1} /ans
Observation	<p>La valeur donnée concerne le fonctionnement en sécurité de la soupape (non ouverture sur sollicitation),</p> <p>Facteur de réduction de la probabilité de défaillance:</p> <p>Procédures d'observation/inspection</p> <p>qualité de la procédure de montage</p> <p>qualité du produit</p> <p>...Facteur d'augmentation de la probabilité de défaillance :</p> <p>Produit encrassant ou corrosif</p> <p>Température du produit</p> <p>....</p>
Barrière	Disque de rupture

Valeur	Valeur typique de PFD : entre 10^{-2} /ans et 10^{-3} /ans
Observation	Les disques de rupture sont souvent couplés à une soupape de protection
Evénement	Non ouverture de la vanne
Valeur	Valeur type : 10^{-1} /ans

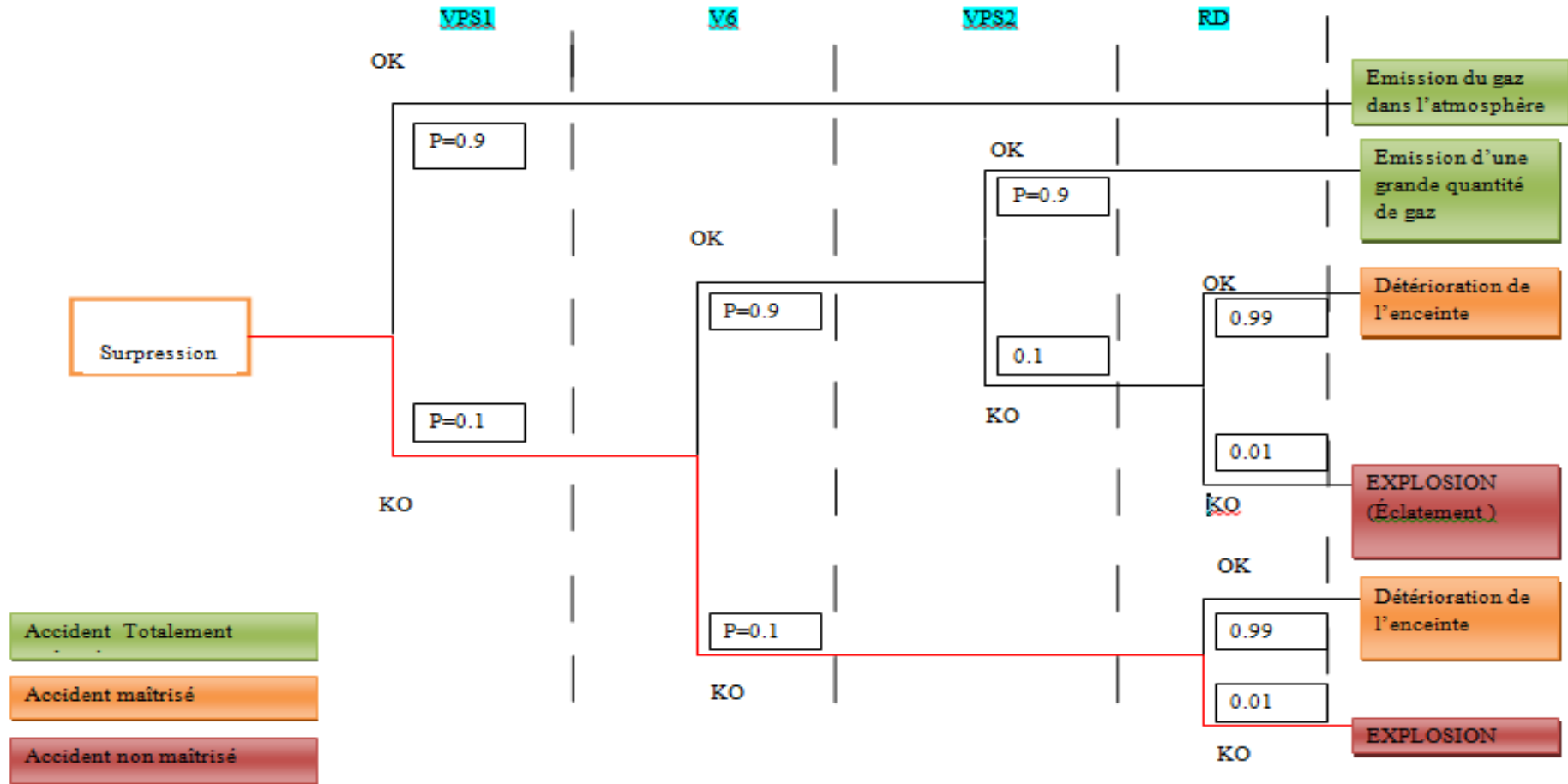


Fig. V. 6 Arbre d'événement

Calcul de la fréquence de l'événement redouté (F_c) :

FIE : La Fréquence de l'événement initiateur

F_c : Fréquence moyenne de réalisation de la conséquence C (toutes les barrières sont défaillantes).

PDF_{moy} : la probabilité moyenne de défaillance sur demande de la barrière

Suppression : la défaillance de ce système conduit à l'augmentation de la pression au sein du réservoir (événement initiateur) : $FIE = P(ENS) = 0.76/\text{an}$.

La fréquence tolérable F_t est établie à $10^{-5}/\text{an}$ selon la norme CEI 61882.

$$F_c = F_{IE} * PFD^{DRV} * PFD^{V6} * PFD^{RD} \dots\dots\dots(1)$$

$$F_c = 0.76 * 0.1 * 0.1 * 0.001 \dots\dots\dots(2)$$

$$F_c = 7.6 * 10^{-5} > 10^{-5} \dots\dots\dots(3)$$

D'où nous devons trouver le SIL requi pour le SIS qui peut réaliser cette réduction,

Concept des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS):

Les SIS sont des composantes essentielles des dispositifs de prévention des installations industrielles. La définition des fonctions de sécurité, la conception, la maintenance, et la modification des systèmes doivent assurer la disponibilité et la fiabilité de la fonction de sécurité en toute circonstance. Les meilleures pratiques disponibles dans le management des SIS ont été décrites dans la norme [IEC-61511, 2000] pour les industries de procédé.

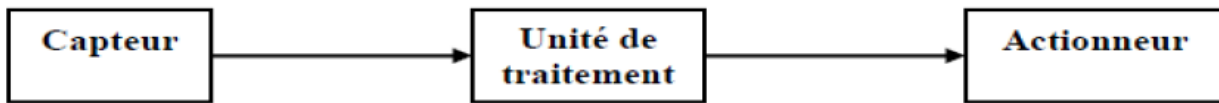
- **La norme [IEC-61511, 2000], définit les systèmes instrumentés de sécurité de la façon suivante : « *Système instrumenté utilisé pour mettre en œuvre une ou plusieurs fonctions instrumentées de sécurité (SIF)* ».**
- ❖ **Définition et Rôle d'un SIS :**

Les systèmes instrumentés de sécurité (SIS) sont des combinaisons de capteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs (équipements de sécurité) ayant pour objectif de remplir une fonction ou sous-fonction de sécurité. Il nécessite une énergie extérieure pour initier ses composants et mener à bien sa fonction de sécurité [INERIS DRA 73, 2008].

C'est un système visant à mettre le procédé en position de replis de sécurité lorsque qu'il évolue vers une voie comportant un risque réel l'environnement (explosion, feu ...), c'est-à-dire un état stable ne présentant pas de risque pour les personnes, l'environnement ou les biens.

❖ Composition d'un SIS :

Les SIS sont constitués de différents éléments unitaires reliés entre eux par des moyens de transmissions. Au minimum, on retrouve en série un capteur, une unité de traitement et un



actionneur.

Figure V.7 – Schéma d'un SIS simple [INERIS DRA 73, 2008]

❖ Niveau d'intégrité de sécurité (SIL) :

Le niveau d'intégrité de sécurité est défini comme la probabilité pour qu'un système relatif à la sécurité exécute de manière satisfaisante les fonctions de sécurité requises (SIF) dans toutes les conditions spécifiées et dans une période de temps spécifiée.

Les normes de sécurité fonctionnelle [IEC-61508, 1998] et [IEC-61511, 2000] définissent une démarche d'analyse du niveau d'intégrité de sécurité (SIL) d'un système. Elles permettent de définir le niveau SIL qui doit être atteint par un SIS qui réalise la fonction de sécurité suite à une analyse de risque. Plus le SIL a une valeur élevée plus la réduction du risque est importante.

Les SIS sont classés en quatre niveaux SIL qui se caractérisent par des indicateurs discrets positionnés sur une échelle de un à quatre niveaux (Tableau V.4). Les SIL sont employés pour spécifier les exigences de sécurité des fonctions de sécurité réalisées par des systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité selon la norme [IEC-61508, 1998].

Tableau V. 4 Les valeur des SIL

Niveau d'intégrité de sécurité (SIL)	Mode de fonctionnement à faible sollicitation (PFD_{moy})
4	$\geq 10^{-5} a \leq 10^{-4}$
3	$\geq 10^{-4} a \leq 10^{-3}$
2	$\geq 10^{-3} a \leq 10^{-2}$
1	$\geq 10^{-2} a \leq 10^{-1}$

Le SIL requis de notre système :

$$PFD_{sis} \leq \frac{10^{-5}}{FIE * PFDSdv * PFDv6} = \frac{10^{-5}}{7.6 * 10^{-5}} = 0.13 \longrightarrow \text{SIL1 est requis.}$$

V.8. Conclusion :

Ce chapitre nous permis d'identifier et de mettre en évidence un certain nombre des risques essentiels au niveau de l'unité ALGESCO. Ces derniers nous ont permis, après une évaluation quantitative, de déterminer la probabilité d'apparence de l'ENS et du phénomène dangereux avec estimation de leurs effets.

Nous avons constaté qu'une réduction supplémentaire de risque s'impose. Nous avons décidé d'installer un système de régulation de pression qui aurait comme fonction la détection (au moyen du capteur PS) de la surpression et l'ouverture de la ligne aval via la vanne pneumatique

CHAPITRE VI : Etude technique sur les barrières de sécurité

VI.1. Introduction :

Dans ce chapitre nous allons établir une étude technique sur les barrières de sécurité proposée dans les chapitres IV, Nous allons proposer, en première partie un système de régulation de pression avec vanne pneumatique comme actionneur qui convient à notre système afin de mieux maîtriser le risque d'éclatement.

En 2ème partie nous allons établir une étude de dimensionnement du réseau incendie.

En 3ème partie nous allons élaborer un JSA qui est une procédure d'analyse de la sécurité au poste de travail relative à l'opération de revêtement thermique.

VI.2. Système de régulation de pression avec vanne pneumatique comme actionneur

VI.2.1. Généralité sur les vannes :

Différents types de vannes sont utilisées dans différent domaine, nous citons en l'occurrence la figure V1.1.

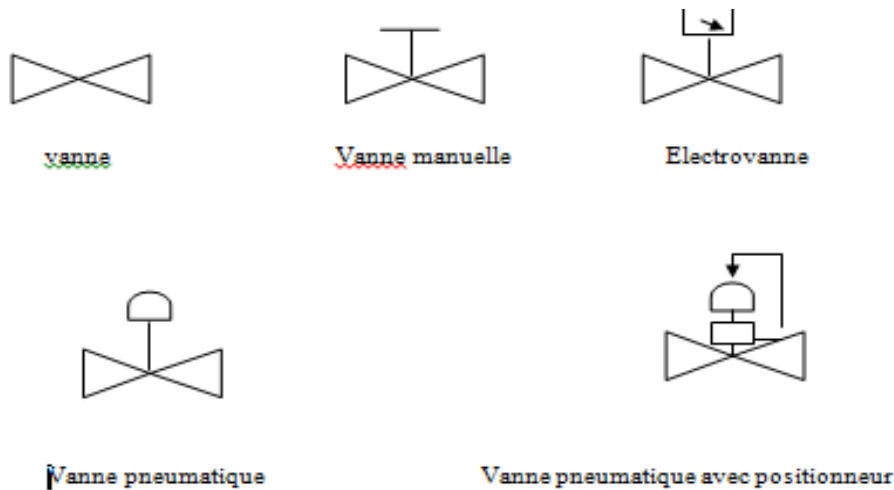


Fig. VI. 1 les Types de vannes

Les types de vannes qui feront l'objet de notre étude sont :

La vanne de régulation est utilisée comme organe de réglage dans différentes boucles de régulation.

La vanne de réglage devra être conçue et fabriquée de manière à fonctionner correctement, avec un minimum d'entretien, malgré un certain nombre de problèmes posés par le fluide et par son environnement.

Le fluide qui passe dans la vanne de réglage peut être :

- corrosif (attaque chimique des matériaux);
- charge de particules solides (érosion, encrassement de la vanne) ;
- charge de bulles gazeuses, ou constitue d'un mélange de liquides et de gaz non homogènes ;
- visqueux (exemple l'huile) ;
- inflammable ou explosif en présence de l'air, d'une étincelle ;
- toxique, donc dangereux en cas de fuite ;
- dangereux, car il peut se transformer chimiquement tout seul (polymérisation) ou réagir avec d'autres produits, parfois violemment ;
- un liquide qui se solidifie lorsque la température baisse (cristallisation);
- un liquide qui se vaporise lorsque la température augmente ou la pression diminue ;
- une vapeur qui se condense lorsque la température baisse ou la pression augmente ;

L'analyse approfondie et la résolution des problèmes dus au fonctionnement de la vanne, doivent permettre d'assurer la sécurité du personnel et des installations.

L'environnement extérieur à la vanne peut poser certains problèmes à son fonctionnement tels que :

- Atmosphère explosive, corrosive, sèche ou humide, poussiéreuse, chaude ou froide...
- Vibrations, dues par exemple à une machine voisine ;
- Parasites, dus à des appareils demandant une grande puissance électrique.

VI.2.2. Éléments constituant la vanne de réglage

La vanne est constituée des éléments principaux et des éléments auxiliaires,

Les éléments principaux sont (figure VI.2)

- le servomoteur : c'est l'élément qui assure la conversion du signal de commande en mouvement de la vanne;
- le corps de vanne : c'est l'élément qui assure le réglage du débit.

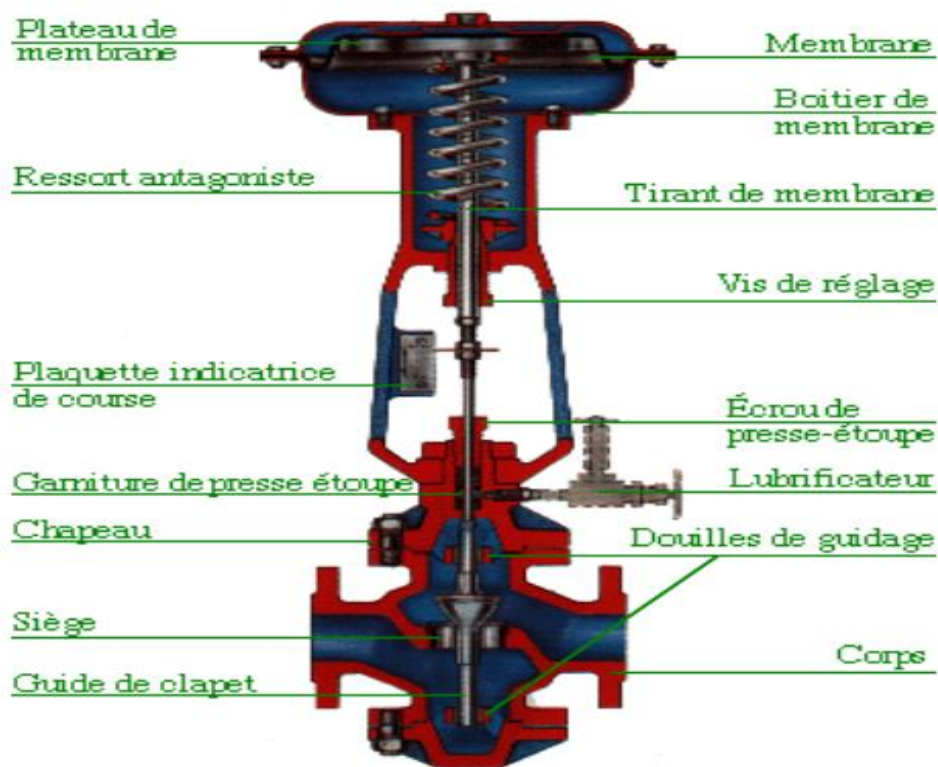


Fig. VI. 2 Les éléments de la vanne de réglage.

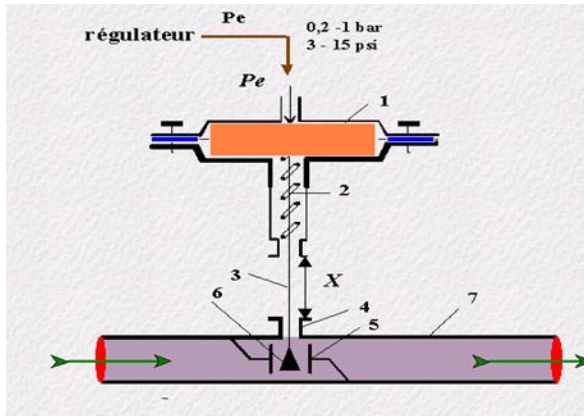
Les éléments auxiliaires sont :

- Un contacteur de début et de fin de course ;
- Une recopie de la position ;
- Un filtre détendeur ;

- Un positionneur : il règle l'ouverture de la vanne en accord avec le signal de commande.

Dans un système de canalisation, la pression de l'écoulement doit être contrôlée par le biais d'une vanne de régulation.

VI.2.3. Modélisation de la vanne pneumatique :



P_a : pression provenant du régulateur.

X : Déplacement de la tige 3

f : frottement

M : masse de la partie en mouvement

Fig. VI. 3 Diagramme de la vanne pneumatique

La vanne pneumatique est un des actionneurs les plus courants dans les procédés industriels. Le schéma d'une vanne pneumatique est donné par la figure VI.3.

La position du piston contrôle l'ouverture par laquelle doit passer le fluide et par conséquent règle le débit à travers la vanne. La position du piston est déterminée par la sommation des forces qui agissent sur lui :

- F_p : C'est la force de l'air comprimé qui agit sur le diaphragme. Cette force est orientée vers le bas et est égale à la pression de l'air (P_a) multipliée par la surface du diaphragme (A):

$$F_p = P_a A \dots \dots \dots (1)$$

- F_r : C'est la force de rappel créée par le ressort de raideur K_r . Cette force est orientée vers le haut (le ressort est toujours en compression) et est égale à:

$$F_r = -K_r x \dots \dots \dots (2)$$

- F_f : C'est la force de frottement résultant du contact étroit entre le piston et le joint d'étanchéité (K_f est le coefficient de frottement du joint). Cette force est orientée dans le sens contraire de la vitesse de déplacement du piston et est égale à:

$$F_f = -K_f \frac{dx}{dt} \dots \dots \dots (3)$$

- F_g : C'est la force de gravité. Cette force est orientée vers le bas et est égale à la masse M du piston multipliée par l'accélération gravitationnelle:

$$F_g = Mg \dots \dots \dots (4)$$

➤ L'application de la loi de Newton conduit à l'expression suivante:

$$P_a A - K_r x - K_f \frac{dx}{dt} + Mg = M \frac{d^2 x}{dt^2} \dots \dots \dots (5)$$

Puisque la force de gravité est négligeable par rapport aux autres, la fonction de transfert correspondante à l'équation précédente est:

$$P_a A - K_r x - K_f \frac{dx}{dt} = M \frac{d^2 x}{dt^2} \dots \dots \dots (5)$$

En appliquant le changement de la place on a :

$$\frac{dx}{dt} = S * x(s) \text{ et } \frac{d^2 x}{dt^2} = S^2 * x(s) \dots \dots \dots (6)$$

L'équation 5 devient :

$$P_a A - K_r * x(s) - K_f * s * x(s) = M * s^2 * x(s) \dots \dots \dots (7)$$

$$X(s) (M * s^2 + K_f * s + K_r) = P_a A \dots \dots \dots (8)$$

$$\frac{X(s)}{P_a(s)} = \frac{A}{M s^2 + K_f s + K_r} \dots \dots \dots (9)$$

$$= \frac{\frac{A}{K_r}}{\frac{M}{K_r} s^2 + \frac{K_f}{K_r} s + 1} \dots \dots \dots (10)$$

$$= \frac{A0}{\frac{s^2}{\omega_0^2} + \frac{2 * \xi}{\omega_0} s + 1} \dots \dots \dots (12)$$

Remarque :

Dans la majorité des cas la vanne se comporte comme un système du second ordre. De plus, habituellement, le terme M/K_r est également négligeable. La fonction de transfert devient une dynamique du premier ordre:

$$\frac{X(s)}{P_a(s)} = \frac{\frac{A}{K_r}}{\frac{K_f}{K_r} s + 1} \dots \dots \dots (A)$$

$$= \frac{A0}{\frac{2 * \xi}{\omega_0} s + 1} \dots \dots \dots (A')$$

Dans notre cas on recommande une vanne qui a un comportement de second ordre :

Avec les caractéristiques suivantes:

$$A=0.02 ; \omega_0=10 ; \xi=0.8 \dots \dots \dots (9) \text{ Parker (2011)}$$

VI.2.4. Régulation :

VI.2.4.1. Principe de la régulation :

La grandeur à réguler est mesurée de façon continue pour être comparée avec une valeur consigne donnée en entrée du système. La régulation devra, en fonction du résultat de la comparaison, rapprocher la valeur à réguler de la consigne.

Le régulateur est l'élément central d'un asservissement. Il évalue l'erreur calculée par le comparateur, c'est à dire l'écart entre la sortie et la consigne. Il en déduit une valeur de correction à transmettre au procédé afin de corriger la sortie.

Les régulateurs proportionnel intégral (PI) et proportionnel intégral dérivé (PID), sont très répandus, car historiquement, ils faisaient appel pour leur réalisation à des techniques analogiques. A l'heure actuelle, bien que l'approche numérique soit prédominante, l'utilisation des PI, PID perdure, car elle est robuste et n'exige pas une connaissance précise de la dynamique du procédé à commander.

VI.2.4.2. Application du model de NASLIN :

Dans notre cas nous avons choisis d'utiliser un régulateur PI par l'application du Model de NASLIN.

Pour définir les actions proportionnelles et intégrales il faut deux équations, La fonction de transfert en boucle fermée doit donc être du troisième ordre. Le régulateur étant du premier ordre le modèle de comportement du processus devra être du second ordre.

Soit :

$$P(s) = \frac{b_0}{1+a_1.s+a_2.s^2} = \frac{b_0}{\frac{s^2}{w_0^2} + \frac{2\xi}{w_0}.s + 1} \text{ et } K(s) = K_p * \left(\frac{1+T_i.s}{T_i.s} \right) \dots\dots\dots(1)$$

Avec

$$b_0 = 0.02 \dots\dots\dots(2)$$

$$a_1 = \frac{2\xi}{w_0} = \frac{2*0.8}{10} = 0.16 \dots\dots\dots(3)$$

$$a_2 = \frac{1}{w_0^2} = \frac{1}{100} = 10^{-2} \dots\dots\dots(4)$$

La fonction de transfert en asservissement est alors :

$$\Gamma(s) = \frac{K_p.b_0.(1+T_i.s)}{K_p.b_0 + T_i.(K_p.b_0 + 1).s + a_1.T_i.s^2 + a_2.T_i.s^3} \dots\dots\dots(5)$$

Les deux coefficients de NASLIN valent :

$$\alpha = \frac{Ti.(Kp.b0+1)^2}{Kp.b0.a1} \dots\dots\dots(6) \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{a1^2}{a2.(Kp.b0+1)} \dots\dots\dots(7)$$

En résolvant ces deux équations les réglages du PI sont :

$$Kp = \frac{a1^2 - a*a2}{a.a2.b0} \dots\dots\dots (7) \qquad Ti = \frac{a^2*a2*(a1^2 - a*a2)}{a1^3} \dots\dots\dots(8)$$

Vue que dans notre cas $\xi = 0.8 > 0.7$ donc le réglage est possible pour $\alpha = 2$, car le processus n'est pas trop oscillatoire.

Application numérique :

On a :

$$b0 = 0.02 \dots\dots\dots(2)$$

$$a1 = \frac{2\xi}{w0} = \frac{2*0.8}{10} = 0.16 \dots\dots\dots(3)$$

$$a2 = \frac{1}{w0^2} = \frac{1}{100} = 10^{-2} \dots\dots\dots(4)$$

D'où :

$$Kp = \frac{0.16^2 - 2*0.01}{2*0.01*10} \dots\dots\dots(9)$$

Kp=0.028.

$$Ti = \frac{2^2*0.01*(0.16^2 - 2*0.01)}{0.16^3} \dots\dots\dots(10)$$

Ti=0.055.

$$\Gamma(s) = \frac{Kp.b0.(1+Ti.s)}{Kp.b0+Ti.(Kp.b0+1).s+a1.Ti.s^2+a2.Ti.s^3} \dots\dots\dots(11)$$

$$= \frac{14*10.(1+0.055.s)}{14*10+0.055*(14*10+1).s+0.16*0.055*s^2+0.01*0.055*s^3} \dots\dots\dots(12)$$

$$\Gamma(s) = \frac{7.7s+140}{140+7.755s+0.0088s^2+5.5*10^{-4}s^3} \dots\dots\dots(13)$$

VI.2.4.3. Synthèse du régulateur PI :

La réponse indicielle de la fonction de transfert pression-vanne que nous avons trouvée est stable et elle suit l'entrée,

Nous bouclons le système en intégrant un régulateur PI de série puis nous utilisons la commande SIMULINK dans Matlab voir figure VI.1, afin de pouvoir visualiser et modéliser la réponse de notre régulateur synthétisé PI.

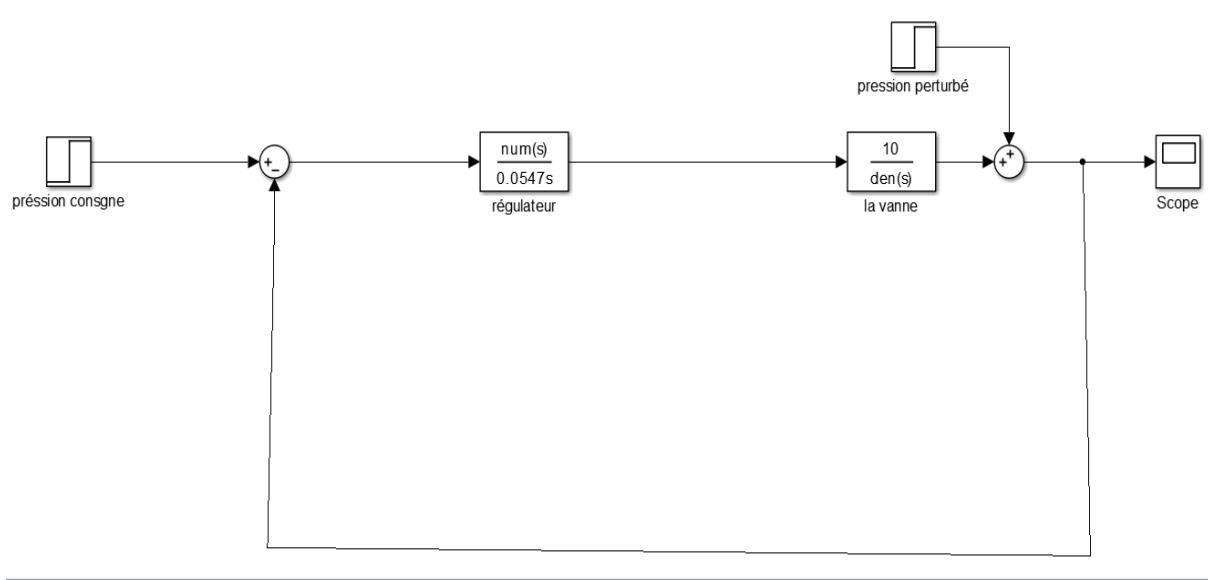


Fig. VI. 4 Schéma SIMULINK en boucle fermé

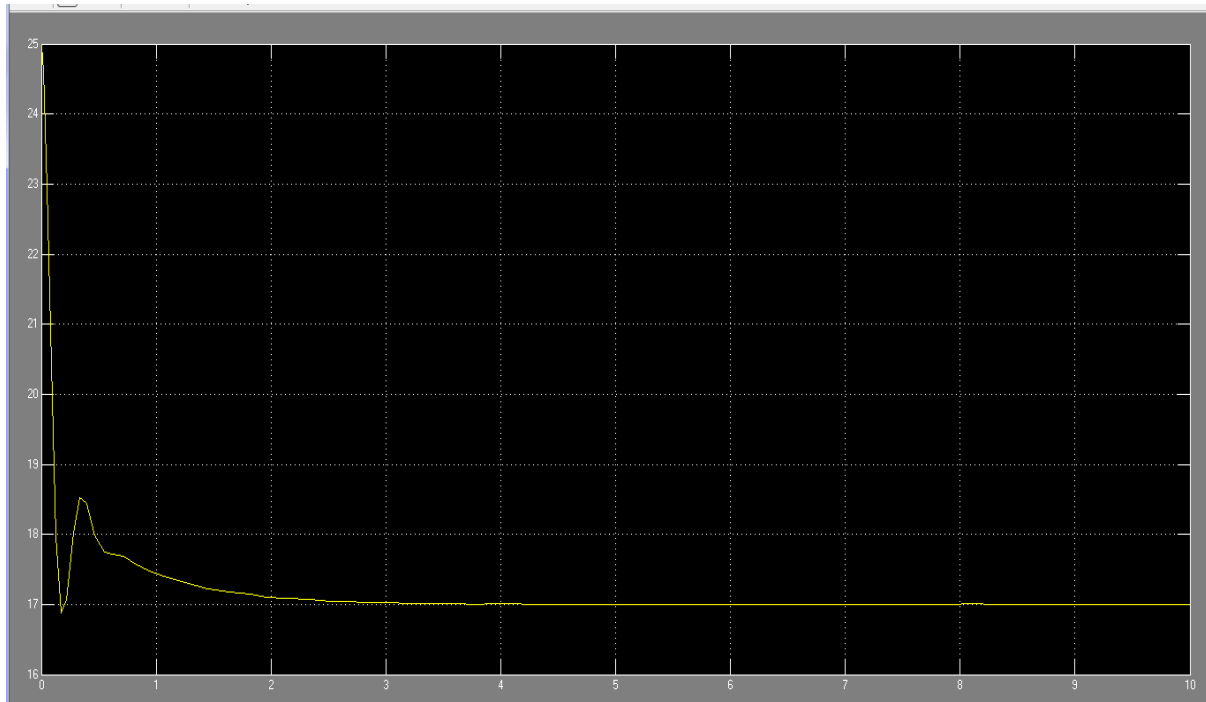


Fig. VI. 5 Simulation du système après perturbation.

Interprétation :

Séchant que notre pression de référence et de 17bar nous remarquons que la commande calculée fait converger la pression dans la conduite de la valeur 23 bar Vers la valeur de consigne.

La dynamique de cette grandeur présente un seul dépassement qui caractérise le comportement d'un système du second ordre régulé par un régulateur PI.

VI.3. Réseau anti-incendie:

**DIMENSIONNEMENT D'UN RESEAU ANTI-
INCENDIE**

VI.3.1. Introduction :

Les adductions sont nécessaires pour assurer le transport de l'eau entre le point de captage et le point d'accumulation. Dans la pratique, ces points sont relativement éloignés l'un de l'autre, comme ils peuvent se trouver à des distances relativement importantes.

VI.3.2. Généralité sur la mécanique des fluides : DUPONT.A (1979)

a) Types d'adduction :

Les adductions peuvent être classées en trois groupes :

- Adduction gravitaire ;
- Adduction par refoulement ;
- Adduction mixte.

Cas de refoulement :

Il s'agit de la détermination d'un diamètre économique calculé d'une conduite de refoulement qui relie une pompe à un réservoir.

Hauteur manométrique totale : La hauteur manométrique totale sera calculée de la manière

suivante :
$$H_{mt} = H_g + \sum \Delta H \dots\dots\dots(1)$$

H_g : Différence de niveau entre le plan d'aspiration et le plan de refoulement (m) ;

$\sum \Delta H$: Somme des pertes de charge linéaires et singulières (m).

Dans le cas des adductions, les pertes de charge singulières sont estimées à 10% des pertes de

charge linéaires.
$$\sum \Delta H = 1,1 \times \Delta h_p^{lin}$$

Δh_p^{lin} : Pertes de charge linéaires (m).

$$\Delta h_p^{lin} = \frac{8 \times \lambda \times L \times Q^{1,77}}{\pi^2 \times g \times D^{4,774}} \text{ (Formule de Darcy-Weisbakh) } \dots\dots\dots (2)$$

Q : Débit à refouler (m3/s) ;

L : longueur géométrique de la conduite (m) ;

λ : Coefficient de frottement qui est en fonction de la rugosité de la paroi interne de la Conduite et du régime d'écoulement,

Avec :
$$\lambda = (1,14 - 0,86 \times \ln \left(\frac{\varepsilon}{D} \right))^{-2} \text{ (Formule de Nikuradzé) } \dots\dots\dots (3)$$

$$Re = \frac{V \times D}{\nu} \dots\dots\dots (4)$$

Re: Nombre de Reynolds

V : vitesse d'écoulement dans la conduite (m/s) ;

D : diamètre de la conduite (m) ;

ν : viscosité cinématique de l'eau (m2/s).

ε : Rugosité absolue de la conduite ;

VI.3.3. Caractéristiques de la pompe :

La pompe est de type VABX 80G/4A AUDOLI&BERTOLA

La courbe caractéristique de la pompe VABX 80G/4A est donnée par la figure VI. 6 et le tableau VI. 3, Voir annexe 2.

Tableau VI. 2 les valeurs caractéristiques de la pompe VABX 80G/4A

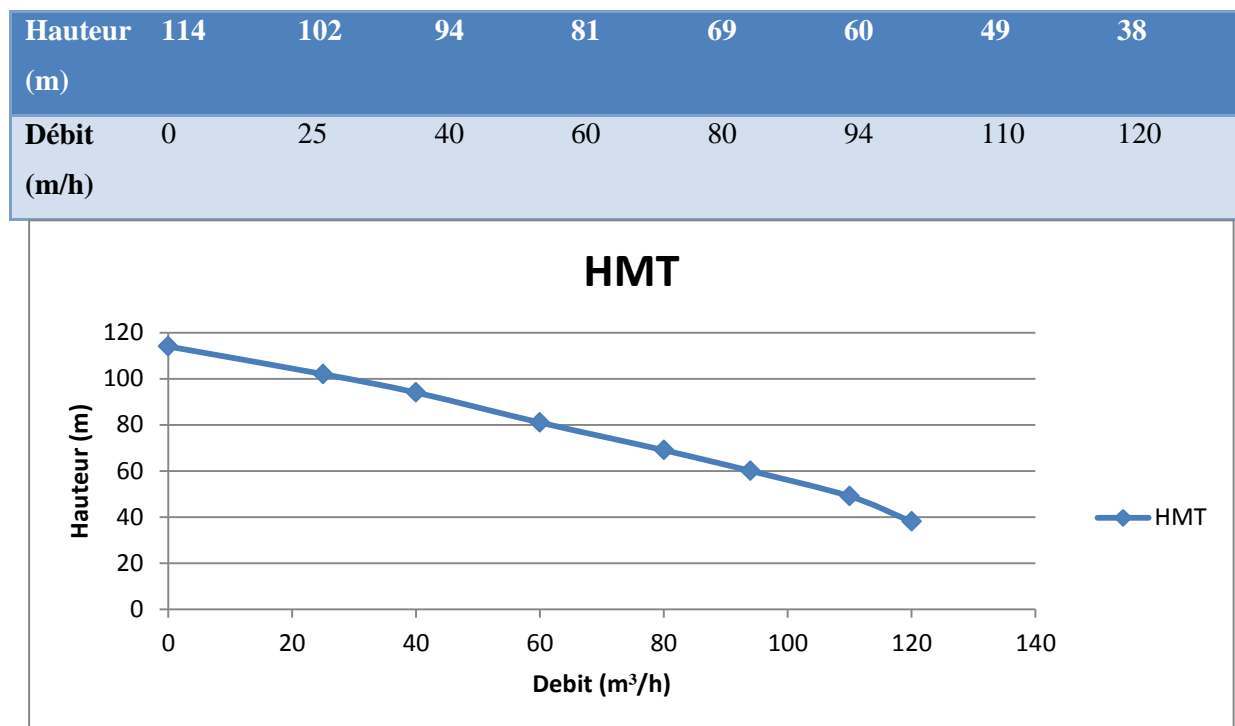


Fig. VI. 6 Courbe caractéristique de la pompe VABX 80G/4A

Remarque :

Les diamètres choisis pour avoir le meilleur fonctionnement on été choisi selon la disponibilité sur le marché algérien

VI.3.4. Calcul de la hauteur manométrique d'une conduite de 0,075m de diamètre :

D : le diamètre est fixe pour chaque cas d'étude

L : la longueur est fixe pour tous les diamètres

Q : varie entre 0 et 0,033 l/s

V : calculer par les lois $V=Q/S$ tel que S est la section de la conduite

Re : calculer par la loi 4

λ : calculer par la loi 3

Dh linéaire : calculer par la loi 2

Dh total = Dh linéaire + Hg

Hg : hauteur gravitationnelle

HMT : calculer par la loi 1

Tableau VI. 3 Les hauteurs manométriques pour un DN75.

D (m)	L (m)	Q (l/s)	V (m ² /s)	Re	λ	Dh linéaire (m)	Dh total (m)	Hg (m)	HMT (m)
0,075	582	0	0	0	0,0766252	0	0	3	3
0,075	582	0,00694444	1,57269696	117952,272	0,0766252	130,921724	150,559982	3	153,55
0,075	582	0,01111111	2,51631649	188723,737	0,0766252	300,81847	345,941241	3	348,94
0,075	582	0,01666667	3,77447587	283085,69	0,0766252	616,575492	709,061815	3	712,06
0,075	582	0,02222222	5,03263298	377447,473	0,0766252	1025,9533	1179,84629	3	1182,84
0,075	582	0,02611111	5,91334409	443500,807	0,0766252	1364,88059	1569,61268	3	1572,61
0,075	582	0,03055556	6,91987205	518990,403	0,0766252	1802,7004	2073,10546	3	2076,10
0,075	582	0,03333333	7,54894947	566171,21	0,0766252	2102,85399	2418,28209	3	2421,28

VI.3.5. Calcul de la hauteur manométrique d'une conduite de 0,09m de diamètre :

Tableau VI. 4 Les hauteurs manométriques pour un DN90.

D (m)	L (m)	Q (l/s)	V (m ² /s)	Re	λ	Dh (m)	Dh total (m)	Hg (m)	HMT(m)
0,09	582	0	0	0	0,07381613	0	0	3	3
0,09	582	0,00694444	1,09215066	98293,5598	0,07381613	52,8177774	60,7404441	3	63,74
0,09	582	0,01111111	1,74744201	157269,781	0,07381613	121,359256	139,563145	3	142,56
0,09	582	0,01666667	2,6211638	235904,742	0,07381613	248,745175	286,056952	3	289,057
0,09	582	0,02222222	3,49488401	314539,561	0,07381613	413,900546	475,985628	3	478,98
0,09	582	0,02611111	4,10648895	369584,006	0,07381613	550,634054	633,229162	3	636,23
0,09	582	0,03055556	4,8054667	432492,003	0,07381613	727,263788	836,353356	3	839,35
0,09	582	0,03333333	5,24232602	471809,342	0,07381613	848,354812	975,608034	3	978,61

VI.3.6. Calcul de la hauteur manométrique d'une conduite de 0,1m de diamètre :

Tableau VI. 5 Les hauteurs manométriques pour un DN100.

D (m)	L (m)	Q (l/s)	V (m2/s)	Re	λ	Dh (m)	Dh total (m)	Hg (m)	HMT (m)
0,1	582	0	0	0	0,07226269	0	0	3	3
0,1	582	0,00694444	0,88464204	88464,2038	0,07226269	31,2677539	35,957917	3	38,96
0,1	582	0,01111111	1,41542803	141542,803	0,07226269	71,8438289	82,6204032	3	85,62
0,1	582	0,01666667	2,12314268	212314,268	0,07226269	147,2554	169,34371	3	172,34
0,1	582	0,02222222	2,83085605	283085,605	0,07226269	245,026221	281,780154	3	284,78
0,1	582	0,02611111	3,32625605	332625,605	0,07226269	325,971499	374,867224	3	377,87
0,1	582	0,03055556	3,89242803	389242,803	0,07226269	430,535063	495,115323	3	498,12
0,1	582	0,03333333	4,24628408	424628,408	0,07226269	502,220101	577,553116	3	580,55

VI.3.7. Calcul de la hauteur manométrique d'une conduite de 0,125m de diamètre :

Tableau VI. 6 Les hauteurs manométriques pour un DN125.

D (m)	L (m)	Q (l/s)	V (m2/s)	Re	λ	Dh (m)	Dh total (m)	Hg (m)	HMT (m)
0,125	582	0	0	0	0,06913041	0	0	3	3
0,125	582	0,00694444	0,5661709	70771,3631	0,06913041	10,3086849	11,8549876	3	14,85
0,125	582	0,01111111	0,90587394	113234,242	0,06913041	23,6862358	27,2391712	3	30,24
0,125	582	0,01666667	1,35881131	169851,414	0,06913041	48,5487227	55,8310311	3	58,83
0,125	582	0,02222222	1,81174787	226468,484	0,06913041	80,7828445	92,9002712	3	95,90
0,125	582	0,02611111	2,12880387	266100,484	0,06913041	107,469743	123,590204	3	126,59
0,125	582	0,03055556	2,49115394	311394,242	0,06913041	141,943368	163,234873	3	166,23
0,125	582	0,03333333	2,71762181	339702,726	0,06913041	165,577252	190,41384	3	193,41

VI.3.8. Estimation économique :

Prix de canalisation= prix du mètre linéaire* longueur de la canalisation

Tableau VI. 7 Les coûts de la canalisation

Diamètre(m)	prix du mètre linéaire (DA)	longueur (m)	prix de la canalisation (DA)
0,075	3500	582	2037000
0,09	4200		2444400
0,1	4750		2764500
0,125	5250		3055500

VI.3.9. Calcul des HMT

Tableau VI. 8 les hauteurs manométriques en fonctions de débit pour chaque diamètre

H(m)	114	102	94	81	69	60	49	38
Q (m3/h)	0	25	40	60	80	94	110	120
Q (l/s)	0	6,94	11,11	16,66	22,2222222	26,11	30,55	33,33
Q=0,1(m)	3	38,96	85,62	172,34	284,78	377,87	498,11	580,55
Q=0,075(m)	3	153,56	348,94	712,06	1182,85	1572,61	2076,10	2421,28
Q=0,09(m)	3	63,74	142,56	289,06	478,99	636,23	839,35	978,60
Q=0,125(m)	3	14,85	30,24	58,83	95,90	126,59	166,23	193,41

VI.3.10. Point de fonctionnement de la pompe :

On trace la hauteur manométrique pour les différentes conduites à l'aide du tableau VI. 10 sur la courbe de la figure VI. 6 courbe caractéristique de la pompe, le résultat se trouve sur la figure VI. 7.

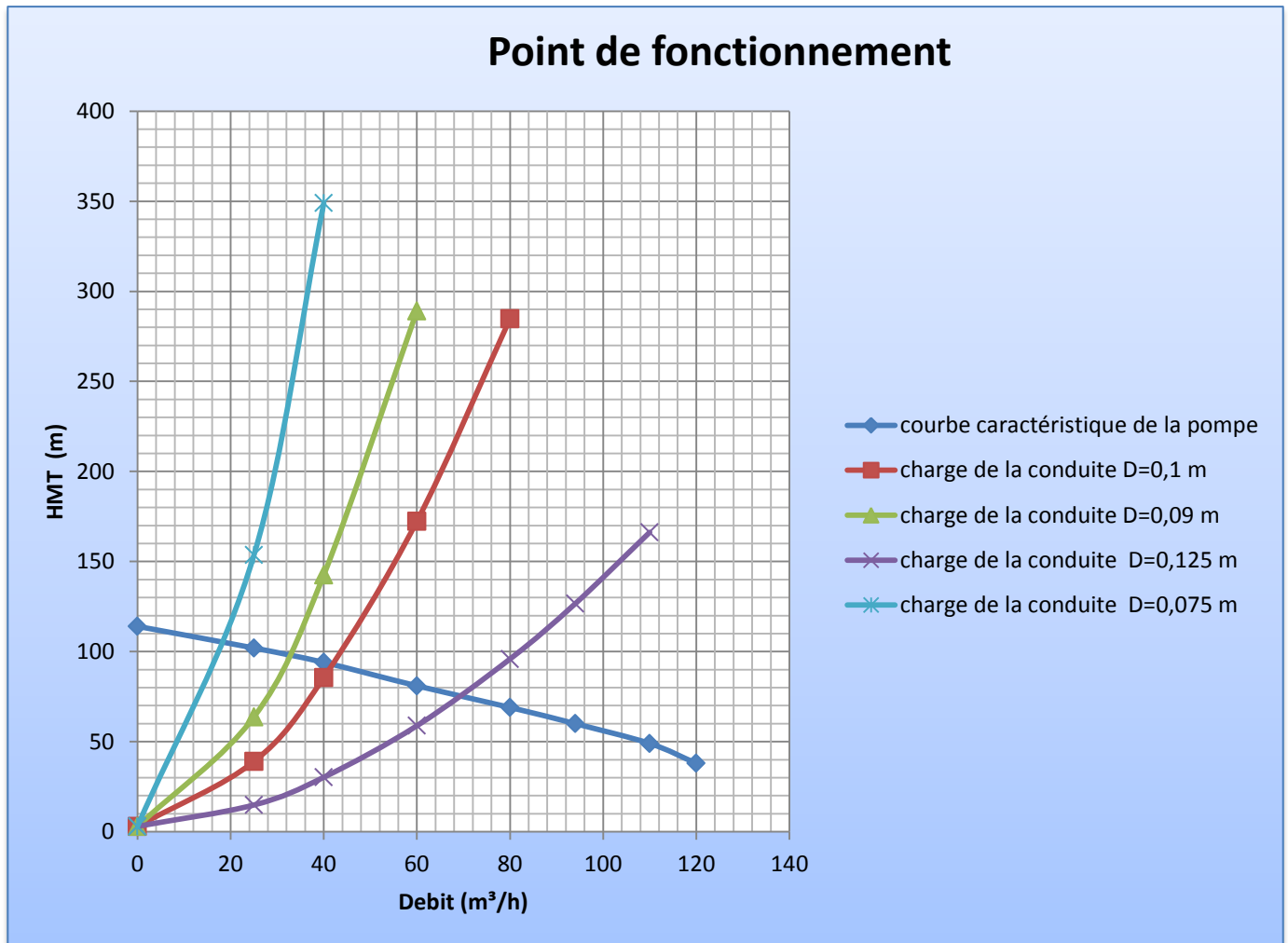


Fig. VI. 7 Les points de fonctionnement de la pompe pour différents canalisations

A partir des graphes on peut déterminer les points de fonctionnement de la pompe pour chaque diamètre de la conduite qui sont :

D=0,075 (21 ; 102)

D=0,09 (34 ; 98)

D=0,1 (43 ; 91)

D=0,125 (72 ; 72)

Pour un fonctionnement conforme à la norme EN12845 qui est de 17 l/s minimum qui est égale à 62 m³/h les trois premières valeurs ne satisfassent pas la condition donc le diamètre le plus adéquat est D=0,125

D'après son point de fonctionnement il est à 20 l/s

La vitesse égale : 1,630573248 m²/s

Perte de charge singulière 60° = 0,1097656975 m

Perte de charge singulière 90° = 0,1693915086 m

Perte de charge singulière 120° = 0,1778610839 m

Hs total = 0,1693915086 + 14 * 0,1693915086 + 2 * 0,1778610839 = 2,659107903 m

Re = 203821,656

λ = 0,06913041

Dh linéaire = 46,07501631 m

Dh total = 48,73412421 m

Hauteur de porter = HMT (pf) - Dh total - Hg = 72 - 48,73412421 - 3 = 20,26587579 m

Remarque :

La portée du réseau est de 20 m, elle est suffisante pour notre installation.

VI.3.11. Dimensionnement du réservoir :

Afin de vérifier si la capacité du réservoir est satisfaisante ou pas, nous avons pris la norme EN12845 comme référence (voit chapitre 8 de la norme):

Les sources d'eau doivent être en mesure d'assurer au minimum et automatiquement les conditions de pression/débit requises pour le système, chaque source d'eau doit avoir une capacité suffisante pour les durées minimales suivantes : — LH 30 min ; — OH 60 min ; — HHP 90 min ; — HHS 90 min.

Dans notre cas ALGESCO est considérée comme OH (zone à risque moyen), d'où la durée du maintien du réseau est exigée à t=60mn.

Schéma du réseau :



Fig. VI. 8 Plan de réseau anti-incendie

Le volume de réservoir :

$$V_{\text{calculer}} = N * Q * t.$$

N : Nombre des poteaux anti incendie et RIA

Q : Débit

t : la durée du maintien du réseau anti-incendie.

Application numérique :

$$V_{\text{calculer}} = 4 * 72 * 1$$

$$V_{\text{calculer}} = 288 \text{ m}^3 > 75 \text{ m}^3$$

Conclusion :

Le réservoir d'eau anti-incendie n'est pas suffisant relativement à la norme EN12845.

VI.4. Elaboration d'une analyse de la sécurité au poste de travail (JSA)

VI.4.1 Introduction :

Au sein de l'atelier chaque Opération à haut risque doit avoir une analyse des risques opérationnelles, le résultat de l'audit fait ressortir que le revêtement thermique n'avait pas un JSA (Job safety Analysis) Propre à lui donc on a été obligé de faire une analyse pour assurer la sécurité des opérateurs.

VI.4.2. JSA (Analyse de la sécurité des tâches)

Une analyse de la sécurité des tâches permet d'intégrer à chaque tâche ou travail, des opérations précises, des principes et des méthodes d'hygiène et de sécurité reconnus. Au cours d'une telle analyse, chaque étape fondamentale des tâches à effectuer, est examinée de façon à déceler les dangers éventuels et à déterminer quel est le moyen le plus sûr, pour effectuer chaque tâche. Certains préfèrent étendre l'analyse à tous les aspects du travail, plutôt que de s'en tenir strictement à la sécurité. Cette méthode, appelée « analyse professionnelle globale » ou « analyse des postes », repose sur le concept que la sécurité est une partie intégrante du travail et, qu'elle ne peut pas être considérée à part. Dans le présent document, nous n'étudierons que les aspects relatifs à la santé et à la sécurité. Le terme « tâche » désigne le fait d'accomplir une unité de travail, par exemple, utiliser une meuleuse ou un extincteur à eau sous pression, ou changer un pneu crevé. Il n'est pas possible d'effectuer un JSA lorsque les travaux sont définis de façon trop vague, par exemple réparer un moteur, ou trop restreinte, comme mettre en place un cric.

VI.4.3. Les avantages du JSA :

Une des méthodes utilisée dans ce cas précis consiste à effectuer l'analyse de la sécurité des tâches en observant le travailleur qui s'acquitte de ses fonctions. Les principaux avantages de cette méthode sont qu'on ne compte pas sur la mémoire individuelle et que l'observation des procédés de travail fait ressortir les dangers qu'ils comportent. Dans le cas de tâches rarement accomplies ou des postes nouvellement créés, l'observation ne soit possible.

Dans un cas semblable, on peut demander à un groupe de travailleurs et de superviseurs expérimentés d'effectuer l'analyse au moyen de discussions. Cette méthode aurait pour avantage d'inclure plus de participants, donc plus d'expérience, et de rendre les recommandations plus acceptables aux personnes en cause. Les membres du comité mixte d'hygiène et de sécurité au travail doivent participer à ce processus. Les avantages du JSA se manifesteront dès l'étape de la préparation. L'analyse permettra peut-être de remarquer des dangers jusque-là ignorés et d'accroître la connaissance des tâches chez les participants. Les gens deviendront plus conscients de la sécurité ; il y aura une meilleure communication entre superviseurs et travailleurs; et les méthodes de travail sécuritaires seront plus facilement acceptées.

Le contact régulier entre les travailleurs et les superviseurs en ce qui concerne la sécurité doit être fondé sur l'analyse de la sécurité des tâches qui sera faite, ou mieux encore, sur des

méthodes de travail rédigées à partir de celle-ci. Cette analyse peut servir à des fins de formation professionnelle ou comme guide dans le cas des tâches qui sont rarement accomplies. Elle peut de plus, servir comme norme d'inspection ou de vérification de la sécurité. Elle facilitera la formulation des détails de l'enquête après un accident éventuel.

VI.4.4. Les étapes du JSA :

Toute analyse de la sécurité des tâches comporte les quatre étapes fondamentales suivantes :

- Choisir la tâche à analyser.
- Décomposer la tâche en une série d'étapes.
- Déceler les dangers éventuels à chaque étape.
- Établir des mesures préventives pour parer à chaque danger.

GE

Oil&Gas




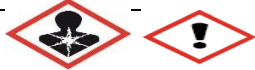





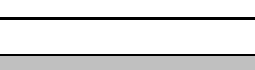
Analyse de la Sécurité du Travail


















Atelier	ALGESCO Boufarik
Poste de travail :	Revêtement thermique
Zone :	Atelier
Groupes homogènes autorisés :	Opérateurs revêtement thermique


Equipement utilisé :	Vérification de la conformité
Pistolet	inspection fonctionnelle & visuelle
Flexible	inspection fonctionnelle & visuelle
Programme	inspection fonctionnelle
Poudrier	inspection fonctionnelle & visuelle
Extracteur	inspection fonctionnelle & visuelle
Générateur d'hydrogène	inspection fonctionnelle
Vannes	inspection fonctionnelle & visuelle


Matériaux et substances utilisées

Produit	Phrases S et H	Phrases R	Symbole (s)
AMDRY 962 (NiCrAlY)	/	/	
METCO 204NS-G	NC	NC	/
METCO 204C-NS	NC	NC	/

METCO ANTI-BOND	NC (H319)	NC	/
METCO 81VFNS	H412 H372 H351 H317	R43 R48/23 R40	
METCO 450 ?	H228 H261 H317 H351 H372 H412	R11 R15 R40 R48/23 R43	
AMDRY XPT 516	H317 H319 H334 H351 H372 H412 H413	R40 R48/23 R43 R42 R53	
DIALALLOY 4060NS	H317 H319 H334 H351 H372 H373 H413 H412	R40 R48/23 R48/20 R43 R42/43 R53	
METCO 4198	S22 S23 S36 S37 S38 S51	R15 R1 R40 R42/43 R43 R53	
METCO 4195	H228 H261 H317 H334 H351 H372 H412 H413	R11 R15 R40 R48/23 R43 R42/43 R53	
METCO 443	H261 H317 H319 H351 H372 H412	R11 R15 R40 R48/23 R43	
CASTROL KEROSENE	S2 S23 S24 S51 S61 S62	R10 T38 R65 R51/53	
Référence Consignes Internes de la Sécurité :			
D.P.I. utilisés :			

Dispositifs de Protection Individuelle à utiliser toujours, indépendamment de l'opération effectuée :    				
Phase	Risques	Dangers	Mesures de prévention	EPI
Changement pistolet	maladie respiratoire due à l'Inhalation de poussière (poudre)		Ne jamais enlever le demi-masque pendant toute la durée de l'opération	
	Blessure du au trébuchement		Toujours assurer ses appuis avant d'effectuer l'opération Assurer le rangement à l'intérieur de la cabine	
Montage / Démontage des flexibles	Blessure ou fracture par chute, utilisation d'escabeau (70 cm)		Bien fixer l'escabeau	
	Blessure ou TMS due à la position de travail (Bras levés)		adopter une position ergonomique pour réduire le stress sur les épaules	
Montage / Démontage des pièces et dispositifs à l'intérieur de la cabine	TMS au niveau du dos dû au poids excessif des pièces (Liner)		Adopter une position ergonomique pour le levage et la mise en place des pièces procéder au levage avec deux opérateurs pour toutes les pièces dépassant 20 kg (TP 9000)	
Démontage poudrier	maladie respiratoire due à l'Inhalation de poussière (poudre)		Ne jamais enlever le demi-masque pendant toute la durée de l'opération	
Soufflage				
Remplissage du poudrier				

Allumage générateur d'hydrogène	Blessure due à l'Explosion		vérifier l'étanchéité du générateur	
vérification des vannes	Blessure par propulsion des vannes ou des flexibles	 	Maintenir les vannes en bon état de fonctionnement Vérifier la fixation des vannes Ne jamais manipuler les vannes avec un outil inadapté	
vérification et nettoyage des filtres et de la pompe de kérosène	Incendie due au liquide et vapeurs inflammable		vérifications périodique des vannes et mettre des détecteurs de gaz. Eviter les sources d'étincelles	
Projection	Domage de la rétine du au Radiation		Toujours maintenir les vitres teintées fermées pendant l'opération Toujours porté les lunettes sombres pour la vérification Eviter le contact visuel avec la flamme	
Ouverture des portes après la fin des opérations	maladie respiratoire due à l'Inhalation de poussière (poudre)		Attendre l'évacuation et le rabattage des poussières volatiles Ne jamais enlever le demi-masque pendant toute la durée de l'opération	
Aspiration	maladie respiratoire due à l'Inhalation de poussière (poudre)		Ne jamais enlever le demi-masque pendant toute la durée de l'opération	
	TMS au niveau du dos dû au poids excessif des pièces (Liner)		Adopter une position ergonomique pour le levage et la mise en place des pièces procéder au levage avec deux opérateurs pour toutes les pièces dépassant 20 kg (TP)	

				9000)				
		Blessure du au Trébuchement				Assurer le rangement à l'intérieur de la cabine et dégagement de terrain		
Emission		Date :	12/05/2015		Effectué par :	ABBAS Nazim HAMITOUCHE Mohamed Issam	page	1 / 1

VI.5. Conclusion :

Notre contribution s'est portée sur l'identification, la réalisation d'un système de régulation afin de maîtriser le risque dans les silos et établir une étude de dimensionnement du réseau anti-incendie afin de se conformer aux normes.

La première étude nous a permis de proposer une vanne de régulation et son modèle approprié de régulation de type PI et après simulation les résultats obtenus étaient positifs, en cas de perturbation Le système revient à son état d'équilibre dans un temps de réponse acceptable.

Dans la deuxième étude on a pu proposer une étude de dimensionnement du réseau anti incendie conforme à des standards internationaux et estimer le coût de sa réalisation, qui servira de référence dans l'établissement du cahier de charge. L'audit nous a permis de déceler un écart et une non-conformité du volume du réservoir existant au niveau de l'entreprise-ALGESCO...

Conclusion Générale

Dans beaucoup de secteurs industriels et notamment le secteur pétrolier, les installations sont soumises à des aléas importants (demandes des clients incertains, cycles économiques incertains, désastres naturels ou provoqué par l'homme,...) qui menacent leur évolution et dégradent souvent leurs performances. Dans ce contexte, la problématique de gestion globale des risques dans les industries a suscité, ces dernières années, un intérêt grandissant.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la gestion globale des risques et l'évaluation de la performance du système de management EHS au sein de l'entreprise ALGESCO (General Electric Oil and Gaz).

Dans la première partie de notre travail, nous avons défini les éléments du Framework que nous avons audité dans l'entreprise ainsi que, les problématiques qui sont en intersection, en l'occurrence, l'efficacité du système de management, le niveau de criticité des risques, la maîtrise des risques majeurs et risques fonctionnels. Par la suite, nous avons mis en application le processus de gestion des risques dans sa globalité.

Dans la deuxième partie de notre travail, et suite aux résultats obtenus, nous avons positionné la problématique de gestion des risques, sur l'axe de la prévention et de la protection, En procédant à l'étude de sûreté de fonctionnement des silos de stockage des gaz liquéfiés qui représentent l'installation la plus critique de l'usine. Après identification et évaluation, le niveau de risque engendré par les silos était inacceptable, ce qui nous a obligé à proposer des solutions d'ordre technique et faire des études pour recommander une barrière de prévention d'ingénierie, en l'occurrence, une vanne de régulation pour la réduction du risque de la surpression, au niveau des silos contenant les gaz liquéfiés. Et comme barrière de protection, nous avons proposé un redimensionnement du réseau anti-incendie car nous avons estimé que le réseau actuel est défaillant et n'est pas conforme aux normes internationales.

Parmi, les résultats du Framework 2.0 insuffisance au niveau de la maîtrise des risques fonctionnels, et pour palier à ces carences nous avons élaboré un JSA pour analyser les risques liés aux postes de travail, et nous avons pris la machine du revêtement thermique comme champ d'application du JSA, ce qui nous a permis par la suite d'élaborer un plan d'action et recommandations pour corriger les non-conformités détectées par rapport au Framework 2.0

Enfin, nous avons élaboré un plan d'action et de gestion qui peut être considéré comme management opérationnel avec des actions directes sur le terrain, relayé par les responsables de services, avec la participation des opérateurs et des employés.

En perspective :

Une première perspective serait la généralisation de l'approche analytique des risques pour donner une dimension stratégique au sein d'ALGESCO avec la définition d'une équipe pluridisciplinaire et l'allocation de ressources sans omettre la volonté de collaborer avec les partenaires industriels et les experts dans le domaine de l'analyse des risques en se basant sur les différentes méthodes(Whatif, APR, Hazop , ADD, Nœud papillon.....etc.).

Par ailleurs, une deuxième perspective serait la mise en place et le déploiement du processus de gestion globale des risques et, ne pas se limiter seulement aux méthodes et outils déjà existants chez ALGESCO (General Electric Oil and Gaz) car ils peuvent ne pas être suffisants vu que, pour une multinationale, le système de gestion EHS restera toujours général et dans certains domaines délicats. Il faut mettre des systèmes de management HSE assez robustes et pointus.

Bibliographie :

- **BARTHELEMY, B et COURREGES, P .Gestion des risques. Méthode d'optimisation globale, Éditions d'Organisation (2000).**
- **BARTHELEMY, B .Gestion globale des risques. Techniques de l'ingénieur, Vol ag1100, (2013).**
- **BECOUR, J et BOUQUIN,H « Audit opérationnel : efficacité, efficience ou sécurité». Ed, Economica. (1996).**
- **BENKAHLA, Touil. Gestion des risques et aide à la décision : Cas des blocs opératoires du CHU Sahloul . Thèse de doctorat Ecole Centrale de Lille. Lille. (2011).**
- **BERTRAND, M. Automate programmables industriels. Technique de l'ingénieur. Vol S8015 (2001).**
- **BRISTBOIS, J. Etude probabilistes de sureté .Technique de l'ingénieur. (1995).**
- **CEI : 61882. Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application. (2009).**
- **CHARAVEL, B .Système management de la sécurité : mise en place sur site. Vol ag4650. (2002).**
- **DARSA, D, J .La gestion des risques en entreprise : Identifier, comprendre maitriser. Gereso Edition. Le Mans. (2013).**
- **DUPONT, A .Hydraulique urbaine Tome II. Edition Eyrolles. France,(1979).**
- **ICSI's Initiating event frequency working group. Initiationg event frequency and availability of safety barriers. (2009).**
- **IDDIR, O. Arbre de défiance, des causes et d'événement. Technique de l'ingénieur. Vol se4050. (2002).**

- **IDDIR, O.** Le nœud papillon : une méthode de quantification du risque majeur. Technique de l'ingénieur .Vol se4055. (2008).
- **ISO 31000 .**Management du risque — Principes et lignes directrices. (2010).
- **KNOWLTON.** An introduction to Hazard and operability structures - the guide word approach. (1981).
- **LAUFER, R.** L'entreprise face aux risques majeurs. Éd le harmattan. (1993).
- **LEBISSONNAIS, J.** Le management des risques. Éd AFNOR. (1996).
- **MAHMOUD, M .**alimentation en eau potable, E N I T. (2002).
- **MICHEL.G,** Les A.P.I Architecture et application des automates programmables industriels. Edition DUNOD. (1987).
- **MORTUREUX, Y.** Analyse préliminaires du risqué. Technique de l'ingénieur. Vol se4010. (2002).
- **MORTUREUX, Y.** Arbre de défiance des causes et d'événement. Technique de l'ingénieur. Vol se4050. (2002).
- **MORTUREUX, Y.** La sureté de fonctionnement, méthode pour maitriser les risques. Technique de l'ingénieur. (2001).
- **PARKER,** Catalogue PDE2593SLFR. (2011).
- **ROYER, M.** Méthode d'analyse des risques-Principe. Technique de l'ingénieur. Vol se4031. (2009).
- **ROYER, M.** Méthode d'analyse des risques. Technique de l'ingénieur. Vol se4032. (2009).
- **SITKIN, S, B et Pablo, A, L.** Reconceptualizing the determinants of risk behavior. Academy of Management Review. Vol 17. P: 9–38. (1992).
- **ZWINGELSTEIN, G.** Evaluation de la criticité des équipements, Méthode analytiques. Technique de l'ingénieur. Vol se 4005. (2014).