



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de L'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أمحمد بوقرة بومرداس
Université M'Hamed Bougara de Boumerdès
كلية المحروقات والكيمياء
Faculté des Hydrocarbures et de la Chimie



Département Génie des Procédés Chimiques et Pharmaceutiques

Mémoire de fin d'études en vue d'obtention du diplôme de Master

Spécialité : Génie des Procédés

Option : Hygiène Sécurité et Environnement

Thème :

**Élaboration d'une procédure de gestion
d'indisponibilité d'un Élément important pour la
sécurité (EIPS) au niveau de la section de réfrigération
du complexe de séparation du GPL d'Arzew GP2/Z.**

Présenté par :
ABDOU NOMA HAMIDOU
OTMANI DJAMEL

Encadré par :
M^{me} BRIKI MERYEM

Année 2021-2022

Remerciement :

Tout d'abord nous tenons à remercier "ALLAH" qui nous a guidé et donné le Courage et la volonté de surmonter toutes les difficultés durant notre travail.

*Nous adressons nos remerciements à notre encadreur Mme **BRIKI** qui nous a aidés dans notre travail, pour leurs conseils et orientations dans le but d'une bonne conduite de notre travail et d'avoir accepté de suivre et d'évaluer notre travail.*

*Nous tenons aussi un remerciement profond à notre professeur Mme **BENRAHOU**, qui nous a donné un coup mains par ses conseils précieux pour finaliser ce modeste travail.*

Nos sincères remerciements s'adressent aussi à tout le personnel du complexe Gp2/Z au niveau des différents départements et administrations et en particulièrement département HSE, où nous avons effectué ce projet d'études.

Nous remercions aussi en précisément Messieurs (Walid, Imad, Kamel, Mohamed, Abderrahmane, et Amine ; cadres des départements HSE) pour leurs conseils et leurs soutiens durant notre stage de fin d'études, qui ont été de grande valeur pour l'aboutissement de ce modeste travail.

Veillez agréer nos sincères respects

Hamidou ABDOU NOMA & Djamel OTMANI

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail :

À mon cher père.

Cet homme, mon précieux offre de Dieu, qui doit ma vie, ma réussite et mon respect pour sa patience et son soutient, cette aventure n'aurait certainement pas eu lieu !

À défunte mère.

À celle qui m'a arrosé de tendresse et d'espoirs, à la source d'amour incessible, à la mère des sentiments fragiles qui ma bénie par ces prières à savoir Ma défunte Mère ; Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurais point vous remercier comme il se doit. Votre affection me couvre, votre bienveillance me guide et votre présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles ; même si vous êtes parti trop tôt. J'espère que, du monde qui est sien maintenant, elle apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part d'un fils qui a toujours prié pour le salut de son âme. Puisse Dieu, le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde !

À toute ma famille

Elle qui m'a soutenu et encouragé tout long de ce parcours.

Hamidou ABDOU NOMA

Dédicace :

À mes Très Chers parents,

Que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je leurs dois, pour leur bienveillance, leur affection et leur soutien Trésors de bonté, de générosité et de tendresse, en témoignage de mon profond amour et ma grande reconnaissance « Que ALLAH vous garde ».

À MES Très Cher Frères MES Très Chère Sœurs,

En témoignage de mes sincères reconnaissances pour les efforts qu'ils ont consentis pour l'accomplissement de mes études.

A tous mes amis, Pour leur aide et leur soutien moral durant l'élaboration de ce travail de fin d'étude.

À toute ma Famille...

À tous ceux qui m'aiment...

Djamel OTMANI

Table des matières

<i>Liste des figures</i> :	
<i>Liste des tableaux</i> :	
<i>Liste des abréviations</i> :	
Introduction générale :	12
Chapitre I Description du complexe GP2/Z et du process de fabrication	13
I.1. Historique du complexe GP2/Z :	14
I.2. Présentation du complexe GP2/Z :	16
I.2.1. Organisation du complexe GP2/Z :	16
I.2.2. Situation géographique et voisinage du complexe GP2/Z :	17
I.3. Fiche du complexe GP2/Z :	19
I.3.1. Les caractéristiques du complexe GP2/Z :	19
I.3.2. Les principales installations du complexe GP2/Z :	19
Description du département HSE du complexe GP2/Z :	20
I.4.1. Organisation du département :	21
I.4.2. Mission du département HSE du complexe GP2/Z :	21
I.5. Description du process de fabrication	22
I.5.1. Section de séparation :	22
I.5.1.1. Stockage tampon :	22
I.5.1.2. La déshydrations :	25
I.5.2. Section de réfrigération :	25
I.5.2.1. Réfrigération du produit (propane et butane) :	26
I.5.2.2. Circuit du Propane commercial :	26
I.5.2.3. Circuit du butane commercial :	26
I.5.2.4. Boucle de réfrigération de Propane :	26
I.5.3. Section de stockage :	27
Chapitre II Concept général et gestion des risques industriels	32
II.1. Concept général :	33
II.1.1. Notion de base :	33
II.1.1.1. Notion de risque :	33

II.1.1.2. Approche par le risque :	35
II.1.1.3. Matrice d'évaluation de risque :	35
II.1.1.4. Classification des risques :	37
II.1.2. Le risque industriel :	37
II.1.2.1. Définition du risque industriel :	37
II.1.2.2. Les principaux générateurs de risque industriel :	38
II.1.2.3. Exemples de risques majeurs présents dans industrie pétrolières :	38
II.1.2.3.1. Incendie :	39
II.1.2.4.2. Explosion :	40
II.2. Gestion des risques industriels :	41
II.2.1. Démarche de gestion des risques industriels :	41
II.2.1.1. Analyse du risque :	42
II.2.1.2. Estimation du risque :	43
II.2.1.3. Évaluation du risque :	43
II.2.1.4. Acceptation du risque :	43
II.2.1.5. Réduction du risque :	43
II.2.2. Méthodes d'analyse et d'évaluation des risques :	44
II.2.2.1. Méthode qualitative :	45
II.2.2.2. Méthode semi-qualitative :	45
II.2.2.3. Méthode quantitative :	46
II.2.3. Méthodologie d'analyse des risques retenus dans notre travail :	46
II.2.3.1. Principe de la méthode HAZOP :	46
II.2.3.2. Déroulement de la méthode HAZOP :	47
II.2.3.3. Avantage et limite de la méthode HAZOP :	48
Chapitre III Présentation des EIPS et leur Règlementation	50
III.1. Notion de barrières de sécurité :	51
III.2. Typologie des barrières de sécurité :	51
III.2.1. Typologie des barrières de sécurité selon leurs natures :	51
III.2.1.1. Barrière technique de sécurité (BTS) :	52
III.2.1.2. Barrières Humaine de sécurité (BHS) :	53
III.2.1.3. Barrières à Action Manuel de Sécurité (BAMS) :	53
III.2.2. Typologie des barrières de sécurité selon leur mode de fonctionnement :	54
III.3. Performances des barrières de sécurité :	55
III.4. Évaluation des performances de barrières de sécurité :	56

III.4.1. Critère d'indépendance :.....	56
III.4.2. Critère de l'efficacité :.....	56
III.4.3. Critère de temps de réponse :.....	56
III.4.4. Critère de niveau de confiance (NC) :.....	57
III.5. Règlementation sur les EIPS :.....	57
III.5.1. Règlementation Algérienne :	58
Chapitre IV Étude de cas et élaboration d'une procédure de gestion de l'indisponibilité d'un EIPS.....	61
IV.1. Description du process de réfrigération :.....	62
IV.2. Analyse structurelle et fonctionnelle de la section de réfrigération :.....	62
IV.3. Identification de quelques accidents majeurs au niveau de la réfrigération :..	72
IV.4. Élaboration des scénarios d'accident et leurs procédures de gestion :	73
IV.4.1. Premier scenario d'accident : UnconfinedVapour Cloud Explosion (UVCE) :.....	73
IV.4.2. Deuxième scenario d'accident : BoilingLiquidExpandingVapour Explosion (BLEVE)	75
IV.4.3. Troisième scénario d'accident : fuite enflammée ou feu de chalumeau :	77
IV.5. Discussion des résultats dans notre cas d'étude :.....	77
Conclusion générale.....	79
ReferencesBibliographies:	82
SYSTEM NAME.....	85
SYSTEM NAME.....	87
SYSTEM NAME.....	88

Liste des figures :

Figure I. 1: Organisation du complexe GP2/Z	17
Figure I. 2: Carte satellitaire de la situation du complexe GP2/Z dans la zone industrielle.....	19
Figure I. 3: Carte d'identification du complexe GP2/Z	20
Figure I. 4: Organisation du département HSE	21
Figure I. 5: Schéma synoptique du complexe GP2/Z.....	23
Figure I. 6: Section de séparation	26
Figure I. 7: boucle de réfrigération du propane.....	29
Figure I. 8: Section BOG propane.....	30
Figure I. 9: Section BOG butane.....	31
Figure I. 10: Plan de masse du complexe GP2/Z	32
Figure I. 11: Schéma général du procédé de séparation du GPL.....	32
Figure II. 1: concept de risque, (source: cédrick Morneau)	34
Figure II. 2: La démarche d'approcher par les risques (source: cours HSE Aoudia USTO Oran)	35
Figure II. 3: Matrice d'évaluation des risques (source: cours HSE Aoudia USTO Oran)	36
Figure II. 4: Triangle de feu de la combustion.....	39
Figure II. 5: Processus de gestion des risques [ISO/CEI 27005, 2011]	42
Figure II. 6: Principe de réduction du risque [innal, 2003]	44
Figure II. 7: Approche d'investigation: inductive et déductive [Mazouni, 2009]	45
Figure II. 8: Fonctionnement itératif d'une analyse HAZOP	48
Figure III. 1: Typologie des barrières de sécurité	51
Figure III. 3: Soupape de sécurité	52
Figure III. 2: Mur coupe-feu	52
Figure III. 4: Exemple de SIS.....	53
Figure III. 5: Schéma générique d'une BAMS	54
Figure III. 6: Schéma illustratif des fonctions de sécurité [INERIS ARAMIS,2004]	55
Figure III. 7: Sélection par critères minimaux d'une barrière de sécurité [INERIS, 2009].....	56
Figure IV. 1: Refroidissement du propane	63
Figure IV. 2: Refroidissement due moyenne pression (MP).....	64
Figure IV. 3: Refroidissement de haute pression (HP)	65
Figure IV. 4: Turbo compresseur A	66
Figure IV. 5: Turbo compresseur B	67
Figure IV. 6: Turbo compresseur C	68
Figure IV. 7: procédure de gestion d'indisponibilité d'un EIPS, cas du 1er scénario (UVCE)	74
Figure IV. 8: Procédure de gestion d'indisponibilité d'un EIPS cas du 2e scénario (BLEVE)	76

Liste des tableaux :

Tableau I. 1: Mode de fonctionnement des deux adsorbeurs	25
Tableau II. 1: types de manifestation du risque industriel majeur et leurs conséquences	38
Tableau IV. 1: Décomposition du système de réfrigération	69
Tableau IV. 2: Scénarios d'accident retenus relatif à la section de réfrigération	72

Liste des abréviations :

AC : Automate de Conduite
AdD : Arbre de Défaillances
AdE : Arbre des Evénements
APR : Analyse Préliminaire des Risques
APD : Analyse Préliminaire des Risques
AS : Automate de Sécurité
BTS : Barrières Techniques de Sécurité
BAMS : Barrière à Action Manuelle de Sécurité
BHS : Barrières Humaines de Sécurité
UVCE : UnconfinedVapour Cloud Explosion
BLEVE: Boiling Liquid Expanding Vapors Explosion
BORA-CIA: Barrier and Operational Risk Analysis - Criticality Importance Analysis"
CCPS: Center for Chemical Process Safety
CEI: Commission Electrotechnique Internation
DCS: Distributed Control System
ESD: Emergency Shutdown
NC : Niveau de Confiance
HAZID :HAZardIDentification
HAZOP: Hazard and Operability Studies
IEC: International Electrotechnical Commission
INERIS : Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
ISO: International Standard Organisation
LAH, LAL Level Alarm High, Level Alarm Low
LC: Level Controller
LIC: Level Indicator Controller
LSHH: Level Switch High High
LSLL: Level Switch Low Low
LTC: Level Temperature Control
PAH: Pressure Alarm High
PAL: Pressure Alarm Low
PCV: Pressure Controller Valve
PID: Piping and Instrumentation Diagram
PLC: Programmable Logic Controller
PSHH: Pressure Switch High High
PSLL: Pressure Switch Low Low
SIS : SafetyInstrumented System
SONATRACH : Société Nationale pour la Recherche, la Production, le Transport, la Transformation et la Commercialisation des Hydrocarbure
LOPA:Layer of Protection Analysis
SIF:Safety Instrumented Function

GPL : Gaz du pétrole liquéfié.

C.J.B.: Constructor John Brown.

IHI : ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY INDUSTRIES

RTO : Réseau Transport de l'Ouest.

C3C : propane commercial

C4C : butane commercial

MTA : million de tonnes par an

BP : basse pression

MP : moyenne pression

HP : haute pression

HT : haute tension

MT : moyenne tension

Introduction générale :

Le retour d'expérience sur les accidents industriels a montré qu'aux cours de leurs occurrences, les barrières de sécurité concernées n'étaient pas opérationnelles pour maîtriser convenablement les situations dangereuses générées [Kang et al., 2016]. De ce fait, leur maîtrise est devenue une préoccupation majeure, des ingénieurs de sécurité et des industriels qui sont censés de déployer des efforts en matière de gestion des risques en mettant en œuvre des stratégies de maîtrise des risques et de contrôle des performances des barrières de sécurité afin de réduire la fréquence et/ou la gravité des accidents [Chettouh et al., 2018]. Cette réduction est obtenue par l'interposition successive de plusieurs barrières de sécurité entre la source de dangers pour gérer des situations dangereuses (augmentation de température ou de pression ; perte de confinement...etc.) pouvant mener à un événement indésirable (incendie ; explosion rejet de produit dangereux, BLEVE, UVCE...) et de mettre en œuvre un ensemble de mesures nécessaires à la mise en sécurité du personnel, de l'équipement et de l'environnement. C'est ainsi que de nombreuses méthodes qualitatives, semi quantitatives et quantitatives d'analyse des risques et d'évaluation des performances des barrières de sécurité sont développées, pour garantir la sécurité des installations industrielles et tout en répondant aux normes et à la réglementation [ISO 31000,2009].

Cependant lorsque ces barrières sont indisponibles ; il faut choisir une procédure ou un outil d'aide à la décision qui pourrait faciliter la gestion de cette indisponibilité d'où l'objectif de ce mémoire. Afin de répondre à cet objectif nous avons réalisé notre stage pratique au niveau d'une unité sectateur appelée GP2/Z se trouvant dans la Direction régionale" zone industrielle Arzew au compte de la Division Production LQS du Groupe SONATRACH. En effet notre étude est portée sur la section de réfrigération au niveau du complexe GP2/Z. Nous avons proposé des scénarios d'accident ; pour éviter la survenance de ces accidents sans conduire à l'arrêt de la production. Ainsi nous proposons des procédures de gestions d'indisponibilité a quelques scenario retenue.

Afin de répondre à notre objectif, nous avons divisé notre mémoire en quatre chapitres, les trois premiers chapitres présentent la zone d'étude, présentation et règlementation concernant les éléments importants pour la sécurité(EIPS). Le quatrième chapitre représente la partie pratique de notre travail.

Chapitre I Description du complexe GP2/Z et du processus de fabrication

I.1. Historique du complexe GP2/Z :

Le complexe GP2/Z relève de la Sonatrach, société nationale chargée du transport, du raffinage et de la commercialisation des hydrocarbures, laquelle a été créée le 31 Décembre 1963. Son organisation est basée sur les activités d'approvisionnement énergétique nationales, du développement et de l'exploitation des gisements d'hydrocarbures.

Le complexe GP2/Z situé au nord-ouest du pays à 42 km d'Oran dans la commune de Béthioua. L'usine est conçue pour séparer le GPL en propane et butane commercial.

Le complexe GP2/Z a presque trente (30) ans d'existence. Le projet de construction a été lancé en mille neuf cent soixante-dix (1970) par la compagnie anglaise CJB.

Les dates importantes à retenir sont :

- **1973** : Mise en service du complexe destiné à traiter une charge de 4 millions de tonnes d'un mélange de condensât / GPL.
- **1984** : Arrêt du complexe suite à la mise en service des unités de stabilisation du condensât au niveau des champs de Hassi R'Mel et de Hassi Messaoud.
- **1990** : Redémarrage du complexe après la reconversion de son procédé de rebouillage pour le traitement d'une capacité de 0,6 million de tonne par an.
- **1996** : Extension du complexe pour traiter une capacité de 1,2 million de tonnes de GPL par an. De plus, des travaux de modification ont été réalisés tels que :
 - La reconversion des deux (02) colonnes de séparation de condensat /GPL en colonnes de dépropanisation ;
 - La mise en place des rebouilleurs au niveau des colonnes reconverties et adaptation de leurs boucles de régulation ;
 - La rénovation des aéroréfrigérants et des compresseurs du système boil off ;
 - La construction d'une nouvelle salle de contrôle et remplacement des instruments de contrôle pneumatique par le système DCS ;
 - La rénovation des turbines à gaz, des bras de chargement, des compresseurs d'air, des postes électriques haute tension (HT) et moyenne tension (MT) ;
 - L'implantation d'une nouvelle unité de déshydratation de la charge.
- **1999** : Extension de la capacité de traitement du complexe pour traiter 1,8 million de tonne par an. Lors de cette extension, plusieurs travaux de modification ont été réalisés comme :

Chapitre I : description du complexe GP2/Z et du Processus de fabrication

- Le remplacement des plateaux des colonnes de séparation de GPL par des plateaux dont le rendement est supérieur ;
 - L'installation de nouveaux ballons séparateurs et des échangeurs de chaleur de grande capacité au niveau de la zone de réfrigération ;
 - Le remplacement des pompes de circulation du fluide caloporteur et des pompes de charge de GPL par des pompes de plus grande capacité.
- **2000** : Projet d'extension : la capacité de production devait être portée à 2,5 millions de tonnes. L'étendue du projet d'extension devait se limiter aux réalisations suivantes :
 - Une unité supplémentaire de séparation de GPL de 160 T/ h ;
 - L'installation d'une nouvelle unité de réfrigération ;
 - L'augmentation de la capacité du stockage des produits réfrigérés ;
 - L'extension du réseau électrique basse tension ;
 - L'installation d'un nouveau four de gasoil ;
 - Une nouvelle unité de déshydratation.

Suite à un incident survenu au niveau du mot-compresseur en date du 24/07/2003, il a été décidé IHI/ITOCHU pour la sécurisation et la fiabilisation du complexe. Ce prestataire a procédé aux modifications suivantes :

Au niveau de la section de stockage de la charge GPL :

- Montage d'une nouvelle sphère de stockage tampon 420/6105G.
- Installation de nouvelles vannes XV au niveau de déshydratation de la charge GPL pour la séquence de régénération.

Au niveau de la section de séparation :

- Installation de nouvelles vannes de refoulement des motopompes GPL.
- Calorifugeage de la partie supérieure des deux splitter A&B.
- Délocalisation de trois motopompes de la charge GPL.
- Mise en place de deux nouveaux filtres en aval des sécheurs de la déshydratation du propane commercial.
- Délocalisation des quatre motopompes de reflux de l'intérieur vers l'extérieur des trains de séparation.

Au niveau de la section de réfrigération :

- Installation de vannes de niveau LV pour réguler le niveau de propane réfrigérant des trois stades BP, MP, et HP.

Au niveau du système de chauffage d'huile de TORADA TC :

- Montage de la motopompe 425/6215E d'huile chaude pour alimenter le circuit du fluide caloporteur.
- Montage d'un nouveau four 401/6201D pour huile TORADA TC
- **2005** : Préviation possible de 3,5 Millions de tonnes par an (MTA). La concrétisation des projets au sud a révélé un nouveau profil de charge qui n'est pas en adéquation avec les capacités de séparation existantes au nord. Pour être prêt à recevoir ces charges, en 2005 le complexe a proposé un nouveau projet d'extension qui allait porter sa production à 3,5 MTA. Ce projet sera concrétisé par la construction de 02 nouveaux bacs de stockage, d'une capacité de 70.000m³ chacun et la réhabilitation des anciennes colonnes.
- **2007** : Le complexe GP2/Z a signé un contrat avec les IHI (société japonaise) pour la rénovation des trains, afin de sécuriser le complexe GP2/Z tout en maintenant la production à 1.3 MTA par an. Et un autre contrat pour ajouter trois nouveaux trains.

I.2. Présentation du complexe GP2/Z :

I.2.1. Organisation du complexe GP2/Z :

Comme tous les complexes, le complexe GP2/Z est constitué de départements répartis selon l'importance de leurs fonctions et le degré de contribution au bon fonctionnement du complexe. À cet effet, il y a deux sous directions :

- **Une sous-direction exploitation** : qui coiffe trois départements dont la fonction est fondamentale.
 1. Département production (P)
 2. Département Maintenance (G)
 3. Département Approvisionnement (A)
- **Une sous-direction personnelle** : qui dirige trois départements dont la fonction de soutien :
 1. Département Administration et prestation sociale. (S)
 2. Département Développement des ressources humaines (R)
 3. Département Moyens généraux (M)

Chapitre I : description du complexe GP2/Z et du Processus de fabrication

En plus de ces fonctions s'ajoutent des fonctions de contrôle assurées par six départements liés directement à la direction :

1. Département des Finances (F)
2. Département Sécurité (I)
3. Département Technique (T)
4. Département Travaux Neufs (W)
5. Cellule organisation (PM)
6. Cellule informatique (SIG)

L'organisation du complexe est représentée dans la figure I.1 ci-dessous.

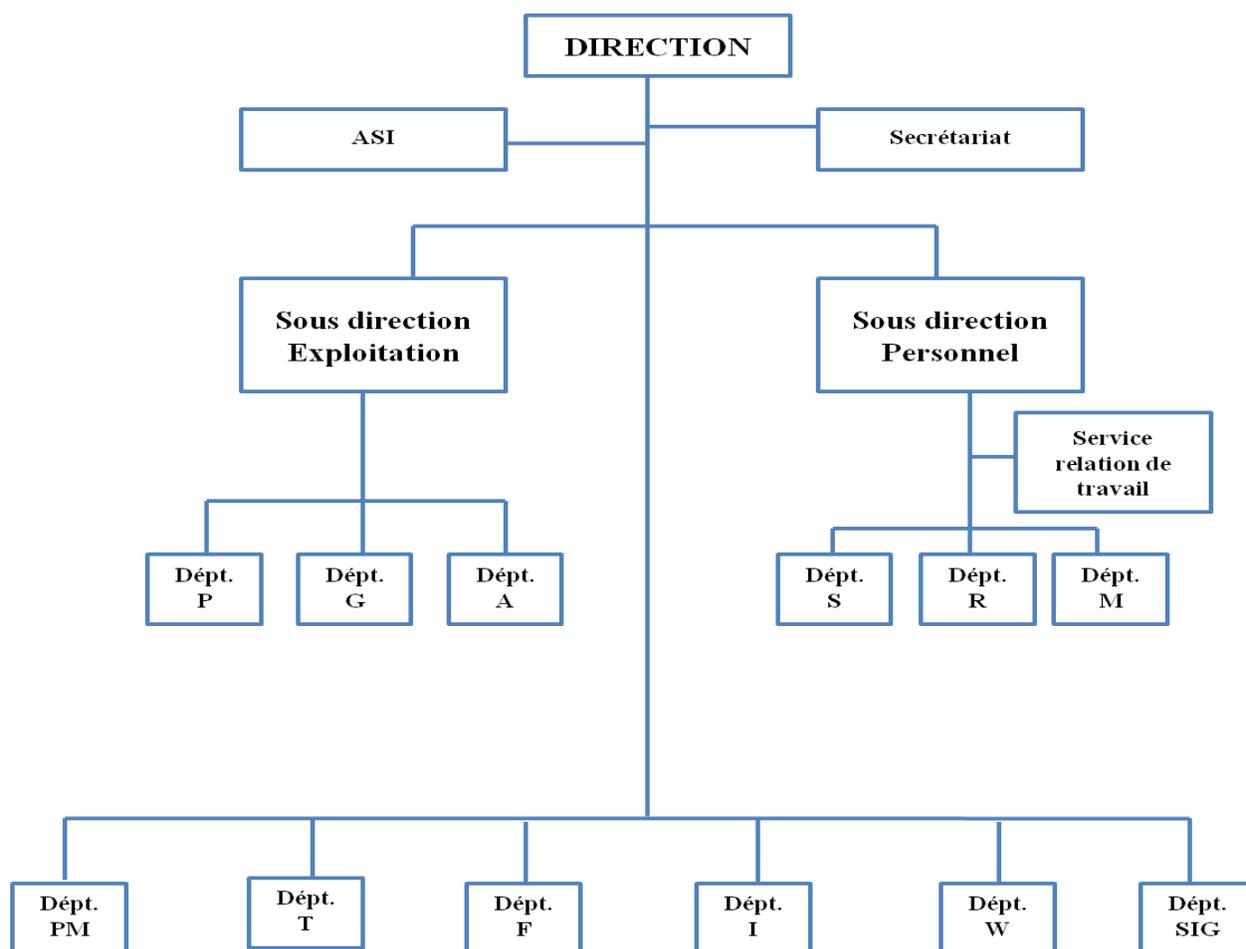


Figure I. 1: Organisation du complexe GP2/Z

I.2.2. Situation géographique et voisinage du complexe GP2/Z :

Le complexe s'étend sur une superficie de 13,5 hectares sur la baie d'Arzew à environ 4kilomètres de la ville, et à environ 40 kilomètres à l'est d'Oran voire figure I.1 ; le complexe est limité par :

Le nord/nord-ouest : un terrain vague et le complexe GL4Z

Est / Nord-est : la mer méditerranée.

Sud-est : Complexes pétrochimiques FERTALG et FERTIAL

Sud / sud-ouest : le Réseau de Transport de l'Ouest (RTO)

Ouest / Nord-ouest : terrain vague, la raffinerie RA1Z et le complexe CP1Z



Figure I. 2: Carte satellitaire de la situation du complexe GP2/Z dans la zone industrielle

I.3. Fiche du complexe GP2/Z :

I.3.1. Les caractéristiques du complexe GP2/Z :

Localisation : ARZEW

Superficie : 29 hectares

Effectifs : 436 agents

Objectif : 1.4 Millions t/an de GPL

Produits :

- Propane commercial
- Butane commercial

Procédé Utilisé : Distillation sous pression

Nombre de Trains : 2 trains (semi-modulaires)

Date de mise en production : 19/03/1973

Source d'approvisionnement : Gaz en provenance des champs gaziers et pétroliers de Hassi R'Mel et Hassi Messaoud

Capacité de production totale : 1.400.000 tonnes par an

Capacité totale de stockage :

- Un bac de 70.000 m³ pour le butane réfrigéré
- Un bac de 70.000 m³ pour le propane réfrigéré.
- Deux sphères de 1220 m³ chacune, pour le butane ambiant
- Deux sphères de 1220 m³ chacune, pour le GPL

Figure I. 3: Carte d'identification du complexe GP2/Z

I.3.2. Les principales installations du complexe GP2/Z :

- Un bac de stockage de propane réfrigéré de 70.000 m³ ;
- Un bac de stockage de butane réfrigéré de 70.000 m³ ;
- Un bac de stockage de l'eau incendie de 54 000 m³ ;
- Quatre sphères : deux sphères, pour le stockage Tampon du GPL et deux autres pour le butane ambiant ;
- Une bache d'eau incendie de 35.000 m³ avec pompes ;
- Une section de déshydratation du GPL ;
- Deux colonnes de séparation de GPL ;
- Deux trains de séparation en marche ; et un train en arrêt.
- Deux fours d'huile ;
- Une section de réfrigération ;

- Une section Boil-off gaz (BOG) ;
- Une salle de contrôle DCS ;

Description du département HSE du complexe GP2/Z :

I.4.1. Organisation du département :

La structure organisationnelle du département HSE du complexe GP2/Z est détaillée dans la figure I.3 ci-dessous.

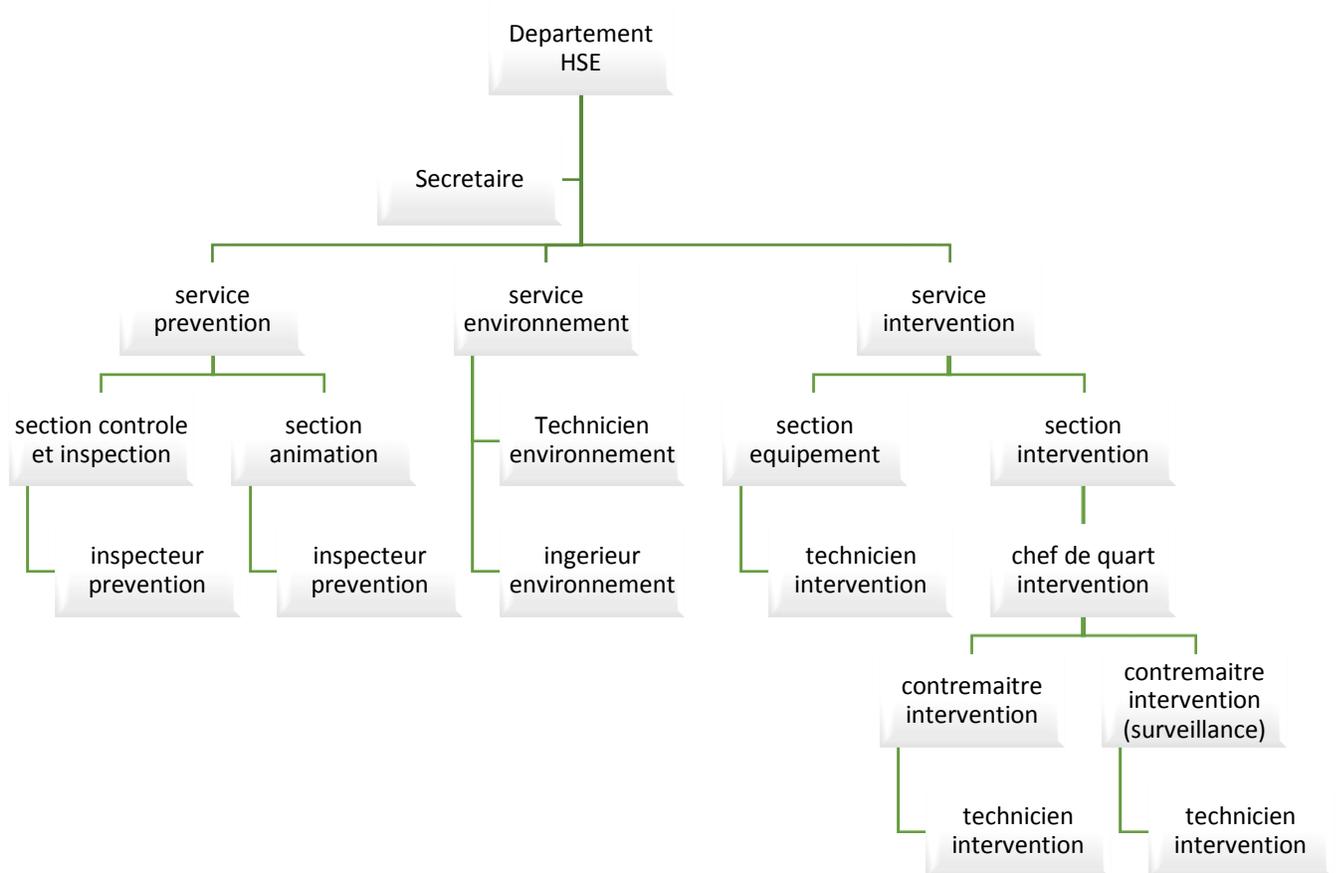


Figure I. 4: Organisation du département HSE

I.4.2. Mission du département HSE du complexe GP2/Z :

Le département HSE a pour mission de fournir à la hiérarchie un organe de contrôle et les moyens de soutenir les activités d'exploitation et de gestion dans un climat de quiétude.

Ses 3 niveaux de commandement sont des niveaux de fonction (chef de département) de sous-fonction (chef de service) et un niveau de section. La supervision est dévolue aux ingénieurs, inspecteurs, contremaîtres, chefs d'équipes. La sécurité dispense la formation, les consignes et conseils nécessaires à la sécurité d'exploitation. Sa raison d'être est la préservation des hommes, des équipements et de l'environnement. Elle assiste les compétences chargées de la médecine du travail et l'organisation dans l'observation des postes de travail et les nuisances. Elle assure conseils, contrôles et consignes de sécurité sans pour autant s'arroger l'autorité ou la responsabilité autres que les siennes. En cas de danger, elle peut faire suspendre des travaux, dispenser des consignes complémentaires, demander un complément d'information, faire exécuter une tâche spécifique par une personne habilitée ou prendre la direction des opérations d'urgence.

I.5. Description du processus de fabrication

Le GPL provient essentiellement des unités du sud notamment HASSI MESSAOUD et HASSI-R'MEL qui en constituent la principale source. Il est transporté à l'aide d'un oléoduc d'une longueur de 900 KM à travers des stations de pompages tout en subissant une détente allant de (80-90 kg/cm²).

Le GPL parvient ensuite au complexe GP2/Z par le gazoduc 16'' via le terminal RTO situé sur le plateau de BETHIOUA.

Le procédé comprend trois sections : séparation, réfrigération et stockage auxquelles il faudra ajouter la boucle du fluide caloporteur voire Figure.I.5.

SCHEMA DE PRINCIPE DE PROCEDE GP2/Z

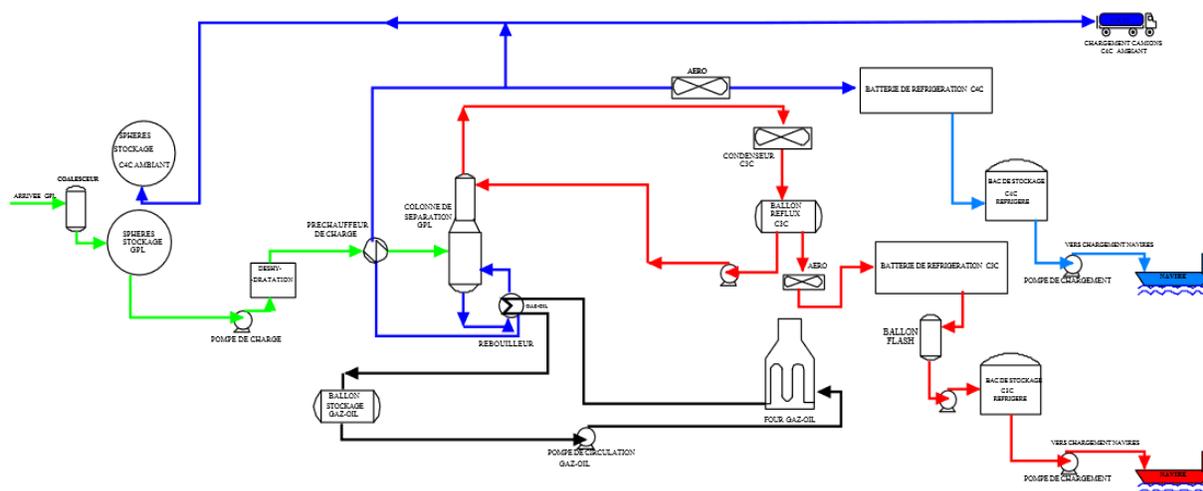


Figure I. 5: Schéma synoptique du complexe GP2/Z

I.5.1. Section de séparation :

I.5.1.1. Stockage tampon :

La charge de GPL, en provenance des champs sahariens, est réceptionnée au niveau d'une station de détente (stockage tampon). Cette section a pour fonction de recevoir le GPL et de le stocker dans les sphères de charge avant de l'envoyer vers la section de déshydratation qui constitue la phase suivante du traitement. Elle comprend deux sphères A/B d'une capacité de 1100 m³ chacune et 04 pompes de charge A/ B/ C/ D. Chaque sphère comporte 02 soupapes : Les soupapes sont tarées à 16 bar pour la sphère A et à 11,2 bar pour la sphère B. Le GPL est stocké à température ambiante et à la pression de 8 bar. En cas d'augmentation de pression, la vanne s'ouvre vers torche via le ballon de combustible.

I.5.1.2. La déshydrations :

L'unité de déshydratation a été conçue pour sécher le produit GPL jusqu'à une teneur en eau inférieure à 1 ppm. Cette section est constituée par les équipements suivants :

- Un coalescateur d'alimentation ;
- Deux sécheurs (adsorbours) A/B ;
- Deux filtres de GPL A/B ;

- Un préchauffeur des gaz de régénération ;
- Un aérocondenseur des gaz de régénération ;
- Un séparateur des gaz de régénération.

La déshydratation a pour but d'éliminer l'eau libre et l'eau dissoute et ce, afin d'éviter la formation d'hydrates au niveau des équipements en aval. En effet, le procédé nécessite l'abaissement de la température en dessous de 0 °C, ce qui exclut toute présence d'eau dans les installations. Le produit GPL, aspiré par les pompes, est acheminé sous contrôle de débit vers le coalesceur où la plus grande quantité de l'eau libre est éliminée de la charge GPL par coalescence des gouttelettes d'eau en suspension à travers les éléments filtrants puis séparées par gravité. L'eau est admise dans le ballon de décantation incorporé en bas du coalesceur, ensuite drainée à l'atmosphère sous contrôle de niveau via le ballon de purge qui sert à évacuer le gaz entraîné. Les adsorbants contiennent un lit de tamis moléculaire qui est utilisé pour le séchage du GPL en provenance du coalesceur. Le principe de la déshydratation se fait par adsorption de certaines molécules (les molécules d'eau) et le rejet des molécules plus grosses (les molécules de GPL). Les molécules d'eau étant polaires, elles sont fortement attirées vers le tamis moléculaire ; par contre, les molécules non polaires (de GPL) traversent librement le sécheur. Lors du passage de la charge de GPL à travers le lit du tamis moléculaire, l'eau est adsorbée, ensuite éliminée par la chaleur durant le cycle de régénération (voir Tab.I.1). L'unité de séparation a été conçue pour séparer le mélange de la charge de GPL en propane commercial comme produit de tête de colonne, et en butane commercial comme produit de fond de colonne. Elle est constituée de 02 trains (02 splitters) A/B, comprenant les équipements suivants :

- Une colonne de séparation de 46 plateaux ;
- Un préchauffeur de la charge GPL ;
- Une batterie d'aérocondenseurs ;
- Un ballon de reflux ;
- Deux pompes de reflux ;
- Un rebouilleur ;
- Trois pompes de charge ;

Tableau I. 1: Mode de fonctionnement des deux adsorbours

séquence	Temps	Vannes ouvertes
1. Drainage du GPL	02 heures	Pour le drainage Injection Fuel gaz
2. Chauffage	8.5 heures	Entrée Fuel gaz chaud Sortie Fuel gaz chaud
3. Refroidissement	5.5 heures	Entrée Fuel gaz froid Sortie Fuel gaz froid
4. Remplissage	02 heures	Sortie Fuel gaz vers torche
5. Stand-By	06 heures	Aucune
Total	24 heures	

Avant d'arriver à la colonne de séparation, la charge GPL se trouve à une pression de 22,5 bar et passe par le préchauffeur A où elle est préchauffée par le butane venant du fond de la colonne de dépropanisation. La température d'entrée du GPL est réglée par la vanne qui se trouve sur la ligne de sortie du butane en fond de colonne qui by-pass le préchauffeur A : plus le GPL est froid et plus la vanne aura tendance à se fermer pour permettre à un maximum de butane chaud de passer à travers le préchauffeur A et vice versa. Le débit d'entrée du GPL est, quant à lui, contrôlé par un indicateur de contrôle de débit.

Le courant de GPL venant du préchauffeur A entre dans la colonne au niveau du plateau d'alimentation n°24. Les hydrocarbures légers se séparent du courant d'alimentation et s'élèvent vers le sommet de la colonne à contre-courant d'un reflux continu de propane. Le propane commercial extrait comme produit de tête de distillation est condensé en totalité au niveau des aérocondenseurs. La pression de tête de la colonne est contrôlée par les deux vannes qui se trouvent en amont des aérocondenseurs. Lorsque la pression de tête de la colonne augmente, l'une des vannes s'ouvre et l'autre se ferme de façon à ce que le propane passe par les aérocondenseurs et, inversement, lorsque la pression de tête de la colonne chute de façon à ce que le propane by-passe par les aérocondenseurs. Lorsque la pression ne peut plus être réglée par les deux vannes, le contrôleur de pression s'ouvre vers le réseau de

I.5.2. Section de réfrigération :

I.5.2.1. Réfrigération du produit (propane et butane) :

La section réfrigération a pour objet de refroidir les produits propane et butanes commerciaux à leurs températures de stockage respectives soit - 45 °C pour le propane et - 15 °C pour le butane à la pression atmosphérique. Le système de réfrigération est un système en cascade qui utilise du propane pur comme agent réfrigérant. Le refroidissement est effectué à l'aide d'une boucle fermée à trois niveaux de températures 11,8/ - 16,9 et - 40,3 °C, correspondant à la pression haute (6 bar), moyenne (1,8 bar) et basse (0,5 bar).

I.5.2.2. Circuit du Propane commercial :

Le propane commercial provenant des deux ballons de reflux A pour le train A et le B pour le train B est acheminé sous contrôle de niveau vers l'aéroréfrigérant, puis il entre dans le réfrigérant (chiller) de l'étage HP à une température de 40 °C et sort à une température de 14,3 °C. À la sortie du chiller, le produit passe par la déshydratation de garde conçue pour le séchage du propane commercial. La teneur de ce dernier doit être inférieure à 1 ppm à la sortie de la déshydratation afin d'éviter toute formation d'hydrates (cause de bouchage) puis le produit passe à l'étage MP à travers un 2ème chiller, d'où il sort à une température de -14,6°C. Le propane commercial passe ensuite à l'étage BP de réfrigération à travers un 3ème chiller d'où il sort à une température de -37,7 °C. Le produit réfrigéré, passe alors par le ballon flash (ballon de détente) qui n'est pas le cas actuel où il est détendu à 0.4 bar pour atteindre la température de -45 °C qui n'est autre que la température de stockage du produit fini au niveau du bac de stockage du propane réfrigéré. Le produit est finalement expédié vers le bac de stockage au moyen d'une pompe.

I.5.2.3. Circuit du butane commercial :

Le butane commercial produit au fond des deux colonnes de dépropanisation est acheminé sous contrôle de niveau vers l'aéro-réfrigérant. Il entre ensuite au niveau de l'étage HP du chiller à une température de 40 °C et sort à une température de 14,6 °C. Le produit est admis ensuite à l'étage BP au niveau du chiller d'où il sort à une température de -11 °C puis il est acheminé vers le bac de stockage de butane où une température de -15 °C.

Le butane ambiant, quant à lui, est obtenu en envoyant une partie du produit sortant de l'aéroréfrigérants vers les sphères de butane ambiant. Les sphères de butane ambiant sont maintenues à pression de 8 bars au moyen de la vanne de pression qui fait partie du circuit fuel

gaz. Le butane commercial à la sortie de l'aéro-réfrigérant se dirigera vers les sphères de butane ambiant ce qui permet le remplissage de ces dernières.

I.5.2.4. Boucle de réfrigération de Propane :

Le propane pur est stocké dans le ballon de propane réfrigérant à une pression d'environ 16 bars et à une température avoisinante 40 °C. Le ballon est muni de deux soupapes de sécurité tarées à une pression de 18,2 bars. Le ballon alimente sous contrôle de niveau les deux chillers haute pression du côté calandre. Le produit réfrigérant passe ensuite par la vanne contrôle de niveau (1) pour alimenter le côté calandre du chiller (A) et par la vanne (2) pour alimenter le côté calandre du chiller (B). La détente a lieu en aval des deux vannes de contrôle de niveau de sorte que le propane pur entre respectivement dans les deux chillers à une pression de 6 bars et à une température de 11,8 °C. Le même système de contrôle de niveau est utilisé au niveau de la moyenne et la basse pression. Le chiller (A) alimente le chiller du 2ème étage de refroidissement du propane commercial et le chiller (B) alimente le chiller du 2ème et dernier étage de refroidissement du butane commercial. Après détente le propane pur entre respectivement dans les chillers (A) et (B) à une pression de 1,8 bar et à une température de -16,9 °C. Chaque chiller est muni de soupapes de sécurité. Au niveau du 3ème étage de réfrigération (BP), il n'y a que le propane commercial qui est refroidi, le butane ayant terminé son cycle de réfrigération. À chaque étage, les vapeurs issues des chillers sont reprises par un turbocompresseur via des ballons séparateurs qui permettent d'éliminer toutes gouttelettes de liquide entraînées avec les vapeurs de propane. Elles sont comprimées dans le compresseur Centrifuge étagé entraîné par une turbine à gaz et refoulées vers les aérocondenseurs A/B pour être condensées puis renvoyées au ballon pour effectuer un nouveau cycle.

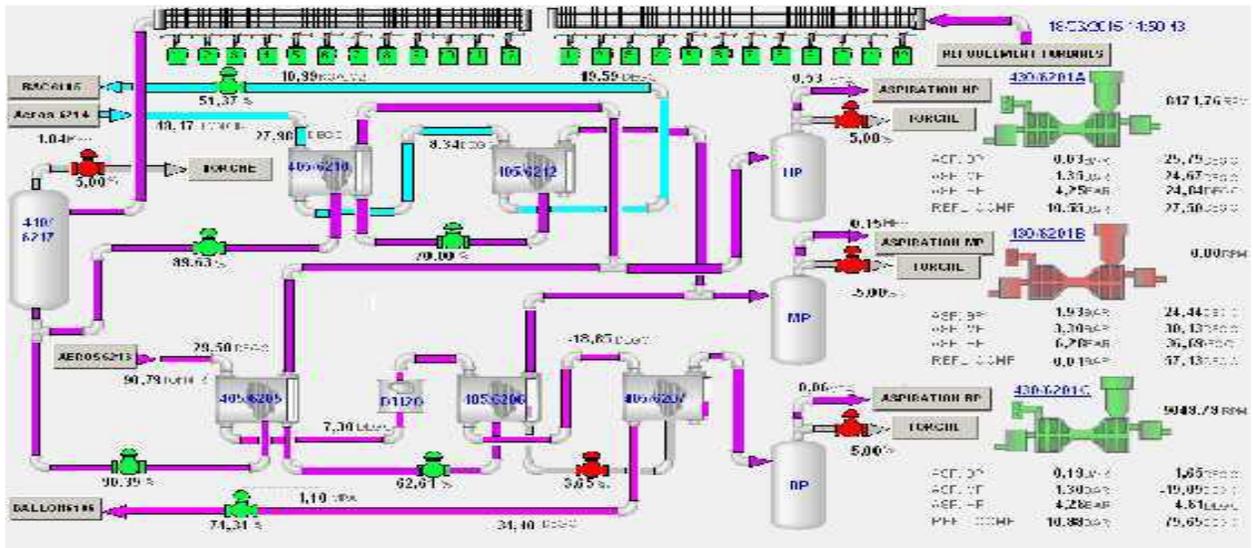


Figure I. 7: boucle de réfrigération du propane

I.5.3. Section de stockage :

Cette section sert au stockage du propane et du butane commercial réfrigérés. Elle comprend deux bacs chacun est de 70 000 mètres cubes de capacité. Un bac de stockage du propane (420/6204) et un bac de stockage de butane (420/6205), mais aussi deux sphères d'une capacité 1115m³ chacune pour le stockage du butane ambiant. Le propane commercial (C3C) arrive depuis le ballon 410/6102 de la boucle BOG. Le bac dispose de deux lignes, une pour l'azote qui sert à l'inertie en cas de travaux, et l'autre pour le fuel gaz qui chasse l'azote après l'utilisation et maintient une pression positive dans le bac. Quatre pompes (425/6104A-B-C-D) sont immergées dans le bac afin d'assurer l'expédition de propane vers les quais de chargement le rôle de la pompe 425/4104D est de refroidir la ligne d'expédition du propane commercial d'une température froide de -40°C à -47°C. Le bac de stockage de butane est identique à celui de propane, avec le même nombre de pompes immergées (425/6101A-B-C-D) sauf que sa température de stockage est supérieure à celle de propane (entre -10°C et -15°C). Le butane ambiant de même composition que le butane commercial, est stocké dans les sphères 420/6501E-F qui ont une capacité de 1115m³.

le butane est soutiré de puis l'aérocondenseur 405/6214. il est stocké à température ambiante mais à une pression supérieure à la pression atmosphérique variant entre 7 et 8,5 bars. Deux systèmes séparés "BOG" (gaz d'évaporation au boil off gaz) existent pour la récupération des vapeurs issues des bacs de stockage propane/butane. Les vapeurs provenant du bac de stockage de propane 420/6104 et le gaz provenant du ballon de détente du propane produits

Chapitre I : description du complexe GP2/Z et du Processus de fabrication

sont comprimées à 0,7 M.Pas eff. Au niveau des deux compresseurs centrifuges (430/6101E/D), partiellement liquéfié dans les chillers 405/6107. Le propane liquide obtenu passe par le séparateur 410/6105, une partie fait le retour pour le contrôle du niveau au bac de propane, l'autre partie est envoyée au préchauffeur de charge de l'éthaniseur dans la section de dééthanisation, et la vapeur est récupérée comme gaz de dégagement. Le propane liquéfié contenant C1 et C2 est pompé et envoyé à la section de dééthanisation pour éliminer C1 et C2 comme un fuel gaz et récupérer le produit propane. Le propane liquide est ensuite envoyé via des pompes immergées vers les bras de chargement pour l'expédition. De façon similaire, les vapeurs de C4 issues du bac de stockage 420/6105 sont comprimées par les compresseurs BOG (YORK) 430/6101A/B et entièrement condensées au niveau de condenseur (405/6103). Le butane liquide ainsi obtenu passe dans un séparateur 410/6108 et retourne sous contrôle au niveau de bac du butane (420/6105).

Bac propane

Ce réservoir assure le stockage du propane à la pression atmosphérique et à une température de -45 °C. Le bac est muni de trois soupapes de sécurité tarées à différents paliers de pression respectivement à 1010, 1030 et 1060 mm H2O.

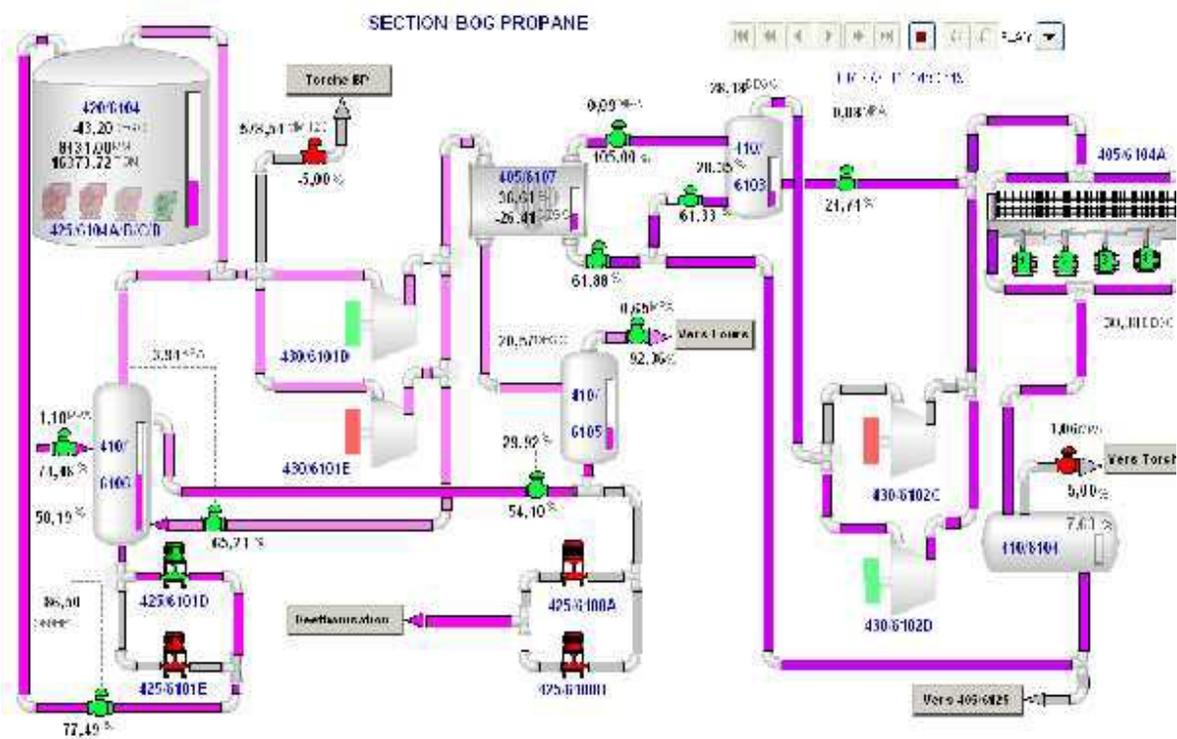


Figure I. 8: Section BOG propane

Bac butane

Cette capacité a pour but d'assurer le stockage du butane à la pression atmosphérique et à une température de -15°C. Le bac est muni de trois soupapes de sécurité tarées à différents paliers de pression respectivement à 1010, 1030 et 1060 mm H₂O.

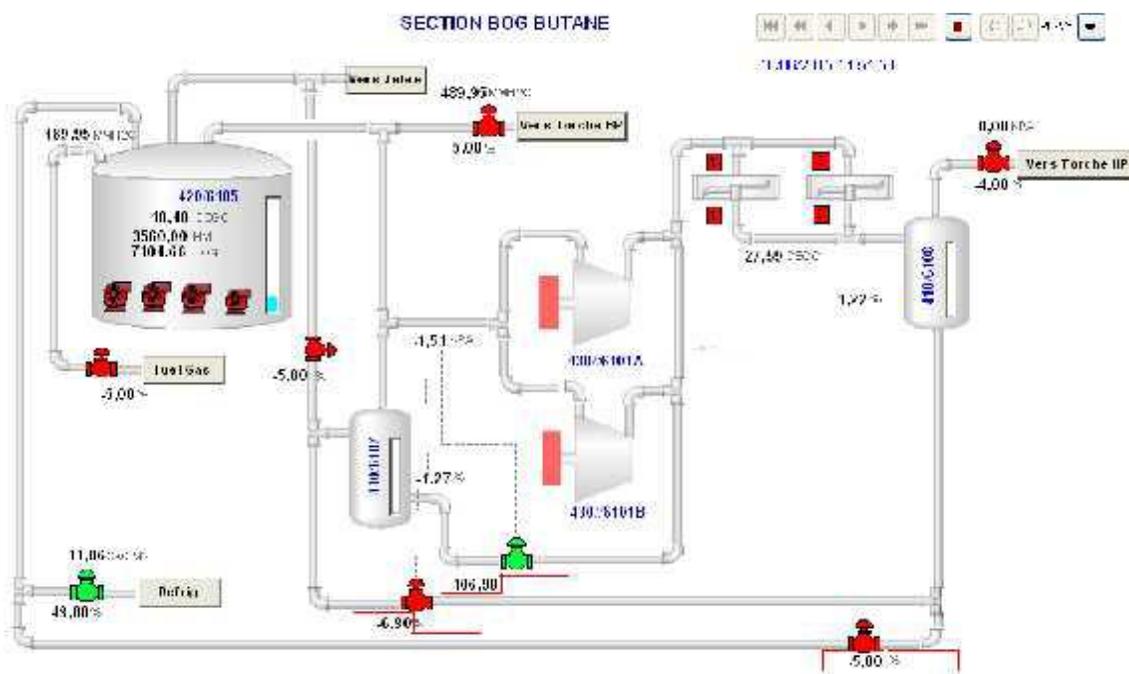


Figure I. 9: Section BOG butane

Parc de Stockage au Niveau du GP2/Z :

Le complexe GP2/Z dispose de deux modes de stockage, stockage réfrigéré au niveau des bacs et stockage ambiant au niveau des sphères et un bac de stockage d'eau incendie et une bêche d'eau.

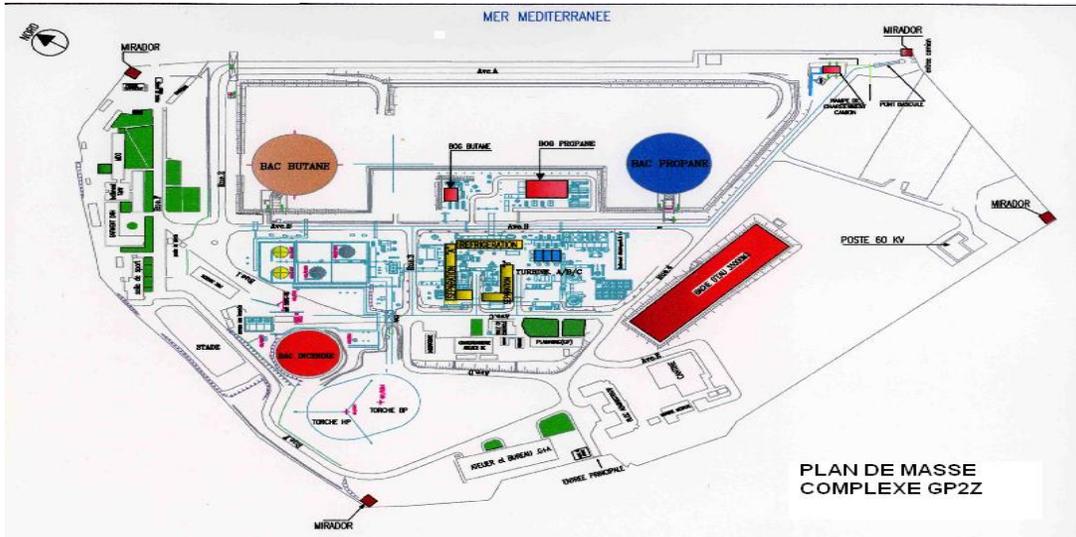


Figure I. 10: Plan de masse du complexe GP2/Z

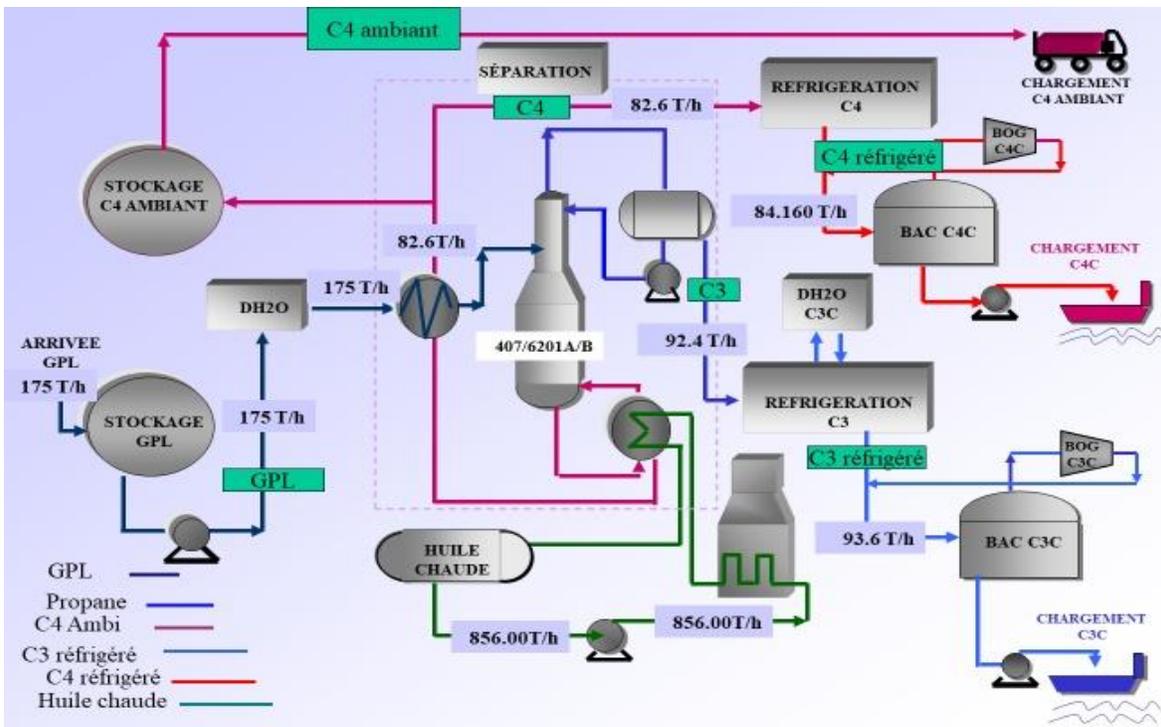


Figure I. 11: Schéma général du procédé de séparation du GPL

Chapitre II Concept général et gestion des risques industriels

II.1. Concept général :

II.1.1. Notion de base :

II.1.1.1. Notion de risque :

Le concept de risque résulte du croisement entre l'aléa et la vulnérabilité. **L'aléa** peut se définir comme « un phénomène, une manifestation physique ou une activité humaine susceptible d'occasionner des pertes en vies humaines ou des blessures, des dommages aux biens, des perturbations sociales et économiques ou une dégradation de l'environnement ». D'autre part, **la vulnérabilité**« constitue la capacité d'une personne ou d'un groupe à anticiper, à composer, à résister et à se rétablir de l'impact d'un danger [...] (source: la gestion des risques industrielle majeurs ; Cédric MORNAU, CSSS de la pointe -de- l'ile)

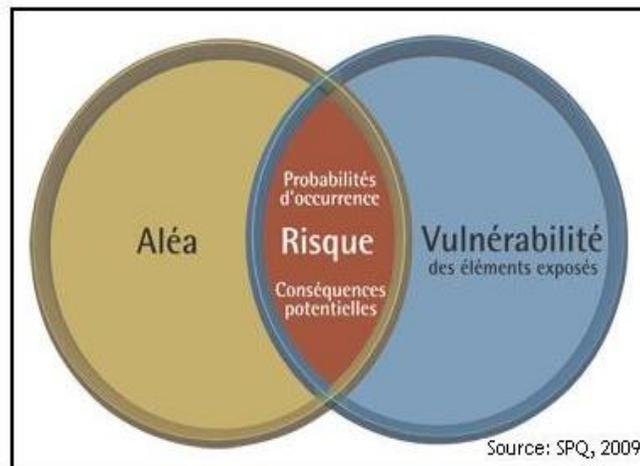


Figure II. 1: concept de risque,(source: la gestion des risques industrielle majeurs ; Cédric MORNAU)

II.1.1.2. Approche par le risque :

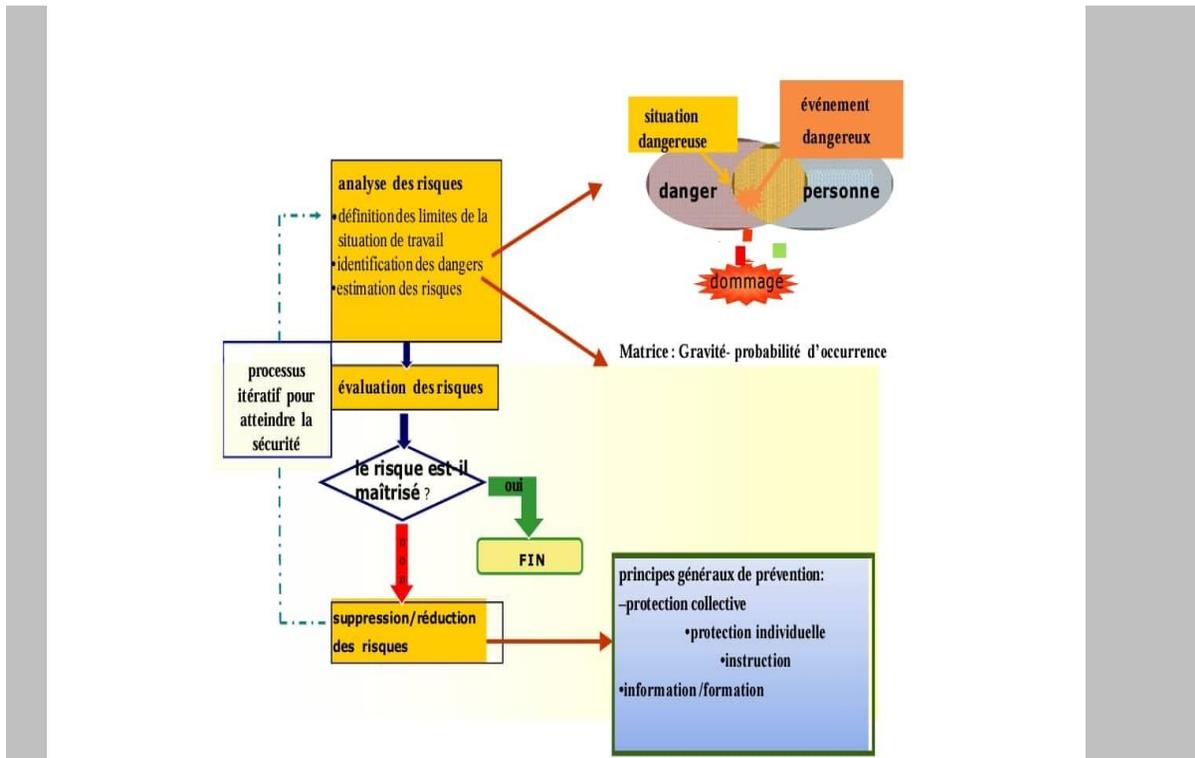


Figure II. 2: La démarche d'approcher par les risques (source : cours HSE, Ait Ahmed OURIDA, USTO Oran)

Le niveau de risque est déterminé de longue date par une grandeur à deux dimensions réunie à une phase précise de l'activité de l'installation étudiée et caractérisant un événement indésirable par :

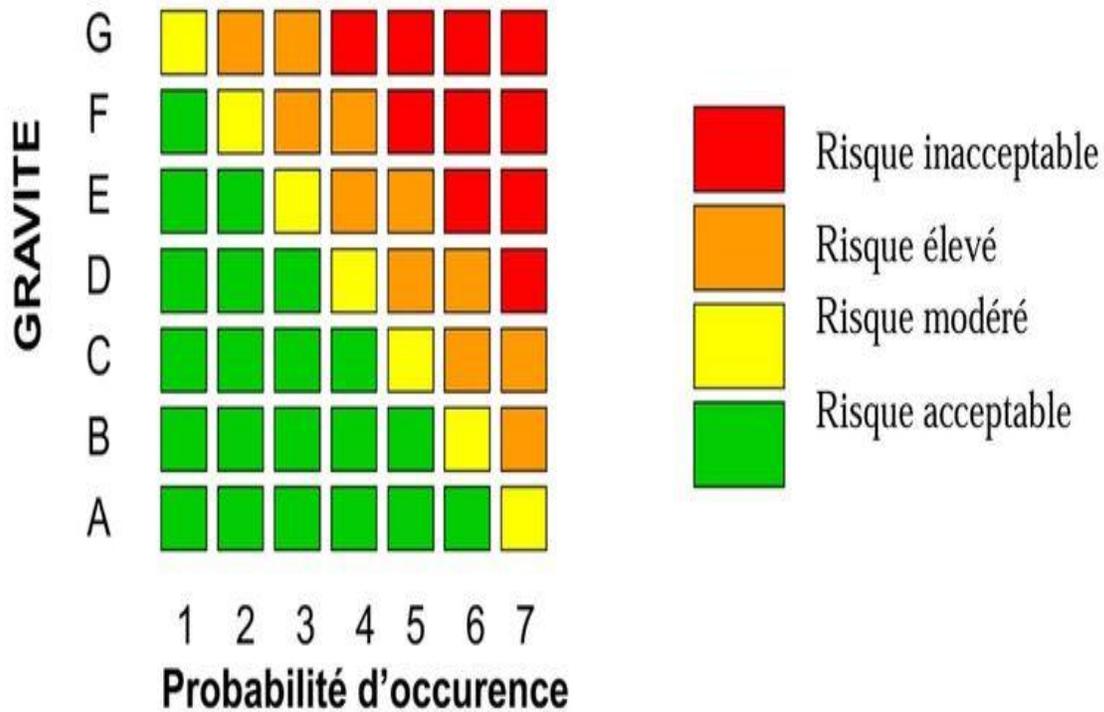
- **Le niveau de gravité** : évaluation des dommages potentiels aux personnes (léthalité, blessures irréversibles) et des dégâts aux équipements (biens internes et externes à l'entreprise)
- **Le niveau de probabilité** : estimation de sa probabilité d'occurrence.

II.1.1.3. Matrice d'évaluation de risque :

Plusieurs niveaux de gravité peuvent être définis, ils évoluent :

- Suivant les pays, les sociétés
- Avec le temps et l'évolution des technologies

Ainsi, le niveau de gravité peut varier d'une analyse de risque à l'autre, d'une industrie à l'autre.



(A : faible gravité, G : très grave, 1 : improbable, 7 : très probable)

Figure II. 3: Matrice d'évaluation des risques (source : cours HSE, Ait Ahmed OURIDA, USTO Oran)

Cette matrice d'évaluation des niveaux de risque : est utilisée par les industriels pour les études d'analyse de risques à titre préventif selon la méthode dite « probabiliste ». Elle est par ailleurs adaptée et mise en œuvre :

- Pour l'évaluation des incidents et accidents ; la situation du niveau de risque permet de définir les niveaux auxquels sera diffusée l'information concernant l'accident (secteur concerné de l'usine, l'usine, le groupe, la profession) pour contribuer au partage d'expérience. Le niveau de décisions validant l'analyse et les plans d'actions afin d'éviter le renouvellement de l'accident (secteur concerné, direction du site, direction du groupe).

- Pour définir une stratégie de maintenance, en fonction des risques associés à la défaillance des équipements. Le niveau de risque admet de rendre prioritaire les interventions de maintenance ainsi que la gestion des stocks de pièces de rechange.

II.1.1.4. Classification des risques :

Il sera question d'aborder le risque INDUSTRIEL selon la typologie préconisée par les spécialistes d'HSE mais ça ne nous empêche pas de mentionner les différents types de risques. Celle-ci les divise en quatre grandes catégories : les risques naturels, technologiques, biologiques et sociaux.

Cependant l'analyse des risques permet de les classer en quatre grandes familles, mentionnées dans la littérature :

- **Les risques naturels** : inondation, feu de forêt, avalanche, tempête, séisme, etc.;
- **Les risques technologiques** : d'origine anthropique, ils regroupent les risques industriels, nucléaires, biologiques, ruptures de barrage, etc., les risques de transports collectifs (personnes, matières dangereuses) sont aussi considérés comme des risques technologiques ;
- **Les risques de la vie quotidienne : accidents domestiques, accidents de la route, etc. ;**
- **Les risques liés aux guerres et conflits.**

Mais les classifications les plus répandues est de classer les risques en deux catégories : les risques naturels et les risques liés à l'activité humaine.

Les risques liés à l'activité humaine recouvrent un ensemble de catégories de risques divers :

- **Les risques techniques, technologiques, industriels et nucléaires ;**
- **Les risques liés aux transports ;**
- **Les risques sanitaires ;**
- **Les risques économiques, financiers, managériaux ;**
- **Les risques médiatiques ;**
- **Les risques professionnels.**

II.1.2. Le risque industriel :

II.1.2.1. Définition du risque industriel :

Selon l'INRS "Le risque industriel est défini comme un événement accidentel se produisant sur un site industriel mettant en jeu des produits et/ou des procédés dangereux et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les riverains, les biens et l'environnement.

Afin d'en limiter la survenue et les conséquences, les établissements les plus dangereux sont soumis à une réglementation particulière (classement des installations) et à des contrôles réguliers. Néanmoins, ce n'est pas parce qu'un site n'est pas classé qu'il ne présente pas de danger".

II.1.2.2. Les principaux générateurs de risque industriel :

Les principaux générateurs de risques d'accident industriels majeurs ; sont généralement divisés en deux familles ;

- **Les industries chimiques** : engendrent des produits chimiques de base, des produits destinés à l'agroalimentaire (notamment les engrais), les produits pharmaceutiques et de consommation courante (eau de javel, etc.)
- **Les industries pétrochimiques (y compris le raffinage et le traitement du pétrole et du gaz naturel)** : produisent l'ensemble des produits dérivés du pétrole (essences, goudrons, gaz de pétrole liquéfié).

II.1.2.3. Exemples de risques majeurs présents dans industrie pétrolières :

Tableau II. 1: types de manifestation du risque industriel majeur et leurs conséquences

Principaux risques d'accidents industriels, leurs effets et leurs conséquences		
Risques	Effets directs	Conséquences possibles sur les personnes selon les circonstances de l'événement
Incendies	Dégagement de chaleur (effet thermique) et de fumée (gaz)	<ul style="list-style-type: none">• Brûlures• Inhalation de fumées asphyxiantes, voire toxiques
Explosion	Création d'une onde de surpression et dégagement de chaleur et de fumée (gaz)	<ul style="list-style-type: none">• Lésions internes aux poumons et aux tympans• Blessures provenant de la projection de débris• Brûlures
Emanation toxique	Formation de nuage toxique qui se déplace avec le vent en se diluant dans l'air	<ul style="list-style-type: none">• Nausées• Irritation des yeux ou de la peau• Atteintes aux poumons

Le risque d'accident industriel majeur, notamment qui se présentent dans l'industrie pétrolières, peut se manifester de différentes manières, mais on leur reconnait habituellement trois typologies. Le tableau précédent met en évidence les manifestations possibles du risque en fonction des conséquences potentielles qui y sont associées.

II.1.2.3.1. Incendie :

L'incendie : dû à l'ignition de combustibles par une flamme ou un point chaud (risque d'intoxication, d'asphyxie et de brûlures). L'incendie est une combustion qui engendre de grandes quantités de chaleur, des fumées et des Gaz polluants, voire toxiques. L'énergie émise favorise son développement. Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant. Cette réaction nécessite une source d'énergie. L'absence d'un des trois éléments empêche le déclenchement de la combustion et la suppression d'un des trois éléments arrête le Processus.

Cette interdépendance est symbolisée par le triangle du feu

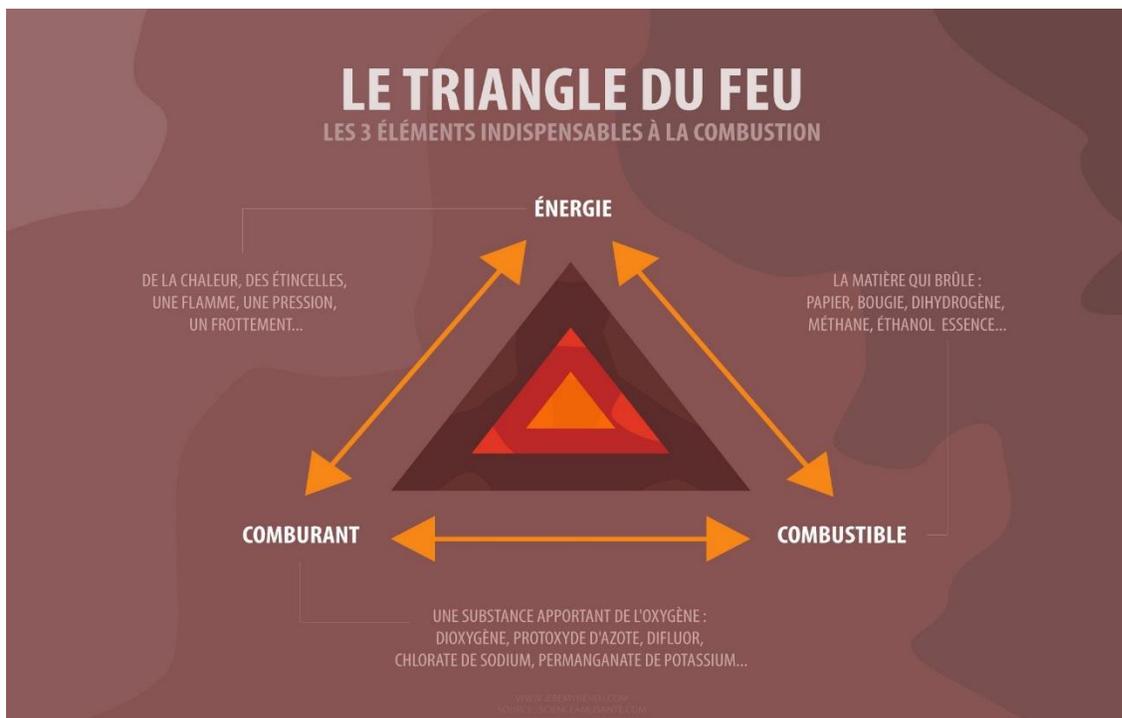


Figure II. 4: Triangle de feu de la combustion

Les flammes et la chaleur :

La température au cœur du foyer peut varier de 600 à 1 200°C. Au contact des flammes, les brûlures sont immédiates. Des lésions peuvent apparaître lors de l'exposition de la peau pendant plusieurs secondes à une température de l'ordre de 60°C.

On distingue trois catégories de brûlures :

- le premier degré : atteinte superficielle (typiquement : le « coup de soleil »),
- le second degré : destruction de l'épiderme avec apparition de cloques,
- le troisième degré : destruction du derme et de l'épiderme ; à ce stade, la peau n'est plus capable de se régénérer seule

L'effet lumineux des flammes provoqué également un danger pour les yeux.

II.1.2.4.2. Explosion :

L'explosion : due au mélange combustible / comburant (air) avec libération brutale de gaz (risque de décès, de brûlures, de traumatismes directs par l'onde de choc, etc.).

Parmi les différents types d'explosions les plus connus dans le domaine d'industries de pétrole et de traitements des gaz.

a. Explosion de gaz en milieu ouvert (UVCE) :

Unconfined Vapour Cloud Explosion, soit traduit en français "explosion d'un nuage de vapeurs non confiné"(UVCE) : Il s'agit d'un phénomène qui présume l'inflammation accidentelle d'un nuage ou touffe de vapeurs combustibles mélangées avec l'oxygène de l'air. Continuellement à l'inflammation, un front de flamme se propage dans le nuage ou panache et entraîne des effets thermiques mais aussi des ondes de surpressions aériennes, qui engendrent elles-mêmes d'éventuels effets mécaniques. En toute force, les UVCE concernent les explosions de gaz et vapeurs contenus dans un volume non confiné, en pratique, les nuages explosibles accidentels peuvent se deviner en partie confinés par les installations, sièges de l'accident. Dans ce cas, le phénomène est carrément nommé VCE pour "Vapour Cloud Explosion". Explosion de gaz en milieu ouvert (UVCE).

b. Le BLEVE :

Le terme BLEVE est un acronyme pour "Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion". Il indique le phénomène de vaporisation violente qui dérive d'une mise à l'atmosphère quasi instantanée d'une liquide sous-pression initialement stocké à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition atmosphérique. Cette mise à l'atmosphère provient, dans les situations accidentelles, d'une perte de confinement du réservoir de stockage. Il convient de noter que le phénomène de BLEVE peut enfermer n'importe quel stockage de gaz liquéfié, et pas uniquement des gaz inflammables. La réaction explosive résulte en effet d'un changement de phase brutal (d'un point de vue thermodynamique, le produit ne peut pas physiquement

rester dans son état liquide à la pression atmosphérique, il se produit donc une vaporisation rapide) et non pas d'une réaction de combustion. L'onde de pression générée est ainsi due à la vaporisation quasi instantanée. En rétractation, les BLEVE les plus « spectaculaires » observés dans l'accidentologie, et aussi les plus sévères, sont évidemment ceux impliquant des gaz inflammables. Dans ce cas, une combustion peut venir s'ajouter au phénomène de vaporisation, et c'est bien avec ce type de produit qu'on observe le phénomène de boule de feu souvent réuni au BLEVE.

II.2. Gestion des risques industriels :

II.2.1. Démarche de gestion des risques industriels :

La démarche est l'un des enjeux majeurs de toute activité industrielle. Elle fait partie de la politique globale de l'entreprise et constitue une composante fondamentale de sa réussite et de son amélioration. Aujourd'hui il incombe à tout exploitant de démontrer qu'il gère mieux les risques générés par son installation par la mise en place des mesures nécessaires permettant la sécurité des personnes, des biens, et de l'environnement.

Dans le guide ISO/CEI 51 et 73 [ISO, 1999], la gestion des risques est définie comme "l'ensemble des activités coordonnées, menées en revue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable, à un moment donné et dans un contexte donné".

Dans ce contexte, la norme ISO 27005 [ISO /CEI 27005, 2011] propose une démarche itérative de gestion des risques. Ses différentes étapes ainsi que le processus générique de cette démarche sont représentées dans le schéma de la figure suivante (figure II.5).

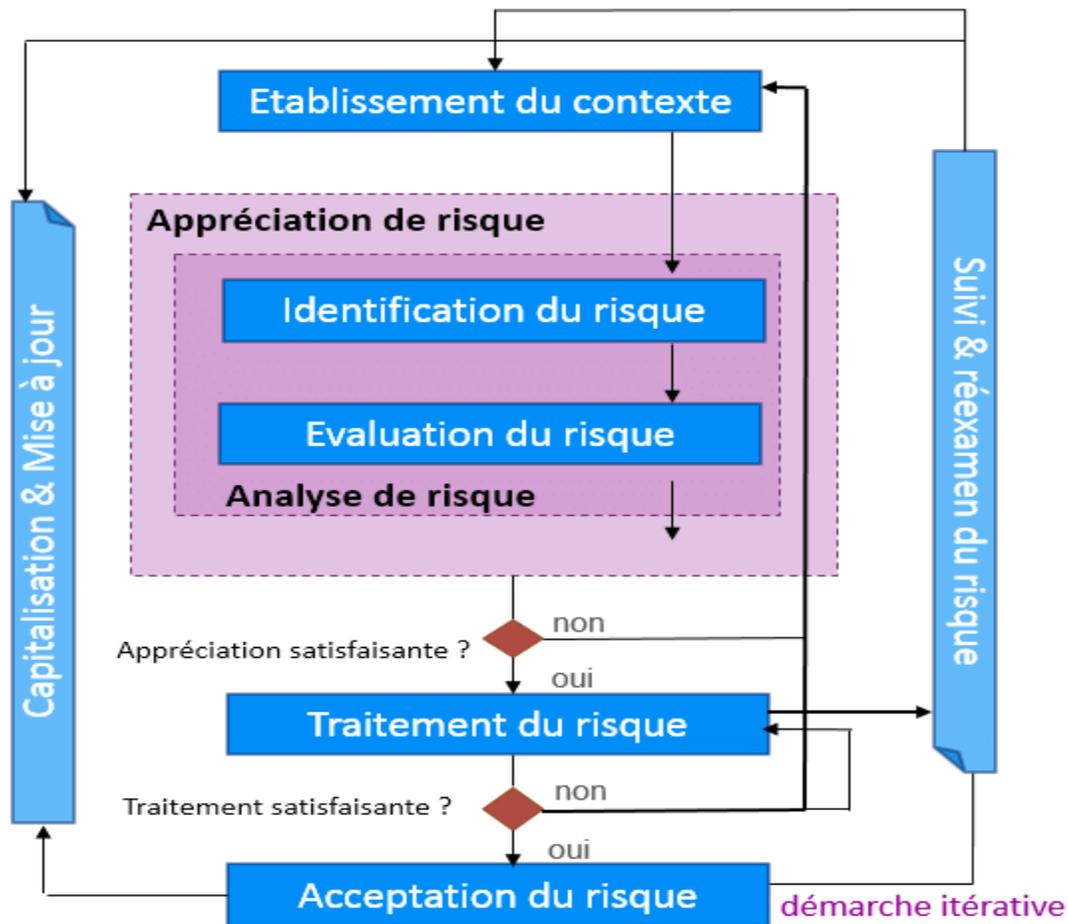


Figure II. 5: Processus de gestion des risques [ISO/CEI 27005, 2011]

Les principales étapes sont brièvement expliquées comme suit :

II.2.1.1. Analyse du risque :

L'analyse des risques occupe une place centrale dans le processus de gestion des risques. Cette étape sert à définir le système ou l'installation à étudier en recueillant toutes les informations et données nécessaires. Dans ce volet, une description à trois niveaux, structurel, fonctionnel et temporel est indispensable afin de mener une analyse pertinente et atteindre les objectifs attendus en matière de gestion des risques. Effectivement, dans un premier temps, les principales sources de dangers et les scénarios d'accidents doivent être recensés et identifiés. La complexité de certains systèmes étudiés requiert l'utilisation des outils d'analyse aidant à l'identification des dangers tels que la HAZID (HAZards Identification), HAZOP (HAZard and OPerabilitystudy) ; APD (Analyse Préliminaires des Dangers) ... Ces outils d'analyse permettent aussi d'identifier les différentes barrières de sécurité existantes dans le système étudié. Une

fois le danger est identifié, le risque associé doit être estimé. L'estimation peut être qualitative, semi-qualitative et/ou quantitative en termes de probabilités de son occurrence et de la gravité de ses conséquences sur les personnes, les biens et l'environnement.

II.2.1.2. Estimation du risque :

L'estimation du risque se définit comme « processus utilisé pour affecter des valeurs à la probabilité et aux conséquences d'un risque. Cette estimation peut considérer le cout, les avantages, les préoccupations des partis prenantes et d'autres variables requises selon l'étape d'évaluation du risque » [ISO/CEI Guide 73, 2002].

II.2.1.3. Évaluation du risque :

Dans cette étape, il s'agit de comparer le risque estimé aux critères d'acceptabilité établis préalablement par l'établissement concerné. En effet, cette évaluation permet de prendre une décision sur l'acceptabilité ou l'inacceptabilité de chaque risque [ISO, 1999], c'est-à-dire, déterminer s'il convient d'accepter le risque tel qu'il est ou de le réduire [CCPS, 2009].

II.2.1.4. Acceptation du risque :

L'acceptabilité d'un risque est faite à partir de deux paramètres (fréquence et gravité). Le niveau du risque quantifié sera positionné dans une matrice d'évaluation et en fonction des critères d'acceptabilité retenus et le risque estimé qu'on juge de l'acceptabilité ou la non acceptabilité du risque [ISO, 1999]. Si le risque est jugé acceptable le processus de gestion sera terminer et le risque jugé sera surveillé. Dans le cas contraire, le processus continue en passant à l'étape de réduction.

II.2.1.5. Réduction du risque :

Cette étape consiste à mettre en œuvre les différentes mesures et barrières de prévention et de protection afin de réduire l'intensité du phénomène (Atténuation des conséquences) et à diminuer la probabilité d'occurrence par la mise en place de barrières visant à prévenir les accidents (voir figure II.6).

Outre les améliorations techniques et fiabilité d'équipements, la prévention passe aussi par une meilleure prise en compte des facteurs de risque liés à l'organisation et aux personnes.

Le choix des actions préventives à engager est effectué en comparant les couts de leurs mises en œuvre avec les couts de conséquences de risque, en tenant compte de leur probabilité d'apparition. Un suivi régulier de l'évolution des risques est recommandé dans la démarche de

gestion des risques afin de contrôler et d'assurer la pertinence des actions préventives engagées et éventuellement de corriger les dispositions prévues [INERIS DRA-007,2003].

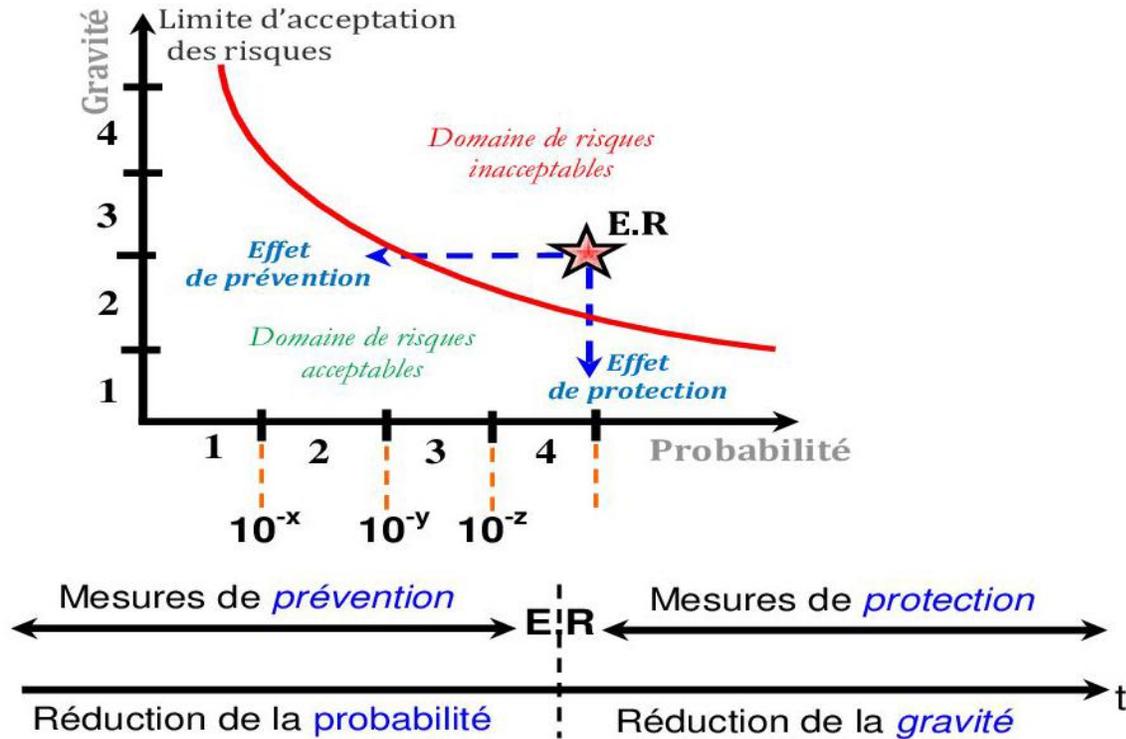


Figure II. 6: Principe de réduction du risque

II.2.2. Méthodes d'analyse et d'évaluation des risques :

Dans cette partie nous allons décrire brièvement les principales méthodes d'analyse des risques. Ces méthodes sont classées en trois principales catégories : qualitatives, semi-qualitatives et quantitatives [INERIS DRA35, 2006]. Dans ces catégories, il existe deux approches d'investigation des événements de « cause à effet » : l'approche inductive et l'approche déductive [Villemeur, 1988] voir figure II.7

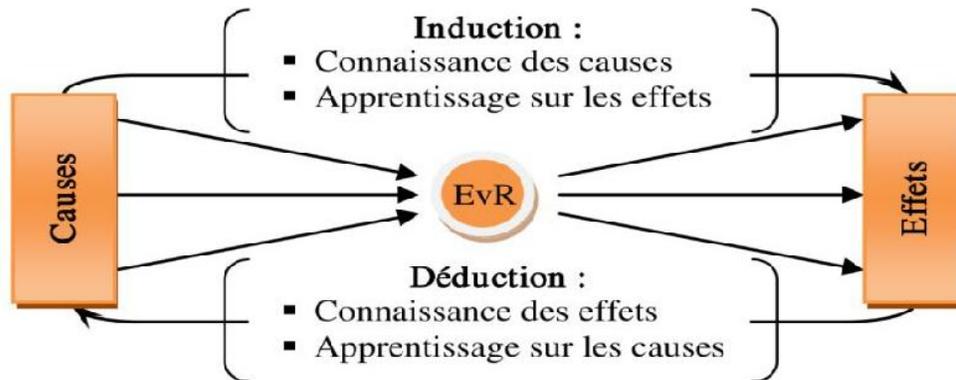


Figure II. 7: Approche d'investigation: inductive et déductive [Mazouni, 2009]

La démarche déductive nécessite une bonne connaissance des effets de l'accident, on peut donc procéder par déduction afin d'identifier les causes possibles. En revanche, la démarche inductive nécessite une bonne connaissance des causes de l'accident. Logiquement, on peut se situer donc en amont de l'accident et on essaye de dégager les conséquences possibles relatives à une cause donnée.

II.2.2.1. Méthode qualitative :

L'analyse qualitative des risques constitue un préalable à toutes autres analyses. En effet elle permet une bonne compréhension et connaissance systématique du système étudié et de ses composants [Villemeur, 1988]. Pour une bonne évaluation qualitative du risque, ces méthodes se réfèrent à des observations pertinentes sur l'état du système et surtout sur le retour d'expérience et les jugements des experts. Cette approche nécessite une très bonne connaissance des différents paramètres et causes liés au système étudié.

De nombreux outils d'analyse et d'évaluation des risques à caractère qualitatif existent comme la HAZID (HAZards Identification), HAZOP (HAZard and OPerabilitystudy); APR (Analyse Préliminaires des Risques).

II.2.2.2. Méthode semi-qualitative :

L'analyse semi-qualitative des risques est une approche intermédiaire entre les approches qualitatives et quantitatives [Desroches, 1995] [Arthur and Dowell, 1988]. Cette approche a pour but d'enlever l'aspect hautement subjectif et incertain de l'information utilisée dans l'approche qualitative en lui offrant plus de précision et d'exactitude, et en même temps pour assouplir le manque de la robustesse des données de l'approche quantitative [Hefaidh et Al. ;

2019]. De nombreuses méthodes et outils d'analyses et d'évaluations à caractère semi-qualitative tels Analyse des couches de protection (LOPA) ; Graphe de risque étalonné.

II.2.2.3. Méthode quantitative :

L'analyse quantitative des risques est considérée comme l'approche la plus adéquate pour une bonne prise de décision sur les risques et les performances des barrières de sécurité. Cette approche consiste à caractériser les différents paramètres d'analyse des risques par des mesures probabilistes [Desroches, 1995], l'obtention de ces mesures passe généralement par un traitement mathématique [Villemeur, 1988] en prenant en compte les données relatives aux différents paramètres évalués et aussi aux informations qui sont de nature quantitative.

Nous présentons quelques méthodes d'analyses quantitatives parmi les plus utilisées en analyses des risques et évaluation des performances des barrières de sécurité, en l'occurrence l'arbre des événements (AdE) ; l'arbre de défaillance (AdD) ; la méthode de nœud de papillon, la méthode Barrier and Operational Risk Analysis-Criticality Importance Analysis (BORA-CIA).

II.2.3. Méthodologie d'analyse des risques retenus dans notre travail :

La méthode HAZOP (HAZard and OPerability) est l'une des méthodes d'analyse des risques la plus utilisée à l'échelle mondiale pour analyser et maîtriser les risques industriels dans divers secteurs tels que la chimie, la pharmacie, l'agroalimentaire, le milieu pétrolier/gazier, le nucléaire... Aujourd'hui, la méthode HAZOP est considérée comme l'une des meilleures techniques disponibles dans le cadre de l'évaluation des risques.

II.2.3.1. Principe de la méthode HAZOP :

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo-hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit... 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 mot-clé comme par exemple « Pas de », « Plus de », « Moins de », « Trop de » quoi ? 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.

II.2.3.2. Déroulement de la méthode HAZOP :

La démarche généralement retenue pour mener une analyse par la méthode de HAZOP est illustrée par la figure (II.8). Cette démarche est basée sur différents modèles génériques de risques qui sont communément utilisés dans l'évaluation des risques.

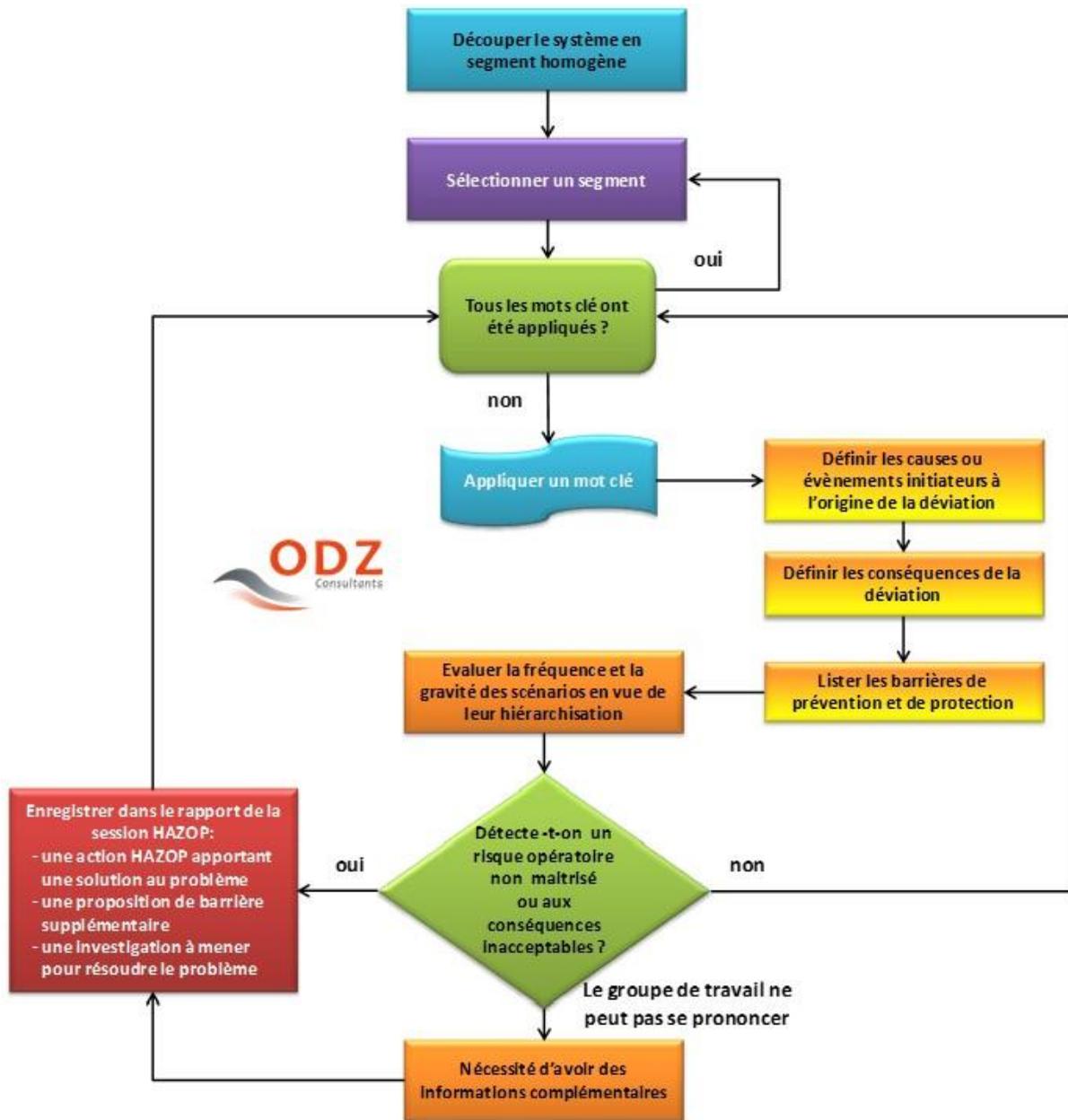


Figure II. 8: Fonctionnement itératif d'une analyse HAZOP

II.2.3.3. Avantage et limite de la méthode HAZOP :

Une analyse de risque avec la méthodologie HAZOP, comme décrite par la norme CEI61882 :2016, améliore non seulement la sécurité d'une installation, mais sert également à mettre en évidence d'éventuels problèmes de conception et / ou d'exploitation à un stade précoce du développement du projet. Il est également utilisé comme un outil efficace pour les audits de sécurité ou l'identification des risques d'une installation existante, ou pour anticiper les mesures de sécurité en cas de changement possible dans un procédé donné.

- C'est une bonne occasion de confronter différents points de vue d'une installation.
- C'est une technique systématique qui peut créer des habitudes méthodologiques utiles du point de vue de la sécurité.
- Le coordinateur améliore sa connaissance du processus.
- Il ne nécessite pratiquement aucune ressource supplémentaire, à l'exception du temps de dédicace.

Cependant l'HAZOP n'admet pas dans sa version classique d'analyser des événements produisant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances. Il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien limitée du système à étudier. Cela complique notamment l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont généralement 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 vice-versa. Bien entendu, il est possible à priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Malgré cela, cette tâche peut rapidement se confirmer complexe. Enfin, l'HAZOP menant de tous types de risques, elle peut être singulièrement longue à mettre en œuvre et diriger à une production abondante d'information ne touchant pas des scénarios d'accidents majeurs.

Chapitre III Présentation des EIPS et leur Règlementation

III.1. Notion de barrières de sécurité :

La notion de barrière de sécurité ne peut être englobée par une définition précise. Pour comprendre ce concept, nous essayons de fournir quelques détails sur ce concept ci-dessous.

Une barrière de sécurité est définie comme un "moyen physique et / ou non physique, prévu pour prévenir, contrôler et réduire des événements redoutables ou des accidents".

Elle désigne aussi " l'ensemble d'éléments techniques et/ ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité ". [INERIS DRA-17,2018].

III.2. Typologie des barrières de sécurité :

Les types de barrières de sécurité sont appréhendés selon deux critères principaux. La nature et le mode de fonctionnement de la barrière.

III.2.1. Typologie des barrières de sécurité selon leurs natures :

Selon leur nature, les barrières de sécurité peuvent être divisées en trois catégories : techniques, humaines et hybrides (voir figure III.1). Dans ce qui suit, nous donnons de très brèves définitions de chaque barrière.

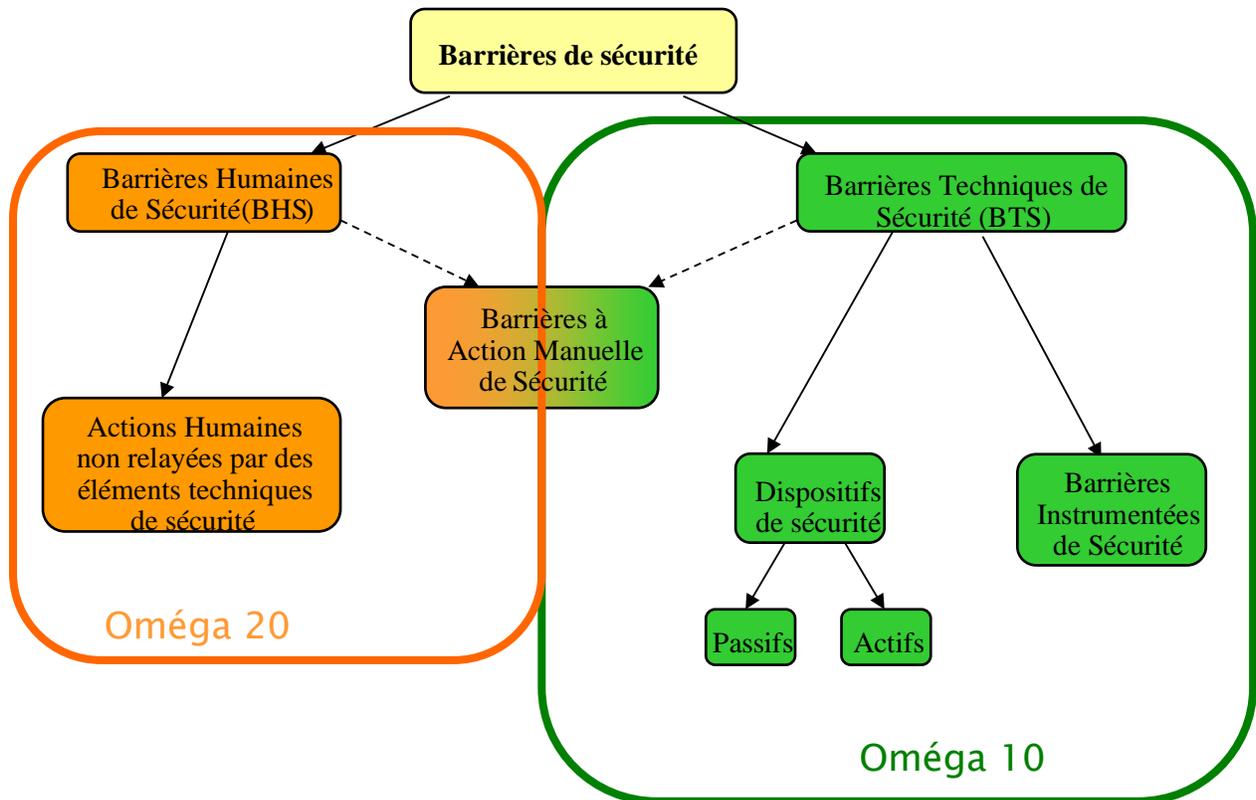


Figure III. 1: Typologie des barrières de sécurité

III.2.1.1. Barrière technique de sécurité (BTS) :

Constituée généralement d'un dispositif de sécurité (passif ou actif) ou d'un système instrumenté de sécurité (SIS) s'opposant à l'occurrence des événements susceptibles d'aboutir à un accident.

- **Dispositif passif** : qui ne mettent en jeu aucun système mécanique pour remplir leur fonction et qui ne nécessitent ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans cette catégorie les cuvettes de rétention, les disques de rupture, les arrête-flammes ainsi que les murs coupe-feu. Voir figure III.2 qui illustre un mur coupe-feu.

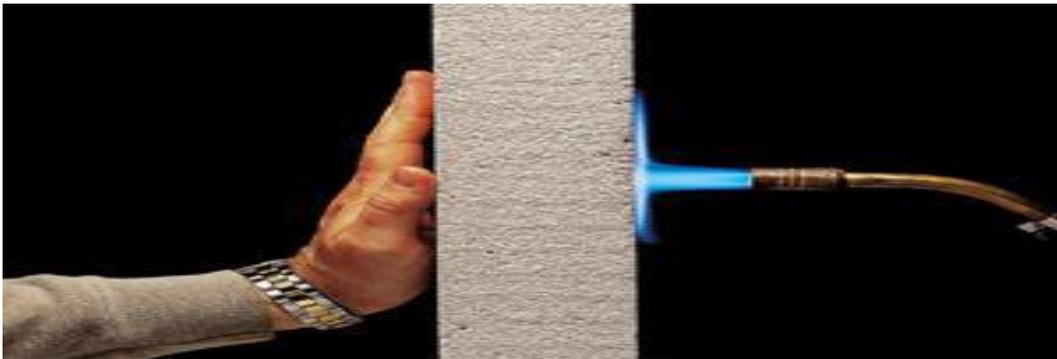


Figure III. 2: Mur coupe-feu

- **Dispositif actif** : qui mettent en jeu des dispositifs mécaniques (ressort, levier...) pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans cette catégorie les soupapes de décharge et les clapets limiteurs de débit. Voir figure III.3



Figure III. 3: Soupape de sécurité

- **Système instrumenté de sécurité (SIS) :** C'est une combinaison de capteurs, d'unités de traitements et d'actionneurs ayant pour objectif de remplir une ou plusieurs fonctions instrumentées de sécurité dite SIF (Safety Instrumented Function). Le rôle assigné à un SIS est la détection des situations dangereuses non contrôlées (augmentation de température ou de pression, fuite de Gaz...) pouvant engendrer un accident (incident, explosion ...etc.) et de mettre ensuite en œuvre un ensemble de réactions nécessaires à la mise en sécurité en un temps spécifié. Voir figure III.4.

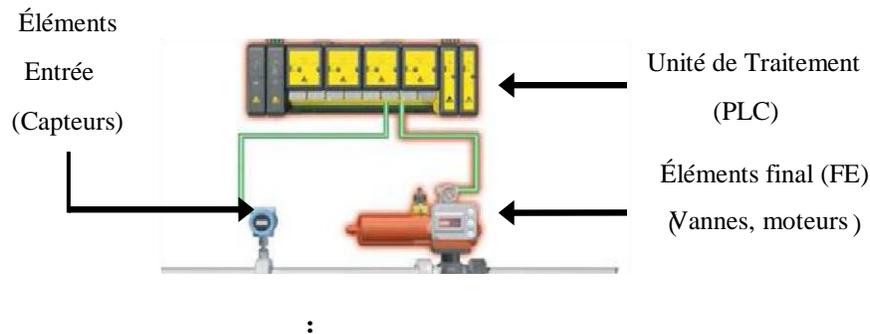


Figure III. 4: Exemple de SIS

III.2.1.2. Barrières Humaine de sécurité (BHS) :

Elles sont constituées d'activités et de procédures humaines sans impliquer les barrières techniques de sécurité pour s'opposer au déroulement d'un accident. Notons par exemple, le respect des règles de circulations sur le site, les inspections périodiques, la maintenance préventive et curative, et les permis de travail.

III.2.1.3. Barrières à Action Manuel de Sécurité (BAMS) :

C'est la combinaison des deux types de barrières précédentes (BTS et BHS). Ce sont des barrières mixtes à composantes technique et humaines : l'opérateur est en interaction avec les éléments techniques du système de sécurité qu'il surveille ou sur lesquels il agit. Pour ce type de barrière, on trouve le système de protection incendie, vanne manuelle d'isolement de canalisation, arrêt manuel à distance. Voir figure III.5.



Figure III. 5: Schéma générique d'une BAMS

III.2.2. Typologie des barrières de sécurité selon leur mode de fonctionnement :

Pour maîtriser les scénarios d'accidents majeurs, les barrières de sécurité se comportent de plusieurs façons [INERIS, ARAMIS, 2004]. Le schéma de la figure (Figure III.6) décrit cinq fonctions :

- **Fonction d'évitement** : cette fonction vise à rendre un évènement impossible en éliminant toutes ses causes possibles. Elle désigne généralement des modifications profondes des installations. Citons par exemple la substitution des produits dangereux par ceux qui sont non ou moins dangereux.
- **Fonction de prévention** : cette fonction vise réduire la probabilité d'occurrence d'un évènement par suppression possibles des causes potentielles ou en réduisant leur intensité, sans toutefois pouvoir le rendre impossible. Cette fonction couvre aussi la fonction de détection.
- **Fonction de détection** : cette fonction sert à détecter les déviations survenues dans un système (surpression, diminution de température, etc.) à noter que cette fonction seule ne suffit pas généralement à assurer la maîtrise de l'accident et doit être associée à d'autres fonctions comme contrôler ou limiter.
- **Fonction de contrôler** : il s'agit de maîtriser le déroulement d'une dérive afin d'amener le système dans un état opérationnel sûr.
- **Fonction de limitation ou de réduction** : la fonction « limiter » ou « réduire » consiste à agir sur les conséquences d'un évènement afin d'en réduire sa gravité.

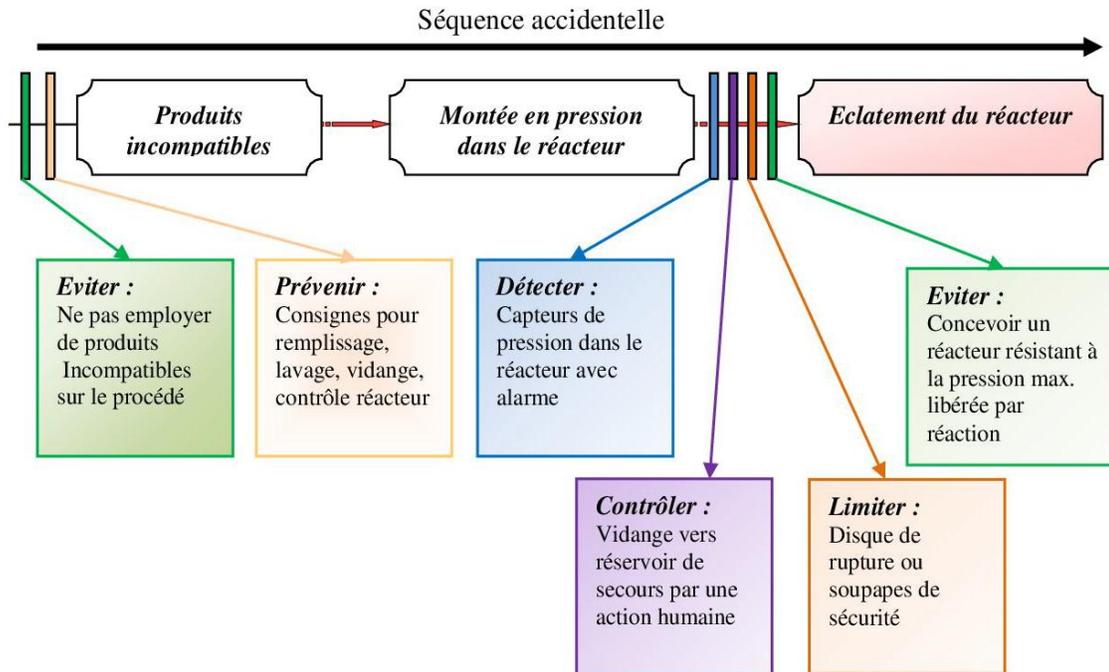


Figure III. 6: Schéma illustratif des fonctions de sécurité [INERIS ARAMIS,2004]

III.3. Performances des barrières de sécurité :

Le terme performance de barrière de sécurité est introduit récemment dans les démarches de gestion des risques et de l'évaluation des performances des barrières de sécurité [INERIS DRA-17, Bucelli et all. ; 2018]. En effet, ce concept est étroitement lié aux caractéristiques intrinsèques de la barrière de sécurité à savoir : l'efficacité, le temps de réponse, le niveau de confiance, et l'indépendance de la barrière. En effet, ces paramètres ne sont en réalité que des critères de performance ajoutés aux critères de maintenabilité, de testabilité, de disponibilité, et de fiabilité permettant de garantir le niveau de performance d'une barrière dans un temps réel [Florent et all,2009]. La figure suivante (Figure III.7) illustre la procédure de sélection d'une barrière de sécurité qui doit satisfaire au moins aux trois critères suivants :

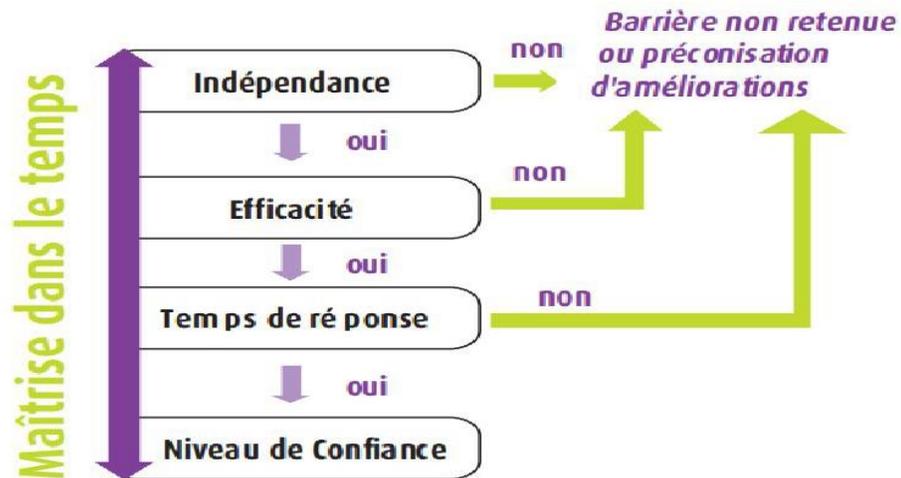


Figure III. 7: Sélection par critères minimaux d'une barrière de sécurité [INERIS, 2009]

III.4. Évaluation des performances de barrières de sécurité :

L'évaluation de la performance d'une barrière de sécurité se fait à travers son indépendance, son efficacité, son de temps de réponse, et son niveau de confiance au regard de son architecture, des pratiques de maintenance, des pratiques de teste...etc.). [IEC 61-508,2016].

III.4.1. Critère d'indépendance :

La barrière de sécurité doit être indépendante de l'évènement initiateur pouvant conduire à sa sollicitation pour pouvoir être retenue en tant que barrière agissant sur le scénario induit par l'évènement initiateur. Ses performances ne doivent pas être dégradées par l'occurrence de l'évènement initiateur [INERIS DRA 77,2009].

III.4.2. Critère de l'efficacité :

L'efficacité est l'aptitude de la barrière de sécurité à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement. L'évaluation de la performance d'efficacité repose sur les principes de dimensionnement adapté et de résistance aux contraintes spécifique [INERIS DRA 77,2009].

III.4.3. Critère de temps de réponse :

Le temps de réponse correspond à l'intervalle de temps entre le moment où une barrière de sécurité, dans un contexte d'utilisation, est sollicitée et le moment où la fonction de sécurité est assurée par cette barrière de sécurité et réalisée dans son intégralité.

Rappelons que pour qu'une barrière soit retenue selon ce critère, le temps de réponse de la barrière doit être en adéquation avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser [INERIS DRA 77,2009]

III.4.4. Critère de niveau de confiance (NC) :

Le niveau de confiance (NC) dépend de la probabilité de défaillance à la demande. Il permet de déterminer le facteur de réduction de risques induit par une barrière de sécurité. Cette réduction apportée par cette barrière est en fonction de ce critère qui se calcule de manière conservatrice par le 10^{NC} .

III.5. Règlementation sur les EIPS :

Les éléments du circuit de commande des fonctions de sécurité (relais, modules logiques de sécurité, etc.) et les moyens d'arrêts (relais, contacteurs, distributeurs électropneumatiques, etc.) sont réglementés en Europe par la directive Machines 2006/42/CE [3] dont les exigences pourraient être appliquées, totalement ou partiellement, aux barrières de sécurité équipant les installations industrielles. Parmi les normes dont les éléments du circuit de commande et d'arrêts doivent faire l'objet d'une conformité, nous pouvons citer :

- NF EN ISO 13850[4],
- ISO EN 13849-1[5],
- IEC 62061[6],
- NF EN 60947-5-5/A2[7],
- NF EN IEC 60947-4-1[8],
- IEC 60204-1 [9],
- EN ISO 12100[10],
- NF EN IEC 61511[11],
- NF EN IEC 61508[17].

Pour l'actionnement du bouton d'arrêt d'urgence (BAU) suite une alarme, les normes IEC 62682[12] et IEC 62603-1[13] peuvent être citées, entre autres référentiels, pour les aspects gestion des alarmes dans les processus industriels. Pour la conception d'interface humain / machine, plusieurs normes décrivent les exigences ergonomiques pour faciliter la perception de l'information sur un écran informatique. Voici quelques exemples pertinents dans le cas d'une interface d'alarme(s) pour un BAU :

- La norme ISO 9241-210[14],

- La norme ISO 9241-12[15],
- La norme ISO 9241-125[16].

III.5.1. Règlementation Algérienne :

L'Algérie a mis en place tout un dispositif de prévention basé sur un ensemble de moyens :

- Législatifs et réglementaires ;
- Technique : services d'hygiène et sécurité, services de médecine du travail, Institut de Prévention des Risques Professionnels..... ;
- Des lieux de concertation : commission d'hygiène et de sécurité, Conseil national à l'hygiène, la sécurité et la médecine du Travail ;
- De contrôle : inspection du travail.

Aussi le gouvernement s'est attelé, en application d'une politique de prévention des risques professionnels clairement affichée et de concert avec les partenaires sociaux, à entreprendre une série d'actions de nature à favoriser la mise en œuvre de cette politique. Ainsi le gouvernement algérien a adopté un décret (DE-21-331) relatif à la mise en conformité des installations et équipements relevant des activités hydrocarbures réalisés qui prend les articles suivants :

Art 1er. — En application des dispositions de l'article 235 de la loi n° 19-13 du 14 Rabie Ethani 1441 correspondant au 11 décembre 2019 régissant les activités d'hydrocarbures, le présent décret a pour objet de définir les conditions de mise en conformité des installations et équipements relevant des activités hydrocarbures réalisés avant le 19 juillet 2005.

Art. 2. es installations et les équipements soumis aux dispositions du présent décret, doivent faire l'objet d'un programme de mise en conformité aux textes législatifs et réglementaires en vigueur ainsi que les normes et standards et les meilleures pratiques internationales, en matière :

- d'intégrité des installations et des équipements ;
- de prévention des risques industriels ;
- de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable.

Art. 3. Les exploitants des installations et des équipements soumis aux dispositions du présent décret doivent, dans un délai n'excédant pas sept (7) ans, à compter de la date de publication du présent décret, réaliser le programme de mise en conformité réglementaire.

Le programme de mise en conformité couvre la réalisation du diagnostic et des plans d'action y afférents.

Art. 4. Le diagnostic doit être effectué, par un personnel interne ou externe de l'exploitant et/ou un organisme spécialisé, disposant de qualifications et, au besoin, des certifications au niveau requis dans leur domaine d'intervention.

Art. 5. Le diagnostic comprend les éléments suivants :

— En matière d'intégrité des installations et des équipements :

* évaluation des systèmes existants de gestion de l'intégrité des installations ;

* identification des modes de dégradation des installations et équipements ;

* établissement d'un rapport sur l'état actuel des installations et des équipements ;

* évaluation des écarts par rapport à la réglementation, aux normes et standards et les meilleures pratiques internationales ;

* évaluation des niveaux de risques impactant l'intégrité des installations et équipements.

— En matière de prévention des risques industriels vérifier :

* l'existence d'une étude de dangers approuvée conformément à la réglementation en vigueur et la mise en œuvre des recommandations qui en résultent ;

* la mise en œuvre, in situ, du système de gestion de la sécurité ;

* l'existence d'un plan interne d'intervention approuvé conformément à la réglementation en vigueur ainsi que sa mise en œuvre ;

* l'existence des éléments et équipements importants pour la sécurité (EIPS) et leur gestion ;

— En matière de protection de l'environnement dans le cadre du développement durable vérifier :

* l'existence d'une étude d'impact sur l'environnement ou d'audit environnemental, selon le cas, approuvée conformément à la réglementation en vigueur et la mise en œuvre des recommandations qui en résultent ;

* La mise en œuvre, in situ, du plan de gestion de l'environnement ;

* l'existence des éléments et équipements importants pour l'environnement (EIPE) et leur gestion.

Art. 6. — La hiérarchisation des actions doit être établie sur la base d'une évaluation des risques pour planifier les actions de mise en conformité avec échéancier de réalisation.

L'exploitant doit engager, sans délais, des actions pour remédier aux situations critiques identifiées lors du diagnostic.

Art. 7. — Le rapport de diagnostic et les plans d'action peuvent être transmis à l'autorité de régulation des hydrocarbures (ARH) d'une manière fractionnée, selon les éléments cités à l'article 5 ci-dessus.

Art. 8. — Le(s) rapport(s) de diagnostic et le(s) plan(s) d'action y afférent(s) est/sont évalué(s) par l'ARH dans un délai ne dépassant pas soixante (60) jours. Dans le cas où plusieurs rapports sont transmis à l'ARH, le délai d'évaluation de chacun de ces rapports est de soixante (60) jours, maximum.

Art. 9. — L'exploitant doit transmettre un calendrier prévisionnel de réalisation du programme de mise en conformité dans un délai n'excédant pas six (6) mois, à compter de la date de la publication du présent décret. L'exploitant doit transmettre à l'ARH un état d'avancement actualisé du programme de mise en conformité chaque six (6) mois, à compter de la date de publication du présent décret.

Art. 10. — En cas de constat par l'ARH de situation nécessitant une prise en charge immédiate ou dans le cas où le diagnostic révèle la présence d'une situation critique, l'ARH met en demeure l'exploitant pour la mise en œuvre de mesures de sécurisation, afin de protéger les travailleurs, les installations et l'environnement.

Art. 11. — L'exploitant informe l'ARH dès finalisation des travaux de mise en conformité. L'ARH réalise des contrôles sur site dont les conclusions sont notifiées à l'exploitant.

Art. 12. — Sont abrogées, les dispositions du décret exécutif n° 14-349 du 15 Safar 1436 correspondant au 8 décembre 2014 fixant les conditions de mise en conformité des installations et des équipements relevant des activités hydrocarbures. Les travaux de mise en conformité entrepris dans le cadre de ce dernier, demeurent valides.

Chapitre IV Étude de cas et élaboration d'une procédure de gestion de l'indisponibilité d'un EIPS

IV.1. Description du processus de réfrigération :

Notre étude est focalisée particulièrement sur la section de réfrigération compte tenu du nombre important d'équipement qui sont présents à cette section donc plus de dangers potentiels ; ligne de refroidissement des produits propane et butane commerciales. Les deux produits (propane et butane) venant de la Section de Séparation sont introduits dans la Section de Réfrigération. Le produit Propane est refroidi par le Refroidisseur primaire (Propane) (405/6205), le Refroidisseur secondaire (Propane) (405/6206) et le Refroidisseur de troisième niveau (Propane) (405/6207). De la même manière, le produit Butane est refroidi par un autre refroidisseur ; le Refroidisseur primaire (Butane) (405/6210) et le Refroidisseur secondaire (Butane) (405/6212). Les figures IV 1 ; IV 2 ; IV 3 ; IV 4 ; IV5 et IV6, illustre le processus de réfrigération du propane et les lignes de défenses dont les principaux sont les systèmes de contrôle et de régulation de pression et de niveau, les soupapes de sécurité et les systèmes d'arrêt d'urgence Le détail est représenté dans le chapitre I partie I.5.2.

Au cours de notre travail, la méthode HAZOP est appliquée pour analyser les barrières proactives dans la phase opérationnelle du système de réfrigération du produit (propane et butane). Des barrières de sécurité comme les alarmes, soupape de sécurité et le SIS sont analysés. Il a été démontré que cette méthode est très adoptée à l'analyse qualitative des barrières en incluant des facteurs techniques, humains et opérationnels ; car elle nous a permis de faire une analyse structurelle et fonctionnelle de la section de réfrigération en la décomposant en quatre sous-systèmes (sous-système de refroidissement ; sous-système de déshydratation de garde, sous-système ESD « Emergency Shut Down » et sous-système de protection); tout indiquant les équipements et les composants y compris les EIPS qui sont présents dans chaque sous-système avec leurs fonctions. Ainsi nous pouvons identifier les différents risques potentiels existants à la section de la réfrigération ; puis nous avons choisi trois scénarios de risques d'accidents majeurs qui pourra conduire à l'arrêt de production.

IV.2. Analyse structurelle et fonctionnelle de la section de réfrigération :

L'analyse structurelle et fonctionnelle est une étape importante dans l'identification des différents composants de réfrigération. Notez que cette analyse n'est pas seulement utilisée pour décomposer le système en sous-systèmes, en équipements et composants ; elle est également utilisée pour identifier les sous-systèmes de sécurité existants. Les résultats de cette décomposition sont résumés dans le tableau (IV.1).

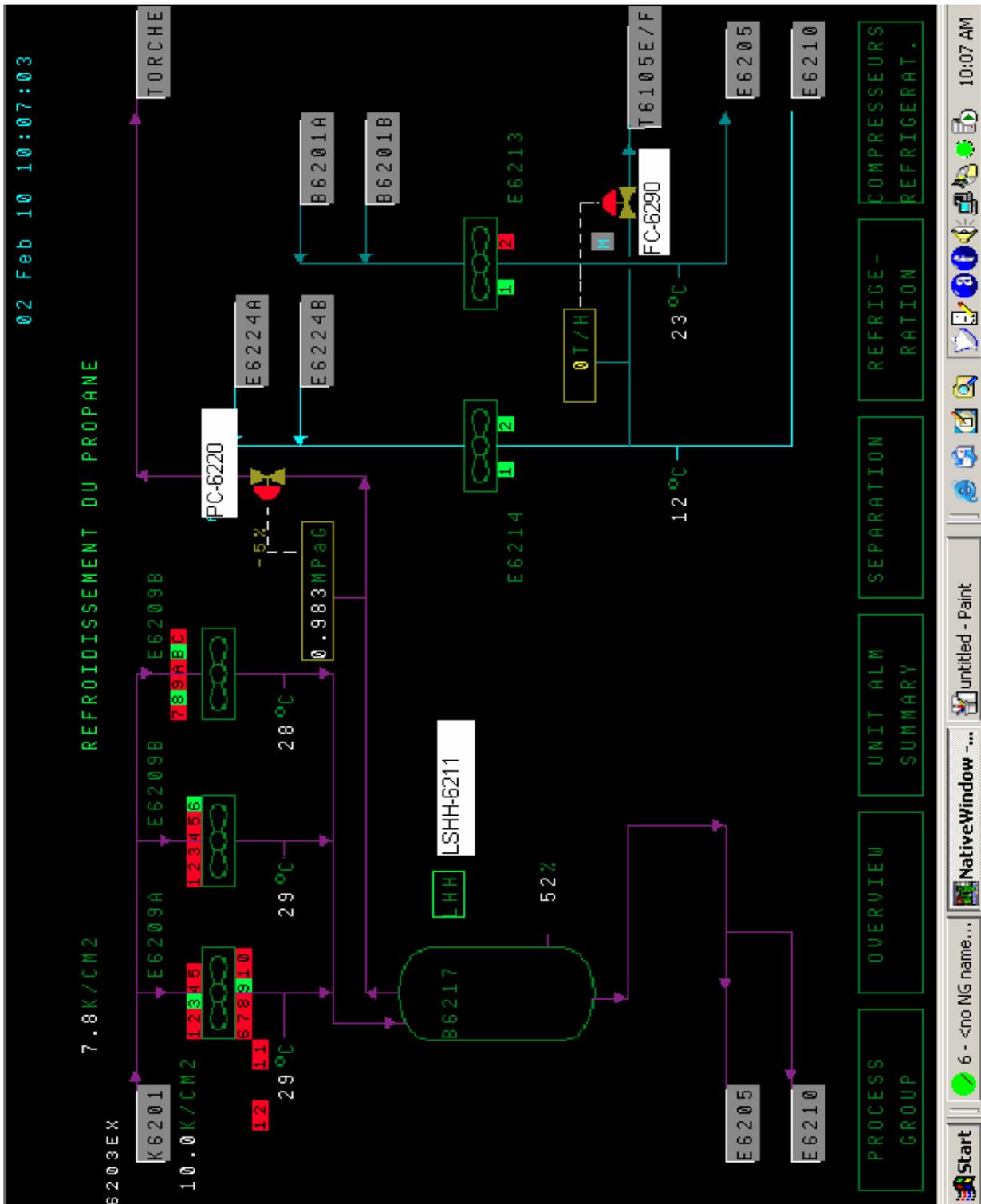


Figure IV. 1: Refroidissement du propane

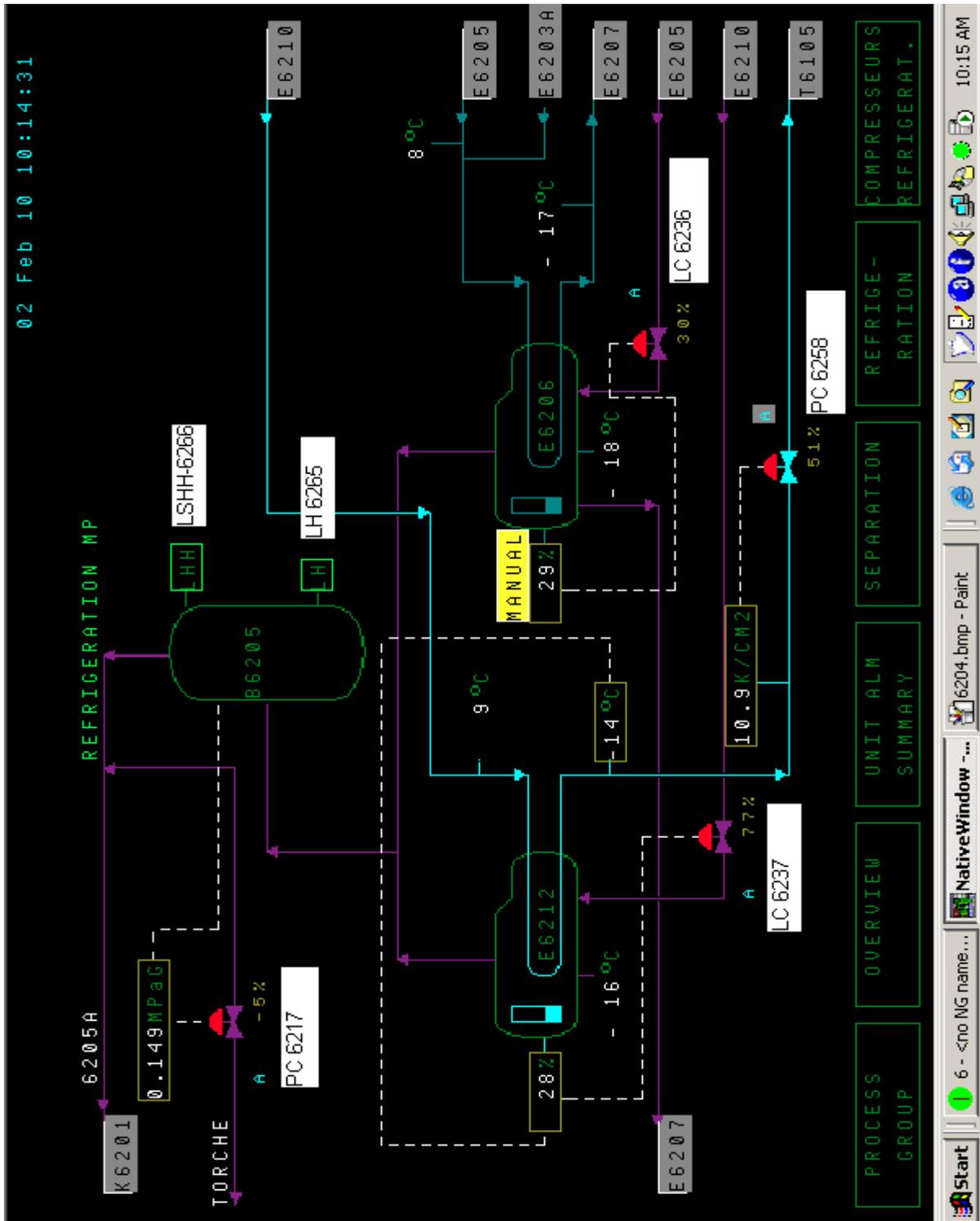


Figure IV. 2: Refroidissement due moyenne pression (MP)

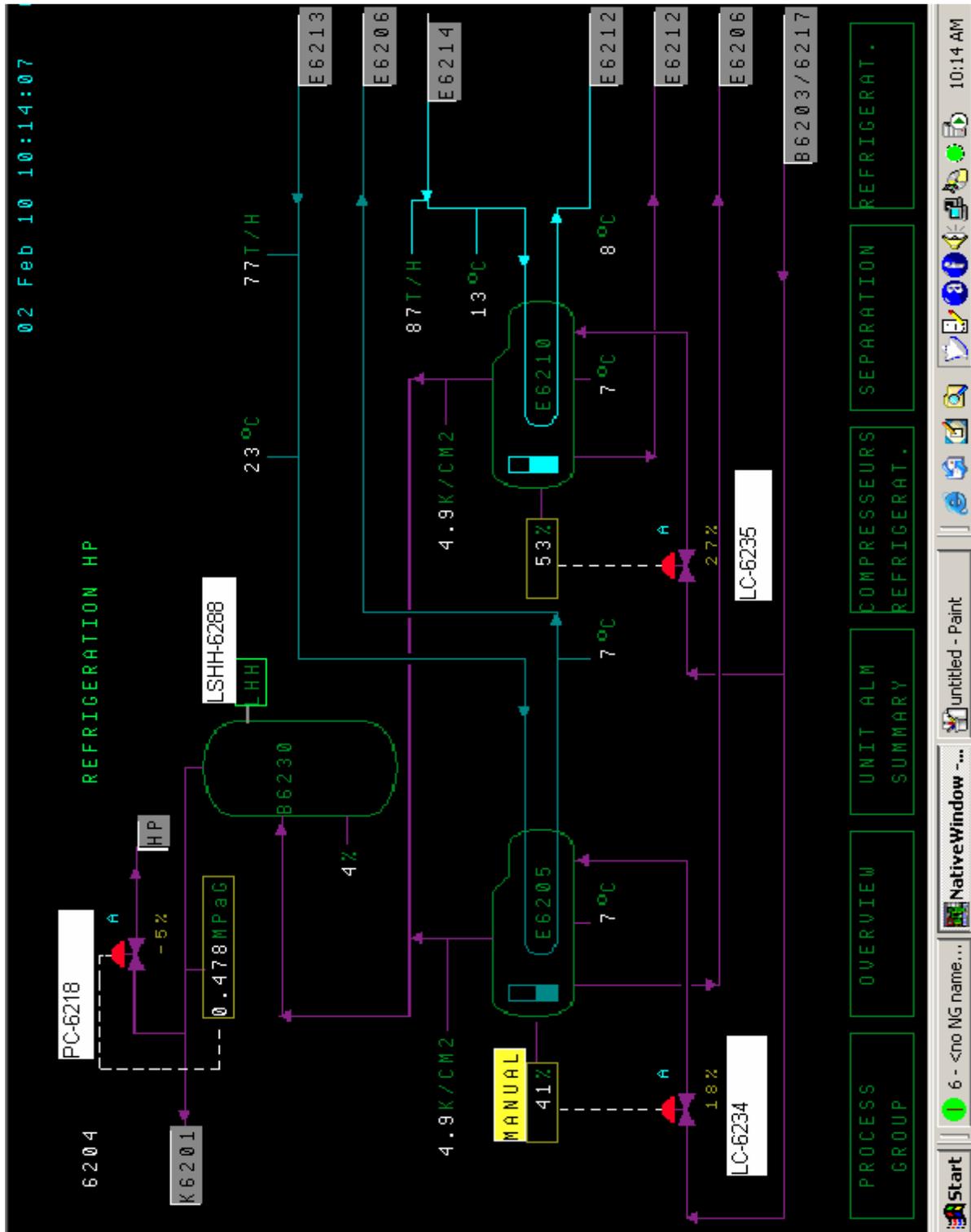


Figure IV. 3: Refroidissement de haute pression (HP)

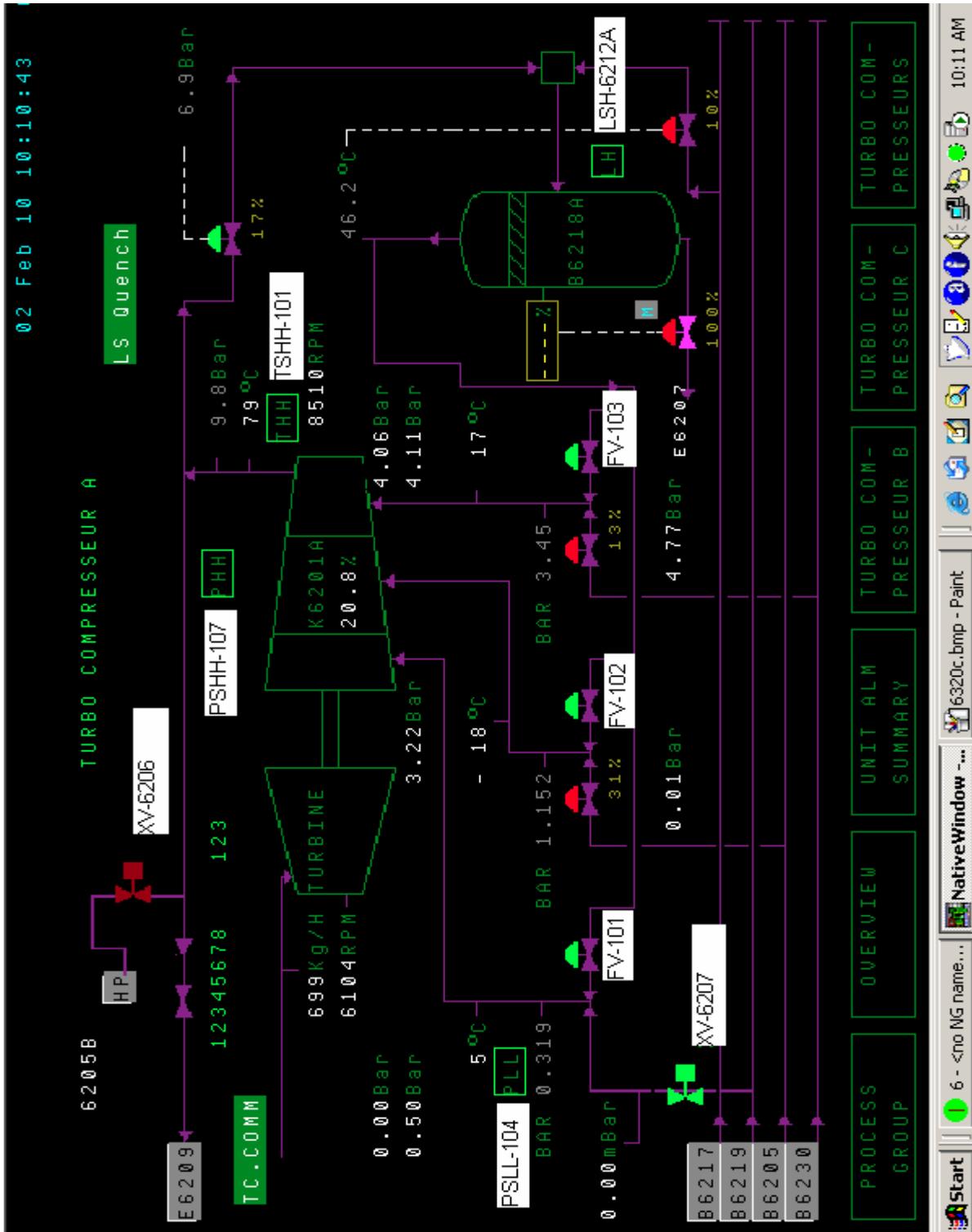


Figure IV. 4: Turbo compresseur A

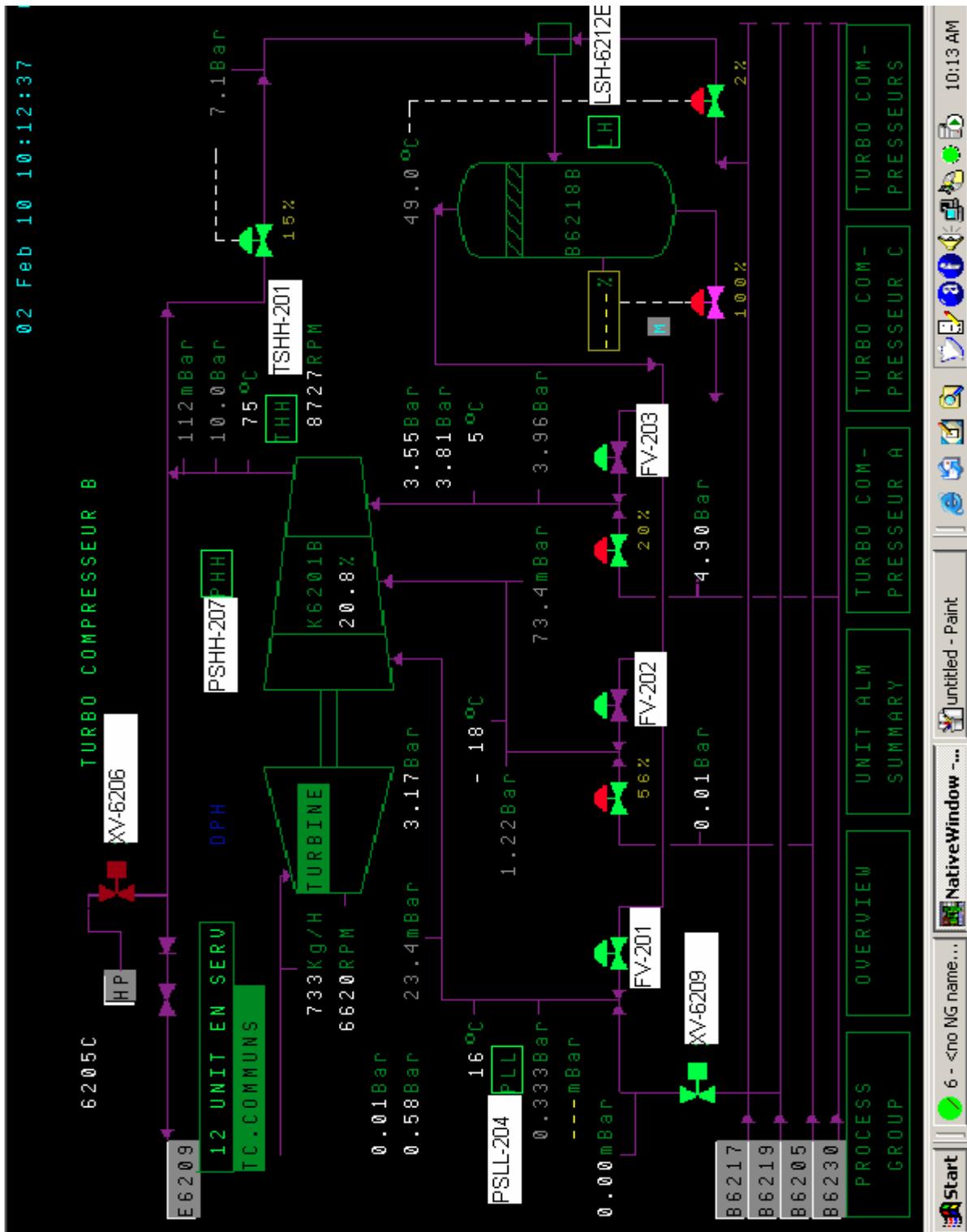


Figure IV. 5: Turbo compresseur B

Tableau IV. 1: Décomposition du système de réfrigération

<p>Sous-système [Fonction principale]</p>	<p>Équipement [Fonction principale]</p>	<p>Composant [Fonction principale]</p>
<p>Sous-système réfrigérant [Refroidir le produit (propane et butane) venant de la section de séparation]</p>	<p>Compresseurs de réfrigération principaux (430/6201A/B/C) ; Palan à chaîne ;</p>	<p>Un système de circulation d'huile lubrifiante, Un compresseur d'air, Deux (02) chambres de combustions, Une turbine à gaz, Les pompes des ballons d'aspirations (assure le transfert du produit « Propane et Butane » aux refroidisseur), Le système de contrôle ccc : qui fonctionne pour la protection des pompes (surges) de compresseur principal de réfrigération, Les PIC : déchargent les gaz incondensables aux systèmes de torchages BP et HP Les LV : assurent dépressurisation Les LI et LSHH : surveillent le niveau de liquide dans les ballons Les vannes d'entrées et sorties fonctionnent pour assurer l'alimentation des ballons</p>
	<p>Aéroréfrigérant d'huile pour turbine à Gaz (405/6228A/B/C) ;</p>	
	<p>Refroidisseur premier (405/6205), deuxième (405/6206) et troisième (405/6207) niveau de propane ; Refroidisseur (405/6210) premier et deuxième (405/6212) niveau de butane ;</p>	
	<p>Turbine à gaz (430/6203A/B/C) : fonctionne pour entraîner les compresseurs principaux de réfrigération</p>	
	<p>Aérocondenseurs de propane réfrigérant (405/6209A/B) : condensent les vapeurs de propane réfrigérant au refoulement des compresseurs</p>	
	<p>Réservoir de produit réfrigérant (410/6217),</p>	
	<p>Ballon d'Aspiration HP (410/6230),</p>	
	<p>Ballon d'Aspiration MP (410/6205),</p>	
	<p>Ballon d'Aspiration BP</p>	

	(410/6219),	
<p>Sous-système déshydratation de garde [Éliminer les traces d'eau venant de la section de séparation de la charge d'alimentation qui a tendance de s'accumuler à la tête des splitter.]</p>	Ballon de Quench (410/6218/A/B/C) ;	<p>PDAH-6201 : détecter le colmatage des éléments filtrants pour informer l'exploitant de la nécessité de nettoyage, AIT-6203 : surveiller de la teneur en eau dans le produit propane, Vanne PV-721B : contrôle la pression, PCV-801 : fonctionne pour détente la pression de drainage, TIC-6246 : contrôle la température ; FIC-6252 : contrôle le débit de régénération, La vanne de by-Pass</p>
	Aéroréfrigérants de Gaz de régénération (405/6222) ;	
	Filtres (440/6203A/B) ; Absorbeur (460/6201/1B) ; Séparateur de Gaz de	
	Régénération (460/6201/3) ; Ballon de purge (410/6215)	

<p>Sous-système ESD (Emergency Shut Down) : [Arrêt général de l'ensemble du Complexe commandé à partir de la Sale de commande principale ou Arrêt d'un groupe commandé à partir de la Sale de commande Principale ou Arrêt d'un équipement commandé à partir de la commande locale(près de l'équipement concerné.)]</p>	<p>PALL-0607 (default d'air instrument et gaz inerte) : fermeture des vannes d'entrées et de sorties, Bouton-poussoir (ESD) : en cas d'incendie ; LAHH-6211 : sécurité de très haut niveau ; LALL- 410/6219 : sécurité de très bas niveau ; LSHH 6211 : sécurité de Très haut niveau ballon propane 410/6217 ; PSHH 107 : sécurité de Très haute pression refoulement du turbocompresseur TCA ; PSL 104 : sécurité de Très basse pression d'aspiration du turbocompresseur TCA ; TSHH 101 : sécurité de Très haute température refoulement du turbocompresseur TCA ;</p>	<p>XV 6206 : Ouverture vanne Principale de refoulement des Turbines ; XV 6207 : Fermeture vanne d'aspiration basse pression BP de la TCA ; 430/6201A FV101 FV102 FV103 : Déclenchement du turbocompresseur TCA par défaut externe ; Ouverture des vannes du système anti-pompage TCA ; Capteur-transmetteur LI-6231 et TC-6217 de très haut niveau PLC TRICONEX ;</p>
<p>Système de protection [réduire les conséquences d'une déviation ou d'un accident]</p>	<p>Protection contre la surpression [Intervenir en cas d'une surpression] ; Protection contre les nuages explosifs [intervenir en cas d'une fuite]</p>	<p>Les torches BP et HP [évacuation de gaz] ; Soupape de sécurité [dimensionnée pour évacuer le gaz bloqué] ; Les vannes de by-Pass Détecteur de gaz [détection de gaz] ; PLC F&G [adapter la détection de gaz à une alarme audio-visuel] ;</p>

IV.3. Identification de quelques accidents majeurs au niveau de la réfrigération :

L'identification des scénarios d'accidents au niveau de la réfrigération est faite par la méthode HAZOP (Hazard And Operability Studies). Son principe est de décomposer la réfrigération en sous-ensemble appelés « nœuds » puis, à l'aide des mots-clés, de faire varier les paramètres autour de ses points de consigne. L'analyse de déviation est effectuée dans le but d'identifier les situations conduisant à des risques potentiels pour les personnes ; biens et environnement. Elle permet également d'envisager les barrières de sécurité pouvant empêcher l'occurrence de ces accidents. Plusieurs scénarios accidents étaient identifiés par la méthode HAZOP. Ainsi nous avons extrait ces données des tableaux globale d'HAZOP de la section de réfrigération qui sont par un bureau d'étude en collaboration avec le complexe GP2/Z (VOIR ANNEXE)

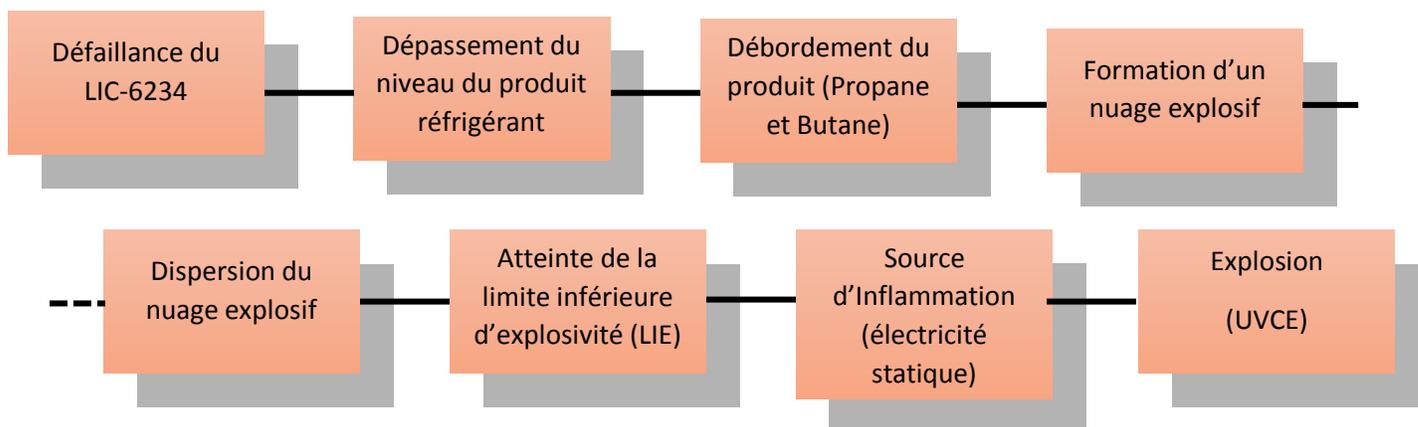
Tableau IV. 2: Scénarios d'accident retenus relatif à la section de réfrigération

	Élément	Mot de Guide	Cause possible	Conséquences possibles	Sauvegarde	Action recommandée
Scénario 1	D-1 (voir annexe 1)	Pas de débit	LIC-6234 Fail	Dépassement du niveau de 410/6217 se produira (débordement du produit), le liquide endommagera 430/6201A/B/C	Interlock (LAHH-6211, ouvrir XV-6206)	Ajouter interlock si LAHH-6211 activé, Arrêtez 430/6201/A/B/C et Fermez XV-6207, XV-6209, XV-6210. Définir l'état initial du XV-6206 FO, l'état initial du XV-6207, XV-6209, XV-6210 FC
Scénario 2	D- ? (voir annexe 2)	Plus de pression	Garniture mécanique cassée	Une surpression du pot de joint se produira	PAH-6211	Ajouter une pompe d'arrêt de verrouillage (425/6211A)
Scénario 3	D-77 (voir annexe 3)	Maintenance	Démarrer avant de fermer la valve de purge	Perte de produit		Mention dans le manuel d'utilisation

IV.4. Élaboration des scénarios d'accident et leurs procédures de gestion :

Dans notre étude, le choix s'est porté sur les trois scénarios du tableau IV.2 ayant comme conséquences : Unconfined Vapour Cloud Explosion (UVCE), Fuite enflammée ou feu de chalumeau et Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE) suivi d'arrêt de l'unité de production. Le tableau IV.2 énumère ces trois scénarios avec les causes et les conséquences correspondantes.

IV.4.1. Premier scénario d'accident : Unconfined Vapour Cloud Explosion (UVCE) :



La conséquence indésirable de ce scénario est un UVCE survenu suite à une défaillance du LIC-6234. Afin de prévenir l'occurrence de cet événement, les fonctions de sécurité sont réalisées par les barrières de sécurité suivantes :

- Un système d'alarme de haut niveau (LAHH-6211) avec action de l'opérateur : la fonction de conduite est assurée par l'ensemble composé de détecteur de niveau, de l'automate de sécurité (AS), et d'un opérateur agissant soit depuis la salle de contrôle, soit manuellement sur les vannes de sécurité (TCA (XV-6207) de TCB (XV-6209) et de TCC (XV-6210)).
- Un système instrumenté de sécurité (SIS-LSHH-6211) constitué de détecteur de niveau, d'un automate de sécurité (AS) et des vannes principales de refoulement des turbines (XV-6206 FO, XV-6207, XV-6209, XV-6210 FC).

La procédure de gestion de l'indisponibilité d'un EIPS pour ce scénario est établie dans la figure IV-7, il est divisé en trois étapes : l'évènement initiateur ; fonction de sécurité qui est l'ensemble des dispositifs présents pour garantir la sécurité et l'évènement final.

Chapitre IV : Étude de cas et élaboration d'une procédure de gestion d'indisponibilité d'un EIPS

Évènement initial	Fonction de sécurité		Évènement final
	Détection de la déviation de niveau élevée d'alarme (LAHH-6211)	SIS « LSHH-6211 » (système instrumenté de sécurité)	

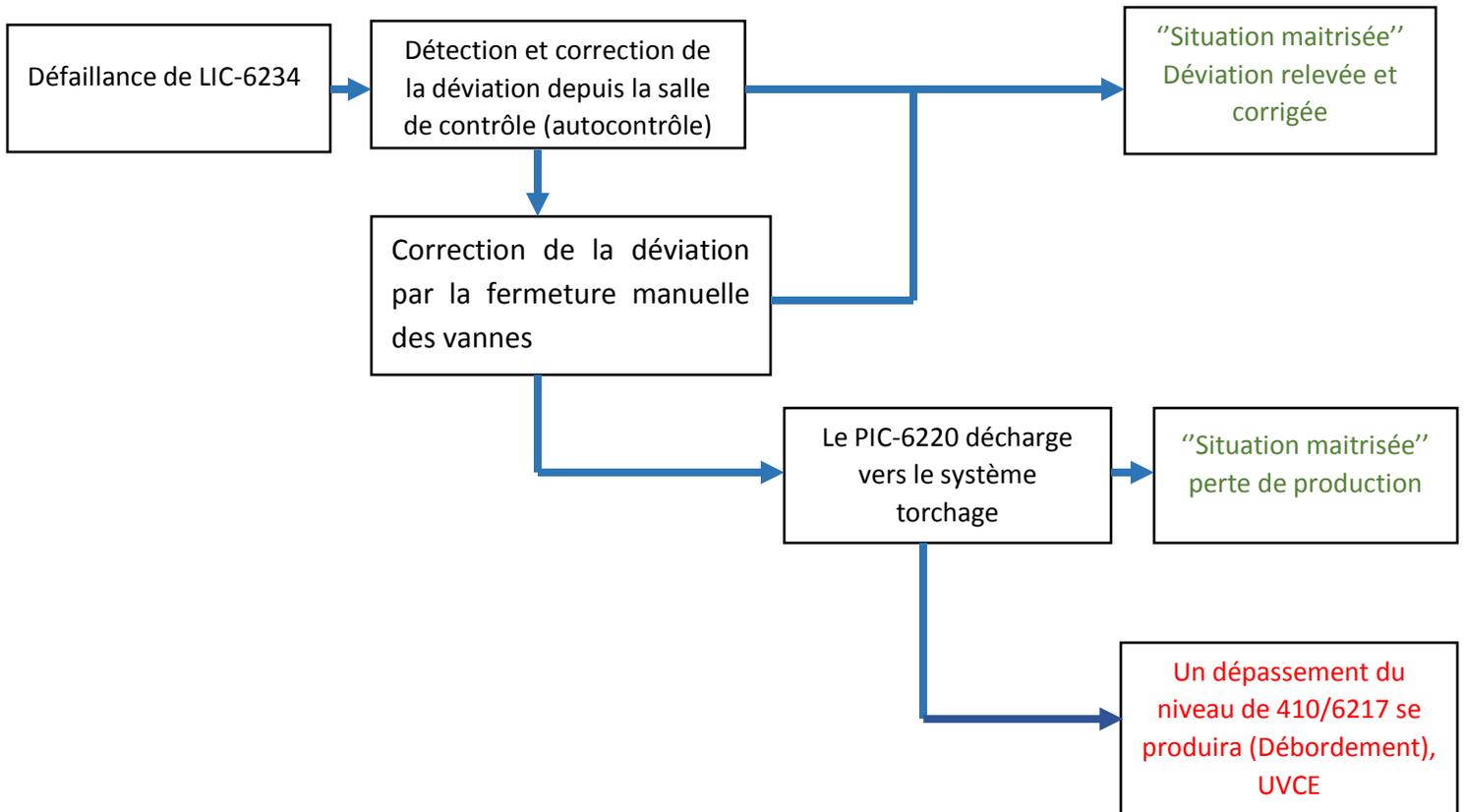
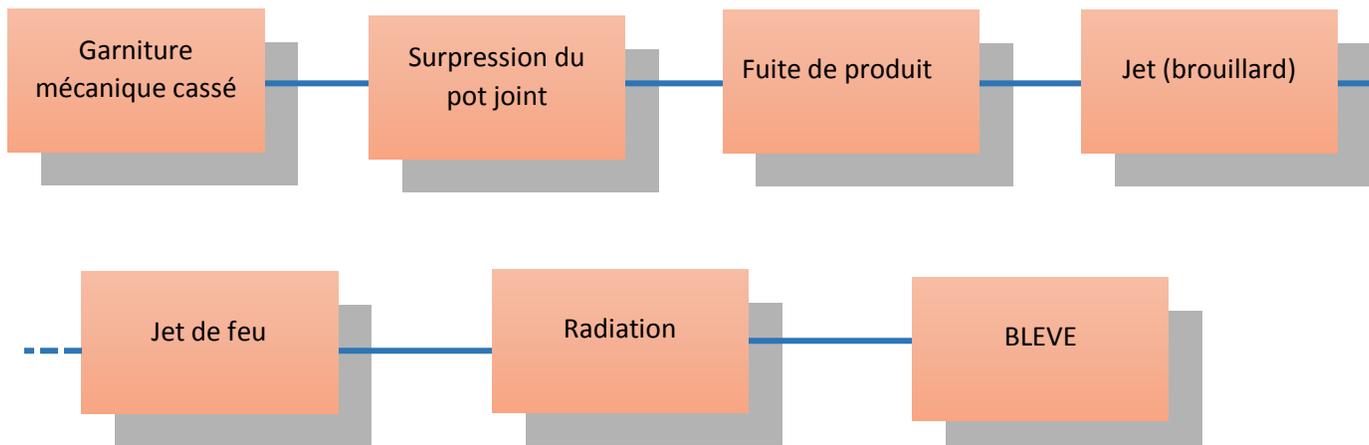


Figure IV. 7: procédure de gestion d'indisponibilité d'un EIPS, cas du 1er scénario (UVCE)

IV.4.2. Deuxième scénario d'accident : Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion (BLEVE)



La conséquence indésirable de ce scénario est le BLEVE survenu en raison de la défaillance de la garniture mécanique qui provoquera une surpression au niveau. Pour éviter cet événement, la fonction de sécurité est assurée par les barrières de sécurité suivantes :

- Un système d'alarme de haute pression (PAH-6211) avec action de l'opérateur : la fonction de sécurité est assurée par l'ensemble composé de détecteur de niveau, de l'automate de conduite (AC), et d'un opérateur agissant soit depuis la salle de contrôle, soit manuellement sur les vannes de sécurités (by-pass).
- Des soupapes qui se déclenchent pour dégager l'excès de pression.

Un système instrumenté de sécurité (SIS-PSHH-6211) constitue de détecteur de pression, d'un automate de sécurité (AS) et des pompes d'arrêt de verrouillage

La procédure de gestion de l'indisponibilité d'un EIPS pour ce scénario est établie dans la figure IV-8, il est devisé en trois étapes : l'évènement initiateur ; fonction de sécurité qui est l'ensemble des dispositifs présents pour garantir la sécurité et l'évènement final.

Chapitre IV : Étude de cas et élaboration d'une procédure de gestion d'indisponibilité d'un EIPS

Évènement initiateur	Fonction de sécurité				Évènement final
	Alarme haute pression (PAH-6211)	souape de sécurité	de	Sis-PSHH-6211	

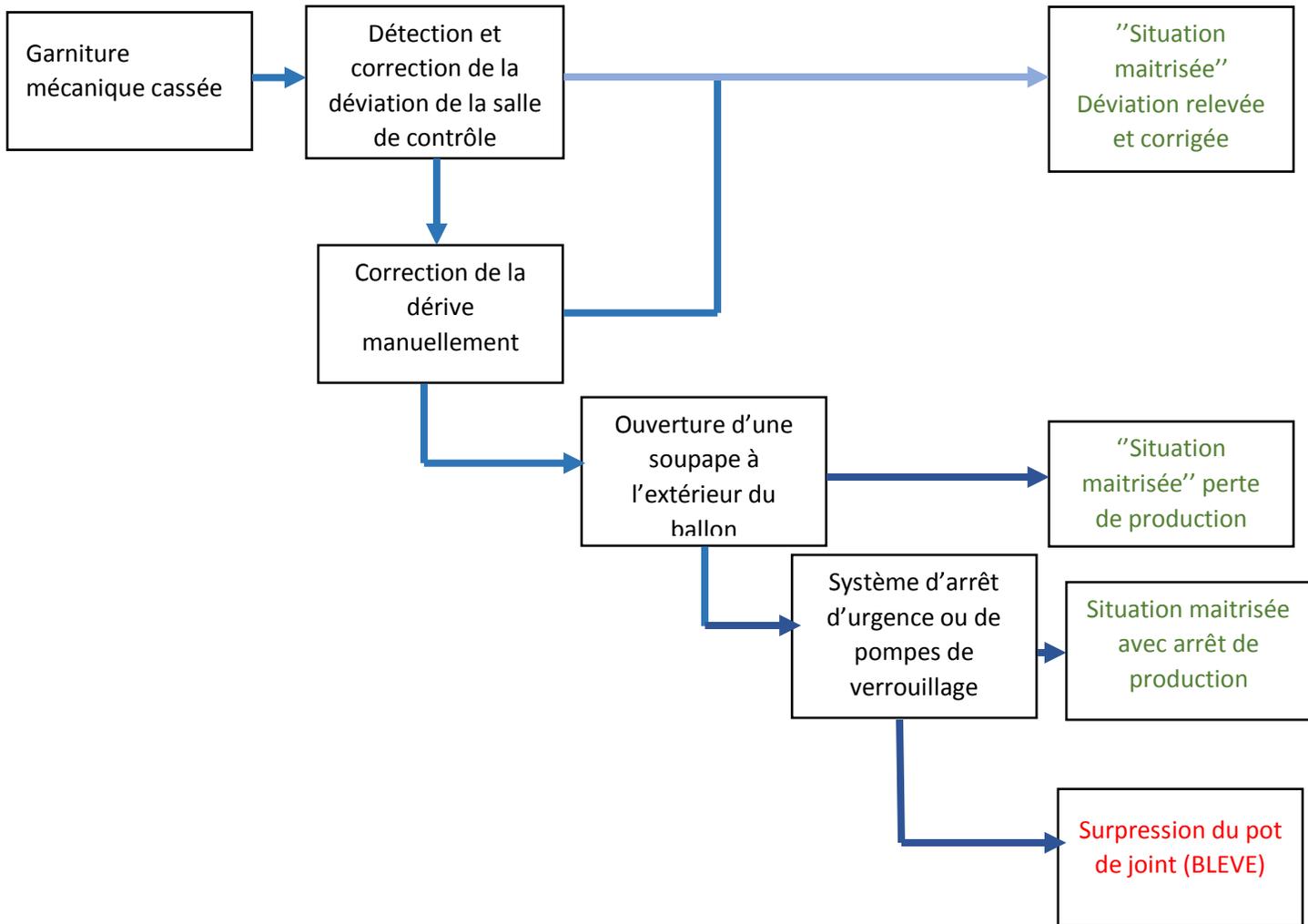
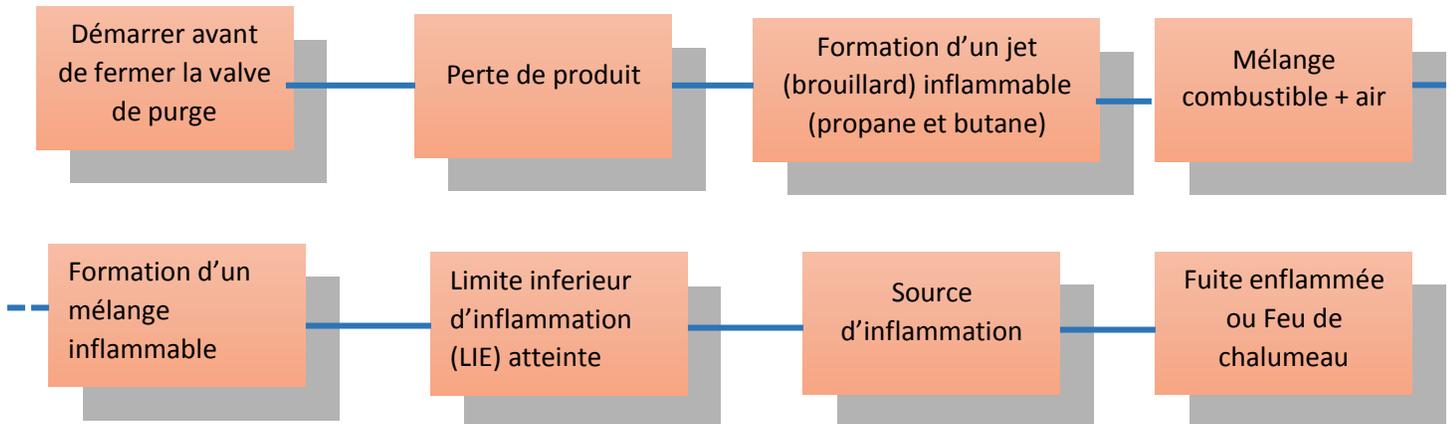


Figure IV. 8: Procédure de gestion d'indisponibilité d'un EIPS cas du 2e scénario (BLEVE)

IV.4.3. Troisième scénario d'accident : fuite enflammée ou feu de chalumeau :



La conséquence indésirable de ce scénario est une fuite enflammée encore appelée feu de chalumeau ou feu de troche survenu suite à une défaillance humaine provenant des travaux de maintenance. Afin de prévenir l'occurrence de cet événement, une procédure stricte est établie avant un démarrage (voir le manuel d'utilisation). Pour ce scénario le respect strict de la procédure de démarrage et l'information du personnel sur les conséquences de tel accident en cas de négligence ou non-respect de procédure vue qu'en pratique, l'unique moyen permettant de stopper ce phénomène dangereux est de fermer l'alimentation du combustible. Il n'y a pas d'autre moyen d'extinction si ce n'est, dans le cas d'une fuite liquide, l'explosion d'une charge pyrotechnique pour « souffler » le feu de chalumeau afin de priver la flamme d'oxygène, moyen qui a été mis en œuvre sur certains puits de pétrole en feu.

IV.5. Discussion des résultats dans notre cas d'étude :

Pour le scénario d'accident que nous avons établi nous constatons que : Lorsqu'une barrière de défense subit une défaillance qui est causé par une technique, ou une opération quelconque, il y'a systématiquement une ou plusieurs autres barrières disponibles pour restaurer le fonctionnement de la première barrière.

- a. Dans notre premier scénario nous observons que quand le LIC-6234 n'est plus en mesure d'assurer sa fonction qui est la surveillance du niveau de produit dans le ballon, il existe trois niveaux de sécurité pour maîtriser à ce problème :

1^{er} niveau : qui est le déclenchement de l'alarme LAHH qui à son tour émet un signal au niveau de la salle de contrôle pour cela le problème est détecté et corrigée depuis la salle de contrôle à l'aide d'un autocontrôle sinon on passe au 2^e niveau

2^e niveau : qui est d'envoi un opérateur pour fermer manuellement la vanne d'alimentation, donc pour les deux niveaux la situation est maitrisée et la déviation relevée et corrigée sans perte de production. Par contre si le PIC-622 prend le relais, on passe au 3^e niveau de cette procédure

3^e niveau : qui est ouverture automatique de la vanne vers le système torche pour être brûlé ainsi la situation est maitrisée ; mais avec une perte de production.

Lorsque toutes barrières n'ont pas répondu à leur fonction on constate que l'évènement indésirable se produit.

- b.** Dans notre premier scénario nous observons lorsque la garniture mécanique est cassée, il existe quatre niveaux de sécurité pour pallier à ce problème :

1^{er} niveau : qui est le déclenchement de l'alarme PAHH qui à son tour émet un signal au niveau de la salle de contrôle pour cela le problème est détecté et corrigée depuis la salle de contrôle à l'aide d'un autocontrôle sinon on passe au 2^e niveau ;

2^e niveau : qui est d'envoi un opérateur pour fermer manuellement la vanne d'alimentation, donc pour les deux niveaux la situation est maitrisée et la déviation relevée et corrigée sans perte de production. Par contre si la soupape de sécurité prend le relais, on passe au 3^e niveau de cette procédure ;

3^e niveau : qui est ouverture automatique de la vanne vers le système torche pour être brûlé ainsi la situation est maitrisée ; mais avec une perte de production. Sinon on passe au 4^e niveau ;

4^e niveau : est le système d'arrêt 'urgence ESD qui sera active alors la situation sera maîtrisée avec arrêt de production.

Conclusion générale

Conclusion générale

Les barrières de sécurité ont une grande importance dans le domaine pétrolier pour éviter les grands accidents majeurs de ce monde industrielle. Parmi les accidents survenus dans le domaine pétrolier on peut citer la raffinerie de Skikda en 2004 et GNL3 d'Arzew²⁰¹⁹ Algérie. Et pour réduire les d'accidents et assurer la continuité de production aux niveaux des unités d'exploitation d'hydrocarbure dans les meilleures conditions, tant pour l'économie et notamment pour la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement., où il est prouvé l'importance des barrières de la sécurité (EIPS) sur les performances des unités d'hydrocarbure. Tout au long de cette étude, nous avons entamé des scénarios d'accident majeurs possibles que peut engendrer à l'unité GP2Z et plus précisément dans la section de réfrigération, cette section a été choisie pour son emplacement et son importance dans la carte industriels et sécuritaires de l'unité GP2Z. Nous avons mentionné les éléments EIPS existants dans cette section leur importance et leur rôle pour la sécurité des installations équipements.

Au cours de notre travail, la méthode HAZOP est appliquée pour analyser les barrières proactives dans la phase opérationnelle du système de réfrigération du produit (propane et butane). Des barrières de sécurité comme les alarmes, soupape de sécurité et le SIS sont analysés. Il a été démontré que cette méthode est très adoptée à l'analyse qualitative des barrières en incluant des facteurs techniques, humains et opérationnels.

D'un point de vue pratique, cette méthode nous a offert de nombreux avantages dont les principaux sont les suivants :

- a. Elle nous a permis d'analyser les risques dans un contexte réel ce qui nous a permis d'atteindre notre objectif à savoir la réalisation d'une procédure de gestion d'indisponibilité d'un EIPS.
- b. Elle a contribué à une meilleure compréhension des performances des barrières de sécurité en termes de fiabilité et d'intégrité.

Toutefois, la réalisation de la procédure à l'aide de la méthode HAZOP nécessite des données étendues ; la réfrigération est un système complexe et il a été nécessité d'extraire des données et informations de la société SONATRACH, des bases de données telles que MANUEL D'EXPLOITATION, des opérateurs sur sites ... ; nous soulignerons que le présent travail pourrait bénéficier d'une complétion en étendant l'étude sur toutes les sections du complexe.

References

Bibliographies

References Bibliographies:

1. [Arthur and Dowell, 1988] M. Arthur Dowell I, Layer of protection analysis for determining safety integrity level, ISA Transactions, vol. 37, No. 3, pp. 155-165, 1998.
2. Chettouh, R. Hamzi, and M. Chebila. Contribution of the lessons learned from oil refining accidents to the industrial risks assessment. Management of Environmental Quality: An International Journal, Vol. 29 No. 4, pp. 643-665.
3. [CCPS, 2009] Center for Chemical Process Safety (CCPS). Guidelines for Developing Quantitative Safety Risk Criteria. American Institute of Chemical Engineers (AIChE). New York.
4. [Desroches et al., 1995] A. Desroches. Concepts et méthodes probabilistes de base de la sécurité. Lavoisier, France, 1995.
5. Détermination d'un ou des éléments importants pour la sécurité (EIPS) des séparateurs de l'unité E2A (Hassi Messaoud) Thèse de master 2018. Université d'Ouargla...
Présenté par: ZERARI Nesrine
6. Étude et analyse des risques industriels (étude de cas) ...MEMOIRE MASTER EN 2011 ...UNIVERSIT2 DE ANNABA
7. Étude d'HAZOP de l'unité GP2/Z ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY INDUSTRIES.
8. [Kang et al. 2016] J. Kang, J. Zhang J. Gao. Analysis of the safety barrier function: Accidents caused by the failure of safety barriers and quantitative evaluation of their performance. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 43. 361-371.
9. Gestion Des Risques D'accidents Industriels Majeurs : État De La Situation Sur Le Territoire de Lapointe-De-L'île ...2011...Cédrick Morneau (Stagiaire en gestion des risques majeurs,) : CSSS de la Pointe-de-l'île (Québec. Canada).
10. [IEC 61508, 2016] IEC 61508-Partie1. Norme de la Commission Internationale d'Electrotechnique, IEC, Geneva, Switzerland, 2016.
11. INERIS-DRA-039, Evaluation des Barrières Techniques de Sécurité, rapport Ω 10, 2005.
12. INERIS, 2009 "Évaluation des performances des barrières de sécurité techniques et humaines" : Fiche d'informations techniques relatives aux dispositifs de sécurité.
<http://www.ineris.fr>
13. INERIS-DRA-76, 2015 Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (EAT-DRA-76) Étude de dangers d'une installation classée 9 Ω

14. INERIS DRA-77, 2009 Rapport Ω 20, Maîtrise des risques accidentels par les dispositions technologiques et organisationnelles-Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité. <http://www.ineris.fr>
15. [INERIS DRA-17, 2018] Rapport Ω 10, Évaluation de la performance des Barrières Techniques de Sécurité, 2018.
16. [ISO, 1999] ISO, Aspects liés à la sécurité : Principes directeurs pour les inclure dans les normes. Organisation Internationale de normalisation, 1999.
17. [ISO, 2002] ISO, Management du risque : Vocabulaire, Principes directeurs pour l'utilisation dans les normes. Organisation Internationale de normalisation, 2002.
18. [ISO/IEC 27005, 2011]. « ISO/IEC 27005:2011, Technologies de l'information-Techniques de sécurité -- Gestion des risques liés à la sécurité de l'information » [archive], sur ISO, 1er juin 2011 (consulté le 31 décembre 2015).
19. [Hefaidh et al., 2019] H. Hefaidh, M. Djebabra, L. Sedrat, and M. Taghelabet. Contribution to the evaluation of safety barriers performance. World Journal of Science, Technology and Sustainable Development, Vol. 16 Issue: 1, pp.56-68.
20. M. Bourareche. Évaluation des Performances des Barrières de Sécurité dans un Environnement de Connaissances Imparfaites. THÈSE DE DOCTEUR EN SCIENCES en hygiène et sécurité Industrielle. Option : Gestion des Risques. Université El Hadj Lakhdar, Batna, 2021.
21. [Mazouni, 2009] M.H. Mazouni, «Pour une meilleure approche du management des risques: de la modélisation ontologique du processus accidentel au système interactif d'aide à la décision». Thèse du Doctorat, Institut National Polytechnique de Lorraine, 2008
22. POLYCOPIÉ DE Cours d'hygiène, sécurité et d'environnement « HSE» Destiné aux étudiants de 3eme année option « Chimie Analytique » Préparé par : AIT AHMED Ourida Maître de conférence B « USTO-Oran » Année universitaire 2017-2018
23. Risques et accidents industriels majeurs : Caractéristiques. Réglementation. Prévention Nichan Margossian, en 2006 Maison d'édition : DUNOD...
24. Site de L'INRS : [INRS: Santé et sécurité au travail: https://www.inrs.fr](https://www.inrs.fr)
25. [Villemeur, 1988] A. Villemeur. Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Fiabilité -Facteurs humains – Informatisation. Editions Eyrolles, 798 p.

Annexes

Annexe 1 :

No.	GUIDE WORD	POSSIBLE CAUSE	POSSIBLE CONSEQUENCES	SAFE-GUARDS	RECOMMENDED ACTION	ACTION BY	RESPONSE
SYSTEM NAME							
PID Number: D0206-0225.03							
Description: Chilling Section Train A&B							
Part a: 405/6205 (First Stage Propane Chiller)							
D-1	No Flow	LIC-6234 Fail	Over level of 410/6217 Will Occur, Liquid Fluid Will Damage 430/6201A/B/C	Interlock (LAHH-6211, Open XV-6206)	Add Interlock If LAHH-6211 Activate, Shutdown 430/6201A/B/C and Close XV-6207, XV-6209, XV-6210. Define Initial State of XV-6206 FO, Initial State of XV-6207, XV-6209, XV-6210 FC.	Maruyama of IHI	Add Interlock for Shutdown 430/6201A/B/C and Close XV-6207, 6209, 6210 Linked with LAHH-6211 Activation in P&ID Rev.0.
D-2	No Flow	Tube Breakage of 405/6205	High Pressure Tube Side Fluid Will Leak into Shell Side and Equipment or Instruments Will Be Damaged.	RV-6215A/B (DP Confirmed)	No Action Required.		
D-3	Reverse Flow	N/A					
D-4	More Flow	LIC-6234 Fail	Over level of 410/6206 Will Occur, Liquid Fluid Will Damage 430/6201A/B/C	Interlock (LAHH-6288, Open XV-6206)	Add Interlock If LAHH-6288 Activate, Shutdown 430/6201A/B/C and Close XV-6207, XV-6209, XV-6210. Define Initial State of XV-6206 FO, Initial State of XV-6207, XV-6209, XV-6210 FC.	Maruyama of IHI	Add Interlock for Shutdown 430/6201A/B/C and Close XV-6207, 6209, 6210 Linked with LAHH-6288 Activation in P&ID Rev.0.

No.	GUIDE WORD	POSSIBLE CAUSE	POSSIBLE CONSEQUENCES	SAFE-GUARDS	RECOMMENDED ACTION	ACTION BY	RESPONSE
D-5	Less Flow	LIC-6234 Fail	Over level of 410/6217 Will Occur, Liquid Fluid Will Damage 430/6201A/B/C	Interlock (LAHH-6211, Open XV-6206)	Add Interlock If LAHH-6211 Activate, Shutdown 430/6201A/B/C and Close XV-6207, XV-6209, XV-6210. Define Initial State of XV-6206 FO, Initial State of XV-6207, XV-6209, XV-6210 FC.	Maruyama of IHI	Add Interlock for Shutdown 430/6201A/B/C and Close XV-6207, 6209, 6210 Linked with LAHH-6211 Activation in P&ID Rev.0.
D-6	More Temperature	LIC-6234 Fail	405/6205 Shell side Overpressure Caused by Over Temperature Will Damage Equipment or Piping.	RV-6215A/B (DP Confirmed)	No Action Required.		

Annexe 2:

SYSTEM NAME							
PID Number: D0206-0225.17, 18							
Description: Chilling Section Train A&B							
Part f: 440/6203/A/B (Propane Filter)							
D-64	No Flow	Clog 440/6203A/B.	No Hazard. Over differential pressure	PDHH-6201 RV-6231A/B	Mention in OperationManual	Maruyama of IHI	
D-65	Reverse Flow	N/A					
D-66	More Flow	N/A					
D-67	Less Flow	Clog 440/6203A/B.	No Hazard. Over differential pressure	PDHH-6201 RV-6231A	Mention in OperationManual	Maruyama of IHI	
D-68	More Temperature	N/A					
D-69	Less Temperature	N/A					
D-70	More Pressure	Clog 440/6203A/B.	No Hazard. Over differential pressure	PDHH-6201 RV-6231A	Mention in OperationManual	Maruyama of IHI	
D-71	Less Pressure	N/A					
D-72	Composition Change	N/A					
D-73	Contamination	N/A					
D-74	Relief	N/A					
D-75	Instrumentation	PDI Fail	No Hazard				
D-76	Service Failure	N/A					
D-77	Maintenance	Start before Closing Blow Down Valve	Loss of Product		Mention in OPERATION MANUAL.	Maruyama of IHI	
D-78	Leakage	Forget to Close Caps of Drain or Vent Valves.	Loss of Product		Mention in OPERATION MANUAL.	Maruyama of IHI	

Annexe 3:

SYSTEM NAME							
PID Number: D0206-0225.10							
Description: Chilling Section Train A&B							
Part aj: 425/6211A (Low Pressure Knock Out Drum Pump)							
D-398	No Flow	425/6211A Fail	No Hazard				
D-?	No Flow	ClogStrainer	Cavitationwilloccur		Mention in OperationManual	Maruyama of IHI	
D-399	Reverse Flow	425/6211A Fail	High Pressure Reverse Flow Will Damage Piping or Instruments.	Check Valve	No Action Required		
D-400	More Flow	N/A					
D-401	Less Flow	N/A ClogStrainer	Cavitationwilloccur		Mention in OperationManual	Maruyama of IHI	
D-402	More Temperature	N/A 425/6211A Fail	More temperature of Motor will occur.		Detect by over current relay in MCC. IHI confirm MCC system.		
D-403	LessTemperature	N/A					
D-404	More Pressure	Run 425/6211A Before Open NC Valve of 425/6211 Outlet	Overpressure Will Occur and Instruments or Equipment Will Be Damaged.		PC6226 DP: 1.15 MPaG 425/6211A DP: 1.20 MPaG Confirm Pump Spec. Or Decrease Pump Head Pressure. Or Add Interlock Linked with 425/6211A Outlet Pressure. IHI will add anti shut off line and mini flow line.	Sawa of IHI	
D-?	More Pressure	Brokenmechanicalseal	Overpressure of seal pot will occur	PAH-6211	Add Interlock stop pump (425/6211A)	Sawa of IHI	

D-405	Less Pressure	N/A ClogStrainer	Cavitationwilloccur		Mention in OperationManual	Maruyama of IHI	
D-406	Composition Change	N/A					
D-407	Contamination	N/A					
D-408	Relief	N/A					
D-409	Instrumentation	PAH-6211 Fail	No Hazard				
D-410	Service Failure	Stop Service of Power	No Hazard				
D-411	Maintenance	Start before Closing Blow Down Valve	Loss of Product.		Mention in OPERATION MANUAL..	Maruyama of IHI	
D-412	Leakage	Forget to Close Caps of Drain or Vent Valves.	Loss of Product.		Mention in OPERATION MANUAL..	Maruyama of IHI	
D-413	Spare Equipment	N/A					