



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Département :Hygiène et Sécurité Industrielle

Filière :Hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Sécurité Industrielle et Environnement

THEME

Analyse des risques dans les ballons de gaz

ZERDANE AMINA

DJALOUAT NADJLA MARIAM

| Nom et prénom | Grade | Etablissement | Qualité |
|----------------------|-------|---------------|--------------|
| Mme. AISSANI Nassima | MCA | IMSI | Encadrant |
| Benomar fatima | | IMSI | Examinatrice |
| Zouairi saim | | IMSI | Président |

Année universitaire 2022-2023

Remercîments

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

En second lieu, nous tenons à remercier sincèrement Madame **AISSANI Nassima**, qui en tant que encadrant de mémoire, s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'elle a bien voulu nous consacrer.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nous n'oublions pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

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

Merci à tous et à toutes.

Sommaire

| | |
|---|-----------|
| REMERCIEMENTS | |
| RESUME..... | |
| LISTE DES FIGURES..... | |
| LISTE DES TABLEAUX..... | |
| LISTE DES ABREVIATIONS..... | |
| INTRODUCTION | 12 |
| CHAPITRE I :..... | 3 |
| LES METHODE D'ANALYSE DES RISQUE..... | 3 |
| INTRODUCTION | 4 |
| 1.LES DEFINITIONS INITIALES | 4 |
| 3. TYPOLOGIE DES METHODES D'ANALYSE DES RISQUES..... | 6 |
| 4. METHODES INDUCTIVES ET DEDUCTIVES | 8 |
| 5. METHODES INDUCTIVES | 8 |
| 6. METHODES DEDUCTIVES | 18 |
| 7. LES METHODES DEDUCTIVES ET INDUCTIVES | 24 |
| 8. ANALYSE FONCTIONNELLE | 26 |
| 9. ANALYSE STRUCTURELLE..... | 27 |
| 10. LES OUTILS DE DESCRIPTION FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE | 27 |
| 11. PHENOMENES DANGEREUX..... | 28 |
| 12. BARRIERE DE SECURITE | 30 |
| CONCLUSION..... | 32 |
| CHAPITRE II :..... | 35 |
| 1.1. PRESENTATION DU COMPLEXE GP2Z..... | 36 |
| 1.2. HISTORIQUE DU COMPLEXE | 36 |
| 1.3. DESCRIPTION DES INFRASTRUCTURES ET INSTALLATIONS | 37 |
| 1.4. L'ORGANISATION DU COMPLEXE | 38 |
| 1.5. DESCRIPTION DU PROCEDE DE FABRICATION..... | 39 |
| 1.5.1. SECTIONS DE RECEPTION ET STOCKAGE DU GPL..... | 39 |
| 1.5.2.2. DESCRIPTION DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE LA SECTION DE DESHYDRATATION DE LA CHARGE D'ALIMENTATION..... | 40 |
| 1.5.3. LA SECTION SEPARATION..... | 44 |
| 1.5.4.LA SECTION REFRIGERATION | 46 |
| 1.5.5.LE STOCKAGE..... | 48 |
| 1.6. LES CARACTERISTIQUES DU GPL..... | 49 |
| 2. ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE..... | 51 |
| CONCLUSION..... | 52 |
| CHAPITRE III :..... | 53 |
| INTRODUCTION : | 54 |
| 1. DESCRIPTION DU SYSTEME ETUDIE BOG : | 54 |
| 3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS DE LA SECTION BOG PROPANE :..... | 57 |

| | |
|---|-----------|
| 3.1 BALLON DEN DETENTE DU PROPANE 410/6106 :..... | 57 |
| 3.2 BALLON TAMPON 410/6105 :..... | 58 |
| 3.3 BALLOND'ASPIRATION410/6103..... | 58 |
| 3.4. SCHILLER410/6107(ECHANGEUR THERMIQUE)..... | 59 |
| 3.5COMPRESSEURSCOOPER430/6101D/E :..... | 60 |
| 3.6. COMPRESSEUR HOWDEN430/6102C/D :..... | 62 |
| 3.7. AEROREFRIGERANT 5/6104 :..... | 65 |
| 3.8. POMPES 425/6101 D/E :..... | 66 |
| 4. ANALYSE DES RISQUES..... | 67 |
| 4. 1. L'ANALYSE DES RISQUES PAR LA METHODE HAZOP :..... | 67 |
| CONCLUSION :..... | 90 |
| CHAPITRE IV:..... | 92 |
| INTRODUCTION A L'ETUDE DE CAS ANALYSE PRELIMINAIRE :..... | 93 |
| I) L'ANALYSE DES RISQUES PARLA METHODE DE L'ARBRE DE DEFAILLANCE :..... | 94 |
| I.1. PROBABILITE..... | 94 |
| I-2)L'ARBRE DE DEFAILLANCE :..... | 95 |
| I-3) LES CALCULES DE L'ARBRE DE DEFAILLANCE..... | 107 |
| II) LES PHENOMENES DANGEREUX :..... | 118 |
| II-1) INFORMATIONS GENERALE POUR LES PHENOMENES DANGEREUX :..... | 118 |
| II-2) LES CALCULES DE PROBABILITES DES PHENOMENES DANGEREUX :..... | 118 |
| II-2-A)CALCULE POUR LE BALLON 06 :..... | 118 |
| II-2-B)CALCULE POUR LA POMPE :..... | 119 |
| II-2-C)CALCULE POUR LE COMPRESSEUR COOPER..... | 119 |
| II-2D)CALCULE DE SCHILLER 07 :..... | 120 |
| II-2E)CALCULE POUR LE BALLON 05 :..... | 120 |
| II-2F)CALCULE POUR LE BALLON 03 :..... | 121 |
| II-2G)CALCULE POUR LE COMPRESSEUR HOWDEN :..... | 121 |
| II-2 H)CALCULE POUR LE BALLON 04 :..... | 122 |
| IVLA MATRICE DES RISQUES :..... | 134 |
| IV -1)DEFINITION :..... | 134 |
| IV -2)LA MATRICE DES RISQUES POUR LES EQUIPEMENTS DE SYSTEME BOG..... | 137 |
| IV LA MATRICE DE HAZOP:..... | 138 |
| V LE RESEAU BAYISIEN :..... | 141 |
| V-1)DEFINITION DE RESEAU BAYISIEN :..... | 141 |
| CONCLUSION..... | 146 |
| CONCLUSION GENERALE :..... | 147 |

Résumé

L'analyse des risques est essentielle dans les installations industrielles .Afin d'analyser les risques au niveau du complexe GP2/Z exactement section BOG, nous avons utilisé trois méthodes :

La première est Hazop, dont l'objectif est de trouver des scénarios d'événements indésirables, de rechercher leurs causes et leurs conséquences et d'établir des barrières de sécurité appropriées.

La seconde est l'arbre des défaillances (Add) à l'aide du logiciel arbre analyses.

La troisième est le réseau Bayes, que nous avons utilisé pour construire sur l'arbre des défaillances avec l'aide du logiciel Aginarisk.

Nous avons comparé les résultats est le gap était minimum montrant que les trois méthodes sont fiables.

ملخص:

يعتبر تحليل المخاطر أمرا ضروريا في المنشآت الصناعية، و قصد تحليل المخاطر على مستوى مجمع GP2/Z بالضبط قسم BOG, استعملنا ثلاث طرق :

الاولى هي hazop حيث يتمثل هدفها في إيجاد سيناريوهات الأحداث غير المرغوبة و البحث عن أسبابها و نتائجها ووضع حواجز السلامة الملائمة.

والثانية هي شجرة الأعطال باستخدام برنامج Arbre analyses

الثالثة هي شبكة بايز التي اعتمدنا في إنشائها على شجرة الأعطال بمساعدة برنامج Aginarisk

قارنا النتائج وكانت الفجوة ضئيلة مما يدل على أن جميع الطرق الثلاث موثوقة

Abstract

Risk analysis is essential in industrial installations. In order to analyze the risks at the level of the GP2/Z complex exactly BOG section, we used three methods:

The first is Hazop, whose goal is to find scenarios of undesirable events, research their causes and consequences, and establish appropriate safety barriers.

The second is the fault tree (Add) using tree analyzes software.

The third is the Bayes network, which we used to build on the fault tree with the help of Aginarisk software.

We compared the results and the gap was minimal showing that the three methods are reliable.

Liste des figures

| | |
|--|-----|
| FIGURE I-1: EXEMPLE DE RESEAUX DE PETRI(LE PROBLEME DU DINER DES PHILOSOPHES) | 14 |
| FIGURE I-2: EXEMPLE DE RESEAUX BAYESIENS | 16 |
| FIGURE I-3: EXEMPLE DE GRAPHES DE MARKOV | 17 |
| FIGURE I-4: EXEMPLE D'ARBRE D'EVENEMENT | 18 |
| FIGURE I-5: EXEMPLE D'ARBRE DE DEFAILLANCE | 20 |
| FIGURE I-6: LES EVENEMENTS ET LES PORTES DE L'ADD | 20 |
| FIGURE I-7: EXEMPLE D'ARBRE DES CAUSES | 23 |
| FIGURE I-8: LA REPRESENTATION DES RESULTATS PAR L'APPROCHE NŒUD PAPILLON..... | 25 |
| FIGURE I-9: DIAGRAMME CAUSES-CONSEQUENCES DU "DECOLLEMENT DE L'ENDUIT D'UN MURET DE CLOTURE" | 26 |
| FIGURE II-10 :CARTE SATELLITAIRE DE LA SITUATION DU COMPLEXE GP2Z DANS LA ZONE INDUSTRIELLE | 36 |
| FIGURE II-11 : SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA SECTION RECEPTION ET STOCKAGE DE CHARGE | 39 |
| FIGURE II-12: SCHEMA SYNOPTIQUE DE LA SECTION DESHYDRATATION | 44 |
| FIGURE II-13 :SCHEMA SYNOPTIQUE DU PROCEDE DE PRODUCTION DU COMPLEXE GP2Z..... | 50 |
| FIGURE III-14: BOG DE C3 COMMERCIALE | 55 |
| FIGURE III-15 : SCHEMA SYNOPTIQUE DU PROCEDE DE LA SECTION BOG | 56 |
| FIGURE III-16 : BALLON DEN DETENTE DU PROPANE 06..... | 57 |
| FIGURE III-17 : BALLON TAMPON 410/6105 | 58 |
| FIGURE III-18: BALLOND'ASPIRATION03..... | 58 |
| FIGURE III-19 :SCHILLER410/6107 | 59 |
| FIGURE III-20 :AEROREFRIGERANT 405/6104..... | 65 |
| FIGURE III-21 :POMPES 425/6101 D/E..... | 66 |
| FIGURE IV - 22 : ADD DE BALLON 06 | 97 |
| FIGURE IV - 23 : ADD POMPE 01 | 98 |
| FIGURE IV- 24 : ADD DE COMPRESSEUR COOPER 01 PAGE 1 | 99 |
| FIGURE IV- 25 : ADD COMPRESSEUR COOPER 01 PAGE 2 | 100 |
| FIGURE IV - 26 : ADD DE COMPRESSEUR COOPER 01PAGE 3 | 101 |
| FIGURE IV - 27 : ADD DE SCHILLER 07..... | 102 |
| FIGURE IV- 28 : ADD DE BALLON 05..... | 103 |
| FIGURE IV - 29: ADD DE BALLON 03 | 104 |
| FIGURE IV - 30 : ADD DE BALLON 04..... | 105 |
| FIGURE IV - 31 : ADD COMPRESSEUR HOWDEN 02 PAGE 1..... | 106 |
| FIGURE IV - 32 : ADD COMPRESSEUR HOWDEN 02 PAGE 2..... | 107 |
| FIGURE IV - 33 : BLEVE DE BALLON 06..... | 123 |
| FIGURE IV - 34 : JET FIRE DE BALLON 06 | 123 |
| FIGURE IV - 35 : UVCE DE BALLON 06..... | 124 |
| FIGURE IV - 36 : FLASH FIRE DE BALLON 06 | 124 |
| FIGURE IV - 37 : UVCE DE COMPRESSEUR COOPER..... | 125 |
| FIGURE IV - 38 : FLASH FIRE DE COMPRESSEUR COOPER | 125 |
| FIGURE IV - 39 : BLEVE DE SCHILLER 07..... | 126 |
| FIGURE IV - 40 : UVCE DE SCHILLER 07 | 126 |
| FIGURE IV - 41 : FLASH FIRE DE SCHILLER 07..... | 127 |
| FIGURE IV - 42 : BLEVE DE BALLON 05..... | 127 |
| FIGURE IV - 43 : JET FIRE DE BALLON 05 | 128 |
| FIGURE IV - 44 : UVCE DE BALLON 05..... | 128 |

| | |
|--|-----|
| FIGURE IV - 45 : FLASH FIRE DE BALLON 05 | 129 |
| FIGURE IV - 46 : BLEVE DE BALLON 03..... | 129 |
| FIGURE IV - 47 : JET FIRE DE BALLON03..... | 130 |
| FIGURE IV - 48 : UVCE DE BALLON 03..... | 130 |
| FIGURE IV - 49 : FLASH FIRE DE BALLON 03 | 131 |
| FIGURE IV - 50 : UVCE DE COMPRESSEUR 02HOWDEN | 131 |
| FIGURE IV - 51 : FLASH FIRE DE COMPRESSEUR HOWDEN..... | 132 |
| FIGURE IV - 52 : BLEVE DE BALLON 04..... | 132 |
| FIGURE IV - 53 : JET FIRE DE BALLON 04 | 133 |
| FIGURE IV - 54: UVCE DE BALLON 04..... | 133 |
| FIGURE IV - 55 : FLASH FIRE DE BALLON 04 | 134 |
| FIGURE IV - 56 : RB DE BALLON 06..... | 142 |
| FIGURE IV-57 : RB DE LA POMPE | 142 |
| FIGURE IV - 58: RB DE SCHILLER 07 | 143 |
| FIGURE IV-59 : RB DE BALLON 05 | 144 |

Liste des tableaux

| | |
|--|-----|
| TABLEAU I-1: TYPOLOGIE DES METHODES D'ANALYSE DES RISQUES | 6 |
| TABLEAU I-2: FORMAT D'ANALYSE PRELIMINAIRE DES RISQUES (APR) | 9 |
| TABLEAU I-3:FORMAT DE L'AMDEC..... | 10 |
| TABLEAU I-4: FORMAT DE HAZOP | 11 |
| TABLEAU I-5: FORMAT DE HAZID | 12 |
| TABLEAU I-6: LEGENDE DES EVENEMENTS ET PORTES D'ARBRE DES DEFAILLANCES | 19 |
| TABLEAU I-7 : CONSTRUCTION D'UN ARBRE DES CAUSES | 22 |
| TABLEAU I-8 : LES OUTILS DE L'ANALYSE FONCTIONNELLE ET STRUCTURELLE | 27 |
| TABLEAU II-9: CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DU GPL..... | 49 |
| TABLEAU III-10 : COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ACIER AU CARBONE ASMESA516 GRADE 60[23] ... | 57 |
| TABLEAU III-11 : LES CARACTERISTIQUESTECHNIQUESDUBALLON410/6106[23]..... | 57 |
| TABLEAU III-12 : LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU BALLON 410/6105..... | 58 |
| TABLEAU III-13 :LES CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU BALLON 410/6 | 59 |
| TABLEAU III-14 : COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ACIER AUCARBONEASTMA334GR6 | 60 |
| TABLEAU III-15 : LA COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ACIER ASTMA350LF2 | 60 |
| TABLEAU III-16 :COMPOSITION CHIMIQUE DES ACIERS ASTMA515ET516GR60..... | 60 |
| TABLEAU III-17 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES COMPRESSEURS COOPER..... | 61 |
| TABLEAU III-18 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU MOTEUR ABB | 61 |
| TABLEAU III-19 : COMPOSITION CHIMIQUE DE L'ACIER ASTMA214 | 65 |
| TABLEAU III-20 :CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DES POMPES | 66 |
| TABLEAU III-21 :LISTE DES EQUIPEMENTS ET DES PARAMETRES OBJET DE L'ETUDE HAZOP | 67 |
| TABLEAU IV - 22 : LA MATRICE DE HAZOP..... | 138 |
| TABLEAU IV - 23 : MATRICE DES EVENEMENTS DE BALLON 06 | 139 |
| TABLEAU IV - 24 : MATRICE DES EVENEMENTS DE COMPRESSEUR COOPER..... | 139 |
| TABLEAU IV - 25 : MATRICE DES EVENEMENTS DE SCHILLER 07..... | 139 |
| TABLEAU IV - 26 : MATRICE DES EVENEMENTS DE BALLON 05 | 139 |
| TABLEAU IV - 27 : MATRICE DES EVENEMENTS DE BALLON 03 | 140 |
| TABLEAU IV - 28 : MATRICE DES EVENEMENTS DE BALLON 04 | 140 |
| TABLEAU IV - 29 : MATRICE DES EVENEMENTS DE COMPRESSEUR HOWDEN 02 | 140 |
| TABLEAU IV - 30 : DE COMPARAISON DE PROBABLELITE DES EQUIPEMENTS DE BOG PAR DEUX METHODES | 145 |

Liste des abréviations

ENS : les Événements non souhaités

APR : Analyse préliminaire des risques

AMDEC : Analyse des modes de défaillances de leurs effets et de leur criticité

HAZOP :HAZard and OPerability

HAZID :HAZardIDentification

MADS-MOSAR : Méthodologie d'analyse des dysfonctionnements dans les systèmes -
méthode organisée et systémique d'analyse des risques

ADD : Arbre des défaillances

ADC : Arbre des causes

P : Probabilité

G : Gravité

BOG : Boil of gaz

P(Prt cnf) :probabilité de perte de confinement

B06 :ballon 06

U :UVCE

Jf :jet fire

Ff : flash fire

B : bléve

RB : réseau bayésien

Add : arbre de défaillance

P(ff phénomène dangereux) : probabilité de flash fire

SELS :seuil des effets létaux significatifs

SEL :seuil des effets létaux

SEI : seuil des effets irréversibles

NP : nombre de probabilité

NG :niveau de gravité

UVCE : unconfined vapor cloud explosion

Bleve : boiling liquid expanding vapor explosion

Jet fire : incendie par jet

Flash fire nuage de flame

Introduction générale

Introduction

« Pour vivre dans les meilleures conditions, il faut prévoir les pires situations »

L'accélération des progrès technologiques et des changements de nos sociétés, créent sans cesse des nouvelles menaces, il est normal que l'Homme cherche à maîtriser les risques qu'il a souvent créé lui-même, sans être angoissé par rapport à la prise de risque. Donc, il est nécessaire de réfléchir et de prendre conscience des conséquences, afin de posséder et maîtriser les événements imprévus.

Dans l'industrie pétrochimique, on parle de plus en plus de la gestion des risques. Cette discipline qui a prospéré au cours des vingt dernières années serait désormais utile voire indispensable, à tous les secteurs de l'industrie.

Au cours de cette dernière décennie, les préoccupations sur les dommages qui peuvent causer l'explosion et l'incendie, n'ont cessé de croître d'une façon préoccupante.

Toute entreprise humaine connaît des risques qui sont souvent envisagés comme un élément négatif. Un risque industriel est la probabilité qu'un événement accidentel se produit sur un site industriel en entraînant des conséquences immédiates plus ou moins graves pour les travailleurs, les populations avoisinantes, les biens et/ou l'environnement. Mais il ne faut pas occulter la dimension positive de la prise de risque, dans la mesure où elle permet de progresser et d'innover. La gestion des risques doit refléter un état d'esprit. Ce qui doit être permanent, c'est la prise de conscience des phénomènes, pour être capable de mieux comprendre ces événements.

L'objectif n'est pas de supprimer les risques, parce que le risque zéro n'existe pas, donc le seul moyen est de détecter a priori les risques générés par ces installations, de prévoir les scénarios qui peuvent avoir lieu et d'identifier les causes qu'ils ont tendance à provoquer des conséquences indésirables, afin de les maîtriser et surtout de rendre ces risques visibles.

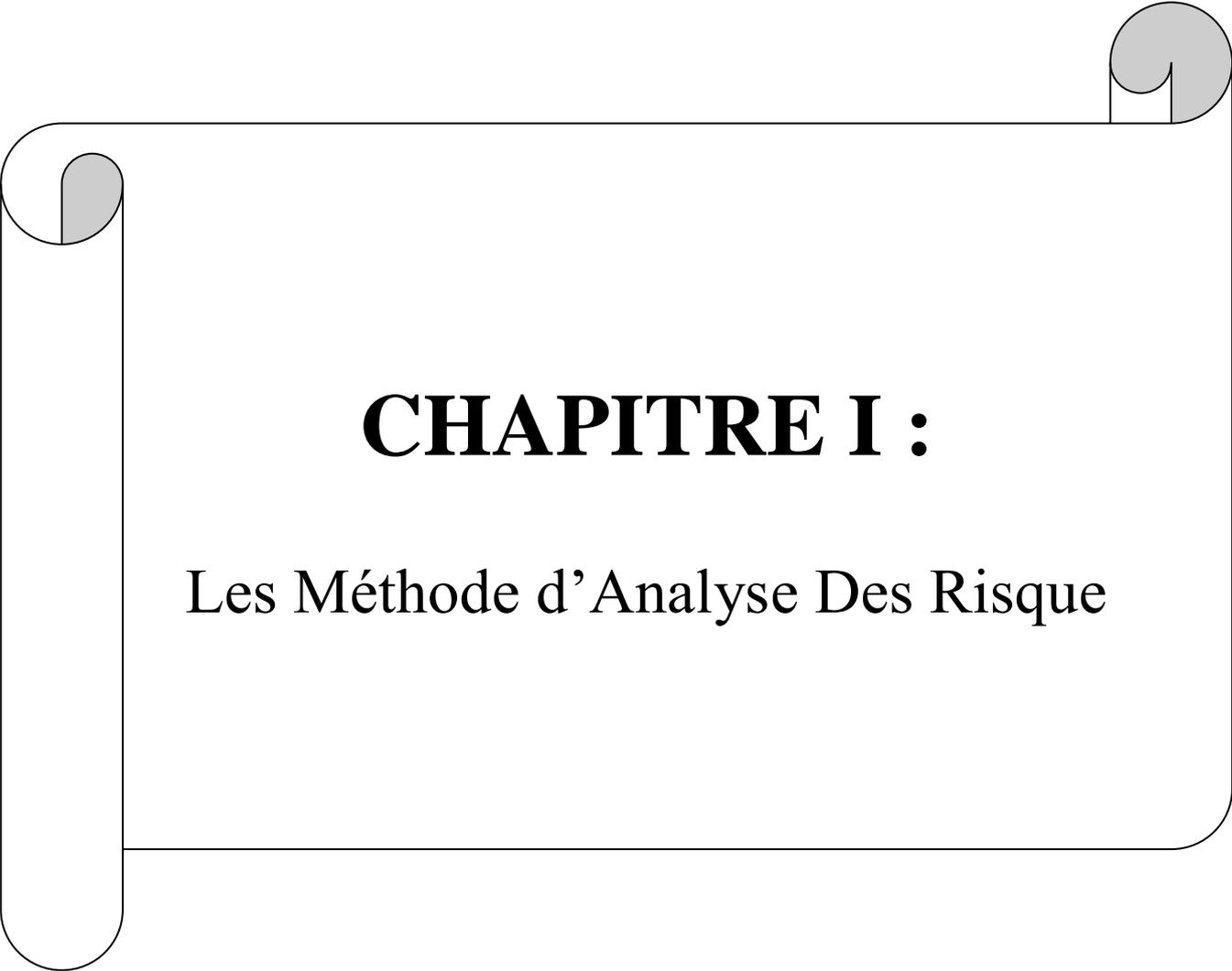
Pour assurer un appui technique, ce travail doit disposer d'outils permettant d'exploiter toutes les données disponibles relatives aux risques et de modéliser les conséquences qui leur sont liées. Il s'agit de déterminer des distances d'effets, de fournir des réponses en terme de périmètres de sécurité, mais aussi d'apporter une meilleure évaluation des risques et de caractériser la cinétique de l'évènement.

Devant la gravité de cette situation, et malgré la difficulté de concevoir les conséquences d'une situation dangereuse, avant qu'elle se transforme en catastrophe. Dans ce mémoire, on

Introduction générale

va étudier et essayer de prévoir les conséquences possibles sur la section BOG, en se basant sur des études HAZOP et une étude Arbre de défaillance, réseau bayésien sur une installation du complexe GP2/Z d'Arzew.

L'objectif de ces études est la recherche des situations dangereuses (pouvant conduire à l'évènement redouté) pour réparer les déficiences constatées, minimiser les risques et atteindre le niveau de sécurité souhaité.

A decorative border resembling a scroll, with a black outline and grey shaded areas at the corners and along the left edge, suggesting a rolled-up document.

CHAPITRE I :

Les Méthode d'Analyse Des Risque

Introduction

La Gestion des risques (par la Science du danger) est le corps de connaissances qui a pour objet d'appréhender **les Événements non souhaités**, notés (**ENS**). Nous appelons événements non souhaités les phénomènes susceptibles de provoquer des effets non souhaités (qui sont eux-mêmes des **ENS**) sur l'individu (opérateur...), la population, l'écosystème et l'installation. Ils s'appliquent à la structure, à l'activité, à l'évolution des systèmes naturels et artificiels. Nous appelons installation tout établissement humain et toute construction fixe ou mobile (établissement industriel, établissement urbain, établissement agricole, moyen de transport..).

1. Les définitions initiales

1.1 Danger

Un danger ou une menace est un potentiel de nuisances ou de préjudices en termes de dommages aux personnes, aux biens et/ou à l'environnement. Un danger peut être une substance ou une propriété d'une substance, un objet, un phénomène ou un processus.

Suivant que le potentiel est aléatoire ou déterministe (volontaire) on parlera de danger ou de menace. Ce dernier terme est entre autres utilisé dans les activités de sûreté, de santé publique et de défense. Le danger est le premier maillon d'un scénario d'accident. Ce dernier ne peut exister en absence de danger identifié (ou non). La recherche des dangers ou des menaces pendant le déroulement d'une activité donné ou pendant la mission d'un système est donc fondamentale. Les résultats de cette recherche permettront d'intervention sur la conception du système ou sur la stratégie de son exploitation.

Les danger peuvent être de « nature matérielle » ou appréhendable par nos sens (thermique, chimique, nucléaire, etc.) Ou de « nature immatérielle », calculable mais non appréhendable par nos sens (énergie potentielle, etc.).[1]

1.2. Risque

Le risque est la mesure de l'instabilité de la situation dangereuse ou menaçante et de la potentialité d'accident qui en résulte. C'est aussi l'éventualité d'un événement futur redouté : soit incertain (on ne sait pas s'il se produira), soit d'un terme indéterminé (on ne sait pas quand il se produira), associée à l'existence, à la connaissance ou à la perception d'une situation dangereuse ou menaçante. Autrement dit, le risque est défini comme la mesure d'un ensemble d'éléments de la situation dangereuse qui, combinés à des conditions particulières d'environnement, redoutées ou non, connues ou non, peuvent entraîner les conséquences préjudiciables ou accidentelles.

D'un point de vue formel, le risque d'un scénario d'accident est une grandeur à deux dimensions indissociables définie par le couple (g, p) associée à l'occurrence du scénario d'accident où :

- g est la valeur de la gravité G d'une conséquence finale du scénario d'accident en termes de valeur ou d'importance du dommage ou du préjudice sur le système.

- P est la probabilité qui mesure l'incertitude sur la valeur pour l'importance (ou le dépassement) de la gravité g du scénario accident. [2]

1.3. Une situation dangereuse

Une situation dangereuse ou menaçante est un état d'un système en présence de danger ou de menace. Autrement dit, une situation dangereuse est un état d'exposition du système au danger. Le rapprochement relatif du système et du danger jusqu'à leur mise en présence et leur recouvrement et associés à la réalisation d'un événement contact de nature aléatoire (fortuite) ou déterministes (volontaires). Plus précisément, l'événement contact entraîne directement l'exposition au danger des éléments sensibles ou vulnérable du système. Dans la situation dangereuse, l'événement amorce déclenche la dangerosité sur les éléments sensibles ou vulnérables qui sont exposés. La situation dangereuse est le deuxième maillon d'un scénario d'accident. il correspond à un état instable mais réversible du système. [1]

1.4. Accident ou évènements redoutés

A partir de la situation dangereuse, l'événement amorce déclenche la dangerosité des éléments dangereux sur les éléments sensibles ou vulnérables du système qui y sont exposés.

Il peut aussi déclencher une augmentation de la sensibilité des éléments vulnérables. L'accident ou évènement redouté en est la résultante. L'accident correspond à la «concrétisation» ou la matérialisation du danger par l'occurrence de ses conséquences : pertes humaines ou matériel ou dommages (matériels ou immatériels). [2]

2. Analyse de risque

Exploitation systématique des informations disponibles pour identifier la mise en danger (sources potentielles de dommage) et pour estimer les risques. L'analyse de risque consiste à utiliser l'information disponible pour établir des scénarios résultant de l'occurrence d'un aléa, et déterminer la probabilité et l'amplitude de ses conséquences sur les individus et la population, les biens matériels et l'environnement, du fait des aléas.

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

Cette démarche est conforme à la définition usuelle du vocable « analyse », c'est-à-dire un examen détaillé d'un phénomène complexe de manière à en comprendre la nature ou à déterminer les caractéristiques essentielles. L'analyse de risque requiert la décomposition du système et des sources de risques à l'échelle de leurs constituants élémentaires.

L'analyse de risque repose en général sur les étapes suivantes :

- Définition du périmètre traité,
- L'identification des dangers, en liaison avec les données : environnement naturel, humain, technologique...
- Les scénarios de défaillance, en liaison avec les bases de données et les typologies d'ouvrages,
- Le recours aux modèles de représentation des défaillances, et les questions relatives à leur qualité,
- Estimation des probabilités d'occurrence des aléas et des scénarios,
- L'estimation de la vulnérabilité des enjeux,
- L'identification des conséquences et l'évaluation des risques. [3]

3. Typologie des méthodes d'analyse des risques

Il existe plusieurs manières de classer les méthodes d'analyse des risques, la plus classique étant exposée ci-dessous :

- ◆ Méthodes qualitatives et quantitatives ;
- ◆ Méthodes inductives et déductives ;
- ◆ Méthodes statiques et dynamiques;

Tableau I-1: Typologie des méthodes d'analyse des risques

| Les méthodes | Typologie | Les méthodes | Typologie |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
| AMDEC | Quantitative | ADD | Quantitative |
| | Inductive | | Déductive |

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

| | | | |
|--|--|---|--|
| | Statique | | Statique |
| HAZOP | Qualitative Inductive statique | ADC | Qualitative Déductive Statique |
| HAZID | Qualitative Inductive Statique | MADS-MOSAR | Qualitative et quantitative Inductive Statique |
| APR | Qualitative Inductive Statique | Réseaux de Petri | Quantitative Inductive dynamique |
| Diagramme causes- conséquences | Quantitative Inductive et déductive Statique | Analyse des défaillances de cause commune | Qualitative Déductive Statique |
| L'arbre causes - conséquences (Nœud de papillon) | Quantitative Inductive et déductive Statique | Analyse des conditions insidieuses | Qualitative Déductive Statique |
| Graphes de Markov | Quantitative Inductive Dynamique | Réseaux bayésiens | Quantitative Inductive dynamique |
| Arbre d'événements | Quantitative Inductive Statique | Analyse de zone | Qualitative Inductive Statique |

4. Méthodes inductives et déductives

Les méthodes inductives sont initiées à partir des causes d'une situation à risque pour en déterminer les conséquences.

Ces méthodes sont aussi appelées montantes (ou en anglais bottom-up) car, à partir des événements causes définis au niveau élémentaire, elles permettent d'induire les événements conséquences au niveau sous-système ou système. Les méthodes déductives sont initiées à partir des conséquences d'une situation à risque pour en déterminer leurs causes.

Ces méthodes sont aussi appelées descendantes (ou en anglais top-down) car, à partir des événements conséquences définis au niveau système ou sous-système, elles permettent de déduire les événements causes combinées au niveau élémentaire. Les causes génériques sont les défaillances matérielles (y compris de logiciel), les erreurs humaines (analyse, décision, exécution, etc.) et les agressions externes des environnements.

Il est à noter que les modélisations et simulations analogiques ou numériques qui permettent de visualiser les scénarios de défaillance à travers l'architecture modélisée et d'en évaluer les impacts, ne peuvent être classées selon ce schéma. [1]

5. Méthodes inductives

5.1. Analyse préliminaire des risques (APR)

L'analyse préliminaire des dangers ou preliminaryhazardanalysis (PHA) a été développée aux États-Unis au début des années 1960 dans les domaines aéronautique et militaire. L'analyse préliminaire des risques ou preliminaryriskanalysis (PRA) qui lui est associée est une méthode d'identification et d'évaluation des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation industrielle ou de tout autre système. Cette méthode ne nécessite généralement pas, dans un premier temps, une connaissance approfondie et détaillée du système étudié et peut être mise en œuvre dès le début de la conception du système en développement ou dès que ses conditions d'exploitation (procédures, environnements...) changent et sont susceptibles de générer de nouvelles contraintes. [2]

À partir de l'ensemble des dangers auxquels le système est susceptible d'être exposé tout au long de sa mission, l'APR a pour objectif : l'évaluation, la hiérarchisation et la maîtrise des risques qui en résultent. Elle est menée à l'aide de tableau comme celui ci-dessous:

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

Tableau I-2: Format d'Analyse préliminaire des risques (APR)

| Procédure ou élément | Défaillance | Méthode de détection | Conséquence | Gravité des conséquences | Probabilité d'occurrence | Action corrective |
|----------------------------|-------------|----------------------------|-------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------|
| | | | | | | |

5.2. Méthode AMDEC

L'acronyme AMDEC signifie Analyse des modes de défaillances (des Composants) de leurs effets (sur le système) et de leur criticité (1960).L'analyse se décompose en quatre phases : la première consiste à repérer et à désigner, sur plan, tous les composants du système; on effectue ensuite l'analyse qualitative et exhaustive de leurs modes de défaillance : causes, conséquences et détection (si la méthode est limitée à ces deux phases, elle porte le nom de AMDE); dans la troisième phase on cherche à évaluer et hiérarchiser les défaillances (ENS) en termes de probabilité et de gravité ; dans la dernière phase, on doit proposer les actions correctives prioritaires à mettre en œuvre, ainsi que la mise en place des moyens de contrôle de leur efficacité . On ne prend pas habituellement en compte les erreurs humaines dans l'AMDEC. Un tableau qui doit être rempli comporte les colonnes suivantes qui déterminent concrètement la méthode à adopter:

- Désignation de l'équipement,
- Fonction,
- Mode de défaillance,
- Causes de la défaillance,
- Effets de la défaillance (local, général),
- Détection de la défaillance,
- Dispositifs de remplacement,
- Occurrence de la défaillance (échelle d'occurrence - 0),
- Niveau de criticité (o x gravité),
- Remarques.

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

Des modes de défaillances génériques sont proposés.

Les modes de défaillances sont les modes de réalisation dégradés ou erronés de la fonction attendue du composant examiné. Le mode le plus dégradé étant l'absence de réalisation. [4]

Tableau I-3:Format de l'AMDEC

| Composant | Fonction | Modes de défaillance | Causes | Effet | | Moyens de détection | Cotation | | | Actions de maîtrise des risques |
|-----------|----------|----------------------|--------|----------------|-------|---------------------|----------|---|---|---------------------------------|
| | | | | Sur le système | local | | P | G | R | |
| | | | | | | | | | | |

5.3. Méthode HAZOP

L'acronyme HAZOP signifie HAZard and OPerability study (1970). Cette méthode est régulièrement utilisée dans les industries chimiques et pour les systèmes thermohydrauliques. L'HAZOP détermine les dérives des paramètres d'une installation pour identifier ses causes et ses conséquences. L'HAZOP représente la chronique des états de dérive. On cherche à prévoir l'influence des déviations des divers paramètres physiques (pression, température, débit, niveau, concentration...) régissant le procédé, par rapport à leurs valeurs nominales. Pour chaque déviation, on recherche leurs causes des défaillances (raisonnement déductif) et leurs conséquences (raisonnement inductif). On vérifie ou on propose les moyens de détection et les mesures correctives appropriées pour les déviations susceptibles de produire un incident ou un accident. Les indicateurs de risque (fréquence ou probabilité d'occurrence et gravité) sont estimés et hiérarchisés afin de justifier les mesures préventives à prendre pour élever le niveau de sécurité du système. La conduite de la méthode s'effectue pas à pas, en remplissant un tableau (mise en œuvre en équipe pluridisciplinaire sous la direction d'un animateur et/ou en mode participatif) composé par une check-list du type suivant :

- Eléments (repérage et fonction),
- Déviation dangereuse,
- Causes possibles,
- Conséquences,

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

- Moyens de détection,
- Actions correctives,
- Observations.

Sa mise en œuvre est rapidement complexe. Dans le cas de risques majeurs, la directive SEVESO impose une évaluation du risque. On rajoute alors à la méthode HAZOP une estimation a priori de la probabilité d'apparition des déviations et de la gravité de leurs conséquences. On obtient une estimation semi-quantitative du risque, se poursuivant par une évaluation permettant de définir l'acceptabilité ou non du risque. La méthode HAZOP est une approche semi-quantitative : on associe une occurrence à une déviation. [4]

Tableau I-4: Format de HAZOP

| Déviation | | Causes | Conséquences | Barrière | Cotation | | | Recommandation |
|-----------|---------|--------|--------------|----------|----------|---|---|----------------|
| paramètre | Mot-clé | | | | P | G | R | |
| | | | | | | | | |

5.4. Méthode HAZID

HAZID (HAZardIDentification) est le pendant de l'HAZOP (HAZard and OPerabilitystudy) : alors que l'HAZOP examine ce qui se passe à l'intérieur du procédé l'HAZID examine ce qui se passe à l'extérieur du procédé.

HAZID est une démarche de recherche de risques de tous (feu, collision, chute d'objet, effondrement de structure, etc.) et de vérification que des mesures de maîtrise des risques ont bien été prises. [5]

L'HAZID est effectuée sur plan par un groupe de spécialistes du système étudié guidé par un animateur, et utilise des listes structurées de dangers potentiels, par exemple :

- Forte pluie;
- Endommagement d'équipements par des engins de manutention.

Elle est menée à l'aide de tableaux comme celui ci-dessous:

Tableau I-5: format de HAZID

| Événement initiateur | scénario | Conséquence | potentielles | Moyens de maîtrise | Classe | Action requise |
|----------------------|----------|-------------|--------------|--------------------|--------|----------------|
| | | Directes | Finales | | | |
| | | | | | | |

5.5. Méthode MADS-MOSAR

L'acronyme MADS-MOSAR signifie: Méthodologie d'analyse des dysfonctionnements dans les systèmes - méthode organisée et systémique d'analyse des risques (PERILHON 2003). La méthode MOSAR permet d'appréhender (identification, évaluation mais aussi réduction) les ENS d'une installation et d'identifier les moyens de prévention nécessaires pour les neutraliser. Elle s'applique aussi bien dès la conception d'une installation nouvelle qu'au moment du diagnostic d'une installation existante. Elle constitue aussi un outil d'aide à la décision par les choix qu'elle met en évidence. C'est une méthode de gestion technique complète. Cette méthode ne traite pas uniquement l'identification et de l'estimation d'ENS sources: c'est aussi une méthode de maîtrise de ceux-ci.

Elle permet, dans un premier temps une typologie des sources de flux et des flux de danger à utiliser lors d'une étude générale de sécurité des installations ou du travail et peut être utilisée pour réaliser une étude préliminaire des dangers d'une installation, pour élaborer les principaux scénarios possibles d'accidents dans un contexte donné et pour évaluer la gravité probable de leurs effets. La technique de construction des scénarios peut s'appliquer à plusieurs niveaux et ouvre la possibilité de générer des scénarios d'interaction entre les éléments d'une installation, entre plusieurs installations (scénarios dominos), voire entre plusieurs industries (scénarios dans un bassin industriel). L'acceptabilité de ces scénarios est ensuite négociée avec les acteurs concernés et les différentes barrières (de nature technique, opératoire, de prévention, de protection) permettant de les éviter sont recherchées et qualifiées dans le temps. Ce travail macroscopique constitue un premier module de la méthode permettant de faire apparaître et de neutraliser les ENS principaux issus d'une installation quelconque (industrielle ou non) c'est l'étude de sécurité qui peut être approfondie à l'aide du deuxième module.

Le deuxième module (qui intègre les outils AMDEC, HAZOP, le nœud de papillon...) permet de rechercher l'origine détaillée (de nature technique et/ou opératoire) des événements identifiés dans le premier module, de quantifier leurs probabilités d'enchaînement et de les neutraliser en choisissant, par négociation avec les acteurs concernés, la meilleure configuration coût/efficacité. Les méthodes d'évaluation sont le plus souvent applicables dans le cas d'enchaînements d'événements, d'ENS du système source nommé « installation »: elles contribuent à évaluer ses ENS ou scénarios. MADS-MOSAR est donc présentée comme une méthode (ensemble articulé d'étapes permettant de répondre à une question donnée) de sécurité des installations et vise, en se centrant sur ces dernières, à protéger des cibles multiples (opérateur, population, écosystème, installation) d'effets provoqués par des flux qui en sont issus. La problématique développée est centrée sur l'installation (source) afin de protéger les cibles potentielles de son effet lors de situations incidentelles ou accidentelles. Les points de vue suivants sont suggérés lors de l'étude de sécurité réalisée avec la méthode MOSAR (angle d'attaque : l'installation, source de flux de danger):

- Installation → écosystème
- Installation → population
- Installation → opérateur
- Installation → installation

MADS-MOSAR est une méthode développée en sécurité des installations et d produits qui présentent les sources de flux du danger et les flux de danger issus d'une installation. C'est dans ces deux types de processus de danger qu'elle est la plus pertinente. L'étude d'impact sur l'environnement, l'étude de dangers pour les populations et les écosystèmes sont des outils qui peuvent compléter la méthode. [4]

5.6. Réseaux de Petri

Les réseaux de Petri (Petri net, ont été développés en 1962 par le mathématicien allemand Carl Adam Petri pour décrire le comportement des « automates » séquentiels asynchrones. Ils ne sont devenus de puissants outils de modélisation que suite aux nombreux travaux effectués ces vingt dernières années.

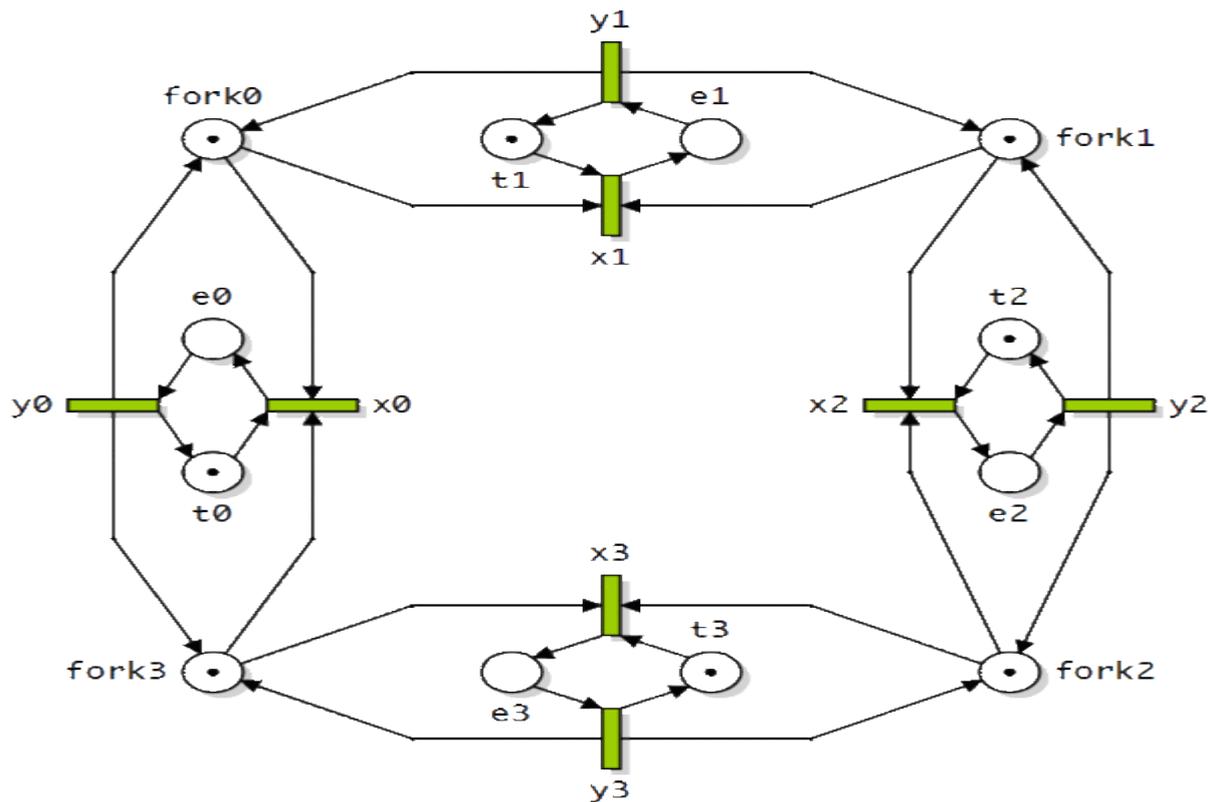


Figure I-1: Exemple de réseaux de Petri (Le problème du dîner des philosophes)

Un réseau de Petri élémentaire est constitué de places, de transitions, d'arcs et de prédicats :

- places: représentées graphiquement par des cercles, les places peuvent être marquées à l'aide d'une ou plusieurs marques appelées « jetons » ;
- transitions : représentées graphiquement par des segments de droite, les transitions ont deux états possibles (valides ou non valides);
- arcs : représentés par des flèches, les arcs sont de deux types selon qu'ils font le lien entre une place et une transition (arc amont) ou entre une transition et une place (arc aval);
- prédicats (ou messages): égalités ou inégalités de variables qui peuvent être placées en amont (gardes) ou en aval (affectations) de chaque transition.

Pour simuler le comportement du système, une structure dynamique représentant l'évolution du système est superposée à cette structure statique. Cette action est réservée au marquage du réseau constitué par des jetons présents ou non dans les places et évoluant dynamiquement en fonction du tir des diverses transitions valides : le marquage du réseau représente l'état du système à un moment donné.

Pour être valide, une transition doit avoir au moins un jeton dans chacune de ses places amont. Elle peut alors être tirée et ce tir consiste à retirer un jeton dans chacune de ses places amont et à ajouter un jeton dans chacune de ses places aval. [6]

Il en résulte un nouveau marquage du réseau qui représente un nouvel état du système étudié.

5.7. Réseaux bayésiens

Un réseau bayésien (belief nets, [Neapolitan, 1990]) est une représentation graphique de la loi conjointe sur un ensemble de variables aléatoires. C'est un graphe orienté sans circuit tel que :

- Un nœud représente une variable aléatoire discrète;
- Un nœud sans parent représente une loi de probabilité ;
- Un ensemble d'arcs pointant sur un nœud représente une table de probabilités conditionnelles, une liaison de dépendance.

Le terme réseau bayésien est utilisé en français car le théorème de Bayes est utilisé pour effectuer les calculs. Les réseaux bayésiens sont intéressants car ils conjuguent une représentation graphique simple à la rigueur mathématique de la théorie des probabilités. Ils sont cependant peu utilisés en sûreté de fonctionnement et beaucoup en intelligence artificielle. [2]

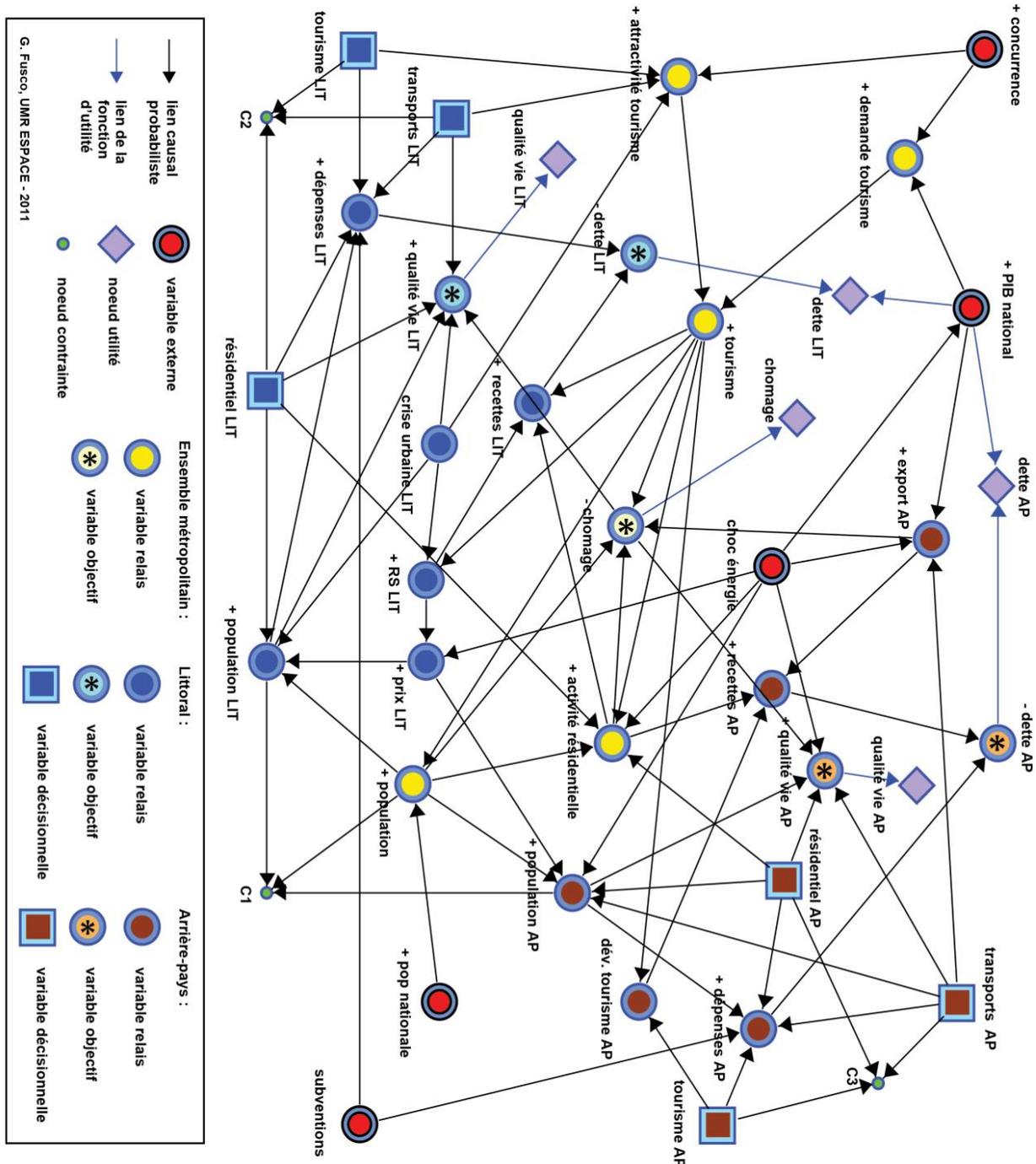


Figure I-2: Exemple de Réseaux bayésiens

5.8. Graphes de Markov

Les graphes de Markov peuvent être considérés comme la représentation graphique d'un système d'équations différentielles linéaires du 1er degré. La construction d'un graphe qui soit un graphe de Markov impose alors de considérer que :

- les probabilités instantanées de transition d'un état du système à un autre état sont des constantes ;

- la probabilité de passer de l'état E_i à l'état E_j ne dépend pas du temps ni de la manière dont E_i a été atteint, mais seulement de la présence dans l'état E_i (c'est pour cette raison que les graphes de Markov sont aussi dénommés « processus sans mémoire du passé »). [2]

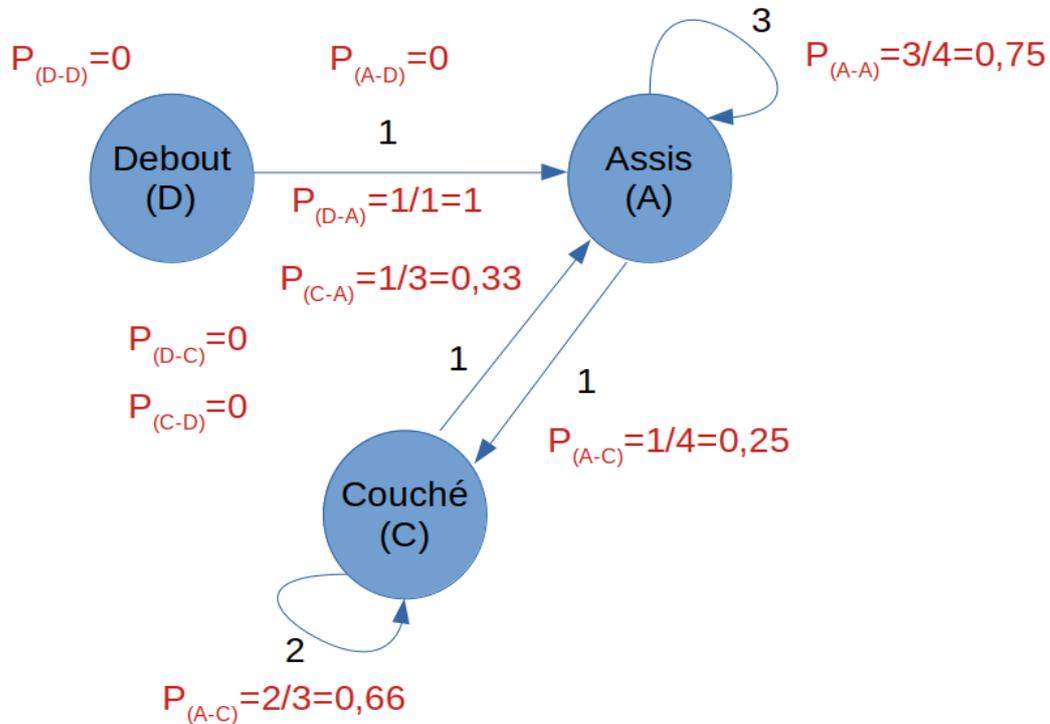


Figure I-3: Exemple de Graphes de Markov

5.9. Analyses de zone

Les analyses de zones ont pour but d'identifier les modes communs de défaillance et des scénarios de propagation de pannes en introduisant l'aspect spatial du fonctionnement du système ou du déroulement de l'activité. [1]

5.10. Arbre d'événements

L'arbre d'événements (1970) a pour objectif de décrire de manière linéaire le scénario d'accident produit par un enchaînement d'événements suite à l'occurrence d'un événement initiateur, défini par ailleurs. [2]

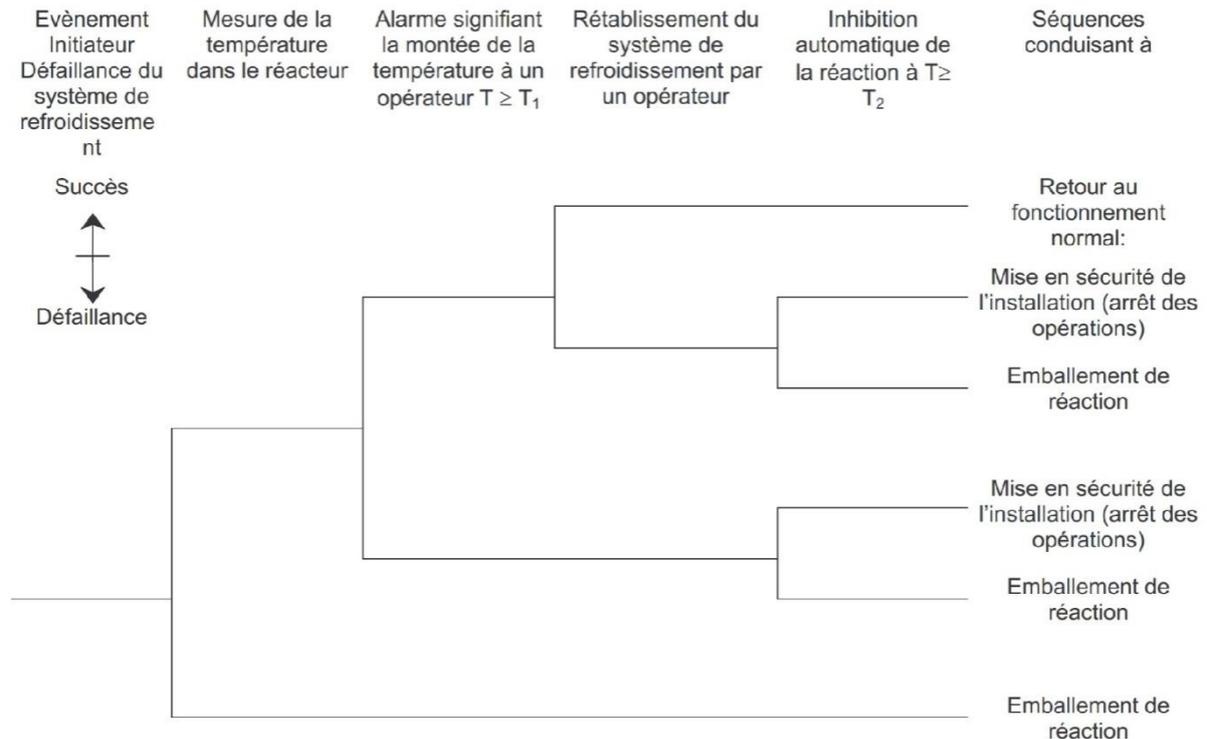


Figure I-4: Exemple d'arbre d'événement

6. Méthodes déductives

6.1. Arbres des défauts

Les arbres des défauts (faulttree 1960) : - ont pour objectif de représenter de manière arborescente les causes d'occurrence d'un événement unique (défini par ailleurs) appelé événement redouté; - sont initialement la représentation graphique d'une équation booléenne.

La recherche des causes de l'événement redouté est effectuée par étapes:

-les causes immédiates sont tout d'abord identifiées et reliées à l'événement redouté par des portes logiques (principalement OU et ET) selon qu'une seule cause peut générer l'événement redouté ou non ;

- chacune de ces causes est considérée comme un effet dont on recherche aussi les causes, etc.

La recherche des causes (la « décomposition » de l'événement redouté) est arrêtée :

-soit parce qu'il a été considéré que le niveau atteint est suffisant pour l'objectif visé ;

-soit parce que des données numériques sont disponibles à ce niveau.

L'analyse de l'arbre consiste à :

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

-rechercher les coupes minimales (ensemble d'événements nécessaires et suffisants) conduisant à l'occurrence de l'événement redouté: analyse qualitative (utilisation de l'algèbre de Boole) ;

- quantifier les probabilités de ces coupes minimales et calculer la probabilité d'occurrence de l'événement redouté: analyse quantitative.

Cependant, les nombreuses extensions faites à la méthode initiale afin d'en améliorer la puissance de modélisation et le nombre de paramètres calculés (par exemple le temps passé dans une classe de probabilité) font qu'il n'est plus possible de simplement considérer qu'un arbre des défauts est une structure d'algèbre de Boole. [1]

Tableau I-6: Légende des événements et portes d'arbre des défaillances

| Symbole des portes logiques | Signification | Explication (a et b : entrées, s : sortie) | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | ET logique | <table> <tr><td>a</td><td>b</td><td>s</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> | a | b | s | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| a | b | s | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | NON ET logique (opposé de la porte ET) | <table> <tr><td>a</td><td>b</td><td>s</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table> | a | b | s | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| a | b | s | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | OU logique | <table> <tr><td>a</td><td>b</td><td>s</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr> </table> | a | b | s | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| a | b | s | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | NON OU logique (opposé de la porte OU) | <table> <tr><td>a</td><td>b</td><td>s</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table> | a | b | s | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| a | b | s | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
|  | OU EXCLUSIF | <table> <tr><td>a</td><td>b</td><td>s</td></tr> <tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr> </table> | a | b | s | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| a | b | s | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |

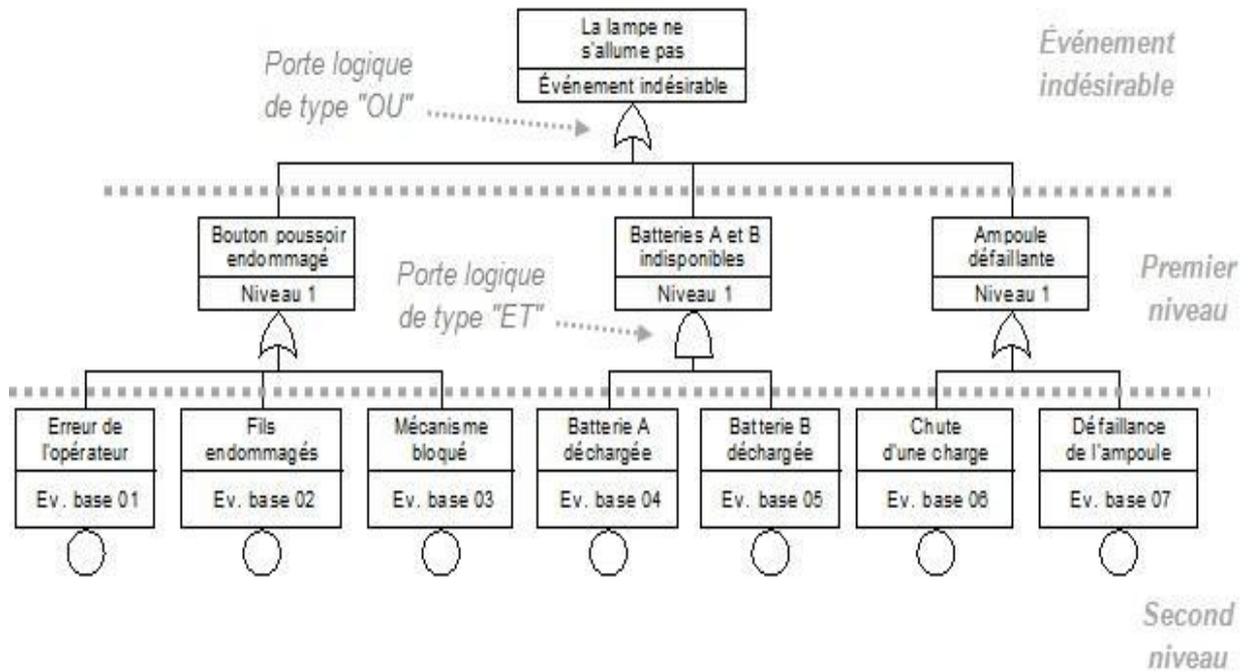


Figure I-5: Exemple d'arbre de défaillance

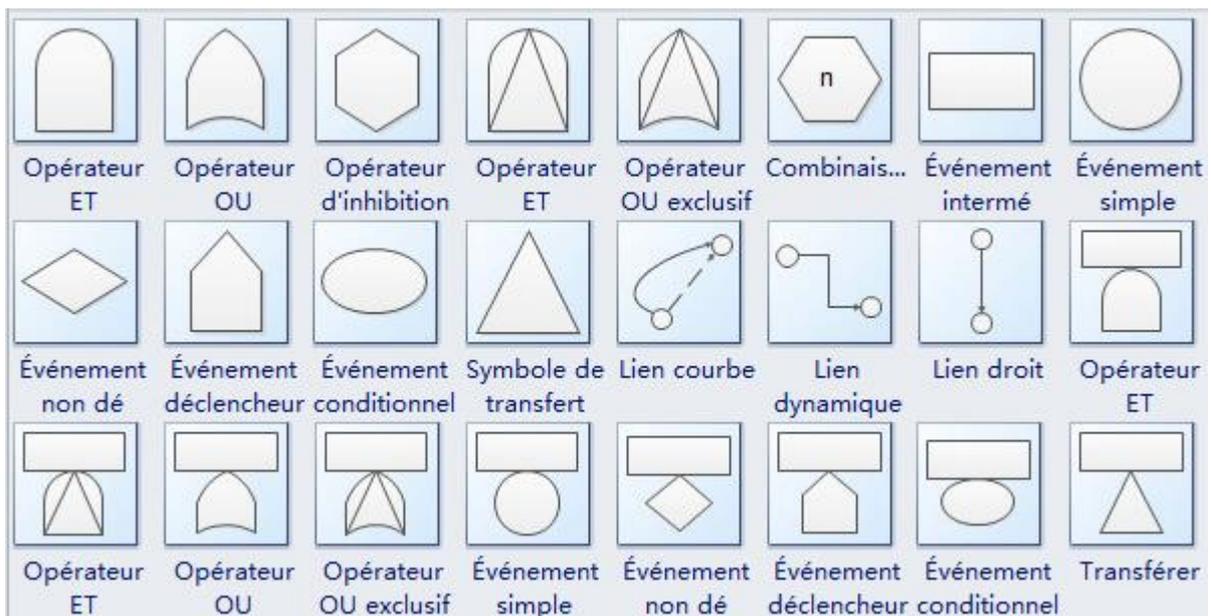


Figure I-6: Les événements et les portes de l'ADD

6.2. Arbre des causes

Lorsque l'accident survient, il est toujours difficile de garder suffisamment de sang-froid pour en analyser les causes objectives et prendre des mesures efficaces en conséquence. Après chaque accident du travail, l'employeur doit faire une enquête avec les membres du Comité d'hygiène sécurité et des conditions de travail (CHSCT) et produire un rapport commun. C'est là qu'une difficulté surgit car il est difficile de trouver un langage commun se limitant à

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

l'objectivité des faits. En effet, lorsque l'accident survient, il s'instaure un climat exacerbant les sensibilités, la réflexion fait place à la polémique, et l'on recherche immédiatement les responsabilités, sans même essayer de comprendre. Notons que la responsabilité est définie par la réglementation qui fait une obligation de résultat à l'employeur, qui de ce fait doit prendre toutes les mesures en conséquence. La méthode d'analyse des accidents par l'arbre des causes, élaborée par l'INRS en se fondant sur des travaux initiés par la Communauté Européenne du Charbon et de l'Acier, est expérimentée pour la première fois d'une façon pratique en 1970 dans les Mines de fer de Lorraine. A partir de 1976. sa diffusion s'est faite dans le milieu industriel et a atteint une ampleur suffisante pour que l'on puisse désormais la considérer comme tombée dans le domaine public, c'était d'ailleurs l'objectif visé à sa création. Un grand nombre d'entreprises et d'organismes utilisent directement cette méthode comme technique d'investigation et de recherche de facteurs d'accidents, elles en ont fait un outil efficace dans la prévention des accidents du travail, ce qui se traduit par des résultats remarquables par rapport aux statistiques moyennes des entreprises équivalentes. D'autres entreprises la pratiquent comme axe pédagogique de la formation à la sécurité des membres de l'encadrement, des techniciens et du personnel d'exécution.

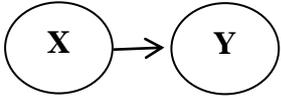
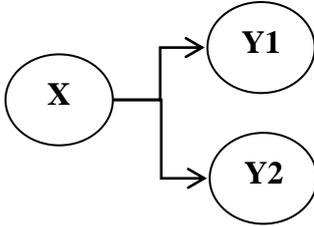
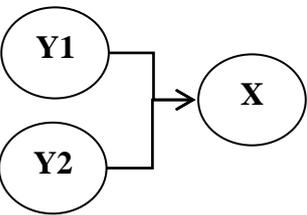
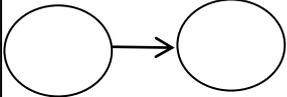
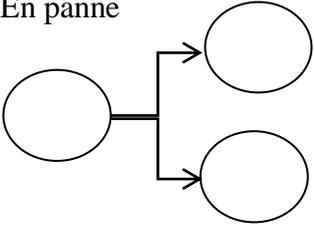
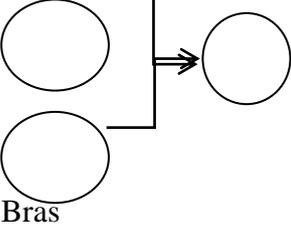
La construction de l'arbre des causes (AdC). Ces arbres permettent d'enchaîner, a posteriori, des faits qui aboutissent à un accident. Depuis celui-ci, on remonte aux faits qui l'ont provoqué (raisonnement déductif car on part de l'accident et on en déduit les faits qui l'ont provoqué). L'arbre se construit de droite à gauche ou de haut en bas. Cet exercice, réalisé sur des faits réels s'étant déjà produits en santé-sécurité du travail, se nomme l'arbre des causes (des faits) qui, enchaînés les uns aux autres, ont entraîné l'accident. Ce type d'arbre peut inclure des faits de différentes natures (techniques, humains, organisationnels). Cette méthode peut être également utilisée en sécurité routière pour analyser les accidents de la route. L'ENS final a eu lieu ; on enchaîne les faits qui l'ont provoqué. L'analyse des accidents doit être menée à partir du recueil des faits sur le terrain. La première opération consiste à lister tous les faits recueillis lors de la récolte des informations sur les lieux, en résumant ces causes en 3 à 5 mots simples, en évitant soigneusement de regrouper deux faits dans une même suite de mots.

La méthode de construction repose sur l'idée que le phénomène accident a pour origine des changements ou des variations intervenant dans la situation habituelle de travail et dans les conditions permanentes du système de travail. Il suffit donc de repérer les variations ou les états permanents, puis de les organiser sous forme de diagramme. L'arbre des causes se présente sous la forme d'un ensemble des faits antécédents ayant engendré l'accident. Il se

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

construit à partir du fait ultime de l'histoire, enchaînant les faits de droite à gauche, et en posant pour chaque fait recueilli les questions suivantes évoquées dans le tableau suivant :

Tableau I-7 : Construction d'un arbre des causes

| | Enchaînement | Disjonction | Conjonction |
|-----------------------|--|---|--|
| Définition | Un antécédent Y seule origine X | Deux (ou plus) antécédents Y1, Y1 ont une seule et même origine | Un antécédent Y a plusieurs origines directes Y1, Y2 |
| Représentation |  |  |  |
| Propriété | X est nécessaire et suffisant pour que Y se produise | X est nécessaire et suffisant pour que Y1 et Y2 se produisent | Chaque antécédent Y1, Y2 est nécessaire pour que Y se produise, mais aucun d'eux ne peut à lui seul le provoquer |
| Exemple | Arrive en Manque son Retard train  | Intervention Ventilateur dépanneur En panne  Accumulateur De gaz | Chute de Poutrelle Blessure  Bras Coincé |

En face de chacun des événements reportés sur l'arbre, le groupe d'analyse recherchera des mesures à prendre afin d'éviter le retour d'un accident semblable. Il retiendra les mesures raisonnablement applicables. La démarche suivante consiste à rechercher la même potentialité accidentelle dans d'autres secteurs ou activités pour anticiper le risque d'accident. C'est en cela

que l'analyse systématique et systémique des accidents permet de développer le réflexe de la prévention, affaire de chacun. [4]

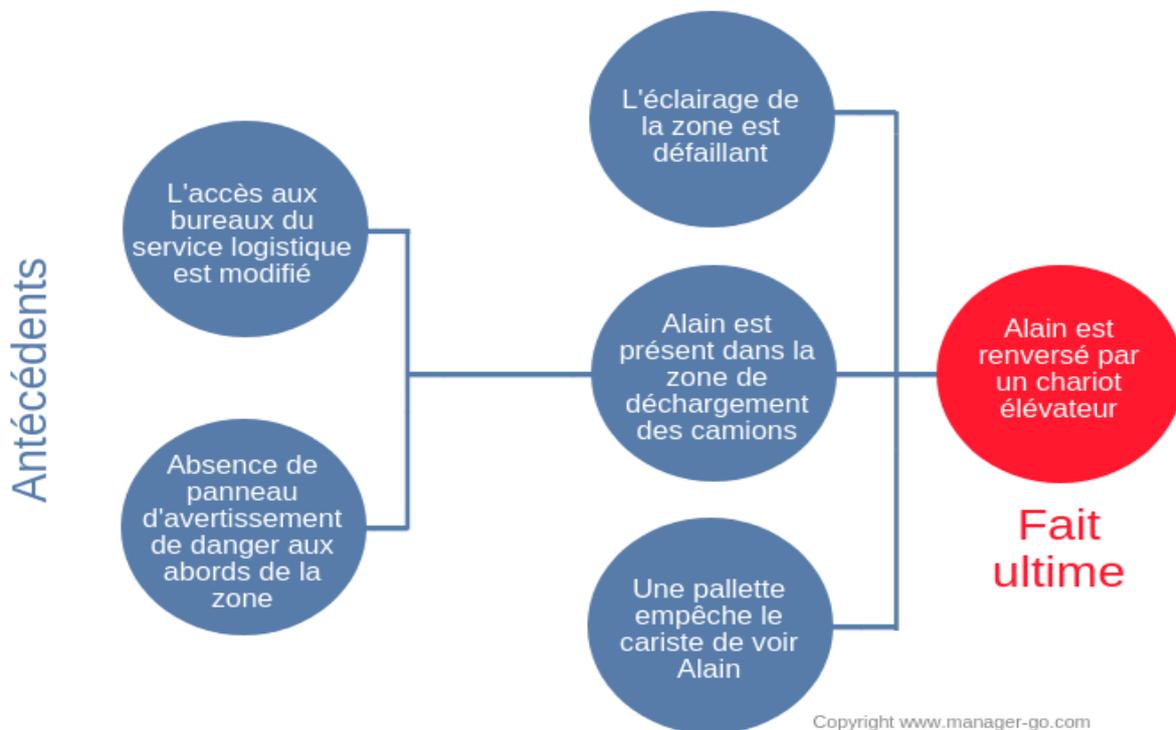


Figure I-7: Exemple d'arbre des causes

6.3. Analyse des défaillances de cause commune

Une DCC (défaillance de cause commune, common cause failure [CCF]) est une défaillance simultanée, ou concomitante, de plusieurs composants provenant de la même cause. Les DCC constituent donc un sous-ensemble des défaillances dépendantes. Cela signifie que les DCC ne se produisent pas forcément au même instant mais à l'intérieur d'un certain intervalle de temps. Les DCC peuvent être séparées en deux catégories :

Les défaillances de systèmes supports (telle la puissance hydraulique) et les agressions externes (qu'elles soient générées par l'environnement industriel ou naturel)

- les défaillances internes » de cause commune.

- Leur recherche et leur prévention se font à l'aide de listes de contrôle. [7]

La méthode la plus utilisée est celle du facteur bêta. Cette méthode considère que chaque composant a des défaillances de deux types :

- la défaillance indépendante (aléatoire) de taux de défaillance λ_i (la valeur trouvée dans les tables de données de fiabilité);

-la défaillance de cause commune de taux de défaillance λ_{cc} '

Le taux de défaillance d'un composant est donc : $\lambda = \lambda_i + \lambda_{cc}$ '

Un paramètre bêta est ainsi défini :

$$\beta = \lambda_{cc} / \lambda = (\lambda_{cc}) / (\lambda_i + \lambda_{cc})$$

Avec : $1 > \beta > 0$.

6.4. Analyse des conditions insidieuses

Initialement appliquée aux schémas électriques, l'analyse des conditions insidieuses (en anglais sneakanalysis) a pour but de rechercher les configurations de composants pouvant créer des pannes du système hors toute défaillance. Elle est effectuée sur plans à partir de schémas types sources de problèmes [Desroches, 1988]. [8]

7. Les méthodes déductives et inductives

7.1. L'arbre causes - conséquences (Nœud de papillon)

Cet outil comme tous ceux présentés ici nécessite d'avoir une bonne connaissance de l'installation source de flux de danger, de ses défaillances et des conséquences que ces dernières peuvent avoir sur les installations, les écosystèmes et/ou les populations humaines. Un groupe d'expert animé par un médiateur connaissant bien l'arbre des défaillances peut regrouper tous les acteurs internes et/ou externes à l'entreprise qui vont permettre de glaner des informations utiles à la construction des 2 arbres qui doit être bien séparée.

Cette méthode d'enchaînement d'ENS est très utile pour enchaîner des faits d'un bout du processus de danger à l'autre : elle couple un arbre des défaillances (à gauche) à un arbre d'événements par l'intermédiaire ici d'un flux de danger (le nœud) ou d'un autre phénomène dangereux, un aléa par exemple. L'arbre des défaillances (causes) se construit du « nœud » vers la gauche (démarche déductive) : on démarre le raisonnement au nœud (flux), la défaillance étant réelle ou potentielle, et on en déduit les causes/défaillances qui l'ont provoquée. Ces causes-faits, sont reliées par des portes ET ou OU; ce sont ces dernières qui expliquent l'ENS central - aléa ou flux de danger / phénomène dangereux. Le nœud est un événement non souhaité central, c'est un aléa ou un phénomène dangereux (flux accidentel, rupture, brèche, perte de confinement, nuage de gaz).

L'arbre des conséquences de cette défaillance se construit du « nœud » vers la droite (démarche inductive); on démarre le raisonnement au nœud (flux); la défaillance centrale réelle ou potentielle est le point de départ de nouveaux enchaînements d'ENS qui aboutissent

à des ENS finaux nommés effets sur la cible. On peut ainsi partir de phénomènes dangereux du type incendie, explosion, nuage toxique et en calculer les effets sur les cibles que sont les populations et les écosystèmes, ces événements finaux peuvent être des effets majeurs : mort d'une population humaine, intoxication collective. La logique de ce type d'arbre commence à l'ENS nœud par exemple : perte de confinement) - flux de polluant tombant sur le sol donc pollution du sol et se termine par un arbre d'effet ici sur l'écosystème (rivière, lac...) ou sur la santé publique (eau non potable pompée à la suite d'une infiltration dans des nappes profondes). [4]

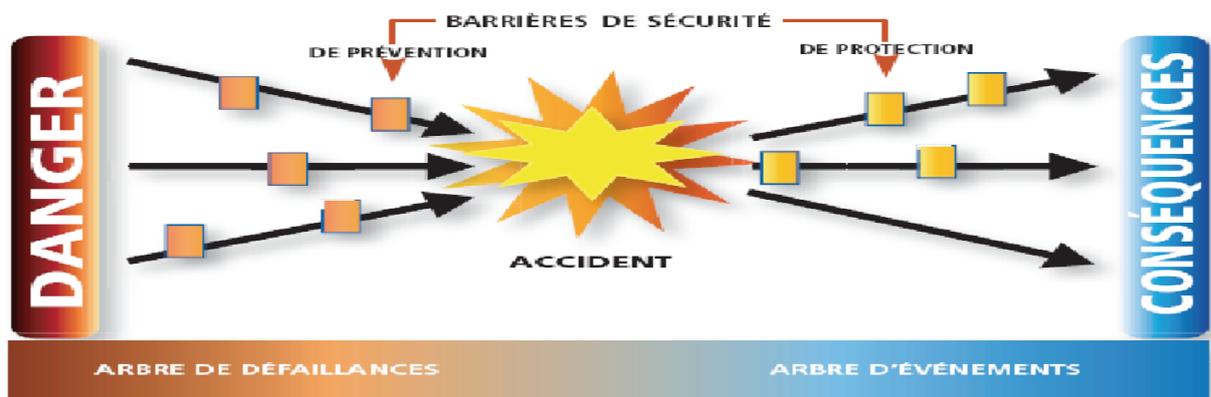


Figure I-8: La représentation des résultats par l'approche nœud papillon

7.2. Diagramme causes-conséquences

Cette méthode a pour objectif de représenter les connexions logiques entre le spectre des causes d'accident et le spectre des conséquences en résultant, sachant qu'un événement critique a été précédemment défini. Son objectif est donc similaire à celui de l'arbre d'événements. La partie « causes » est l'arbre des défauts tandis que la partie « conséquences » est similaire à celle de l'arbre d'événements, sans requérir la présentation linéaire rigide. [9]

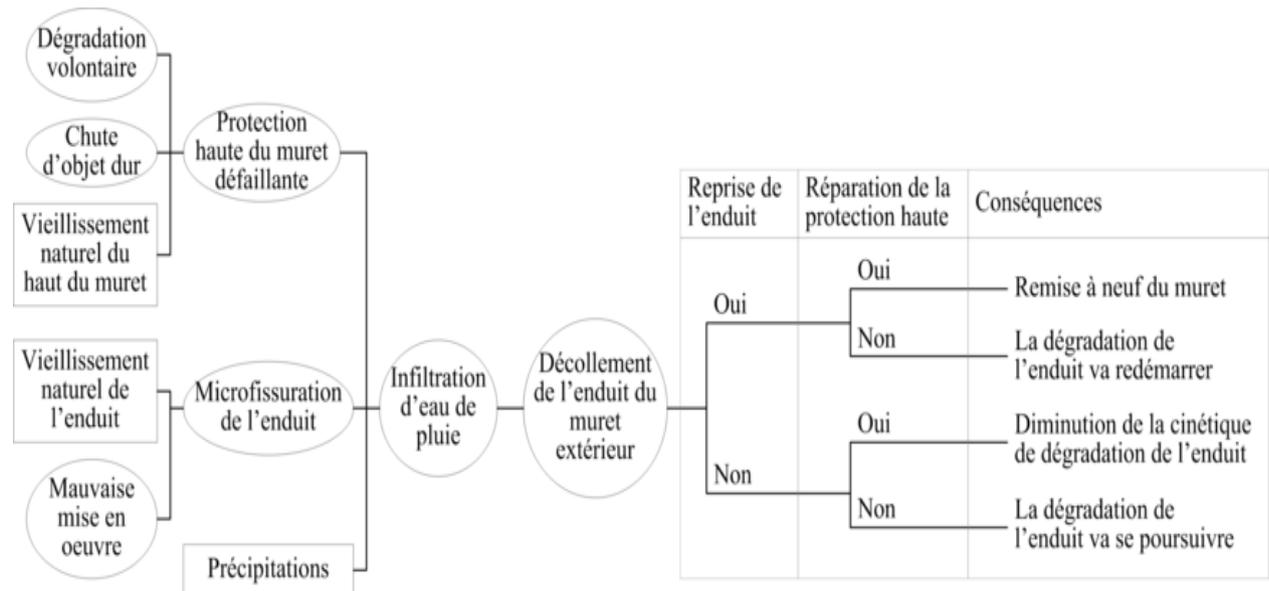


Figure I-9: Diagramme causes-conséquences du "décollement de l'enduit d'un muret de clôture"

8. Analyse fonctionnelle

D'après la norme AFNORE NF X 50-151, l'analyse fonctionnelle est une démarche qui a pour objectif de rechercher, ordonner, caractériser les fonctions selon des critères d'appréciation, des niveaux et de flexibilité, hiérarchiser et/ou valoriser les fonctions en attribuant un poids en valeur relative ou absolue. À partir de l'analyse fonctionnelle, on pourra mener deux études d'aspects différents : Aspect économique ou (externe) l'analyse de la valeur qui a pour objectif, à partir de l'expression d'un besoin, de déterminer les solutions susceptibles de répondre à ce besoin et de parvenir à la meilleure optimisation technico-économique du couple besoin solution. [10]

Le but de l'analyse fonctionnelle est de déterminer d'une manière assez complète les fonctions principales d'un produit, les fonctions contraintes et les fonctions élémentaires.

- Les fonctions principales : sont les fonctions pour lesquelles le système a été conçu, donc pour satisfaire les besoins de l'utilisateur.
- Les fonctions contraintes : répondent aux interrelations avec le milieu extérieur.
- Les fonctions élémentaires : assurent les fonctions principales, ce sont les fonctions des différents composants élémentaires du système.

Pour réaliser correctement l'analyse fonctionnelle il faut effectuer trois étapes principales :

- Définir le besoin à satisfaire. Le principe consiste à décrire le besoin et la façon dont il est satisfait et comment il risque de ne pas être satisfait.
- Définir les fonctions qui correspondent au besoin.

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

- Établir l'arbre fonctionnel afin de visualiser l'analyse fonctionnelle. Très souvent les fonctions principales comportent des sous-fonctions ou résultent d'un ensemble des fonctions élémentaires. D'où le besoin de l'arbre fonctionnel. [11]

9. Analyse structurelle

L'analyse structurelle d'un système consiste à décrire les composants du système et les relations qui existent entre eux.

L'analyse fonctionnelle nécessite des outils de description permettant :

L'analyse structurelle permet de répondre aux questions :

- De quoi est composé le système ?
- Comment est organisé le système ? [12]

10. Les outils de description fonctionnelle et structurelle

L'analyse fonctionnelle nécessite des outils de description permettant :

- La compréhension de l'existant
- L'élaboration d'améliorations (dans la formalisation)

Ces outils doivent être :

- Simples à interpréter
- Rapides à élaborer
- Adaptés au contexte et à la problématique

Tableau I-8 : Les outils de l'analyse fonctionnelle et structurelle

| Outil | AS | AF | Points forts | Limites |
|--------------|----|----|--|---|
| Pieuvre | ● | | -Facilite la conception -Met en évidence tous les acteurs extérieurs | -Ne définit pas les Fonctions techniques internes -Peu utile pour la maintenance |
| Analyse SDAT | ● | ● | -S'adapte à des systèmes complexes -Facile à lire -Permet la recherche des causes de | -Long à construire -Difficile a réaliser |

CHAPITRE I : Les méthode d'analyse des risque

| | | | défaillance | |
|----------------------|---|---|--|---|
| FAST | ● | ● | -Facile, rapide à construire - Lien pour la réalisation de plans de maintenance avec la méthode RCM II (maintenance centrée sur la fiabilité) | - Ne définit pas les interactions entre les fonctions ou les composants |
| Schéma bloc | | ● | -Simple, très adapté au diagnostic et à la description des dispositifs de transmission de puissance -Représentation synthétique | -Ne convient pas pour décrire plusieurs fonctions |
| Schéma, plan, éclaté | | ● | -Outils normalisés facilitant la communication - Seuls outils facilitant une description précise | -Difficiles, longs à mettre en œuvre -Complexité de la polyvalence |
| Croquis | | ● | -Simplicité d'exécution | -Imprécis |
| Photos | | ● | -Très simple, facile d'emploi -Permet la localisation d'éléments dans les gammes... -Très simple pour un opérateur - Permet de visualiser très rapidement | -Vision extérieure uniquement perturbée par les nombreux carters -Ne permet pas de représenter de nombreux détails |

11. Phénomènes dangereux

Un phénomène dangereux est la cause qui est capable de provoquer une lésion physique ou une atteinte à la santé. Une activité industrielle peut être à l'origine de différents phénomènes pouvant avoir quatre types d'effets sur les personnes et les structures, les effets sont :

- Thermiques.
- Toxiques.

- Suppression.
- Projection (liés au précédent).

11.1. Feu de flaquer

Le terme "feu de flaquer " ou "feu de nappe " décrit un incendie résultant de la combustion d'une nappe de combustible liquide. Ce phénomène implique principalement la surface de la nappe en contact avec l'air. Les dimensions et la géométrie de la nappe peuvent être tout à fait variables. Il convient ainsi de distinguer:

- Les feux de réservoir : le feu est alors contenu dans une enceinte dont la surface est déterminée par les dimensions du réservoir.
- Les feux de cuvette (de rétention) : l'extension de la nappe est limitée par une cuvette de rétention dont le dimensionnement est imposé notamment par les exigences réglementaires applicables au stockage,
- Les feux de flaquer libre, en l'absence de moyens physiques prévus pour limiter l'extension de la nappe ou lorsque la cuvette de rétention n'est pas complètement envahie, l'extension de la nappe est alors principalement fonction des caractéristiques du terrain, des conditions météorologiques et des conditions de rejet du combustible [14].

11.2. Boule de feu

La boule de feu est un phénomène rapide qui se produit lors de la rupture d'une canalisation ou d'un ballon (cuve sous pression, citerne de camion, wagon) remplie d'un gaz sous pression avec une ignition immédiate. Il se produit alors une boule de feu qui ne dure que quelques secondes durant lesquelles en fonction de la masse de gaz relâchée, les dégâts dus aux radiations importantes se propagent loin de la source et peuvent être considérables [14].

11.3. VCE

Un VCE (*Vapour Cloud Explosion*) est une explosion de gaz à l'air libre .Dans le cas d'un gaz inflammable, cette explosion produit des effets thermiques et des effets de pression.

Un VCE comprend généralement les étapes suivantes :

- Rejet dans l'atmosphère.
- Mélange avec l'oxygène de l'air pour former un volume inflammable.

- De manière concomitante, dilution et transport du nuage de gaz dont une partie du volume reste inflammable.
- Inflammation de ce nuage.
- Propagation d'un front de flamme des parties inflammables du nuage ; ce front de flamme, associé à l'expansion des gaz brûlés, agit à la manière d'un piston sur les gaz frais environnant et peut être à l'origine de la formation d'une onde de pression aérienne, appelée déflagration, si sa vitesse de propagation est suffisante.
- Enfin, le cas échéant, mélange avec l'air et combustion des parties du nuage qui étaient initialement trop riches en combustible pour être inflammables [15].

11.4. Feux chalumeau

Dans l'environnement industriel, les feux chalumeau appelés également feux torche peuvent survenir suite à des fuites accidentelles de fluides inflammables, ou à des évacuations intentionnelles de sous-produits par l'intermédiaire de torchères. Le système de torchère est très couramment utilisé dans l'industrie pétrolière pour évacuer sans danger d'importantes quantités de vapeurs inflammables superflues.

Les torchères sont en général des feux torche bien contrôlés par l'industriel et qui représentent donc que peu de dangers pour l'environnement. En revanche, les feux torche qui sont le résultat de l'inflammation de fuites accidentelles de gaz ou de liquide peuvent être très dévastateurs en milieu industriel. Les feux torche accidentels proviennent en général de fuites à un raccord ou à une vanne, de parois perforées ou de ruptures de canalisation. Ces fuites produisent des dards enflammés pouvant occasionner de graves avaries sur le reste de l'installation et donc conduire à la propagation de l'incendie ou bien provoquer de nouveaux accidents [14].

11.5. Feu flash

Le feu de flash, également appelé feu de nuage résulte de la combustion non explosive d'un nuage de gaz ou de vapeurs inflammables avec l'air en milieu non confiné. En général, la durée d'un tel feu ne dépasse pas la dizaine de secondes. Les effets d'un feu flash sont donc limités [14].

12. Barrière de sécurité

Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité. On distingue parfois :

- Les mesures (ou barrières) de prévention : mesures visant à éviter ou limiter la probabilité d'un événement indésirable, ces mesures se situent en amont de l'événement redouté central.
- Les mesures (ou barrières) de limitation : ces mesures se situent à l'aval de l'événement redouté central. Ces mesures visent à réduire la probabilité du phénomène dangereux en absence de mesures et à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux. On distingue parfois aussi les mesures (ou barrières) de protection : mesure visant à limiter les conséquences sur les cibles potentielles par diminution de la vulnérabilité. [13]

12.1. Rôle des barrières dans la réduction du risque

Il est important au cours de l'évaluation des fréquences d'occurrence des causes de bien identifier si la barrière (technique ou organisationnelle) associée à la cause n'a pas déjà été prise en compte dans la fréquence de la cause : si la barrière est déjà prise en compte, elle ne doit pas être prise en compte une deuxième fois en tant que barrière. Par exemple, si le risque de départ de feu est évalué en tenant compte de l'interdiction de fumer mise en place sur une zone donnée (retour d'expérience tenant compte de cette interdiction), on ne tiendra pas compte de l'interdiction de fumer en tant que barrière supplémentaire. [13]

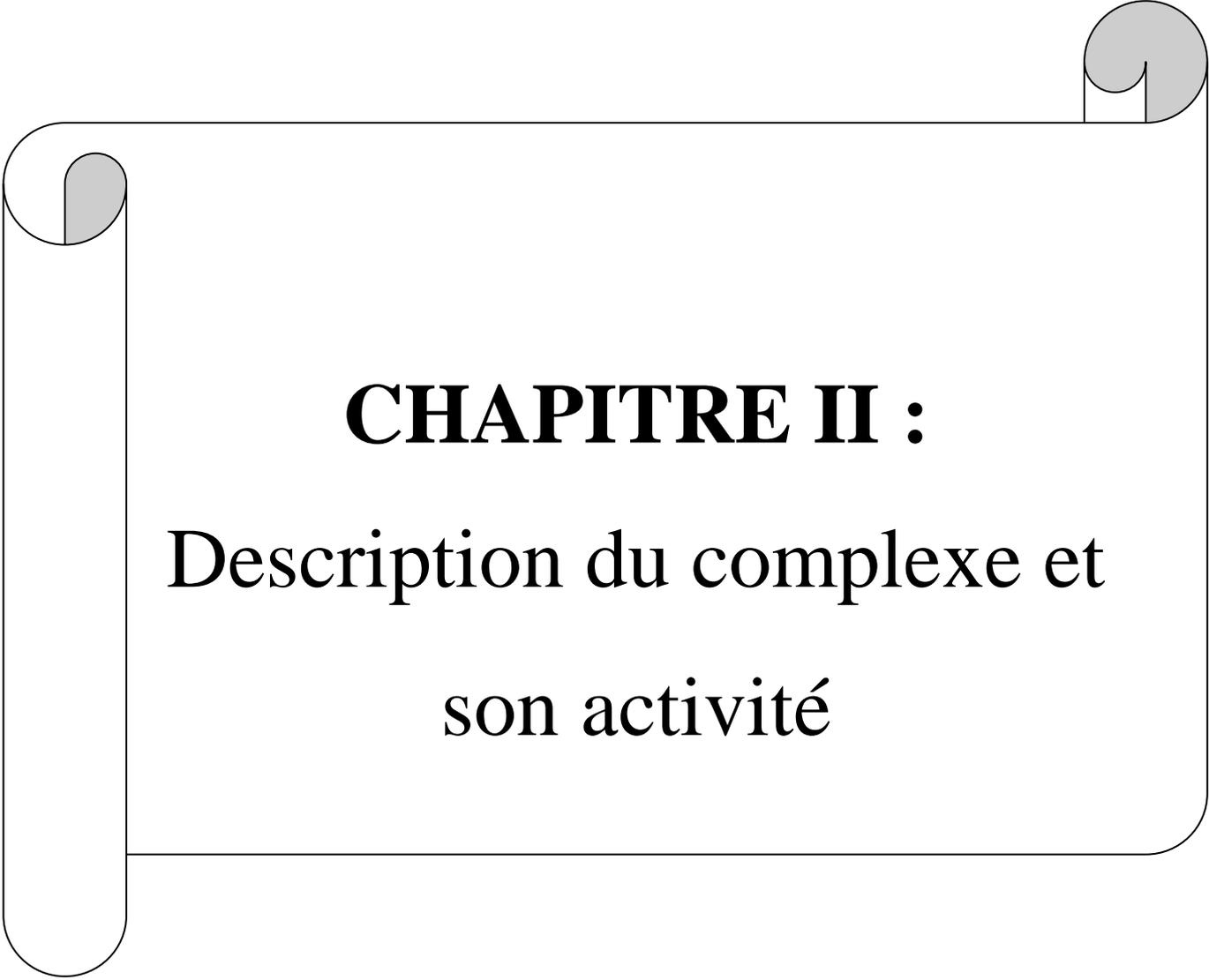
Conclusion

Indispensable, la gestion des risques identifie et traite les risques relatifs aux activités d'une organisation ou d'une entreprise afin de maîtriser l'ensemble des facteurs qui pourraient impacter de façon inacceptable les objectifs de cet organisme ou de l'entreprise et plus précisément l'homme, les biens ou l'environnement.

Dans un monde de l'entreprise en constante évolution, les risques éventuels à envisager n'ont fait que croître ces dernières décennies.

Donc, tout d'abord, il faut mettre à jour les concepts de base inhérents à la gestion des risques. Puis, suivant l'ordre logique de création d'un système, les démarches de gestion des risques de projet, de la maîtrise des risques industriels, et de la gestion financière des conséquences des risques sont expliquées et illustrées.

A fin d'expérimenter les méthodes présente dans ce chapitre, un système a risque sera présenté dans le chapitre suivant. complexe GP2Z Fera l'objet de cas d'étude.

A decorative scroll frame with a black outline and grey shaded scroll ends at the top-left and top-right corners. The text is centered within the frame.

CHAPITRE II :
Description du complexe et
son activité

1.1. Présentation du complexe GP2Z

Le complexe GP2Z est l'un des complexes de liquéfaction appartenant à l'activité LRP (Liquéfaction, Raffinage, Pétrochimie). La collaboration entre SONATRACH et CJB (Constructors John Brown) a mis le complexe GP2Z en activité le 17 mars 1973, dont l'activité été le traitement d'une capacité de 4 millions de tonnes par an d'un mélange GPL/condensat. Le complexe s'étend sur une superficie de 13,5 hectares sur la baie d'Arzew à environ 4 kilomètres de la ville, et à environ 40 kilomètres à l'est d'Oran.

Le complexe est limité par :

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

Est / Nord-est : la mer méditerranéenne.

Sud-est : Complexes pétrochimiques FERTALG et FERTIAL

Sud / sud-ouest : RTO

Ouest / Nord-ouest: terrain vague, la raffinerie RA1Z et le complexe CP1Z. [16]



Figure II-10 :Carte satellitaire de la situation du complexe GP2Z dans la zone industrielle

1.2. Historique du complexe

Depuis sa réalisation le complexe a vécu différents évènements marquant son historique à savoir :

En 1973 l'usine a été créée par la SONATRACH en collaboration avec la compagnie anglaise CJB (Constructor John Brown) pour une capacité de traitement de 4 millions de tonnes par an de mélange GPL/condensat.

En 1984, l'usine était mise en arrêt au mois de juillet, suite à la mise en service des unités de stabilisation des condensats au niveau des champs du sud.

Après 6 ans d'arrêt, le complexe redémarre au mois de novembre 1990 pour le traitement de 0,6 millions de tonnes par an de GPL uniquement après modification du procédé.

En 1993 un projet de développement du complexe a été lancé pour en arriver à une capacité de traitement de 1,2 millions de tonnes par an. La durée totale du projet était de 3ans, de 1993 à 1996. Suite aux incidents de l'année 2003, la sécurisation et la fiabilisation du complexe demeurait capitale. De ce fait le complexe a fait appel, en 2004, au prestataire IHI/ITOCHU pour l'audit et l'engineering du complexe afin de dégager des plans d'action pour en améliorer la sécurité et la fiabilité et d'en achever le développement à la capacité optimale soit 1,4 millions de tonnes par an. [16]

1.3. Description des infrastructures et installations

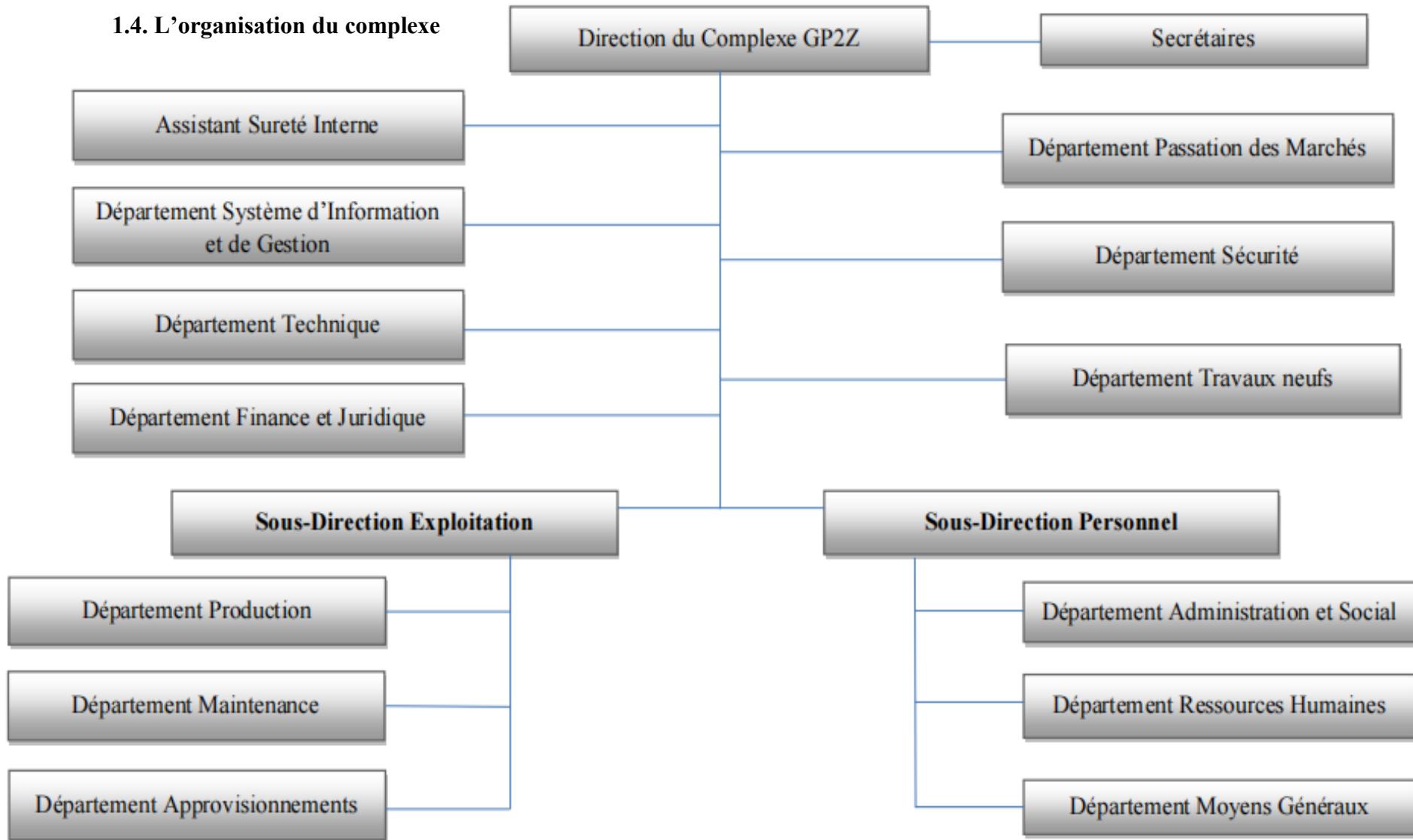
Le complexe sépare le GPL provenant des champs sud, pour obtenir du Butane et du Propane par une distillation sous pression. Ce procédé est assuré par deux trains semi modulaires comprenant :

- Une zone de stockage et de chargement de produits finis
- Une section déshydratation commune
- Une section séparation
- Une section réfrigération commune
- Une section d'huile chaude commune
- Une section d'air instrument commune
- Une zone BOG

Le contrôle et la surveillance du procédé sont assurés par une salle de contrôle DCS. En ce qui concerne les autres infrastructures on trouve :

- Le bloc administratif principal
- Bloc Technique, Travaux neufs, et ressources humaines
- Bloc Moyen généraux
- Atelier maintenance
- Salle de contrôle sécurité
- Atelier chaudronnerie
- Laboratoire
- CMT
- Réfectoire
- Les bureaux des différents services de sécurité, maintenance, production, etc. [16]

1.4. L'organisation du complexe



1.5. Description du procédé de fabrication

1.5.1. Sections de réception et stockage du GPL

Le GPL provient du terminal RTO/TRC jusqu'au complexe GP2Z par pipe de 16" de diamètre, à une pression d'environ 20 bars et à la température ambiante. Une vanne XV-6501 activée par le système ESD (Emergency Shut Down) est installée juste au niveau de l'arrivée du GPL pour assurer la sécurité du complexe. La charge d'alimentation de GPL peut contenir des impuretés (sable, poussières, corps étrangers ...). Deux filtres (440/6502A/B) sont installés pour enlever ces matières. Dans les conditions normales de fonctionnement l'un des deux filtres est en marche, tandis que l'autre est en arrêt. Le bouchage des éléments filtrant du filtre est détecté par l'indicateur de pression différentielle PDI-6501A/B pour avertir l'exploitant de la nécessité de nettoyage.

La permutation se fait manuellement par deux vannes manuelles, une en amont du filtre et l'autre en aval. Après l'élimination des corps étrangers lourds, le GPL est susceptible de contenir des gaz non condensables (hydrocarbures légers et gaz inertes). L'élimination de ces gaz se fait par le biais du dégazeur (410/6502) par phénomène de séparation par densité. Les gaz légers sont envoyés vers torche et le GPL continue son chemin pour rejoindre les sphères de stockage. L'élimination de ces gaz est importante tant pour mesurer correctement le débit que pour stabiliser la pression dans les sphères de stockage de GPL.

Le GPL filtré et dégazé, sera ensuite stocké dans deux sphères de 1220 m³ chacune (420/6105 A/G). Dans les conditions normales de fonctionnement, les deux sphères sont en service simultanément. Dans le cas des travaux d'entretiens, juste une sphère sera en service. La charge de GPL est envoyée à la section déshydratation par les pompes (425/6205 B/C/G). Deux pompes sont en service tandis qu'une sert de réserve. [16]

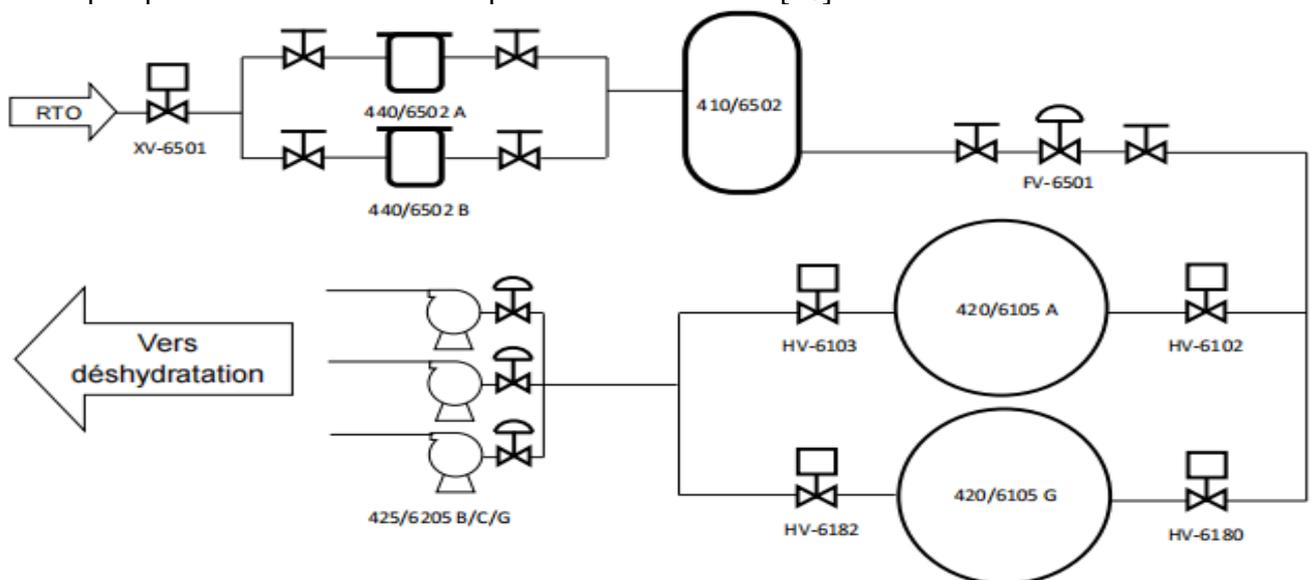


Figure II-11 : Schéma synoptique de la section réception et stockage de charge

1.5.2. La Section de déshydratation

1.5.2.1. Le but de l'opération

Cette opération unitaire très importante utilisée en générale dans les traitements des gaz en amont de la partie séparation et réfrigération est considérée comme un pré traitement afin d'éviter :

- Le Risque de solidification dans les procédés cryogéniques.
- Le Risque de corrosion des pipes (surtout en présence de gaz acide)
- Le Risque de formation des hydrates
- L'écoulement biphasique et augmentation de la perte de charge.
- La Diminution du pouvoir calorifique du gaz.[17]

1.5.2.2. Description du principe de fonctionnement de la section de déshydratation de la charge d'alimentation

L'unité est constituée des équipements suivants:

- un coalesceur 440/6203

Le principe de fonctionnement du coalesceur 440/6203 est comme suit : C'est un séparateur à 4 cartouches de fibres de 120'' chacun séparant les gouttelettes d'eau dont la taille est supérieure à 10 micromètres. Ces gouttelettes d'eau se joignent et se forment à plus grandes gouttelettes dans le filtre coalescent, et elles sont séparées par gravitation.

La séparation est généralement réalisée par les éléments filtrants à 3 étapes par émulsion à 2 phases immiscibles : (collection, coalescence et séparation par gravité). L'interface entre l'eau et GPL dans le pot de purge est contrôlée entre le niveau bas LSL702 et le haut niveau LSH703. L'eau séparée est évacuée du pot de purge du coalesceur de la charge au pot d'étanchéité 440/6220. Le débit de décharge est limité par RO701 pour empêcher l'excès de débit.

Le pot d'étanchéité sépare la vapeur dissoute dans l'eau pour dégager la vapeur à l'atmosphère à une hauteur suffisamment élevée, tandis que l'eau est drainée vers égout.[17]

- deux sécheurs 440/6202A/B

L'adsorbant utilisé pour le séchage est le tamis moléculaire UOP MOLSIV 4A (1/8"). La charge d'alimentation GPL issue du coalesceur passe dans le déshydrateur (sécheur) en cycle d'adsorption et elle s'écoule de haut vers le bas en traversant le lit de tamis moléculaire. A la sortie de ce dernier la teneur en eau dans la charge est inférieure à 1ppm en poids.

- deux filtres 440/6205 A/B

Après achèvement de l'opération de séchage, la charge GPL passe à travers les filtres 440/6205 A/B pour l'élimination des particules solides provenant du lit de tamis. Le

CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

bouchage des éléments filtrants est détecté par l'indicateur de pression différentielle PDI 704 pour informer l'exploitation de la nécessité de nettoyage.

L'analyseur d'humidité (MRE-700) dont les points de prélèvement sont situés en amont et en aval du coalesceur et en aval du filtre assure la surveillance sur la teneur d'eau dans la charge.

Les trois prélèvements sont sectionnés par commande manuelle. Si l'opération de la Section de déshydratation commence par la séquence d'adsorption, la teneur en eau dans la charge d'alimentation GPL et/ou le produit C3 doit être surveillée soigneusement pour éviter le problème de la formation de givrage et/ou d'hydrates dans le système de basse température.

La charge GPL déshydratée et filtrée est fournie à la section de séparation. La vanne d'arrêt à commande à distance XV 6201 qui est actionnée par le système ESD est installée avant la section de séparation afin d'isoler la section de déshydratation de la section de séparation.

1.5.2.3. Description de l'opération de régénération

La régénération du lit se fait par les étapes suivantes :

Drainage 180 min

Dépressurisation 5 min

Chauffage : 810 min

Refroidissement : 540 min

Pressurisation : 5 min

Remplissage : 120 min

Stand by 1100 min

En attente : 60 min

La description ci-dessous sur le cycle de régénération commence par:

A. Commutation de déshydrateurs (sécheurs)

Après que le déshydrateur (A par exemple) ait terminé 48 heures d'adsorption, le déshydrateur est commuté au cycle de régénération, le lit en attente (déshydrateur B) est le premier mise en ligne par l'ouverture de la XV708 et XV712 avant que le lit saturé du déshydrateur A soit retiré d'en ligne par fermeture de la XV705 & XV709.

B. Drainage

Le drainage du déshydrateur est démarré par l'ouverture des vannes XV-715 et HV-705. La charge d'alimentation de GPL est vidangée sous pression du gaz naturel (1,4 MPaG) introduit du sommet du déshydrateur. Le GPL est alors évacué du déshydrateur (sécheur-A) vers la sphère de stockage de la charge d'alimentation de GPL. Le temps de drainage est approximativement de 3 heures. L'étape de drainage est terminée quand LSL-715 détecte le bas niveau de liquide du déshydrateur A (sécheur-A) et que les vannes XV-715 et HV-705

sont fermées. Le temporisateur pour l'étape de drainage est réglé à 3 heures. Quand le temporisateur expire, alors la séquence de commande passe au mode manuel par l'inter-verrouillage. [17]

C. Dépressurisation

Après l'achèvement de drainage, le PIC-703 est activée, et le déshydrateur A (sécheur A) est dépressurisé à 1,0 MPaG. Le temporisateur pour l'étape de dépressurisation est réglé à 5 minutes. Quand le temporisateur expire, alors la séquence de commande passe au mode manuel par l'inter-verrouillage.[17]

D. Chauffage

Après l'achèvement de la dépressurisation, les vannes XV-701 et XV-713 sont ouvertes pour introduire le gaz chaud de régénération dans le lit de tamis moléculaire.

Le PIC-721B monté sur la ligne d'entrée du réchauffeur de gaz de régénération est activé, et contrôle la pression à 1,0 MPaG.

Le TIC 721 est activé, et contrôle la température de gaz de régénération en injectant le gaz ambiant combustible dans le gaz chaud de régénération par le réchauffeur de gaz de régénération. La température à l'entrée du lit de tamis moléculaire est 280°C.

Le FIC-701, monté sur la ligne de sortie du ballon séparateur de gaz de régénération, augmente graduellement le débit de régénération à 1300 kg/h.

Le refroidisseur à air de gaz de régénération 405/6229 doit être démarré lorsque la température de gaz de régénération à la sortie du lit de tamis moléculaire (TI-701) va au dessus de 50°C.

Le gaz chaud de régénération qui traverse le lit de tamis moléculaire et qui monte vers le haut, se vaporise et enlève l'eau adsorbée dans le lit. Les indicateurs de température TI-704 à 706 dans le lit de tamis moléculaire surveillent le déroulement de l'étape de chauffage.

Le refroidisseur à air de gaz de régénération (405/6229) refroidit le gaz chaud de régénération venant du lit de tamis moléculaire, et condense l'eau enlevée. Le ballon séparateur de gaz de régénération (410/6214) sépare l'eau et le gaz. Et le gaz est alimenté au système de gaz combustible pour utiliser comme carburant pour le four d'huile chaude (401/6201C/D).

L'eau séparée est vidangée vers le pot d'étanchéité (440/6220) du ballon séparateur de gaz de régénération par les contacts de niveau LSL-708 et LSH-709, et le débit de décharge d'eau est limité par RO-704 pour empêcher le débit excessif. Le pot d'étanchéité (440/6220) sépare la vapeur dissoute d'hydrocarbure pour la dégager à l'atmosphère au point assez élevé pour la sécurité, tandis que l'eau est évacuée à l'égout ouvert.

CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

Le temps de chauffage est approximativement 13.5 heures. L'étape de régénération est terminée quand le TI-701 monté au sommet du lit de tamis moléculaire détecte sa température régénérée. La température régénérée du tamis moléculaire (UOP Molsiv 4A (1/16")) est comme suit :

218°C pour 100% achevé

180°C pour 90% achevé

La température régénérée est actuellement réglée à 200°C.

Le temporisateur pour l'étape de chauffage est réglé à 13.5 heures. Quand le temporisateur expire, la séquence de commande passe au mode manuel par l'inter verrouillage.[17]

E. Refroidissement

Pour démarrer l'étape de refroidissement la vanne du réchauffeur de gaz de régénération (PV 721B) est fermée, et la vanne du gaz ambiant combustible (TV-721A) est ouverte.

Actuellement le contrôleur de TV-721A est commuté de TIC-721 à PI0721A pour contrôler la pression de gaz de régénération.

Le temps de refroidissement est actuellement de 9 heures. L'étape de régénération est terminée quand le TI-701 monté au sommet du lit de tamis moléculaire détecte la température suffisamment refroidie (40°C). Puis les vannes XV-701 et XV-713 sont fermées pour isoler la section du système de gaz de régénération. A ce moment, le refroidisseur à air de gaz de régénération est arrêté par l'opérateur. Quand le temporisateur expire, la séquence de commande passe au mode manuel par l'inter verrouillage. [17]

F. Pressurisation et remplissage

Pour démarrer l'étape de pressurisation et remplissage, XV-721 est ouverte pour introduire le GPL séché au lit de tamis moléculaire. Le contrôleur de pression PIC'703 est activé pendant ce cycle et la PV-703 dégage la pression au système de torchage HP quand la pression monte approximativement à la pression d'absorption (2,4 MPaG).

Le temps de pressurisation et remplissage est approximativement 2 heures. L'étape de remplissage est terminée quand le LSH-716 détecte le haut niveau de liquide du déshydrateurA (sécheur-A) et que la vanne de remplissage XV-721 est fermée.

Le temporisateur pour l'étape de pressurisation et remplissage est réglé à 2 heures. Quand le temporisateur expire, la séquence de commande passe au mode manuel par l'inter verrouillage. [17]

G. Etaped'attente (stand by)

Après l'achèvement de l'étape de remplissage, le lit de tamis moléculaire se met en attente (stand-by) pendant approximativement 18h heures avant de commencer le prochain cycle d'adsorption

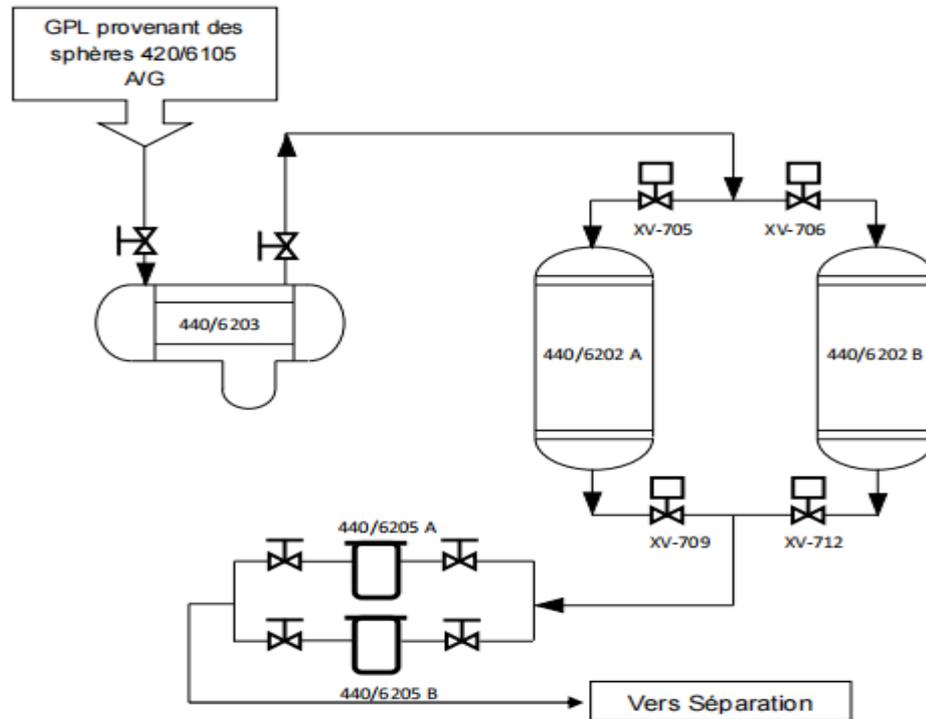


Figure II-12: Schéma synoptique de la section déshydratation

1.5.3. La Section séparation

La section séparation est composée de deux train, dont chacun d'eux est composé de :

- Colonne de séparation (407/6201)
- Préchauffeur (405/6201)
- Rebouilleur (405/6224)
- Les aérocondenseurs (405/6202)
- Ballon de reflux (410/6201)
- Les pompes de reflux (425/6202)

Cette section traite actuellement environs 18.500 kilogrammes par heure par chaque train. Dans les colonnes, la charge d'alimentation est séparée en deux produits ; butane comme produit de fond et propane comme produit de tête. Ces colonnes disposent de 46 plateaux de fractionnement.

La qualité des produits requise est :

- Butane : teneur en propane inférieure à 5% molaire
- Propane : teneur en butane inférieure à 1% molaire

CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

Vu que les deux trains A et B sont conçus à la même configuration nous allons décrire le fonctionnement d'un seul train.

La charge de GPL sortant de la section déshydratation est acheminée par canalisation (pipe) de 8 pouces de diamètre, jusqu'à la section séparation, pour être introduite dans le préchauffeur de GPL qui chauffe le GPL avant de passer à la colonne par un pipe de 10 pouces de diamètre. Le préchauffeur récupère la chaleur du produit de fond de la colonne. La température de la charge d'alimentation en GPL est contrôlée par le contrôleur indicateur de température TIC6213. La consigne de ce dernier est réglée à 50°C afin de maintenir la température constante de la charge de GPL.

Pour le bon fonctionnement de l'opération de séparation, deux paramètres doivent être crucialement contrôlés et bien réglés, à savoir la température et la pression. La colonne est conçue à une pression fixe de 19 bars. La pression de tête est maintenue en réglant le débit de vapeur sortante de la tête de colonne vers l'aéroréfrigérant et par son by-pass avec le PIC 6247 (contrôleur indicateur de pression) et par l'arrêt/marche des aéroréfrigérant. La température du plateau 32 contrôlée par le TIC-6209, est choisie pour contrôler le débit d'huile chaude du rebouilleur. L'huile chaude est fournie au rebouilleur à 190°C. La charge du rebouilleur est contrôlée par le débit d'huile chaude (l'instrument qui contrôle le débit d'huile est le FIC-6219) dont le point de consigne varie selon le contrôleur de température du plateau-32 (TIC-6209).

Le produit butane issu du bas de colonne, entre dans le rebouilleur par le biais d'un pipe calorifugé de 14 pouces de diamètre, où il est chauffé, puis une partie est réintroduite dans la colonne par un pipe calorifugé de 18 pouces de diamètre, tandis que l'autre partie est envoyée au préchauffeur par pipe de 8 pouces de diamètre comme une source de chaleur pour préchauffer la charge de GPL, puis il continue vers le sous-refroidisseur.

La vapeur de tête de colonne acheminée par un pipe de 12 pouces de diamètre, est condensée par l'aéroréfrigérant, et le liquide condensé s'écoule dans le ballon de reflux. Le liquide condensé est légèrement sous-refroidi pour assurer que toute la vapeur est condensée. Certain produit propane dans le ballon de reflux est envoyé au sous refroidisseur à l'air du propane par la FV-6226 contrôlée par le régulateur de niveau du ballon de reflux LIC-6226.

D'autres sont envoyés à travers une ligne de 6 pouces de diamètre jusqu'à la tête de colonne par les pompes de reflux. Vu l'écart existant entre les températures d'évaporation des deux produits (propane, butane) la quantité de propane envoyée en tête de colonne sert à condenser les fractions évaporées de butane, pour les séparer du propane, ainsi que le butane introduit

CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

dans la colonne après son passage par le rebouilleur, sert à évaporer les parties condensées du propane. Ainsi nous nous assurons d'obtenir des produits de la qualité requise.

Comme nous le savons, durant la phase d'exploitation des dérives et des problèmes peuvent survenir, de ce fait un système d'urgence est prévu, qui consiste en une ligne vide vite avec une valve d'arrêt de commande à distance. En cas d'urgence les valves d'arrêts (XV-6211 pour la colonne et XV6212 pour le ballon de reflux) sont ouvertes par l'opérateur et le liquide est évacué vers le ballon séparateur de torche. En fin de cette étape, les produits propane, issus des deux colonnes, se joignent en amont du refroidisseur à l'air, où il sera refroidi à environ 40°C avant d'être envoyé à la section réfrigération par une ligne de 6 pouces de diamètre. De la même façon le produit butane, issu des deux colonnes, se joint en amont du refroidisseur à l'air, où il sera refroidi à environ 40°C, avant d'être acheminé à la section réfrigération par une ligne de 6 pouces de diamètre. Ainsi, une autre partie de butane, est acheminée directement de l'aérocondenseur 405/6214 vers les deux sphères de stockage du butane ambiant (420/6105 E/F) par une ligne de 6 pouces de diamètre.[16]

1.5.4. La section réfrigération

Les produits issus de la section séparation (Propane et butane) quittent les aérocondenseurs 405/6213 et 405/6214, pour rejoindre la section de réfrigération, où ils seront refroidis pour être stockés par la suite.

Cette section se compose de deux circuits, à savoir circuit de produits commercial et circuit de produit réfrigérant. Les installations de ces deux circuits sont : - Schiller pour propane (405/6205, 405/6206, 405/6207)

- Schiller pour butane (405/6210, 405/6212)
- Ballon de propane pur réfrigérant (410/6217)
- Ballons d'aspirations HP (410/6230), MP (410/6205), BP (410/6219) - Ballon Quench (410/6218 A/B/C)
- Compresseurs (430/6201 A/B/C)
- Turbine à gaz (430/6203 A/B/C)
- Aérocondenseur de propane pur réfrigérant (405/6209 A/B).
- Un réseau de canalisation. [18]

1.5.4.1. Circuit Propane commercial

Le produit propane, est acheminé de la section séparation vers la section réfrigération par une ligne de 6 pouces de diamètre, puis sa section est augmentée à 10 pouces à l'entrée du Schiller 405/6205. Le produit est introduit dans le Schiller 405/6205 coté faisceaux, à une température d'environ 40°C, où elle va être réduite à environ 15°C. A la sortie, la section

CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

est réduite à nouveau à 6 pouces. Le produit est ensuite envoyé vers la section de déshydratation de garde.

Dans la déshydratation de garde le propane commercial est séché dans les sécheurs (460/6201A/B), et la teneur en eau doit être inférieure à 1PPM, pour éviter la formation des hydrates par la suite, vu que les températures vont être encore baissées. Le propane commercial quitte la déshydratation de garde après le passage par les filtres (440/6203 A/B), et rejoint le Schiller 405/6206 où le produit est refroidi à environ -14°C , pour passer par la suite dans le Schiller 405/6207 où sa température est réduite jusqu'à -37°C . À la sortie le produit est dépressurisé dans le ballon 410/6106 pour atteindre sa température de saturation qui avoisine les -45°C . [18]

1.5.4.2. Circuit Butane commercial

De la même façon que le propane, le butane commercial est acheminé des aérocondenseurs 405/6214 par une ligne de 6 pouces de diamètre vers la section réfrigération. Le produit est introduit dans le Schiller 405/6210 côté faisceaux à une température avoisinant les 40°C , sachant que cette température varie selon la température ambiante, puis il sort à une température d'environ 14°C . Le butane commercial, contrairement au propane commercial, ne passe pas par la déshydratation de garde, mais il passe directement vers le Schiller 405/6212 où il est refroidi à environ -11°C . À la sortie le produit est dépressurisé à 4 bars, et envoyé au bac de stockage 420/6105. [18]

1.5.4.3. Circuit propane pur réfrigérant

Le refroidissement des produits commerciaux (Propane / Butane) est assuré par le propane pur. Ce dernier est stocké dans le ballon 410/6217 à une pression de 16 bar et une température avoisinant les 40°C . Le propane pur alimente le côté calandre des deux Schiller 405/6205 et 405/6210 par les vannes de niveau LV-6234 et LV6235. En aval des deux LV, le propane pur subit une détente amenant sa pression à environ 6 bars et sa température à 12°C . À la fin de cette première phase, les vapeurs produites sont acheminées vers le Ballon d'aspiration HP410/6230, et le liquide est acheminé pour alimenter les Schiller du deuxième stade, à savoir les Schiller 405/6206 et 405/6212. Les LV-6236 et LV-6237 assurent la détente du propane avant son introduction dans les Schiller à une pression d'environ 1,8 bar et une température de -16°C . La partie liquide du propane dans le ballon d'aspiration HP410/6230 sert à alimenter les Schiller 405/6206 et 405/6212 par des lignes de 2 pouces de diamètre.

À la fin de cette phase, les vapeurs du propane réfrigérant sont envoyées vers le ballon d'aspiration MP410/6205, et le Schiller 405/6206 alimente le Schiller 405/6207. La LV-6238

CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

assure la détente du propane réfrigérant à une pression de 0,5 bar et une température de -40°C avant son introduction dans le Schiller 405/6207. Dans cette phase il n'y a que le propane, le butane termine son cycle au niveau de la deuxième phase. Les vapeurs du propane réfrigérant sont acheminées vers le ballon d'aspiration basse pression 405/6219. A. La Compression des vapeurs. Les vapeurs sont recyclées par le biais des turbocompresseurs, dont chacun d'eux est composé d'une turbine à gaz et d'un compresseur multi-étage (Dresser).

Chaque compresseur possède trois étages d'admission HP, MP et BP. Les vapeurs proviennent des ballons d'aspiration. Les vapeurs de l'étage BP sont comprimées puis mélangées aux vapeurs d'admission de l'étage MP, le mélange est comprimé puis mélangé aux vapeurs de l'étage HP. A la fin les vapeurs sont refoulées à une pression d'environ 16 bars, puis condensées dans l'aérocondenseur 405/6209 A/B puis renvoyées vers le ballon 410/6217. Ces compresseurs, peuvent faire face à un problème de pompage, de ce fait chacun des compresseurs est muni d'un système d'anti-pompage.[18]

B. Système anti-pompage

Au niveau des refoulements de chaque compresseur, il existe un piquage vers les ballons quench (410/6218A/B/C). A l'entrée de chaque ballon quench, la pression est contrôlée et maintenue respectivement par les contrôleurs indicateurs de pression PIC-6247 A/B/C entre 6 à 7 bars. Le propane pur provenant du ballon 410/6217 est injecté dans les ballons via les vannes de contrôle de température TV-6247 A/B/C reliées aux contrôleurs indicateurs de température TIC-6247 A/B/C, permettant le contrôle du débit de propane pur injecté. Au niveau de chaque ligne d'aspiration HP, MP et BP des trois compresseurs (430/6201A/B/C), des transmetteurs de débit sont installés (FT101/102/103), (FT201/202/203), (FT301/302/303) transmettant un signal aux Indicateurs contrôleurs de débit (FIC101/102/103), (FIC201/202/203), (FIC301/302/303) contrôlant les vannes de débit (FV101/102/103), (FV201/202/203) et (FV301/302/303) reliées au ballon quench 410/6218A/B/C pour compenser le manque de débit des vapeurs de propane réfrigérant provenant des ballons d'aspiration 410/6230, 410/6205, 410/621.[18]

1.5.5. Le stockage

Les produits Butane et Propane seront stockés dans des bacs de stockage réfrigéré d'une capacité de 70.000 m^3 chacun, pour être commercialisés par la suite. Une partie du Butane est stocké directement après la phase de séparation dans deux sphères de stockage (420/6105 E/F) sous pression pour être livré par la suite à NAFTAL. Lors du stockage les gaz émettent des vapeurs, surtout le propane vu qu'il est stocké à -45°C , de ce fait une section BOG (BoilOfGas) assure la récupération et la liquéfaction de ces vapeurs (voir chapitre 3). [16]

1.6. Les caractéristiques du GPL

Le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) est un mélange de gaz constitué essentiellement de propane et de butane en des proportions différentes selon la nature des gisements. La composition moyenne en général des GPL algériens se situe autour de 60% de propane et 40% de butane, bien sur en incluant les traces de méthane, d'éthane et d'autre gaz, ainsi que de l'eau. Les GPL sont gazeux aux conditions normales de température et de pression. La liquéfaction des GPL permet de réduire l'espace qu'ils occupent (1m³ de GPL liquide occupe un volume de 225m³ à l'état gazeux dans les conditions normales). [16]

Tableau II-9: Caractéristiques physico-chimiques du GPL

| Paramètre | Butane commercial | Propane commercial |
|--|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Formule chimique | C ₄ H ₁₀ | C ₃ H ₈ |
| Masse volumique - A l'état liquide - A l'état gazeux | 0,585 kg/l 2,44 kg/m ³ | 0,515 kg/l 1,87 kg/m ³ |
| Température d'ébullition | 0 °C | - 44°C |
| Points critiques - Température - Pression | 152°C 37 bar | 97°C 41,5 bar |
| Pression de vapeur - A 15°C - A 50 °C | 1,5 bar 4,7 bar | 7 bar 17 bar |
| Limite d'inflammabilité | 1,8 à 9 % | 2,2 à 10% |
| Température d'auto inflammation | 525 °C | 535 °C |
| Température de flamme | 1960 °C | 1970 °C |

CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

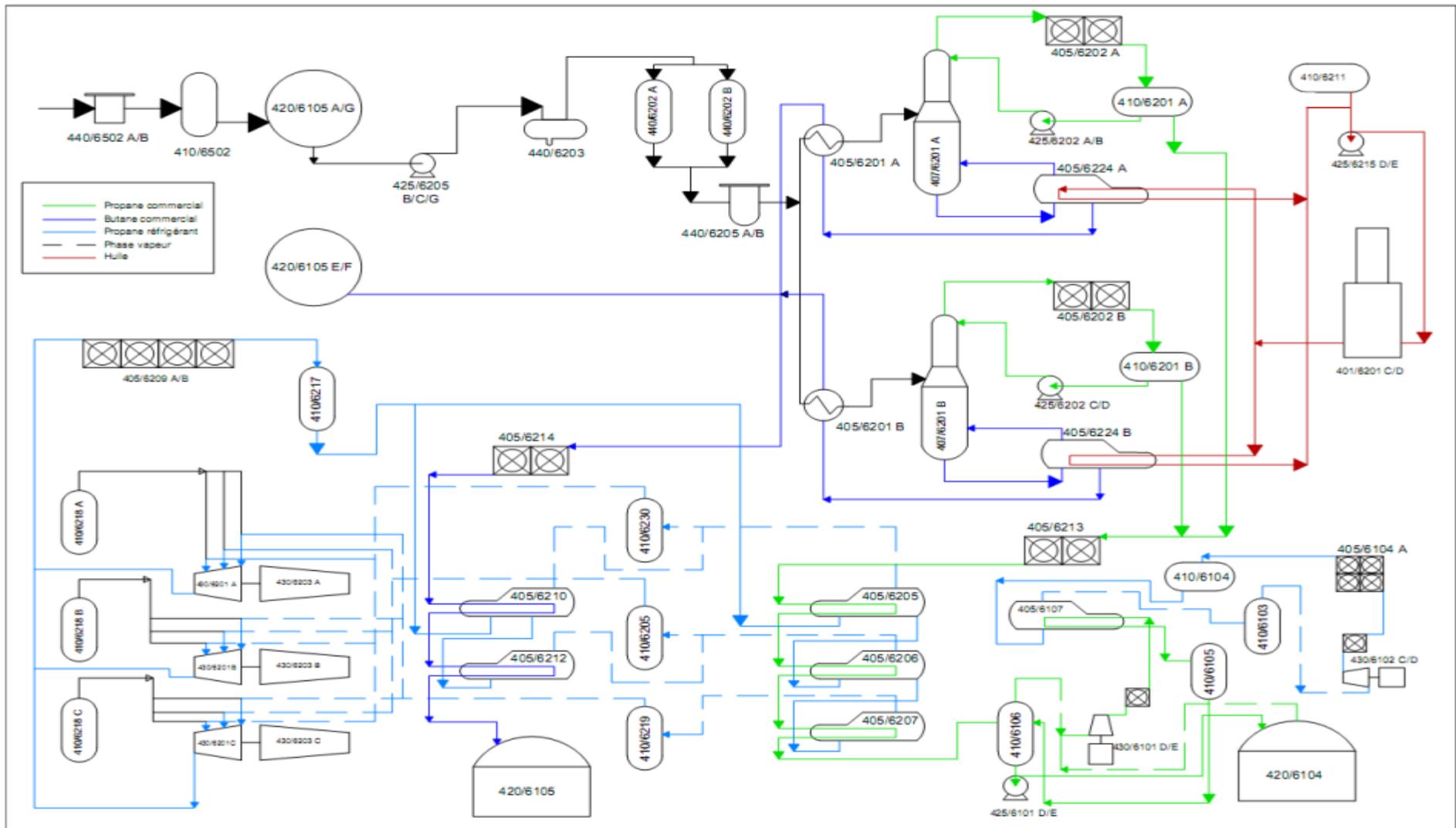
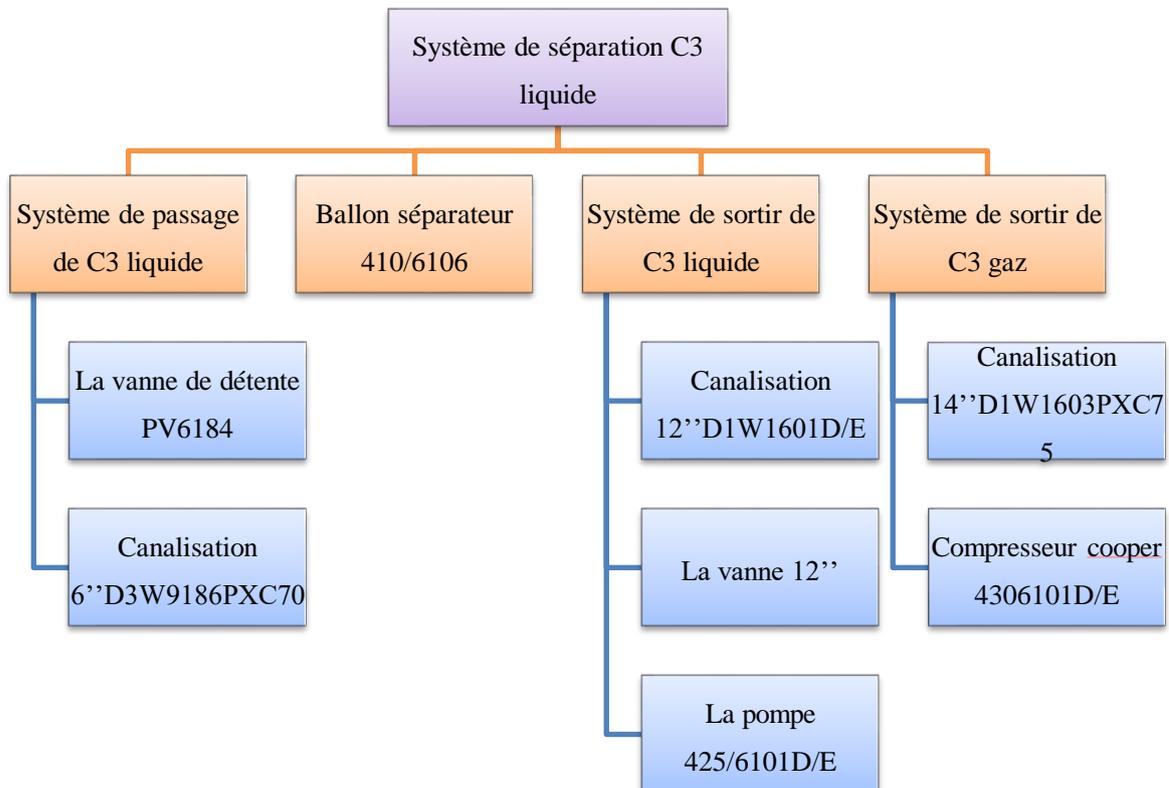
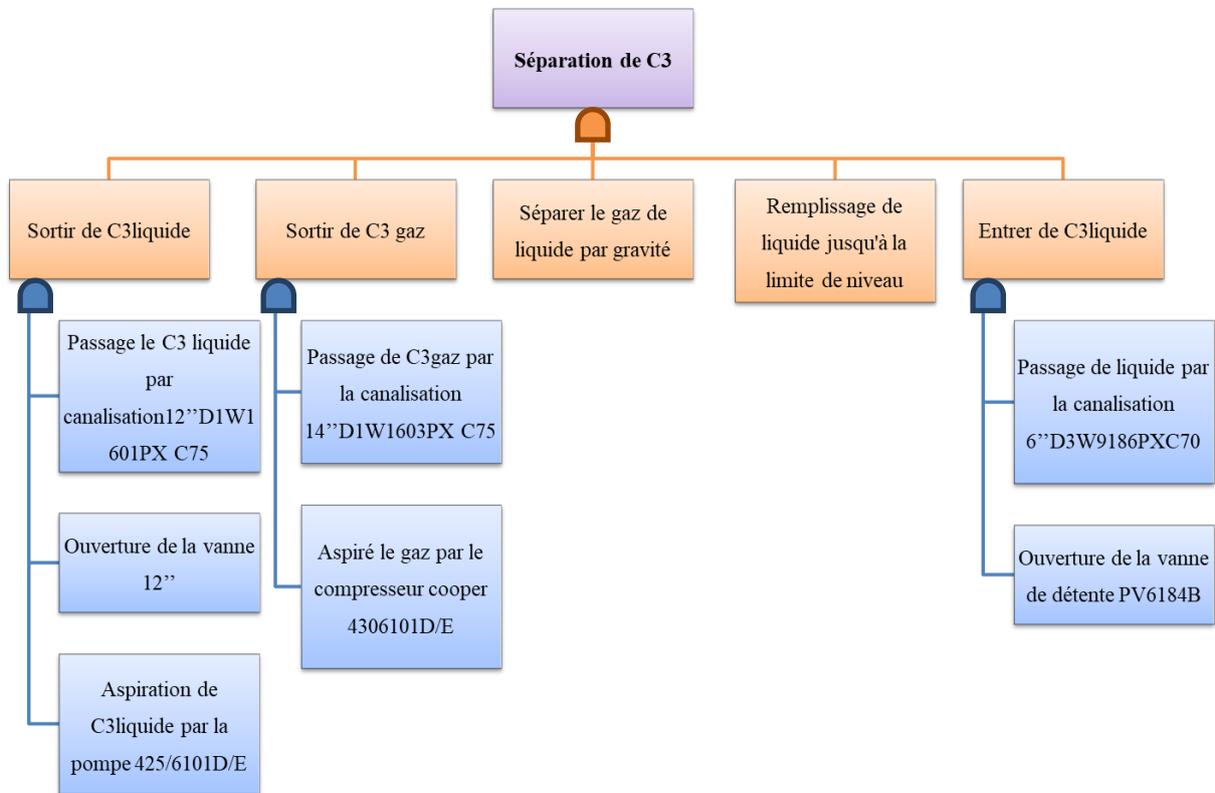


Figure II-13 : Schéma synoptique du procédé de production du complexe GP2Z

CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

2. Analyse fonctionnelle et structurale

Pour conclure sur le fonctionnement de l'unité.... Nous présentons l'analyse fonctionnelle suivante... (une petite description)

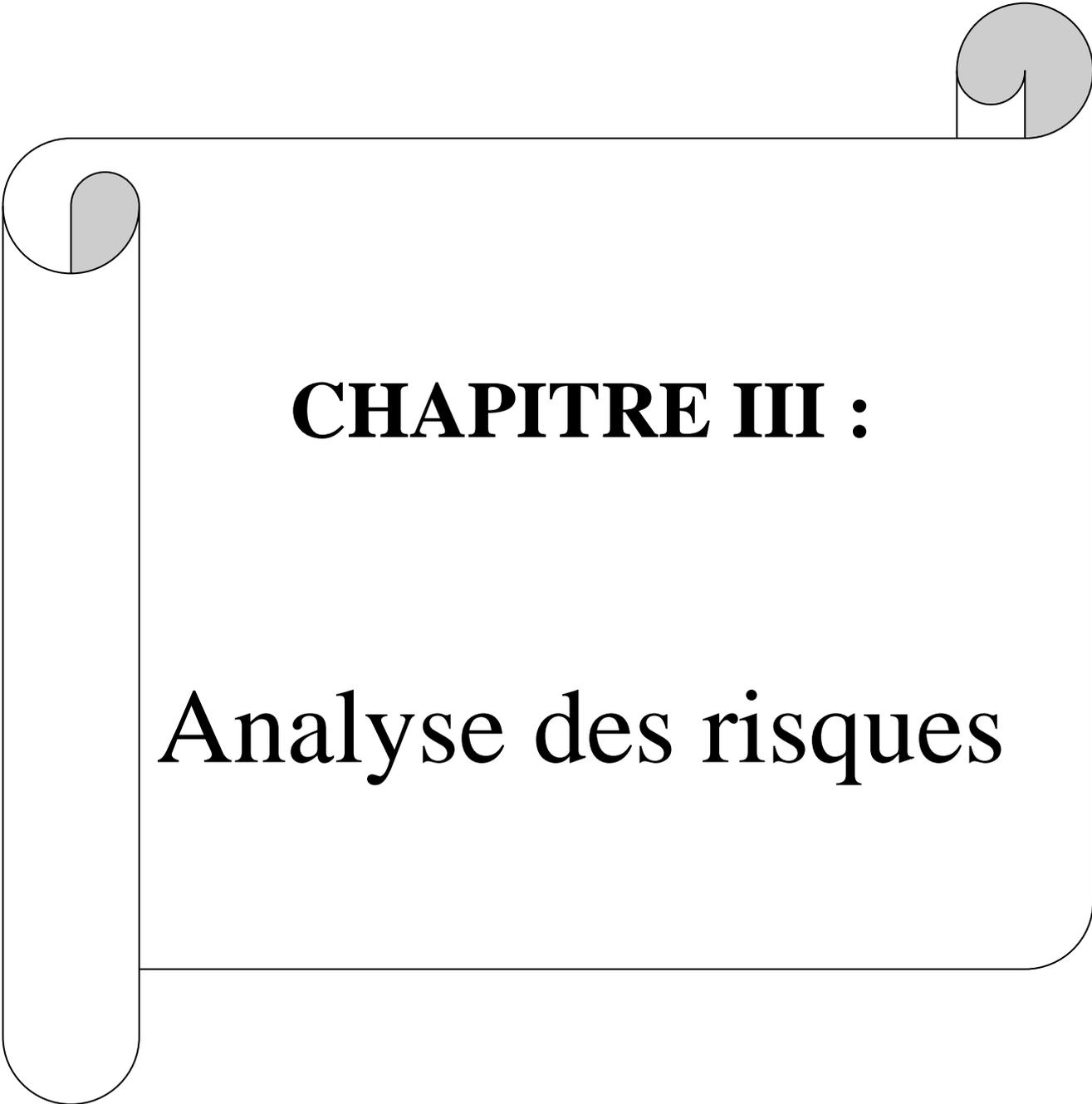


CHAPITRE II : Description du complexe et son activité

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présente le complexe GP2Z ou nous avons effectue notre stage et ou le cas d'étude a été sélectionne

Dans le chapitre suivant, nous sélectionnerons la section qui fera l'objet de l'étude de l'analyse des risques

A decorative graphic of a scroll with a black outline and rounded corners. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The unrolled portion is shaded in light gray. The text is centered on the white surface of the scroll.

CHAPITRE III :

Analyse des risques

Introduction :

L'une des conditions fondamentales de la sûreté d'une installation est que les composants puissent supporter les conditions de fonctionnement spécifiées de façon à assurer le confinement des produits dangereux utilisés. Ainsi l'examen approfondi des modes opératoires permet de déterminer les conséquences que pourraient avoir des déviations par rapport aux conditions normales de fonctionnement. L'analyse de l'accidentologie issue des bases de données ARIA (Analyse, Recherche et Information sur les Accidents) et le CSB (Chemical Safety Board), indique qu'environ 33% des accidents sont dus à des défauts matériels, correspondant à un fonctionnement inhabituel d'un équipement (rupture, panne, etc.), et environ 11% d'accidents sont dus aux pertes de contrôle de procédés.

Dans le présent chapitre, nous nous sommes intéressés à l'analyse et l'évaluation des risques des différents équipements et installations de la section BOG Propane. Pour se faire, nous avons appliqué la méthode HAZOP pour les équipements statiques, outre pour calculer la probabilité de défaillance des équipements nous avons utilisé la méthodes de l'arbre de défaillance et la méthode de réseau bayésien afin de déceler les différents problèmes pouvant survenir sur leurs composants.

Le propane commercial est un produit réfrigéré, stocké à une température très basse qui avoisine les -45°C . Toutefois lors du stockage, les mouvements du produits dans le bac de stockage créent une évaporation d'où élévation de pression. A des fins économiques et sécuritaires ces vapeurs sont récupérées, compressées, et liquéfiées à nouveau dans la section BOG.

1. Description du système étudié BOG :

1. 1. Circuit propane commerciale :

Le propane commercial est envoyé de la section réfrigération, par le biais de la ligne 6"D3W9186 PX C70, en passant par la vanne PV6184 contrôlée par le PIC 6184, au ballon Flash 410/6106 à une pression de 0,4 bar approximativement. La détente du propane va lui permettre de se refroidir à une température de -45°C . Dans ce ballon le produits liquide est aspiré par les pompes 425/6101 D/E et envoyé vers le bac de stockage 420/6104, et la phase vapeur est combinée avec les vapeurs provenant du BAC par la ligne 14"D1W 9326 PX C75. Ces vapeurs seront aspirées par les compresseurs COOPER 430/6101 D/E à une pression de 0,4 bar et une température de $-44,7^{\circ}\text{C}$ et un débit de 15 Kg/h. Ces vapeurs seront comprimées dans les deux compresseurs et refoulées vers l'échangeur (Schiller) 405/6107 à une pression de 7 bars et une température de 60°C en passant par les aérocondenseurs 405/6101 D/E, sachant que 5,18Kg/h sont renvoyées vers le ballon 410/6106 comme recyclage. Au niveau de l'échangeur 405/6107 le transfert thermique se fait entre le Propane réfrigérant, provenant du

CHAPITRE III :Analyse des risques

ballon 410/6104, qui passe dans le coté calandre à une température de $-27,3^{\circ}\text{C}$, et le Propane commerciale qui passe par le coté faisceaux (tube). Le propane commerciale refroidi jusqu'à -24°C sera envoyé au ballon tampon du propane BOG 410/6105. En design le propane BOG liquide doit passer par la colonne de dé-éthanisation, toute fois cette dernière est à l'arrêt, donc le produits propane BOG liquide passe directement vers le ballon flash 410/6106 pour être envoyé par la suite vers le bac de stockage.[22]

2. Circuit propane réfrigérant :

Le propane réfrigérant stocké dans le ballon 410/6104 est acheminé vers le coté calandre de L'échangeur 405/6107 ou sa pression est de 0,9 bar et sa température est de $-27,3^{\circ}\text{C}$. Les Vapeurs générées par le phénomène de transfert de chaleur au niveau de l'échangeur sont Dirigées vers le ballon d'aspiration 410/6103 à une pression de 0,9 bar et une température de $-26,9^{\circ}\text{C}$. A partir de ce ballon (410/6103) les vapeurs sont aspirées par les compresseurs HOWDEN 430/6102 C/D ou elles seront compressées et refoulées à une pression de 16 bars et une température de 65°C , pour être ensuite liquéfiées dans les aérocondenseurs 405/6104 A et récupérées dans le ballon 410/6104 à une pression de 16 bars et une température de 42°C .[22]



Figure III-14: BOG de c3 commerciale

CHAPITRE III :Analyse des risques

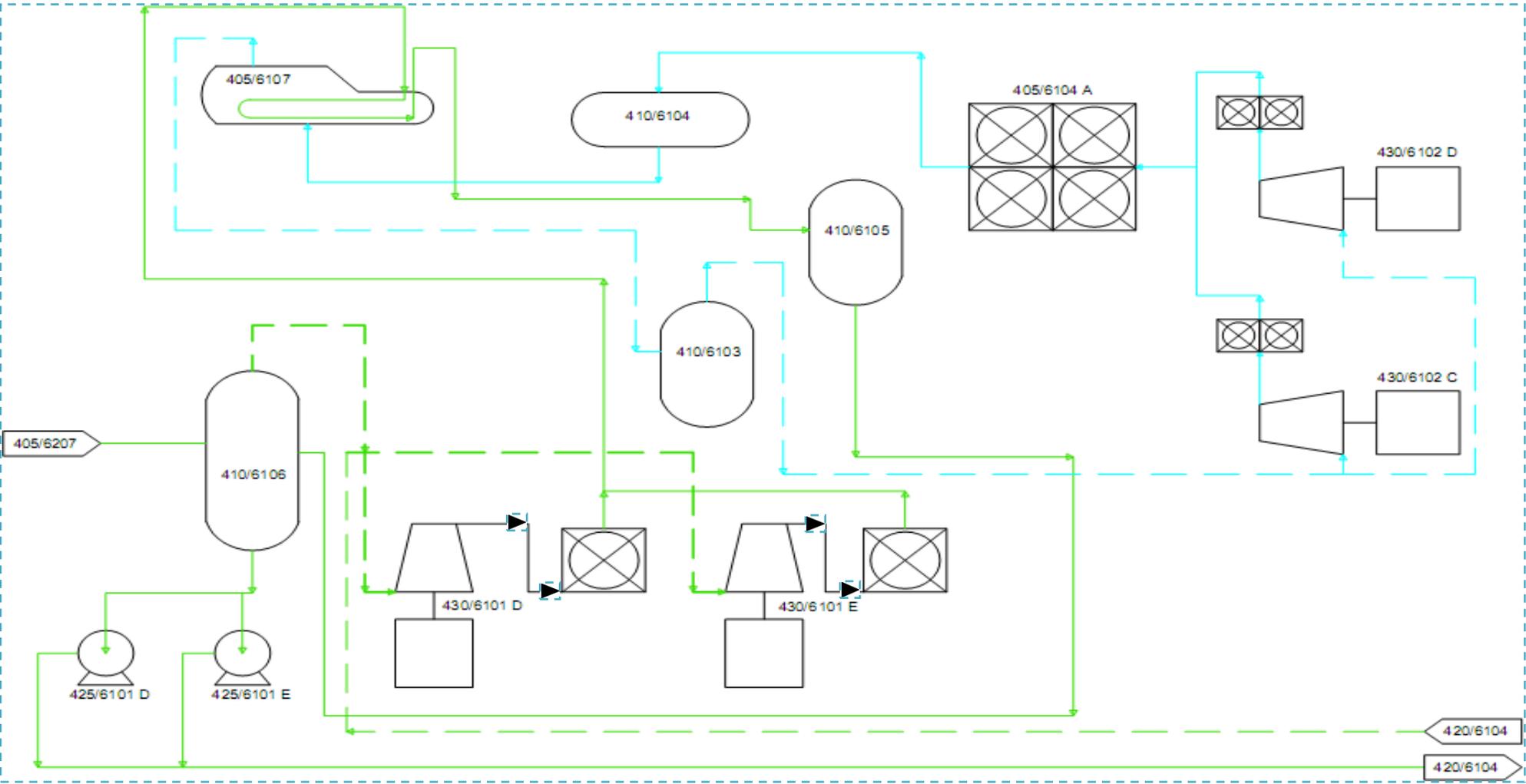


Figure III-15 : Schéma synoptique du procédé de la section BOG

3. Description Des Installations De La Section Bog Propane :

3.1 Ballon de détente du propane 410/6106 :

Le ballon 410/6106 est un réservoir vertical sous forme cylindrique avec un fond et un toi convexe, de sept (7) mètres de hauteur environs, de trois (3) mètres de diamètre et de huit (8) millimètre d'épaisseur, et il est fixé sur une jupe de quatre (4) mètres environs, destiné à la réception du propane provenant de la section réfrigération. Le ballon est conçu en acier au carbone ASME SA 516 grade60 dont la composition chimique est la suivante [23]



Figure III-16 : Ballon den détente du propane 06

Tableau III-10 : Composition chimique de l'acier au carbone ASMESA516 grade 60[23]

| C | Si | Mn | P | S | Cr | Ni | Cu | Mo | Ti | Al |
|-------|------|------------|--------|--------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 0.18% | 0.4% | 0.95/1.5 % | 0.015% | 0.008% | 0.3% | 0.3% | 0.3% | 0.08% | 0.03% | 0.02% |

Selon cette composition, l'acier au carbone ASME SA516 Gr 60 est utilisé pour la fabrication des équipements à pression de gaz et de vapeur destinés à être utilisés sous des températures basses.

Tableau III-11 : Les caractéristiquestechniquesduballon410/6106[23]

| Paramètre | Valeur | Unité |
|---------------------------|-----------|----------------|
| Pression | | |
| Service | 0.004 | MPaG |
| Design | 0.18 | MPaG |
| Température | | |
| Service | -43.8 | °C |
| Design | -45.5 /38 | °C |
| Dimension | | |
| Hauteur | 7 | M |
| Diamètre | 3 | M |
| Epaisseur | 8 | Mm |
| Surépaisseur de corrosion | 1.6 | Mm |
| Volume | 57 | m ³ |
| Poids | | |
| Avide | 9000 | Kg |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | |
|-------------|-------|----|
| En service | 31000 | Kg |
| Plein d'eau | 75000 | Kg |

3.2 Ballon tampon 410/6105 :

Le ballon 410/6105 est un réservoir vertical sous forme cylindrique avec un fond et un toit convexe, de trois (3) mètres de hauteur environs, de deux (2) mètres de diamètre et de vingt et un (21) millimètre d'épaisseur, et il est fixé sur une jupe de trois mètres et demis (3.5) environs destiné à la réception du propane BOG issu de l'échangeur thermique 405/6107. Le ballon est conçu en acier au carbone ASME SA516 grade60. [24]



Figure III-17 : Ballon tampon 410/6105

Tableau III-12 : Les caractéristiques techniques du ballon 410/6105

| Paramètre | Valeur | Unité |
|----------------------------|---------|----------------|
| Pression | | |
| Service | 0.7 | MPaG |
| Design | 1.47 | MPaG |
| Température | | |
| Service | -24 | °C |
| Design | -29 /38 | °C |
| Dimension | | |
| Hauteur | 2.8 | M |
| Diamètre | 2 | M |
| Epaisseur | 21 | Mm |
| Sur épaisseur de corrosion | 1.6 | Mm |
| Volume | 10.9 | m ³ |
| Poids | | |
| Avide | 7000 | Kg |
| En service | 15000 | Kg |
| Plein d'eau | 23000 | Kg |

3.3 Ballond'aspiration410/6103

Le ballon d'aspiration 410/6103 est un réservoir vertical sous forme cylindrique avec un fond et un toit convexe, de deux mètres et six cents millimètres (2.6) de hauteur environs, de deux (2) mètres de diamètre et de dix sept (17) millimètre d'épaisseur, et il est fixé sur une jupe d'un mètre et deux cent millimètres (1.2) environs. Le ballon est conçu en acier au carboneASMESA516 grade 60[25]



Figure III-18: Ballond'aspiration03

Tableau III-13 :Les caractéristiques techniques du ballon 410/6

| Paramètre | Valeur | Unité |
|---------------------------|---------|----------------|
| Pression | | |
| Service | 0.08 | MPaG |
| Design | 1.15 | MPaG |
| Température | | |
| Service | -25.7 | °C |
| Design | -29 /38 | °C |
| Dimension | | |
| Hauteur | 2.6 | M |
| Diamètre | 2.2 | M |
| Epaisseur | 17 | Mm |
| Surépaisseur de corrosion | 1.6 | Mm |
| Volume | 12.7 | m ³ |
| Poids | | |
| Avide | 7000 | Kg |
| En service | 13000 | Kg |
| Plein d'eau | 22000 | Kg |

3.4. Schiller410/6107(échangeur thermique)

Le Schiller 405/6107 est un échangeur thermique, composé de deux éléments essentiels, le coté calandres dans lequel circule le propane réfrigérant et le coté faisceaux dans lequel passe le propane BOG. Au niveau de cet échangeur, un transfert de chaleur se fait entre les deux produits, où le propane BOG transfère une partie de son enthalpie au propane réfrigérant permettant ainsi le refroidissement du propane BOG, lorsqu'une partie du propane réfrigérant s'évapore et est acheminée par la suite vers le ballon 410/6103 pour être aspirée par les compresseurs HOWDEN. [26]

a) Coté faisceaux :

Le coté faisceau comprend 394 trous, soit 197 tubes lisses en U, d'un diamètre extérieur de 19 millimètres dont la distance entre deux centres de trous est de 25,4 millimètres (le pas), d'une longueur de 6 mètres, et pesant environ 4853 kilogrammes, fabriqué à partir d'acier au carbone ASTM A334 Gr6, destiné à la fabrication des tubes utilisés dans les basses températures, dont la composition chimique est la suivante [26]



Figure III-19 :Schiller410/6107

Tableau III-14 : Composition chimique de l'acier au carbone ASTM A334Gr6

| C | Si | Mn | Pb | S |
|----------|-----------|---------------|-----------|----------|
| 0.30 % | ≤ 0.10% | 0.29 – 1.06 % | 0.025 % | 0.025 % |

Les tubes sont conçus pour une pression de calcul de 29,6 bars et une température de calcul comprise entre -46 et 55 °C et sont fixés sur plaque tubulaire de 0.9 mètres de diamètre conçu en acier ASTM A 350LF2 dont la composition chimique est la suivante: [26]

Tableau III-15 : la composition chimique de l'acier ASTM A350LF2

| C | Mn | Si | Pb | S | Cr | Ni | Mo |
|----------|--------------|-------------|-----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.30 % | 0.6 – 1.35 % | 0.15 -0.3 % | 0.035 % | 0.040% | 0.3 % | 0.4 % | 0.12 % |

Les tubes sont usinés en U vu l'écart important entre la température du propane BOG qui est de l'ordre de 60°C à l'entrée du Schiller, et la température du propane réfrigérant qui est de l'ordre de -27,3°C [26].

B) Coté calandre:

La calandre est l'enveloppe métallique qui entoure les faisceaux, elle est de forme spécifique conçue en acier au carbone ASTM A516 Gr 60, de 7,94 mètres de longueur. Selon sa forme le coté calandre a deux différents diamètres, un coté de 1,6 mètres de diamètre et l'autre coté de 0,9 mètre de diamètre, dont les couvercles sont conçus en acier au carbone ASTM A515Gr

Les aciers utilisés ont pour composition [26] :

Tableau III-16 :Composition chimique des aciers ASTM A515et516GR60

| ASTM | C | Mn | Si | Pb | S |
|------------------|----------|--------------|---------------|-----------|----------|
| A 515Gr60 | 0.27 % | 0.90 % | 0.15 – 0.40 % | 0.035 % | 0.035 % |
| A 516Gr60 | 0.23 % | 0.85 – 1.20% | 0.15 – 0.40 % | 0.3 | 0.35 |

3.5 Compresseurs COOPER 430/6101D/E :

Ce sont des compresseurs centrifuges multi-étages entraînés par moteur électrique. Ces compresseurs comprimeront les vapeurs de propane issues du bac de stockage 420/6104 et du ballon de détente de propane 410/6106. Le groupe moto compresseur se compose de [27] :

a/ Compresseur centrifuge à trois étages

CHAPITRE III :Analyse des risques

Cooper est un compresseur centrifuge à axe horizontal e tournant à vitesse élevée. Il se compose d'un rotor du 1^{er} et 2^{ème} étage, un rotor du 3^{ème} étage, d'une roue à aubes, d'un diffuseur radial, d'une volute, des paliers radiaux et axiaux sens horaire et anti horaire, tuyauterie d'aspiration et de refoulement.... Les caractéristiques techniques des compresseurs Cooper sont [27]:

Tableau III-17 : Caractéristiques techniques des compresseurs Cooper

| ITEM | UNITES | Valeur |
|----------------------------|--------------------|---------|
| Service | | NORMAL |
| Gaz | | Propane |
| Pression d'aspiration | kg/cm ² | 0.400 |
| Température d'aspiration : | | |
| ✓ 1 ^{er} étage | °C | -44.5 |
| ✓ 2 ^{ème} étage | °C | 9.70 |
| ✓ 3 ^{ème} étage | °C | 38.50 |
| Débit d'aspiration | kg/h | 15 |
| Pression de refoulement | kg/cm ² | 07 |
| Température de refoulement | °C | 60 |
| Débit de refoulement | kg/h | 15 |

L'étanchéité au niveau de chaque étage des compresseurs est assurée par des garnitures tandem à surfaces sèches (joints primaire et secondaire), d'où un circuit de gaz de procédé est connecté au joint primaire ,un autre circuit d'azote au joint secondaire .Aussi ,les compresseurs sont équipés d'un système de joint d'huile au niveau du boîtier d'engrenage de chaque Instrument est envoyée à chaque joint d'huile, dont le but de prévenir la pénétration d'air atmosphérique dans le boîtier d'engrenage par le joint d'huile à cause du système sous vide.

b) Moteur électrique d'entraînement :

C'est un moteur à axe horizontal muni d'une protection ATEX type EEx de IIBT4IP55 .Le moteur possède les caractéristiques suivantes [27]

Tableau III-18 : Caractéristiques techniques du moteur ABB

| | |
|-------------------|--------------|
| PUISSANCENOMINALE | 1050KW |
| VOLTAGE | 5500V +/-10% |
| COURANTAVIDE | 22A |
| COURANTNOMINAL | 126A |
| VITESSECRITIQUE | 2200 tr/min |
| MASSETOTALE | 5715Kg |

Les principaux composants du moteur sont :

CHAPITRE III :Analyse des risques

- Bloc Stator
- Bloc Rotor
- Tabliers supports
- Ventilateur et cache de ventilation
- Paliers à roulements
- Carcasse

Le moteur est muni d'un système de refroidissement activé par un ventilateur installé sur l'extrémité de l'arbre, sur le côté opposé par rapport à l'accouplement [27].

c) Pompes d'huile :

Le système est équipé de deux pompes d'huile, une électrique pour le démarrage et l'arrêt du compresseur et l'autre entraînée en marche normale. Ces pompes fournissent la pression nécessaire pour la lubrification des différents paliers du compresseur et aux dispositifs d'entraînement. [27]

d) Le refroidisseur d'huile

e) Le générateur d'azote

f) Tableau de contrôle

g) Aéroréfrigérant (annexé au compresseur)

3.6. Compresseur HOWDEN430/6102C/D :

Le package du compresseur HOWDEN est utilisé pour compresser les vapeurs du propane réfrigérant aspirées à partir du ballon 410/6103. [28]

Le package se compose d'éléments suivants:

Le moteur d'entraînement principal :

- La boîte de vitesse
- Compresseur
- Filtre
- Séparateur primaire et réservoir d'huile
- Séparateur secondaire

CHAPITRE III :Analyse des risques

- Filtre d'huile
- Aéroréfrigérants d'huile et de gaz
- Pompes d'huile
- Système de lubrification de boîte vitesse
- Tableau de commande

a) Compresseur Howden wrvits 510

Le compresseur à vis HOWDEN est une capacité volumétrique contrôlée, où l'huile inonde les éléments rotatifs de la machine.

La compression est assurée par le maillage de deux rotors (vis) à profile asymétrique sur deux arbres logés dans un boîtier approprié(le carter).L'action des rotors est entièrement rotative et il n'ya aucune vanne ou autres parties équivalentes.

Les rotors usinés avec précision sont appelés mâle et femelle .Le rotor mâle(d'entraînement) a quatre lobes, qui engrènent avec six cannelures dans le rotor femelle (entraîné), ayant le même diamètre extérieur.

L'huile de lubrification du compresseur est injecté dans l'espace du rotor et des paliers d'entrée /de sortie à la pression de décharge de gaz, plus de 3,1 bar.

Les différents éléments du compresseur sont:

- Le carter
- Le couvercle d'extrémité d'entrée (aspiration)
- Le couvercle d'extrémité de sortie (refoulement)
- Vanne tiroir
- Les paliers
- Rotor male et rotor female
- Garniture d'étanchéité

La compression se fait en trois phases , l'aspiration, la compression et le refoulement.

Dans un premier temps, le gaz réfrigérant est aspiré dans le compresseur à travers un filtre monté sur la ligne d'aspiration et un clapet anti-retour, d'où il atteint le pas de vis des rotors ouverts du côté aspiration. La rotation progressive des rotors verrouille l'orifice de prise de gaz. La continuation de la rotation progressive va réduire l'espace occupé par le gaz causant sa compression

CHAPITRE III :Analyse des risques

.Au fur et à mesure de l'huile est injectée pour assurer la lubrification des paliers, l'étanchéité et l'évacuation de la chaleur de la compression. Lorsque l'espace entre les rotors est exposé à l'orifice de sortie, le gaz est évacué .A la sortie, le gaz comprimé et mélangé avec l'huile de lubrification, passe par le séparateur primaire, où la plus grande partie d'huile se sépare du courant gazeux en raison de la réduction de vitesse. En suite le gaz et les gouttelettes d'huile entraînées passent par un élément séparateur à mailles en fil d'acier inoxydable monté dans la partie supérieure du ballon où la séparation d'huile a lieu .L 'huile séparé et tombe par gravité dans la base du ballon.

Le gaz sortant du séparateur primaire contient environ 35 à 50 ppm d'huile en poids. Le gaz passe ensuite par le séparateur secondaire à haut rendement, incorporant des éléments de coalescence remplaçables qui sont efficace dans l'élimination d'huile liquide. [28]

b) La crépine:

La crépine d'aspiration est équipée de 60 éléments amovibles (250 microns) qui doivent être vérifiés et nettoyés si nécessaire pendant les périodes d'arrêt annuelles. [28]

c) Le séparateur primaire

Le séparateur primaire est conçu pour une séparation initiale de l'huile mélangée avec le gaz lors de la compression et est également utilisé comme un réservoir d'huile du système de lubrification. La séparation est obtenue en dirigeant le gaz de décharge en premier lieu à travers un diffuseur et ensuite à travers un élément antibuée monté sur une plaque à proximité de la partie supérieure du récipient.[28]

d) Séparateur secondaire :

Le séparateur secondaire est monté dans la conduite d'évacuation en aval du séparateur primaire.Ceci est équipé d'éléments de coalescence pour réduire l'huile à 5ppm en poids.Le liquide coalescé en vrac à partir des éléments filtrants est renvoyé à l'aspiration du compresseur. [28]

e) L'aéroréfrigérant du gaz :

L'aéroréfrigérant du gaz fait partie du package, et il est conçu pour refroidir le gaz issu du compresseur de 69,2°C à 60°C. L'aéroréfrigérant est composé d'un boîtier en dessous duquel sont fixés un moteur et un ventilateur, fournissant un flux d'air à la partie faisceaux passant au niveau de la partie supérieure du boîtier. [28]

f) La boîte de vitesse :

C'est une unité d'augmentation de vitesse à un seul étage avec des axes d'entrée et de sortie d'arbre sur le même plan horizontal. Le moteur électrique entraîne l'arbre de roue d'entrée, et le compresseur est entraîné par l'arbre de pignon d'entrée, par l'intermédiaire des accouplements flexibles.[28]



3.7. Aéroréfrigérant 5/6104 :

Est un échangeur thermique air/gaz,

composé d'un moteur électrique tournant à 1500 tours par minutes assurant la rotation d'un ventilateur à six pales en aluminium par l'intermédiaire d'une courroie. Ces éléments fournissent de l'air à la partie supérieure de l'aéroréfrigérant qui est composé de faisceaux de 12,5 mètres de longueur et 3,59 mètres de largeur, logeant 224 tubes en acier ASTM A214 d'un diamètre de 25,4 millimètres et d'une épaisseur de 2,108 millimètres. L'ensemble est fixé sur une charpente métallique. L'acier par lequel sont conçus les tubes est de la composition chimique suivante:[29]

Figure III-20 :Aéroréfrigérant 405/6104

Tableau III-19 : Composition chimique de l'acier ASTM A214

| C | Mn | Pb | S |
|--------|---------------|---------|---------|
| 0.18 % | 0.27 – 0.63 % | 0.035 % | 0.035 % |

Les composants de l'aéroréfrigérant sont :[29]

Ventilateur : il est constitué d'éléments suivant:

- **Moyeu :** composé de deux pièces, dont la première permet la fixation directe sur l'arbre et la deuxième pour la fixation des pales.
- **Les pales :** se sont des composées d'un profil aérodynamique en alliage d'aluminium, fixé sur le moyeu.

CHAPITRE III :Analyse des risques

- **L'arbre** : assure le mouvement de rotation
- **Les paliers** :deux paliers sont disposés de manière à supporter l'effort axial et radial.
 - **Palier supérieur** (roulement à billes) : ce type de palier supporte des charges radiales et axiales relativement importantes.
 - **Palier inférieur** (roulement à rouleaux).

Poulies (roues dentées) : deux poulies type à dentures sont installées et mises en liaison par une courroie plate crantée.

- **Poulie motrice** : fixée à l'extrémité du moteur pour transmettre le mouvement de rotation à la poulie réceptrice.

- **Poulie réceptrice** : placé sur la partie inférieure de l'arbre de transmission.

Courroie de transmission : c'est une pièce plate crantée, conçue en caoutchouc, rainurée dans le sens de la largeur par des dents. Elle sert de liaison entre la poulie motrice et réceptrice, pour assurer la transmission de mouvement de rotation

3.8. Pompes 425/6101 D/E :

Ce sont des pompes centrifuges verticales à deux étages, assurant le pompage du propane commercial à partir du ballon 410/6106 au bac420/6104[30]

Tableau III-20 :Caractéristiques techniques des pompes

| Paramètre | Valeur |
|--------------------|-----------------------|
| Capacité | 190 m ³ /h |
| Hauteur | 65 m |
| Vitesse | 1485Tr/min |
| Pression de calcul | 0,8– 4,1 MPaG |
| Température | -45,5°C |



Figure III-21 :Pompes 425/6101 D/E

Chaque pompe se compose des éléments suivant:

-**Moteur électrique d'entraînement**

-**Corps de la pompe** : Supporte le système d'entraînement (moteur)et la cuve.

CHAPITRE III :Analyse des risques

- **Arbre d'entraînement** : c'est l'élément en rotation, permettant d'entraîner l'arbre hydraulique(de la pompe) par le biais d'accouplement
- **Cuve (2 Impulseurs , 2 diffuseurs)** L'assemblage de la cuve comprend deux impluseurs montés de façon rigide sur l'arbre hydraulique, lequel tourne, transmettant une énergie au liquide. Le diffuseur contient du liquide pressurisé, ce qui lui permet de l'achemine verticalement à l'étage suivant, jusqu'au refoulement.
- **Tube dégazeur** : Pour évacuer la partie du gaz évaporée à cause du barbotage.
- **Paliers**
- **Roulements**
- **Garniture** : Assure l'étanchéité, pour éviter toute fuite de gaz.
- **Pot de méthanol** : contient du méthanol utilisé pour la lubrification et le refroidissement
- **Accouplement** : il permet d'accoupler les deux arbres en vue de transmettre la puissance mécanique du moteur vers la pompe.

4. Analyse des risques

4. 1. L'analyse des risques par la méthode HAZOP :

L'analyse HAZOP a été faite en se basant sur les P&ID (Piping& Instrumentation diagramme) et les manuels opératoires, pour les équipements suivants:

Tableau III-21 :Liste des équipements et des paramètres objet de l'étude HAZOP

| Equipements | Paramètres de fonctionnement analysés |
|--------------------------------|---|
| Ballon Flash 410/6106 | 1. Niveau, Pression, Température, Débit |
| Ballon tampon 410/6105 | 1. Niveau, Pression, Température, Débit |
| Ballon410/6104 | 1. Niveau, Pression, Température, Débit |
| Ballon410/6103 | 1. Niveau, Pression, Température, Débit 2. |
| Schiller405/6107 | Niveau (coté calandre), Pression, Température 2. |
| Compresseurs COOPER430/6101D/E | 1. Niveau, Pression, Température, Débit |
| CompresseurHOWDEN430/6102C/D | 1. Niveau, Pression, Température, Débit |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| Ballon 410/6106 vers lignes 14''D1W1603 PX et 8''D1W1607 PX | | | | | | | | | |
|---|----------|----------------|--|---|--|---|---|----|--|
| Paramètre | Mot clé | Déviation | Causes | Conséquences | Sécurité existante | G | P | R | Recommandation |
| Pression | Plus de | Haute pression | Alimentation du ballon par un produit chaud (perturbation de la section de réfrigération). | Rupture du ballon ou des instruments et organes connectés.(Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV6132 A et B | | | 10 | 1)vérification et contrôle périodique de EIPS (RV6132) 2) la maintenance (entretien) 3) PAH (pressure alarme high) |
| | | | Défaillance de la vanne PV6184. | | | | | | |
| | Moins de | Basse pression | Bon fonctionnement de la section de réfrigération (produit bien refroidit). | Risque de pompage des compresseurs 430/6101 D/E. | PSLL 6152 (arrêt d'urgence des compresseurs) | | | | 1)La maintenance (entretien) de la boucle de régulation 6143 2) Vérification et contrôle de EIPS (PSLL6152) 3) PAL (pressure alarme low) |
| | | | Défaillance de la boucle de régulation de la PV 6143 (vanne bloquée fermée). | | | | | | |
| Niveau | Plus de | Niveau haut | Défaillance des pompes 425/6101 D/E. | Défaillance des compresseurs 430/6101 D/E suite à l'aspiration | LSHH et LAHH 6154 (arrêt d'urgence des compresseurs) | | | | 1) la maintenance (entretien)de la boucle de régulation 6261Aet 6261B 2) vérification et contrôle de EIPS (LSHH) |
| | | | Défaillance de la boucle de régulation(vanne LV6261A | | | | | | |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|---|----------|---------------|--|---|--|--|--|--|--|
| | | | bloquée fermée). | du liquide. | | | | | |
| | | | Défaillance de la boucle de régulation(vanne LV6261 B bloquée ouverte). | | | | | | |
| | Moins de | Niveau bas | La vanne PV6184 Bloquée fermée. | Cavitation et défaillance des pompes 425/6101 D/E. | LSLL et LALL 6155 (arrêt d'urgence des pompes) | | | | 1) la maintenance (entretien)de la boucle de régulation 6261Aet 6261B 2)vérification et contrôle de EIPS (LSLL) |
| Défaillance de la boucle de régulation (vanne LV 6261 A bloquée ouverte). | | | | | | | | | |
| Défaillance de la boucle de régulation (vanne LV6261 B bloquée fermée). | | | | | | | | | |
| Débit | Plus de | Plus de débit | Défaillance de la boucle de régulation (vanne LV 6261 A bloquée ouverte). | Baisse de niveau du liquide dans le ballon 410/6106 avec risque de cavitation et endommagement des pompes 425/6101 D/E. | LSLL et LALL 6155 (arrêt d'urgence des pompes) | | | | 1)Maintenance (entretien) de la boucle de régulation 6261A 2) vérification et contrôle périodique LSLL et LALL 6155. |
| | Pas de | Pas de débit | Défaillance de la boucle de régulation (Vanne LV 6261 A bloquée fermée). | Augmentation du niveau dans le ballon 410/6106 avec risque d'endommagement des | LSHH et LAHH 6154 (arrêt d'urgence des compresseurs) | | | | Maintenance (entretien) de la boucle de régulation 6261A 2) vérification et contrôle de EIPS (LSHH) |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|--------------------|-------------|----------------------|---|--|---------------|--|--|-----------|---|
| | | | | compresseurs 430/6101 D/E suite à l'aspiration du liquide | | | | | |
| Température | Plus de | Haute température | Alimentation du ballon par un produit chaud (perturbation de la section de réfrigération). | Evaporation du liquide avec risque d'augmentation de la pression. (risque de Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV6132 A et B | | | 10 | 1) maintenance de la boucle de régulation 6143 2) vérification et contrôle de EIPS (RV6132Aet B) 3)PAH(pressure alarme high) |
| | | | Alimentation du ballon 410/6106 par un produit chaud provenant du ballon 410/6105. | | | | | | |
| | Moins de | Basse température | Alimentation du ballon par un produit froid. | Sans conséquence néfaste | / | | | | / |

CHAPITRE III :Analyse des risques

Compresseur 430/6101 D/E (à partir des vannes XV 173 D/E jusqu'au vannes XV174 D/E)

| Paramètre | Mot clé | Déviation | Causes | Conséquences | Sécurité existante | P | G | R | Recommandation |
|-----------------|----------|----------------|---|--|---|---|---|-----------|--|
| Pression | Plus de | Haute pression | Augmentation de la pression dans le ballon 410/6106 et le bac 420/6104. | Rupture des instruments et organes connectés.(Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV6132 A et B | | | 10 | 1)La maintenance de la boucle de régulation 6133 2)vérification et contrôle périodique de EIPS (RV6132Aet B) 3)vérification et contrôle de PAHH 131 TAHH 113-115 VAHH 101-106 |
| | | | Défaillance du PIC 6133. | | TAHH 113-115 VAHH 101-106 | | | | |
| | Moins de | Basse pression | Faible taux d'évaporation au niveau du bac 420/6104 et le ballon 410/6106 | Pompage des compresseurs 430/6101 D/E. | PSLL 6152 (arrêt d'urgence des compresseurs) | | | | 1)Vérification et contrôle périodique de EIPS(PSLL6152) 2)PAHH 6152(pressure alarme high) |
| Débit | Plus de | Plus de débit | Défaillance de la régulation (vanne PV6143 bloquée ouverte). | Surcharge du compresseur 430/6101D/E. | PAHH 131 | | | | 1) maintenance (entretien) de la boucle de régulation 6143et 131D/E et de la vanne pv171D/E 2) vérification et contrôle périodique de PAHH 131 TAHH 113-115 |
| | | | Défaillance PIC 131D/E, et vannes | | TAHH 113-115 VAHH 101-106 | | | | |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | |
|-------------|---------|----------------------|---|---|--|--|--|---|
| | | | PV171D/E bloquée ouverte | | | | | VAHH 101-106. |
| | Moins | Moins de débit | Faible taux d'évaporation au niveau du bac 420/6104 et le ballon 410/6106 | Pompage des compresseurs 430/6101 D/E. | PSLL 6152 (arrêt d'urgence des compresseurs) | | | 1) vérification et contrôle périodique de EIPS(PSLL6152) 2) PALL6152 |
| | Inversé | Débit inversé | Faible débit ou pression à l'aspiration | Pompage des compresseurs 430/6101 D/E. | PSLL5152 FAHH 160 E/D VAHH 101- 106 | | | Vérification et contrôle périodique de EIPS (PSLL6152) et FAHH 160 E/D VAHH 101-106. 2) PALL6152. |
| Température | Plus de | Haute température | Haute température ballon 410/6106 (défaut PIC 6143 PV 6143 bloquée ouverte) | Surpression à l'aspiration Surcharge des compresseurs 430/6101 D/E et surchauffe des moteurs. | TAHH 116 PAHH 131 TAHH 113- 115 VAHH 101- 106 | | | 1) maintenance (entretien) de la boucle de régulation 2) vérification périodique de TAHH 116 PAHH 131 TAHH 113-115 VAHH 101-106. |
| | | | Arrêt des Aéroréfrigérants 405/6101 D/E | Augmentation de la pression au niveau du chiller 405/6107 coté calendre. (risque | PAHH 119 RV6133 A/B (sécurité du chiller) | | | 10 1)maintenance (entretien) Arrêt des Aéroréfrigérants 405/6101 D/E 2) vérification périodique de PAHH 119 |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|--|----------|-------------------|--|--|---|--|--|--|----------------------------------|
| | | | | Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | | | | | RV6133 A/B (sécurité du chiller) |
| | Moins de | Basse température | Les vannes TV6151D/E bloquées ouvertes | Sans conséquences néfastes | / | | | | / |

| Chiller 405/6107 | | | | | | | | | |
|------------------|---------|----------------|---|---|--------------------|---|---|---|--|
| Paramètre | Mot clé | Déviation | Causes | Conséquences | Sécurité existante | P | G | R | Recommandation |
| Pression | Plus de | Haute pression | Alimentation du chiller par un produit chaud (défaillance ou arrêt aéroréfrigérant 405/6101D/E) | -Perturbation du fonctionnement de la boucle (mauvais refroidissement). | RV6133 A/B | | | 6 | 1) maintenance (entretien)de aéroréfrigérant 405/6101D/E et de la boucle de régulation 6183 2) vérification périodique de EIPS(RV6133A/B) |
| | | | Défaillance de la régulation (vanne PV6183 bloquée fermée) | -Rupture des canalisation et organes. | | | | | |
| | | | Rupture des faisceaux | -Eclatement chiller. (Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE). | | | | | |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|---------------|----------|----------------|---|---|--|--|--|----------|---|
| | Moins de | Basse pression | Défaillance compresseur 430/6101 | Sans conséquence néfaste | / | | | | / |
| | Plus de | Niveau haut | Défaillance de la boucle de régulation(Vanne LV6164 bloquée ouverte) | Sans conséquence néfaste | / | | | | / |
| Niveau | Moins de | Niveau bas | Bas niveau du ballon 410/6104. | -Mauvais refroidissement du propane commercial. -Augmentation de la température et la pression au niveau du ballon 410/6105 avec risque de rupture(Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE). | RV6134A et B (sécurité pour ballon 410/6105) | | | 6 | 1) Maintenance (entretien) de la boucle de régulation 6164 2) vérification périodique de EIPS (RV6134A/B). |
| | | | Défaillance de la boucle de régulation(LV6164 bloquée fermée). | | | | | | |
| Débit | Plus de | Plus de débit | Défaillance de la boucle de régulation(Vanne LV6164 bloquée ouverte). | Sans conséquence néfaste | / | | | | / |
| | Moins | Moins de | Défaillance de la boucle de régulation | -Mauvais refroidissement du | RV6134A et B | | | 6 | 1) maintenance (entretien)de la boucle de régulation |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-------------------|--|---|---------------------------------|--|--|----------|---|
| | | débit | de la LV6164. | propane commercial. | (sécurité pour ballon 410/6105) | | | | 6164 2) vérification périodique de EIPS(RV6134AetB). |
| | Pas de | Pas de débit | Défaillance de la boucle de régulation(LV6164 bloquée fermée). | -Augmentation de la température et la pression au niveau du ballon 410/6105 avec risque de rupture(Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | | | | | |
| Température | Plus de | Haute température | Défaillance de régulation (vanne PV6183 bloquée fermée) (vanne LV6164 bloquée fermée). | -Perturbation du fonctionnement de la boucle (mauvais refroidissement). -Augmentation de la pression -Rupture des canalisation et organes. -Eclatement chiller. (Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV6133 A/B | | | 6 | 1)maintenance (entretien de la boucle de régulation 6183 et 6164 2)vérification périodique de EIPS (RV6133A/B). |
| | Moins de | Basse température | LV6164 bloquée ouverte | Sans conséquences néfastes | / | | | | / |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| Ballon 410/6105 (8''D1Z 1613 PX vers 3'' D1W 1617 PX) | | | | | | | | | |
|---|----------|----------------|--|---|--|---|---|----|--|
| Paramètre | Mot clé | Déviatio | Causes | Conséquences | Sécurité existante | P | G | R | Recommandation |
| Pression | Plus de | Haute pression | Défaillance de la boucle de régulation(PV6152 bloquée fermée) | - Rupture des connexions et organes | RV6134 A/B | | | 10 | 1)maintenance (entretien)de la boucle de régulation 6152et les vannes PV6154/pv6152 2) vérification et contrôle périodique de EIPS(RV6134A/B). |
| | | | Défaillance de la boucle de régulation(PV6154 maintenue ouverte) | - Eclatement du ballon | | | | | |
| | | | Alimentation du ballon par un produit chaud (provenant du chiller 405/6107) | (Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | | | | | |
| | Moins de | Basse pression | Alimentation du ballon par un produit bien refroidi (provenant du chiller405/6107) | - Sans conséquence néfastes | / | | | | / |
| Défaillance de la boucle de régulation(PV6154 bloquée fermée) | | | | | Maintenance(entretien) de la boucle de régulation 6154 | | | | |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|---------------|----------|---------------|--|---|----------|--|--|--|--|
| | | | Défaillance de la boucle de régulation(PV6152 maintenue ouverte) | - Torchage excessif (pollution) | / | | | | Maintenance (entretien)de la vanne PV6152). |
| Niveau | Plus de | Niveau haut | Défaillance de la boucle de régulation(vanne LV6160 bloquée fermée) | - Entraînement liquide vers four. - Retour du liquide vers compresseurs 430/6101 D/E | LSHH6156 | | | | 1) Maintenance (entretien) de la boucle de régulation 6160 2) vérification périodique de l'EIPS(LSHH) |
| | Moins de | Niveau bas | Défaillance de la boucle de régulation(vanne LV6160 maintenue ouverte) | - Augmentation du niveau du ballon 410/6106. | | | | | maintenance de la boucle de régulation 6160 |
| Débit | Plus de | Plus de débit | Défaillance de la boucle de régulation(vanne LV6160 maintenue ouverte) | - Baisse niveau ballon 410/6105. - Augmentation du niveau du ballon 410/6106. | | | | | Maintenance (entretien) de la boucle de régulation 6160 |
| | Pas de | Pas de débit | Défaillance de la boucle de régulation(vanne LV6160 bloquée fermée) | - Augmentation niveau du ballon 410/6105. - Retour du liquide vers compresseur | LSHH6156 | | | | 1) Maintenance (entretien) de la boucle de régulation 6160 2) vérification périodique de l'EIPS(LSHH) |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-------------------|---|--|------------|--|--|-----------|--|
| | | | | 430/6101 D/E - Entraînement liquide vers four. | | | | | |
| Température | Plus de | Haute température | - Alimentation du ballon par un produit chaud (provenant du chiller 405/6107). - PV 6154 Bloquée ouverte | - Augmentation de la pression au niveau du ballon, avec risque de rupture des connexions et organes(Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV6134 A/B | | | 10 | 1) Maintenance (entretien) de la boucle de régulation6154 2) vérification périodique de l'EIPS (RV6134A/B) |
| | Moins de | Basse température | Bon fonctionnement de la section | Sans conséquences néfastes | / | | | | / |

CHAPITRE III :Analyse des risques

Ballon 410/6103 (de 2''D1W1635 PX, 12''D1Z1614 PX, 4''D3T1629 PX, vers 16''D1Z 1624 PX)

| Paramètre | Mot clé | Déviation | Causes | Conséquences | Sécurité existante | P | G | R | Recommandation |
|-----------|----------|----------------|---|--|---------------------------|---|---|-----------|---|
| Pression | Plus de | Haute pression | Défaillance de la boucle de régulation(Vanne PV6155 Bloquée ouverte) Alimentation du ballon par un produit chaud (provenant du chiller 405/6107) | - Rupture des connexions ou des organes connectés. - Eclatement du ballon. (Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV6177A / B | | | 10 | 1) maintenance de la boucle de régulation 6155 2) vérification de l'EIPS (RV6177A/B). |
| | Moins de | Basse pression | Défaillance de la boucle de régulation(Vanne PV6155 Bloquée Fermée) | Inondation du compresseur par de l'huile. | - PSL 6153. - PAHH 903 | | | | 1)maintenance de la boucle de régulation 6155 2)vérification périodique de l'EIPS (PSLL6153) |
| Niveau | Plus de | Niveau haut | Défaillance de la boucle de régulation(vanne LV6163 maintenue ouverte). | - Entraînement du liquide vers compresseur 430/6102 C/D (défaillance compresseur). | -LSHH6169 | | | | 1) maintenance de la boucle de régulation 6163 2) vérification périodique de l'EIPS(LSHH6169) |
| | Moins de | Niveau | Défaillance de la boucle de | - Sans conséquence | / | | | | / |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| Paramètre | Mot clé | Déviaton | Causes | Conséquences | Sécurité existante | P | G | R | Recommandation |
|--|------------------------------|-----------------------------|---|--|--------------------|---|----|---|----------------|
| Température | Plus de | Haute température | régulation(vanne LV6163 bloquée fermée) | néfastes | | | | | |
| | | | Alimentation du ballon par un produit chaud provenant du chiller 405/6107 | - Augmentation de la pression avec risque de rupture des connexions ou éclatement du ballon(Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV 6177 A/B. | | 10 | 1) maintenance de la boucle de régulation 6155/6163 2) vérification périodique de l'EIPS (RV6177A/B) | |
| | | | Vanne PV 6155 bloquée ouverte | | | | | | |
| | Vanne LV 6163 Bloquée fermée | | | | | | | | |
| Moins de | Basse température | Vanne PV6155 bloquée fermée | - Baisse de pression dans le ballon 410/6103. | PSLL 6153. | | | | 1) maintenance des vannesPV6155/LV6163 2) vérification périodique de l'EIPS(PSLL6153) | |
| | | | Vanne LV6163 bloquée ouverte | - Manque de vapeur au niveau de l'aspiration du compresseur 430/6102 C/D | | | | | |
| Ballon 410/6104 (de 4" D1Z1633 PX, 4"D3U9416 PX, vers 4" D1Z1634 PX, 2" D1Z 1635PX) | | | | | | | | | |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------------|---|---|-------------|--|--|-----------|--|
| Pression | Plus de | Haute pression | Défaillance aéroréfrigérant 405/6104 A. Défaillance de la boucle de régulation(Vanne PV 6156 Bloquée fermée) | Rupture des connexions et organes. Eclatement du ballon (Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV 6135 A/B | | | 10 | 1) maintenance de la boucle de régulation 6156 2) vérification périodique de l'EIPS (RV6135A/B). |
| | Moins de | Basse pression | Défaillance de la boucle de régulation(Vanne PV 6156 bloquée ouverte) | Torchage excessif | / | | | | / |
| Niveau | Plus de | Niveau haut | Vanne manuelle 4'' provenant du ballon 410/6217 laissée ouverte. La vanne LV6164 bloquée fermée | Retour du liquide vers compresseur 430/6102 C/D | LSHH6158. | | | | 1) maintenance de la régulation de LV6164et la vanne manuelle 4'' 2) vérification périodique de l'EIPS (LSHH6158) |
| | Moins de | Niveau bas | Vanne manuelle 4'' provenant du ballon 410/6217 bloquée fermée. La vanne LV6164 bloquée ouverte | - Augmentation niveau dans le ballon 410/6103 avec risque d'entraînement du liquide vers compresseur | LSHH 6169 | | | | 1) maintenance de la régulation LV 6164/LV6163et de la vanne 4'' 2) vérification périodique de l'EIPS(LSHH6169) |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-------------------|--|---|-------------|--|--|-----------|---|
| | | | La vanne LV 6163 bloquée ouverte | 430/6102 C/D | | | | | |
| Débit | Plus de | Plus de débit | La vanne LV6164 bloquée ouverte | Augmentation niveau dans le ballon 410/6103 avec risque d'entraînement du liquide vers compresseur 430/6102 C/D | LSHH 6169 | | | | 1) maintenance de la boucle de régulation6164/6163 2)vérification périodique de l'EIPS (LSHH6169) |
| | | | La vanne LV 6163 bloquée ouverte | | | | | | |
| | Pas | Pas de débit | La vanne LV6164 bloquée fermée | Augmentation du niveau dans le ballon 410/6104 avec risque de retour du liquide vers compresseur. | LSHH6158. | | | | 1) maintenance de la boucle de régulation 6164/6163 2) vérification périodique de l'EIPS(LSHH6158) |
| | | | La vanne LV 6163 bloquée fermée | | | | | | |
| Température | Plus de | Haute température | Défaillance aéroréfrigérant 405/6104 A | Surpression avec risque de rupture des connexion ou éclatement du ballon(Fuite, jet enflammé, UVCE, BLEVE) | RV 6135 A/B | | | 10 | vérification périodique de l'EIPS(RV6135A/B) |
| | Moins de | Basse température | Bon fonctionnement des aéroréfrigérants 405/6104 A | Sans conséquences néfastes | / | | | | / |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| Compresseur 430/6102 C/D | | | | | | | | | |
|--------------------------|----------|----------------|---|--|--------------------|---|---|----|---|
| Paramètre | Mot clé | Déviation | Causes | Conséquences | Sécurité existante | P | G | R | Recommandation |
| Pression | Plus de | Haute pression | Augmentation de pression dans le ballon 410/6103. | Surcharge du compresseur | RV 6177 A/B | | | 10 | 1) Maintenance (entretien)de la boucle de régulation 6155 |
| | | | Défaillance de la boucle de régulation(la vanne PV6155 bloquée ouverte) | Surchauffe des bobines du moteur jet enflamé ;fuite ;UVCE | TAHH922 PAHH902 | | | | 2) vérification périodique de l'EIPS(RV6177A/B) et TAHH922 PAHH902 |
| Pression | Moins de | Basse pression | Baisse de pression dans le ballon 410/6103 | Risque de formation du liquide et endommagement du compresseur | PSLL 6153 | | | | 1)maintenance (entretien)de la boucle de régulation6155 |
| | | | Défaillance de la boucle de régulation(La vanne PV 6155 bloquée fermée) | | | | | | 2)vérification périodique de l'EIPS(PSLL6153) |
| Débit | Plus de | Plus de débit | Défaillance de la boucle de régulation(la vanne PV6155 bloquée ouverte) | Surcharge du compresseur Surchauffe des bobines du moteur | TAHH922 | | | | 1)maintenance (entretien)de la boucle de régulation6155 2) vérification périodique de TAHH922 |

CHAPITRE III :Analyse des risques

| | | | | | | | | | |
|-------------|----------|-------------------|--|---|--------------------|--|--|-----------|--|
| | Moins | Moins de débit | Défaillance de la boucle de régulation(La vanne PV 6155 bloquée fermée) | Inondation du compresseur par huile. | / | | | | maintenance (entretien)de la boucle de régulation6155 |
| Température | Plus de | Haute température | Augmentation de la température dans le ballon 410/6103 (LV6163 bloquée fermée). | Augmentation de pression Surcharge du compresseur Surchauffe des bobines du moteur fuite ; jet enflammé UVCE | PAHH902 TAHH922 | | | 10 | Vérification périodique de PAHH902 TAHH922 |
| | Moins de | Basse température | Baisse de température dans le ballon 410/6103 (LV6163 Bloquée ouverte et PV6155 bloquée fermée). | Baisse de pression avec risque de formation du liquide et endommagement du compresseur | / | | | | / |

Conclusion :

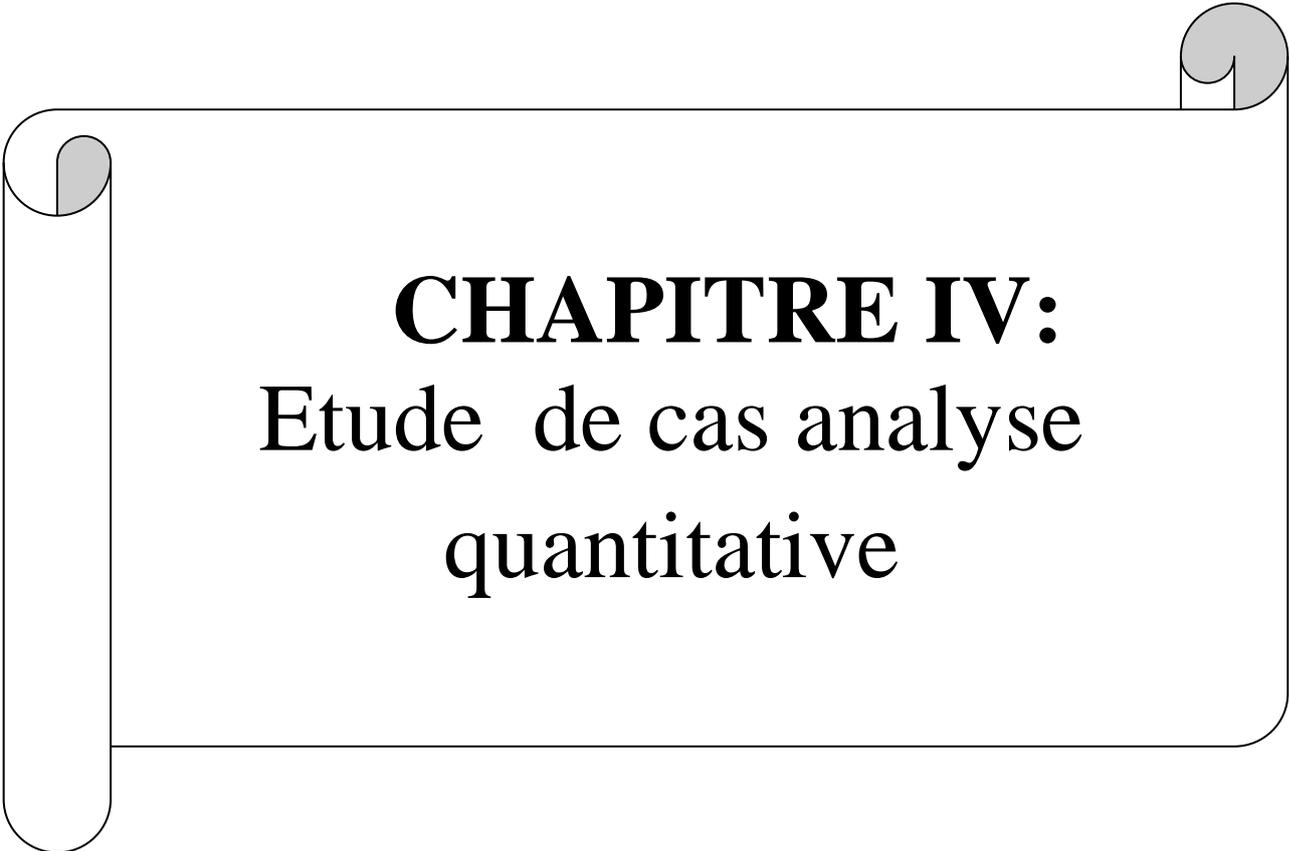
En conclusion, la présentation des équipements et l'analyse HAZOP (Hazard and Operability Study) sont des étapes essentielles dans la gestion de la sécurité des installations industrielles. Les équipements jouent un rôle crucial dans la performance et la fiabilité des processus industriels, tandis que l'analyse HAZOP identifie les dangers potentiels et les risques opérationnels associés à ces équipements.

La présentation des équipements permet de mettre en évidence les caractéristiques clés des dispositifs utilisés dans l'industrie, en mettant l'accent sur leur conception, leur fonctionnement et leur maintenance. Elle aide les professionnels à comprendre les spécificités des équipements, à choisir ceux qui conviennent le mieux à leurs besoins et à prendre des décisions éclairées pour garantir la sécurité et l'efficacité des processus.

D'autre part, l'analyse HAZOP est une méthodologie structurée qui identifie les scénarios de défaillance potentiels, évalue leurs conséquences et propose des mesures préventives pour minimiser les risques. Elle implique une évaluation approfondie des équipements, des procédures et des opérations, en prenant en compte les aspects humains, techniques et environnementaux. L'analyse HAZOP contribue à la prévention des accidents majeurs, à l'amélioration de la sécurité des travailleurs et à la protection de l'environnement.

En combinant la présentation des équipements avec l'analyse HAZOP, les entreprises peuvent garantir une approche globale de la sécurité industrielle. Les équipements bien conçus et entretenus réduisent les risques de défaillance, tandis que l'analyse HAZOP identifie et traite les scénarios de défaillance potentiels avant qu'ils ne se transforment en accidents.

En conclusion, la présentation des équipements et l'analyse HAZOP sont des outils indispensables pour prévenir les accidents, minimiser les risques et assurer la sécurité des opérations industrielles. Il est crucial de les intégrer dans les processus de gestion des risques et de les mettre à jour régulièrement pour s'adapter aux changements technologiques et opérationnels. La sécurité doit toujours rester une priorité absolue dans tous les environnements industriels

A decorative graphic of a scroll with a black outline and grey shading on the rolled-up ends, framing the text.

CHAPITRE IV:
Etude de cas analyse
quantitative

Introduction à l'étude de cas Analyse préliminaire :

Dans ce chapitre, nous présentons un arbre de défaillances pour un système BOG (ébullition des gaz) contenant les ensembles suivants : ballon 06, pompe centrifuge, schiller07, compresseur Cooper 01 centrifuge, ballon 05, ballon 03, compresseur à vis volumétrique Howden 02, ballon 04. L'arbre analytique fournit les probabilités d'occurrences correspondantes.

A l'aide du logiciel Alloha, nous présentons également des simulations des phénomènes dangereux qui peuvent se produire en cas d'un de ces événements (bleve jet fire, flash fire, Uvce) ainsi que la probabilité que cet événement se produise et le nombre de personnes touchées.

Dans ce dernier cas, nous avons calculé la probabilité d'occurrence (perte de confinement des équipements du système BOG) par la méthode du réseau bayésien, nous avons obtenu les résultats et les avons comparés avec les résultats de l'arbre de défaillances.

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

I) L'analyse des risques par la méthode de l'arbre de défaillance :

L'analyse ADD a été faite en se basant sur les P&ID (Piping& Instrumentation diagram) et les manuels opératoires et logiciel arbre analyste , plus le réseau bayésien pour les équipements suivants:

- 1) ballon410/6106
- 2) ballon410/6105
- 3) ballon410/6103
- 4) Schiller405/6107
- 5) Compresseurs COOPER430/6101D/E
- 6) Compresseur 430/6102C/D
- 7) ballon 410/6104
- 8) Pompes centrifuge 425/6101 D/E

I.1. Probabilité [31] :

Nous avons utilisé le livre oreda et exida pour obtenir ces possibilités

IV-1 : probabilité des équipements de BOG [31]

| Elément / équipement | Probabilité |
|---|----------------|
| Compresseur centrifuge | 106.10^{-6} |
| Pompe centrifuge | 184.10^{-6} |
| Compresseur volumétrique à vis | 153.10^{-6} |
| Aérocondenseurs 405/6104A | $20,5.10^{-6}$ |
| Ballon flash (410/6106) | $3,6.10^{-5}$ |
| Ballons séparateurs | $5,1.10^{-5}$ |
| Schiller | $13,7.10^{-6}$ |
| FT | $7,13.10^{-6}$ |
| LT | $7,13.10^{-6}$ |
| PT | $1,6.10^{-6}$ |
| TT | $1,3.10^{-6}$ |
| Elément de contrôle (contrôleur) « PIC, FIC, TIC, LIC ... » | $5,5.10^{-6}$ |
| PY (I/P converter) | $1,7.10^{-6}$ |

Tab IV2 : probabilité des vannes de régulation pour les équipements de BOG [31]

| Type de vanne | Tag de la vanne | Probabilité |
|------------------|--|-----------------|
| Globe valve | PV6184 / PV6143 / LV 6261 A et B/ FV6151/ LV6164/ PV6154/ LV 6160 / LV6163 / PV6155 / PV6156 | $3,75.10^{-6}$ |
| Butter Fly valve | TV6151 / PV6133/ PV6183 | $9,31. 10^{-6}$ |
| Ball valve | PV 171 / PV6152 | $3,31. 10^{-6}$ |

Séisme : 4.10^{-5}

I-2)l'arbre de défaillance :

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

a ce stade nous présentons une méthode qui nous parait efficace pour déterminer les cause possibles profonds de l'évènement centrale redoutables aux graves conséquences (le ballon 06 hord de contrôle à l'aide d'étude précédente Hazop et d'un logiciel arbre analyste

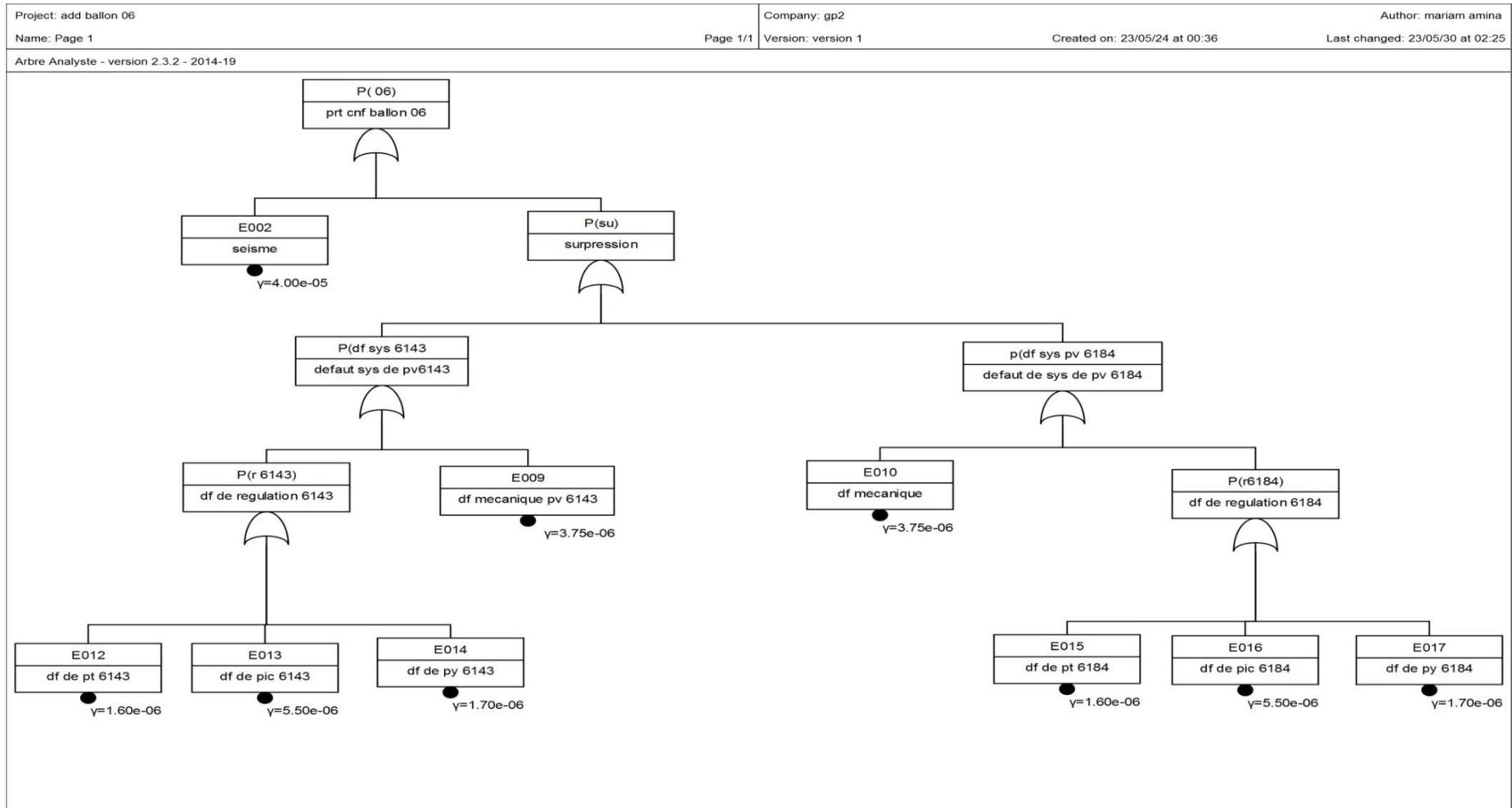


Figure IV - 22 : ADD de ballon 06

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

compte tenu nous passons à la détermination des causes concernant la pompe 01 hors de contrôle à l'aide de l'analyse Hazop

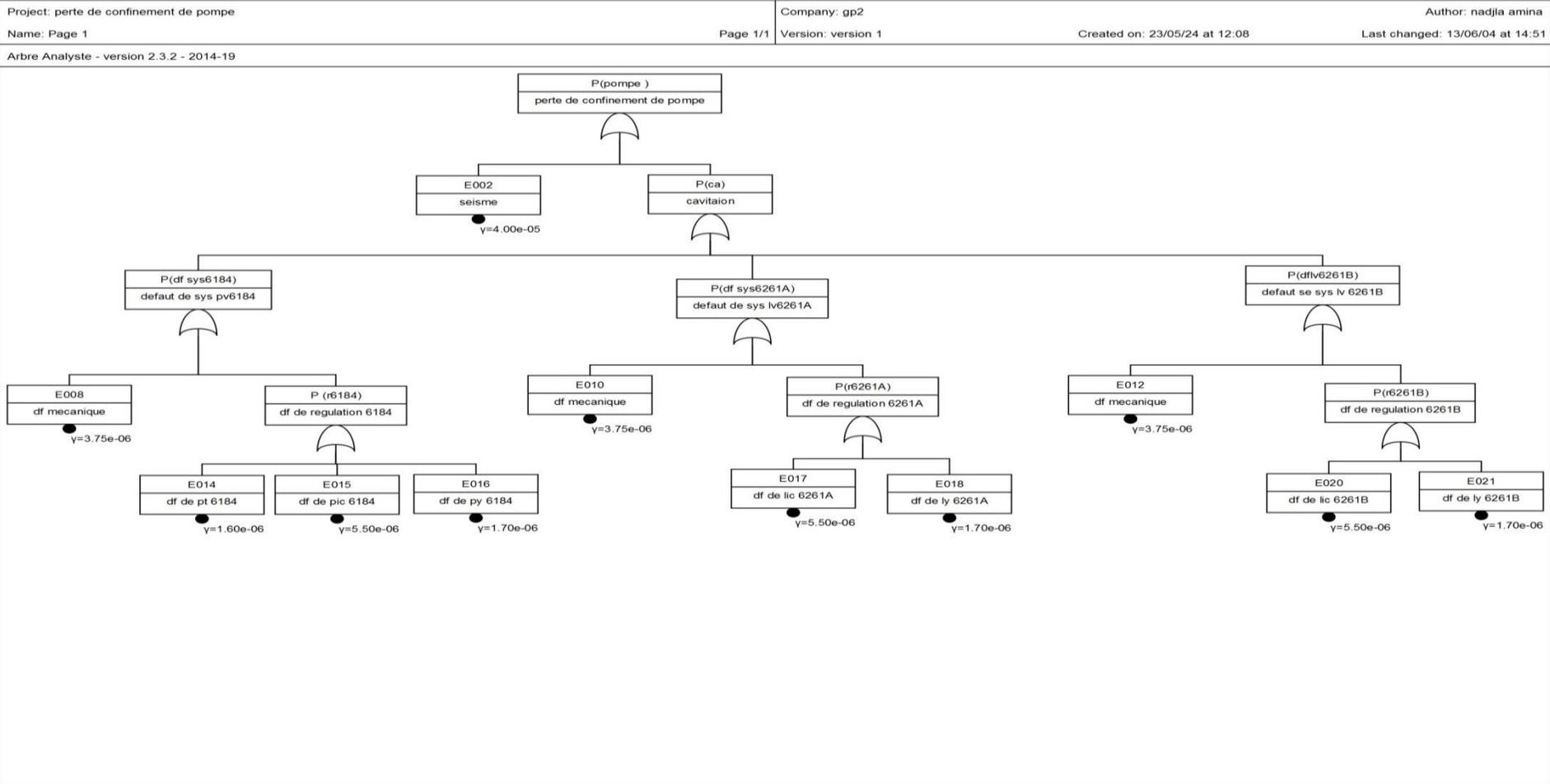


Figure IV - 23 : ADD pompe 01

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

maintenant c'est autour du compresseur Cooper même topo .avec une analyse qui a 3feuilletts (pages)avec toujours l'utilisation de l'HAZOP

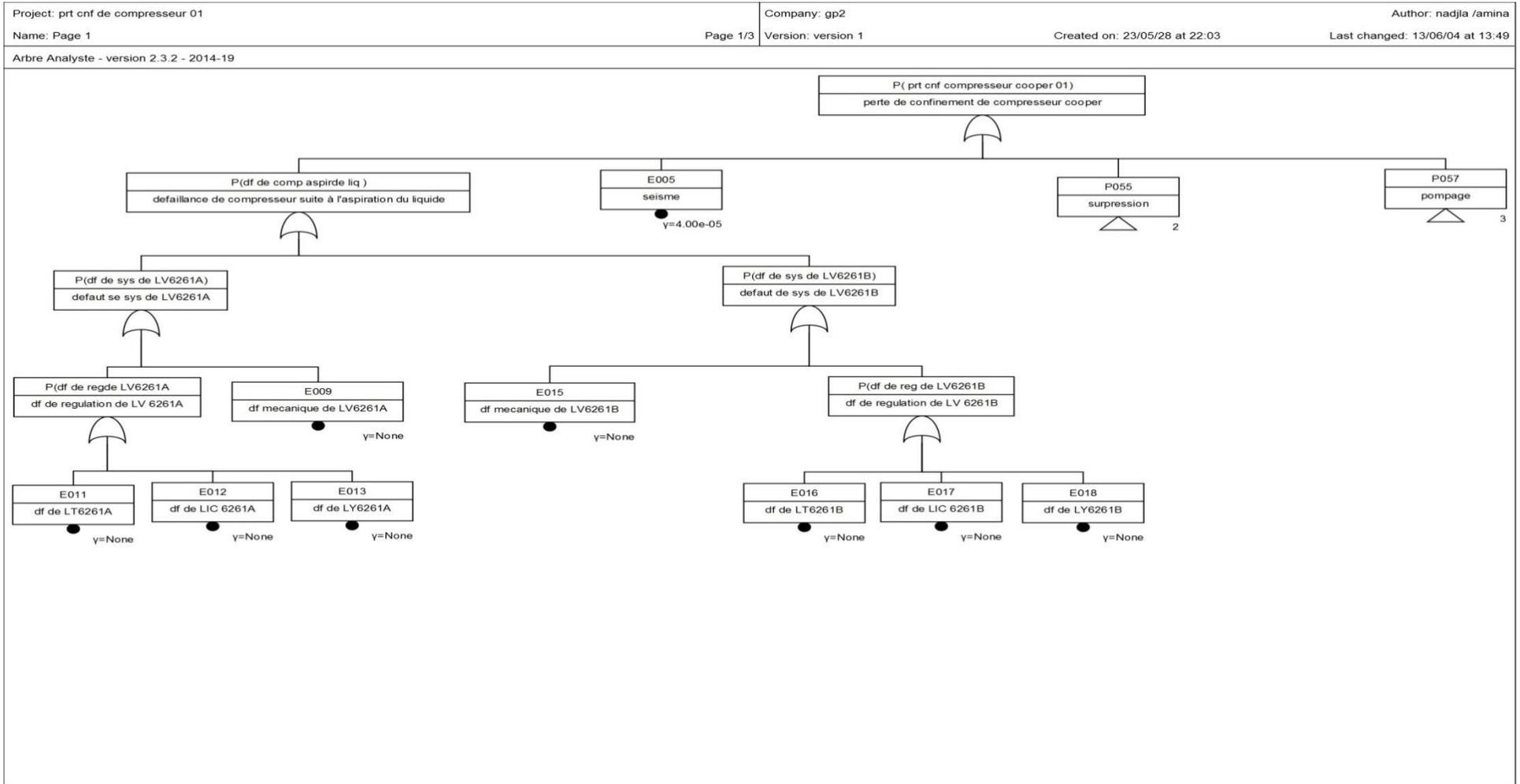


Figure IV-24: Add de compresseur cooper 01 page 1

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

pareillement

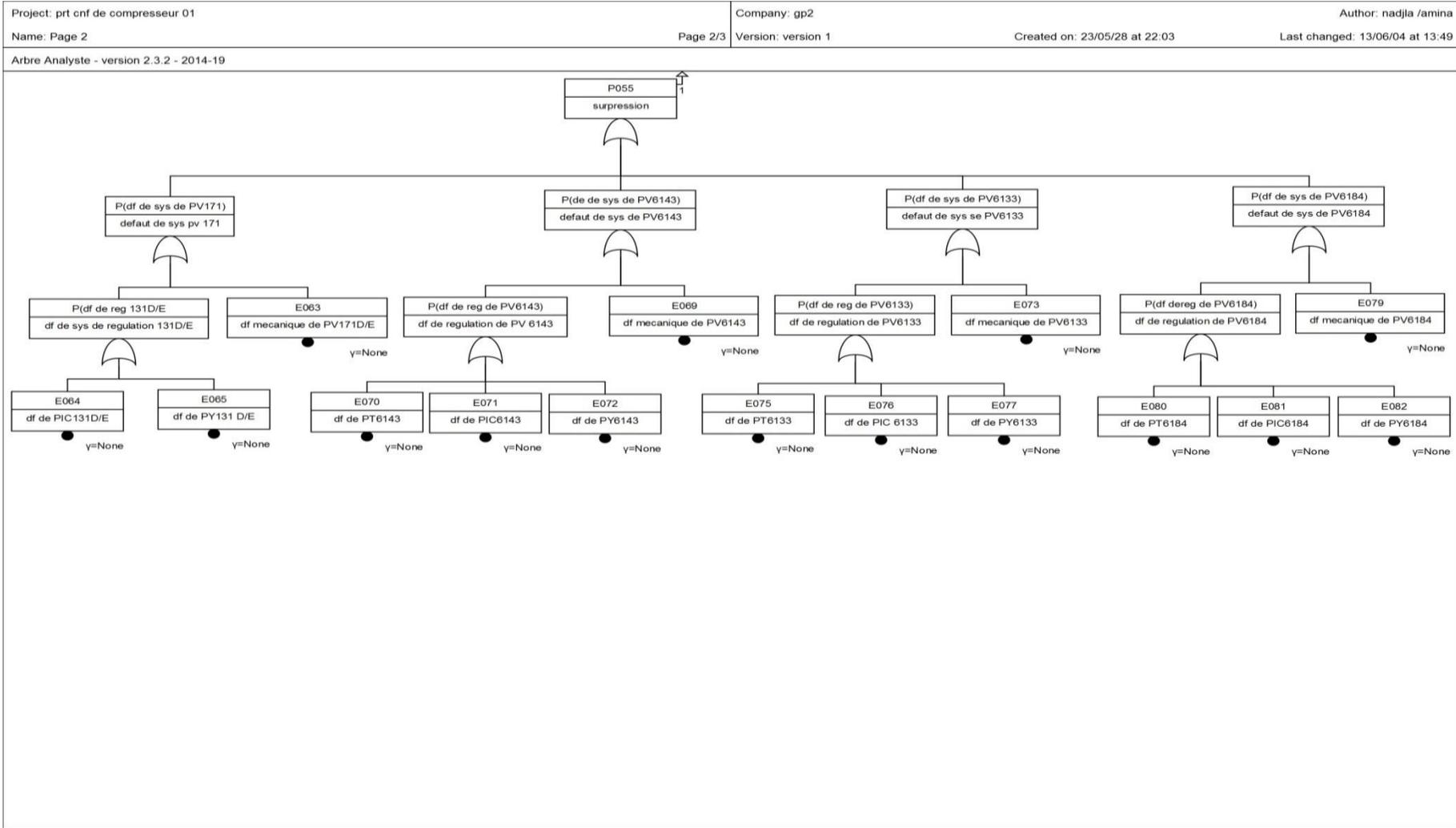


Figure IV-25 : ADD compresseur Cooper 01 page 2

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

pareillement comme page 1et 2(compresseur Cooper)

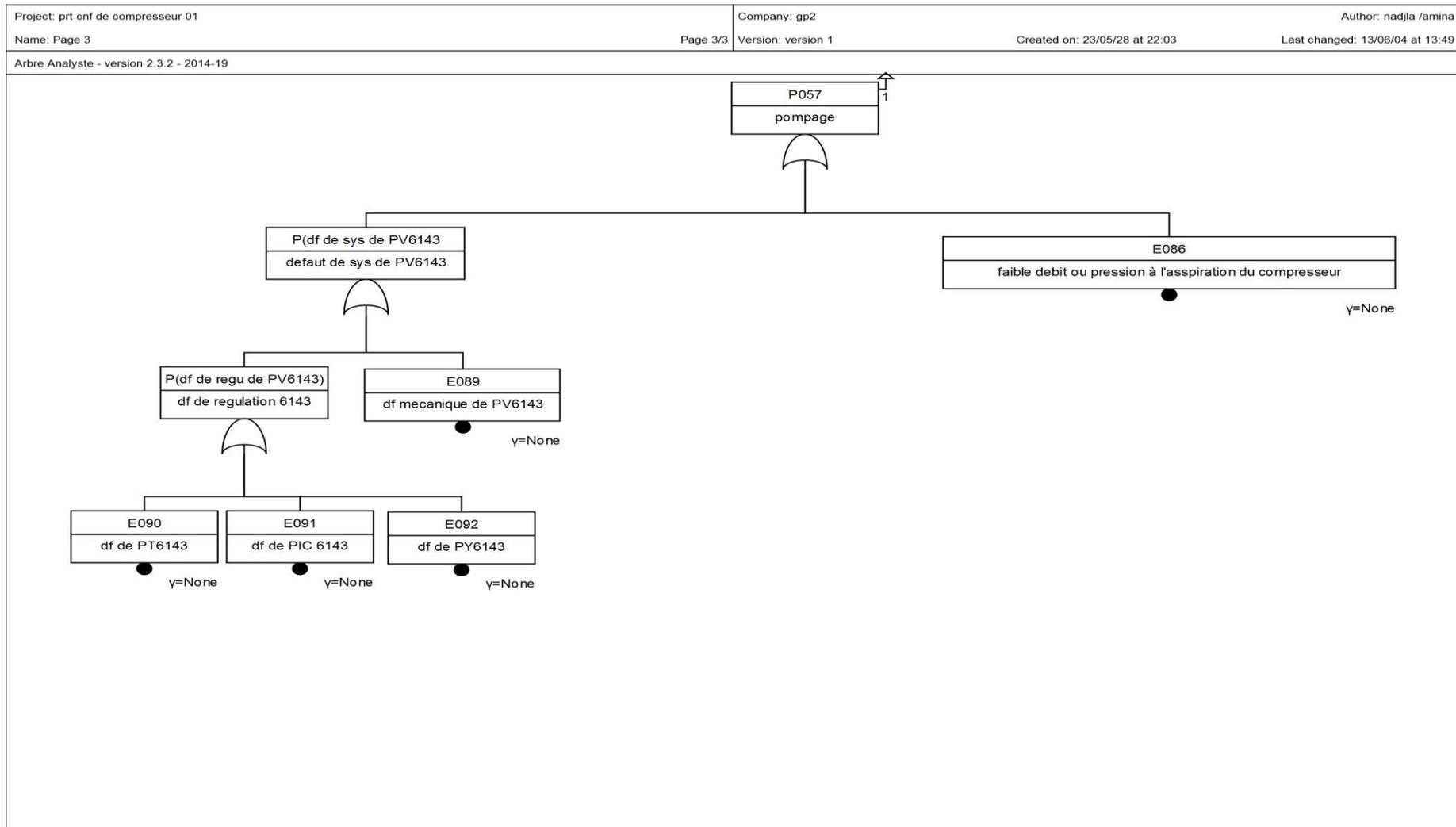


Figure IV - 26 : Add de compresseur Cooper 01page 3

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

c'est autour de l'organe dénommée « Schiller » en utilisant toujours la même analyse avec la méthode Hazop

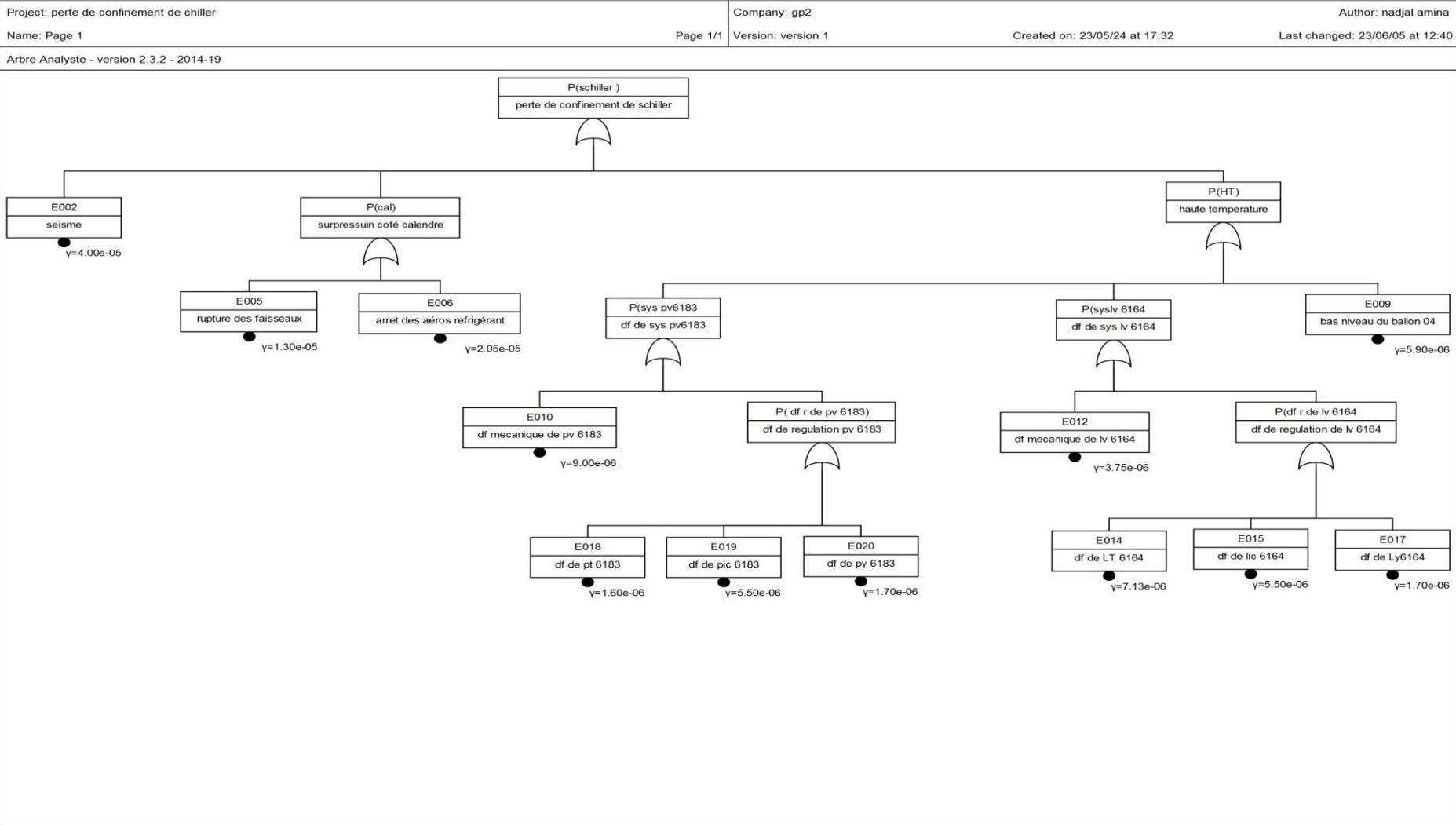


Figure IV - 27: Add de Schiller 07

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

La même procédure est effectuée pour le ballon 05 .

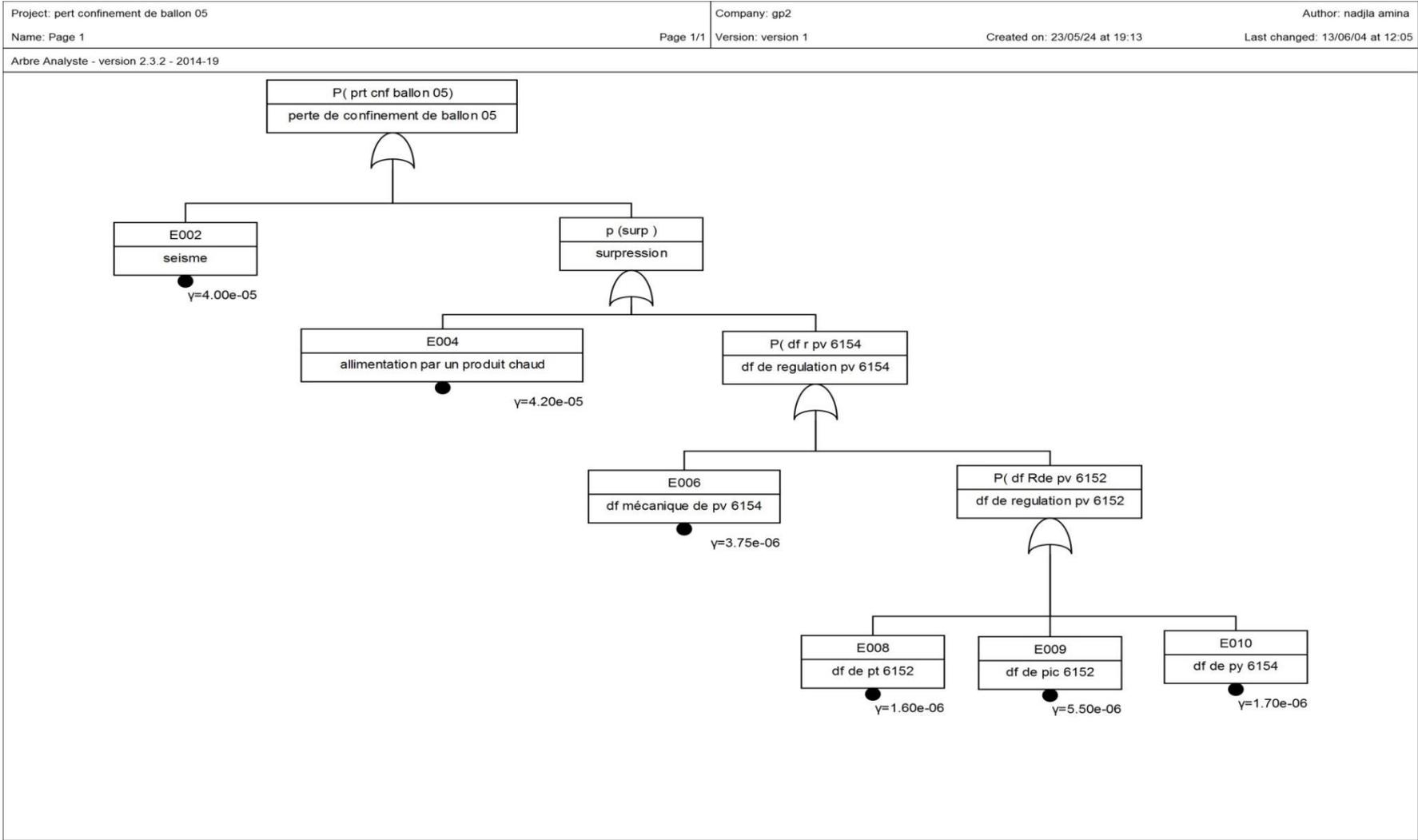


Figure IV- 28 : Add de ballon 05

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Pareille pour le ballon 03

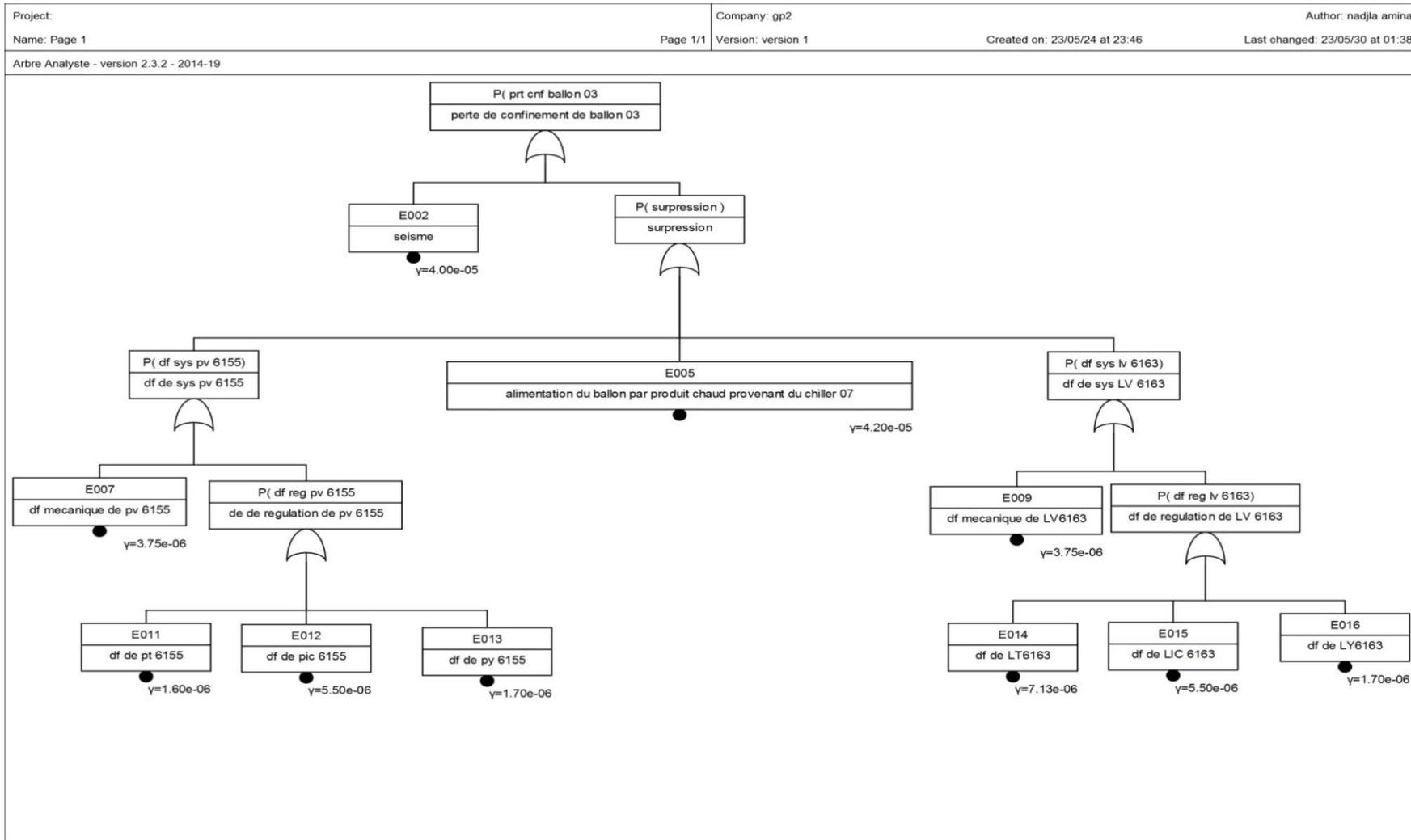


Figure IV - 29: add de ballon 03

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Même procédure que celle abordé pour le ballon 05et le ballon 03.

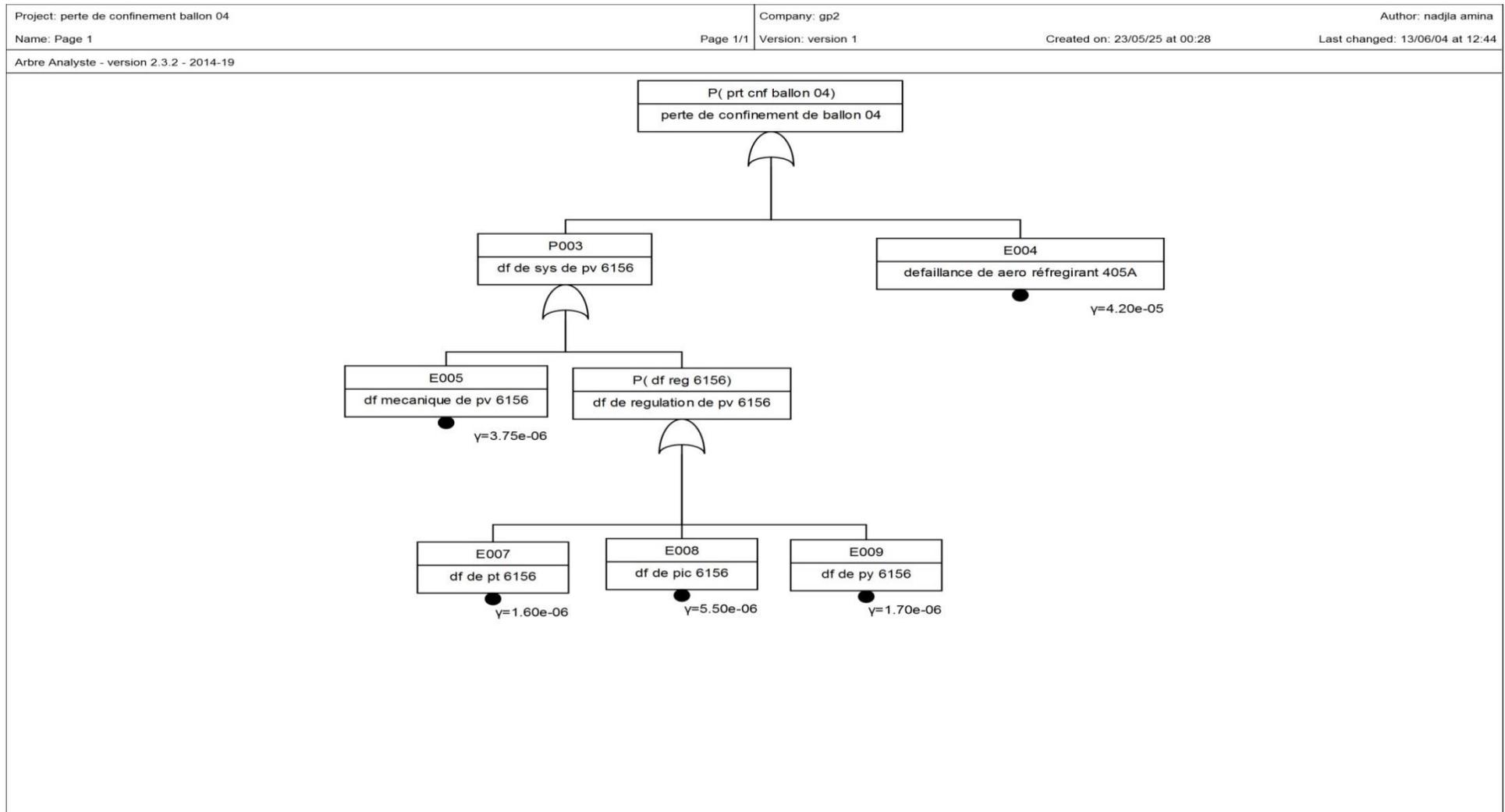


Figure IV - 30 : Add de ballon 04

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

dans le même sillage nous procédons une analyse à cet équipement important .le logiciel arbre analyste nous reflète 2pages .

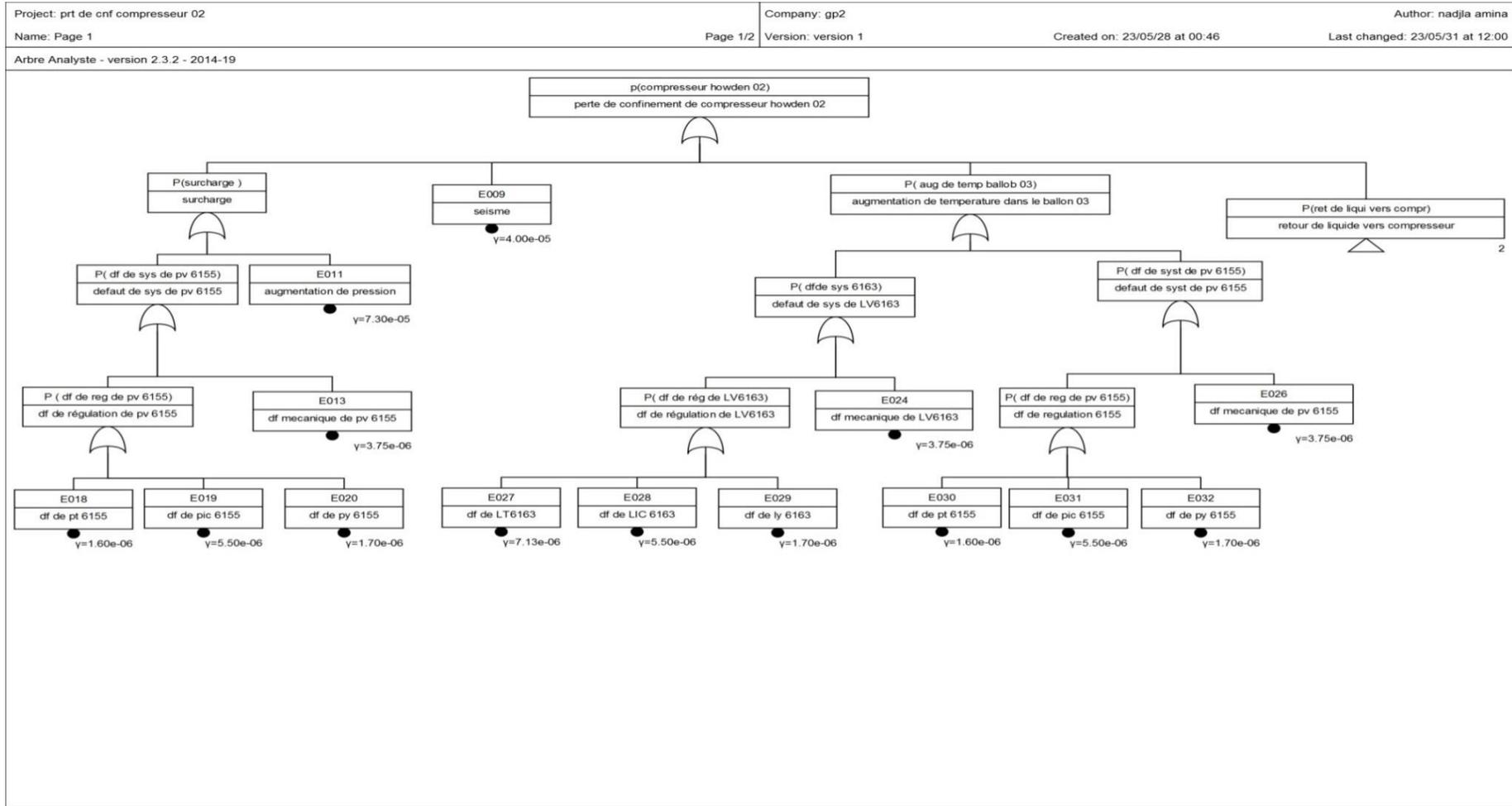


Figure IV - 31 : add compresseur Howden 02 page 1

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

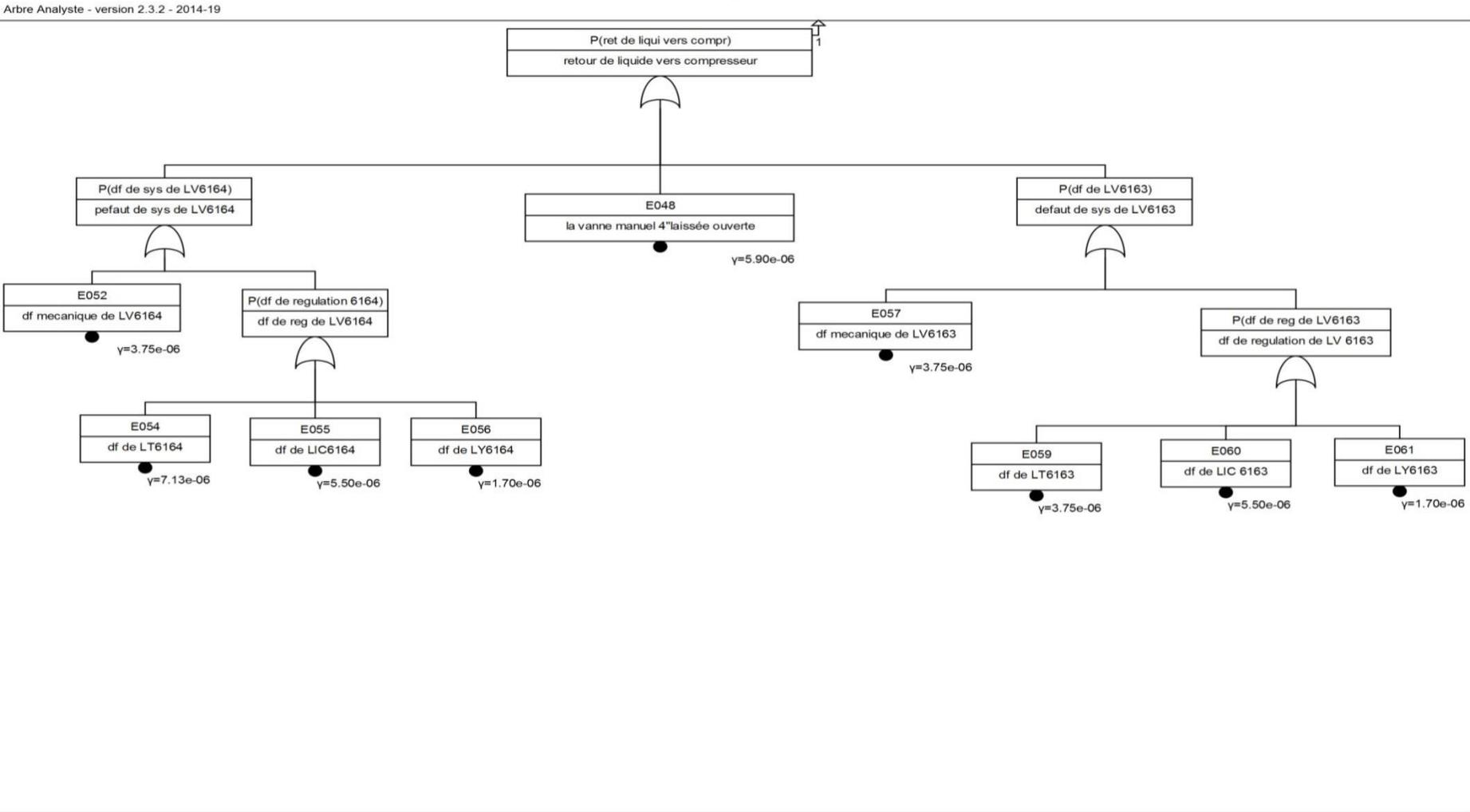


Figure IV - 32 : add compresseur Howden 02 page 2

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

I.3) les resultats de l'arbre de défaillance :

Par la synthèse de ce travail on a abouti comment les calculs des probabilités détaillées sont obtenues a partir des données du site ainsi que les bases de données (oreda ,exida) ,par la suite un tableau résume les coupes minimales et les résultats de probabilités de l'événement redouté centrale (perte de confinement du ballon 06).ces résultats sont obtenues AIdaide de logiciel « arbre analyste » et de son arbre de défaillance .

Perte de confinement de ballon 06 = surpression + séisme

Surpression =défaut de système de PV6184+défaut de système de PV 6143

Défaut de système de PV6184= défaillance de régulation de PV6184 +défaut mécanique PV6184

Défaut de système de PV6143=défaillance de la régulation de PV6143+ défaut mécanique de 6143

Défaillance de régulation PV 6184=défaillance de PT 6184+défaillance de PIC 6184+ défaillance de PY 6184

Défaillance de la régulation de PV6143= défaillance de PT 6143+défaillance de PIC 6143+ défaillance de PY 6143

Tableau IV-03 :les coupes minimales et ses probabilité de défaillance de ballon 06

| Evénement | Description (les coupes minimales) | Probabilité |
|-----------|------------------------------------|----------------|
| E002 | Séisme | $4*10^{-5}$ |
| E010 | Défaillance de PT6143 | $1.6*10^{-6}$ |
| E017 | Défaillance de PIC 6143 | $5.5*10^{-6}$ |
| E015 | Défaillance de PY 6143 | $1.7*10^{-6}$ |
| E016 | Défaillance de PT6184 | $1.6*10^{-6}$ |
| E009 | Défaillance de PIC 6184 | $5.5*10^{-6}$ |
| E014 | Défaillance de PY 6184 | $1.7*10^{-6}$ |
| E012 | Défaut mécanique de PV | $3.75*10^{-6}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

| | | |
|------|--------------------------------|----------------|
| | 6184 | |
| E013 | Défaut mécanique de PV 6143 | $3.75*10^{-6}$ |

TableauxIV-04 :de ballon 06

| Information générale | Résultats |
|---|---|
| -projet :add de ballon 06 -société GP2 | La probabilité de perte de confinement de ballon 06 $=6.51*10^{-5}$ |

L'opération suivante concerne la pompe .

Perte de confinement de pompe =cavitation + séisme

Cavitation = défaut de système de PV6184+défaut de système de LV6261A+ défaut de système de LV6261B

Défaut de système de PV6184= défaillance de régulation de PV6184+défaut mécanique de PV 6184

Défaillance de régulation de PV6184 = défaillance de PT6184+défaillance de PIC 6184 + défaillance de PY 6184

Défaut de système de LV6261A = défaillance de régulation de LV6261A+défaut mécanique de LV6261A

Défaut de système de LV6261B = défaillance de régulation de LV6261B+défaut mécanique de LV6261B

Défaillance de régulation de LV6261A= défaillance de LIC6261A + défaillance de LY 6261A

Défaillance de régulation de LV6261B= défaillance de LIC6261B+défaillance de LY6261B

Tableau IV-05 :les coupes minimales et ses probabilité de défaillancede la pompe 01

| Evénement | Description | Probabilité |
|-----------|-------------------------|---------------|
| E002 | Défaillance de PT6184 | $1.6*10^{-6}$ |
| E008 | Défaillance de PIC 6184 | $5.5*10^{-6}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

| | | |
|------|---------------------------------|----------------|
| E016 | Défaillance de PY 6184 | $1.7*10^{-6}$ |
| E014 | Défaut mécanique PV 6184 | $3.75*10^{-6}$ |
| E015 | Défaillance de LIC6261A | $5.5*10^{-6}$ |
| E010 | Défaillance de LY6261A | $1.7*10^{-6}$ |
| E017 | Défaut mécanique de LV6261A | $3.75*10^{-6}$ |
| E018 | Défaillance de LIC6261B | $5.5*10^{-6}$ |
| E012 | Défaillance de LY6261B | $1.7*10^{-6}$ |
| E021 | Défaut mécanique de LV 6261B | $3.75*10^{-6}$ |
| E020 | Séisme | $4*10^{-5}$ |

Tableau IV-06 : de la pompe 01

| Information générale | Résultats |
|---|---|
| -projet :add de la pompe 01 -société GP2 | La probabilité de perte de confinement de la pompe 01 $=7.44*10^{-5}$ |

L'analyse et l'étude de cet organe (schiller 07) nous renseigne sur 12 coupes minimales tels que c'est présenté dans de tableau IV-07 .

Perte de confinement de Schiller = suppression + haute pression + séisme

Suppression = rupture des faisceaux + arrêt des aéros réfrigérant

Haute température = défaut de système de LV6164 + défaut de système de PV6183 + bas niveau de ballon 04

Défaut de système de LV6164 = défaillance de régulation de LV6164 + défaut mécanique de LV 6164

Défaut de système de PV6183 = défaillance de régulation de PV6183 + défaut mécanique de PV6183

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Défaillance de régulation de LV6164=défaillance de LT6164+défaillance de LIC6164+défaillance de LY6164

Défaillance de régulation de PV6183 =défaillance de PT6183+défaillance de PIC6183+défaillance PY6183

Tableau IV-07 : les coupes minimales et ses probabilité de défaillance de Schiller 07

| Evénement | Description | Probabilité |
|-----------|--------------------------------|----------------|
| E002 | Défaillance de PT 6183 | $1.6*10^{-6}$ |
| E009 | Défaillance de PIC 6183 | $5.5*10^{-6}$ |
| E012 | Défaillance dePY6183 | $1.7*10^{-6}$ |
| E017 | Défaut mécanique de PV 6183 | $9.31*10^{-6}$ |
| E014 | Bas niveau de ballon 04 | $5.9*10^{-6}$ |
| E015 | Défaillance de LT 6164 | $7.13*10^{-6}$ |
| E010 | Défaillance de LIC6164 | $5.5*10^{-6}$ |
| E019 | Défaillance de LY6164 | $1.7*10^{-6}$ |
| E018 | Défaut mécanique de LV6164 | $3.75*10^{-6}$ |
| E020 | Rupture des faisceaux | $1.3*10^{-5}$ |
| E006 | Arrêt des aéros réfrigérant | $2.05*10^{-5}$ |
| E005 | Séisme | $4*10^{-5}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Tableau IV-08 : de Schiller 07

| Information générale | Résultats |
|---|---|
| -projet :add de Schiller 07 -société GP2 | La probabilité de perte de confinement de Schiller 07 =0.000115 |

Pour le ballon 05 les probabilités (les coupes minimales) sont de l'ordre de 6 tels que c'est indiquée dans le tableau IV-09 .

Perte de confinement de ballon 05 =défaut de système de PV6154+alimentation du ballon par un produit chaud provenant du Schiller +séisme

Défaut de système de PV 6154= défaillance de régulation de PV 6154+défaut mécanique de PV6154

Défaillance de régulation de PV6154=défaillance de PT6152+défaillance de PIC 6152+défaillance de PY 6154

Tableau IV-09 : les coupes minimales et ses probabilité de défaillancede ballon 05

| Evénement | Description | Probabilité |
|-----------|-------------------------------------|----------------------|
| E002 | Défaillance de PT6152 | $1.6 \cdot 10^{-6}$ |
| E004 | Défaillance de PIC 6152 | $5.5 \cdot 10^{-6}$ |
| E006 | Défaillance de PY6154 | $1.7 \cdot 10^{-6}$ |
| E009 | Défaut de PV 6154 | $3.75 \cdot 10^{-6}$ |
| E008 | Haute température de Schiller 07 | $4.2 \cdot 10^{-5}$ |
| E010 | Séisme | $4 \cdot 10^{-5}$ |

Tableau IV-10 :de ballon 05

| Information générale | Résultats |
|---|--|
| -projet :add de ballon 05 -société GP2 | La probabilité de perte de confinement de ballon 05 = $9.45 \cdot 10^{-5}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Pour le ballon 03 l'analyse nous donne 10 coupes minimales (voir le tableau IV-11).

Perte de confinement de ballon 03 = surpression + séisme

Surpression = défaut de système de LV6163+défaut de système de PV6155+haute température de Schiller

Défaut de système de LV6163= défaillance de régulation de LV 6163+défaut mécanique de LV6163

Défaut de système de PV 6155=défaillance de régulation PV6155+ défaut mécanique de PV 6155

Défaillance de régulation de LV6163=défaillance de LT 6163 + défaillance de LIC 6163 + défaillance de LY6163

Défaillance de régulation de PV 6155 = défaillance de PT6155+ défaillance de PIC6155+ défaillance de PY6155

Tableau IV-11 : les coupes minimales et ses probabilité de défaillance de ballon 03

| Evénement | description | Probabilité |
|-----------|--------------------------------|----------------|
| E002 | Défaillance dePT6155 | $1.6*10^{-6}$ |
| E005 | Défaillance dePIC6155 | $5.5*10^{-6}$ |
| E009 | Défaillance dePY6155 | $1.7*10^{-6}$ |
| E016 | Défaut mécanique de PV 6155 | $3.75*10^{-6}$ |
| E014 | Défaillance deLT6163 | $7.13*10^{-6}$ |
| E015 | Défaillance de LIC 6163 | $5.5*10^{-6}$ |
| E007 | Défaillance de LY 6163 | $1.7*10^{-6}$ |
| E013 | Défaut mécanique de LV6163 | $3.75*10^{-6}$ |
| E011 | Haute température de Schiller | $4.2*10^{-5}$ |
| E012 | Séisme | $4*10^{-5}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Tableau IV-12 :de ballon 03

| Information générale | Résultats |
|---|---|
| -projet :add de ballon 03 -société GP2 | La probabilité de perte de confinement de ballon 03 =0.000113 |

Pour le ballon 04 nous stipule des résultats tels que c'est mentionnée dans le tableau IV-13.

Perte de confinement de ballon 04 = surpression + séisme

Surpression = défaut de système de PV6156+haute température de Schiller

Défaut de système de PV6156 = défaillance de régulation de PV6156 + défaut mécanique de PV6156

Défaillance de régulation de PV6156 = défaillance de PT6156+défaillance de PIC 6156 + défaillance de PY6156

Tableau IV-13 :les coupes minimales et ses probabilité de défaillancede ballon 04

| Evénement | Description | Probabilité |
|-----------|---------------------------------|----------------------|
| E004 | Défaillance de PT6156 | $1.6 \cdot 10^{-6}$ |
| E005 | Défaillance de PIC6156 | $5.5 \cdot 10^{-6}$ |
| E007 | Défaillance de PY6156 | $1.7 \cdot 10^{-6}$ |
| E008 | Défaut mécanique de PV6156 | $3.75 \cdot 10^{-6}$ |
| E009 | Défaillance de l'aroréfrigirant | $4.2 \cdot 10^{-5}$ |
| E010 | Séisme | $4 \cdot 10^{-5}$ |

Tableau IV-14 :de ballon 04

| Information générale | Résultats |
|---|---|
| -projet :add de ballon 04 -société GP2 | La probabilité de perte de confinement de ballon 04= $5.45 \cdot 10^{-5}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Le compresseur Howden s'ensuit les résultats des probabilités détaillées dont leurs résultats sont de l'ordre 23 d'après les bases de données.

Perte de compresseur Howden = surcharge + augmentation de température de ballon 03 + retour de liquide vers compresseur + séisme

Surcharge = système Augmentation de température de ballon 03 = défaut de système LV 6164 + défaut de système de LV 6155

Retour de liquide vers compresseur = défaut de système LV 6163+ défaut de la vanne 4''

Défaut de PV6155= défaillance de régulation de PV 6155 + défaut mécanique de PV 6155

Défaut de LV 6164 = défaillance de régulation de LV 6164+défaut mécanique de LV 6164

Défaut de LV 6155 = défaillance de régulation de LV6155 + défaut mécanique de PV6155

Défaut de système de LV 6163= défaillance de régulation de LV 6163 + défaut mécanique de LV 6163

Défaillance de régulation de PV 6155 = défaillance de PT6155+ défaillance de PIC 6155+ défaillance de PY6155

Défaillance de régulation de LV 6164=défaillance de LT6164+ défaillance de LIC6164+ défaillance de LY6164

Défaillance de régulation LV 6163 = défaillance de LT6163+ défaillance de LIC6163+ défaillance de LY6163

Tableau IV-15 :de coupes minimales et ses probabilité de défaillance de compresseur Howden 02

| Evénement | Description | Probabilité |
|-----------|--------------------------------|----------------------|
| E009 | Défaillance de PT6155 | $1.6 \cdot 10^{-6}$ |
| E011 | Défaillance de PIC 6155 | $5.5 \cdot 10^{-6}$ |
| E013 | Défaillance dePY 6155 | $1.7 \cdot 10^{-6}$ |
| E019 | Défaut mécanique de PV 6155 | $3.75 \cdot 10^{-6}$ |
| E018 | Défaillance de LT6164 | $7.13 \cdot 10^{-6}$ |
| E020 | Défaillance de LIC 6164 | $5.5 \cdot 10^{-6}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

| | | |
|------|--------------------------------|----------------|
| E048 | Défaillance de LY 6164 | $1.7*10^{-6}$ |
| E052 | Défaut mécanique de LV 6164 | $3.75*10^{-6}$ |
| E054 | Défaillance deLT6163 | $7.13*10^{-6}$ |
| E056 | Défaillance de LIC 6163 | $5.5*10^{-6}$ |
| E055 | Défaillance de LY 6163 | $1.7*10^{-6}$ |
| E057 | Défaut mécanique de LV 6163 | $3.75*10^{-6}$ |
| E059 | Suppression de ballon 03 | $7.3*10^{-5}$ |
| E061 | défaut de la vanne 4’’ | $5.9*10^{-6}$ |
| E060 | Défaillance dePV6155 | $1.6*10^{-6}$ |
| E026 | Défaillance de PIC 6155 | $5.5*10^{-6}$ |
| E032 | Défaillance de PY 6155 | $1.7*10^{-6}$ |
| E030 | Défaut mécanique de PV 6155 | $3.75*10^{-6}$ |
| E031 | Défaillance de LT6163 | $7.13*10^{-6}$ |
| E024 | Défaillance de LIC 6163 | $5.5*10^{-6}$ |
| E028 | Défaillance de LY 6163 | $1.7*10^{-6}$ |
| E029 | Défaut mécanique de LV 6163 | $3.75*10^{-6}$ |
| E027 | Séisme | $4*10^{-5}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Tableau IV-16 :de compresseur Howden02

| Information générale | Résultats |
|--|--|
| -projet :add de compresseur Howden -société GP2 | La probabilité de perte de confinement de compresseur Howden =0.000198 |

Concernant le compresseur Cooper les résultats sont pris directement de la base de données Oreda et Exida 0l'invers des autres équipements

Perte de confinement de compresseur Cooper = pompage + suppression + séisme + défaillance de compresseur suite à l'aspiration de liquide

Pompage = défaut de système de PV 6143+ faible débit à l'aspiration

Supression = défaut de système de PV 6133+défaut de système de PV6143+ défaut de système de PV 171+ défaut de système de PV 6184

Défaillance de compresseur suite à l'aspiration de liquide = défaut de système de LV6261A+défaut de système de LV6261B

Défaut de système de PV 6143= défaillance de régulation de PV 6143+ défaut mécanique de PV 6143

Défaut de système de PV 6133= défaillance de régulation de PV 6133+ défaut mécanique de PV 6133

Défaut de système de PV 171= défaillance de régulation de 131D/E+ défaut mécanique de PV 171

Défaut de système de PV 6184= défaillance de régulation de PV 6184+ défaut mécanique de PV 6184

Défaut de système de LV6261A= défaillance de régulation de LV6261A+ défaut mécanique de LV6261A

Défaut de système de LV6261B = défaillance de régulation de LV6261B+ défaut mécanique de LV 6261B

Défaillance de régulation de PV 6143=défaillance de PT6143 + défaillance de PIC 6143 + défaillance de PY6143

Défaillance de régulation de PV 6133= défaillance de PT6133 + défaillance de PIC 6133 + défaillance de PY6133

Défaillance de régulation de 131D/E= défaillance de PIC131 D/E + défaillance de PY171 D/E

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Défaillance de régulation de PV 6184= défaillance de PT6184 + défaillance de PIC 6184+
défaillance de PY6184

Défaillance de régulation de LV6261A= défaillance de LT6261A + défaillance de LIC 6261A
+ défaillance de LY6261A

Défaillance de régulation de LV6261B= défaillance de LT 6261B + défaillance de LIC6261B
+ défaillance de LY6261B

Remarque[31] : la probabilité de défaillance de compresseur Cooper 01 =0.00016

II) Les phénomènes dangereux :

II-1) informations générale pour les phénomènes dangereux :

Les phénomènes dangereux font référence à des événements, situations ou conditions qui présentent un risque potentiel pour la santé, la sécurité ou l'environnement. Ces phénomènes peuvent engendrer des conséquences néfastes, allant des blessures personnelles et des dommages matériels aux catastrophes majeures.

On a deux catégories de phénomènes dangereux :

- 1) Les phénomènes dangereux d'inflammation c'est bléve et jet fire
- 2) Les phénomènes dangereux de non inflammation c'est UVCE et flash fire

Tableau IV-17 : probabilités des phénomènes dangereux

| Phénomène dangereux | UVCE | Flash fire | Jet fire | Bléve |
|---------------------|------|------------|----------|-------|
| La probabilité | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.6 |

II-2) les calculs de probabilités des phénomènes dangereux :

II-2-a) Calcul pour le ballon 06 :

A ce niveau nous considérons que les valeurs des probabilités d'occurrence des phénomènes dangereux relatifs à l'équipement ballon 06 sont obtenus à partir des résultats trouvés par l'analyse et en les multipliant par les valeurs de la base des données.

La probabilité de bléve₀₆ = la probabilité de perte de confinement de ballon 06 * la probabilité d'inflammation * la probabilité de bléve

$$P(B06) = 6.5 \cdot 10^{-5} \cdot 0.6 \cdot 0.7$$

$$P(B06) = 3.9 \cdot 10^{-5}$$

La probabilité de jet fire 06 = la probabilité de perte de confinement de ballon 06 * probabilité d'inflammation * la probabilité de jet fire

$$(JF06) = 0.4 \cdot 0.7 \cdot 6.5 \cdot 10^{-5}$$

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

$$(JF\ 06)=1.8*10^{-5}$$

La probabilité de UVCE 06 = la probabilité de perte de confinement de ballon 06 *la probabilité de non inflammation * la probabilité de UVCE

$$P(UVCE06) =6.5*10^{-5}*0.3*0.6$$

$$P(UVCE06) =1.17*$$

La probabilité de flash fire de ballon 06 =la probabilité de perte de confinement de ballon 06 *la probabilité de non inflammation * la probabilité de flash fire

$$P(FF06) =6.5*10^{-5}*0.3*.04$$

$$P(FF06)=7.8*10^{-6}$$

II-2-b)Calcule pour la pompe :

Pour la pompe c'est les mêmes procédures qui suivent dans la détermination des valeurs :

Nous avons pris les résultats obtenus par le logiciel et en les multipliant par les valeurs de la base de données.

La probabilité de UVCE pompe = la probabilité de perte de confinement de la pompe *la probabilité de non inflammation * la probabilité de UVCE

$$P(UVCE de la pompe) =7.4*10^{-5}*0.3*0.6$$

$$P(UVCE de la pompe) =1.3*10^{-5}$$

La probabilité de flash fire de la pompe =la probabilité de perte de confinement de la pompe *la probabilité de non inflammation * la probabilité de flash fire

$$P(FFde la pompe) =7.4*10^{-5}*0.3*.04$$

$$P(FFde la pompe)=8.8*10^{-6}$$

II-2-c)Calcule pour le compresseur cooper

A ce stade, nous fournissons un calcul précis de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux de votre propre équipement compresseur Cooper 01 grâce aux recherches précédentes sur la probabilité d'occurrence de défaillance de compresseur Cooper 01

La probabilité de UVCE de cooper = la probabilité de perte de confinement de cooper *la probabilité de non inflammation * la probabilité de UVCE

$$P(UVCE de cooper) =10.6*10^{-5}*0.3*0.6$$

$$P(UVCE de Cooper) =1.9*10^{-5}$$

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

La probabilité de flash fire de Cooper = la probabilité de perte de confinement de Cooper * la probabilité de non inflammation * la probabilité de flash fire

$$P(\text{FFde cooper}) = 10.6 * 10^{-5} * 0.3 * 0.04$$

$$P(\text{FFde cooper}) = 1.2 * 10^{-5}$$

II-2d) Calcule de Schiller 07 :

La même manière pour les valeurs obtenues, notamment le produit des résultats données par le logiciel arbre analyste avec celle des valeurs dans la base de données avec des celle des valeurs dans la base de données

La probabilité de Schiller 07 = la probabilité de perte de confinement de Schiller 07 * la probabilité d'inflammation * la probabilité de bleve

$$P(\text{B de Schiller 07}) = 0.000115 * 0.06 * 0.7$$

$$P(\text{B de Schiller 07}) = 4.83 * 10^{-5}$$

La probabilité de UVCE 07 = la probabilité de perte de confinement de schiller 07 * la probabilité de non inflammation * la probabilité de UVCE

$$P(\text{UVCE 07}) = 0.000115 * 0.3 * 0.6$$

$$P(\text{UVCE 07}) = 2.07 * 10^{-5}$$

La probabilité de flash fire de ballon 07 = la probabilité de perte de confinement de schiller 07 * la probabilité de non inflammation * la probabilité de flash fire

$$P(\text{FF07}) = 0.000115 * 0.3 * 0.04$$

$$P(\text{FF07}) = 1.38 * 10^{-5}$$

II-2e) Calcule pour le ballon 05 :

Pareillement (voir l'équation p(B05))

$$P(\text{B05}) = 9.45 * 10^{-5} * 0.06 * 0.7$$

$$P(\text{B05}) = 3.96 * 10^{-5}$$

La probabilité de jet fire 05 = la probabilité de perte de confinement de ballon 05 * probabilité d'inflammation * la probabilité de jet fire

$$(\text{JF05}) = 0.4 * 0.7 * 9.45 * 10^{-5}$$

$$(\text{JF 05}) = 2.646 * 10^{-5}$$

La probabilité de UVCE 05 = la probabilité de perte de confinement de ballon 05 * la probabilité de non inflammation * la probabilité de UVCE

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

$$P(\text{UVCE05}) = 9.45 \cdot 10^{-5} \cdot 0.3 \cdot 0.6$$

$$P(\text{UVCE05}) = 1.701 \cdot 10^{-5}$$

La probabilité de flash fire de ballon 06 = la probabilité de perte de confinement de ballon 05 * la probabilité de non inflammation * la probabilité de flash fire

$$P(\text{FF05}) = 9.45 \cdot 10^{-5} \cdot 0.3 \cdot 0.04$$

$$P(\text{FF05}) = 1.134 \cdot 10^{-5}$$

II-2f) Calcule pour le ballon 03 :

Pareillement

La probabilité de bléve03 = la probabilité de perte de confinement de ballon 03 * la probabilité d'inflammation * la probabilité de bléve

$$P(\text{B03}) = 0.000113 \cdot 0.6 \cdot 0.7$$

$$P(\text{B03}) = 4.7 \cdot 10^{-5}$$

La probabilité de jet fire 03 = la probabilité de perte de confinement de ballon 03 * probabilité d'inflammation * la probabilité de jet fire

$$P(\text{JF03}) = 0.4 \cdot 0.7 \cdot 0.000113$$

$$P(\text{JF03}) = 3.1 \cdot 10^{-5}$$

$$P(\text{UVCE03}) = 0.000113 \cdot 0.3 \cdot 0.6$$

$$P(\text{UVCE03}) = 2.03 \cdot 10^{-5}$$

$$P(\text{FF03}) = 0.000113 \cdot 0.3 \cdot 0.04$$

$$P(\text{FF03}) = 1.35 \cdot 10^{-5}$$

II-2g) Calcule pour le compresseur HOWDEN :

Pareillement (voir l'équation ci-dessous)

La probabilité de UVCE de Howden = la probabilité de perte de confinement de Howden * la probabilité de non inflammation * la probabilité de UVCE

$$P(\text{UVCE de Howden}) = 0.000198 \cdot 0.3 \cdot 0.6$$

$$P(\text{UVCE de Howden}) = 3.56 \cdot 10^{-5}$$

La probabilité de flash fire de Howden = la probabilité de perte de confinement de Howden * la probabilité de non inflammation * la probabilité de flash fire

$$P(\text{FF de Howden}) = 0.000198 \cdot 0.3 \cdot 0.04$$

$$P(\text{FF de Howden}) = 2.376 \cdot 10^{-5}$$

II-2 h) Calcule pour le ballon 04 :

A ce stade, nous fournissons un calcul précis de la probabilité d'occurrence des phénomènes dangereux de votre propre équipement ballon 04 grâce aux recherches précédentes sur la probabilité d'occurrence de défaillance de ballon 04

La probabilité de bléve04 = la probabilité de perte de confinement de ballon 04 * la probabilité d'inflammation * la probabilité de bléve

$$P(B04) = 5.45 * 10^{-5} * 0.6 * 0.7$$

$$P(B04) = 2.289 * 10^{-5}$$

La probabilité de jet fire 04 = la probabilité de perte de confinement de ballon 04 * probabilité d'inflammation * la probabilité de jet fire

$$(JF04) = 0.4 * 0.7 * 5.45 * 10^{-5}$$

$$(JF 04) = 1.52 * 10^{-5}$$

La probabilité de UVCE 04 = la probabilité de perte de confinement de ballon 06 * la probabilité de non inflammation * la probabilité de UVCE

$$P(UVCE04) = 5.45 * 10^{-5} * 0.3 * 0.6$$

$$P(UVCE04) = 9.81 * 10^{-6}$$

La probabilité de flash fire de ballon 04 = la probabilité de perte de confinement de ballon 04 * la probabilité de non inflammation * la probabilité de flash fire

$$P(FF04) = 5.45 * 10^{-5} * 0.3 * .04$$

$$P(FF04) = 6.5 * 10^{-6}$$

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

cet figure présente ballon le blève de ballon 06en utilisant Google earth pour identifier l'endroit exact où cet événement dangereux a eu lieu et le logiciel ALLOHA Cela montre que la zone a été dévastée, tant humainement que matériellement.

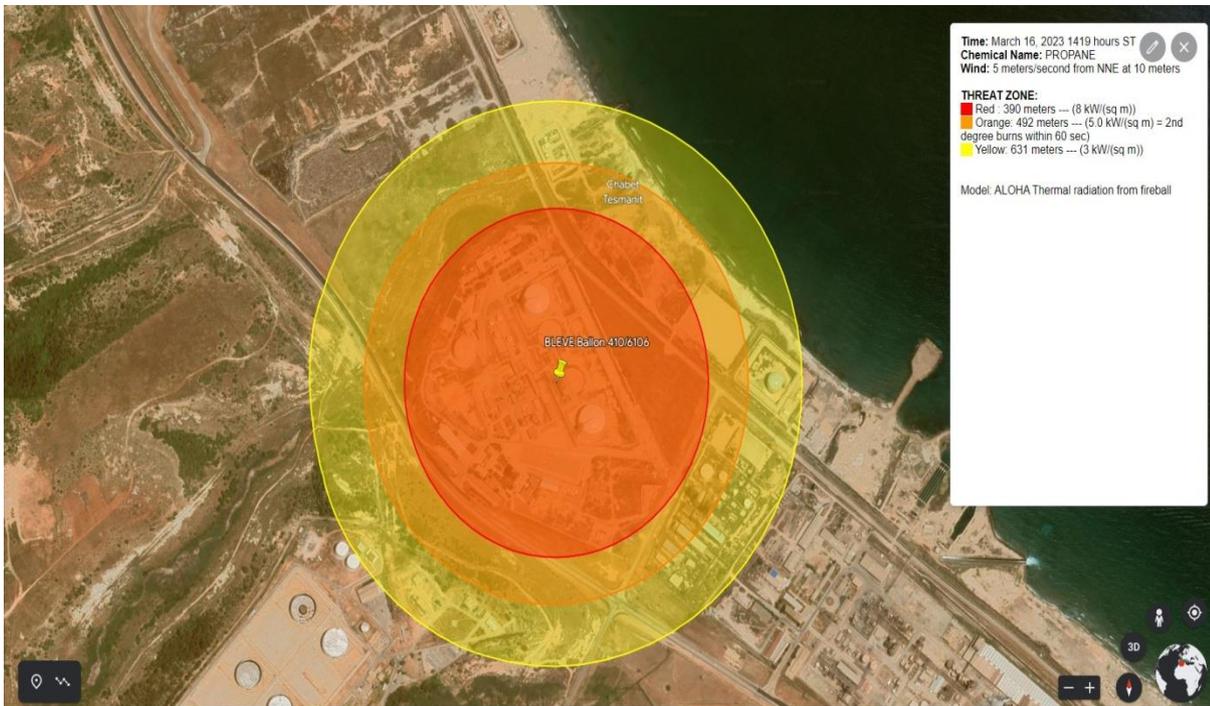


Figure IV - 33 : blève de ballon 06

L'utilisation du logiciel Aloha nous renseigne sur ce qui suit dans la figure IV-34 .

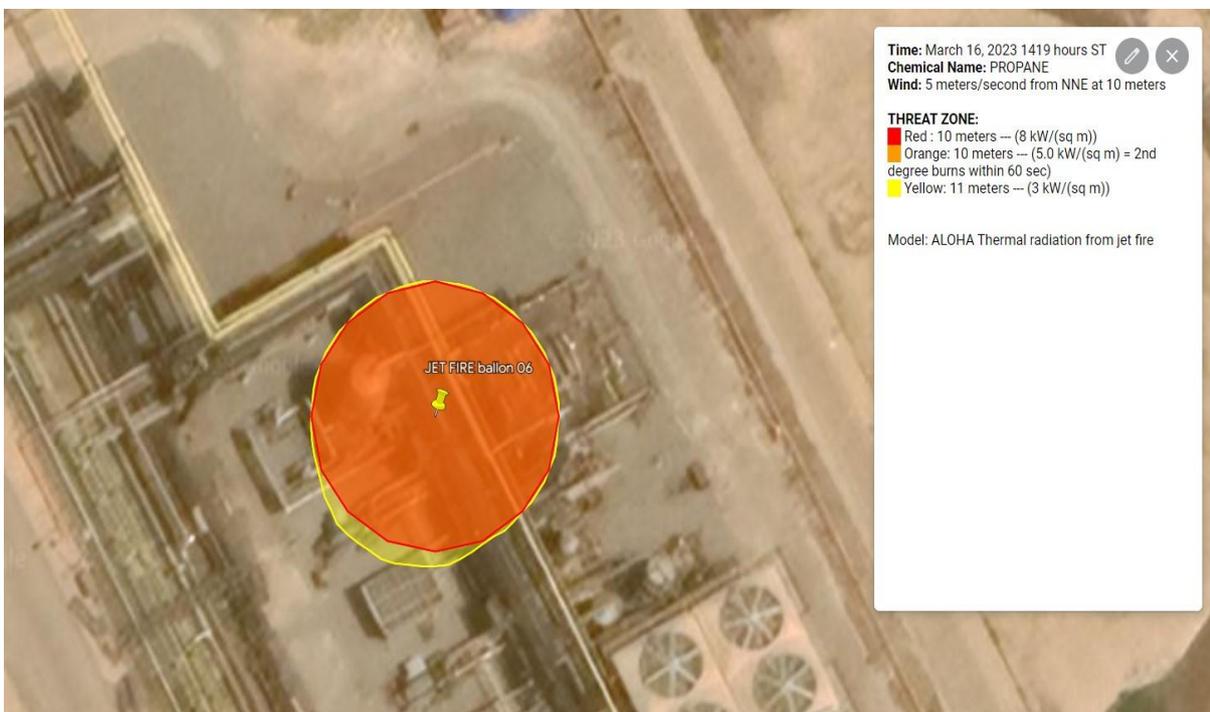


Figure IV - 34 : jet fire de ballon 06

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

la figure IV -35 concernant UVCE par le logiciel Aloha

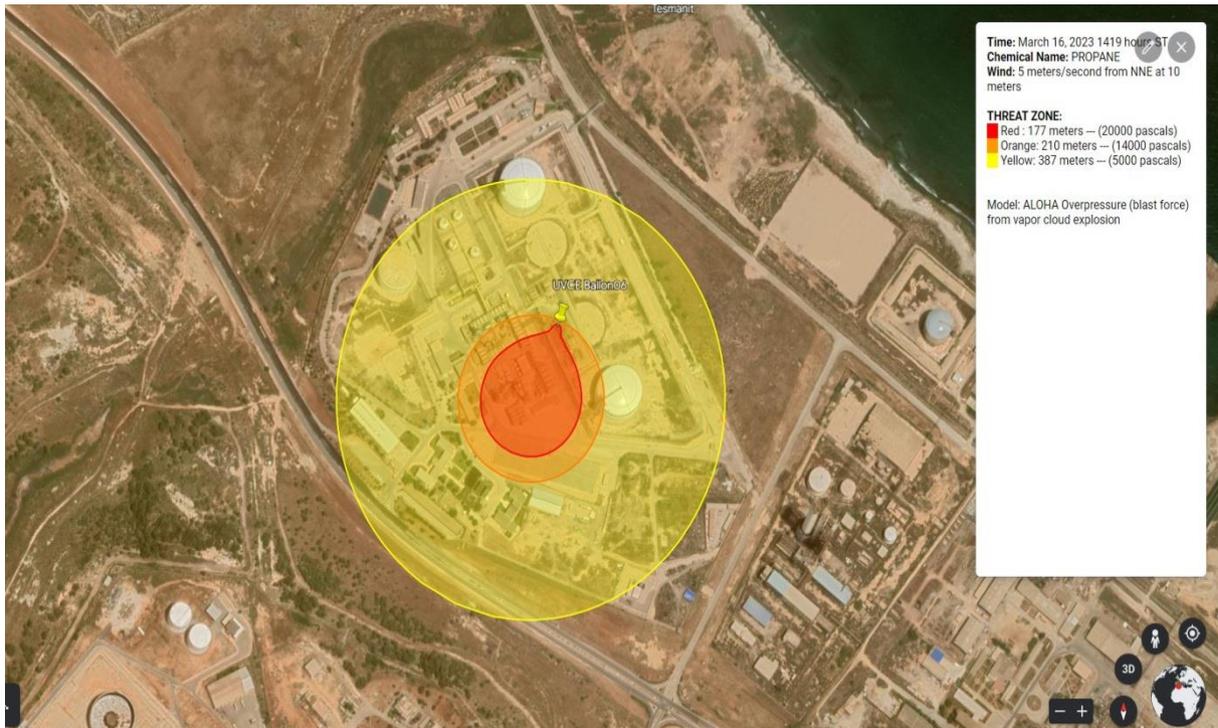


Figure IV - 35 : UVCE de ballon 06

cet figure présente le phénomène flash fire de ballon 06 .

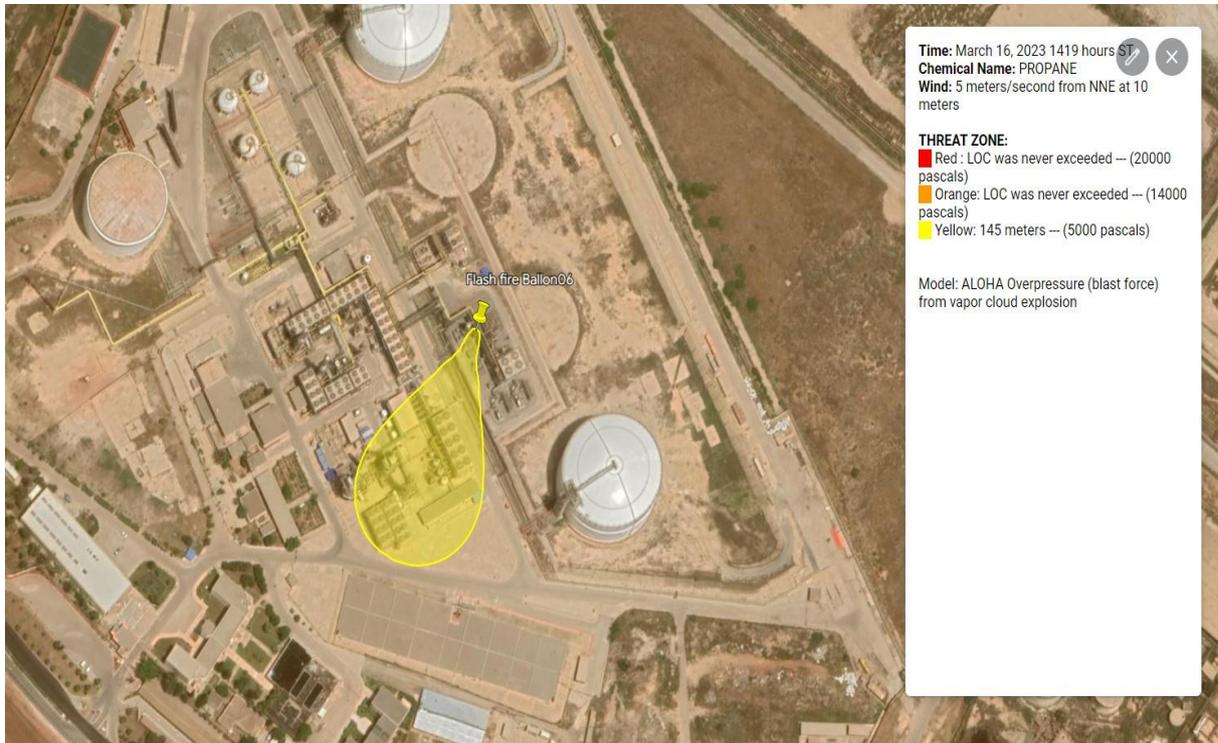


Figure IV - 36 : Flash fire de ballon 06

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Pour la figure IV-37 présente le phénomène UVCE de compresseur Cooper .

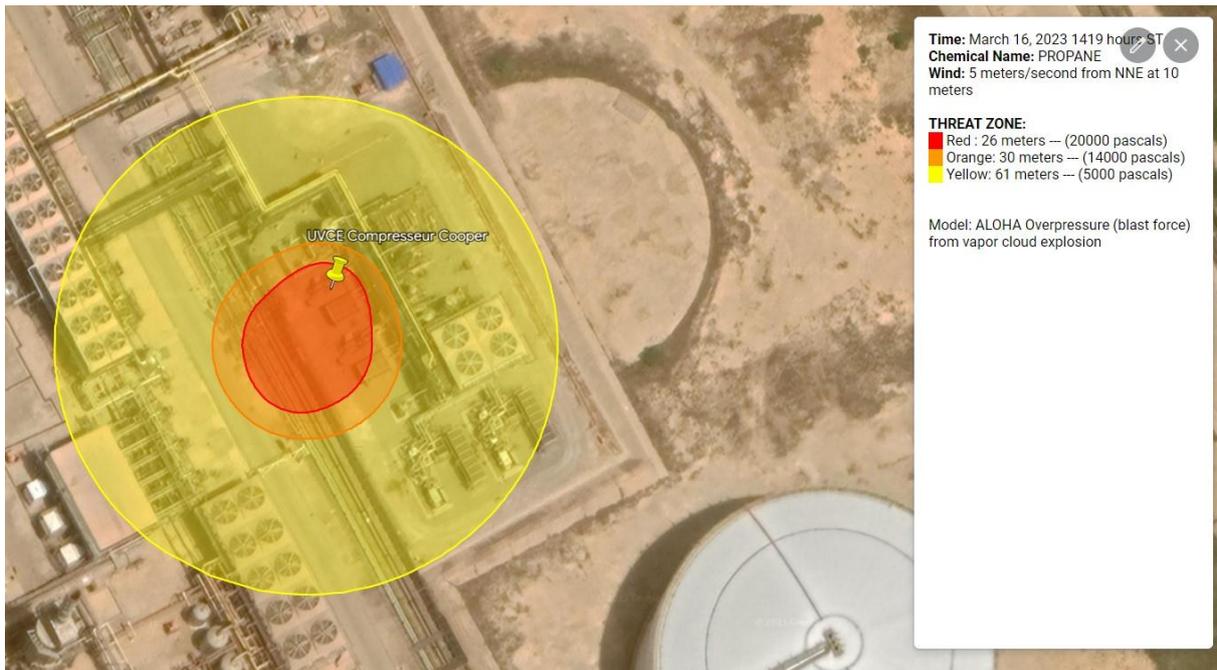


Figure IV - 37 : UVCE de compresseur Cooper

cet figure présente le phénomène flash fire de compresseur Cooper en utilisant Google earth pour identifier l'endroit exact où cet événement dangereux a eu lieu et le logiciel ALLOHA Cela montre que la zone a été dévastée, tant humainement que matériellement



Figure IV - 38 : Flash fire de compresseur Cooper

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

cet figure illustre le phénomène bléve de Schiller 07.

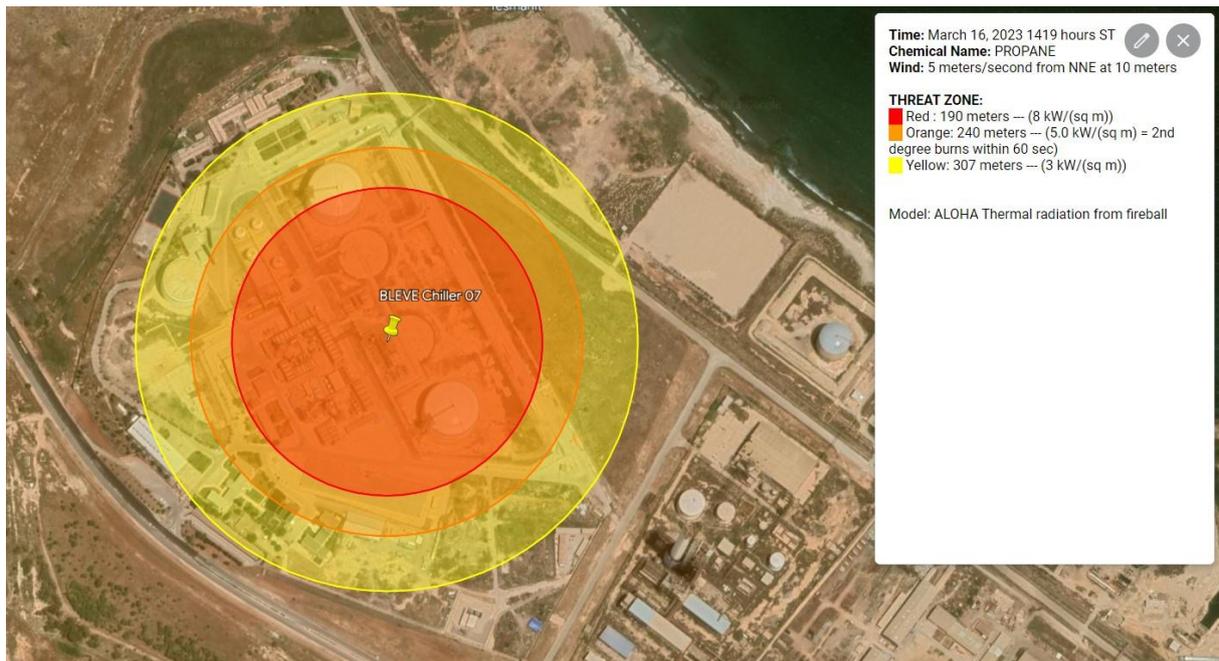


Figure IV - 39 : Bléve de Schiller 07

cet figure présente le phénomène UVCE de Schiller 07

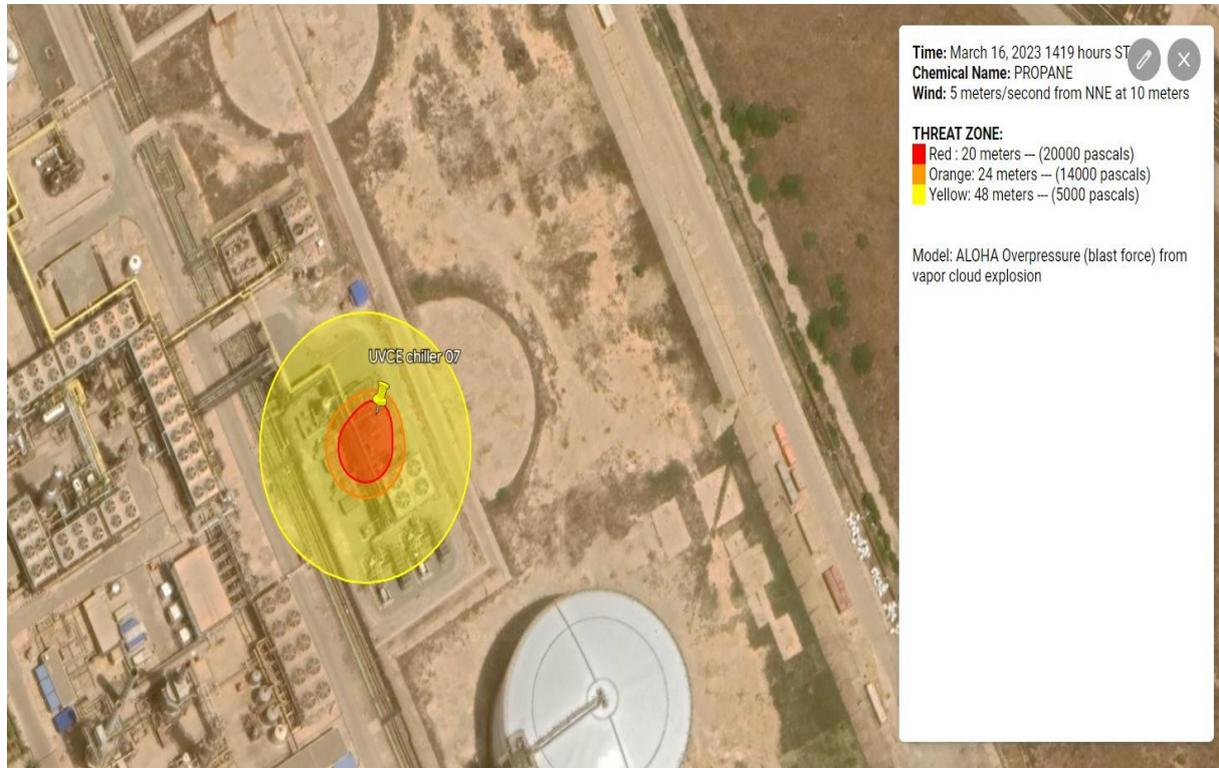


Figure IV - 40 : UVCE de Schiller 07

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

cet figure montrer le phénomène flash fire de Schiller 07

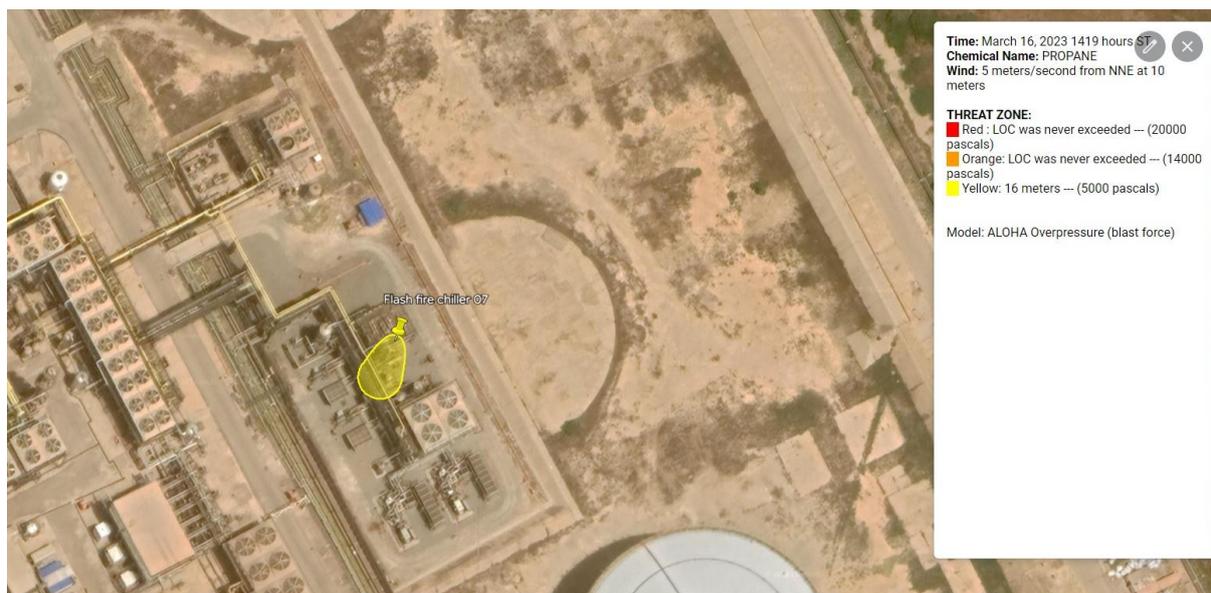


Figure IV - 41 : Flash fire de Schiller 07

cet figure produire le bléve de ballon 05

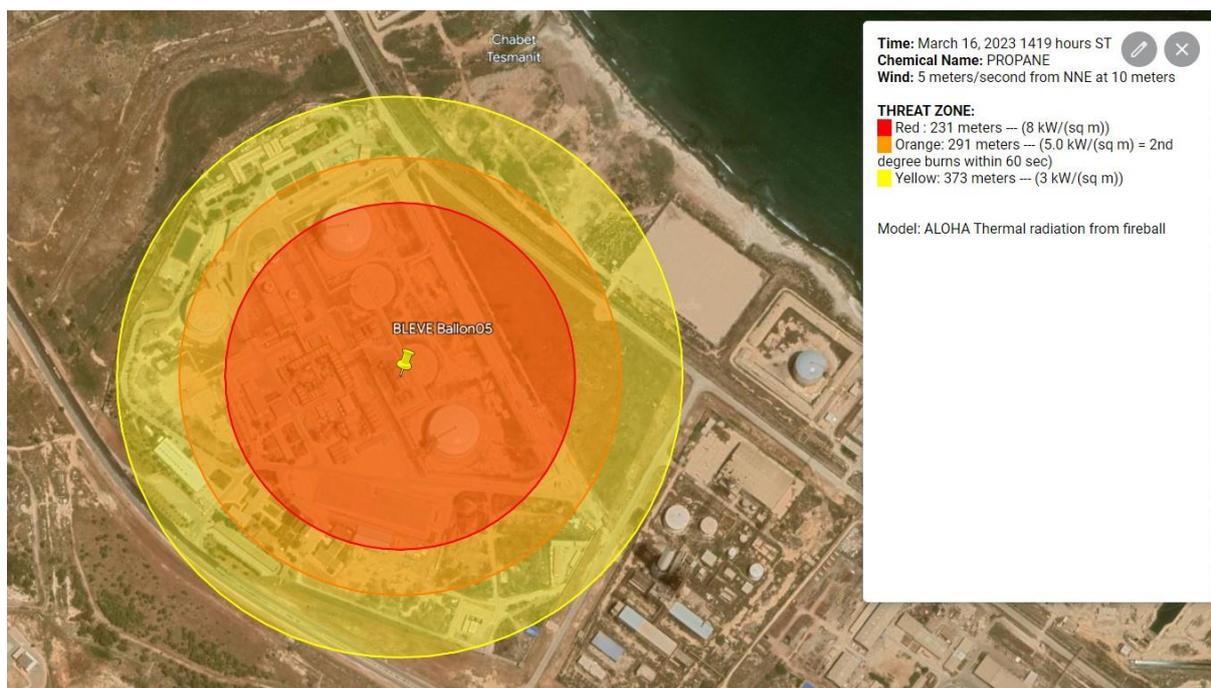


Figure IV - 42 : Bléve de ballon 05

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

ceci représente la figure IV-43 jet fire de ballon 05 .

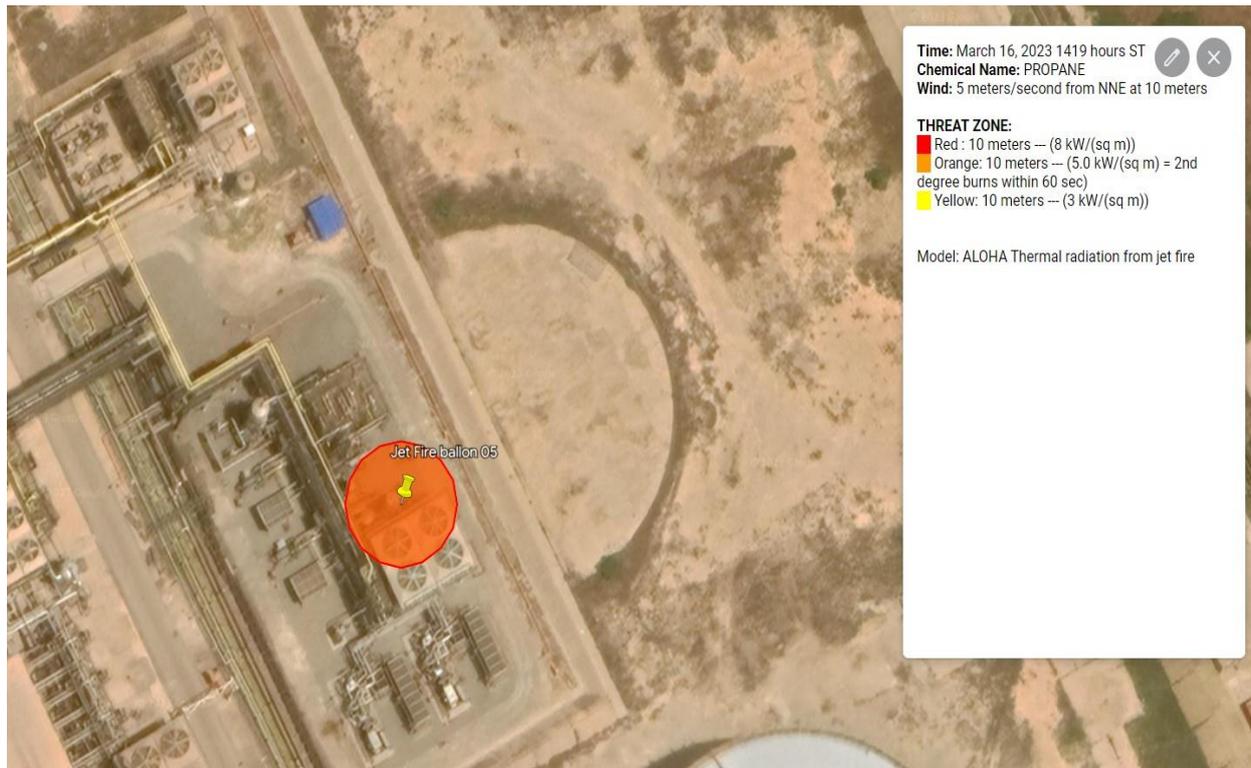


Figure IV - 43 : jet fire de ballon 05

Cette figure nous donne l'UVCE de ballon 05 en offrant une présentation visuelle.

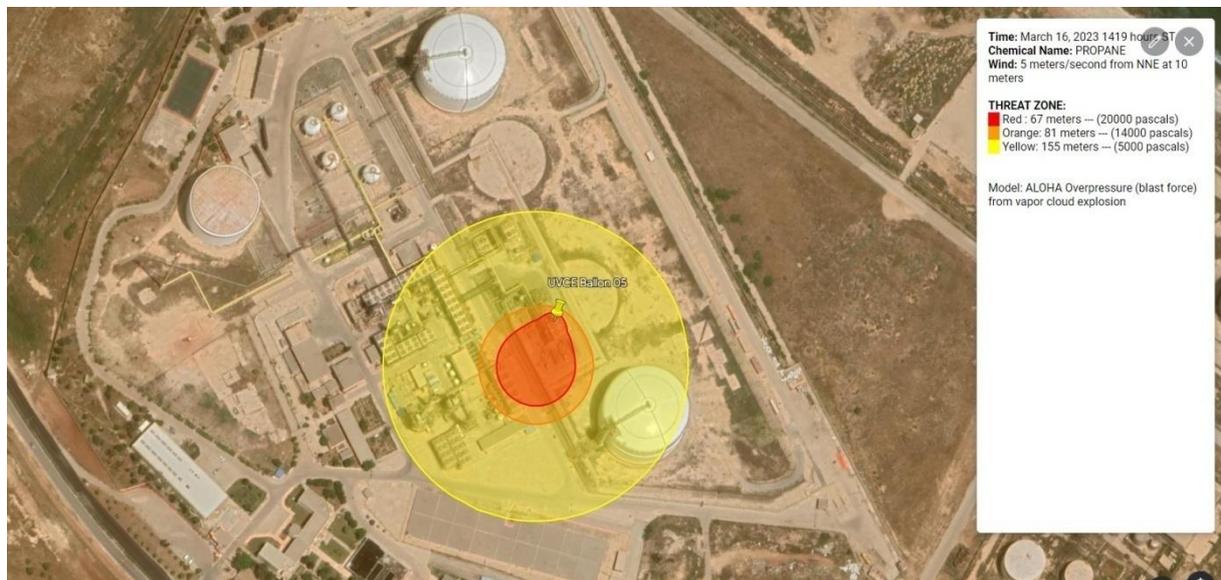


Figure IV - 44 : UVCE de ballon 05

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

La figure révélé le phénomène dangereux le flash fire de ballon 05

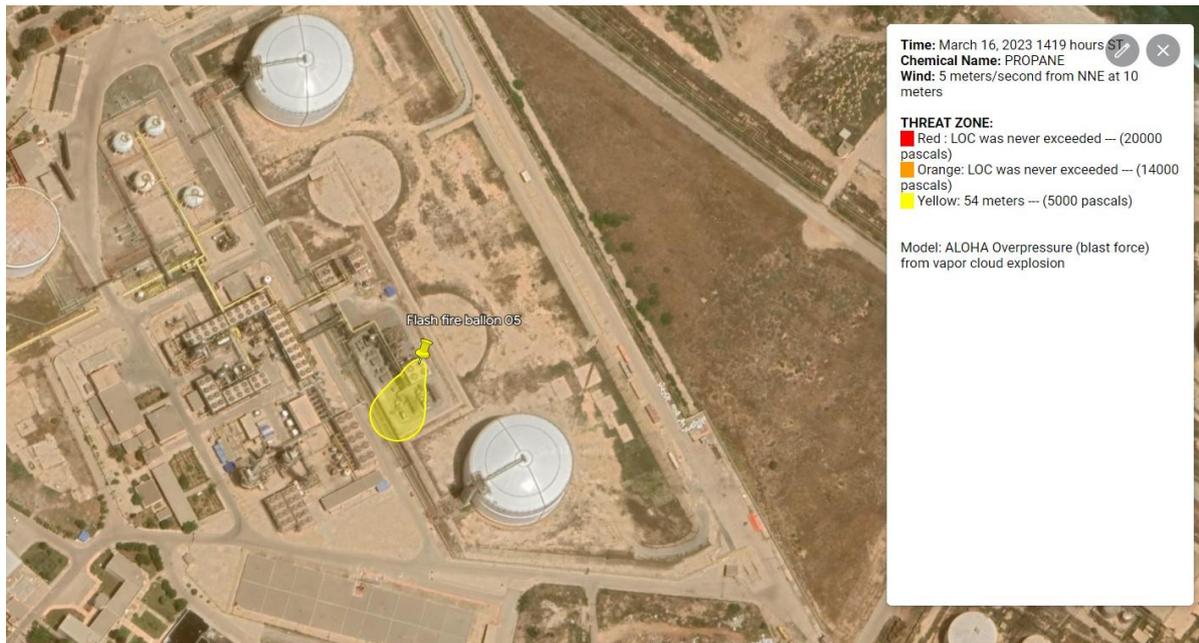


Figure IV - 45 : Flash fire de ballon 05

la figure nous explique le bléve de ballon 03.

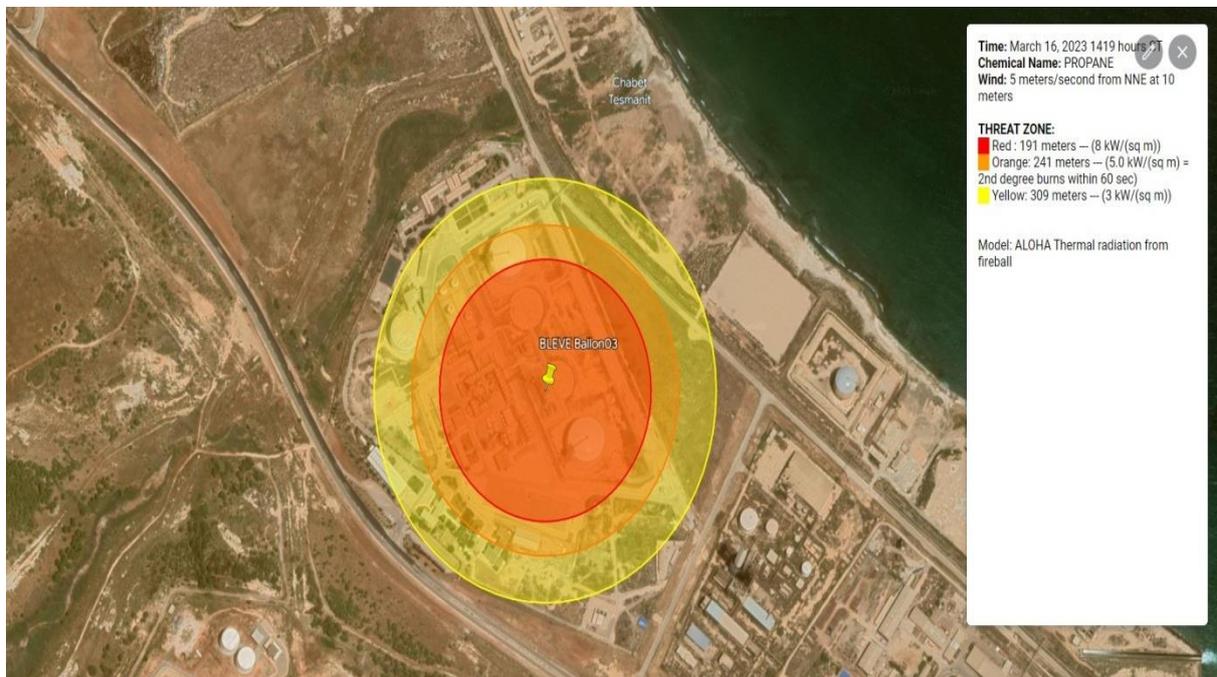


Figure IV - 46 : Bléve de ballon 03

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

cette figure présente le phénomène jet fire de ballon 03.

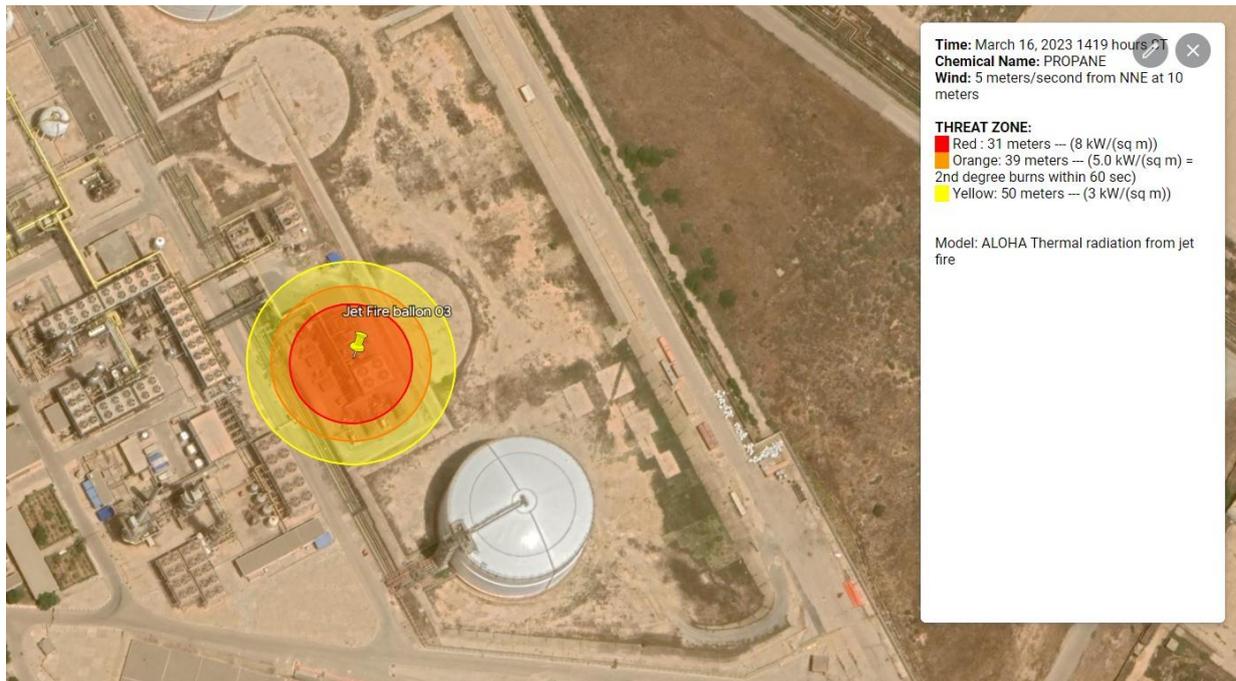


Figure IV - 47 : jet fire de ballon03

le phénomène UVCE de ballon 03

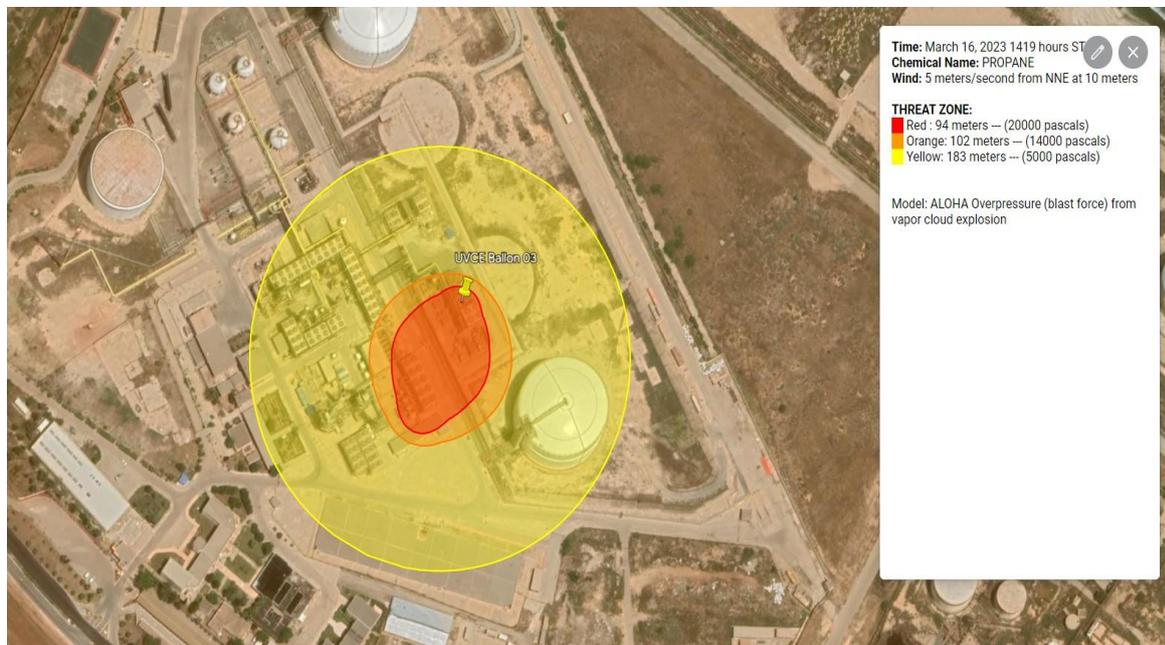


Figure IV - 48 : UVCE de ballon 03

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

cet figure affiche le phénomène flash fire de ballon 03

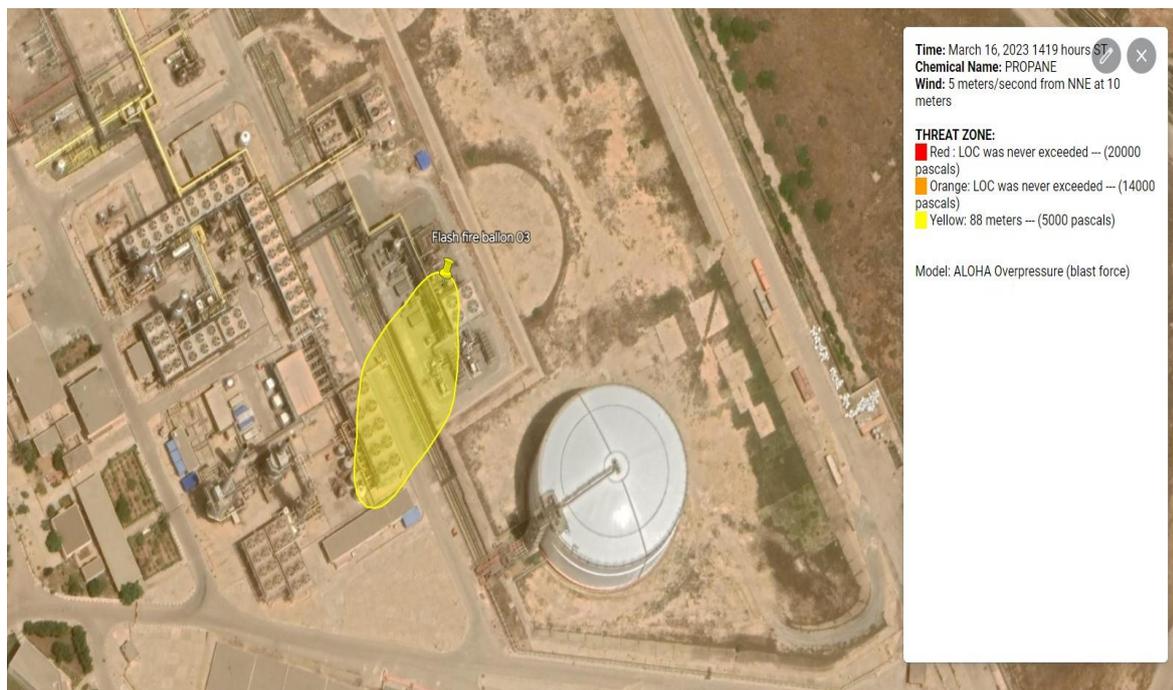


Figure IV - 49 : Flash fire de ballon 03

Le phénomène UVCE de compresseur Howden02

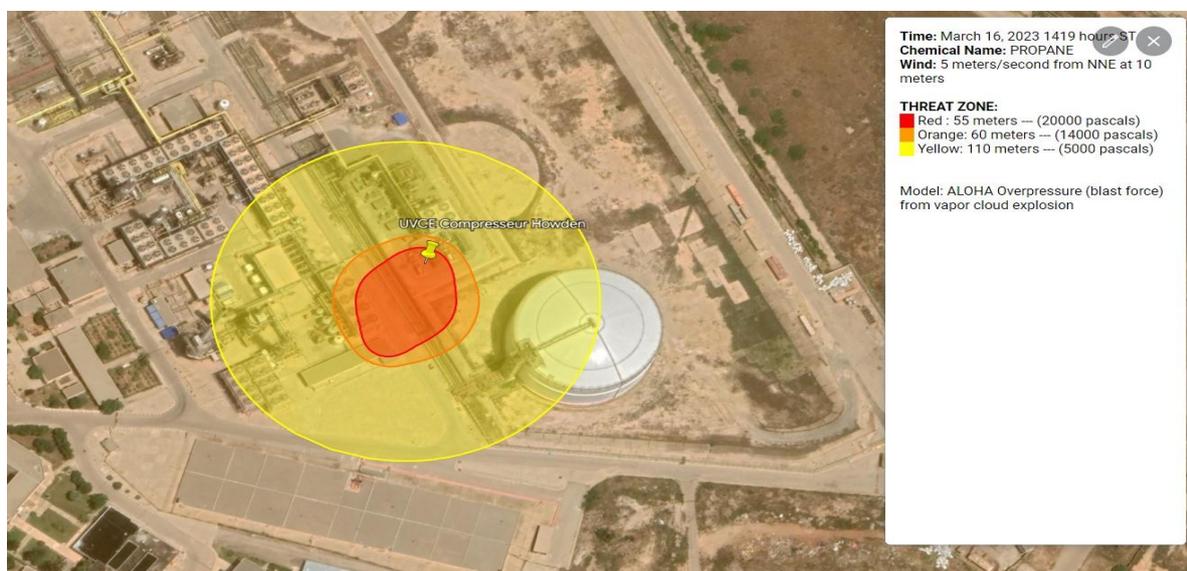


Figure IV - 50 : UVCE de compresseur 02Howden

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

cette figure présente le phénomène flash fire de compresseur Howden 02

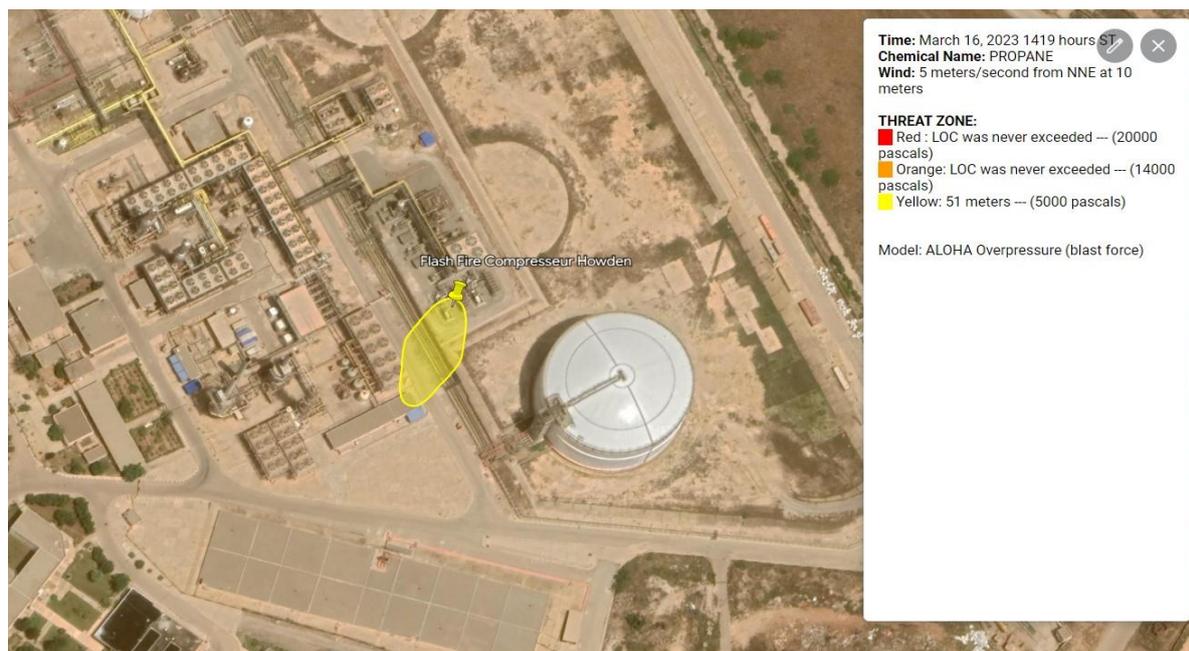


Figure IV - 51 : Flash fire de compresseur Howden

cet figure présente le bléve de ballon 04

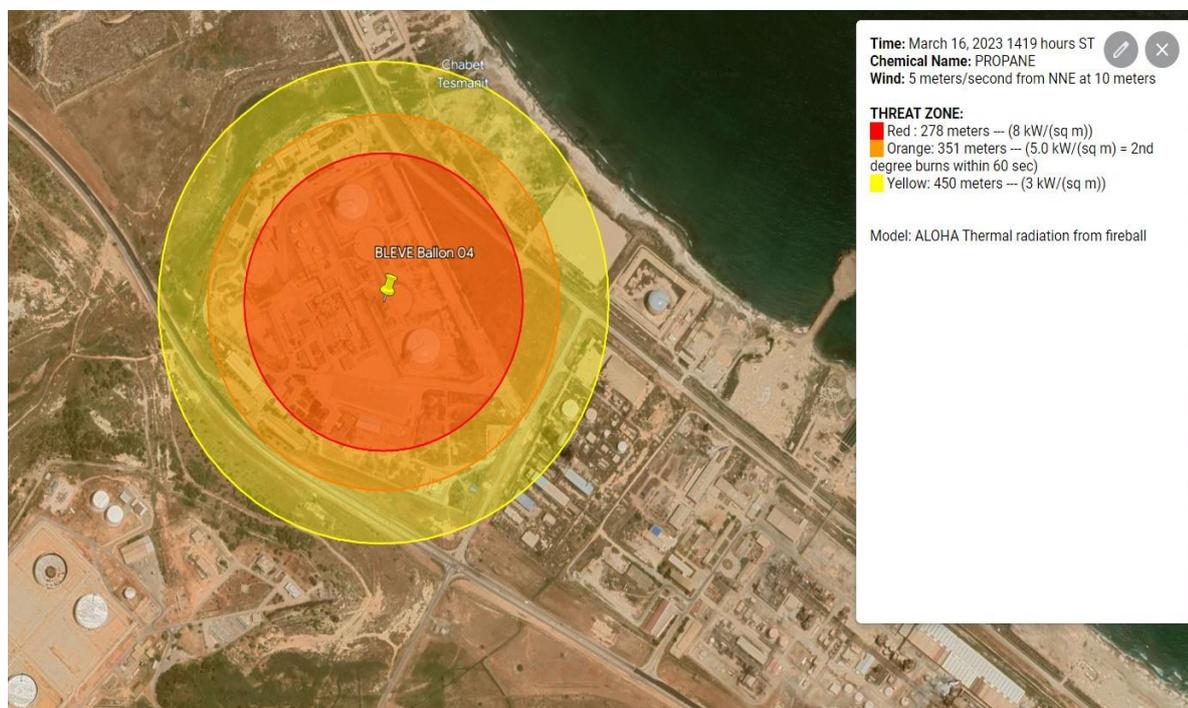


Figure IV - 52 : Bléve de ballon 04

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

le phénomène jet fire de ballon 04

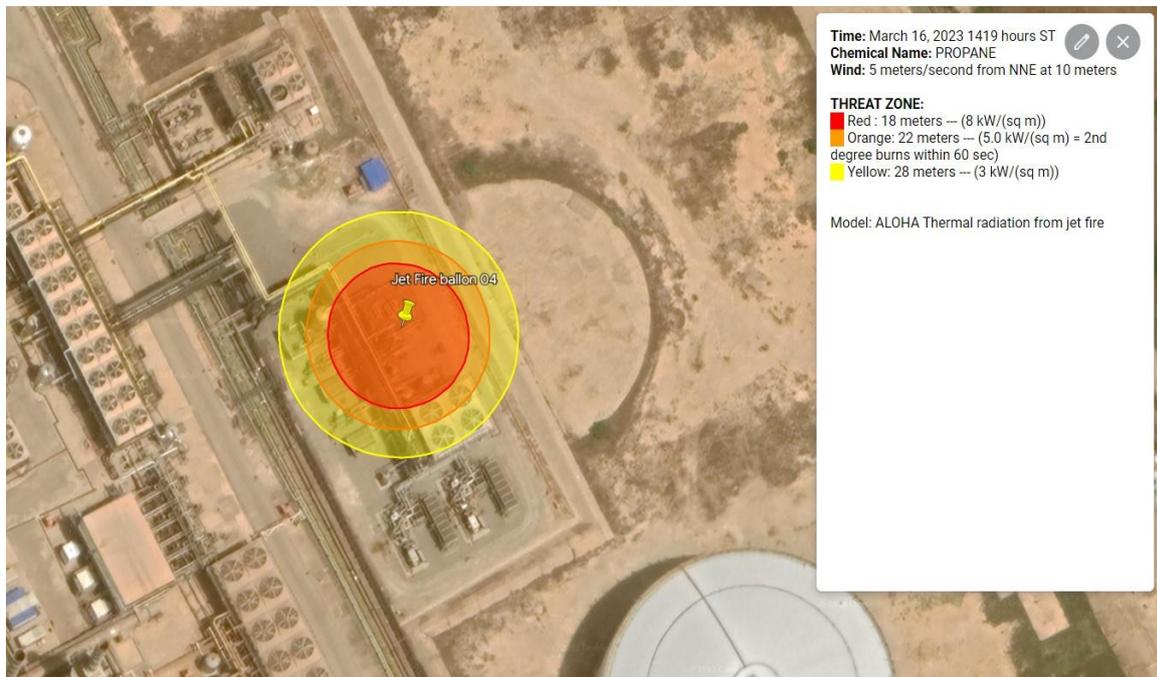


Figure IV - 53 : Jet fire de ballon 04

cet figure présente le phénomène UVCE de ballon 04

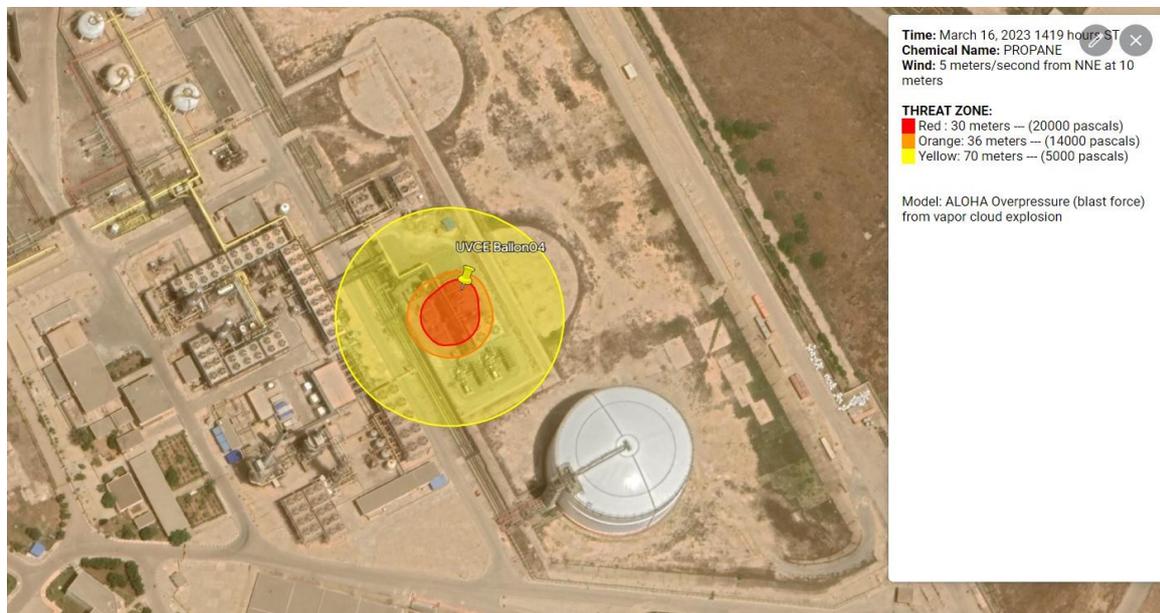


Figure IV - 54: UVCE de ballon 04

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

flash fire de ballon 04

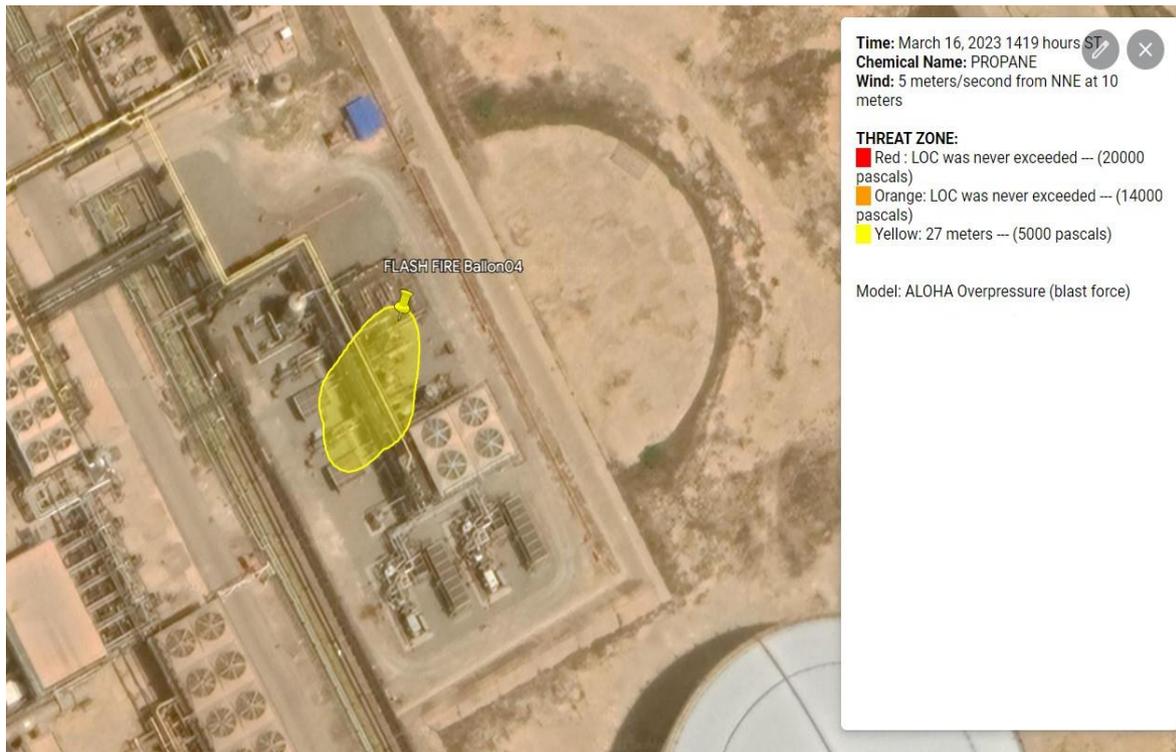


Figure IV - 55 : Flash fire de ballon 04

IVla matrice des risques :

IV -1)Définition :

La matrice des risques est un outil utilisé dans la gestion des risques pour évaluer et hiérarchiser les risques auxquels une organisation est confrontée. Elle permet de représenter graphiquement les différents risques en fonction de leur probabilité d'occurrence et de leur impact sur l'organisation.

Nous avons utilisé le livre «manual BE IV risk assessment» pour obtenir ce tableau de l'échelle sur les personnes considérés

Tableau IV – 18 : échelle sur les personnes considérées

| Niveau de gravité | SELS | SEL | SEI |
|-------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
| Désastreux G5 | Plus de 10 pers exposées | Plus de 100 pers exposées | Plus de 1000pers .exposées |
| Catastrophique G4 | Entre 5 et 10pers exposées | Entre 10 et 100 pers exposées | Entre 100 et 1000 pres exposées |
| Important G3 | Entre 1 et 5pers exposées | Entre 5 et 10pers exposées | Entre 50 et 100 pers exposées |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

| | | | |
|------------|-------------------------|----------------------------|------------------------------|
| Sérieux G2 | Au plus 1 pers exposées | Entre 1 et 5pers exposées | Entre 10 et 50 pers exposées |
| Modéré G1 | Aucune pers exposées | Au plus de 1 pers exposées | Moins de 10 pers exposées |

-On a la loi :

le risque = la gravité * la probabilité

Remarque :

SELS :seuil des effets létaux significatifs

SEL :seuil des effets létaux

SEI :seuil des effets irréversibles

Ce tableau présente un résumé des probabilités des phénomènes dangereux auxquels les équipements de BOG sont exposés, ainsi que leur classement. De plus, il indique le nombre de personnes touchées dans chaque scénario spécifique." SELS ,SEL, SEI .

Tableau IV – 19 : des variables de phénomènes dangereux et probabilités des équipements de BOG

| Le phénomène dangereux | SELS | SEL | SEI | NG | NP |
|-------------------------------------|--------|--------|--------|----|-----------------|
| Bléve de ballon 06 | 375prs | 385prs | 340prs | G5 | $3.9*10^{-5}$ |
| UVCE de ballon 06 | 2prs | 38prs | 335prs | G4 | $1.7*10^{-5}$ |
| Jet Fire de ballon 06 | 2prs | 2prs | 4prs | G3 | $1.82*10^{-5}$ |
| Flash fire de ballon F06 | 0prs | 0prs | 8prs | G1 | $7.8*10^{-6}$ |
| Flash fire de compresseur cooper 01 | 0prs | 0prs | 8prs | G1 | $1.272*10^{-5}$ |
| UVCE de compresseur cooper 01 | 28prs | 32prs | 42prs | G5 | $1.908*10^{-5}$ |
| Bléve de schiller 07 | 79prs | 135prs | 371prs | G5 | $4.83*10^{-5}$ |
| UVCE de schiller 07 | 2prs | 4prs | 6prs | G3 | $2.07*10^{-5}$ |
| Flash fire de schiller 07 F07 | 0prs | 0prs | 2prs | G1 | $1.38*10^{-5}$ |
| Bleve de ballon 05 | 127prs | 371prs | 375prs | G5 | $3.96*10^{-5}$ |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

| | | | | | |
|--|--------|--------|-------------------|----|-----------------|
| Jet Fire de ballon 05 | 2prs | 2prs | 2prs | G3 | $2.646*10^{-5}$ |
| UVCE de ballon 05 | 28prs | 36prs | 40prs | G5 | $1.701*10^{-5}$ |
| Flash Fire de ballon 05 | 0prs | 0prs | 0prs | G1 | $1.134*10^{-5}$ |
| Bleve de ballon 03 | 230prs | 319prs | 375prs | G5 | $4.7*10^{-5}$ |
| Jet fire de ballon 03 | 6prs | 6prs | 6prs | G5 | $3.1*10^{-5}$ |
| UVCE de ballon 03 | 28prs | 30prs | 40prs | G5 | $2.03*10^{-5}$ |
| Flash Fire de ballon 03 | 0prs | 0prs | 4prs | G1 | $1.35*10^{-5}$ |
| Bléve de ballon 04 | 306prs | 364prs | Plus de 380prs | G5 | $2.289*10^{-5}$ |
| Jet Fire de ballon 04 | 10prs | 30prs | 40prs | G5 | $1.52*10^{-5}$ |
| UVCE de ballon 04 | 16prs | 36prs | 40prs | G5 | $9.81*10^{-5}$ |
| Flash Fire de ballon 04 | 0prs | 0prs | 4 prs | G1 | $6.5*10^{-6}$ |
| UVCE de compresseur Howden 02 | 16prs | 38prs | 40prs | G5 | $3.56*10^{-5}$ |
| Flash Fire de compresseur Howden 02 | 0prs | 0prs | 6prs | G1 | $2.376*10^{-5}$ |
| Flash fire de la pompe | 0prs | 0prs | 28prs | G2 | $8.8*10^{-6}$ |
| UVCE de la pompe | 36prs | 38prs | 102prs | G5 | $3.56*10^{-5}$ |

Ce tableau présente les classes de probabilités, indiquant la croissance de la gravité des événements de manière qualitative (de E vers A). Il explique comment le précédent événement dangereux a influencé cette croissance, tant qualitativement que quantitativement. Il souligne également la nécessité de prendre en compte les mesures de maîtrise des risques conformément à l'article 4 de l'arrêté en place, en fournissant des intervalles quantitatifs (par unité et par an).

Nous avons utilisé le livre «manual BE IV risk assessment» pour obtenir ces possibilités

Tableau IV – 20 : probabilité des événements

| Classe de probabilité | E | D | C | B | A |
|-----------------------|-------------------------|----------------|-----------|-----------|-------------------|
| Quantitative | Evénement possible mais | Evénement très | Evénement | Evénement | Evénement courant |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

| | extrêmement peu probable | improbable | improbable | probable | |
|------------------------------------|--|---|---|---|--|
| | N'est pas impossible au vu des connaissances actuelles ,mais non rencontré au niveau mondial sur un très grand nombre d'année d'installation | S'est produit dans ce secteur d'activité mais la fait l'objet de mesures correctives réduisant significativement sa probabilité | Un événement similaire déjà rencontré dans le secteur d'activité ou dans ce type d'organisation au niveau mondial ,sans que les éventuelles correction intervenues depuis apportent une garantie de réduction significative de sa probabilité | S'est un produit et/ou peut se produire pendant la durée de vie de l'installation | S'est produit sur le site considéré et/ou peut se produire à plusieurs reprises pendant la vie de l'installation ,malgré d'éventuelles mesures correctives |
| Semi Quantitative | cette échelle est intermédiaire entre les échelles qualitatives et quantitatives ,et permet De tenir compte des mesures de maitrises des risques mises en place, conformément à4 du présent arrêté | | | | |
| quantitative (par unité et Par an) | 10 ⁻⁵ | 10 ⁻⁴ | 10 ⁻³ | | 10 ⁻² |

Ce tableau résume les phénomènes dangereux liés aux équipements du système (BOG) en fonction de la gravité de leurs conséquences sur les personnes exposées aux risques. Il classe ces phénomènes dangereux et utilise des raccourcis et des couleurs pour indiquer leur position dans une matrice, mettant en évidence leur emplacement.

IV -2)La matrice des risques pour les équipements de système BOG

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Tableau IV – 21 : matrice des risques pour les équipements de système BOG

| Probabilité (sens croissant de E vers A)(note1 | | | | | |
|---|------------|--|---|---|---|
| Gravité des conséquences sur les personnes exposées au risque | E | D | C | B | A |
| Désastreux | | Bleve06 .Uvce01.Bleve07.Bleve 05.Bleve 03.Bleve 04.Uvce 04.Uvce 02.Uvce 05.Uvce 03.JF03.PUvce 01 | | | |
| Catastrophique | | Uvce 06.JF04. | | | |
| Important | | JF06 .Uvce07. | | | |
| Sérieux | PFF01 | JF05 | | | |
| Modéré | FF06..FF04 | FF01.FF07.FF04.FF02.FF03.FF05 | | | |

IV La matrice de hazop:

Ce tableau illustre les niveaux de gravité de la matrice, allant du risque le plus bas à l'indicateur le plus grave, en fonction de la probabilité de défaillance des équipements du système BOG

Tableau IV - 22 : La matrice de hazop

| classe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------------|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|
| Niveau de gravité (NG) | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 |
| Niveau de probabilité (NP) |] 10 ⁻⁵ -10 ⁻⁶] |]10 ⁻⁵ -10 ⁻⁴] |]10 ⁻⁴ -10 ⁻³] |]10 ⁻³ -10 ⁻²] |]10 ⁻² -10 ⁻¹] |

Nous utilisons une loi générale pour calculer le risque des phénomènes dangereux associés aux équipements de BOG. Cette méthode a été appliquée pour obtenir la matrice des risques dans le cadre de l'analyse HAZOP

Le tableau présente les phénomènes dangereux associés à l'équipement du ballon 06 en fonction de leur probabilité d'occurrence et de leur gravité. Il permet d'évaluer le risque créé par ces phénomènes dangereux

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Tableau IV - 23 : matrice des événements de ballon 06

| Phd de ballon 06 | p | G | R |
|------------------|---|---|----|
| B06 | 2 | 5 | 10 |
| U06 | 2 | 4 | 8 |
| Ff06 | 2 | 3 | 6 |
| JF06 | 1 | 1 | 1 |

En conclusion, nous identifions le risque le plus dangereux associé à cet équipement afin de prévenir sa survenue et de proposer des solutions appropriées. Ces solutions seront ensuite incluses dans la

boîte de recommandations de tableau HAZOP, visant à renforcer la sécurité, telles que l'installation d'équipements de sécurité essentiels ou la mise en place d'alarmes

le tableau met en évidence pour les phénomènes dangereux de compresseur cooper

Tableau IV - 24 : matrice des événements de compresseur cooper

| Phd de compresseur cooper | P | G | R |
|---------------------------|---|---|----|
| FF01 | 2 | 1 | 2 |
| U01 | 2 | 5 | 10 |

En conclusion nous pouvons identifier le risque le plus grave lié à cet équipement

Letableau présente les phénomènes dangereux associés à schiller 07

Tableau IV - 25 : matrice des événements de Schiller 07

| Phd de Schiller 07 | P | G | R |
|--------------------|---|---|----|
| B07 | 2 | 5 | 10 |
| U07 | 2 | 3 | 6 |
| FF07 | 2 | 1 | 2 |

En résumé ,le risque le plus important lié à cet équipement peut être identifier

Le tableau met en évidence les dangers potentiels associés à l'équipement ballon 05 , en prenant en compte à la fois leur probabilités d'occurrence et leurs degré de gravité

Tableau IV - 26 : matrice des événements de ballon 05

| Phd de ballon 05 | P | G | R |
|------------------|---|---|----|
| B05 | 2 | 5 | 10 |
| JF05 | 2 | 2 | 4 |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

| | | | |
|------|---|---|---|
| U05 | 1 | 5 | 5 |
| FF05 | 1 | 1 | 1 |

Pour conclure ,l'équipement ballon 05présente un risque majeur qui mérite une attention particulière

Le tableau répertorie les différents dangers potentiels liés à l'équipement ballon 03, en classifiant selon leur probabilité d'occurrence et leur degré de gravité

Tableau IV - 27 : matrice des événements de ballon 03

| Phd de ballon 03 | P | G | R |
|------------------|---|---|----|
| B03 | 2 | 5 | 10 |
| JF 03 | 2 | 3 | 6 |
| U03 | 1 | 5 | 5 |
| FF03 | 1 | 1 | 1 |

Pour conclure l'équipement ballon 03présente un risque majeur qui se distingue par sa gravité élevé

Le tableau offre une liste exhaustive des risques potentiels associées à l'équipement ballon 04, en les catégorisant en fonction de leur probabilité d'occurrence et de leurs niveau de gravité

Tableau IV - 28 : matrice des événements de ballon 04

| Phd de ballon 04 | P | G | R |
|------------------|---|---|----|
| B04 | 2 | 5 | 10 |
| JF 04 | 2 | 4 | 8 |
| U04 | 2 | 5 | 10 |
| FF04 | 2 | 1 | 2 |

L'équipement ballon 04est caractérisé par un risque majeur qui se démarque par sa gravité

Le tableau présente de manière exhaustive les divers risques potentiels liés à l'équipement compresseur Howden 02

Tableau IV - 29 : matrice des événements de compresseur Howden 02

| Phd de compresseur Howden 02 | P | G | R |
|------------------------------|---|---|----|
| U 02 | 2 | 5 | 10 |

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

| | | | |
|------|---|---|---|
| FF02 | 2 | 1 | 2 |
|------|---|---|---|

Le ballon 04 engendre un risque significatif qui se caractérise par une gravité considérable

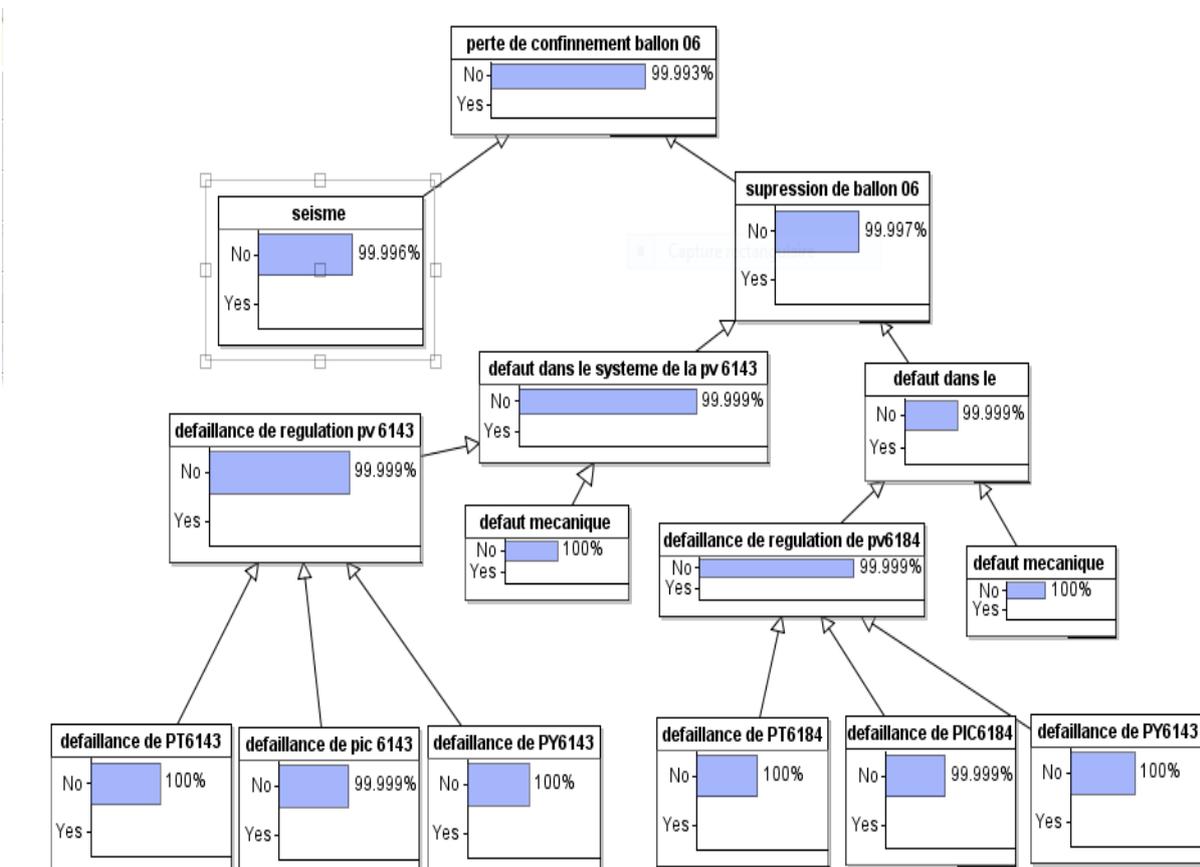
V le réseau bayésien :

V-1) le réseau bayésien :

Dans un réseau bayésien, les variables sont représentées par des nœuds, et les relations de dépendance conditionnelle sont représentées par des arêtes entre les nœuds. Chaque nœud représente une variable aléatoire, tandis que les arêtes représentent les influences directes entre ces variables. Les arêtes peuvent être dirigées, indiquant une relation de cause à effet, ou non dirigées, indiquant une corrélation ou une dépendance mutuelle.

Nous mettons à votre disposition le réseau bayésien des équipements de BOG liés aux C3 commerciales, comprenant notre propre évaluation de la probabilité de perte de confinement du compresseur cooper 01. Nous avons utilisé des termes tels que "false" (non) pour indiquer que le système n'est pas défaillant, et "true" (oui) pour indiquer que le système est défaillant. Cette évaluation est basée sur des sources telles que les livres OREDA et exida

Cette figure illustre le réseau bayésien de votre équipement spécifique, le ballon 06. Elle représente les résultats obtenus grâce à notre utilisation du logiciel Agena Risk



CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

Figure IV - 56 : RB de ballon 06

Donc la probabilité de perte de confinement de ballon 06 c'est :

$$P(\text{perte de confinement ballon 06}) = 1 - 0.99993$$

$$P(\text{perte de confinement ballon 06}) = 7 \times 10^{-5}$$

Cette figure illustre le réseau bayésien de votre équipement spécifique, la pompe 01. Elle représente les résultats obtenus grâce à notre utilisation du logiciel Agena Risk

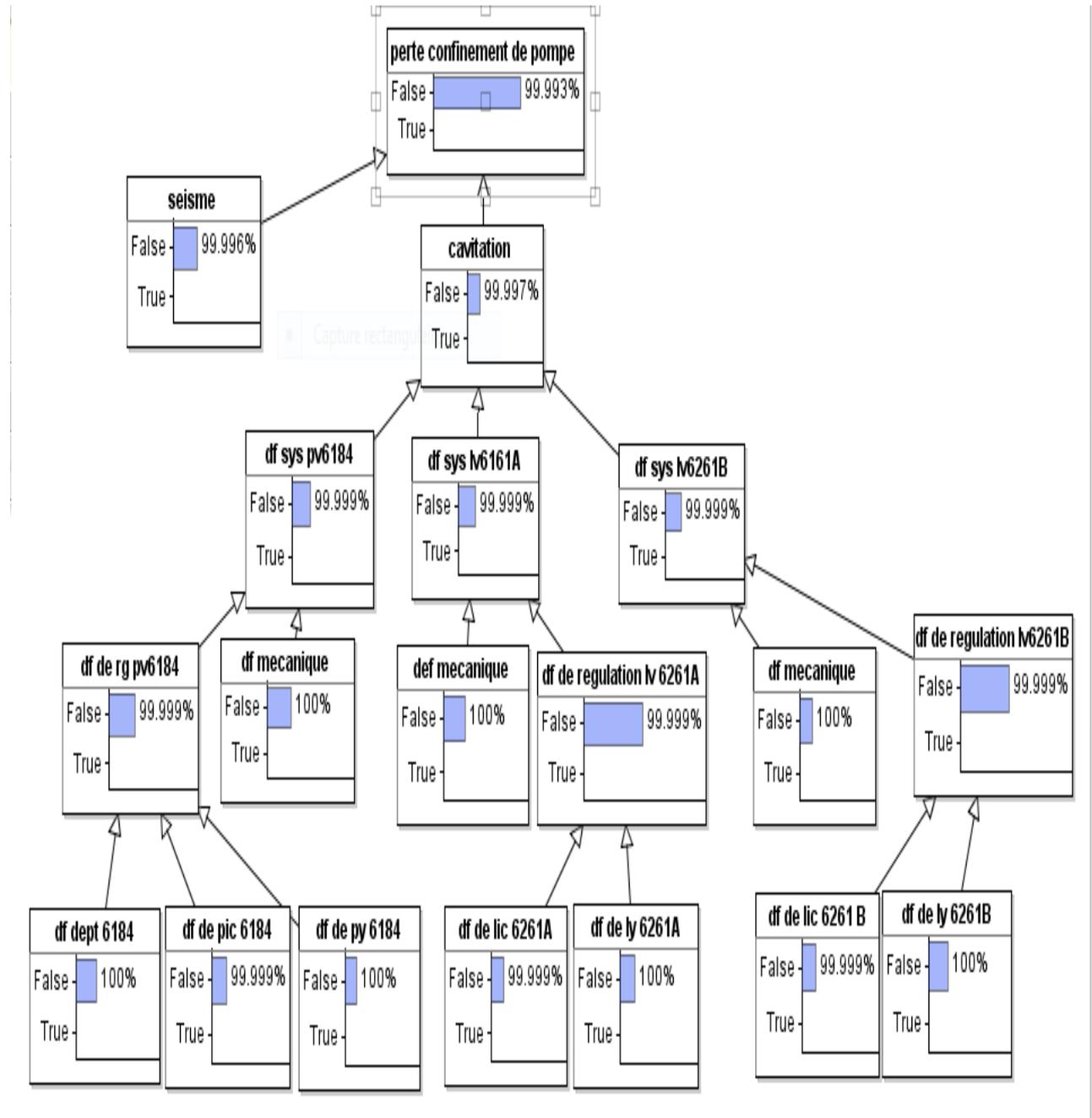


Figure IV-57 : RB de la pompe

Donc la probabilité de perte de confinement de la pompe c'est :

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

$P(\text{perte de confinement de la pompe}) = 1 - 0.99993$

$P(\text{perte de confinement de la pompe}) = 7 * 10^{-5}$

Cette figure illustre le réseau bayésien de votre équipement spécifique, de Schiller 07. Elle représente les résultats obtenus grâce à notre utilisation du logiciel Agena Risk

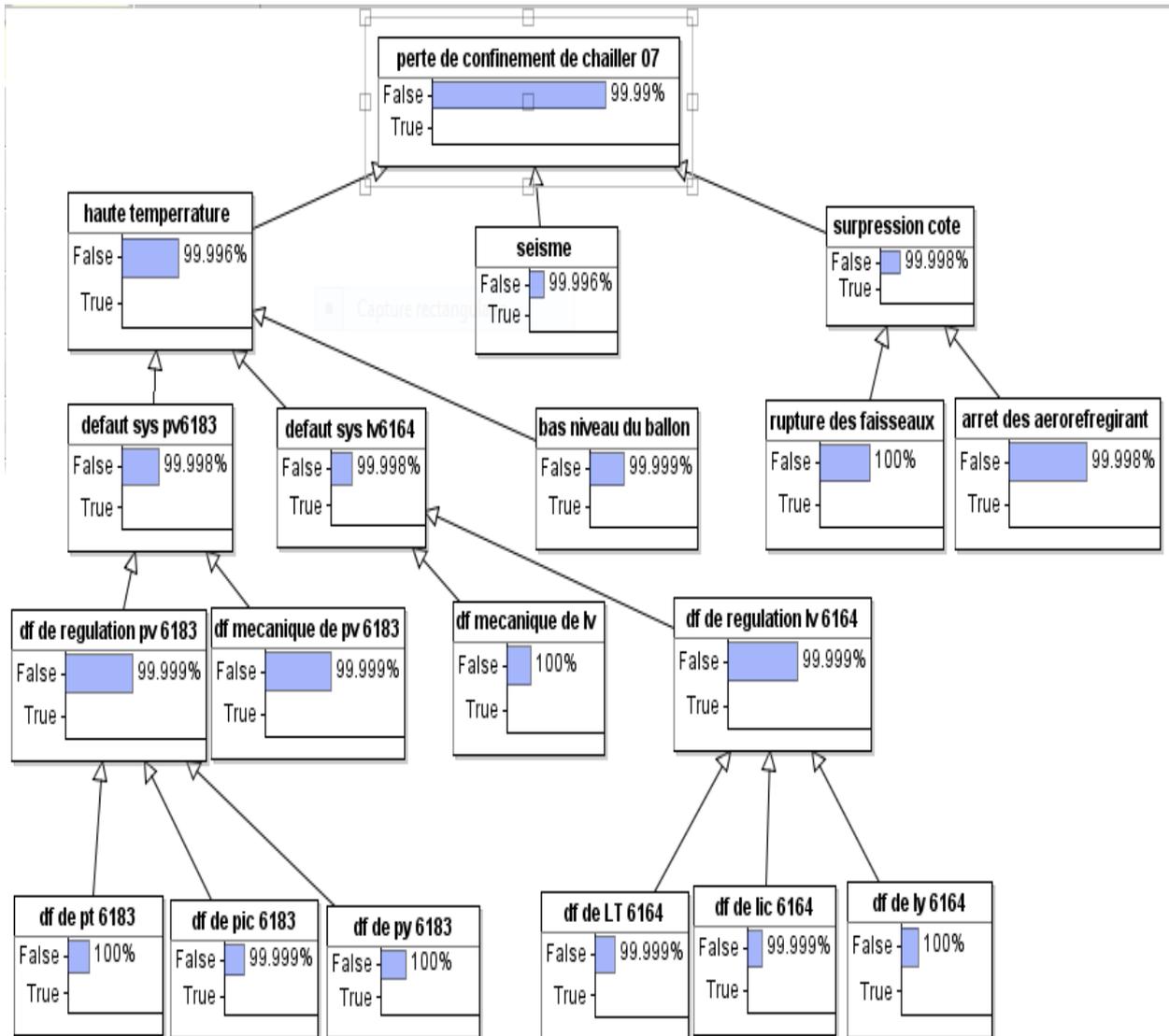


Figure IV - 58: RB de Schiller 07

Donc la probabilité de perte de confinement de Schiller 07 c'est :

$P(\text{perte de confinement Schiller 07}) = 1 - 0.9999$

$P(\text{perte de confinement Schiller 07}) = 0.0001$

Cette figure illustre le réseau bayésien de votre équipement spécifique, de ballon 05. Elle représente les résultats obtenus grâce à notre utilisation du logiciel Agena Ris

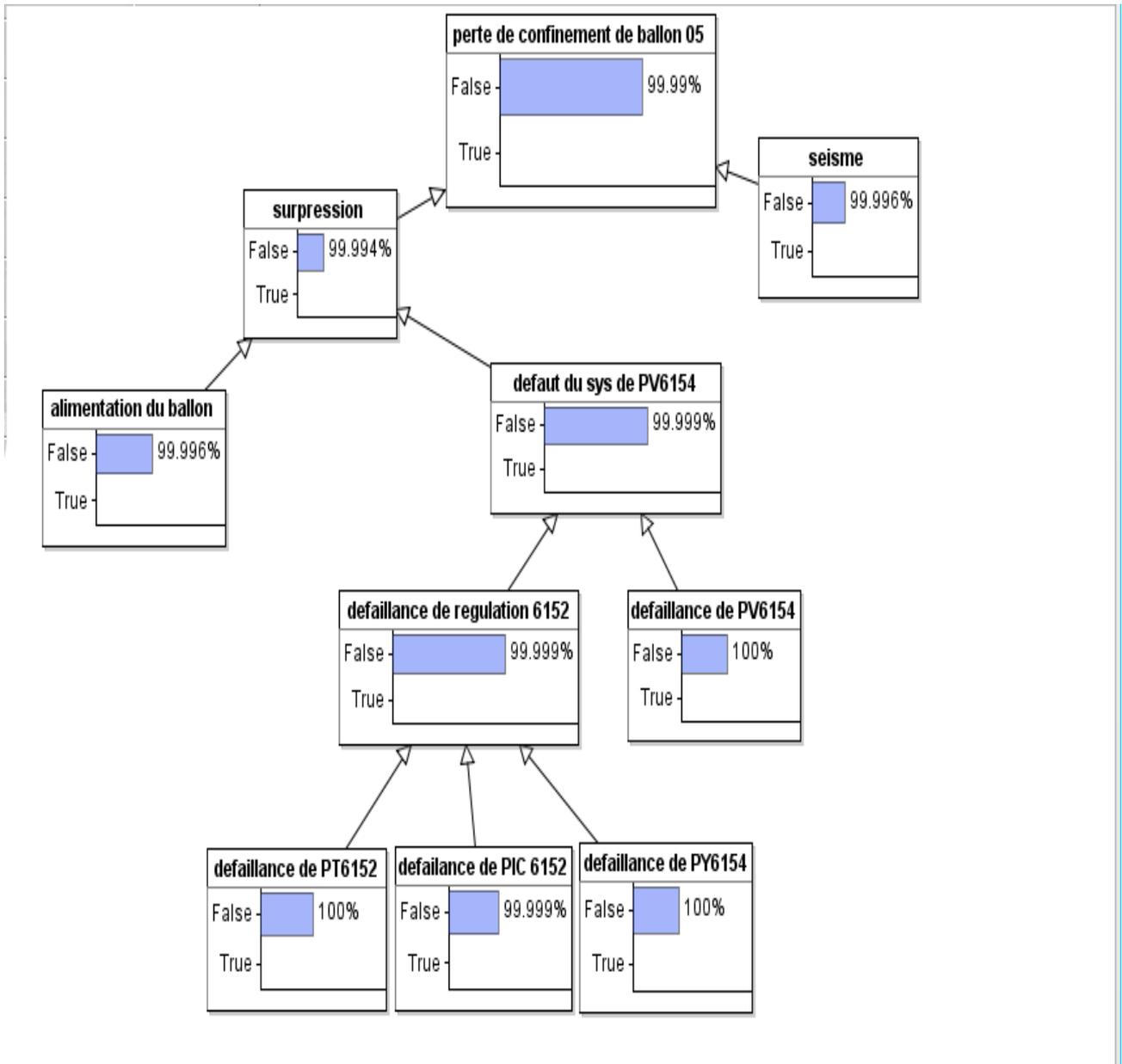


Figure IV-59 : RB de ballon 05

Donc la probabilité de perte de confinement de ballon 05 c'est :

$$P(\text{perte de confinement de ballon 05}) = 1 - 0.9999$$

$$P(\text{perte de confinement de ballon 05}) = 0.0001$$

CHAPITRE IV : Etude de cas Analyse quantitative

En conclusion, nous avons réalisé un tableau résumant la comparaison entre les résultats des probabilités obtenus à partir de l'étude précédente basée sur l'arbre de défaillance, et les résultats des probabilités de la dernière étude basée sur le réseau bayésien.

Tableau IV - 30 : de comparaison de probabilité des équipements de BOG par deux méthodes

| Equipements | Résultats de perte de confinement de l'équipement par la 1 ère méthode (ADD) | Résultats de perte de confinement de l'équipement par la 2ème méthode (RB) |
|-----------------------|--|--|
| Ballon 06 | $6.5 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ |
| Pompe 01 | $7.44 \cdot 10^{-5}$ | $7 \cdot 10^{-5}$ |
| Compresseur Cooper 01 | $1.06 \cdot 10^{-4}$ | $1.06 \cdot 10^{-4}$ |
| Schiller 07 | 0.000115 | 0.0001 |
| Ballon 05 | $9.45 \cdot 10^{-5}$ | 0.0001 |

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné le contexte de notre étude, identifié les problèmes clés, défini les objectifs spécifiques et développé une méthodologie appropriée. Grâce à cette analyse préliminaire, nous avons pu recueillir des informations pertinentes sur l'unité de BOG. Nous avons exploré les sources disponibles en documents, P&D., consulté les ingénieurs et examiné les données disponibles. . En termes de méthodologie, nous avons élaboré une approche combinant différentes méthodes de collecte de données, telles que l'examen de documents, les entretiens et l'analyse des données disponibles. Cette approche nous permettra de rassembler des informations complètes et variées, garantissant ainsi la fiabilité et la validité de notre analyse

Conclusion générale :

L'analyse des risques est un ensemble de moyens (démarches, méthodes, outils...) qui doivent être explicites et mis à la disposition de l'ensemble des travailleurs sans exception, afin d'identifier les risques et les réduire au minimum, en partant du principe que toute activité entraîne des risques. Devant la gravité des risques liés à la production des gaz pétroliers liquéfiés (explosions, incendies, effets toxique), il importe de mettre en œuvre des moyens de prévention que nécessite la protection efficace des équipements. Mais malgré toutes les mesures de prévention prises, le risque Zéro n'existe pas surtout dans le cas d'accidents industriels majeurs, il est important de préciser les difficultés liées à l'évaluation des composantes du risque. Un accident quelque soit sa nature peut entraîner des effets fâcheux sur le plan social (humain), économique (équipements, installations) et pour l'environnement (par la contamination du sol, la faune et la flore, milieu aquatique, nappes phréatique...), qui sont exposés aux différents risques et engendrant de graves conséquences allant de blessure simple jusqu'à des catastrophes énormes.

Dans ce mémoire nous avons essayé de traiter les différents risques . En profitant de retours d'expérience des accidents produits dans de complexe GP2/Z d'Arzew, nous avons réussi à tirer des leçons sur les causes possibles et les conséquences qui peuvent avoir lieu sur la section BOG L'étude HAZOP s'intéresse beaucoup plus à la sécurité des équipements. Elle permet de suivre point par point l'évolution des paramètres (pression, température, niveau et le débit) et de valoriser les risques pour chaque déviation. Ces risques ont pour origine possible des défaillances matérielles, des erreurs opérationnelles, des agressions externes, ou encore des changements des conditions atmosphériques. cette méthode cite ceux qui représentent un niveau de risque plus élevé:

- Explosion , BLEVE, UVCE
- Propagation d'un nuage de vapeur toxique et inflammable Construction de l'arbre de défaillance et le réseau Bayésien, montrer que: Une bonne fiabilité permettra de garantir non seulement la sécurité des systèmes (et par conséquent des personnes) mais aussi la diminution des coûts liés à la maintenance et à la non disponibilité des systèmes. Dans tous les cas, la sécurité n'est jamais acquise, une amélioration continue dans ce domaine doit être en recherche permanente

Bibliographie

1. ALAIN DESROCHES - ALAIN LEROY - FREDERIQUE VALLEE «La gestion des risques (principes et pratique)» 2éme édition revue et augmentée, rue Lavoisier Paris, 2007.
2. ALAIN DESROCHES - ALAIN LEROY - FREDERIQUE VALLEE «La gestion des risques (principes et pratique)» 3éme édition, Nouvelle Imprimerie Laballery France, 2015.
3. http://ressources.unit.eu/cours/cyberrisques/etage_3_aurelie/co/Etage_3_synthese_web_1.html#catego_b_c_N9F33D
4. MICHEL LEBATS « Précis de gestion des risques (l'essentiel du cours, fiches-outils et exercices corrigés)», Les presses de Snel, rue fond des fourches Belgique, 2012.
5. LEFEBVRE P., Analyse de risque et ingénierie sécurité, Mastère de Sûreté, Ecole centrale Paris, 1996.
6. LEROY A., SIGNORET J.P., « Probabilistic calculations of a subsea cluster », Proceedings of the Safety and Reliability Society, Annual symposium, Southport, 1985.
7. CEI 61508, Sécurité fonctionnelle des systèmes électriques/électroniques/ électroniques programmables relatifs à la sécurité, Genève, 2001.
8. DESROCHES, A., BAUDOIN F., <<<SneakAnalysis: l'analyse des conditions insidieuses - l'état de l'art », 6e Colloque national de Fiabilité et Maintenabilité, Strasbourg, 1988.
9. LEROY A., SIGNORET J.P., Le risque technologique, Que sais-je ? n° 2669, PUF, Paris, 1992.
10. Mémoire : Recherche d'une solution optimale d'exploitation et de maintenance des gazoducs algériens tenant compte de la fiabilité des équipements des différentes lignes
MEBARKIA Djalal 2012/2013
11. BOUKHERISSI Meryem (2014) : «AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) appliquée à la STEP d'Ain El Houtz ». Mémoire de projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de Master en en Hydraulique, Université Aboubakr Belkaïd Tlemcen.
12. http://www.lyceeferryversailles.fr/sinew/index.php?rubrique=1_1_analyse_fonctionnelle_structurelle.

13. INERIS – DRA – PREV – 2005 - 46036 – Op j – Probabilité – partie 2 : Données quantifiées.
14. <http://journals.openedition.org/cybergeol/docannexe/image/25423/img-5-small580.png>
15. INERIS DRA-14-141478-03176A, 2014.
16. Les phénomènes dangereux associés aux GPL dans les établissements de stockage hors raffineries et pétrochimie Indice 5 - décembre 2006.
17. S. CHRAH, « Soft de formation process », 2007, Complexe GP2Z, SONATRACH.
18. « Soft de formation déshydratation », 2011, Complexe GP2Z, SONATRACH.
19. « Soft de formation réfrigération », 2011, Complexe GP2Z, SONATRACH.
20. Fiche technique ballon 410/6106, 2008, IHI, Révision 4.
21. Fiche technique ballon 410/6105, 2008, IHI, Révision 4.
22. Fiche technique ballon 410/6103, 2008 ; IHI, Révision 4.
23. Fiche technique Schiller 405/6107, 2006, IHI, Révision 0.
24. Manuels Turbocompresseur Cooper « compresseur centrifuge »
25. Manuel « Operating & Maintenance Manual SCW 8001 », 2007, Howden Process Compressors.
26. Manuel d'installation et de maintenance « 405/6104 A Propane refrigerant condenser », 2007, IHI, Révision 0.
27. Fiche technique Ballon 410/6104, 2006, IHI, Révision 0.
28. Manuel d'instruction pompe centrifuge « EBARA », 2008, Révision2.
29. S. CHRAH, « Soft de formation section BOG », Complexe GP2Z, SONATRACH
30. OREDA « offshore reliability data 5th edition volume 2-subsea equipment », prepared by sintef on 2009



ANNEXE

I) présentation de logiciel arbre analyste :

Introduction :

Contexte :

La complexité croissante des systèmes industriels amène un nombre toujours plus important d'acteurs à être impliqués dans les études de sûreté de fonctionnement. Plus que jamais, les modèles d'analyse du risque, typiquement les arbres de défaillance [1], doivent être partagés et maintenus dans le temps. Cela a deux conséquences importantes en ce qui concerne les outils d'édition et de traitement de ces modèles : d'une part, il devient impératif qu'ils soient interopérables, c'est-à-dire que leurs formats de sauvegarde soient identiques ou en tout cas compatibles. D'autre part, ils doivent être accessibles au plus grand nombre tout en ayant un très haut niveau de performance. La première de ces exigences ne peut être satisfaite que via la définition de formats standards. Le logiciel libre est un moyen de satisfaire la seconde.

Objectif :

L'objectif de cette publication est de présenter un nouvel outil informatique libre de diffusion et d'utilisation dont le but est de standardiser et de pérenniser les modélisations par arbres de défaillance en s'appuyant sur deux piliers : le format Open-PSA

d'une part et le moteur de calcul XFTA d'autre part. Cet outil peut être librement employé dans les différents secteurs industriels dans lesquels une étude de sûreté de fonctionnement par arbres de défaillance peut s'avérer nécessaire.

Approche :

Nous présentons, d'un point de vue industriel, un nouvel outil de modélisation par arbres de défaillances libre d'utilisation et de diffusion. Ce nouvel outil s'appuie sur le standard Open-PSA, utilise le moteur de calculs XFTA et permet une interopérabilité avec les outils du marché. Par ailleurs, Arbre-Analyste est développé par des ingénieurs spécialistes du domaine de la sûreté de fonctionnement. De ce fait, l'ergonomie même du logiciel est optimisée pour la réalisation d'études de fiabilité et de sécurité. Les formats d'export permettent de faciliter l'étape de contrôle et le traitement des résultats des calculs. Les sorties graphiques sont compatibles avec des logiciels d'éditeurs graphiques et de traitements de texte afin de répondre au mieux aux besoins des bureaux d'études.

Notre présentation est articulée de la façon suivante :

1. Présentation du standard Open-PSA et de la façon dont il est supporté par Arbre-Analyste ;
2. Présentation du moteur de calculs XFTA ;
3. Présentation du logiciel Arbre-Analyste et de ses fonctionnalités ;
4. Présentation du cadre juridique du projet ;
5. Exemple d'application.

Le format Open-PSA

Présentation :

Né en 2008, le standard Open-PSA [2] est un formalisme documenté permettant d'exprimer un modèle complet par arbres de défaillances. Il a pour principal but de permettre une parfaite interopérabilité entre les différents acteurs d'une étude.

Le choix du format de données s'est porté sur le XML (Extensible Markup Language). Le XML est un langage informatique de balisage générique. Cette syntaxe est dite « extensible » car elle permet de définir différents espaces de noms, c'est-à-dire des langages avec chacun leur vocabulaire et leur grammaire. L'objectif initial est de faciliter l'échange automatisé de contenus complexes (arbres, texte riche...) entre systèmes d'informations hétérogènes.

Exemple :

Un exemple d'un arbre de défaillance traduit en Open-PSA est donné Figure 1.

Le moteur de calcul XFTA

XFTA est un moteur de calcul pour les arbres de défaillance [3]. C'est un logiciel libre, développé par l'un des auteurs dans le cadre de l'initiative Open-PSA. XFTA prend en entrée un modèle au format Open-PSA ainsi qu'un fichier décrivant les calculs à effectuer sur ce modèle, effectue ces calculs et affiche les résultats dans un ou plusieurs fichiers. Ce mode de fonctionnement permet de l'intégrer dans divers outils. Les fichiers de commandes obéissent à une grammaire XML, le format Open-PSA.

ANNEXE

XFTA étant écrit en C++ ANSI, il est portable sous toute plateforme disposant d'un compilateur C++. Il est aujourd'hui porté sous Windows 32 et 64 bits ainsi que sous Linux 32 bits et 64 bits.

La version actuelle de XFTA implémente un algorithme extrêmement performant de calcul de coupes minimales (sans doute le plus performant disponible sur le marché). Cet algorithme s'appuie sur une énumération des coupes avec l'élimination au plus tôt de celles dont la probabilité est inférieure à un seuil donné.

A partir des coupes minimales, XFTA implémente toutes les évaluations probabilistes classiques :

- Calcul de la probabilité de l'événement sommet ;
- Calcul de la probabilité des coupes minimales ;
- Calcul des facteurs d'importance des événements de base ;
- Approximation de la fiabilité du système ;
- Calcul de « Safety Integrity Level » ;

Etudes de sensibilité via des simulations de Monte-Carlo.

Toutes ces évaluations peuvent être effectuées à différent temps de mission.

XFTA est aujourd'hui un outil complet. Il est prévu de le renforcer avec notamment :

- L'intégration d'un paquetage de diagrammes de décision binaires et les algorithmes d'évaluation qualitative et quantitative associés.

Le développement d'outils connexes, notamment un moteur de calcul pour les chaînes de Markov multiphases à récompense ainsi des traducteurs permettant de transformer en arbres de défaillance (et chaînes de Markov) des arbres de défaillance dynamiques, des schémas blocs diagrammes, ou encore des arbres d'événements

Explications des champs XML:

label : permet de décrire l'élément ;

Define -parameter : permet de définir des paramètres nommés ;

ANNEXE

define-gate : permet de définir des portes logiques ;

define-basic-event : permet de définir des éléments de base ;

define-house-event : permet de définir des éléments maisons ;

Présentation

Nous proposons donc un nouvel outil de modélisation par arbres de défaillances libre d'utilisation et libre de diffusion. Conçu par des ingénieurs spécialistes du domaine, il a comme objectif de permettre la capitalisation des modèles en proposant une parfaite interopérabilité. Pour cela, la libre diffusion du logiciel ainsi que l'utilisation du standard Open-PSA permettent à toutes les parties d'un projet l'accès aux modèles

1) Interface :

L'interface est conçue pour optimiser l'espace de travail et ainsi se concentrer sur l'édition des arbres de défaillances. L'emploi de menus détachables et de fenêtres flottantes permet d'organiser son espace de travail librement et de profiter de l'affichage multi-écrans.

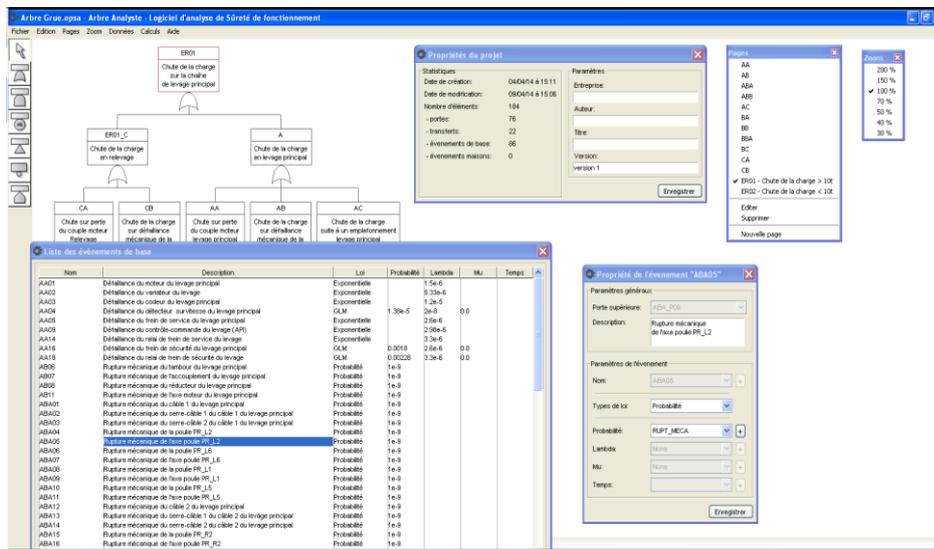


Figure : Copie d'écran l'interface graphique de Arbre-Analyste

L'interface permet d'éditer graphiquement le modèle sur des pages de type «infini ». Les arbres sont représentés à l'écran, tels qu'ils seront lors de leur exportation finale.

2) Calculs

Arbre-Analyste incorpore le moteur de calculs XFTA et permet ainsi de profiter, de façon transparente, de toute la puissance offerte par ce moteur de calculs. Ainsi, la phase préparatoire des calculs et la mise en forme des résultats sont réalisées de façon automatique par le logiciel.

ANNEXE

Au moment de la rédaction de cet article ,les lois de probabilité implémentées dans Arbre-Analyste sont :

- La probabilité constante;
- La loi exponentielle;
- la loi Gamma

Lambda Mu .De plus, les calculs réalisés sont:

- la probabilité de l'évènement de tête;
- la fiabilité système;
- le lambda système;
- le nombre de pannes;
- le MTTR système et le MTBF système;
- la probabilité de chaque évènement de base;
- lesfacteursd'importancetelsquelesfacteursBirnbaum,CriticalImportanceFactor,Fusse l-Vesely,RiskIncreaseFactoretRiskDecreaseFactor;
- les coupes minimales, leur ordre, leur probabilité et leur contribution;
- la PFH ,la PFD et la PFD moyenne;
- les niveaux de SIL.

Arbre-Analyste comprend, en plus du moteur de calcul XFTA, un moteur de calculs par diagrammes de décision binaires qui permet ainsi, pour des arbres de taille modeste , d'obtenir la probabilité exacte .Cela permet ,dans les rares cas où l'approximation par éléments rares donne un résultat trop majorant ,d'obtenir une probabilité de tête juste.

2) Scénarios :

Les systèmes étudiés, dans le cadre d'études de sûreté de fonctionnement, sont de plus en plus complexes et nécessitent de tenir compte des différents modes de fonctionnement du système ou bien de différents choix technologiques qui peuvent être employés. Cela nécessite de modifier l'architecture des arbres ou bien de modifier les paramètres des événements de base constituant l'arbre. Il existe, actuellement, deux solutions. Soit, on réalise autant d'arbres qu'il y a de situations différentes, soit en utilise des événements maisons. Les événements maisons permettent d'interagir sur l'architecture d'un arbre mais restent limités et complexifient la représentation graphique du modèle. Quant à réaliser autant d'arbres que de situations, cela peut rendre la modélisation complètement ingérable.

Arbre-Analyse propose une gestion de scénarios avancée permettant de modifier directement la structure et les événements des modèles afin de coller au mieux à la réalité des étapes de conception d'un système industriel.

La gestion des scénarios est réalisée par l'intermédiaire d'un langage simple et dédié aux arbres de défaillances. Il permet, grâce à un ensemble de sélecteurs et de fonctions,

d'interagir dynamiquement avec les éléments de l'arbre.



Arbres-Analyste

| General information | |
|---------------------|---------------|
| Project | add ballon 06 |
| Version | version 1 |
| Author | mariam amina |
| Society | gp2 |
| Calculation name | ballon 06 |
| Top gate | P(06) |
| Mission time | 8000.0 |
| Limit | |

| Results | |
|-----------------------|----------|
| Probability: | 6.51e-05 |
| System unreliability: | none |
| Lambda system: | none |
| Number of failures: | none |
| System MTTR | none |

Minimal cuts set

The following table contains the 100 most contributors minimal cutsets.

| N° | Order | Probability | Percent | Event | Description |
|----|-------|-------------|---------|-------|----------------------|
| 1 | 1 | 4e-05 | 61.4% | E002 | seisme |
| 2 | 1 | 5.5e-06 | 8.4% | E016 | df de pic 6184 |
| 3 | 1 | 5.5e-06 | 8.4% | E013 | df de pic 6143 |
| 4 | 1 | 3.75e-06 | 5.8% | E010 | df mecanique |
| 5 | 1 | 3.75e-06 | 5.8% | E009 | df mecanique pv 6143 |
| 6 | 1 | 1.7e-06 | 2.6% | E017 | df de py 6184 |
| 7 | 1 | 1.7e-06 | 2.6% | E014 | df de py 6143 |
| 8 | 1 | 1.6e-06 | 2.5% | E015 | df de pt 6184 |
| 9 | 1 | 1.6e-06 | 2.5% | E012 | df de pt 6143 |



Arbres-Analyste

| General information | |
|---------------------|-------------------------------|
| Project | perte de confinement de pompe |
| Version | version 1 |
| Author | nadjia amina |
| Society | gp2 |
| Calculation name | perte de confinement de pompe |
| Top gate | P(pompe) |
| Mission time | 8000.0 |
| Limit | |

| Results | |
|-----------------------|----------|
| Probability: | 7.44e-05 |
| System unreliability: | none |
| Lambda system: | none |
| Number of failures: | none |
| System MTTR | none |

Minimal cuts set

The following table contains the 100 most contributors minimal cutsets.

| N° | Order | Probability | Percent | Event | Description |
|----|-------|-------------|---------|-------|-----------------|
| 1 | 1 | 4e-05 | 53.7% | E002 | seisme |
| 2 | 1 | 5.5e-06 | 7.4% | E015 | df de pic 6184 |
| 3 | 1 | 5.5e-06 | 7.4% | E017 | df de lic 6261A |
| 4 | 1 | 5.5e-06 | 7.4% | E020 | df de lic 6261B |
| 5 | 1 | 3.75e-06 | 5.0% | E008 | df mecanique |
| 6 | 1 | 3.75e-06 | 5.0% | E010 | df mecanique |
| 7 | 1 | 3.75e-06 | 5.0% | E012 | df mecanique |
| 8 | 1 | 1.7e-06 | 2.3% | E016 | df de py 6184 |
| 9 | 1 | 1.7e-06 | 2.3% | E018 | df de ly 6261A |
| 10 | 1 | 1.7e-06 | 2.3% | E021 | df de ly 6261B |
| 11 | 1 | 1.6e-06 | 2.1% | E014 | df de pt 6184 |



Arbres-Analyste

| General information | |
|---------------------|---------------------------------|
| Project | perte de confinement de chiller |
| Version | version 1 |
| Author | nadjal amina |
| Society | gp2 |
| Calculation name | pert confinement chiller |
| Top gate | P(schiller) |
| Mission time | 8000.0 |
| Limit | |

| Results | |
|-----------------------|----------|
| Probability: | 0.000115 |
| System unreliability: | none |
| Lambda system: | none |
| Number of failures: | none |
| System MTTR | none |

Minimal cuts set

The following table contains the 100 most contributors minimal cutsets.

| N° | Order | Probability | Percent | Event | Description |
|----|-------|-------------|---------|-------|-----------------------------|
| 1 | 1 | 4e-05 | 34.7% | E002 | seisme |
| 2 | 1 | 2.05e-05 | 17.8% | E006 | arret des aéros réfrigérant |
| 3 | 1 | 1.3e-05 | 11.3% | E005 | rupture des faisceaux |
| 4 | 1 | 9e-06 | 7.8% | E010 | df mecanique de pv 6183 |
| 5 | 1 | 7.13e-06 | 6.2% | E014 | df de LT 6164 |
| 6 | 1 | 5.9e-06 | 5.1% | E009 | bas niveau du ballon 04 |
| 7 | 1 | 5.5e-06 | 4.8% | E015 | df de lic 6164 |
| 8 | 1 | 5.5e-06 | 4.8% | E019 | df de pic 6183 |
| 9 | 1 | 3.75e-06 | 3.3% | E012 | df mecanique de lv 6164 |
| 10 | 1 | 1.7e-06 | 1.5% | E017 | df de Ly6164 |
| 11 | 1 | 1.7e-06 | 1.5% | E020 | df de py 6183 |
| 12 | 1 | 1.6e-06 | 1.4% | E018 | df de pt 6183 |



Arbre-Analyste

| General information | |
|---------------------|-------------------------------|
| Project | pert confinement de ballon 05 |
| Version | version 1 |
| Author | nadjia amina |
| Society | gp2 |
| Calculation name | pert confinement ballon 05 |
| Top gate | P(prt cnf ballon 05) |
| Mission time | 8000.0 |
| Limit | |

| Results | |
|-----------------------|----------|
| Probability: | 9.45e-05 |
| System unreliability: | none |
| Lambda system: | none |
| Number of failures: | none |
| System MTTR | none |

Minimal cuts set

The following table contains the 100 most contributors minimal cutsets.

| N° | Order | Probability | Percent | Event | Description |
|----|-------|-------------|---------|-------|-----------------------------------|
| 1 | 1 | 4.2e-05 | 44.4% | E004 | alimentation par un produit chaud |
| 2 | 1 | 4e-05 | 42.3% | E002 | seisme |
| 3 | 1 | 5.5e-06 | 5.8% | E009 | df de pic 6152 |
| 4 | 1 | 3.75e-06 | 4.0% | E006 | df mécanique de pv 6154 |
| 5 | 1 | 1.7e-06 | 1.8% | E010 | df de py 6154 |
| 6 | 1 | 1.6e-06 | 1.7% | E008 | df de pt 6152 |



Arbre-Analyste

| General information | |
|---------------------|-----------------------|
| Project | |
| Version | version 1 |
| Author | nadjia amina |
| Society | gp2 |
| Calculation name | prt cnf balon 03 |
| Top gate | P(prt cnf ballon 03) |
| Mission time | 8000.0 |
| Limit | |

| Results | |
|-----------------------|----------|
| Probability: | 0.000113 |
| System unreliability: | none |
| Lambda system: | none |
| Number of failures: | none |
| System MTTR | none |

Minimal cuts set

The following table contains the 100 most contributors minimal cutsets.

| N° | Order | Probability | Percent | Event | Description |
|----|-------|-------------|---------|-------|--|
| 1 | 1 | 4.2e-05 | 37.3% | E005 | alimentation du ballon par produit chaud provenant du chiller 07 |
| 2 | 1 | 4e-05 | 35.5% | E002 | seisme |
| 3 | 1 | 7.13e-06 | 6.3% | E014 | df de LT6163 |
| 4 | 1 | 5.5e-06 | 4.9% | E015 | df de LIC 6163 |
| 5 | 1 | 5.5e-06 | 4.9% | E012 | df de pic 6155 |
| 6 | 1 | 3.75e-06 | 3.3% | E009 | df mecanique de LV6163 |
| 7 | 1 | 3.75e-06 | 3.3% | E007 | df mecanique de pv 6155 |
| 8 | 1 | 1.7e-06 | 1.5% | E016 | df de LY6163 |
| 9 | 1 | 1.7e-06 | 1.5% | E013 | df de py 6155 |
| 10 | 1 | 1.6e-06 | 1.4% | E011 | df de pt 6155 |



Arbre-Analyste

| General information | |
|---------------------|---------------------------|
| Project | prt de cnf compresseur 02 |
| Version | version 1 |
| Author | nadjia amina |
| Society | gp2 |
| Calculation name | compresseur 02 howden |
| Top gate | p(compresseur howden 02) |
| Mission time | 8000.0 |
| Limit | |

| Results | |
|-----------------------|----------|
| Probability: | 0.000198 |
| System unreliability: | none |
| Lambda system: | none |
| Number of failures: | none |
| System MTTR | none |

The following table contains the 100 most contributors minimal cutsets.

| N° | Order | Probability | Percent | Event | Description |
|----|-------|-------------|---------|-------|-----------------------------------|
| 1 | 1 | 7.3e-05 | 36.8% | E011 | augmentation de pression |
| 2 | 1 | 4e-05 | 20.2% | E009 | seisme |
| 3 | 1 | 7.13e-06 | 3.6% | E054 | df de LT6164 |
| 4 | 1 | 7.13e-06 | 3.6% | E059 | df de LT6163 |
| 5 | 1 | 7.13e-06 | 3.6% | E027 | df de LT6163 |
| 6 | 1 | 5.9e-06 | 3.0% | E048 | la vanne manuel 4"laissée ouverte |
| 7 | 1 | 5.5e-06 | 2.8% | E019 | df de pic 6155 |
| 8 | 1 | 5.5e-06 | 2.8% | E055 | df de LIC6164 |
| 9 | 1 | 5.5e-06 | 2.8% | E060 | df de LIC 6163 |
| 10 | 1 | 5.5e-06 | 2.8% | E031 | df de pic 6155 |
| 11 | 1 | 5.5e-06 | 2.8% | E028 | df de LIC 6163 |
| 12 | 1 | 3.75e-06 | 1.9% | E013 | df mecanique de pv 6155 |
| 13 | 1 | 3.75e-06 | 1.9% | E052 | df mecanique de LV6164 |
| 14 | 1 | 3.75e-06 | 1.9% | E057 | df mecanique de LV6163 |
| 15 | 1 | 3.75e-06 | 1.9% | E026 | df mecanique de pv 6155 |
| 16 | 1 | 3.75e-06 | 1.9% | E024 | df mecanique de LV6163 |
| 17 | 1 | 1.7e-06 | 0.9% | E020 | df de py 6155 |
| 18 | 1 | 1.7e-06 | 0.9% | E056 | df de LY6164 |
| 19 | 1 | 1.7e-06 | 0.9% | E061 | df de LY6163 |
| 20 | 1 | 1.7e-06 | 0.9% | E032 | df de py 6155 |
| 21 | 1 | 1.7e-06 | 0.9% | E029 | df de ly 6163 |
| 22 | 1 | 1.6e-06 | 0.8% | E018 | df de pt 6155 |
| 23 | 1 | 1.6e-06 | 0.8% | E030 | df de pt 6155 |



Arbres-Analyste

| General information | |
|---------------------|-----------------------------------|
| Project | perte de confinement ballon 04 |
| Version | version 1 |
| Author | nadja amina |
| Society | gp2 |
| Calculation name | perte de confinement de ballon 04 |
| Top gate | P(prt cnf ballon 04) |
| Mission time | 8000.0 |
| Limit | |

| Results | |
|-----------------------|----------|
| Probability: | 5.45e-05 |
| System unreliability: | none |
| Lambda system: | none |
| Number of failures: | none |
| System MTTR | none |

Minimal cuts set

The following table contains the 100 most contributors minimal cutsets.

| N° | Order | Probability | Percent | Event | Description |
|----|-------|-------------|---------|-------|--------------------------------------|
| 1 | 1 | 4.2e-05 | 77.0% | E004 | defaillance de aero réfrigérant 405A |
| 2 | 1 | 5.5e-06 | 10.1% | E008 | df de pic 6156 |
| 3 | 1 | 3.75e-06 | 6.9% | E005 | df mecanique de pv 6156 |
| 4 | 1 | 1.7e-06 | 3.1% | E009 | df de py 6156 |
| 5 | 1 | 1.6e-06 | 2.9% | E007 | df de pt 6156 |

II présentation de logiciel agena risk :

Introduction :

AgenaRisk utilise les derniers développements dans le domaine de l'intelligence artificielle bayésienne et un raisonnement probabiliste pour modéliser des problèmes complexes et risqués et améliorer la prise de décisions.

peut utiliser des modèles AgenaRisk pour faire des prédictions, effectuer des diagnostics et prendre des décisions en combinant les données et les connaissances sur les dépendances causales complexes et autres dans le monde réel.

Vous pouvez utiliser Agena Risk pour modéliser une variété de problèmes comportant des risques et des incertitudes, notamment :

risque opérationnel, analyse actuarielle, risque d'analyse du renseignement, sécurité et fiabilité des systèmes, santé risque, risque de cyber sécurité et planification financière stratégique. En particulier, Agena Risk :

- Offre de nombreux avantages par rapport aux approches axées uniquement sur les mégadonnées : elle fait face à des lacunes et représente les interactions causales du monde réel. Les modèles bayésien Prédiction et abduction (diagnostic) simultanément et combinent causalité et statistique Information.
- Combine les avantages des réseaux bayésien (appelés tout au long du présent manuel)

Bayésien Networks, et aussi connu sous le nom de modèles graphiques probabilistes), simulation statistique et analyse décisionnelle.

- Offre une vaste bibliothèque de modèles couvrant un grand nombre de domaines d'application y compris : risque du projet, risque opérationnel, stress testing, raisonnement juridique, diagnostic médical, la prise de décisions financières, la valeur de l'analyse de l'information et plus encore.
- Visuel, facile à utiliser, intuitif et puissant

Les Principales caractéristiques d'AgenaRisk :

Cartes des risques, une forme généralisée de réseaux bayésiens pour la modélisation causale et autres relations

- Graphiques et statistiques sur les risques avec des graphiques zoom ables et évolutifs, des histogrammes et des graphiques de zones Des statistiques récapitulatives et des graphiques superposés, ainsi que des graphiques en Centiles et cumulatifs.
- Apprendre des données pour les nœuds discrets gaussiens à l'aide de la GU (Expectation-Maximisation) Algorithme et adapté à l'aide de modèles construits.
- Tables de probabilité des nœuds, expression et expressions partitionnées.
- Fonctions de distribution statistique, y compris normale, bêta, binomiale, etc.
- Analyseur d'expression de formules comprenant Noisy-OR, Ranked nodes, comparative et autres Fonctions mathématiques.
- Sensibilité et analyse multi variée pour évaluer l'impact du nombre de variables sur une Variable cible.
- Diagrammes d'influence hybrides pour la prise de décision, production d'arbres de décision.
- Valeur de l'analyse de l'information, pour aider à déterminer le montant à payer pour l'information.
- Modélisation des objets de risque pour la construction de modèles modulaires.
- Analyse de somme composée pour l'agrégation des risques des variables de fréquence et de gravité des événements.
- Bibliothèque de modèles d'exemples complets liés au matériel didactique du livre.
- Importation et exportation de données au moyen de fichiers CSV, HTML et JPEG.

Types de modélisation que vous pouvez effectuer dans AgenaRisk :

Les algorithmes de pointe mis en œuvre dans AgenaRisk vous permettent de faire les types suivants de Résolution de problèmes et modélisation :

- Représentation du jugement d'un expert au moyen d'une probabilité subjective
- Combiner les données avec un jugement d'expert

ANNEXE

- Simulation de distributions statistiques pour l'inférence prédictive comme alternative à Monte Carlo Simulation
- Inférence diagnostique pour les applications d'apprentissage automatique
- Modélisation hiérarchique comme alternative aux chaînes Monte Carlo Markov (MCMC)
- Construction de modèles hybrides contenant des variables discrètes et continues incertaines
- Modélisation des mélanges de distributions discrètes et continues
- Modélisation orientée objet de systèmes complexes impliquant plusieurs objets et interfaces
- Modélisation dynamique de systèmes temporels ou évolutifs (comme l'analyse de Markov)

À propos de ce document Ce document est en deux parties. La partie A contient les tutoriels, qui vous guident, étape par étape, un la variété des tâches qui couvrent la plupart des fonctionnalités de l'outil. La partie B est une référence d'outil étendue qui Couvre tous les aspects de la fonctionnalité de l'outil. En outre, il y a des annexes couvrant : Introduction, Modélisation des risques à l'aide d'AgenaRisk, Conseils et astuces sur la création de cartes des risques. Tout au long de ce manuel, les conventions de formatage du tableau 1 sont utilisées.

2. L'interface utilisateur

2.1 Présentation de l'interface utilisateur

Les principaux composants de l'interface utilisateur d'AgenaRisk sont présentés dans la fenêtre de l'application de la Figure 1.

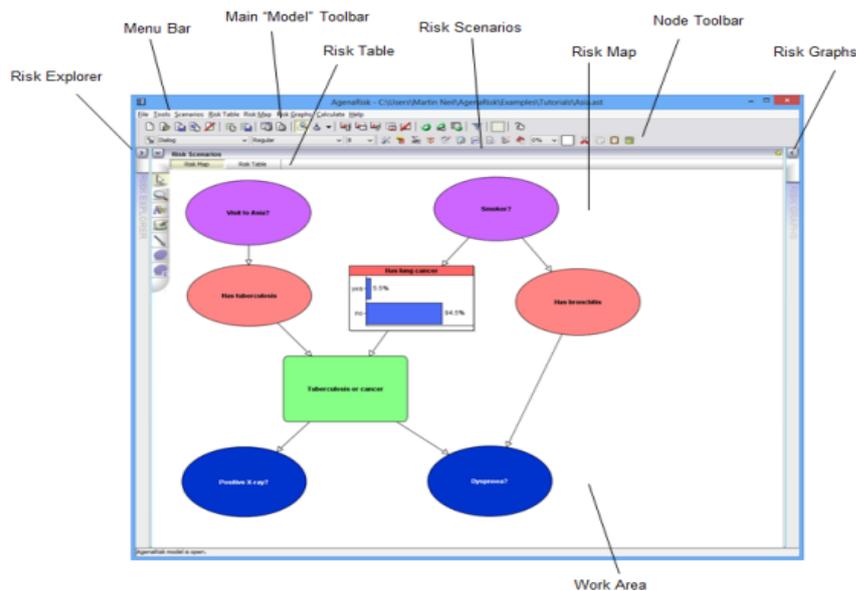


Figure :Interface utilisateur AgenaRisk

Il comporte les principaux éléments suivants :

- La zone de travail. Il y a deux vues (il y a des onglets pour basculer entre les deux), à savoir une carte des risques et une table des risques. Dans les deux cas, la zone de travail contient les détails de l'élément actuellement sélectionné dans le panneau d'exploration des risques.
- Le panneau de l'explorateur des risques. Il s'affiche en cliquant sur l'icône. Il contient une liste des risques. les objets qui font partie du modèle de risque actuellement ouvert. Chaque objet de risque aura son tableau des risques et carte des risques correspondants.
- La barre d'outils Risk Map contient les contrôles à sélectionner. objets, ajouter des nœuds, des bords, des images et du texte ainsi que le zoom.
- Le panneau des scénarios de risque permet de modifier et d'activer les scénarios de risque liés à tout objet de risque dans la vue Risk Explorer. Le panneau du graphique des risques. Il s'affiche en cliquant sur l'icône. Il contient un ensemble de risques graphiques, où un graphique de risque est un élément qui affiche les probabilités pour un nœud donné dans le modèle sous-jacent après un calcul.
- La barre d'outils principale du « modèle » contient un ensemble de boutons qui permettent un accès rapide aux fonctions. Disponible via la barre de menus ou ailleurs dans AgenaRisk.
- La barre d'outils du nœud contient un ensemble de boutons pour modifier les propriétés du nœud, comme les NPT et expressions, saisir des constantes ainsi que copier, couper et coller des nœuds et des collections de nœuds.
- La barre de menus comprend des fonctions de chargement, d'enregistrement et d'importation de modèles, de propagations modèles (calcul), génération de rapports, manipulation du graphique des risques, tableau des risques et scénario gestion.
- Le menu et la barre d'outils (figure 2) contiennent des fonctions pour charger, enregistrer et importer des modèles et scénarios; modifier les tableaux des risques; configurer les scénarios; configurer la vue de la carte des risques; pour exécuter des calculs. Cette section décrit les fonctions disponibles

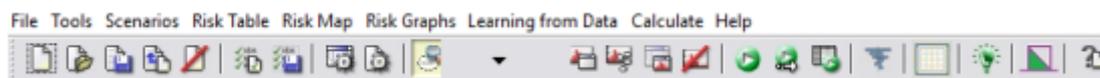


Figure :Interface utilisateur AgenaRisk

ANNEXE



Note 1 : Lorsque vous utilisez AgenaRisk si vous avez besoin d'un rappel rapide de l'objectif de toute barre d'outils



Déplacez simplement la souris sur le bouton et vous verrez le texte « conseils sur les outils » qui résume



le but du bouton.

- Remarque 2 : En plus des éléments de menu et des boutons de la barre d'outils, il y a des raccourcis clavier pour la plupart

Fonctions communes.

- Remarque 3 : Chaque bouton de la barre d'outils est associé à une option de menu (mais pas l'inverse) comme suit :

décrit dans cette section. Il est également à noter que la barre d'outils est divisé en ce qui suit

Groupes de boutons « fonctionnellement liés » :



:Ce groupe traite de la fonctionnalité des fichiers



:Ce groupe traite des scénarios de chargement et d'enregistrement et de la configuration de l'application et du modèle actuellement chargé



: Ce groupe traite de l'affichage des informations d'état sur la carte des risques



:Ce groupe traite de la vue de la carte des risques



: Ce groupe traite du calcul



:Cela lance la fonctionnalité d'analyse de sensibilité.



: Lancement de la fonctionnalité d'analyse multi dimensionnelle Ce groupe traite de l'affichage des informations d'état sur la carte des risques

Ce groupe traite de la vue de la carte des risques Ce groupe traite du calcul

- Cela lance la fonctionnalité d'analyse de sensibilité.
- Lancement de la fonctionnalité d'analyse multi dimensionnelle Cela lance la fonctionnalité d'apprentissage de table
- Lancement de l'analyse de la somme composée

ANNEXE

- Ce dernier bouton lance le fichier d'aide AgenaRisk dans Acrobat Reader ou votre fichier par défaut lecteur de fichiers pdf.
- La barre d'outils de la carte des risques s'affiche comme suit :



Lancement de l'analyse de la somme composée



Ce dernier bouton lance le fichier d'aide AgenaRisk dans Acrobat Reader ou votre fichier par défaut



lecteur de fichiers pdf.

- La barre d'outils de la carte des risques s'affiche comme suit :



Vue Risk Explorer

La vue de l'explorateur des risques se trouve à gauche de la fenêtre de l'application. Elle contient une liste complète.

de tous les objets de risque contenus dans le modèle de niveau supérieur, comme le montre la figure 3.

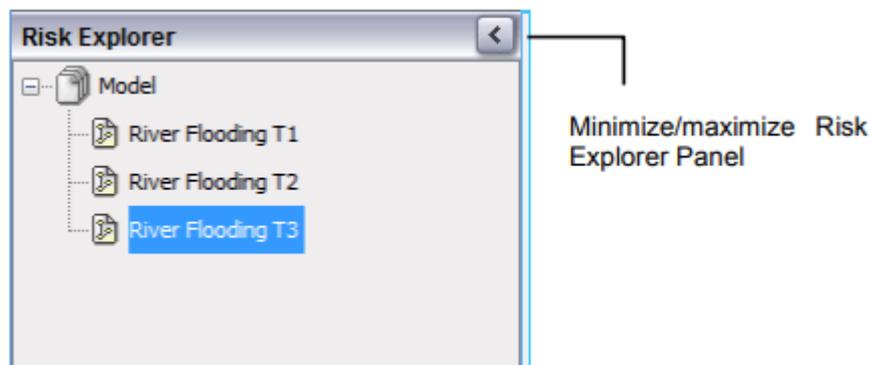


Figure : Vue de l'explorateur des risques

ANNEXE

Cliquez sur un objet de risque dans l'arborescence pour le sélectionner. Les détails complets de cet objet seront ensuite dans la zone de travail (à droite de la fenêtre de l'application). Soit la carte des risques ou la vue du tableau des risques s'affiche en fonction de l'onglet sélectionné dans la zone de travail.

Tout élément de l'explorateur des risques peut être renommé; c'est essentiel si vous voulez créer votre propre profil personnalisé.

Version d'un modèle existant. Pour renommer un élément, faites un clic droit dessus et sélectionnez « Renommer » dans le menu contextuel. Saisissez le nouveau nom dans la boîte de dialogue et cliquez sur OK.

Si l'élément de niveau supérieur est sélectionné, une vue du modèle de niveau supérieur s'affiche dans la zone de travail.

Tout objet de risque du modèle courant peut être supprimé en cliquant avec le bouton droit de la souris sur l'objet que vous souhaitez supprimer et sélectionner la fonction de suppression dans le menu contextuel.

Le panneau d'exploration du risque prend une quantité raisonnable de biens immobiliers d'écran. Pour cette raison, il peut être minimisé et maximisé via le bouton fléché en haut du panneau. La largeur du panneau peut également être modifiée en faisant glisser la barre qui sépare le panneau de la zone de travail.

2.3 Vue Carte des risques

La vue de la carte des risques, comme le montre la figure 4, est disponible lorsqu'un objet de risque est sélectionné dans le risque.

et l'onglet de visualisation de la carte des risques est sélectionné dans la zone de travail. La seule exception est si le niveau supérieur objet dans la vue de l'explorateur de risques est sélectionné, auquel cas une vue graphique englobant tous les objets du modèle de risque seront affichés.

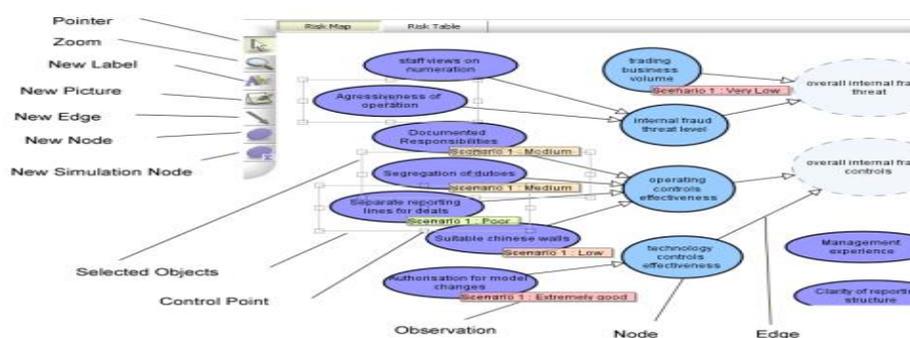


Figure : Vue de la carte des risques

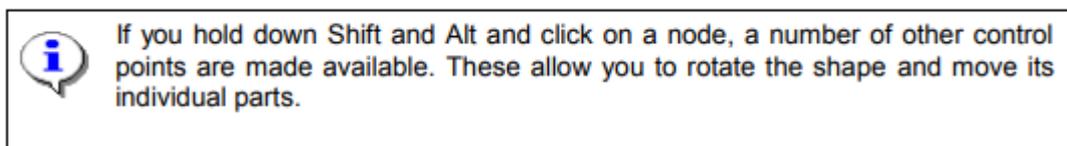
ANNEXE

La vue carte des risques affiche une vue graphique entièrement interactive de l'objet sélectionné dans l'explorateur des risques.

Les nœuds sont représentés sous forme de formes reliées par des lignes (ou des bords).

Les nœuds et les bords peuvent être sélectionnés dans la barre d'outils de la carte des risques. Lorsqu'un nœud ou un bord est sélectionné, un certain nombre de points de contrôle apparaîtront autour d'elle (ils apparaissent sous forme de petites boîtes gris clair). Cliquer, En maintenant la souris enfoncée, vous pouvez redimensionner les nœuds sélectionnés.

Cliquer, maintenir enfoncé et faire glisser la souris dans leur contour déplacera les nœuds et les bords.



Les bords sont généralement ancrés aux nœuds. Lorsque les nœuds sont déplacés, les bords se déplacent avec eux. Ils ne peuvent pas être déplacés indépendamment des nœuds.

Les groupes de nœuds peuvent être sélectionnés en cliquant sur les composants sélectionnés et en les faisant glisser.

Vous pouvez également sélectionner plusieurs objets en maintenant la touche Ctrl enfoncée tout en sélectionnant. Par défaut, lors d'une sélection de zones, les bords ne sont pas sélectionnés. Si vous souhaitez sélectionner les bords comme pendant la sélection de la zone, maintenez la touche de contrôle enfoncée. Un clic droit sur un nœud ou un bord propose un menu. Les éléments suivants sont disponibles dans le menu :

- Afficher le graphique des risques Les graphiques des risques s'affichent pour tous les nœuds sélectionnés. Le choix de

l'élément du sous-menu déterminera où les graphiques sont réellement affichés.

- Entrez l'observation Cela vous permet de placer une observation dans le nœud sélectionné.

Les observations sont entrées dans ce qu'on appelle des scénarios. Lorsque ce menu est sélectionné, vous serez invité à sélectionner le scénario dans lequel vous souhaitez entrer une observation, puis ce que devrait être l'observation. Il existe deux mécanismes pour entrer les observations :

sélectionner dans une liste discrète ou saisir un numéro dans un champ de texte. Le mécanisme de réponse est hérité de l'entrée de la table des risques connectée au nœud. Les sous-menus numériques contiennent un élément de menu « Clear Observation » qui supprimera toutes les observations du nœud pour le scénario spécifié.

- Propriétés Affiche une boîte de dialogue de propriétés pour le nœud ou le bord sélectionné. Si plusieurs objets sont sélectionnés, puis la boîte de dialogue des propriétés correspondant à tous les objets sélectionnés s'affiche.

2.4 Barre d'outils et propriétés du nœud

Dans Agena Risk la plupart des fonctionnalités sont accessibles via les propriétés d'un nœud. Cette barre d'outils de nœud permet vous pouvez modifier les propriétés du nœud dans la vue

ANNEXE

Carte des risques directement sans avoir à cliquer avec le bouton droit sur le nœudet afficher la boîte de dialogue Propriétés du nœud.

L'exemple suivant explique les différents modes d'accès et d'édition des propriétés d'un nœud.

Exemple

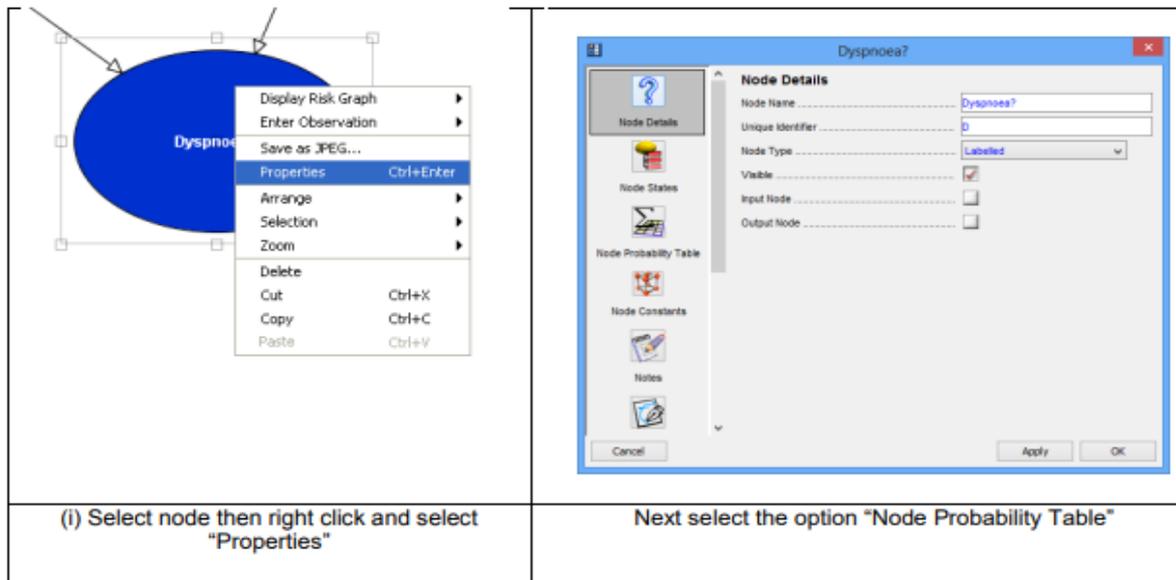


Figure: Façon « longue route » de modifier le TNP

Ceci fait apparaître le tableau des probabilités de nœuds (prêt pour l'édition) montré dans la Figure

Node Probability Table

NPT Editing Mode: Manual

| | yes | | no | | |
|----------------|-----|-----|-----|-----|--|
| Has bronchitis | yes | no | yes | no | |
| Tuberculos... | 0.9 | 0.8 | 0.7 | 0.1 | |
| yes | 0.1 | 0.2 | 0.3 | 0.9 | |
| no | | | | | |

Figure : Tableau des probabilités de nœuds

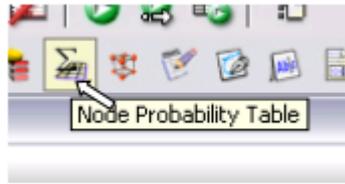


Figure : Sélection de l'icône du menu de probabilité de nœud

La fenêtre du tableau des probabilités de nœuds de la figure 6 s'affiche immédiatement.

III Présentation du logiciel de modélisation ALOHA :

ALOHA est un logiciel permettant de prévoir la dispersion atmosphérique d'une substance dangereuse. Il a été développé conjointement par les 2 entités américaines suivantes : l' "Environmental Protection Agency's Office of Emergency Prevention, Preparedness and Response" (EPA) et le "National Oceanic and Atmospheric Administration's Office of Response and Restoration"

Le logiciel se compose :

- Du module CAMEO qui contient principalement des bases de données chimiques et toxicologiques.
- Du module ALOHA ("*Areal Locations of Hazardous Atmospheres*") qui est un programme informatique permettant d'évaluer, la dispersion atmosphérique, de composés rejetés dans des conditions accidentelles. Il prend en compte les propriétés toxicologiques et physiques des polluants, et les caractéristiques du site telles que les conditions atmosphériques et les conditions de rejets.

Ce module comprend une bibliothèque de 700 substances chimiques et permet un affichage graphique des résultats

- Un programme de cartographie électronique appelé MARPLOT.

ALOHA utilise un modèle gaussien pour modéliser la dispersion atmosphérique. Il suppose un terrain plat, sans réaction chimique, avec un terme source d'émission stationnaire. L'avantage principal est le temps rapide de calcul.

ALOHA permet la modélisation d'émissions à partir :

- De flaques en ébullition ou non,
- De réservoirs sous pression de gaz ou de liquide, de réservoirs liquides non pressurisés, de réservoirs contenant des gaz liquéfiés, de conduite de gaz sous pression.

Entrées

- Localisation du site : coordonnées GPS (longitude, latitude, altitude)
- Date et heure de l'accident
- Produit chimique étudié (base de données)
- Conditions atmosphériques : vitesse, direction du vent et hauteur à laquelle est faite la mesure, température de l'air, humidité relative de l'air, classe de stabilité, couverture nuageuse.
- Caractéristiques du rejet : rugosité du sol, état du rejet (produit enflammé ou non), pression et température en entrée de la canalisation

ANNEXE

Sorties

Les sorties graphiques du logiciel sont constituées par :

- Les évolutions temporelles de la valeur du débit (graphes 1D)
- Les évolutions temporelles de la concentration et de la dose à un point donné (graphe 2D)
- La trace au sol de la concentration (graphe 2D).

Limitations

Les principales limitations sont les suivantes :

- La topographie et la présence d'obstacles ne sont pas prises en compte.
- La dispersion de particules n'est pas modélisée.
- L'élévation des gaz chauds ou légers n'est pas prise en compte.
- Certains des phénomènes qui se situent au niveau du point de rejet ou dans le champ proche ne sont pas pris en compte, tel les phénomènes de jets, par conséquent ALOHA n'affiche pas de résultats à des distances inférieures à 100m.
- Les rejets à partir de conduite liquide ne sont pas modélisés.
- Les aérosols (ex. : lors de rejets d'ammoniac,...) ne sont pas modélisés par ALOHA, qui suppose leur évaporation immédiate aux abords de la fuite,
- ALOHA ne calcule pas la réactivité chimique, il avertit cependant l'utilisateur et décrit le type de réactions et les produits attendus,
- ALOHA peut calculer le terme source et la dispersion à partir de composés purs ou de solutions liquides mais ne modélise pas les mélanges gazeux

| | Valeurs | Commentaires |
|----------------------------------|----------------|--|
| Effets sur l'homme | 200 mbar | Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » |
| | 140 mbar | Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » => zone dans laquelle il convient de limiter l'implantation de constructions ou d'ouvrages concernant notamment des tiers |
| | 50 mbar | Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine ». => zone dans laquelle il est possible d'autoriser la construction de maisons d'habitation ou d'activité économique à l'exclusion toutefois d'aménagements et de constructions destinés à recevoir du public dont l'évacuation pourrait se trouver compromise |
| | 20 mbar | Seuil des effets délimitant la zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme |
| Effets sur les structures | 300 mbar | Seuil des dégâts très graves sur les structures |
| | 200 mbar | Seuil des effets dominos |
| | 140 mbar | Seuil des dégâts graves sur les structures |
| | 50 mbar | Seuil des dégâts légers sur les structures |
| | 20 mbar | Seuil de destructions des vitres significatives. |

ANNEXE

| | Valeurs | Commentaires |
|----------------------------------|--|--|
| Effets sur l'homme | 8 kW/m ² ou 1 800 [(kW/m ²) ^{4/3}].s | Seuil des effets létaux significatifs délimitant la « zone des dangers très graves pour la vie humaine » |
| | 5 kW/m ² ou 1 000 [(kW/m ²) ^{4/3}].s | Seuil des effets létaux délimitant la « zone des dangers graves pour la vie humaine » => zone dans laquelle il convient de limiter l'implantation de constructions ou d'ouvrages concernant notamment des tiers |
| | 3 kW/m ² ou 600 [(kW/m ²) ^{4/3}].s | Seuil des effets irréversibles délimitant la « zone des dangers significatifs pour la vie humaine ». => zone dans laquelle il est possible d'autoriser la construction de maisons d'habitation ou d'activité économique à l'exclusion toutefois d'aménagements et de constructions destinés à recevoir du public dont l'évacuation pourrait se trouver compromise |
| Effets sur les structures | Contact des flammes ou 200 kW/m ² | Seuil de ruine du béton en quelques dizaines de minutes. |
| | 20 kW/m ² | Seuil de tenue du béton pendant plusieurs heures, correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures béton. |
| | 16 kW/m ² | Seuil d'exposition prolongée des structures, correspondant au seuil des dégâts très graves sur les structures (hors structures béton). |
| | 8 kW/m ² | Seuil des effets dominos correspondant au seuil des dégâts graves sur les structures. |
| | 5 kW/m ² | Seuil de destructions des vitres significatives. |

Par exemple dans 390 mètre à partir du centre du phénomène je vais sentir une radiation thermique de 8 kilowatt par mètre carré

Modélisation des équipements bts de BOG par logiciel ALOHA

Compresseur Cooper (UVCE suite à une fuite non enflammée « émission en continue durant 1h »

SITE DATA:

Location: ARZEW, ALGERIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.59 (unsheltered single storied)

Time: March 15, 2023 1443hours ST (usingcomputer'sclock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE

ANNEXE

CAS Number: 74-98-6 Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NNE at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 23° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 15 tons/hr Source Height: 0

Release Duration: 60 minutes

Release Rate: 227 kilograms/min

Total Amount Released: 13,608 kilograms

Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Time of Ignition: 60 minutes after release begins

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: congested

Model Run: Heavy Gas

ANNEXE

Explosive mass at time of ignition: 23.3 kilograms

Red : 29 meters --- (20000 pascals)

Orange: 35 meters --- (14000 pascals)

Yellow: 71 meters --- (5000 pascals)

Ballon 410/6106 (BLEVE)

SITE DATA:

Location: ARZEW, ALGERIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.59 (unsheltered single storied)

Time: March 16, 2023 1419hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE

CAS Number: 74-98-6 Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NNE at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 23° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 70%

ANNEXE

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank

Flammable chemicals caping from tank (not burning)

Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 8.06 meters

Tank Volume: 57 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: -42° C

Chemical Mass in Tank: 23.8 tons Tank is 65% full

Circular Opening Diameter: 12 inches

Opening is 0 meters from tank bottom

Release Duration: 4 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 7,650 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 21,591 kilograms

Note: The chemicals caped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: congested

Model Run: Heavy Gas

Red : 177 meters --- (20000 pascals)

Orange: 210 meters --- (14000 pascals)

Yellow: 387 meters --- (5000 pascals)

UVCE Ballon 410/6105

SITE DATA:

ANNEXE

Location: ARZEW, ALGERIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.59 (unsheltered single storied)

Time: March 16, 2023 1419hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE

CAS Number: 74-98-6 Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NNE at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 23° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 5 tons Source Height: 0

Release Duration: 1 minute

Release Rate: 75.6 kilograms/sec

Total Amount Released: 4,536 kilograms

Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

ANNEXE

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: congested

Model Run: Heavy Gas

Red : 155 meters --- (20000 pascals)

Orange: 168 meters --- (14000 pascals)

Yellow: 291 meters --- (5000 pascals)

UVCE Ballon 410/6103

SITE DATA:

Location: ARZEW, ALGERIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.59 (unsheltered single storied)

Time: March 16, 2023 1419hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE

CAS Number: 74-98-6 Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NNE at 10 meters

ANNEXE

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 23° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 169 kilograms Source Height: 0

Release Duration: 1 minute

Release Rate: 2.82 kilograms/sec

Total Amount Released: 169 kilograms

Note: This chemical may flash boil and/or result in two phase flow.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: congested

Model Run: Heavy Gas

Red : 30 meters --- (20000 pascals)

Orange: 33 meters --- (14000 pascals)

Yellow: 62 meters --- (5000 pascals)

Chiller 405/6107

SITE DATA:

Location: ARZEW, ALGERIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.59 (unsheltered single storied)

Time: March 16, 2023 1419hours ST (using computer's clock)

ANNEXE

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE

CAS Number: 74-98-6 Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NNE at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 23° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Flammable chemicals caping from tank (not burning)

Tank Diameter: 1.6 meters Tank Length: 6 meters

Tank Volume: 12.1 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: 23° C

Chemical Mass in Tank: 3.41 tons Tank is 50% full

Opening Length: 10 centimeters Opening Width: 1 centimeters

Opening is 0 meters from tank bottom

Release Duration: 4 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 1,020 kilograms/min

ANNEXE

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 3,093 kilograms

Note: The chemicals caped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: congested

Model Run: Heavy Gas

Red : 62 meters --- (20000 pascals)

Orange: 76 meters --- (14000 pascals)

Yellow: 148 meters --- (5000 pascals)

Ballon 410/6104

SITE DATA:

Location: ARZEW, ALGERIA

Building Air Exchanges Per Hour: 0.59 (unsheltered single storied)

Time: March 16, 2023 1419hours ST (using computer'sclock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE

CAS Number: 74-98-6

Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greaterthan 1 atm

ANNEXE

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 5 meters/second from NNE at 10 meters

Ground Roughness: urban or forest Cloud Cover: 3 tenths

Air Temperature: 23° C Stability Class: D

No Inversion Height Relative Humidity: 70%

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in horizontal cylindrical tank

Flammable chemicals caping from tank (not burning)

Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 7 meters

Tank Volume: 22.0 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: 23° C

Chemical Mass in Tank: 7.37 tons Tank is 60% full

Circular Opening Diameter: 1.77 centimeters

Opening is 0 meters from tank bottom

Release Duration: ALOHA limited the duration to 1 hour

Max Average Sustained Release Rate: 101 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 5,769 kilograms

Note: The chemicals caped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

ANNEXE

Level of Congestion: congested

Model Run: Heavy Gas

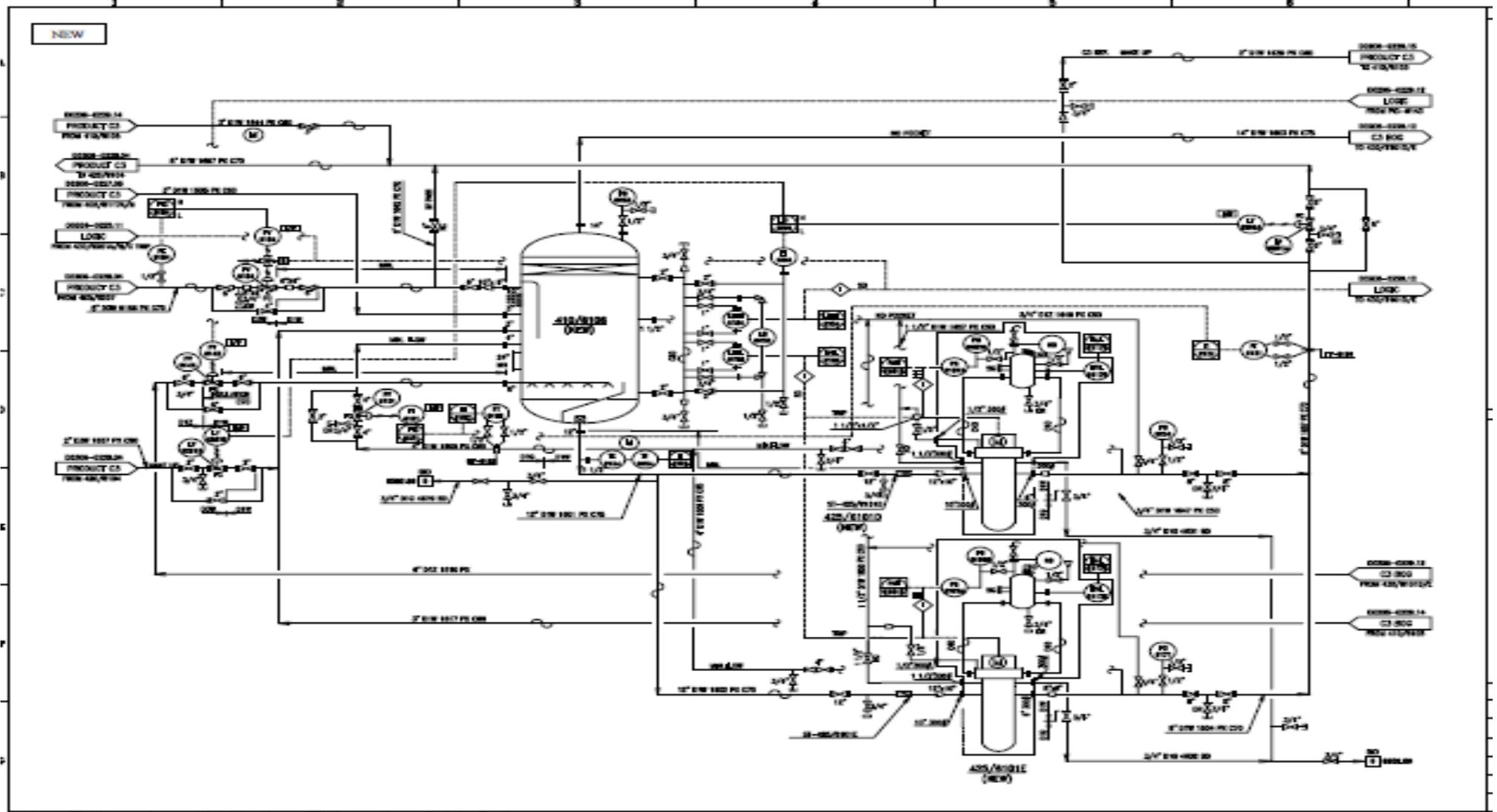
Red : 21 meters --- (20000 pascals)

Orange: 26 meters --- (14000 pascals)

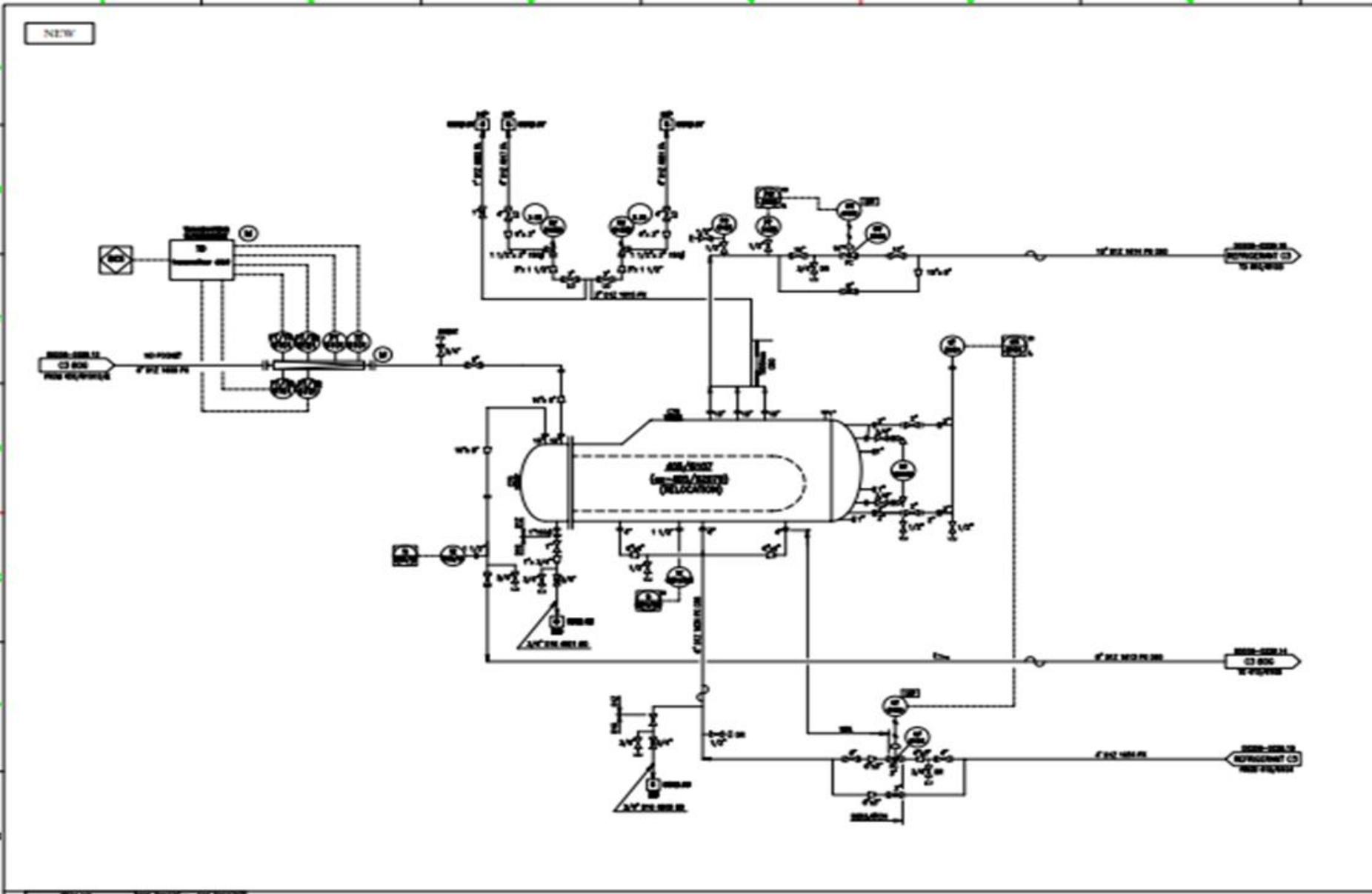
Yellow: 51 meters --- (5000 pascals)

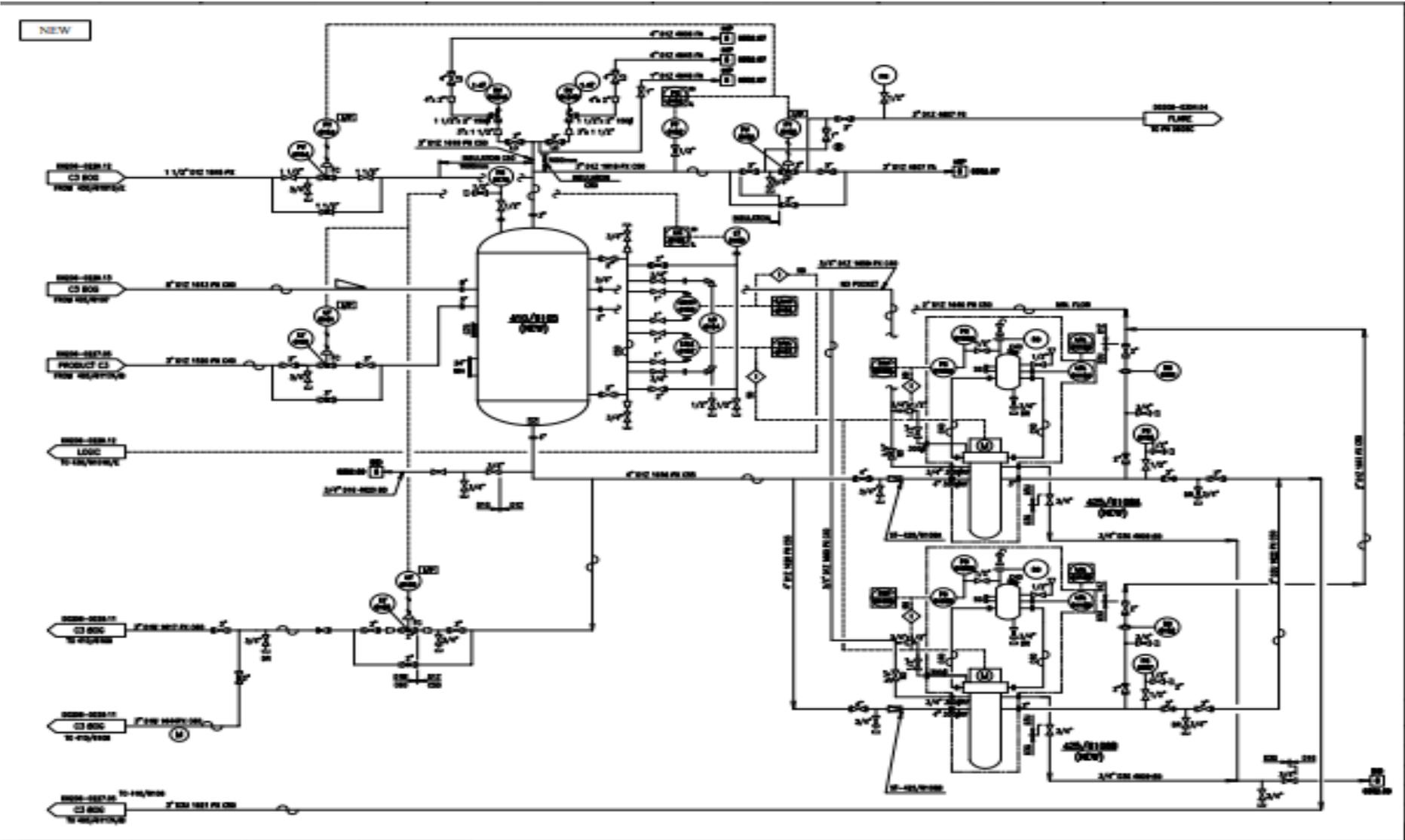
ANNEXE

IV les boucles de système BOG :

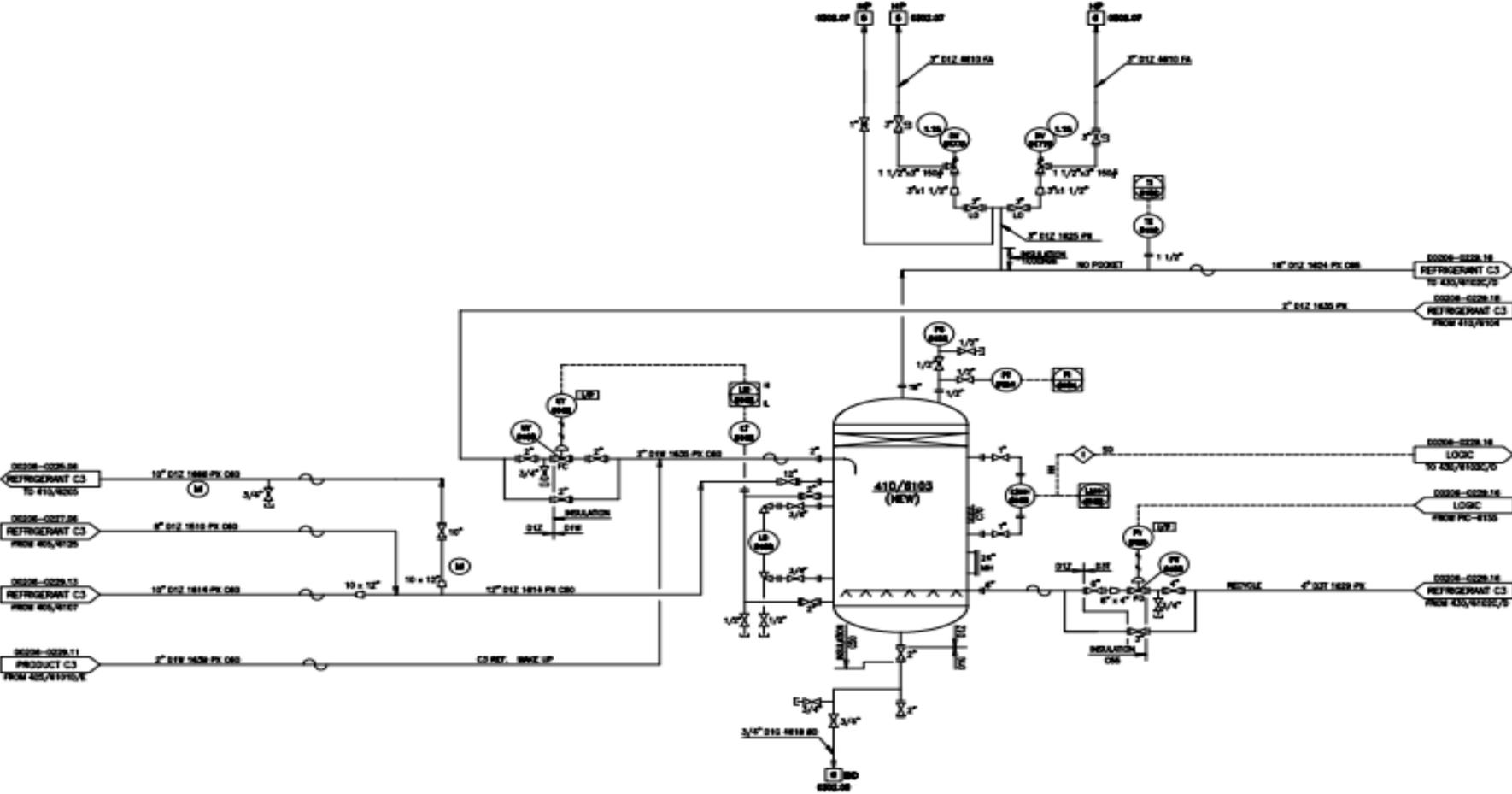


ANNEXE

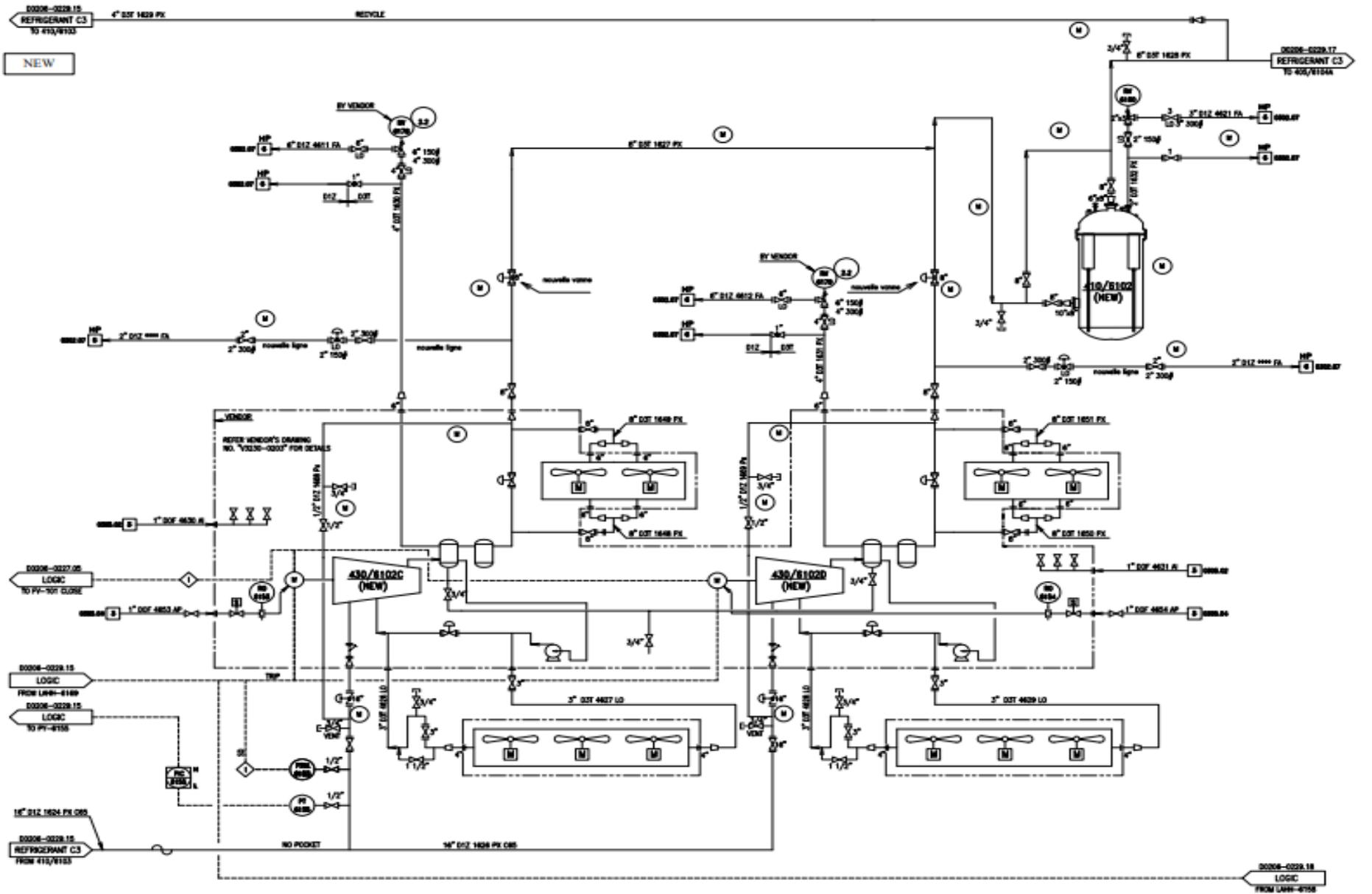




NEW

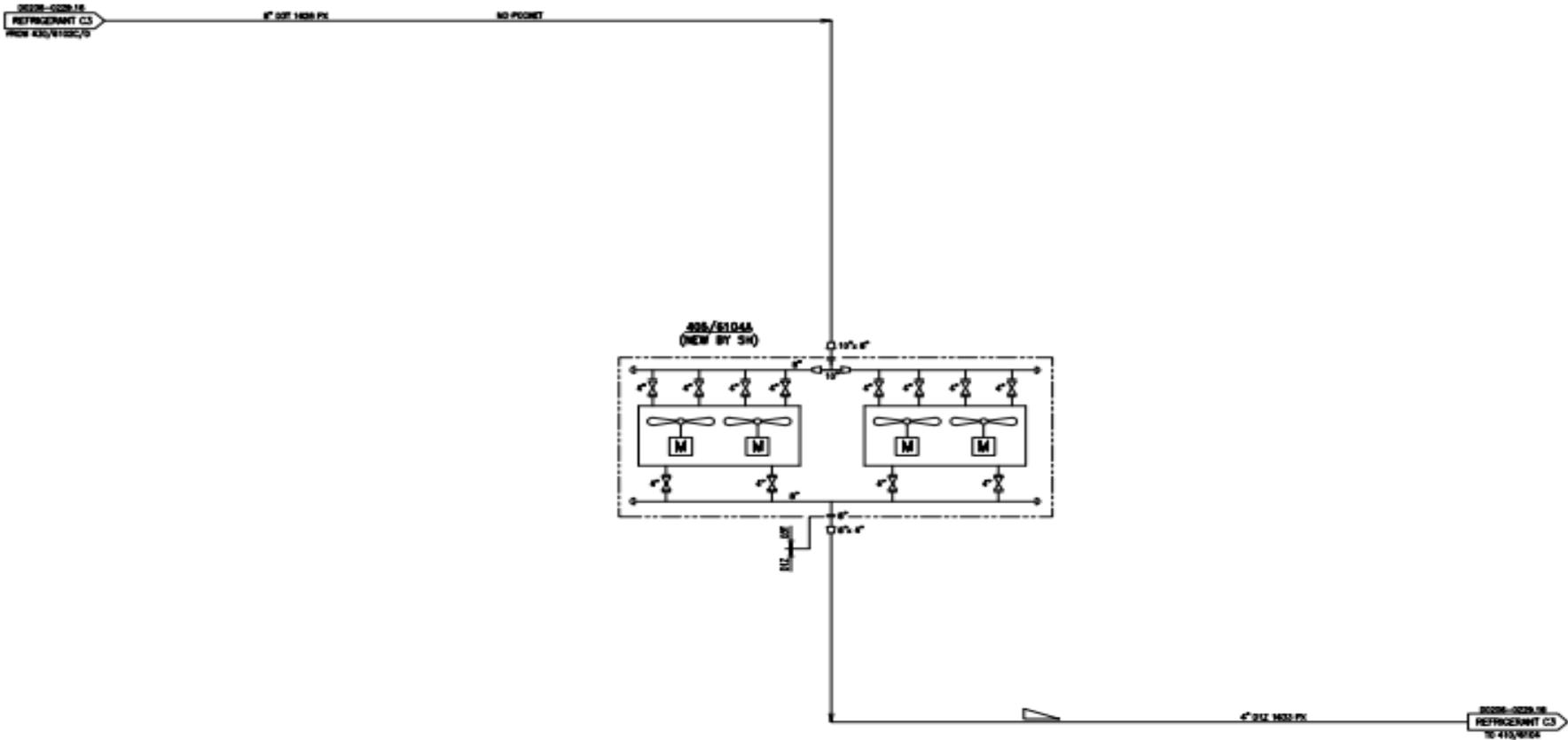


ANNEXE



ANNEXE

NEW



ANNEXE

