

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ 20 AOÛT 1955 SKIKDA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE DES PROCÉDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Hygiène et sécurité industrielle

*Vérification des niveaux d'intégrité de sécurité SIL d'un
procédé industriel
Application de la méthode LOPA sur un four rebouilleur
F103 /Topping SKIKDA*

Soutenu le 02/07/2023

Réalisé par : MEDBOUH Islem

KISMOUNE Islam

LAMRI Maher Adem

Encadré par :

Dr. HAMAIDIA Mohyiddine

Année Universitaire 2022- 2023

Dédicaces

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes parents : *Grâce à leurs tendres
Encouragements et leurs grands sacrifices,
ils ont pu créer le climat affectueux et
propice à la poursuite de mes études.*

*Aucune dédicace ne pourrait exprimer mon
respect, ma considération et mes profonds
sentiments envers eux. Je prie le bon Dieu
de les bénir, de veiller sur eux, en espérant
qu'ils seront toujours fiers de moi.*

A tous mes professeurs : *Leur générosité et
leur soutien m'oblige de leurs témoigner
mon profond respect et ma loyale
considération.*

A tous mes amis et mes collègues : *Ils vont
trouver ici le témoignage d'une fidélité et
d'une amitié infinie.*

REMERCIEMENT

En tout premier lieu, je remercie Allah, tout puissant, de m'avoir donné la Force pour survivre, ainsi que l'audace pour dépasser toutes les difficultés.

Également je remercie infiniment mes parents, qui m'ont encouragé et aidé à arriver à ce stade de ma formation. En second lieu, nous tenons à remercier notre encadreur Mr. Hamaidia Mohyiddine.

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.

Résumé

Ce travail évalue les barrières de sécurité d'un processus industriel en utilisant la méthode LOPA. Le Four F-103 du Module de traitement du gaz Topping de la SONATRACH/Skikda a été examiné pour évaluer les niveaux SIL des barrières correspondantes. Les scénarios majeurs ont été identifiés à l'aide de la méthode HAZOP, basée sur une étude HAZOP préalable réalisée par la Société chinoise CPECC en novembre 2009. Les conséquences majeures ont été évaluées en termes de criticité. Les différentes couches de protection du système ont été identifiées pour faire face à ces scénarios majeurs. L'évaluation des niveaux SIL a été utilisée pour évaluer la performance des barrières de sécurité existantes. L'étude montre que les barrières de sécurité du Four F-103 répondent aux exigences requises. Des barrières de protection supplémentaires peuvent être nécessaires si la criticité des scénarios d'accident dépasse les critères d'acceptabilité fixés.

Mots clés: scénario d'accident, LOPA, SIL, HAZOP, SIS.

ملخص

يهدف هذا العمل إلى تقييم حواجز السلامة المختلفة المستخدمة في عملية صناعية باستخدام طريقة LOPA. تم فحص الفرن F-103 في وحدة معالجة غاز Topping التابعة لشركة SONATRACH / Skikda لتقييم مستويات SIL للحواجز المقابلة. تم تحديد السيناريوهات الرئيسية باستخدام طريقة HAZOP ، استنادًا إلى دراسة HAZOP سابقة قامت بها الشركة الصينية CPECC في نوفمبر 2009. تم تقييم العواقب الرئيسية من حيث الخطورة. تم تحديد الطبقات المختلفة للحماية في النظام للتعامل مع هذه السيناريوهات الرئيسية. تم استخدام تقييم مستويات SIL لتقييم أداء الحواجز الأمنية الموجودة. توضح الدراسة أن حواجز السلامة في الفرن F-103 تستوفي المتطلبات المطلوبة. قد يكون من الضروري إضافة حواجز حماية إضافية إذا تجاوزت خطورة سيناريوهات الحوادث المحددة المعايير المقبولة.

كلمات البحث : LOPA, SIL, HAZOP, SIS, critères d'acceptabilités .

Summary

This work evaluates the safety barriers of an industrial process using the LOPA method. The F-103 Reboiler Furnace of the Gas Topping Processing Module of SONATRACH/Skikda was examined to assess the SIL levels of the corresponding barriers. Major scenarios were identified using the HAZOP method, based on a previous HAZOP study conducted by the Chinese company CPECC in November 2009. The major consequences were evaluated in terms of their criticality. The different layers of protection in the system were identified to address these major scenarios. The evaluation of SIL levels was used to assess the performance of the existing safety barriers. The study demonstrates that the safety barriers of the F-103 Furnace meet the required standards. Additional protective barriers may be necessary if the criticality of the accident scenarios exceeds the set acceptability criteria.

Keywords: LOPA, SIL, HAZOP, SIS, acceptability criteria.

Acronymes et Abréviations

AdD	Arbre de Défaillance
AdE	Arbre d'événement
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité
APD	Analyse Préliminaire de dangers
APR	Analyse Préliminaire des Risques
BPCS	Basic Process Control System
CA	Critère d'acceptabilité
CCF	Common Cause Failure
CCPS	Center for Chemical Process Safety
DCS	Distributed Control System
EUC	Equipment Under Control
FC	Fail Closed
FI	Flow Indicator
FICA	Flow Indicator Controller Alarm
FO	Fail Open
FRA	Flow Recorder Alarm
FZ	Flow Emergency Shutdown
HAZID	Hazards Identification
HAZOP	Hazard and Operability Study
IPL	Independent Protection Layer
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques
ISO	International Standard Organisation
LOPA	Layers of Protection Analysis
NC	Niveau de Confiance
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram
PA	Pressure Alarm

PCV	Pressure Controller Valve
PDF	Probability of Failure on Demand
PHA	Process Hazard Analysis
PIA	Pressure Indicator Alarm
PLC	Programmable Logic Controller
PZ	Pressure Emergency Shutdown
TOR	Tout ou Rien
SdF	Sûreté de Fonctionnement
SIF	Safety Instrumented Function
SIL	Safety Integrity Level
SIS	Safety Instrumented System
TI	Temperature Indicator
TRA	Temperature Recorder Alarm
TRCA	Temperature Recorder Controller Alarm
TZ	Temperature Emergency Shutdown
XP	Exploitation
ALARP	As Low As Reasonably Practicable
APR	Analyse Préliminaire des Risques
BOS	Barrière Organisationnelle de Sécurité
BPCS	Basic Process Control System
BTS	Barrière Technique de Sécurité
EDD	Etudes De Dangers
ER	Événements Redoutés
FS	Flow Emergency Shutdown
ICPE	Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
MMR	Mesures de Maîtrise des Risques
PDF_{avg}	Probability of Failure on Demand Average

PS	Pressure Emergency Shutdown
RRF	Reduction Factor of Risk
SAMS	Système à Action Manuelle de Sécurité
TS	Temperature Emergency Shutdown

Liste des figures

Figure I.1 CEI 61508 et ses déclinaisons par secteur d'application [5].....	5
Figure I.2 Relation générale entre la CEI 61508 et la CEI 61511 [4].	7
Figure I.3 Typologie des barrières de sécurités [16]	8
Figure I.4 Soupape de sûreté [19].....	9
Figure I.5 Soupape de sûreté [19].....	9
Figure I.6 Schéma d'un SIS simple [16]	10
Figure I.7 Différents niveaux de SIL [17]	14
Figure I.8 processus de la gestion des risques [4].	14
Figure I.9 Déroulement de la méthode HAZOP[11]	25
Figure I.10 Schéma d'un AdE des barrières de Sécurité[4]	28
Figure I.11 Couches de protection : réalité - idéal [9].....	29
Figure I.12 Utilisation de LOPA dans le cycle de vie du process [14]	30
Figure I.13 Répartition des méthodes d'analyse de risques [14].....	30
Figure I.14 Déroulement de la méthode LOPA [14]	32
Figure I.15 Différentes couches de protection suivant LOPA [14].....	33
Figure I.16 Processus de sélection d'une barrière en tant que IPL[14].....	34
Figure II.1 localisation géographique [15].	43
Figure II.2 Schéma synoptique de l'unité Topping de Condensât « U100 »[15]	46
Figure II.3 Schéma synoptique de l'unité de traitement des effluents « U501 » [15].	50
Figure II.4 Vue des fours avec la cheminée commune. [15]	53
Figure III.1 Schéma d'entrée et de sortie dans le four F103[15]	57
Figure III.2 Schéma de canalisation et d'instrumentation[15].....	57
Figure III.3 Grille de criticité adoptée par SH DP S [23].....	61
Figure III.4 Arbre de défaillance de S1	75
Figure III.5 Arbre de défaillance de S2	76
Figure III.6 Arbre de défaillance de S3	77

Liste des tableaux

Tableau I.1 Différents niveaux de SIL [17].....	12
Tableau I.2 Feuille de travail AMDEC[9].....	18
Tableau I.4 Exemples de mots-clés pour l’HAZOP [19]	22
Tableau I.5 Répartition des 8 couches de protection définies dans la méthode LOPA [14]...	33
Tableau I.6 Liste des barrières qui ne sont pas des IPL [14].....	35
Tableau I.7 Echelle de gravité [19]	37
Tableau I.8 Echelle des occurrences [19].....	39
Tableau I.9 matrice de risque [19].....	40
Tableau I.10 Niveau de risque [19]	40
Tableau II.1 statistique sur le Four F103 [15].	54
Tableau III.1 Phase de fonctionnement des équipements [15].....	59
Tableau III.2 Feuille de travail 1 HAZOP	63
Tableau III.3 Feuille de travail 2 HAZOP (suite).....	64
Tableau III.4 Feuille de travail 3 HAZOP (suite).....	65
Tableau III.5 Feuille de travail 4 HAZOP (suite).....	66
Tableau III.6 Feuille de travail 5 HAZOP (suite).....	67
Tableau III.7 Feuille de travail 6 HAZOP (suite).....	68
Tableau III.8 Feuille de travail 7 HAZOP (suite).....	69
Tableau III.9 Feuille de travail 8 HAZOP (suite).....	70
Tableau III.10 Feuille de travail 9 HAZOP (suite).....	71
Tableau III.11 Estimation des conséquences.....	72
Tableau III.12 Fréquences des événements initiateurs [21]	73
Tableau III.13 Feuille LOPA.....	80
Tableau III.14 Feuille LOPA (suite)	81
Tableau III.15 Feuille LOPA (suite)	82

Table des matières

Introduction générale :.....	1
CHAPITRE I : Analyse des risques industriels.....	3
I.1. Introduction :	3
I.2 Concepts et définitions :.....	3
I.2.1 Notion de danger :	3
I.2.2 Notion du risque :	3
I.2.3 Notion de criticité / Grille de criticité:	3
I.3. Les normes de sécurité	4
I .3.1. La norme CEI 61508 :	5
I 3.2. La norme CEI 61511	6
I 3.3. La norme ISA-84 :	7
I.4 Les barrie de sécurité :.....	7
I.4.1. Concept de barrières de sécurité :.....	7
I.4.2. Différents types de barrières :	8
I.5 Processus de gestion des risques :	14
I.5.1 Analyse du risque :	15
I.5.2 Evaluation du risque :.....	15
I.5.3 Acceptation du risque :.....	15
I.5.4 Réduction du risque :.....	15
I.6 Les Méthodes d'analyse des risques :	16
I .6.1 AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) : ..	16
I.6.2 Analyse préliminaire des risques (APR) :	18
I.6.3. HAZOP :.....	19
Exemples d'interprétation.....	22
I.6.4 Arbre de défaillances (AdD) :	25
I.6.5 Arbre des évènements AdE :	27
I.6.6 : LOPA (Layer Of Protection Analysis):.....	28
I.6.6.1: Origine de LOPA:.....	28
I.6.6.2 Objectif de LOPA :.....	29
I.6.6.3 Utilisation de LOPA :	29
I.6.6.4 Principe de la méthode LOPA :	31
I.6.6.5 Principe des couches de protection :.....	32

I.6.6.6 Principales étapes de la méthode :	35
I.7 Conclusion.....	41
CHAPITRE II : Présentation du Complexe Topping de Condensat.....	42
II.1. Introduction :	42
II.2. Présentation du Topping de Condensat de Skikda :	42
II.2.1.Historique :	42
II.2.2. Situation Géographique :	42
II.3Description des installations du complexe Topping condensât :	43
II.3.1 Philosophie d'exploitation :	43
II.3.2 Conception Générale du Complexe : [15].....	44
II.3.2.1 Unité de Topping de condensât (U100) :	44
II.3.2.1.1 Section Distillation du Condensât :	45
II.3.2.2 Unité traitement du kérosène (U200) :	46
II.3.2.3 Installations de stockage et de transfert des Produits Finis (U300) :	47
II.3.2.3 Système torche (U400) :	48
II.3.2.3 Les utilités (U500) :	48
II.4. La Structure Sécurité :	50
II.4.1. Service Prévention :	50
II.4.2 Service Intervention :	51
II.4.3 Service Surveillance :	51
II.4.4. Cellule environnement :	51
II.4.5 Règlement De Sécurité :	52
II.5. Généralité sur les fours :	52
II.5.1. Rôle d'un four :	52
II.5. 2. Différent types de fours :	52
II.5. 3. Constituants D'un Four :	52
II.5.4. Description des fours du TOPC :	52
II.5.4.1.Fours :	52
II.5.4.2. Statistique sur le four F103 :	54
II.6. Conclusion :	55
CHAPITRE III : Application de la méthode LOPA	56
III.1. Introduction	56
III.2. Description du système à étudier (le four F103)	57

III.2.1.Circuit du condensat dans le four F-103:.....	57
III.2.2. Description fonctionnelle fours F103 :	58
III.2.3. Description technique (structurelle) :.....	58
III.3.Application de la méthode LOPA :	60
III.3.1Établissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer :	60
III.3.2.Développement des scénarios d'accidents :.....	61
III.3.3.Estimation des conséquences selon les critères d'acceptabilité (grille de criticité) :	71
III.3.4 Sélection des scénarios à évaluer :	71
III.3.5 Fréquences des événements initiateurs :.....	72
III.3.6.Identification des couches de protection indépendantes :.....	72
III.3.7. Identification des scénarios d'accidents et détermination de leurs fréquences	77
III.4. Recommandations :	78
III.5.Conclusion:.....	82
Conclusion générale :	84
Références bibliographique	85
Annexes	87
Annexe A : Développement des Données de HAZOP dans LOPA [22].....	87
Annexe B : Analyse de la criticité des scénarios d'accident	88
Annexe C : Vue d'ensemble de l'unité de topping skikda	91
Annexe D : Piping and Instrumentation diagram du four F103.	92
Annexe E : paramètres de système d'arrêt d'urgence (ESD)(PDS DATA	93

Introduction

générale

Introduction générale :

Aujourd'hui, les accidents industriels majeurs et les catastrophes menacent de plus en plus le monde industriel avec ses effets graves: pertes humaines, dégât matériel et pollution environnementale. Pour pallier à cela, des efforts considérables sont fournis par les parties concernées pour maîtriser la sécurité des installations industrielles.

En Algérie, durant les dix dernières années, SONATRACH (Société Nationale de Transport et de Commercialisation des Hydrocarbures) a vécu des accidents technologiques majeurs dont les plus importants sont : l'explosion de gaz dans l'unité de liquéfaction du complexe GL1K, SH/Aval, Skikda le 19/01/2004 et l'incendie dans les deux bacs de stockage de brut au Terminal Arrivée RTE, SH/TRC, Skikda le 04/10/2005.

Les incidents les plus marquants enregistrés sur les Fours de Rebouillage des usines de SONATRACH, ont engendré la destruction totale de ces équipements, par un incendie, suite à la rupture des serpentins, on peut citer : Unité 100 de la Raffinerie RA1K, SH/ Aval, Skikda le 03 Janvier 2013 et Module 3 de SH/DP Hassi R'Mel en 1989. L'analyse de ces incidents a révélé que les causes profondes sont dues à des défaillances techniques et organisationnelles (corrosion, fissures, points chauds, procédures de maintenance et inspection...).

Ces incidents viennent rappeler que l'industrie pétrolière et gazière constitue une activité à haut risque. En conséquence, beaucoup d'attention est accordée au domaine de l'ingénierie des installations chimiques et pétrochimiques et les industriels doivent faire face à des contraintes de plus en plus nombreuses afin de garantir un niveau de sécurité optimal et maîtriser les risques industriels en basant sur l'efficacité des barrières de sécurité (techniques, humaines et organisationnelles) mises en place, ce qui nécessite d'évaluer leurs performances, en se posant les questions suivantes :

- ✓ Comment définir précisément le besoin en termes de réduction du risque ?
- ✓ Les barrières mises en place sont-elles suffisantes pour justifier un niveau de risque acceptable ?
- ✓ Quelle est la démarche adoptée pour l'évaluation de ces barrières ?

Le travail présenté dans ce projet a pour but de répondre à ces questions, on fait appel aux outils de la sûreté de fonctionnement (méthodes d'analyse des risques), particulièrement la méthode LOPA (Layer Of Protection Analysis), une méthode d'analyse semi-quantitative permettant d'évaluer les barrières de sécurité mises en place afin d'atteindre l'objectif de sécurité (niveau de risque acceptable ou risque tolérable) précité.

Le système choisi dans notre étude est le four rebouilleur F-103 du Topping à Skikda, identifié comme point névralgique, dont un accident potentiel, peut provoquer de graves dégâts.

Dans un premier point, les scénarios d'accident les plus importants sont retirés à partir des conséquences graves suite à l'application de la méthode HAZOP. Pour chaque scénario, une démarche d'évaluation de l'ensemble des barrières de sécurité est adoptée pour vérifier le niveau SIL (Safety Integrity Level) global.

Afin de bien répondre à notre problématique, ce mémoire est organisé en quatre chapitres qui sont :

Le chapitre 1 porte sur quelques concepts de bases en relation avec notre sujet en incluant des concepts de risques, les normes de sécurité, les concepts et typologie des barrières de sécurité et décrit les méthodes d'analyse des risques en général, surtout les principes fondamentaux de la méthode LOPA (Layer Of Protection Analysis), et le processus général d'application de la méthode;

Le chapitre 2 présentation du Complexe Topping de Condensat.

Le chapitre 3 est consacré à l'analyse des risques du système du four rebouilleur F-103 du Module de traitement du gaz Topping de la SONATRACH/Skikda (partie retenue pour notre étude) au moyen de la méthode LOPA, en procédant à :

- Un découpage structurel et fonctionnel du système.
- Une analyse des risques (HAZOP), en identifiant les scénarios majeurs, leurs causes et leurs conséquences afin de leur évaluer ses barrières de sécurité.

Enfin, ce mémoire se termine par une conclusion générale décrivant le travail réalisé, les résultats obtenus et les recommandations envisagées.

CHAPITRE 01 :
Analyse des risques
industriels

I.1. Introduction :

Ces dernières années, la réglementation croissante et la nécessité de protéger les installations et les systèmes de production ont conduit davantage les entreprises et les industriels à appliquer des principes et des techniques de gestion des risques. Il n'est pas rare que les entreprises connaissent des incidents graves et coûteux qui les affectent ou les empêchent d'atteindre leurs objectifs. La première étape de la gestion des risques consiste à analyser les risques internes et externes des systèmes industriels. Cela commence par l'identification des dangers potentiels existants, puis par l'évaluation des risques associés en termes de probabilité d'occurrence et de gravité. La deuxième étape consiste à évaluer ces risques à l'aide de critères d'acceptation prédéfinis. Enfin, lorsque les risques sont jugés inacceptables, de nouvelles mesures et barrières de sécurité sont mises en place pour contrôler ces risques.

I.2 Concepts et définitions :

I.2.1 Notion de danger :

La notion de danger se réfère à une situation ou à une source susceptible de causer des dommages, des blessures ou des préjudices à des personnes, des biens ou à l'environnement. Le danger se concentre principalement sur la possibilité d'un événement nuisible plutôt que sur sa probabilité [1].

Une définition couramment utilisée du danger est la suivante : un danger est une condition, une substance, une activité ou une situation pouvant potentiellement causer des dommages [1].

I.2.2 Notion du risque :

La notion de risque fait référence à la possibilité qu'un événement indésirable se produise et entraîne des conséquences négatives. Elle est souvent utilisée pour évaluer la probabilité et l'impact d'un événement potentiellement préjudiciable [2].

I.2.3 Notion de criticité / Grille de criticité:

La notion de criticité fait référence à l'évaluation de l'importance ou de la gravité d'un événement indésirable ou d'un problème identifié. Elle est souvent utilisée pour hiérarchiser les risques ou les problèmes en fonction de leur impact potentiel sur les objectifs ou les opérations d'une organisation.

La grille de criticité, également connue sous le nom de matrice de criticité, est un outil utilisé pour évaluer et classer les risques ou les problèmes en fonction de deux dimensions principales : la probabilité d'occurrence et l'ampleur des conséquences. Elle consiste en une

matrice à deux axes où la probabilité est généralement placée sur l'axe horizontal et les conséquences sur l'axe vertical.

La grille de criticité permet de regrouper les risques ou les problèmes en différentes catégories en fonction de leur position sur la matrice. Ces catégories peuvent varier d'une organisation à l'autre, mais elles sont généralement définies comme suit :

- Critique: Risques ou problèmes ayant une probabilité élevée d'occurrence et des conséquences majeures ou catastrophiques. Ils nécessitent une attention et des mesures d'urgence immédiates.
- Élevée : Risques ou problèmes ayant une probabilité moyenne à élevée d'occurrence et des conséquences significatives. Ils nécessitent une attention et des mesures correctives prioritaires.
- Moyenne : Risques ou problèmes ayant une probabilité moyenne à faible d'occurrence et des conséquences modérées. Ils nécessitent une surveillance régulière et des mesures de prévention appropriées.
- Faible : Risques ou problèmes ayant une probabilité faible d'occurrence et des conséquences mineures. Ils peuvent nécessiter des mesures de surveillance périodique.

L'utilisation d'une grille de criticité permet d'identifier les risques ou les problèmes les plus critiques ou prioritaires, afin de concentrer les ressources et les actions sur les domaines les plus importants en termes d'impact potentiel [3].

I.3. Les normes de sécurité

Les principales normes de référence en matière de sécurité sont :

- L'IEC 61508 (Systèmes de sécurité) et l'IEC 61511 (Systèmes instrumentés de sécurité) destinées pour concevoir les SIS (Système instrumenté de sécurité).
- Les normes ANS/ISA S84.0|1996 et IEC 61 508 établissent les prescriptions relatives à la spécification, la conception, l'installation, l'exploitation et la maintenance du SIS (Système instrumenté de sécurité), afin d'avoir toute confiance dans sa capacité à amener et/ou à maintenir le procédé dans un état de sécurité.

Les étapes de base requises pour assurer la conformité à ces deux normes de sécurité sont :

- Etablir une cible de sécurité (risque acceptable) du procédé et évaluer le risque existant ;
- Identifier les fonctions de sécurité requises et les affecter aux niveaux de protection;
- Déterminer si la fonction instrumentée de sécurité est requise;

- Implémenter la fonction instrumentée de sécurité dans un SIS et déterminer le SIL du SIS ;
- Vérifier que le SIS permet d'atteindre la cible de sécurité exigée au départ [4].

I.3.1. La norme CEI 61508 :

En 1984, le comité technique 65 de la CEI a commencé une tâche de définition d'une nouvelle norme internationale relative à la sécurité. Cette norme CEI 61508 est la seule norme multisectorielle traitant de l'ensemble de la problématique des systèmes électriques, électroniques et programmables E/E/EP, c'est-à-dire qu'elle traite à la fois le matériel et le logiciel. C'est également la seule norme très technique qui apporte des clés, auxquelles il suffit de se conformer pour atteindre un objectif [4].

La norme CEI 61508 Constituée de sept parties, elle est développée comme norme générique qui contient un ensemble d'informations et lignes directives concernant l'amélioration de la sécurité à travers l'utilisation des systèmes de sécurité instrumentés (SIS). Elle s'inscrit dans une approche globalisée de la sécurité que l'on pourrait comparer au système ISO 9000 pour la qualité, et au système ISO 14000 pour l'environnement. L'un des principaux objectifs de la CEI 61508 est d'être utilisé par les organisations internationales de normalisation comme une base pour le développement des normes spécifiques à chaque secteur d'application (voir figure I.1). Elle permet donc d'avoir des principes et langages communs [5].

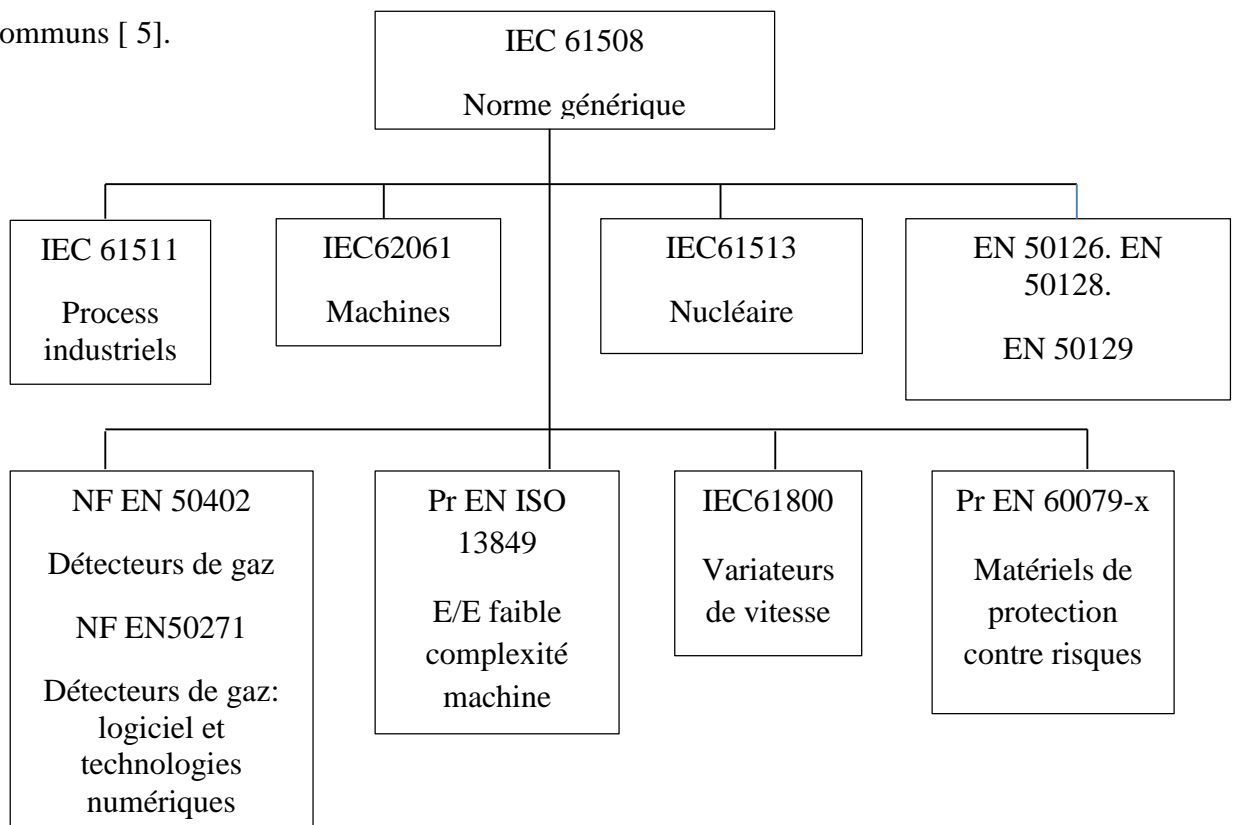


Figure I.1 CEI 61508 et ses déclinaisons par secteur d'application [5].

Les points importants de la norme :

- ✓ Elle concerne toutes les phases du cycle de vie des matériels et du logiciel (depuis la conceptualisation, en passant par la conception, l'installation, l'exploitation, la maintenance, jusqu'à la mise hors service) ;
- ✓ Elle fournit une méthode de développement pour réaliser la sécurité fonctionnelle des systèmes relatifs à la sécurité :
- ✓ Elle définit des niveaux d'intégrité de sécurité (SIL) des systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité;
- ✓ Elle décrit une approche basée sur l'analyse de risque pour déterminer les niveaux d'intégrité de sécurité (SIL) à atteindre pour un risque donné ;
- ✓ Elle fixe des objectifs quantitatifs de défaillances dangereuses des systèmes de sécurité en fonction des niveaux d'intégrité de sécurité ;
- ✓ Elle décrit les principes, techniques et mesures pour la réalisation de la sécurité fonctionnelle des systèmes E/E/PE relatifs à la sécurité, mais n'utilise pas le concept de sécurité intrinsèque, adapté à des systèmes peu complexes dont les modes de défaillances sont connus [5].

I 3.2. La norme CEI 61511 :

La norme sectorielle CEI 61511 concerne les systèmes instrumentés de sécurité pour le secteur des processus industriels. Cette norme comprend trois parties :

- ✓ Cadre, définitions, exigences pour le système, le matériel et le logiciel ;
- ✓ Lignes directrices pour l'application de la CEI 61511-1;
- ✓ 3. Conseils pour la détermination des niveaux exigés d'intégrité de sécurité.

Cette norme établit des prescriptions relatives au cycle de vie en sécurité comprenant la spécification, la conception, l'installation, la maintenance et le démantèlement d'un système instrumenté de sécurité, afin d'avoir toute confiance dans sa capacité à amener le procédé dans un état de sécurité [4].

La figure I.2 : illustre la relation générale entre la CEI 61511 et sa norme mère CEI 61508.

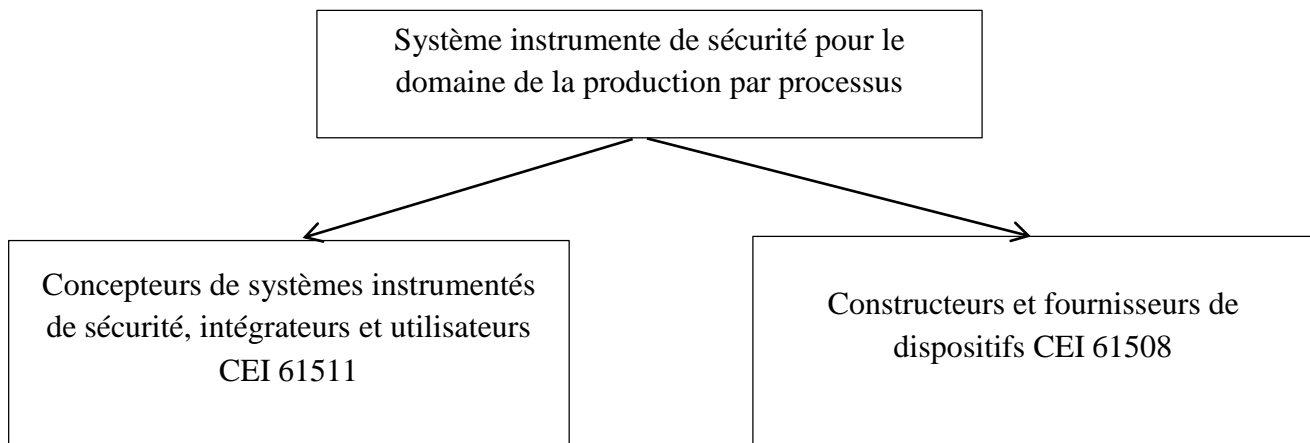


Figure I.2 Relation générale entre la CEI 61508 et la CEI 61511 [4].

La norme CEI 61511 restreint le périmètre aux systèmes pour des applications SIL T à 3 (les applications SIL 4 ne pouvant être traitées par un SIS seul) [4].

I 3.3. La norme ISA-84 :

La norme ISA-84 était acceptée par l'institut national américain des normes (American National Standards Institute, ANSI) en mars 1997. Elle spécifie les exigences pour la conception, l'installation, l'utilisation et la maintenance des systèmes instrumentés de sécurité, il dispose uniquement de trois niveaux d'intégrité de sécurité, SIL1 à SIL3. C'est une norme nationale et incomplète par rapport à la norme CEI 61511 qui est une harmonisation de normes de plusieurs pays.

En 2004, le comité d'ISA SP84 a voté pour adopter le CEI 61511 comme nouvelle version d'ISA-84 (ANSI/ISA S84.00.0 1- 2004). Il y a, cependant, une différence significative entre la norme ISA-84 et la norme CEI 61511. ISA-84 a ajouté une clause première génération dans la nouvelle (2004) version qui permet l'utilisation continue des systèmes instrumentés de sécurité qui suivent la version originale de la norme. ISA est en cours de développement de directives et exemples d'implémentation basés sur le standard. Ceux-ci seront édités en tant que rapports techniques [4].

I.4 Les barrières de sécurité :

I.4.1. Concept de barrières de sécurité :

Le concept de barrière est apparu avec celui de défense en profondeur. Ce concept vise à la sécurisation d'un système par la mise en place d'un ensemble de mesures

successives et indépendantes les unes des autres permettant de prévenir ou de maîtriser les incidents possibles et d'en limiter les conséquences. La désignation « Barrière de sécurité » se restreint aux systèmes actifs ou passifs, techniques ou humains, assurant une fonction de sécurité.

Ces barrières de sécurité, également appelées “mesures de maîtrise des risques”, constituent un élément essentiel dans la conduite des installations industrielles [5].

I.4.2. Différents types de barrières :

Dans le cadre des EDD, les barrières de sécurité doivent correspondre à l'une des trois catégories telles que définies dans le guide OMEGA 10 de l'INERIS [2008] :

- ✓ Les Barrières Techniques de Sécurité (BTS) : D'une part, sont constituées d'un dispositif de sécurité et d'autre part d'un système instrumenté de sécurité (SIS) qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptibles d'aboutir à un accident.
- ✓ Les Barrières Organisationnelles de Sécurité (BOS) : Sont constituées d'une activité humaine (opération) qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptible d'aboutir à un accident.
- ✓ Les Systèmes à Action Manuelle de Sécurité (SAMS) : Combinaison des deux types de barrières précédentes (BTS et BOS).

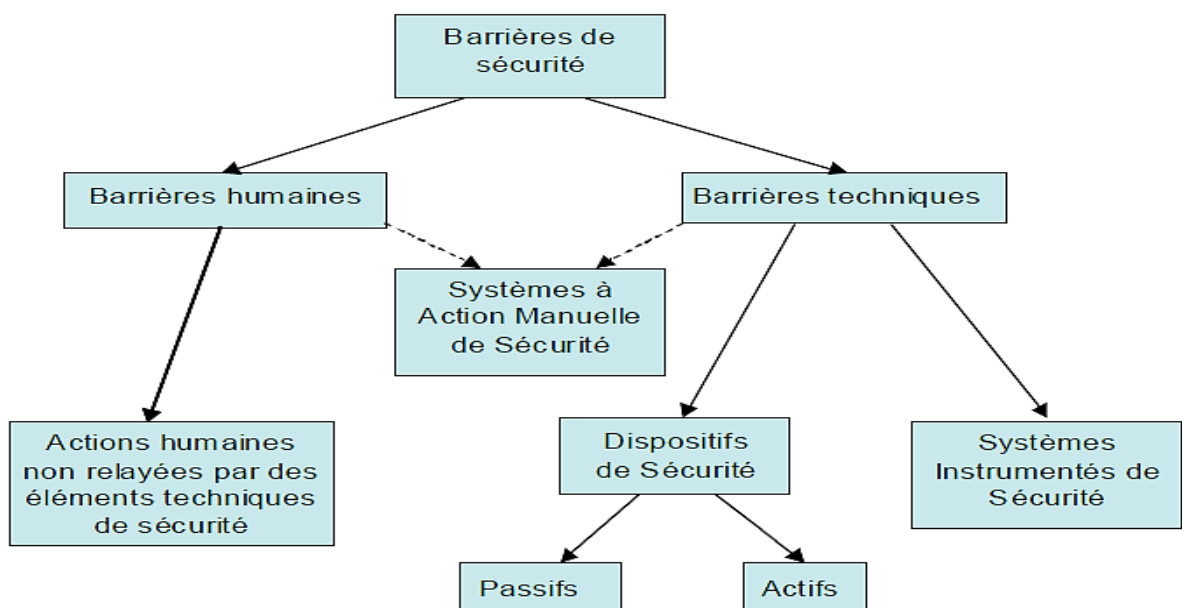


Figure I.3 Typologie des barrières de sécurités [16]

I.4.2.1 Barrières techniques de sécurité :

C'est un ensemble d'éléments techniques nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité, on les appelle aussi des Mesures de Maitrise de Risque (MMR), elles peuvent être de nature très différentes. Il peut s'agir de dispositifs de sécurité ou de systèmes instrumentés de sécurité (SIS).

Dispositifs de sécurité :

Les dispositifs de sécurité sont des éléments unitaires, autonomes, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité dans sa globalité. Ces dispositifs peuvent être classés en deux catégories :

-Les dispositifs passifs ne mettent en jeu aucun système mécanique pour remplir leur fonction. On retrouve notamment dans cette catégorie les cuvettes de rétention (**figure I.4**), les disques de rupture, les arrêt-flammes ainsi que les



Figure I.4 Soupape de sûreté [19]

-Les dispositifs actifs mettent en jeu des dispositifs mécaniques (ressorts,...). On retrouve notamment dans cette catégorie les soupapes de décharge (Figure I.5) et les clapets excès de débit.



Figure I.5 Soupape de sûreté [19]

I.4.2.1.1. Concept des Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS) :

Les SIS sont une composante essentielle des dispositifs de prévention des installations industrielles. La définition des fonctions de sécurité, la conception, la maintenance, et la modification des systèmes doivent assurer la disponibilité et la fiabilité de la fonction de sécurité en toute circonstance. Les meilleures pratiques disponibles dans le management des SIS ont été décrites dans la norme [IEC-61511, 2000] pour les industries de procédé. [6].

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

I.4.2.1.2. Définition et Rôle d'un SIS :

Les systèmes instrumentés de sécurité (SIS) sont des combinaisons de capteurs, d'unité de traitement et d'actionneurs (équipements de sécurité) ayant pour objectif de remplir une fonction ou sous-fonction de sécurité. Il nécessite une énergie extérieure pour initier ses composants et mener à bien sa fonction de sécurité [1].

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

Composition d'un SIS :

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

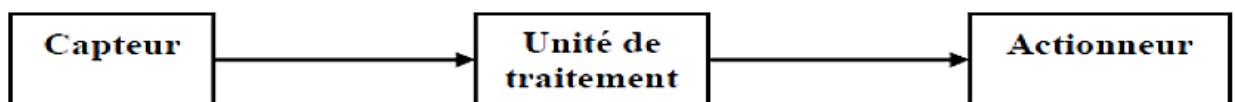


Figure I.6 Schéma d'un SIS simple [16]

- **Un capteur** : Est un équipement qui délivre, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur, souvent électrique (tension, courant, résistance), fonction de la première et directement utilisable pour la mesure ou la commande [16].
- **Unité de traitement** : La fonction "traitement" peut être plus ou moins complexe. Elle

peut se résumer à acquérir une grandeur mesurée par un capteur et à l'indiquer. Elle peut également consister à activer la commande d'un ou plusieurs actionneurs à partir d'une fonction combinatoire des informations délivrées par différents capteurs [16].

• **Les actionneurs** : Un actionneur peut être (vanne, moteur, servomoteur...) transformer un signal (électrique ou pneumatique) en phénomène physique qui permet de commander le démarrage d'une pompe, la fermeture ou l'ouverture d'une vanne... Selon l'énergie motrice, on parle d'actionneur pneumatique, hydraulique ou électrique [16].

Enfin, l'unité de traitement est reliée aux capteurs et aux actionneurs par des moyens de transmission (électriques, pneumatique, hydraulique,...).

I.4.2.1.3. Fonction Instrumentée de Sécurité (SIF) :

Une SIF est définie pour obtenir un facteur de réduction du risque mise en œuvre pour un SIS. Lorsque le SIS est considéré comme un système réalisant une barrière de protection fonctionnelle, cette barrière est considérée comme une fonction de sécurité.

Un SIS contient généralement plus qu'une SIF. Si les exigences d'intégrité de la sécurité pour ces SIF différent, alors les exigences applicables au niveau d'intégrité de la sécurité le plus élevé s'appliquent au SIS. Pour une situation donnée, plusieurs fonctions de sécurité peuvent conduire à la réduction de la fréquence d'occurrence du danger.

L'architecture fonctionnelle d'un SIS est un ensemble de SIF qui comprend trois fonctionnalités de base, la détection, le traitement (ou la décision) et l'actionnement.

L'utilisation des fonctions de sécurité permet à l'opérateur de satisfaire le service demandé tout en garantissant la protection de l'équipement, des personnes, de l'environnement et des biens [4].

I.4.2.1.4. Niveau d'intégrité de sécurité (SIL) :

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

Les normes de sécurité fonctionnelle [IEC-61508, 1998] et [IEC-61511, 2000] définissent une démarche d'analyse du niveau d'intégrité de sécurité (SIL) d'un système. Elles permettent de définir le niveau SIL qui doit être atteint par un SIS qui réalise la fonction de sécurité suite à une analyse de risque. Plus le SIL à une valeur élevée plus la réduction du risque est importante. [4].

Les SIS sont classés en quatre niveaux SIL qui se caractérisent par des indicateurs discrets positionnés sur une échelle de un à quatre niveaux (Tableau I.1). Les SILs sont employés

pour spécifier les exigences de sécurité des fonctions de sécurité réalisées par des systèmes E/E/EP relatifs à la sécurité selon la norme [IEC-61508, 1998].

Tableau I.1 Différents niveaux de SIL [17]

SIL	Probabilité moyenne de défaillance à la sollicitation (PFD_{avg})	Réduction de risque RRF
1	$E-02 \leq PFD_{avg} < E-01$	$E+01 \leq RRF < E+02$
2	$E-03 \leq PFD_{avg} < E-02$	$E+02 \leq RRF < E+03$
3	$E-04 \leq PFD_{avg} < E-03$	$E+03 \leq RRF < E+04$
4	$E-05 \leq PFD_{avg} < E-04$	$E+04 \leq RRF < E+05$

Un SIS est en mode de fonctionnement à faible demande lorsque la fréquence de sollicitation est inférieure à une fois par an ($1/an$). A partir de l'architecture du SIS réalisant la SIF faiblement sollicitée, la PFD_{avg} est évaluée sur un intervalle $[0; t]$.

I.4.2.2. Barrières organisationnelles de sécurité :

Les barrières organisationnelles de sécurité correspondent à des activités humaines, activités qui ne sont pas liées à une barrière technique de sécurité, qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptibles d'aboutir à un accident, on les nomme ainsi barrières humaines de sécurité [INNERIS DRA 77, 2009].

Comme les barrières techniques de sécurité, les barrières organisationnelles de sécurité se définissent par la fonction de sécurité qu'elles assurent vis-à-vis d'un scénario d'accident majeur. Exemples de barrières humaines de sécurité :

- Opération de contrôle de l'étanchéité d'un circuit conditionnant la mise en service d'un circuit.
- Action de fermeture manuelle d'une vanne suite à la détection visuelle d'une augmentation anormale de la pression d'un équipement.

➤ Catégories de BHS retenues pour la maîtrise des risques :

Le parti pris pour l'identification des barrières humaines est de considérer l'homme, dans un système industriel, dans sa fonction de prévenir ou de rattraper les dérives d'un procédé ou d'une activité à risques. Les activités humaines qui concourent au fonctionnement normal d'exploitation du système ne sont donc pas prises en compte.

L'application de ce principe conduit à identifier deux types d'actions susceptibles d'être considérées comme indépendantes :

- Celles qui interviennent en amont d'une activité ou du démarrage du procédé susceptible de présenter des risques d'accident majeur et consistent en la préparation de cette activité, la fonction de sécurité sera de vérifier que les conditions d'occurrence d'un scénario d'accident sont maîtrisées préalablement à une activité à risques [16] ==> Ces barrières sont appelées "Barrières de vérification".
- Celles qui prennent place au cours (ou en aval) de l'activité ou du procédé susceptible de présenter des risques d'accident majeur et dont la fonction de sécurité sera de détecter une dérive prévue et d'agir en vue de limiter ses conséquences. L'action de ces barrières Niveaux SIL selon la norme CEI 61508 s'inscrit dans la cinétique de la séquence accidentelle [16] ==> Ces barrières sont appelées "Barrières de rattrapage".

La détection de la dérive peut être réalisée aux différents stades de l'activité dangereuse, par exemple très en amont de l'évènement redouté comme certaines rondes de surveillance et campagnes d'inspection des équipements ou encore en aval de l'évènement redouté comme les rattrapages de dérive de procédé (intervention sur montée en température anormale d'un équipement) ou même en aval du phénomène dangereux (intervention sur un cas de feu) [4].

I.4.2.3. Système à action manuelle de sécurité (SAMS) :

Les systèmes à action manuelle de sécurité sont des barrières mixtes à composantes techniques et humaines : l'opérateur est en interaction avec les éléments techniques du système de sécurité qu'il surveille ou sur lesquels il agit.

Par exemple, la mise en position de sécurité d'une vanne de sécurité par actionnement manuel d'un bouton d'arrêt d'urgence suite à une détection de fuite de gaz au cours d'une ronde de surveillance est assimilée à un système à action manuelle de sécurité (figure I.7 ci-dessous).



Figure I.7 Différents niveaux de SIL [17]

I.5 Processus de gestion des risques :

Bien qu'il existe des différences importantes sur les termes liés à la gestion des risques, la définition de processus de gestion des risques est relativement identique dans tous les référentiels et normes [ISO, 1999 ; OHSAS18001, 1999; TEC 61511. 2003]. Dans le cadre de la gestion des risques, l'analyse et l'évaluation des risques peuvent être menées, selon la qualité de l'information et de données recueillies sur le système par plusieurs façons, qualitative, semi-quantitative où quantitative. Dans ce qui suit et pour chaque approche, nous présentons quelques méthodes.

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

Le processus de gestion des risques est un processus itératif incluant les étapes suivantes :

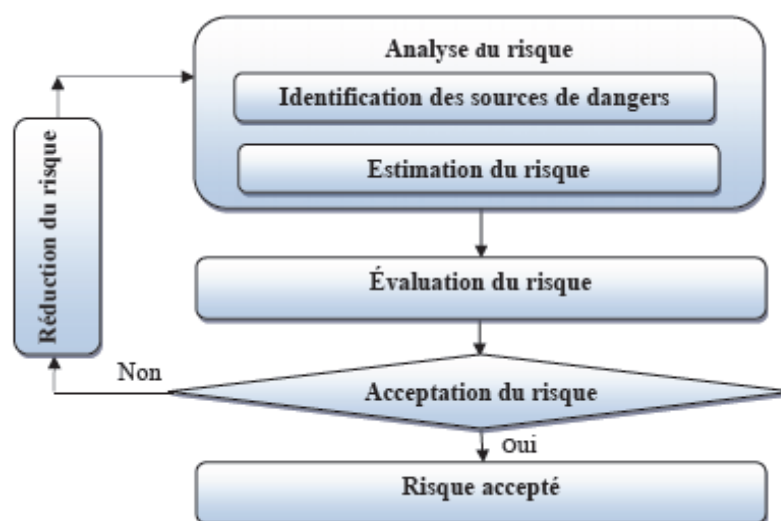


Figure I.8 processus de la gestion des risques [4].

I.5.1 Analyse du risque :

L'analyse des risques est au cœur du processus de gestion des risques. Cette étape collecte toutes les informations et données nécessaires pour définir le système ou l'installation à étudier. Dans cette partie, les descriptions aux trois niveaux de structure, de fonction et de temps sont essentielles pour effectuer une analyse efficace et atteindre les objectifs de gestion des risques souhaités. Tout d'abord, les principales causes de dangers et les scénarios d'accidents doivent être répertoriés et identifiés. La complexité de certains des systèmes étudiés nécessite l'utilisation d'outils analytiques pour identifier les dangers [18].

Prenez HAZID (identification des marchandises dangereuses) comme exemple. HAZOP (études de risque et d'opérabilité). APD (Analyse Avancée des Risques), etc. Ces outils d'analyse peuvent également être utilisés pour identifier diverses barrières de sécurité présentes dans le système sous enquête. Une fois les dangers identifiés, les risques associés doivent être traités. Les estimations peuvent être qualitatives, semi-quantitatives et/ou quantitatives en termes de probabilité d'occurrence et de gravité de l'impact sur les personnes, les biens et l'environnement.

I.5.2 Evaluation du risque :

Après avoir estimé le risque, on doit le comparer aux critères d'acceptabilité établis préalablement par l'entreprise et l'organisation concernée. Cette évaluation permet de prendre une décision sur l'acceptabilité ou l'inacceptabilité de chaque risque [ISO, 1999], c'est-à-dire, déterminer s'il convient d'accepter le risque tel qu'il est ou bien de le réduire.

I.5.3 Acceptation du risque :

L'acceptation du risque est déterminée par ces deux paramètres. Le degré de risque quantifié est placé dans une matrice de notation, et l'acceptabilité du risque est évaluée sur la base des critères d'acceptation acceptés et du risque estimé [ISO, 1999]. Si le risque est jugé acceptable, le processus de gestion est terminé et les risques identifiés comme risques sont surveillés. Sinon, le procédé passe à l'étape de réduction.

I.5.4 Réduction du risque :

Cette étape consiste à mettre en place diverses mesures et barrières de prévention et de protection pour réduire l'intensité du phénomène (réduire les risques potentiels, réduire les impacts) et réduire la probabilité d'occurrence en construisant des barrières. L'objectif est de prévenir les accidents [Kirchsteiger 1999]. Au-delà des améliorations techniques et de la fiabilisation des équipements, la prévention doit également prendre en compte des facteurs de

risques plus organisationnels et individuels. Le choix des précautions à prendre se fait en pesant le coût de sa mise en œuvre par rapport au coût des conséquences du risque. Compte tenu de leur probabilité d'occurrence. Dans le cadre du processus de gestion des risques, un suivi régulier de l'évolution des risques est recommandé pour contrôler et s'assurer de l'adéquation des actions préventives entreprises et pour modifier les actions prévues. [5]

I.6 Les Méthodes d'analyse des risques :

I .6.1 AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) :

I .6.1.1 Historique et domaine d'application:

L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets et leur criticité (AMDEC) a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960.

Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs d'activités tels que l'industrie chimique, pétrolière ou le nucléaire.

De fait, elle est essentiellement adaptée à l'étude des défaillances de matériaux et d'équipements et peut s'appliquer aussi bien à des systèmes de technologies différentes (systèmes électriques, mécaniques, hydrauliques.) qu'à des systèmes alliant plusieurs techniques.

L'AMDEC est une méthode inverse de celle en œuvre pour la conception, puisqu'elle est réalisée pour analyser comment un dispositif conçu peut être amené à ne pas fonctionner et quelles seront les conséquences de ses dysfonctionnements sur le dispositif de production, le produit fabriqué et la sécurité des personnes et des biens [5] .

I .6.1.2 But de l'AMDEC :

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité) d'un moyen de production.

I .6.1.3 Objectifs :

- Détecter les risques de défaillance et leurs effets d'un produit ou d'un procédé
- Définir les actions à entreprendre pour éliminer ou réduire ces échecs et leurs effets.
- Définir les actions à entreprendre pour détecter et empêcher les causes de ces échecs
- Documenter les actions entreprises pour la revue d'un processus
- Améliorer le fonctionnement d'un produit et la performance des procédés

I .6.1.4 Types d'AMDEC :

Il existe globalement trois types d'AMDEC suivant le système à analysé :

- Le produit fabriqué par l'entreprise
- Le processus de fabrication du produit de l'entreprise
- Le moyen de production intervenant dans la production du produit de l'entreprise.

I .6.1.4.1 AMDEC produit :

L'AMDEC produit est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise. Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles conception et préventives sur l'industrialisation [9] .

I .6.1.4.2 AMDEC procès :

L'AMDEC- procès est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication. Elle est mise en œuvre pour évaluer et hiérarchiser les défauts potentiels d'un produits dont les causes proviennent de son processus de fabrication.

S'il s'agit d'un nouveau procédé, l'AMDEC-procès permettra l'optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit.

S'il s'agit d'un procédé existant, l'AMDEC-procès permettra l'amélioration [9] .

I.6.1.4.3 AMDEC moyen de production :

L'AMDEC-moyen de production, plus souvent appelées AMDEC -moyen, permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

I.6.1.5 Principe et déroulement:

De manière très schématique, une AMDEC se déroule sous la forme suivante :

- Dans un premier temps, choisir un élément ou composant du système.
- Retenir un état de fonctionnement (fonctionnement normal, arrêt.).
- Pour cet élément ou composant et pour cet état, retenir un premier mode de défaillance.
- Identifier les causes de ce mode de défaillance ainsi que ses conséquences tant au niveau du voisinage du composant que sur tout le système.
- Examiner les moyens permettant de détecter le mode de défaillance d'une part, et ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets.
- Procéder à l'évaluation de la criticité de ce mode de défaillance en terme de probabilité et de gravité.
- Prévoir des mesures ou moyens supplémentaires si l'évaluation du risque en montre la nécessité.
- Envisager un nouveau mode de défaillance et reprendre l'analyse au point 4.

- Lorsque tous les modes de défaillances ont été examinés, envisager un nouvel état de fonctionnement et reprendre l'analyse au point 3).
- Lorsque tous les états de fonctionnement ont été considérés, choisir un nouvel élément ou composant du système et reprendre l'analyse au point 2).

Dans les faits, il est intéressant de se doter de tableaux tant en qualité de support pour mener la réflexion que pour la présentation des résultats. Un exemple de tableau est fourni ci-dessous.

Tableau I.2 Feuille de travail AMDEC[9]

SYSTEME:			Sous-système 01 :	Page:
Identification du composant	Fonctions et état	Mode de Défaillances	Causes de la défaillance	Effets sur le système

I.6.2 Analyse préliminaire des risques (APR) :

I.6.2.1 Historique et domaine d'application :

L'Analyse Préliminaires des Risques (Dangers) a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. Elle est utilisée depuis dans de nombreuses autres industries. L'Union des Industries Chimiques (UIC) recommande son utilisation en France depuis le début des années 1980.

L'Analyse Préliminaire des Risques (APR) est une méthode d'usage très générale couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. En conséquence, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée. [8]

I.6.2.2 Principe :

L'Analyse Préliminaire des Risques nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation. Ces éléments dangereux désignent le plus souvent :

- des substances ou préparations dangereuses, que ce soit sous forme de matières premières, de produits finis, d'utilités...
- des équipements dangereux comme, par exemple, le stockage, zones de réception-expédition, réacteurs...
- des opérations dangereuses associées au procédé.

L'identification de ces éléments dangereux est fonction du type d'installation étudiée. L'APR peut être mise en œuvre sans ou avec l'aide de liste de risques types ou en appliquant les mots guides HAZOP (dérives de paramètres de fonctionnement).

Il est également à noter que l'identification de ces éléments se fonde sur la description fonctionnelle réalisée avant la mise en œuvre de la méthode.

A partir de ces éléments dangereux, l'APR vise à identifier, pour un élément dangereux, une ou plusieurs situations de danger, une situation de danger est définie comme une situation qui, si elle n'est pas maîtrisée, peut conduire à l'exposition d'enjeux à un ou plusieurs phénomènes dangereux.

Le groupe de travail doit alors déterminer les causes et les conséquences de chacune des situations de danger identifiées puis identifier les sécurités existantes sur le système étudié. Si ces dernières sont jugées insuffisantes vis-à-vis du niveau de risque identifié dans la grille de criticité, des propositions d'amélioration doivent alors être envisagées. [8]

I.6.2.3 Objectifs de l'APR :

- Prendre en compte le facteur sécurité dès la conception
- Envisager:
 - À priori tous les risques inhérents aux produits, procédés équipements, implantation;
 - Causes et conséquences;
 - Les mesures de maîtrise des risques
- Estimer pour chaque risque, le niveau de risque sans et avec les mesures de protections.
- Répertorier les risques nécessitant une analyse complémentaire.
- Etablir des fiches guides (vérifier, remettre à jour, compléter ce dossier jusqu'à la fin de vie de l'installation.

I.6.3. HAZOP :

La méthode HAZOP, pour HAZard Operability, a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ». Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation. De par sa

nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas PID (Piping and Instrumentation Diagram). [4]

I.6.3.1-Principe :

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermo hydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit... L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur l'installation à la différence de l'AMDE qui est centré sur les composants. Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction :

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

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets. Le cas échéant, le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité. A l'origine, l'HAZOP n'a pas été prévue pour procéder à une estimation de la probabilité d'occurrence des dérives ou de la gravité de leurs conséquences. Cet outil est donc parfois qualifié de qualitatif. Néanmoins, dans le domaine des risques accidentels majeurs, une estimation a priori de la probabilité et de la gravité des conséquences des dérives identifiées s'avère souvent nécessaire. Dans ce contexte, l'HAZOP doit donc être complété par une analyse de la criticité des risques sur les bases d'une technique quantitative simplifiée. Dans une première approche, une démarche semi-quantitative pourra être retenue. Cette adaptation semi-quantitative de l'HAZOP est d'ailleurs mentionnée dans la norme CEI :61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) - Guide d'application ». [5]

I.6.3.2- Objectif:

- Recherche systématique des causes possibles de dérive de tous les paramètres de fonctionnement d'une installation.
- Mise En Évidence des principaux problèmes d'exploitation et d'entretien.
- Étude Des Conséquences et risques éventuels liés à ces dérives.
- Proposition des mesures correctives appropriées. [11]

I.6.3.3- Le déroulement:

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

- 1) Dans un premier temps, choisir une ligne ou de la maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifiée au cours de la description fonctionnelle ;
- 2) Choisir un paramètre de fonctionnement ;
- 3) Retenir un mot-clé et générer une dérive;
- 4) Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3 ;
- 5) Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive ;
- 6) Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets ;
- 7) Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations ;
- 8) Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point (3);
- 9) Lorsque tous les mots-clé ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point (2) ;
- 10) Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1). La démarche présentée ici est globalement cohérente avec la démarche présentée dans la norme CEI :61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) - Guide d'application ». Notons de plus que, dans le domaine des risques accidentels, il est souvent nécessaire de procéder à une estimation de la criticité des dérives identifiées. Enfin, comme le précise la norme CEI :61882, il est également possible de dérouler l'HAZOP, en envisageant en premier lieu un mot-clé puis de lui affecter systématiquement les paramètres identifiés. Tout comme pour l'APR et l'AMDEC présentées dans les paragraphes précédents, un tableau de synthèse se révèle souvent utile pour guider la réflexion et collecter les résultats des discussions menées au sein du groupe de travail. Un exemple de tableau pouvant être utilisé est présenté et commenté dans les paragraphes suivants: [11]

Tableau I.3 Exemple de tableau pour l'HAZOP [12]

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

I.6.3.3.1. Définition des mots-clés :

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

Tableau I.3 Exemples de mots-clés pour l'HAZOP [19]

Type de déviation	Mot-guide	Exemples d'interprétation
Négative	Ne pas faire	Aucune partie de l'intention n'est remplie
Modification quantitative	Plus	Augmentation quantitative
	Moins	Diminution quantitative
Modification qualitative	En plus de	Présence d'impuretés – Exécution simultanée d'une autre opération / étape
	Partie de	Une partie seulement de l'intention est réalisée
Substitution	Inverse	S'applique à l'inversion de l'écoulement dans les canalisations ou à l'inversion des réactions chimiques
	Autre que	Un résultat différent de l'intention originale est obtenu
Temps	Plus tôt	Un événement se produit avant l'heure prévue
	Plus tard	Un événement se produit après l'heure prévue
Ordre séquence	Avant	Un événement se produit trop tôt dans une séquence
	Après	Un événement se produit trop tard dans une séquence

I.6.3.3.2. Définition des paramètres :

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

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

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

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

II.6.3.3.3. Causes et conséquences de la dérive :

De la même façon que pour une AMDE, le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affecter à chaque mot clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence, l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe. Afin de faciliter cette identification, il est utile de se référer à des listes guides. [13]

I.6.3.3.4. Moyens de détection, sécurités existantes et propositions :

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets. Si les mesures mises en place paraissent insuffisantes au regard du risque encouru, le groupe de travail peut proposer des améliorations en vue de pallier à ces problèmes ou du moins définir des actions à engager pour améliorer la sécurité quant à ces points précis.

I.6.3.4-Limites et avantages :

L'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les systèmes thermo hydrauliques. Cette méthode présente tout comme l'AMDE un caractère systématique et

méthodique. Considérant, de plus, simplement les dérives de paramètres de fonctionnement du système, elle évite entre autres de considérer, à l'instar de l'AMDE, tous les modes de défaillances possibles pour chacun des composants du système. En revanche, l'HAZOP permet difficilement d'analyser les événements résultant de la combinaison simultanée de plusieurs défaillances. Par ailleurs, il est parfois difficile d'affecter un mot clé à une portion bien délimitée du système à étudier. Cela complique singulièrement l'identification exhaustive des causes potentielles d'une dérive. En effet, les systèmes étudiés sont souvent composés de parties interconnectées si bien qu'une dérive survenant dans une ligne ou maille peut avoir des conséquences ou à l'inverse des causes dans une maille voisine et inversement. Bien entendu, il est possible a priori de reporter les implications d'une dérive d'une partie à une autre du système. Toutefois, cette tâche peut rapidement s'avérer complexe [11].

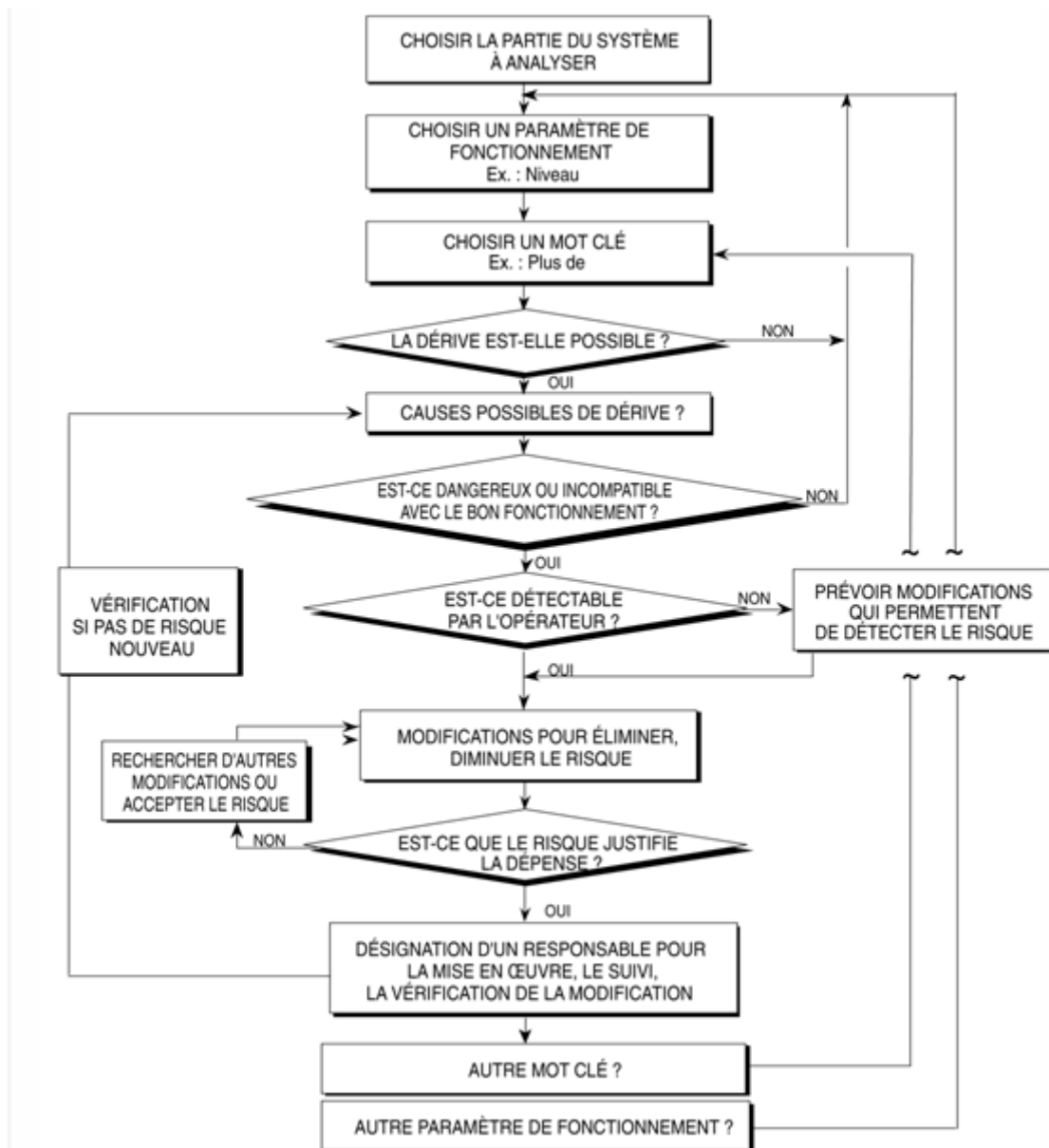


Figure I.9 Déroulement de la méthode HAZOP[11]

I.6.4 Arbre de défaillances (AdD) :

I.6.4.1 Historique Et Domaine D'application :

L'analyse par arbre des défaillances fut historiquement la première méthode mise au point en vue de procéder à un examen systématique des risques. Elle a été élaborée au début des années 1960 par la compagnie américaine (Bell Telephone) et fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes de tir de missiles.

Visant à déterminer l'enchaînement et les combinaisons d'événements pouvant conduire à un événement redouté pris comme référence, l'analyse par arbre des défaillances est maintenant appliquée dans de nombreux domaines tels que l'aéronautique, le nucléaire, l'industrie chimique...

Elle est également utilisée pour analyser a posteriori les causes d'accidents qui se sont produits. Dans ces cas, l'événement redouté final est généralement connu car observé.

On parle alors d'analyse par arbre des causes, l'objectif principal étant de déterminer les causes réelles qui ont conduit à l'accident [4]

I.6.4.2 Principe :

L'analyse par arbre de défaillances est une méthode de type déductif. En effet, il s'agit, à partir d'un événement redouté défini a priori, de déterminer les enchaînements d'évènements ou combinaisons d'évènements pouvant finalement conduire à cet événement. Cette analyse permet de remonter de causes en causes jusqu'aux événements de base susceptibles d'être à l'origine de l'événement redouté.

Ainsi, l'analyse par arbre des défaillances permet d'identifier les successions et les combinaisons d'évènements qui conduisent des évènements de base jusqu'à l'événement indésirable retenu.

Cette méthode utilise une symbolique graphique particulière qui permet de présenter les résultats dans une structure arborescente.

A l'aide des règles mathématiques et statistiques, il est alors théoriquement possible d'évaluer la probabilité d'occurrence de l'événement final à partir des probabilités des évènements de base identifiés.

L'analyse par arbre des défaillances d'un événement redouté peut se décomposer en trois étapes successives :

- Définition de l'événement redouté étudié,
- Elaboration de l'arbre,
- Exploitation de l'arbre.

Il convient d'ajouter à ces étapes, une étape préliminaire de connaissance du système. Nous verrons que cette dernière est primordiale pour mener l'analyse et qu'elle nécessite le plus souvent une connaissance préalable des risques [4].

I.6.4.3 Objectifs :

- L'objectif « qualitatif » est de construire une synthèse de tout ce qui peut conduire à un événement redouté et d'évaluer l'effet d'une modification du système, de comparer les conséquences des mesures qui peuvent être envisagées pour réduire l'occurrence de l'événement redouté étudié.

- L'objectif « quantitatif » est d'évaluer la vraisemblance de la survenue de l'événement étudié à partir des combinaisons d'évènements élémentaires qui peuvent le produire. Si on connaît les probabilités de ces événements on peut en déduire la probabilité de l'événement

étudié et l'impact sur celle-ci d'une réduction (ou augmentation) de telle ou telle des probabilités élémentaires.

À défaut d'une quantification par probabilités, l'arbre permet d'apprécier le nombre de scénarios conduisant à l'événement étudié, le nombre minimum d'événements ou de conditions suffisant pour qu'il arrive, etc [5] .

I.6.4.4 Avantages et inconvénients de l'AdD :

Avantage :

- Le principal avantage de l'analyse par arbre des défaillances est qu'elle permet de considérer des combinaisons d'événements pouvant conduire à la fin à un événement redouté.
- Permet de déterminer les chemins critiques et facilite le choix des actions de préventions
- **Inconvénient:**
- L'analyse par arbre des défaillances porte sur un événement particulier et son application à tout un système peut s'avérer fastidieuse.
- Les événements intermédiaires doivent être indépendants les uns des autres pour que le calcul des probabilités d'occurrence soit correct ;
- L'arbre des défaillances ne rend pas compte de l'aspect temporel des scénarios d'évènement conduisant à la défaillance [4] .

I.6.5 Arbre des évènements AdE :

L'arbre des événements est une méthode déductive [Villemeur. 1988] qui consiste à partir de l'événement initiateur conduisant à un événement indésirable à envisager l'échec ou le succès des fonctions de sécurité puis définir les événements susceptibles de se produire en aval de l'événement initiateur. les barrières de sécurité et leurs fonctions doivent être identifiées en leurs affectant de; probabilités de défaillance Comme il est montré dans la **figureI.10**. L'AdE construit permet temporellement d'identifier les différentes séquences d'événements susceptibles de conduire ou non à des conséquences aux limites, et les chemins les plus dangereux conduisant à des conséquences catastrophiques sont ensuite analysés en détail [4] .

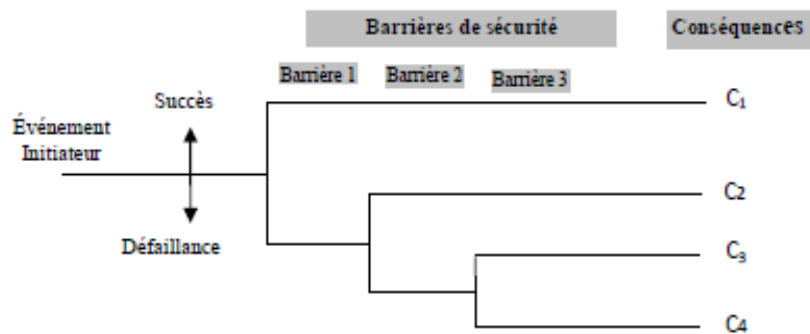


Figure I.10 Schéma d'un AdE des barrières de Sécurité[4]

La probabilité d'occurrence de l'événement initiateur par celles des barrières de sécurité existantes et pouvant empêcher le scénario d'accident. Les étapes de la méthode sont:

- Définition de l'évènement initiateur.
- Identification des barrières de sécurité et leurs fonctions
- Construction de l'arbre.
- Traitement de l'arbre

Pour ce nous ferons appel à cette méthode pour représenter les scénarios d'accidents.

I.6.6 : LOPA (Layer Of Protection Analysis):

I.6.6.1: Origine de LOPA:

La méthode LOPA fut historiquement l'une des méthodes récentes qui a été développée à la fin des années 1990 par le CCPS (Center for Chemical Process Safety). LOPA est un acronyme qui signifie Layer Of Protection Analysis (Analyse des Couches de Protection). Cette méthode fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes et des procédés industriels chimiques, pétrochimiques, nucléaires...etc.

Elle trouve ses origines dans deux publications :

A la fin des années 1980, le Chemical Manufacturer Association (maintenant American Chemistry Council) publie « Responsible Care Process Safety Code of Management Practices» qui introduit la notion de couches de protection et qui recommande de les prendre en considération dans le cadre du système de management ;

□ En 1993, le Center of Chemical Process Safety (CCPS) introduisait dans le « Guidelines for Safe Automation of Chemical Processes » la méthode LOPA. Dans cet ouvrage, la méthode décrite était à un stade d'avancement préliminaire, mais était déjà proposée comme alternative pour déterminer le niveau de SIL des SIF [14] .

I.6.6.2 Objectif de LOPA :

Comme beaucoup d'autres méthodes d'analyse des risques, l'objectif primordial de LOPA est de déterminer s'il existe suffisamment de couches de protection contre un scénario d'accident, car en réalité les couches de protection ne sont pas solides (Figure I.11).

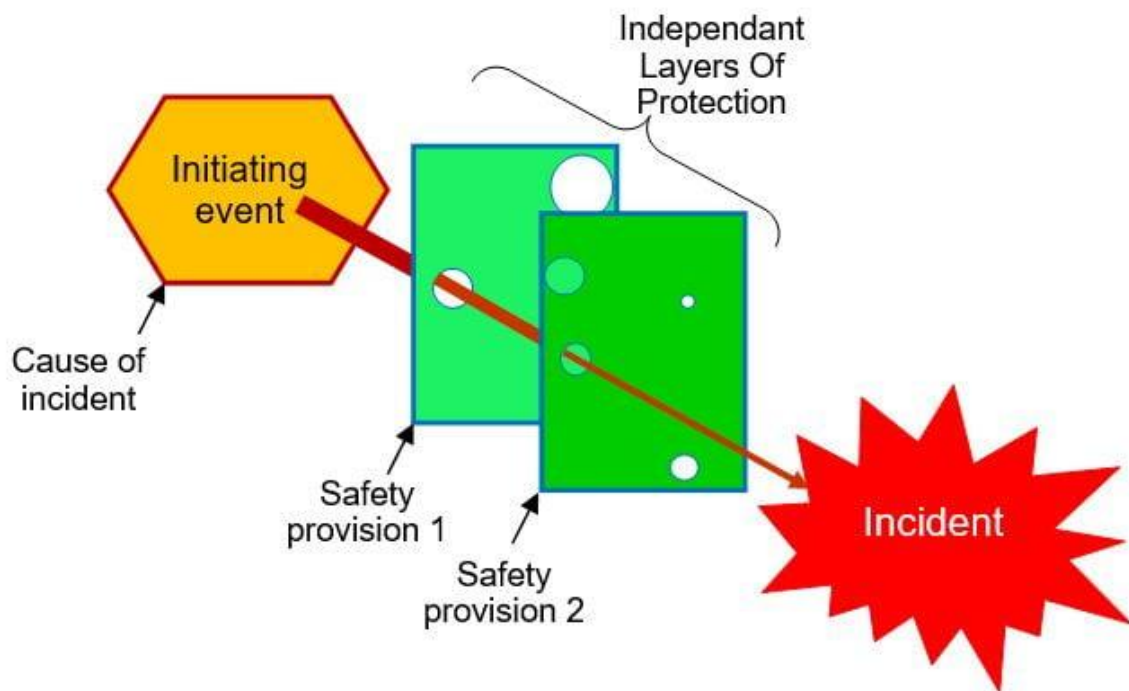


Figure I.11 Couches de protection : réalité - idéal [9]

La méthode LOPA est une méthode semi-quantitative développée dans l'optique de :

- Juger de l'adéquation entre les IPLs de maîtrise du risque d'accident mises en œuvre et le niveau de risque visé pour un scénario donné ;
- Statuer sur le besoin de mise en œuvre de nouvelles barrières, Si le risque estimé d'un scénario n'est pas acceptable ;
- Déterminer le niveau de SIL à allouer aux SIF ;
- Définir les « exigences » minimales sur la probabilité de défaillance des barrières à mettre en place dans le cas où les barrières existantes ne permettraient pas de justifier d'un risque acceptable ;
- Evaluer la fréquence d'occurrence résiduelle d'un scénario d'accident [14] .

I.6.6.3 Utilisation de LOPA :

LOPA est plus fréquemment utilisée pour :

- Compléter l'analyse menée dans l'HAZOP si le groupe de travail considère un scénario donné trop complexe ou que ces conséquences sont trop importantes ;
- Déterminer les niveaux de SIL requis pour les fonctions instrumentées de sécurité (SIF) ;
- Evaluer l'impact de la modification effectuée sur un procédé ou un système de sécurité ;
- Analyser de manière plus détaillée certains scénarios d'accidents.
- LOPA peut être utilisée pendant le processus initial de conception à partir de l'étude de conception de base et peut fournir des orientations afin de choisir un modèle qui a les plus basses fréquences d'événements initiateurs, ou pour lesquels le nombre et le type des IPL est meilleur (Figure I. 12).

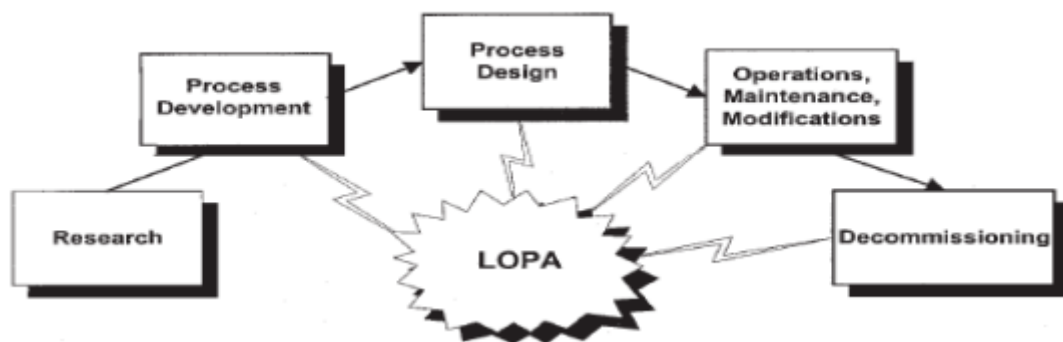


Figure I.12 Utilisation de LOPA dans le cycle de vie du process [14]

Aujourd'hui, le retour d'expérience montre que la méthode LOPA est principalement utilisée dans le cadre de l'application des normes SIL, elle peut aussi être utilisée comme une alternative à une analyse quantifiée en termes de fréquence d'occurrence et de gravité (Figure I.12).

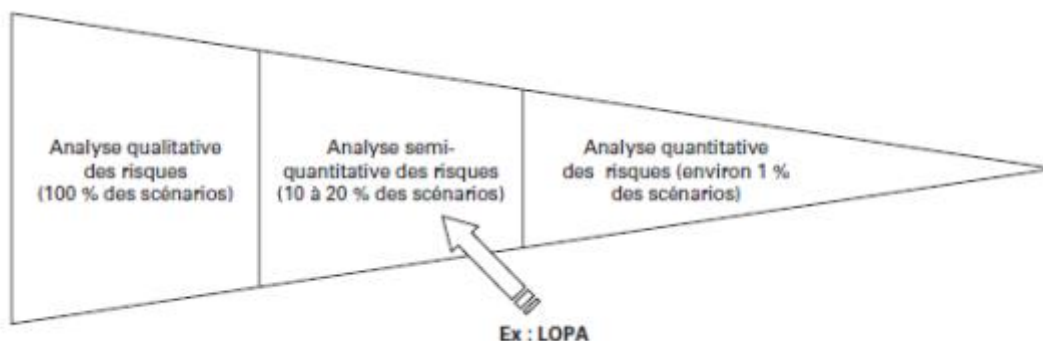


Figure I.13 Répartition des méthodes d'analyse de risques [14]

I.6.6.4 Principe de la méthode LOPA :

Généralement le principe de cette méthode consiste en premier lieu à identifier les différents scénarios d'accidents majeurs d'une installation ou d'un système, cette identification se fait à base des outils d'analyse classiques (par exemple HAZOP) puis, d'en évaluer les conséquences de manière probabiliste en fonction de la fréquence de survenance des événements et aussi le degré de gravité des conséquences.

Il s'agit ensuite d'évaluer la robustesse des couches de protection mises en place selon une approche quantitative ou semi quantitative. Cette dernière permet d'évaluer la probabilité de défaillance à la demande (PFD) pour chaque couche de protection [14].

Une fois les événements initiateurs sont identifiés et leurs fréquences d'occurrence sont ajustées, LOPA passe à la détermination des fréquences de réalisation des scénarios d'accidents par la multiplication de la fréquence d'occurrence de cet événement initiateur par le produit des PFDs des couches de protection existantes.

Une fois le scénario d'accident est estimé en terme de gravité des conséquences, il reste à décider si ce scénario d'accident est acceptable ou non ?

Cette décision d'acceptabilité/ in acceptabilité sera prise à travers une évaluation de ce risque par rapport aux critères d'acceptabilité qui ont été établis préalablement par l'établissement concerné.

L'application de la méthode LOPA dans le domaine de gestion des risques d'accidents majeurs est construite à la suite d'une première analyse des risques menée à l'aide des outils traditionnels et simplifiés qualitatifs comme HAZOP par exemple.

La démarche généralement retenue pour réaliser une analyse par la méthode LOPA est la Suivante (Figure I.13) :

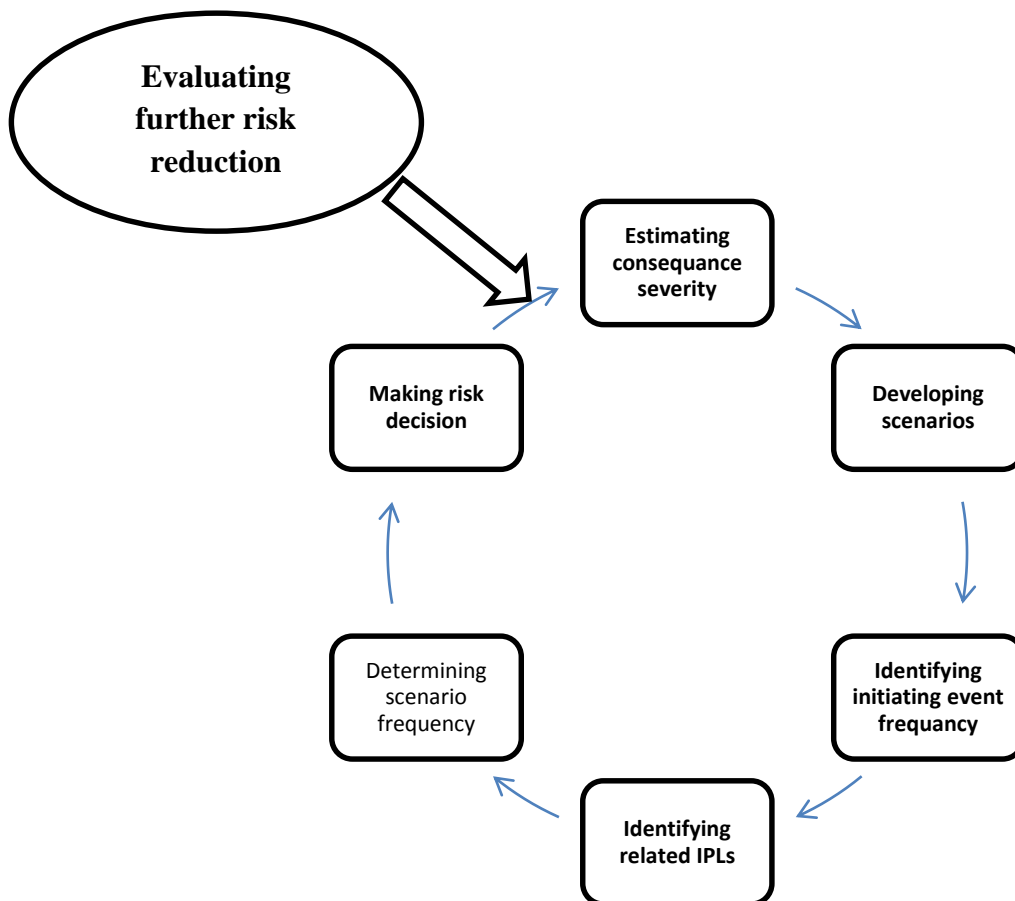


Figure I.14 Déroulement de la méthode LOPA [14]

Comme tout outil d'analyse des risques l'établissement des critères d'acceptabilité et désélection des scénarios d'accidents à évaluer se révèle indispensable et préalable.

I.6.6.5 Principe des couches de protection :

La méthode LOPA introduit le concept de « couches de protection » présenté en Figure I.14 ci-dessous. Ce concept repose sur le principe que les moyens mis en œuvre dans le but de réduire les risques sont nombreux et diversifiés et elles sont classées en huit couches de protection, d'où l'introduction de la notion de lignes de défense comme : « Ensemble des dispositions adoptées en matière de conception, construction et modalités d'exploitation incluant les mesures d'urgence internes et externes, afin de prévenir l'occurrence et limiter les effets d'un phénomène dangereux et conséquences d'un accident potentiel associé »

Ces différents moyens sont prévus pour intervenir de manière graduelle dans le temps. En d'autres termes, ces différentes couches vont être « sollicitées » tour à tour avec pour objectif de « stopper » le déroulement du scénario d'accident ou d'en réduire les effets. [14]

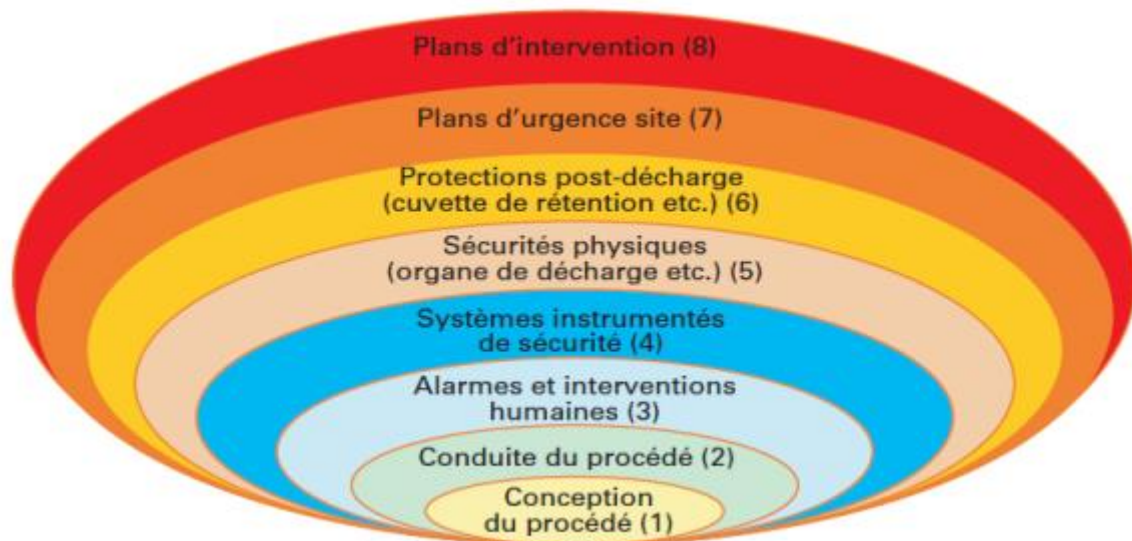


Figure I.15 Différentes couches de protection suivant LOPA [14]

Ces huit couches peuvent être réparties en trois catégories, la répartition des différentes couches est présentée dans Tableau II.4 :

Tableau I.4 Répartition des 8 couches de protection définies dans la méthode LOPA [14]

Catégorie	Couches de protection
Couches de prévention	<ul style="list-style-type: none"> - Conception du procédé - Conduite du procédé - Alarmes et interventions humaines
Couches de mitigation/protection	<ul style="list-style-type: none"> - Systèmes Instrumentés de sécurité - Sécurité physiques (organes de décharge, etc...) - Protections post-décharge (cuvette de rétention, etc...) - Plans d'urgence site - Plan d'intervention

- Notion de couche de protection indépendante :

La méthode LOPA introduit la notion de couche de protection indépendante (Independent Protection Layer [IPL])

Si pour une barrière, l'un de ces quatre critères ne peut pas être vérifié, le CCPS recommande alors de ne pas la retenir en tant que IPL (Figure I.16).

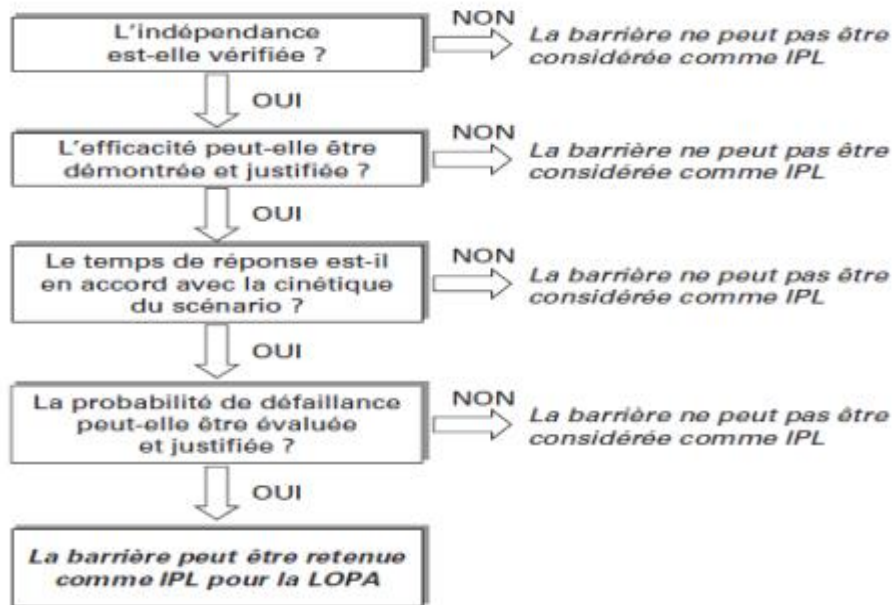


Figure I.16 Processus de sélection d'une barrière en tant que IPL[14]

Tableau I.5 Liste des barrières qui ne sont pas des IPL [14]

Barrières de sécurité non IPL	Commentaires du CCPs
Formations et certification des operateurs	Ces deux barrières peuvent être prises en compte lors de l'évaluation de la probabilité d'échec ou d'erreur d'un operateur mais elles ne constituent pas des IPL
Procédure	Cette barrière peut être prise en compte de l'évaluation de la probabilité d'échec ou d'erreur d'un operateur mais elle ne constitue pas un IPL
Test périodique et inspection	Ces deux barrières influent sur la probabilité de défaillance de certaines IPL mais elles ne constituent pas des IPL
Maintenance	Cette barrières influe la probabilité de défaillance de certaines IPL mais elle ne constitue pas une IPL
communication	Cette barrière influe sur la probabilité de défaillance de certaines IPL mais elle ne constitue pas une IPL
Signalisation	La signalisation ne constitue pas une IPL car elle peut être ignorée, peu claire, etc. Cette barrière peut influencer sur la probabilité de défaillances de certaines IPL mais elle ne constitue pas un IPL
Protection incendie	La protection incendie n'est généralement pas retenue comme IPL dans le cas où elle est sollicitée en post-accident. En effet, sa disponibilité et son efficacité peuvent être affectées par les effets thermiques et surpressions associés au phénomènes d'incendie et explosion. Dans le cas où la disponibilité et l'efficacité de cette barrière pourraient être démontrées vis-à-vis d'un scénario, alors elle pourrait être retenue comme IPL LES protections « passives » par revêtement peuvent être valorisées comme IPL si elles répondent par exemple aux critères de L'API

I.6.6.6 Principales étapes de la méthode :

La méthode a pour vocation d'évaluer la fréquence annuelle résiduelle d'accident. Pour ce faire, il est alors nécessaire de pouvoir quantifier les fréquences d'occurrence des événements initiateurs et les probabilités de défaillances de chaque couche de protection.

Les principales étapes de la méthode LOPA sont les suivantes : [14]

I.7.6.1 Étape 1 - Établissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer :

Cette étape est une étape préalable à l'analyse des risques, elle fournit un moyen de limiter la durée de l'étude en ne considérant que les scénarios significatifs en termes de conséquences.

Critères d'estimation des conséquences :

Les critères retenus pour définir l'acceptation des risques sont généralement d'ordre éthiques, moraux, économiques, sociétaux, individuels, environnementaux et aussi politiques [INERIS DRA 35, 2003]. L'établissement des critères d'acceptabilité significatifs en termes de conséquences est réalisé à partir d'une estimation des conséquences à un certain ordre de magnitude de gravité. Ces conséquences sont définies comme étant des résultats indésirables des scénarios d'accidents. Toutes ces conséquences aux limites seront évaluées quantitativement et qualitativement par certaines approches d'estimation proposées par LOPA.

Méthode 1 : Catégorisation des conséquences

Dans cette approche les conséquences estimées sont identifiées comme suite d'une séquence d'effets engendrés par un scénario d'accident non maîtrisé. L'estimation des conséquences selon cette méthode est limitée à :

- L'importance de dégagement du produit (en terme de quantité et leurs caractéristiques (toxicité, inflammabilité...etc.) ;
- Les pertes matérielles des équipements, d'installations et des arrêts de production ;
- Les pertes financières engendrées par cet accident ...etc.

Selon cette approche, donner une estimation juste et valable aux atteintes humaines est une étape délicate pour établir les critères d'acceptabilité de certains scénarios d'accidents (dégagement des produits toxiques ...). [14].

Echelle des gravités :*Tableau I.6 Echelle de gravité [19]*

Gravité	Personnel	Environnement	Public	Production/biens
G4	Plusieurs décès	Pollution hors limites de longue durée	Décès	Domage important et arrêt total de la production
G3	Incapacité permanente ou 1 décès	Pollution interne non maîtrisée ou pollution hors limite maîtrisée	Blessures significatives	Domage localisé et arrêt partiel d'unité
G2	Blessures significatives (AAA)	Pollution interne Maîtrisée	Blessures mineures	Dommages mineurs et arrêt bref de la production
G1	Blessure Mineures (ASA)	Mineure	Pas d'incidence	Pas de dommage, pas d'arrêt de production

Méthode 2 : Estimation quantitative avec des atteintes humaines

Dans son estimation elle se base sur les différents impacts finaux que les scénarios d'accidents peuvent entraîner sur le personnel travaillant autour du système, la population habitant à proximité du système et aussi l'environnement passif où le système se situe [14].

Pour chaque scénario d'accident les conséquences humaines sont estimées directement en se basant sur les accidents qui sont survenus (retour d'expérience) ou à partir de la modélisation des différents effets engendrés suite à un accident survenu (dégagement d'un produit inflammable et toxiqueetc.).

I.7.6.2 Étape 2 - Développement des scénarios d'accidents :

Les scénarios d'accidents sont développés sur la base d'une analyse des risques en utilisant des outils traditionnels tels que HAZOP par exemple [22]. L'application préalable des méthodes d'analyse des risques permet d'identifier les causes et les conséquences et aussi les différentes barrières de prévention et de protection qui seront retenus et exploitées pour l'élaboration des scénarios d'accident de LOPA.

Pour développer les scénarios d'accidents, la méthode LOPA s'inspire des différents composants des scénarios à partir des données trouvées et développées par HAZOP (Annexe B). Généralement les causes identifiées durant l'application de cette méthode seront exploitées pour trouver les événements initiateurs.

I.7.6.3 Étape 3 - Identification des fréquences des événements initiateurs :

Une fois les événements initiateurs sont identifiés pour les scénarios d'accident l'estimation de ces événements en terme de fréquence se révèle indispensable pour calculer la fréquence de scénarios d'accidents. L'événement doit conduire à la conséquence. La fréquence doit rendre compte sur les aspects de fond du scénario. L'estimation des événements initiateurs est faite en les affectant des fréquences de survenance, ces fréquences sont estimées généralement en nombre de réalisation des événements par an [14].

Pour pouvoir estimer ces événements initiateurs en termes de fréquence, LOPA fait appel aux différentes méthodes d'estimation telles que le retour d'expérience et le jugement d'experts.

I.7.6.4 Étape 4 - Identification des couches de protection indépendantes :

La méthode LOPA exige dans son application certaines barrières de sécurité qualifiées IPL (Couches de protection indépendantes). Dans le but de bien éclaircir cette différence entre les barrières de sécurité et les IPL, on fait appel à l'hypothèse suivante « Toutes les IPL sont des barrières de sécurité, mais pas toutes les barrières de sécurité sont des IPL » [CCPS, 2001] car une IPL possède un mode fonctionnement spécifique et propre à elle. Plusieurs critères de base sont retenus pour pouvoir qualifier une barrière de sécurité comme une IPL

Exemple des couches de protection :

- Conception : Par exemple, l'équipement pourrait être résistant à la pression maximale pour un scénario particulier.
- Basic Process Control Systems (BPCS) : Le BPCS peut fournir plusieurs types de fonctions de sécurité qui peuvent être des IPL [CCPS, 2001] : Fonction de contrôle et de régulation, fonction d'exécution.
- Alarmes critiques d'intervention : L'action des opérateurs, à la suite des alarmes ou d'observation, peut être citée comme une IPL lorsque plusieurs critères sont réunis pour assurer l'efficacité de l'action.
- Systèmes instrumentés de Sécurité (SIS) ;
- Systèmes de protection (soupapes, disques de rupture, ...etc.).

I.7.6.5 Étape 5 - Détermination des fréquences des scénarios d'accidents :

La détermination des fréquences des scénarios d'accidents est une étape clé qui sert à évaluer d'une manière chiffrée les scénarios d'accidents en terme de leur probabilité

d'occurrence et les conséquences engendrées en fonction des critères retenus pour estimer le niveau de gravité à associer à la conséquence du scénario.

Comme les niveaux de protection sont supposés indépendants, la fréquence de l'événement final peut être obtenue en suivant la même approche que pour les arbres d'événements :

$$f_i^c = f_i^l * \prod_{j=1}^n PFD_{ij}$$

Avec :

f_i^c : Fréquence de la conséquence associée à l'événement initiateur i à l'origine du scénario d'accident (en cas de mauvais fonctionnement de toutes les barrières (IPL)) ;

f_i^l : La fréquence de l'événement initiateur ;

PFD_{ij} : Barrière de sécurité indépendante (IPL) numéro j vis-à-vis du scénario d'accident.

Echelle des occurrences :

Tableau I.7 Echelle des occurrences [19]

Probabilité	Description	Fréquence
P4	Très probable S'est produit fréquemment	1/ an
P3	Probable S'est produit (ou pourrait se produire) pourrait se produire pendant la durée de vie de l'installation	10-2 à 10-1/an
P2	Peu probable Déjà (ou pourrait se) rencontré dans une organisation	10-4 à 10-2/an
P1	Improbable Jamais rencontré ou entendu parler mais physiquement possible (ou rarissime)	<10-4/an

1.7.6.6 Étape 6 - Évaluation des risques par rapport aux critères d'acceptabilité :

Cette étape de la méthode LOPA consiste à évaluer les scénarios d'accidents estimés par rapport aux critères d'acceptabilité qui ont été fixés au préalable afin de s'assurer que ces scénarios sont acceptables. Si ces scénarios d'accidents sont inacceptables des recommandations et des mesures de sécurité doivent être appliquées pour les maîtriser et les ramener à un niveau jugé tolérable (ALARP).

Trois types de démarches [CCPS, 2001] sont proposés et utilisés conjointement avec la méthode LOPA afin de prendre une décision finale sur les risques, dont on va illustrer la démarche I (comparaison du risque calculé par rapport aux critères d'acceptabilité):

- **Démarche I** : Comparaison du risque calculé par rapport aux critères d'acceptabilité

- **Démarche II** : Jugement d'experts ;
- **Démarche III** : Comparaison relative entre les différentes propositions destinées pour la réduction des risques.
- **Démarche IV** - Comparaison du risque calculé par rapport aux critères d'acceptabilité : Pour cette méthode, un scénario d'accident est estimé par une fréquence d'occurrence.

Cette fréquence sera comparée aux critères d'acceptabilité établis préalablement ,ces critères sont fonction du contexte de chaque établissement concerné.

- Selon cette démarche ces critères sont élaborés en appliquant plusieurs méthodes (matrice des risques, critères numériques d'acceptabilité, nombre d'IPLs exigés). On s'intéresse à la première méthode [14] .

Tableau I.8 matrice de risque [19]

Gravité	1				
	2				
	3				
	4				
		1	2	3	4
		Probabilité			

Niveaux de risque :

Tableau I.9 Niveau de risque [19]

CLASSIFICATION DES RISQUE	DSCRIPTION
	Acceptable
	ALARP - amélorable
	Inacceptable

La définition du mot Alarp (as low as reasonably practicable) signifie que le risque est tolérable pour Sonatrach si le coût nécessaire à l'investissement de la mesure proposée (recommandation) est supérieur au coût de la perte potentielle.[4]

I.7 Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté une étude théorique de l'approche d'évaluation des risques et les outils d'analyse fréquemment utilisée dans le domaine de la prévention des risques.

Ces outils nous permettant, après l'identification des causes et des conséquences potentielles d'avènement liés à l'exploitation d'installation industrielles, de mettre en lumière les barrières de sécurité existantes ou pouvant être envisagées au regard du risque.

L'utilisation de ces méthodes est particulièrement recommandée dans le cadre de l'analyse des risques d'une étude de danger puisqu'elles permettent de viser à plus d'exhaustivité pour l'identification et tendre ainsi vers la maîtrise des risques majeurs.

Chapitre 02 :
Présentation du
Complexe Topping
de Condensat

II.1. Introduction :

En Algérie l'industrie des pétrochimies est le secteur industriel le plus touché par les accidents majeurs. C'est aussi le secteur où l'identification des scénarios d'accidents est indispensable.

Pour étudier les risques liés au procédé industriel, nous avons choisis le complexe topping de condensat de Skikda RA2/K comme lieu de notre stage pratique.

Selon notre stage dans le complexe nous avons pu localiser l'unité sur laquelle portera notre étude qui est celle d'Unité 100.

II.2. Présentation du Topping de Condensat de Skikda :

Le complexe topping condensat de Skikda (baptisé RA2K) a pour mission de traiter le condensat provenant des champs pétroliers algériens en vue de produire le butane, le naphta, le kérosène, le gasoil léger et le gasoil lourd. La capacité de traitement est de 5.000.000 t/an (pendant une période continue de fonctionnement de 330 jours).

II.2.1. Historique :

Le complexe a été réalisé par la société chinoise CPECC filiale de l'Entreprise CNPC « China Petroleum Corporation », entre les années 2005 et 2010

II.2.2. Situation Géographique :

Le complexe Topping de Condensat (RA2K) est situé dans l'enceinte de la zone industrielle de Skikda, dans le périmètre de l'ancien aéroport.

Les principaux sites industriels localisés dans les environs sont :

- Le complexe de liquéfaction du gaz naturel (GL1K), au nord,
- Le complexe des matières plastiques (CP1K), au nord-est,
- POLYMED (complexe de fabrication du PEHD), au nord-est,
- Le complexe de raffinage du pétrole brut (RA1K), à l'ouest,
- Le terminal de stockage du pétrole brut et du condensat (RTE), au sud.

Localisation géographique

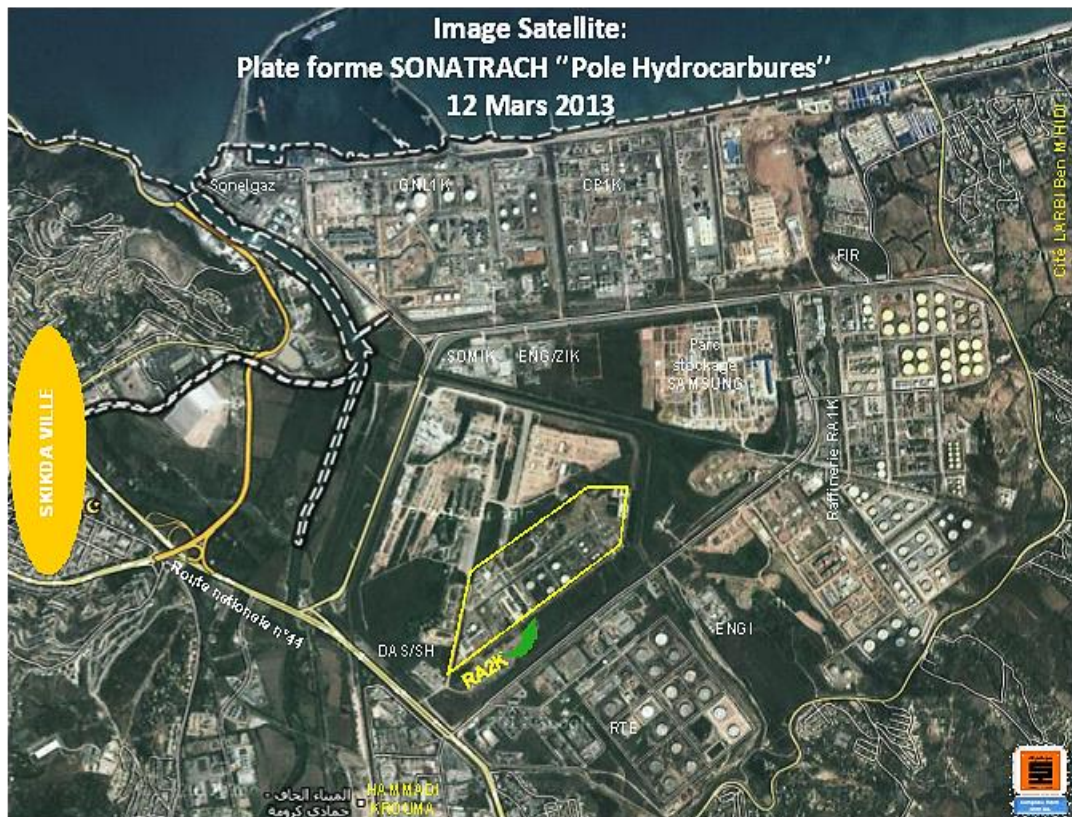


Figure II.17 localisation géographique [15].

II.3 Description des installations du complexe Topping condensât :

II.3.1 Philosophie d'exploitation :

L'autonomie de stockage pour le Condensât est de trois (03) Jours environ.

Les Produits Finis "Naphta, Jet A1, Gasoil Léger et Gasoil Lourd" sont stockés dans des bacs de stockage intermédiaire correspondant à une autonomie d'exploitation de quatre (04) Jours environ. Ces Produits Finis sont transférés par pipelines vers les installations de stockage correspondantes de la Raffinerie RA1K.

Le Produit Fini "Butane" est stocké dans 3 sphères de stockage correspondant à une autonomie d'exploitation de quatre (04) Jours environ une sphère est destinée pour le stockage du Butane hors spécifications. Le Butane est expédié par pipeline vers les installations de stockage correspondantes de la Raffinerie RA1K.

Les produits hors spécifications sont recyclés vers les bacs de charge de Condensât du Complexe à l'exception du Butane hors spécification qui est envoyé vers la section stabilisation Naphta et le Kérosène Off-spec est transféré directement vers les bacs de stockage de kérosène Off-spec au niveau de la Raffinerie RA1K.

Le contrôle/commande des installations du complexe est du type DCS (Distributed Control System) et se fait à partir d'une salle de contrôle centralisée.

Toutes les motopompes sont doublées, soit une (01) en service et une (01) en réserve (stand-by).

Les compresseurs et les sécheurs d'air sont doublés avec un ballon de stockage d'air instrument d'une autonomie d'exploitation de trente (30) minutes.

La lutte contre l'incendie en cas de sinistre est assurée par de l'eau industrielle ; il y a un (01) bac de stockage d'eau industrielle d'une capacité de 12.000 m³ et 6 pompes d'eau dont deux (02) pompes électriques et deux (02) pompes Diesel et deux (02) pompes jockey pour le maintien de pression du réseau d'eau anti-incendie.

II.3.2 Conception Générale du Complexe : [15]

Le complexe est constitué principalement de :

- ✓ Une Unité de Topping de condensât (U100).
- ✓ Une Unité de purification et de traitement de Kérosène (U200).
- ✓ Des installations de stockage et de transfert des Produits Finis (U300).
- ✓ Système de torche (U400).
- ✓ Des installations de production et de distribution des Utilités (U500).

II.3.2.1 Unité de Topping de condensât (U100) :

L'unité de traitement a pour fonction de séparer par distillation les produits contenus dans le condensât :

- ✓ Naphta (80 – 83 %)
- ✓ Kérosène (10 % environ)
- ✓ Gasoil léger (LGO) (3.5 % environ)
- ✓ Gasoil lourd (HGO) (3.5 à 3.5%)
- ✓ Butane (1.5% environ)

L'unité 100 est constituée des différentes sections suivantes :

- ✓ Distillation du Condensât ;
- ✓ Stabilisation du Naphta ;
- ✓ Dépropanisation et séchage de butane.

II.3.2.1.1 Section Distillation du Condensât :

Cette section du procédé est principalement composée d'un préfractionneur, d'une Tour atmosphérique et d'une Tour sous vide. Elle est conçue pour séparer le condensât en naphta, kérosène, gasoil léger et gasoil lourd. Ces produits sont acheminés comme suit :

- ✓ Naphta léger : vers la section de stabilisation du naphta
- ✓ Naphta lourd : vers stockage
- ✓ Kérosène : vers l'unité de traitement du kérosène
- ✓ Gasoil léger : vers stockage
- ✓ Gasoil lourd : vers stockage

Le condensât amené au préfractionneur provient de la zone de stockage de condensât au niveau du complexe, le condensât stocké sur site provient de la zone stockage de condensât de la Région Transport Est (RTE).

La section de distillation du condensât comprend également trois fours ; il s'agit de deux fours rebouilleurs pour le préfractionneur et la Tour atmosphérique, ainsi qu'un four atmosphérique qui sert à augmenter la température des résidus du préfractionneur avant qu'ils n'entrent dans la Tour atmosphérique.

a.Section Stabilisation du Naphta :

La section de stabilisation du naphta est principalement constituée d'un débutaniseur. Elle est conçue pour séparer le naphta léger du préfractionneur en GPL et en naphta stabilisé. Le naphta stabilisé est mélangé avec celui issu du préfractionneur et la colonne atmosphérique qui est acheminé vers stockage.

Le GPL est acheminé vers le dépropaniseur.

b.Section Dépropanisation et séchage de butane :

La section est constituée principalement d'un dépropaniseur. Cette section est conçue pour séparer le GPL de la section de stabilisation du naphta, en butane et en propane.

Le propane est utilisé en tant que combustible pour les fours et le butane est acheminé vers une unité de séchage avant d'être acheminé vers les sphères de stockages du complexe.

Schéma synoptique de l'unité Topping de Condensât « U100 »

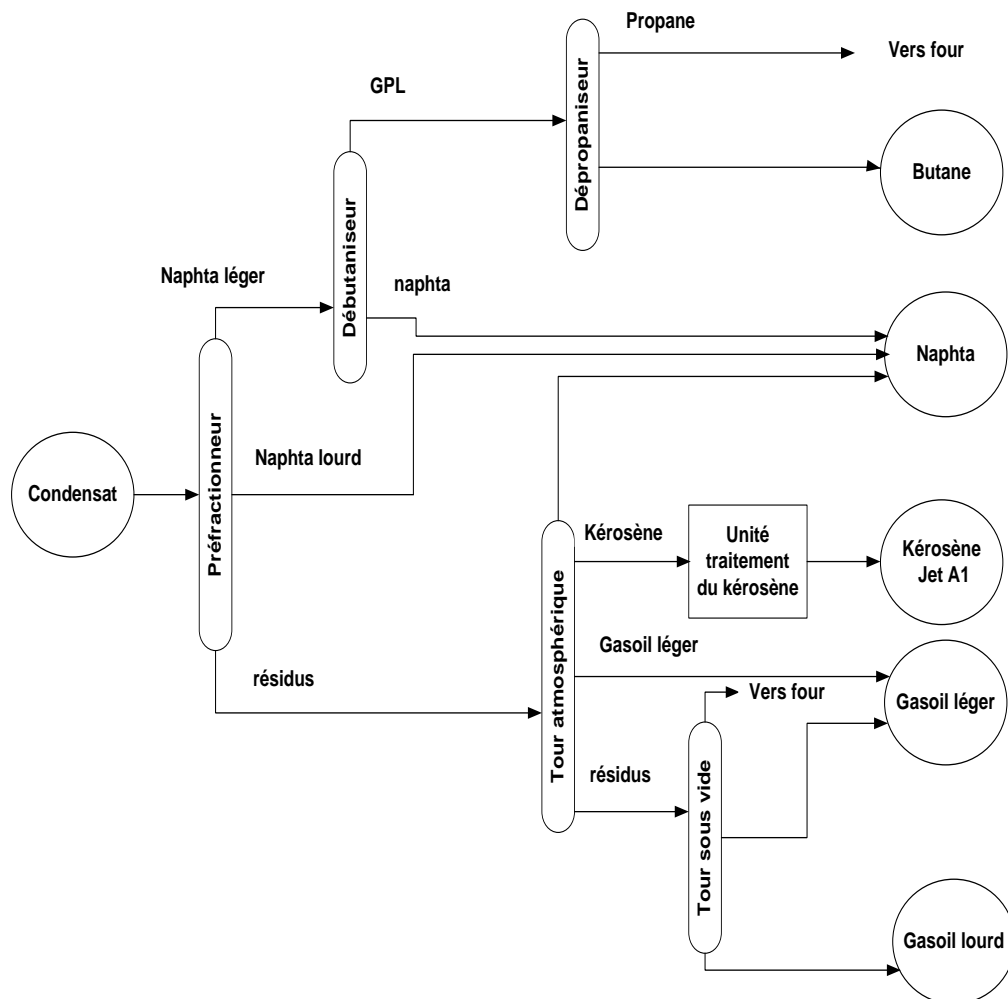


Figure II.2 Schéma synoptique de l'unité Topping de Condensât « U100 »

II.3.2.2 Unité traitement du kérosène (U200) :

Le kérosène provenant de la distillation du condensât est traité pour en faire du Jet A1.

Le traitement du kérosène se fait selon ce qui suit :

- Mélange avec de la soude caustique (4% en poids)
- Enlèvement des acides naphthéniques à l'aide d'un procédé de précipitation par électrofinage (Electrofining Precipitator).
- Enlèvement d'eau et d'impuretés à l'aide d'un filtre et d'un coalesceur.
- Enlèvement d'impuretés et de matières particulaires à l'aide d'un filtre et d'une Tour d'argile.

Une fois le kérosène traité, il est acheminé vers bacs de stockages.

II.3.2.3 Installations de stockage et de transfert des Produits Finis (U300) :**a) Zone de stockage du condensât :**

Le condensât est acheminé aux 03 réservoirs du complexe par pipeline provenant de la zone de stockage du complexe RTE (Région Transport Est).

Le condensât est transféré vers l'unité de séparation à l'aide de deux pompes qui fonctionnent en alternance à un débit de 910 m³/h.

Chaque réservoir est muni d'un toit flottant externe avec une capacité de 25000 m³.

b) Zone de stockage de Naphta :

Le naphta produit est acheminé vers les deux réservoirs de naphta du complexe. Deux pompes utilisés en alternance serviront à transporter le naphta stocké vers les réservoirs existants de la raffinerie RA1K.

Chaque réservoir est muni d'un toit flottant externe avec une capacité de 36000 m³.

c) Zone de stockage du kérosène :

Le kérosène produit est acheminé vers les deux réservoirs de kérosène du complexe. Deux pompes utilisées en alternance serviront à transporter le kérosène vers les réservoirs existants de la raffinerie RA1K.

Chaque réservoir est muni d'un toit flottant interne avec une capacité de 5360 m³.

d) Zone de stockage de gasoil léger :

Le gasoil léger produit est acheminé vers les deux réservoirs de gasoil léger du complexe. Deux pompes utilisées en alternance serviront à transporter le gasoil léger vers les réservoirs existants de la raffinerie RA1K.

Chaque réservoir est muni d'un toit fixe avec une capacité de 2180 m³.

e) Zone de stockage du gasoil lourd :

Le gasoil lourd produit est acheminé vers les deux réservoirs de gasoil lourd du complexe. Deux pompes utilisées en alternance serviront à transporter le gasoil lourd vers les réservoirs existants de la raffinerie RA1K.

Chaque réservoir est muni d'un toit fixe avec une capacité de 860 m³.

f) Zone de stockage du butane :

Le butane produit est acheminé vers les deux sphères de stockage du complexe. Deux pompes utilisées en alternance serviront à transporter le butane vers les sphères de stockages existantes de la raffinerie RA1K.

Chaque sphère a un volume de 1400 m³ sous pression de 5 bar.

Pour le butane hors spécification produit par l'unité topping sera acheminé vers une sphère de butane de 250 m³ opérant à 5 bar. Deux pompes de transfert, serviront à acheminer le butane hors spécifications vers le débutaniseur de l'unité de topping pour retraitement.

II.3.2.3 Système torche (U400) :

La torche est utilisée pour brûler les gaz provenant des événements des équipements du procédé de l'unité Topping condensât, ainsi que les sphères de butane. Le système de torches est doté d'un système de traitement anti-fumée.

Les principales caractéristiques de la torche sont :

- ✓ Diamètre : 1 mètre
- ✓ Hauteur : 120 mètres
- ✓ Débit de conception : 370 t/h

II.3.2.3 Les utilités (U500) :

Les principales utilités requises pour la mise en exploitation du complexe sont le gaz naturel, l'azote, l'électricité, l'eau industrielle, la vapeur et l'air comprimé.

a) Le gaz naturel :

L'alimentation du complexe par le gaz naturel est assurée par Sonatrach RTE/TRC ; le gaz naturel est utilisé comme combustible pour les fours et l'allumage des pilotes de la torche.

b) L'azote :

L'alimentation du complexe par l'azote est assurée par l'entreprise des gaz industriels ENGI MESSER ; l'azote est nécessaire pour l'inertage des milieux de stockage et de la maintenance des installations du complexe.

L'azote fourni, de grade industriel, avec une pureté de N₂ de 99.99% min.

c) L'eau :

L'alimentation du complexe par l'eau est assurée par l'entreprise ADE (EPDEMIA) ;

L'eau est utilisée pour les besoins suivants :

- ✓ Les appoints du système d'eau de refroidissement des installations,
- ✓ La consommation domestique du personnel,
- ✓ L'appoint du système du réseau d'eau de lutte contre l'incendie,
- ✓ La maintenance et l'exploitation des installations.

Le complexe dispose d'un système de traitement et de distribution en eau potable pour assurer les besoins requis pour le personnel du complexe en eau potable, l'unité comporte un

bac de stockage, deux pompes (une en service, l'autre en secours), une unité de traitement et de potabilisation de l'eau et un réseau pour la distribution de l'eau pour alimenter les différents consommateurs.

d) La vapeur :

L'alimentation du complexe par la vapeur est assurée par le complexe RA1K ;

La vapeur est utilisée pour les besoins de la maintenance des installations, la torche, moniteur de corrosion et l'unité traitement des effluents.

e) L'air :

L'air comprimé (air service et air instruments) est assuré par deux (02) compresseurs d'airs, l'air instruments est préalablement séché à travers deux sècheurs (un sécheur en service et un en régénération).

Un ballon de stockage tampon d'air instruments dimensionné pour assurer une autonomie de fonctionnement du complexe d'environ trente (30) minutes.

L'air service n'est pas séché.

f) L'électricité :

L'alimentation du complexe par l'électricité est fournie à partir du réseau Sonelgaz. Deux (02) lignes électriques indépendantes raccordées au réseau SONELGAZ 63 kV.

g) Unité traitement des effluents :

Les eaux huileuses, les rejets chimiques de l'unité traitement de kérosène, les eaux pluviales et les eaux sanitaires sont collectées et traitées dans la section traitement des eaux usées du complexe Topping de condensât avant d'être évacuées vers le réseau approprié de la zone industrielle de Skikda.

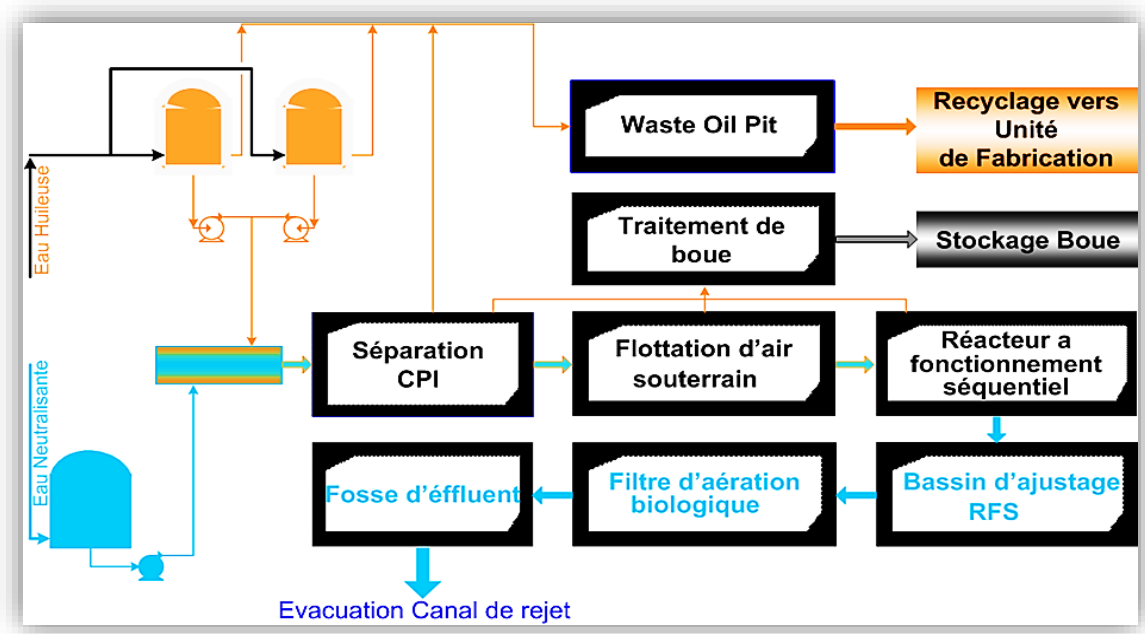


Figure II.3 Schéma synoptique de l'unité de traitement des effluents « U501 » [15].

II.4. La Structure Sécurité :

Le département sécurité et environnement a pour rôle d'éliminer au maximum les risques susceptibles de mettre en danger les personnes, le matériel et l'environnement. Il est composé de trois services : le service prévention, le service intervention et le service surveillance ainsi que d'une cellule environnement.

II.4.1. Service Prévention :

Les principales tâches de ce service sont :

- Veiller au respect des consignes de sécurité ;
- Suivre et gérer les travaux sous traités dans le cadre de la sécurité ;
- Veiller au respect des consignes de sécurité ;
- Délivrer les autorisations de travail tels le permis de travail, le permis de feu, le permis de pénétrer, etc..... ;
- Effectuer les inspections périodiques des installations ;
- Gérer les équipements de prévention ;
- Elaborer et déclencher les programmes de sensibilisation et de formation du personnel à la prévention des risques professionnels ;
- Etudier les besoins du complexe en équipements de sécurité et leur standardisation lors de leur acquisition ;

- Veiller à la réalisation des états de contrôle des équipements des installations et des procédures ;
- Etudier la fiabilité des systèmes de sécurité sur les nouvelles installations ;
- Enquêter sur tout accident et/ou incident et donner les recommandations nécessaires pour éviter leur reproduction ;
- Faire et analyser les statistiques d'accidents et/ou d'incidents pour développer la prévention des risques ;
- Développer les règles, consignes et procédures de sécurité en matière de prévention. [15]

II.4.2 Service Intervention :

Il a pour rôle d'intervenir en cas d'accident ou d'incident mettant en danger les installations et le personnel en utilisant les moyens matériels et humains conçus et formés à cet effet. Les principales tâches de ce service sont :

- Etudier les besoins du complexe en matière d'équipements de lutte contre le feu ;
- Participer, le cas échéant aux enquêtes sur les sinistres et à l'exploitation des résultats en vue d'éviter les incidents similaires ;
- Assurer la formation du personnel du service sur les actions d'intervention et l'utilisation des équipements spéciaux ;
- Etablir et réaliser un programme de tests et exercices pour le personnel d'intervention ;
- Améliorer la performance des équipes d'intervention ;
- Assurer la vérification systématique de tous les équipements de lutte contre le feu ;
- Etablir et diffuser les rapports d'activité périodiques.

II.4.3 Service Surveillance :

Les principales tâches de ce service sont :

- Assurer le contrôle aux accès des personnes et des véhicules ;
- Faire des rondes périodiques dans le complexe.

II.4.4. Cellule environnement :

Sa mission est de protéger l'environnement contre la pollution en général et de développer les mesures mises en application pour la protection environnementale.

II.4.5 Règlement De Sécurité :

Il est destiné à toute personne pénétrant au complexe et a pour but d'informer le personnel sur les risques rencontrés à l'usine. Il commence par le règlement de l'accès et le contrôle de l'entrée au complexe par le service de surveillance. [15]

II.5. Généralité sur les fours :

II.5.1. Rôle d'un four :

Le rôle d'un four pétrolier est d'apporter la chaleur nécessaire, soit seul, soit en complément à un train d'échangeur,

II.5. 2. Différent types de fours :

On peut distinguer les différentes catégories suivantes :

- Les fours cabines à tubes verticaux ou horizontaux ;
- Les fours cylindriques à tubes verticaux (cas du TOPC) ;
- Les fours BOX à tubes verticaux ou horizontaux ;
- Les fours spéciaux.

II.5. 3. Constituants D'un Four :

- Zone de radiation ;
- Zone de convection ;
- Un faisceau tubulaire ;
- Bruleurs ;
- Charpente métallique ;
- Garnissage réfractaire ;
- Cheminée ou carneau pouvant être garnis avec registre.

Des accessoires tels que les souffleurs de suie, les portes d'accès, les portes d'explosion, les regards, les thermocouples, opacimétrie et les analyseurs d'oxygène. [15]

II.5.4. Description des fours du TOPC :

II.5.4.1. Fours :

Le complexe topping comporte trois fours cylindriques à tubes verticaux F-101, F-102 et F-103 avec un système de préchauffage d'air commun, chaque four peut fonctionner tout seul avec le préchauffeur en service.

Les fumées qui viennent de la section radiante de chaque four traversent la section de convection et se rencontrent dans la cheminée commune avant d'entrer dans un préchauffeur d'air dans le but de réchauffer l'air de combustion afin d'augmenter le rendement des fours, les fumées passent à travers l'échangeur à l'aide des ventilateurs à tirage induit (les deux doivent être en service) et vont rejoindre encore la cheminée

Principale qui sont par la suite analysées et acheminées vers l'atmosphère. L'air préchauffé arrive aux brûleurs à l'aide des deux ventilateurs à tirage forcé (l'un en service et l'autre en réserve), un ventilateur doit être toujours en service car les trois fours sont conçus pour un tirage forcé seulement. [15]

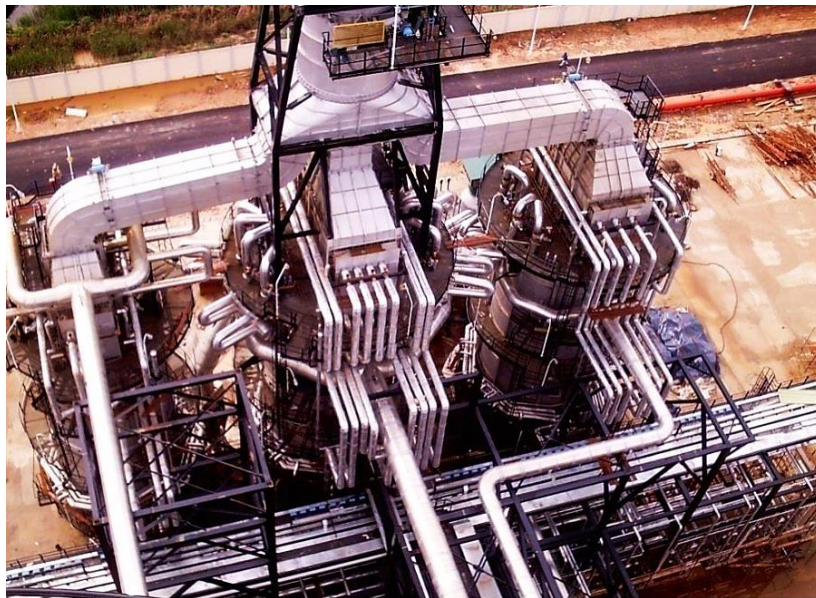


Figure II.4 Vue des fours avec la cheminée commune. [15]

II.5.4.2. Statistique sur le four F103 :*Tableau II.10 statistique sur le Four F103 [15].*

Four F103		
Propriétés mécanique		
Type de zone	Radiation	Convection
Pression design (bars G)	15.396	15,396
Surépaisseur corrosion des tubes (mm)	3/3	3/3
Pression de test hydrostatique (bars G)	46,758	46,7558
Temperature design metal tube (°C)	492	492
Disposition des tubes	Vertical	Horizontal
Nuance tubes	P 335 P5	P 335 P5
Diamètre extérieur des tubes (mm)	168,3	168,3
Epaisseur des tubes (mm)	7,11	7,11
Nombre de passes	8	8
Nombre de tubes lisse/ailette	80/-	24/72
Longueur effective des tubes	16,901	7,733
Surface total expose des tubes (lisse/alette)(m)	714/-	98/3651
Types de bruleurs	Bas NOx	/
Nombre de bruleurs	10	/

II.6. Conclusion :

Dans ce chapitre on a essayé de donner une présentation de complexe topping de condensat et le four F103, pour donner une vue globale de ce complexe industrie.

Chapitre 03 :

Application de la

méthode LOPA

III.1. Introduction

Ce chapitre est consacré à l'application de la méthode LOPA au système « Four F-103 de l'usine de Topping » à Skikda. Un grand nombre d'outils ou méthodes sont dédiés à l'analyse des risques d'une installation.

Ces méthodes prises individuellement ou de façon combinée permettent le plus souvent de répondre aux objectifs d'une analyse des risques. Ces dernières sont classées selon différentes typologies: Déductive ou Inductives, Qualitatives ou Quantitatives, Statique ou Dynamique, pour notre étude, (03) trois méthodes d'analyse ont été retenues HAZOP, Arbre des défaillances (Add) et LOPA.

Pour ce faire, une définition préalable du système à étudier (Four F-103) en recueillant toutes les informations et données nécessaires en utilisant la méthode qualitative HAZOP, et à travers aussi un découpage structurel et fonctionnel semble indispensable, pour une analyse efficace des risques, puis l'analyse proprement dite par l'application de la méthode LOPA.

III.2. Description du système à étudier (le four F103)

III.2.1. Circuit du condensat dans le four F-103:

Le condensat1 du fond de la colonne T103, est envoyé au moyen des pompes P-113A/B/C, au four rebouilleur F103 a 355°C pour réchauffage, puis le fluide sortant du Rebouilleur chauffe a 365 °C, est renvoyé a la colonne comme reflux chaud afin d'extraire le naphta.



Figure III.1 Schéma d'entrée et de sortie dans le four F103

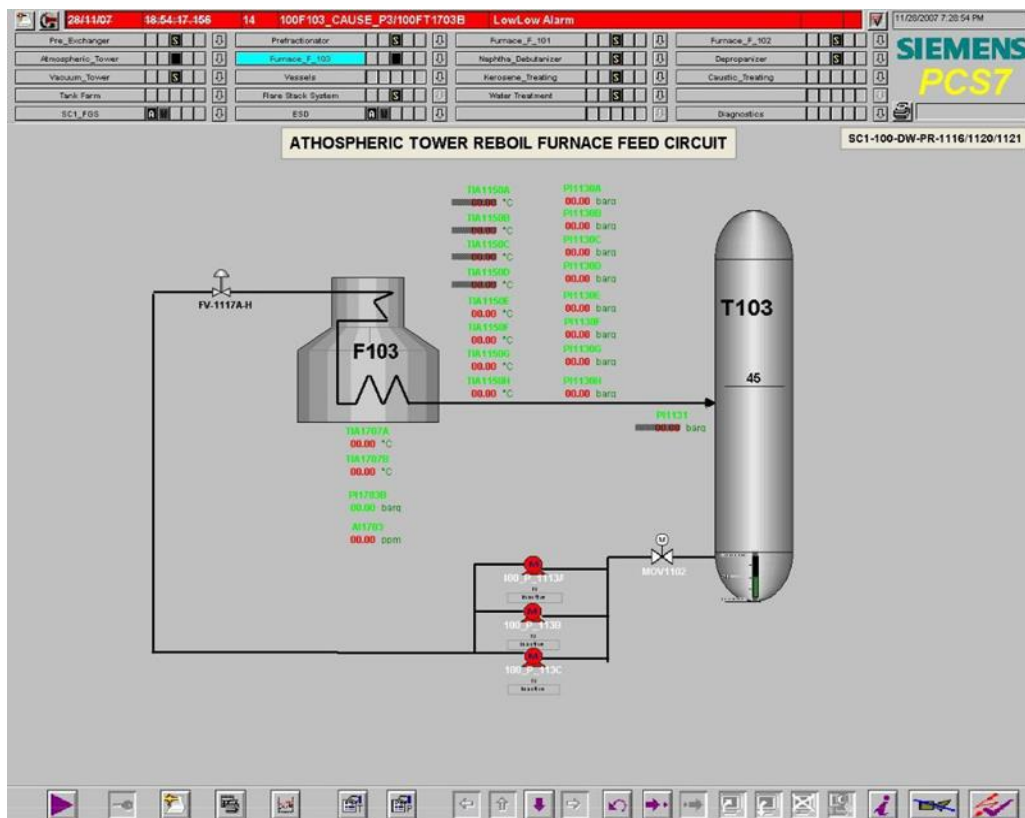


Figure III.18 Schéma de canalisation et d'instrumentation[15]

III.2.2. Description fonctionnelle fours F103 :

Le condensat préchauffé dans le train d'échange entre dans le four F103 absorbe, tout d'abord dans la section de radiation, la chaleur nécessaire pour sa distillation. La charge chauffée sort du four, entre dans le plateau 41 de la colonne de distillation atmosphérique T103.

Le four F103 a 10 brûleurs alimentés par fuel gaz, chaque brûleur a sa veilleuse alimentée par du gaz.

Le produit se décharge des serpentins, en passant par les passes qui sont équipées par des régulateurs de débit FV1117A~H. [15]

III.2.3. Description technique (structurelle) :

La température du brut sortant de four F103 est indiquée par **TT1151A~H**, la basse pression du fuel gaz aux brûleurs est indiquée en salle de contrôle par **PSLL1136** et la haute pression est indiquée par **PSLL1135**.

La pression du gaz aux pilotes de four F103 est contrôlée et indiquée respectivement par les **PSLL1137**.

Sur les lignes d'alimentation en fuel gaz des stops flamme pour sont installés éviter des retours de flamme dans la ligne.

Sur les cheminées de four F103 les analyseurs d'oxygène sont installés pour contrôler la bonne combustion.

Les huit serpentins de four sont munis de thermocouples pour le relèvement de la température superficielle des tubes de la section de radiation et de fluide sortant du four.

Les thermocouples **TI1151A~H** indiquent la température des fumées respectivement dans le four F103.

Les stops flamme pour basse pression de gaz aux brûleurs. Lorsque les vannes **ESDV1101/07** sur les lignes qui alimentent les brûleurs spéciaux sont fermées, le dégagement à l'atmosphère les vannes **ESDV1103/04** s'ouvrent.

Le réchauffeur 100-F-103 (dénommés F-103) seront équipés d'un système de préchauffage de l'air pour l'air de combustion vers les brûleurs.

Comme le montrent les dessins P&I No. " B-4783-85-1000 ", le système de préchauffage de l'air de combustion se composera des équipements suivants :

- Ventilateurs soufflants - 100-C-101A/B (dénommés par la suite C-101A/B)
- Ventilateurs aspirants - 100-C-102A/B (dénommés par la suite C-102A/B)
- Préchauffeur d'air - (dénommés par la suite APH)

Le tableau ci-dessous présente la décomposition du système.

Tableau III.11 Phase de fonctionnement des équipements

Sous-système [Fonction principale]	Équipement [Fonction intermédiaire]	Composant [Fonction élémentaire]
SS1 : Circuit d'alimentation du condensat [transporter la charge]	E1.1: motopompe P113A/B/C [aspiration et refoulement de la charge] E1.2: train d'échangeur (20) : E101A~D-E102A~D-E103A~B-104A~B-E105A~B-E106A~B-E107A~B E108A [augmentation de la température]. E1.3 : vanne : FV1117 [régulation du débit]	
SS2 : circuit d'alimentation de fuel gaz [fonction]	Ballon fuel gaz 100V103 E21: vanne PV1134 [contrôle de pression]. E22 : brûleurs [présence des flammes] E23 : les pilotes [source d'énergie]	
SS3 : le four	E31 : cheminée (sortie de la fumée) E32 : serpentin E33 : béton réfractaire (conservation de la chaleur)	C311:registre (contrôler le débit du fumée sortie)
SS4 : de sécurité	E4 : vanne de bloc ESDV1101/07 (Coupe le gaz combustible aux brûleurs ESDV1102 coupe le gaz combustible aux pilotes) lorsque l'un des scénarios d'arrêt d'urgence survenues. E42 : clapet de non-retour (échapper la charge à retour dans le sens inverse) E43: porte d'explosion (chute la pression) E44 : regards visuel E45 : registre (contrôler la température en bas de cheminée).	
SS5 : Circuit de préchauffage d'air de combustion	E51 : Ventilateurs soufflants C-101A~B E52 : Préchauffeur d'air APH E53 : ventilateur de tirage C-102A~B	C531 Guillotine

III.3. Application de la méthode LOPA :

III.3.1 Établissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios à évaluer :

Dans notre cas, l'évaluation de l'acceptabilité et la sélection des scénarios d'accident sera faite sur la base de la grille de criticité adoptée par SONATRACH présentée ci-dessous (Figure III.3).

		Conséquences				Probabilité			
						Augmentation de la probabilité →			
Gravité		Personnel	Environnement	Public	Biens	P1	P2	P3	P4
						Improbable $F \leq E-04$ (/an) Jamais rencontré ou entendu parler mais physiquement possible (ou rarissime)	Peu Probable $E-04 < F \leq E-02$ (/an) (ou pourrait se) rencontré dans une organisation similaire que SH	Probable, $E-02 < F \leq E-01$ (/an) s'est produit (ou pourrait se produire) au sein de SH, pourrait se produire pendant la durée de vie de l'installation	Très Probable $E-01 < F$ (/an) S'est produit fréquemment au sein de SH
Augmentation de la gravité ↓	G1 Mineure	Blessures mineures (A.S.A)	Mineure	Pas d'incidence	Pas de dommage pas d'arrêt de production				
	G2 Sérieux	Blessures significatives (A.A.A)	Pollution Interne, Maîtrisée	Blessures mineures	Dommages mineurs + arrêt bref de la production				
	G3 Grave	Incapacité Permanente ou Décès	Pollution interne non maîtrisée ou Pollution hors limite maîtrisée	Blessures significatives	Dommage localisé + arrêt partiel d'unité				
	G4 Catastrophique	Plusieurs décès	Pollution hors limites de longue durée	Décès	Dommage important + arrêt total de la production				

Figure III.19 Grille de criticité adoptée par SH DP S

III.3.2. Développement des scénarios d'accidents :

Dans cette étape la méthode LOPA est élaborée à partir des données trouvées et développées par l'étude HAZOP réalisée par la Société CPECC pour SONATRACH Skikda en 2009 :

Pour bien traiter notre système par la méthode HAZOP on doit le décomposer en trois nœuds:

- Le premier nœud débute par l'alimentation de la charge vers le four.
- Le deuxième nœud débute par l'alimentation fuel gaz vers le four.
- Le troisième nœud débute par le soufflage d'air.

Remarque

Après avoir décrit le système étudié (le four F103), tous les paramètres associés au fonctionnement du système doivent être identifiés, généralement les paramètres rencontrés concernent la température, la pression le débit.

Ces derniers peuvent subir des contraintes intrinsèques ou extrinsèques qui vont rendre anormal le fonctionnement du système.

Ces variations (dérives potentielles) des paramètres engendrent des conséquences potentielles. Pour prévenir ces conséquences, la méthode **HAZOP** identifie pour chaque dérive les moyens de détection et les différentes barrières de sécurité prévues pour réduire l'occurrence des accidents. Dans notre étude de cas, cette méthode sera appliquée dans un but d'identification et de développement des différents scénarios d'accident.

Tableau III.2 Feuille de travail 1 HAZOP

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103							
PARTIE CONSIDÉRÉE : Circuit d'alimentation de la charge Paramètres : débit, température.				INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus			
N	Paramètre	Déviation		Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
		Mot-clé					
1	Débit de condensat	Bas débit Valeur de consigne 40.932t/h 11.37kg/s Pour chaque passe Ne pas faire / Moins de	-mauvais fonctionnement des motopompes P-113 : A/B/C (absence d'énergie électrique ou cavitation). - mauvais fonctionnement des pompes de charge. -mauvais fonctionnement de régulateurs de débit	- Diminution de condensat au niveau des passes (augmentation de la température donc fissure dans les parois des passes) - endommagement de serpentin (incendie). - Augmentation de la chaleur dans la cheminée - Circulation de condensat dans le sens inverse.	- Opérateurs. - indication FT1118A~H pour chaque passe. - Alarme salle DCS -"déclenchement partiel de four" (tous les brûleurs sur OFF – les pilotes resteront sur ON) -100-XL-1702A alarme. -100-XL-1704A alarme. -100ESDV1101/07 fermer. (alimentation fuel gaz) -100PV1134 100ESDV1103 ouvrir. (vers évent) - Clapet non- retour de la pompe. - injecter le vapeur d'étouffement -"déclenchement partiel de four F103"	-Faire un mûr coup feu face à la vanne de la vapeur d'étouffement -Orienter le gaz fuel ESDV1103 vers la torche. -Mettre des systèmes de maintenance et d'inspection	

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103						
PARTIE CONSIDÉRÉE : Circuit d'alimentation de la charge Paramètres : débit, pression.				INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus		
N	Paramètre	Déviations	Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
		Mot-clé				
2	Température De condensat	Moins de température valeur de consigne <355°C Moins de	- Mauvaise fonctionnement de la vanne ESDV1101 Et ESDV1107 (fermées) - Faible combustion dans F103. -Mauvaise fonctionnement de préchauffeur d'air	- Basse température à la sortie de F103, passage possible de produit en OFF-SPEC.	- indication TT1151A~H - Alarme salle DCS -"déclenchement partiel de four" (tous les brûleurs sur OFF – les pilotes resteront sur ON) -100-XL-1702A alarme. -100-XL-1704A alarme. -100ESDV1101/07 fermer. (alimentation fuel gaz) -100PV1134 fermer. 100ESDV1103 ouvrir. (vers événement) - injecter le vapeur	-Faire un mûr coup feu face à vanne la vapeur d'étouffement -orienter le gaz fuel De ESDV1103 vers la torche.

Tableau III.3 Feuille de travail 2 HAZOP (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103						
PARTIE CONSIDÉRÉE : Circuit d'alimentation de la charge Paramètres : débit, pression.			INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus			
N	Paramètre	Déviations	Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
		Mot-clé				
3	Température De condensat	Moins de température valeur de consigne >376°C Plus de	- Mauvaise fonctionnement de la vanne ESDV1101 Et ESDV1107 (ouverte) - combustion important dans F103. -Défaillance de la vanne PV1134	-haute température à la sortie de F103, passage possible de produit en OFF-SPEC. - haute pression dans la zone de radiation. -augmentation de la température donc fissure dans les parois des passes -risque d'explosion	- indication TT1151A~H - Alarme salle DCS -"déclenchement partiel de four" (tous les brûleurs sur OFF – les pilotes resteront sur ON) -100-XL-1702 alarme. -100-XL-1704A alarme. -100ESDV1101/07 fermer. (alimentation fuel gaz) -100PV1134 fermer. 100ESDV1103 ouvrir. (vers événement) - trappe d'explosion.	-orienter le gaz fuel De ESDV1103 vers la torche.

Tableau III.4 Feuille de travail 3 HAZOP (suite)

Tableau III.5 Feuille de travail 4 HAZOP (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103						
PARTIE CONSIDÉRÉE : Circuit d'alimentation fuel gaz Paramètres : pression				INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus		
N	Paramètre	Déviaton	Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
		Mot-clé				
4	pression de gaz combustible (brûleurs)	Basse pression 1 à 2 bars Moins de	Mauvaise fonctionnement du transmetteur - Défaillance dans le compresseur du gaz au niveau du terminal -Défaillance dans le détenteur du gaz PSV F103. -Ballon 100V103 (niveau bas)	- Pas de fuel gaz pour F103 - basse température à la sortie de F103, passage possible de produit en OFF-SPEC - Condensat moins chaud. - Retour de flamme.	-opérateurs (locaux) -indication 100PSLL1136 -"déclenchement partiel de four" (tous les brûleurs sur OFF – les pilotes resteront sur ON) -100-XL-1702A alarme. -100-XL-1704A alarme. -100ESDV1101/07 fermer. (alimentation fuel gaz) -100PV1134 fermer. 100ESDV1103 ouvrir. (vers événement) - Stop de flamme installé dans la ligne de fuel gaz	--orienter le gaz fuel De ESDV1103 vers la torche (Blow-down.) -Mettre des systèmes de maintenance et d'inspection

Tableau III.6 Feuille de travail 5 HAZOP (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103						
PARTIE CONSIDÉRÉE : Circuit d'alimentation fuel gaz Paramètres : débit, pression				INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus		
N	Paramètre	Déviations	Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
		Mot-clé				
5	pression de gaz combustible (brûleurs)	haute pression 1 à 2 bars plus de	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise fonctionnement du transmetteur - Défaillance dans le compresseur du gaz au niveau du terminal -Défaillance dans le détenteur du gaz PSV F103. -Défaillance de la vanne de gaz des pilotes et bruleur de four 	<ul style="list-style-type: none"> -Combustion importante dans F103. -Température élevée à la sortie du F103. -augmentation de la température donc fissure dans les parois des passes. -accumulation de fuel gaz. -risque d'exollosion - endommagement possible du serpent (incendie). 	<ul style="list-style-type: none"> opérateurs (locaux) -indication 100PSLL1135 .-100-XL-1702A alarme. -100-XL-1704A alarme. -100ESDV1101/07 fermer. (alimentation fuel gaz) -100PV1134 fermer. 100ESDV1103 ouvrir. (vers évent) -"déclenchement partiel de four" (tous les brûleurs sur OFF – les pilotes resteront sur ON) -injecter la vapeur 	<ul style="list-style-type: none"> -Faire un mûr coup feu face à vanne la vapeur d'étouffement -orienter le gaz fuel De ESDV1103 vers la torche. -Mettre des systèmes de maintenance et d'inspection

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103						
PARTIE CONSIDÉRÉE Circuit d'alimentation fuel gaz Paramètres : débit, pression. Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four				INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus		
N	Paramètre	Déviaton	Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
		Mot-clé				
6	pression de gaz combustible (les pilotes)	Basse pression 0.3 bars Moins de	- Mauvaise fonctionnement du transmetteur -ballon V103 vide. - Défaillance dans le compresseur du gaz au niveau du terminal -Défaillance dans le détenteur du gaz PSV F103. -100ESDV1102 fermée (ligne pilote) -100ESDV1104 ouverte (évent ligne pilote).	-pas de fuel gaz pour les bruleurs. - les bruleurs ne s'allument pas - retour de flamme -basse température à la sortie de F103, passage possible de produit en OFF-SPEC - Condensat moins chaud.	-opérateurs (locaux) -indication 100PSLL1137 -les stops flammes -"déclenchement total de four" (tous les brûleurs et les pilotes sur OFF) -injecter la vapeur .-100-XL-1702A alarme. -100-XL-1704A alarme. -100ESDV1101/07 fermer. -100ESDV1103/04 ouvrir. -100PV1134 fermer. -100ESDV1102 fermer.	-Faire un mûr coup feu face à vanne la vapeur d'étouffement -orienter le gaz fuel De ESDV1103/04 vers la torche. -Mettre des systèmes de maintenance et d'inspection

Tableau III.7 Feuille de travail 6 HAZOP (suite)

Tableau III.8 Feuille de travail 7 HAZOP (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103						
PARTIE CONSIDÉRÉE : Circuit d'alimentation fuel gaz Paramètres : pression.				INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus		
N	Paramètre	Déviatio	Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
		Mot-clé				
7	Pression de la section radiante	-Haute pression dans la zone de radiation réglée : +2 mmH2O Conversion en bars 0.000196 Bars Plus de	-Accumulation des fumées. - mauvaise fonctionnement de registre. -Température élevée - combustion très important. - pas de rejeter par cheminé -HV1704 fermée (Le clapet de dérivation des fumées)	- haute pression dans la zone de radiation. - risque d'explosion	-opérateurs (locaux) -indication PT-1703B -registre. -trappe d'explosion. -"déclenchement partiel" (toutes les pilotes et tous les brûleurs sur OFF). Dans 15 seconds -100-XL-1702A alarme. -100-XL-1704A alarme. -100ESDV1101/07 fermer. (alimentation fuel gaz) -100PV1134 fermer. 100ESDV1103 ouvrir. (vers événement)	-orienter le gaz fuel De ESDV1103 vers la torche

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103						
PARTIE CONSIDÉRÉE : Circuit t de préchauffage d'air Paramètres : débit, température.				INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus		
N	Paramètre	Déviatiion	Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
		Mot-clé				
8	Débit de l'aire préchauffé	Moins de débit de l'air (comburant) 43 T/h Moins de	- Mauvaise fonctionnement de ventilateur de soufflage. - Registre d'air ferme -HV-1703 fermée (Le régulateur de la colonne d'air) -les vannes manuelles à guillotine fermée (coté d'air)	-pas d'air préchauffé -combustion incomplète - basse température à la sortie de F103, passage possible de produit en OFF-SPEC. - arrêt de four 103	-opérateurs (locaux) -indication FT1703B -analyseur de O2 -déclenchement partiel de F103. - FSL-1703A/B alarme. -100ESDV1101/07 fermer. (alimentation fuel gaz) -100PV1134 fermer. 100ESDV1103ouvrir. (vers évent)	--Mettre des systèmes de maintenance et d'inspection -Surveillance humaine

Tableau III.9 Feuille de travail 8 HAZOP (suite)

Tableau III.10 Feuille de travail 9 HAZOP (suite)

TITRE DE L'ÉTUDE : Four Rebouilleur F103							
PARTIE CONSIDÉRÉE : Circuit t de préchauffage d'air Paramètres : débit, température.				INTENTION DE CONCEPTION : Entrées : Alimentation en condensât, chaleur du four Activités : surchauffe et transfert du condensât au processus			
N	Paramètre	Déviation		Causes	Conséquences	Sécurité existante	Recommandation
			Mot-clé				
9	Température De l'air Préchauffé	Plus de Température	Moins de	-Mauvaise fonctionnement de préchauffeur d'air - Mauvaise fonctionnement de ventilateur de tirage -HV-1704 fermée (Le régulateur des fumées) -les vannes manuelles à guillotine fermée (coté de fumée)	-- baissement de température de condensat à la sortir du four. - besoin plus d'énergie pour la combustion	-opérateurs (locaux) -indication TSL-1714	-Mettre des systèmes de maintenance et d'inspection -Surveillance humaine

III.3.3. Estimation des conséquences selon les critères d'acceptabilité (grille de criticité) :

En se référant aux tableaux HAZOP présentés précédemment, les scénarios les plus critiques, sont sélectionnés et sont présentés dans le tableau suivant :

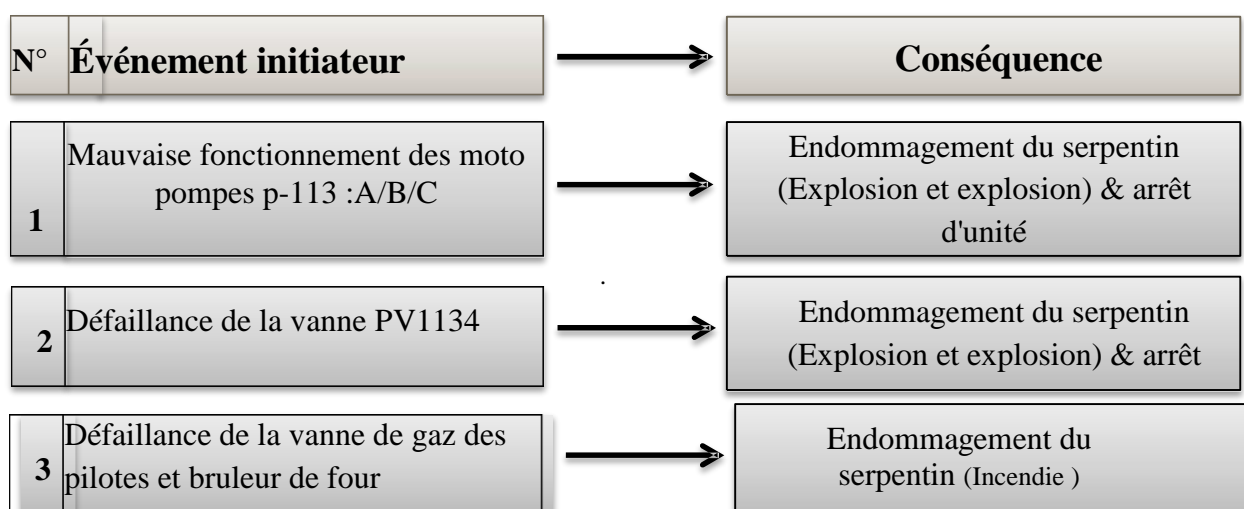
Tableau III.11 Estimation des conséquences

Conséquences	Gravité	Descriptions
Endommagement du serpentin (Incendie)	3	Arrêt Module
Formation d'un nuage gazeux en atmosphère, explosion possible	3	Arrêt Module
Arrêt d'urgence & produit en OFF-SPEC	2	Diminution de la production de train (proche de 50 %)

Les conséquences estimées ci-dessus sont de différentes catégories de gravité allant de modérée à catastrophique. Dans notre étude et selon la méthode LOPA on s'intéresse seulement aux conséquences jugées de catégorie 3 (grave).

III.3.4 Sélection des scénarios à évaluer :

À partir de l'étape précédente, les scénarios à évaluer par LOPA sont les suivants :



III.3.5 Fréquences des événements initiateurs :

En analysant l'étude HAZOP [20], les événements initiateurs sont regroupés dans le tableau suivant:

Tableau III.12 Fréquences des événements initiateurs

Catégories	Événement initiateur	Fréquences (/an)	Sources
1	Défaillance d'une pompe	1,0E-01	[ICSI, 2009]
2	Mauvaise manipulation sur une vanne manuelle	3,2E-02	[ICSI, 2009]
3	Défaillance d'un système de régulation	1,0E-01	[ICSI, 2009]

Les fréquences d'occurrence des événements initiateurs présentées dans le tableau ci-dessus sont estimées sur la base des données issues de la littérature [21].

En comparant les degrés de gravité estimés par rapport à ceux de la grille de criticité, nous pouvons constater que les quatre scénarios établis sont graves.

Remarque:

✚ Ces chiffres s'entendent avec entretien complet planifié (exigence de maintenance cohérente avec le niveau du SIL requis) ;

✚ On considère généralement que les défaillances de systèmes de régulation sont provoquées dans 15% des cas par la logique, pour 50% par les actionneurs et pour 35% par les capteurs [21].

III.3.6. Identification des couches de protection indépendantes :

Il est important de bien préciser au niveau du scénario le caractère préventif ou protectif de la barrière de sécurité.

Rappelons que parmi les barrières de sécurité identifiées au préalable par la méthode HAZOP, il existe des barrières qui sont qualifiées IPLs et celles qui sont qualifiées non IPLs.

Dans cette étape l'identification des couches de protection indépendantes est faite en se basant sur les critères spécifiques établis par LOPA.

Les couches de protection indépendantes retenues suite à l'application des exigences de la méthode LOPA sur notre système sont les suivantes :

La couche « conduite du procédé » : Assurée par la une barrière composée par :

- ✓ Un transmetteur de Débit (LT), de température (TT), de pression (PT) ;
- ✓ Le BPCS (traitement logique) ;
- ✓ La vanne d'exploitation.

La couche « Alarme et intervention humaine » : Assurée par une barrière composée par :

- ✓ Les alarmes de haute/basse température, pression...etc.

La couche « système instrumenté de sécurité » : Assurée par une barrière composée par :

- ✓ Un transmetteur de Débit (LT), Transmetteur de température (TT), Transmetteur de pression (PT) ;
- ✓ L'APS ou PLC (SIS);
- ✓ La vanne de sécurité (SDV) ;

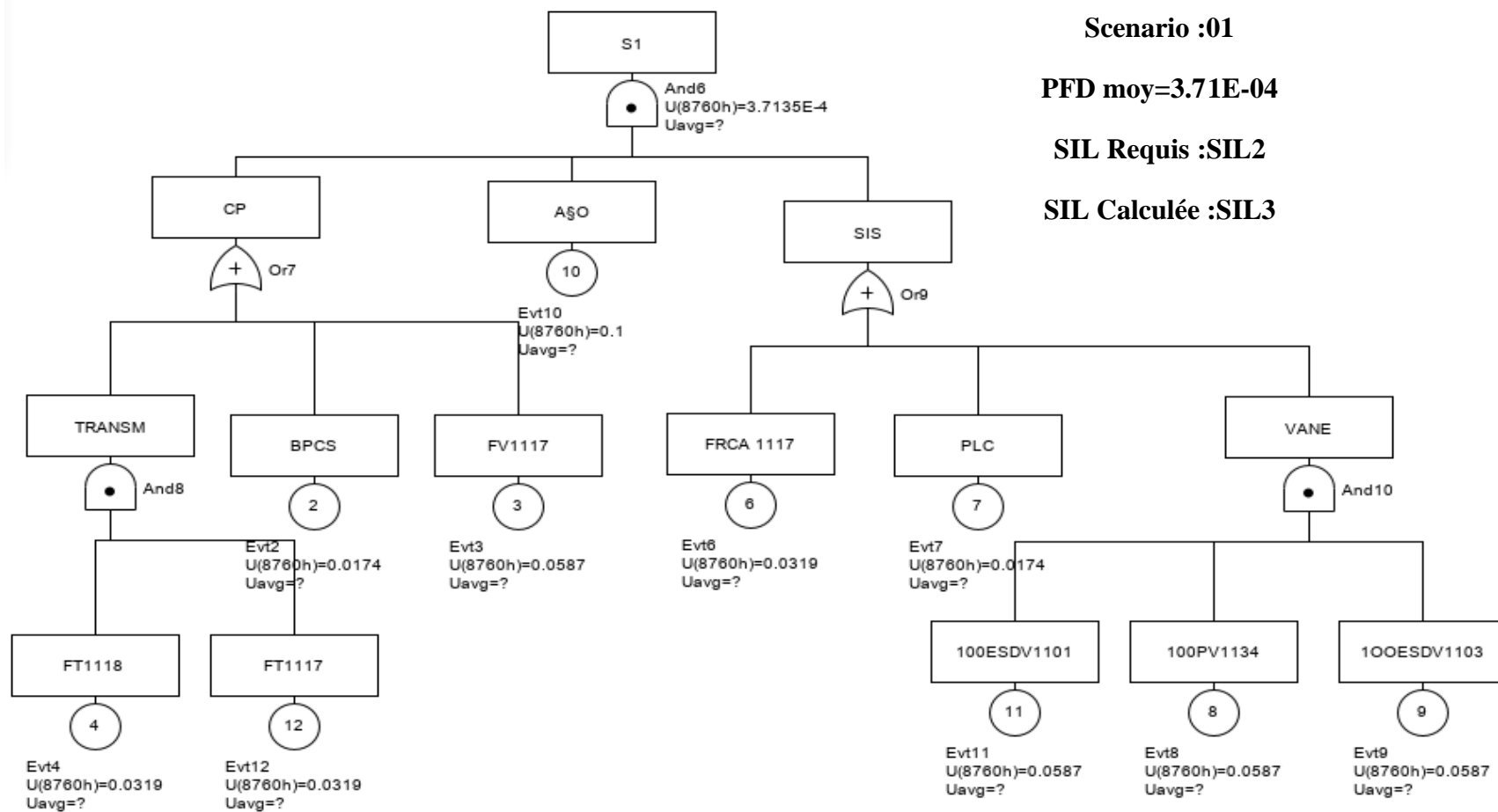
L'analyse de l'arbre de défaillance :

Dans cette section le PFD (probabilité de défaillance sous demande) est utilisée pour calculer le SIL correspondant de chaque fonction d'intégrité de sécurité (SIF), les résultats calculé sont comparés avec la section SIL requis.

Des recommandations pour la modification des composants sont soulevées, à la suite :

Cas 1 : si le SIL requis est plus que ou égal le SIL calculé aucune action est nécessaire .

Cas 2 : si le SIL requis est plus que le SIL calculé alors en doit mettre en position des couches de protection afin de ramener le SIL a un niveau acceptable.



Scenario :01
PFD moy=3.71E-04
SIL Requis :SIL2
SIL Calculée :SIL3

Figure III.20 Arbre de défaillance de S1

La moyenne pour le PFD de ce scénario est 3.71E-03 qui correspond a une valeur SIL=3, cependant et comme il est décrit dans la section ci-dessus que le SIL requis est égale a 2 alors ,aucune modification de conception sur les composants SIF est requise.

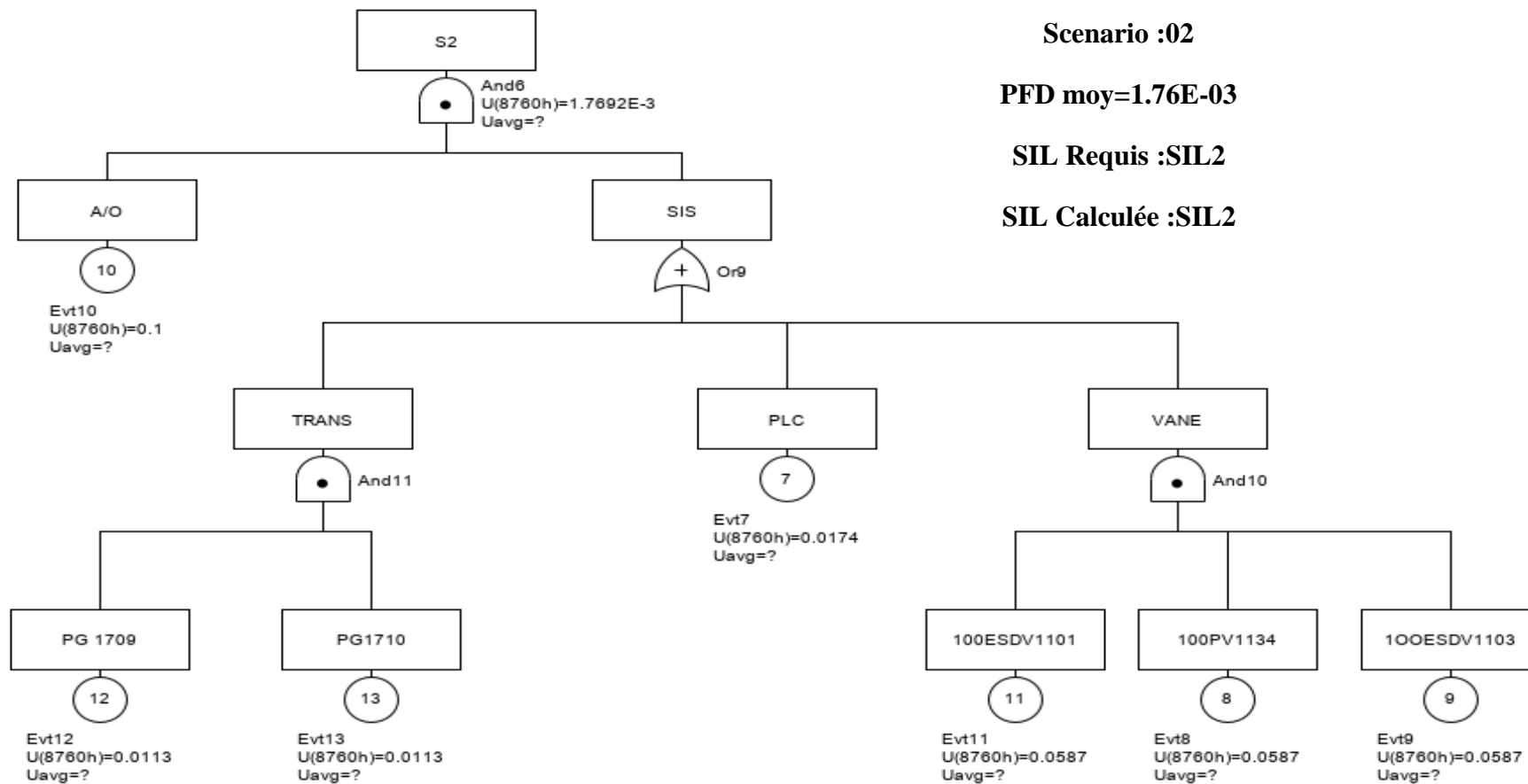
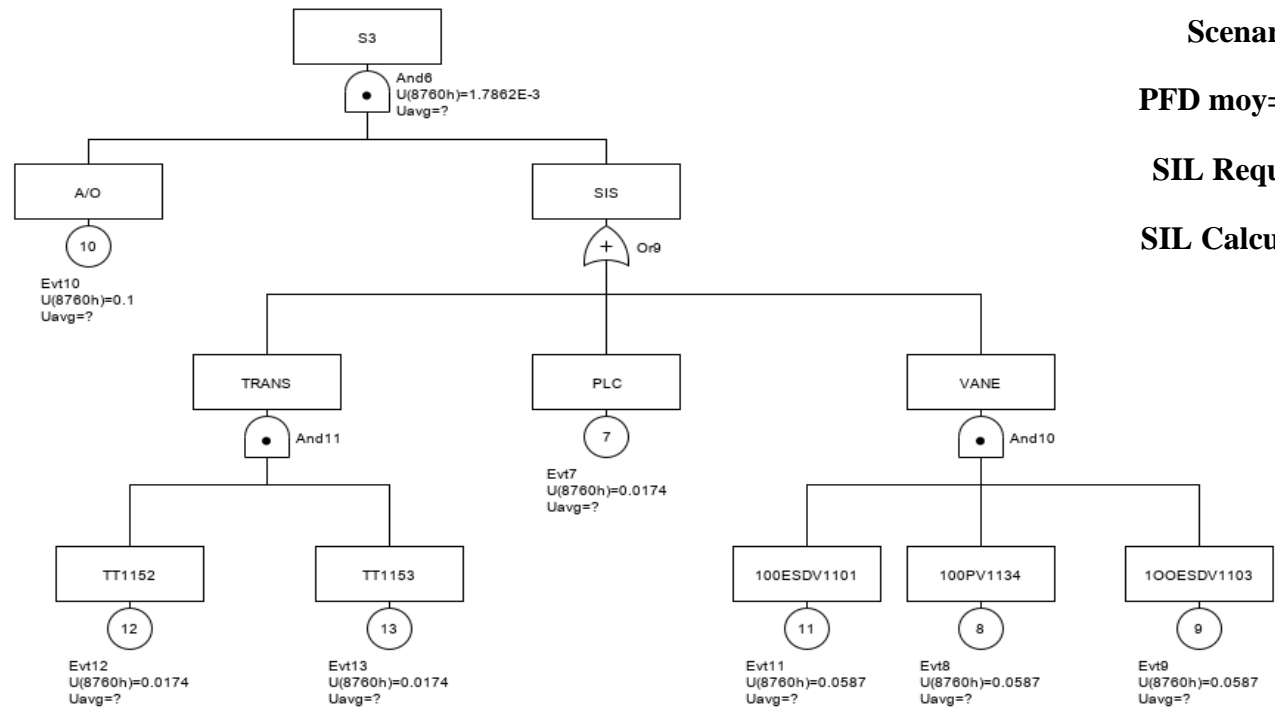


Figure III.21 Arbre de défaillance de S2

La PFD moyenne de ce scénario est 1.76E-03 qui correspond a une valeur SIL=2, cependant et comme il est décrit dans la section ci –dessus que le SIL requis est égale a 2 alors ,aucune modification de conception sur les composants SIF est requise.



Scenario :03
PFD moy=1.78E-03
SIL Requis :SIL2
SIL Calculée :SIL3

Figure III.22 Arbre de défaillance de S3

La moyenne pour le PFD de ce scénario est 1.76E-03 qui correspondent à une valeur SIL=2, cependant et comme il est décrit dans la section ci – dessus que le SIL requis est égale à 2 alors ,aucune modification de conception sur les composants SIF est requise.

III.3.7. Identification des scénarios d'accidents et détermination de leurs fréquences

III.3.7.1. Élaboration des scénarios

Les scénarios d'accidents issus de LOPA sont représentés par des Arbres d'Événements (AdE) (voir Chap.I.Section I.2.3). Le choix de ce modèle nous permet de représenter clairement l'enchaînement des événements, en précisant leurs fréquences et par conséquent la fréquence des scénarios correspondants.

III.3.7.2 Calcul de la fréquence de la conséquence réduite de chaque scénario d'accident :

La fréquence des conséquences réduites des scénarios d'accidents 1,2 et 3, est calculée en utilisant l'équation I.(chap. I.Étape 5). Les opérations du calcul sont comme suit :

Scenario 1 : $f_1^c = 3,7E-05 /an.$

Scenario 2 : $f_1^c = 5,67E-05/an.$

Scenario 3 : $f_1^c = 1,78 E 4/an.$

III.3.8.Évaluation des scénarios d'accidents par rapport aux critères d'acceptabilité :

Cette étape consiste à évaluer les scénarios d'accidents estimés par rapport aux critères d'acceptabilité qui ont été fixés au préalable afin de juger de l'acceptabilité de ces scénarios. Chaque scénario est évalué avant et après la mise en place des IPLs.

III.3.9. Discussion des résultats et conclusion :

La représentation des scénarios les plus défavorables par LOPA fournit un calcul simple des fréquences des conséquences réduites. Les résultats en terme de réduction du risque sont inférieurs aux normes de risques ,ce qui qualifie le scénario comme comportant des risques suffisamment bas ou ayant une atténuation suffisante(ou IPLs), de sorte qu' il n'est pas nécessaire de fournir une réduction supplémentaire.

- Le risque lié au phénomène d'explosion/incendie du four est jugé ALARP avec une fréquence d'occurrence d'explosion dans le four relativement basse (E-04/an).
- Des moyens de protection tels que l'inertage à l'azote et un rideau d'eau sont en place ainsi que les moyens de prévention de l'événement que sont les détecteurs de flamme et les sondes de température permettent de garder un bon contrôle des opérations;
- Vu que la notion de SIL s'applique au système de sécurité dans sa globalité et non pas à un élément ou sous-ensemble de celui-ci donc le SIL requis pour le Four de rebouilleur H-103 est un SIL2.

III.4. Recommandations :

Il est possible de proposer quelques recommandations, les principales recommandations possibles sont axées sur les moyens de préventions liés au four. Il faudrait s'assurer que :

- ✓ Les séquences de démarrage, d'arrêt normal et se fassent en automatique ;
- ✓ L'arrêt du four sous-entend le sectionnement de l'alimentation en gaz naturel et ce par un système « Double block and bleed » (deux vannes en série avec mise à l'atmosphère intermédiaire). Il doit y avoir un contrôle d'étanchéité de ce système avant tout démarrage avec arrêt de la séquence de démarrage en cas de défaut ;
- ✓ La pertinence d'enrichir la zone des fours de détecteurs de gaz, et de coupler ces détecteurs avec un déclenchement automatique de rideau d'eau du four ;
- ✓ La possibilité d'installer deux vannes d'isolement TOR (entrée/sortie) du four pour pouvoir isoler le four de manière automatique et possibilité de vider le four par le système vide-vite de manière automatique ;
- ✓ Fiabiliser le système d'inertage à l'azote des fours H101/H102/H103 (l'azote en provenance provenant des communs) ;
- ✓ Rénover le système de contrôle des fours H101/H102/H103, notamment l'acquisition des nouveaux BMS (Burner management system), pour une meilleure gestion des phases d'exploitation des fours : démarrage, arrêt normal, arrêt d'urgence, intégrant des logiques séquentielles éprouvées.

Tableau III.13 Feuille LOPA

Scénario N°	Équipement:	Titre de scénario	
1	F-103	Explosion/Incendie	
Date : 12/06/2023	Description	Probabilité	Fréquence (/an)
Conséquence Description/Catégorie	Endommagement du serpentín (incendie) & arrêt d'unité (possible arrêt module)		
Critères d'acceptabilité de Risque (Catégorie ou Fréquence)	Risque tolérable [SONATRACH, 2009] Gravité : catégorie 3		1,00E-03
Événement Initiateur	Mauvaise fonctionnement des moto pompes p-113 :A/B/C		1,00E-01
Situation Dangereuse		-	
Conditions Supplémentaires (si applicable)	Probabilité d'ignition		
	Probabilité de présence des personnes		
	Probabilité de blessure fatale		
	Autres		
Fréquence de la conséquence non réduite			1,00E-01
IPL	1- BPCS (DSC)	7,7E-02	
	2- Alarmes & Opérateur	1,0E-01	
	3- S.I.S (PLC)	4,9E-02	
Barrières de sécurité (non-IPL)	1- Conception 2- Rideau d'eau 3- Injection de N2 4- Vide vite		
PFD totale des IPLs		3,7E-03	
Fréquence de la conséquence réduite			3,7E-04
Risque tolérable ?			OUI
Actions Requises			
Notes			
Références	Étude HAZOP, Modèle Add Ade, P&ID n° A1-D 217		
Analystes			
Étudiante fin de cycle U 20aout1955 Skikda Alger			

Tableau III.14 Feuille LOPA (suite)

Scénario N°	Équipement:	Titre de scénario	
2	F-103	Explosion/Incendie	
Date : 12/06/2023	Description	Probabilité	Fréquence (/an)
Conséquence Description/Catégorie	Endommagement du serpentín (incendie) & arrêt d'unité (possible arrêt module)		
Critères d'acceptabilité de Risque (Catégorie ou Fréquence)	Risque tolérable [SONATRACH, 2009] Gravité : catégorie 3		1,00E-03
Événement Initiateur	Défaillance de la vanne PV -1134		3,20E-02
Situation Dangereuse		-	
Conditions Supplémentaires (si applicable)	Probabilité d'ignition		
	Probabilité de présence des personnes		
	Probabilité de blessure fatale		
	Autres		
Fréquence de la conséquence non réduite			3,20E-02
IPL	1- Alarmes & Opérateur	1,00E-01	
	2- S.I.S (PLC)	1,7E-02	
Barrières de sécurité (non-IPL)	1- Conception 2- BPCS (DCS) 3- Rideau d'eau 4- Injection de N2 5- Vide vite		
PFD totale des IPLs		1,7E-03	
Fréquence de la conséquence réduite			5,67E-05
Risque tolérable ?			OUI
Actions Requises			
Notes			
Références	Étude HAZOP, Modèle AdE, P&ID n° A1-D 217		
Analystes			
Étudiante fin de cycle U 20aout 1955 Skikda Alger			

Tableau III.15 Feuille LOPA (suite)

Scénario N°	Équipement:	Titre de scénario	
3	F-103	Explosion/Incendie	
Date : 12/06/2023	Description	Probabilité	Fréquence (/an)
Conséquence Description/Catégorie	Endommagement du serpentín (incendie) & arrêt d'unité (possible arrêt module)		
Critères d'acceptabilité de Risque (Catégorie ou Fréquence)	Risque tolérable [SONATRACH, 2009] Gravité : catégorie 3		1,00E-03
Événement Initiateur	Defaillance de la vanee de gaz des pilotes et bruleur de four		1,00E-01
Situation Dangereuse		-	
Conditions Supplémentaires (si applicable)	Probabilité d'ignition		
	Probabilité de présence des personnes		
	Probabilité de blessure fatale		
	Autres		
Fréquence de la conséquence non réduite			1,00E-01
IPL	1- Alarmes & Opérateur	1,00E-01	
	2- S.I.S (PLC)	1,79E-02	
Barrières de sécurité (non-IPL)	1- Conception 2- BPCS (DCS) 3- Rideau d'eau 4- Injection de N2 5- Vide vite		
PFD totale des IPLs		1,79E-03	
Fréquence de la conséquence réduite			1,79E-04
Risque tolérable ?			OUI
Actions Requises			
Notes			
Références	Étude HAZOP, Modèle Add Ade, P&ID n° A1-D 217		
Analystes	Étudiante fin de cycle U 20aout1955 Skikda Alger		

III.5.Conclusion:

L'analyse et l'évaluation des risques par la méthode LOPA exige la disponibilité de certaines données et informations sur les différents paramètres d'évaluation des risques telles que, des scénarios d'accidents, les fréquences d'évènements initiateurs ainsi que les probabilités de défaillances des différentes couche de protections existantes. Afin d' aboutir à l'évaluation de ces scénarios qui est faite grâce à une grille d'évaluation certifiée (SONATRACH) pour juger les risques des scénarios avant et après la mise en place des couches de protection.

Cette évaluation montre que ces scénarios d'accident sont inférieurs aux critères d'acceptabilités fixées, ce qui montre la performance des barrières de sécurité implantées au sein du système Four H-103.

Le niveau de SIL requis pour ce Four H-103 à fin d'amener le risque à un niveau jugé acceptable est le SIL2 .

Conclusion

générale

Conclusion générale :

La gestion des risques est souvent définie comme étant un système itératif qui a pour objectif la maîtrise des risques. Cette activité consiste à prévenir les dangers et à estimer les risques des dommages induits.

Dans les systèmes industriels, la sécurité est souvent appréhendée par l'application des techniques de la sûreté de fonctionnement. Face aux difficultés rencontrées lors de l'application de cette activité de gestion, il s'avère indispensable de penser à des outils d'analyse des risques.

Dans le cadre de ce mémoire, nous avons opté pour une méthode semi-quantitative d'analyse des risques orientée barrière appelée LOPA. Cette dernière est élaborée par le CCPS et qui consiste :

- ✓ D'abord, à identifier les différents scénarios majeurs ;
- ✓ Puis, d'en évaluer les conséquences de ces scénarios ;
- ✓ Il s'agit ensuite, d'identifier les différentes couches de protection ;
- ✓ Et enfin, d'évaluer les performances des couches de protection.

Cette méthode d'analyse a fait l'objet d'une étude d'évaluation des barrières de sécurité sur un système industriel « cas du Four de rebouilleur F103 » de traitement de gaz au sein de la SONATRACH. Cette étude nous a permis en premier lieu à aboutir à des résultats sur l'état de sécurité du système (F-103) ainsi que, les mesures à prendre pour empêcher la survenance des événements indésirables afin d'en limiter ces conséquences.

En second lieu, elle nous a aidé à prendre des décisions en ce qui concerne le niveau de sécurité du système lui-même. Ainsi, elle nous a permis de juger les performances des barrières destinées à prévenir et à protéger le système.

L'application de ce type de méthode s'avère délicate. Beaucoup de difficultés ont été soulevées, à savoir le manque de données sur l'état de fonctionnement du système (retour d'expériences).

De grandes difficultés ont été rencontrées durant l'application de la méthode LOPA. Citons le manque des données sur l'état de fonctionnement du système. Nous suggérons donc que d'autres études sur les données feront l'objet d'un travail futur.

Références bibliographique

[1] Norme ISO 45001:2018, Systèmes de management de la santé et de la sécurité au travail - Exigences et lignes directrices pour leur utilisation.

Occupational Safety and Health Administration (OSHA), United States. Hazard Communication Standard (HCS).

Cox, S., & Cox, T. (1991). The structure of employee attitudes to safety: A European example. *Work & Stress*, 5(2), 93-106.

[2] ISO 31000:2018, Management du risque - Lignes directrices.

Cossette, P., Riopel, M., & Lachance, M. (2014). *Le risque dans tous ses états*. Québec, Canada : Presses de l'Université Laval.

[3] ISO 31010:2019, Risk management – Risk assessment techniques.

Health and Safety Executive (HSE), United Kingdom. Risk assessment: A brief guide to controlling risks in the workplace.

Hubbard, D. W. (2009). *The Failure of Risk Management: Why It's Broken and How to Fix It*. John Wiley & Sons.

[4] Constantin G. Economou and Manfred Morari " Internal Model Control. 6. Multiloop Design " *Ind.Eng.Chem Process Des.Dev* 1986 Vol 25 N°2

[5] I Coley.D. A (1999)" An Introduction to Genetic Algorithms for Scientist and Engineers',World scientist publishing. London.

[6] | Innal, F. (2008). Contribution a la modelisation des systemes instrumentes de securite et a levaluation de leurs performances Analyse critique de la norme CEI 61508. PhD the sis, Universite Bordeaux I, France

[7] : Cours Culture de Sécurité de Mme chouit hanifa.

[8] <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/environnement-securite-th5/methodes-d-analyse-des-risques-42155210/>

[9] [CHEDDIE & GRUHN, 2006] GRUHN P. and CHEDDIE H., 2006. Safety instrumented systems: design, analysis, and justification. ISA - The Instrumentation, Systems, and Automation Society. 306 p.

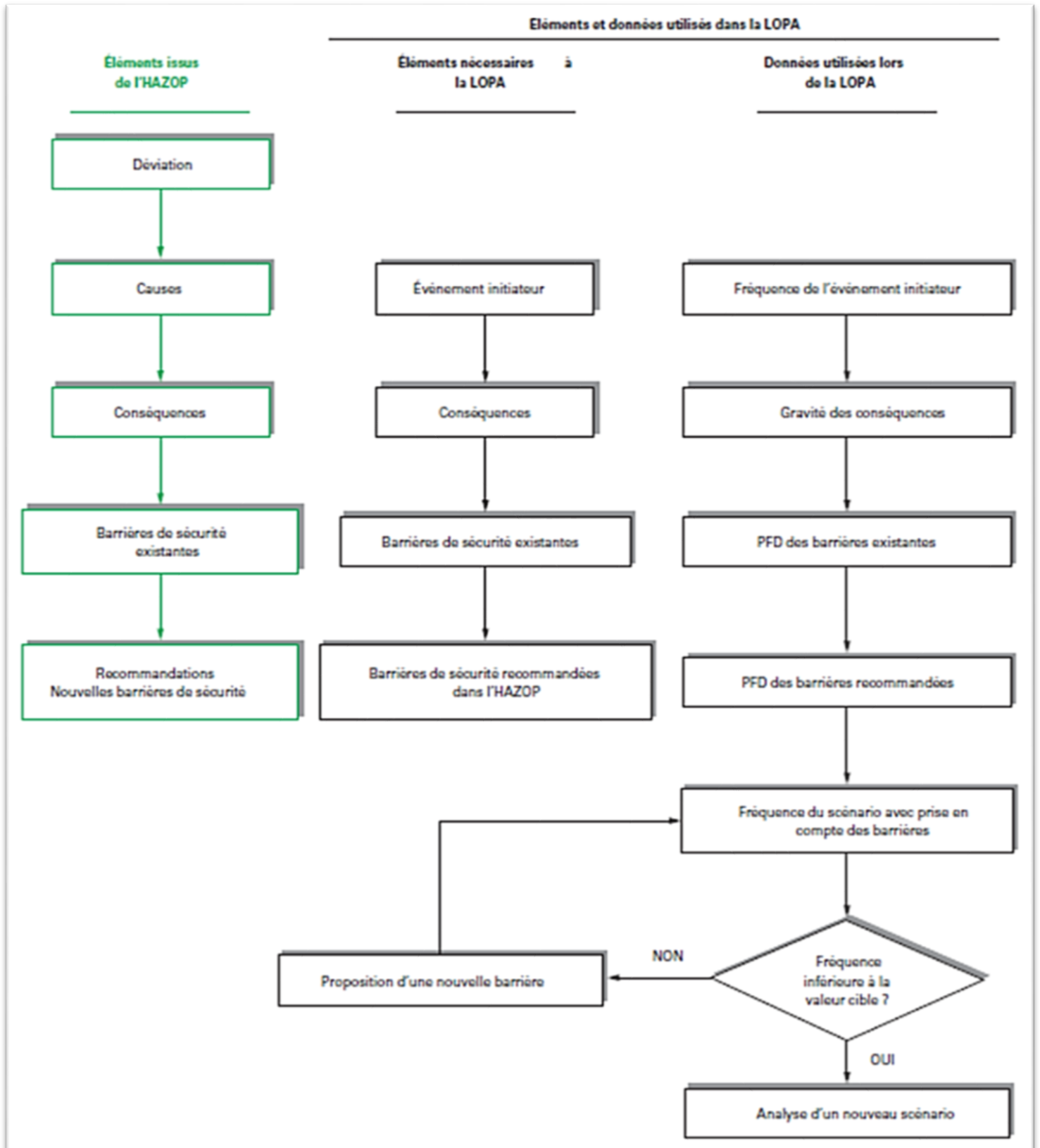
[10] [COURTOT & ERMINE, 2002] COURTOT H., ERMINE J., 2002. Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement des systèmes de production. Hermès science publications. Lavoisier. 412 p.

Références bibliographique

- [11] Albertos.P, R.Strietzel, N. Mort (1997)"Control Engineering Solutions a Practical Approach" IEE Series 54.
- [12] Chen.G.; Pharm.T.T (2001) " Introduction to Fuzzy Sets, Fuzzy Logic and Fuzzy Control System"" CRC Press LONDON.
- [13] Kletz, T. (1999)."" HAZOP and HAZAN Identifying and Assessing Process Industry Hazards" Fourth edition IChemE.
- [14] [22] CCPS (Center for Chemical Process Safety), Layers of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment, New York, 2001.
- [15] -Manuel opératoire du complexe topping condensat de Skikda (2009).
- [16] INERIS DRA 73, 2008
- [17] la norme [IEC-61508, 1998]
- [18] INERIS. 2003
- [19] Sonatrach rhode nous (SH RNS, 2009)
- [20] la Société CPECC(China Petroleum Engineering & Construction (Group) Corp) pour SONATRACH Skikda en 2009
- [21] ICSI (Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle) , 2009
- [22] CCPS, 2001
- [23] SH DP S (SONATRACH Departement de Production Stah)

Annexes

Annexe A : Développement des Données de HAZOP dans LOPA [22]



Annexe B : Analyse de la criticité des scénarios d'accident

1 COTATION DES GRAVITÉS

RÉSERVOIRS D'HYDROCARBURES

Évènement	Gravité	Justification
Déversement	1	Un déversement serait contenu par le bassin de rétention et serait sans effet sur l'environnement.
Feu de cuvette ou de toit	2	La superficie de l'incendie serait limitée par le bassin de rétention. Des blessures seraient possibles aux employés, s'ils ne s'éloignaient pas à temps. La population est trop éloignée pour être incommodée par les radiations thermiques potentielles (sauf sur la route locale), mais pourrait être incommodée par la fumée si le vent est fort.
Déversement, allumage retardé des vapeurs et feu éclair	3	Les vapeurs froides sont lourdes, se maintiennent au sol et se dispersent mal. Le vent pourraient les entraîner sur des distances significatives Le feu éclair est un événement soudain. Les employés sont particulièrement à risque. Possibilité de décès. La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).
Déversement et émission de vapeurs toxiques	1	Les vapeurs froides sont lourdes, se maintiennent au sol et se dispersent mal. Le vent pourraient les entraîner sur des distances significatives. Le seuil de toxicité est assez élevé. Les employés auraient le temps de s'éloigner.
Déversement, émission de vapeurs, explosion des vapeurs semi confinées	3	Il y a peu de confinement à proximité des réservoirs, mais il est plus important dans le secteur du procédé. Une explosion est un événement soudain. Les employés sont particulièrement à risque. Possibilité de décès. La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).
Explosion interne dans un réservoir	3	Les employés sont particulièrement à risque. Possibilité de décès. La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).
Boilover (diesel)	3	Cet événement pourrait survenir après un certain temps lors d'un incendie. Les employés sont particulièrement à risque, mais ils auraient le temps d'être éloignés. La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).

SPHÈRES DE BUTANE

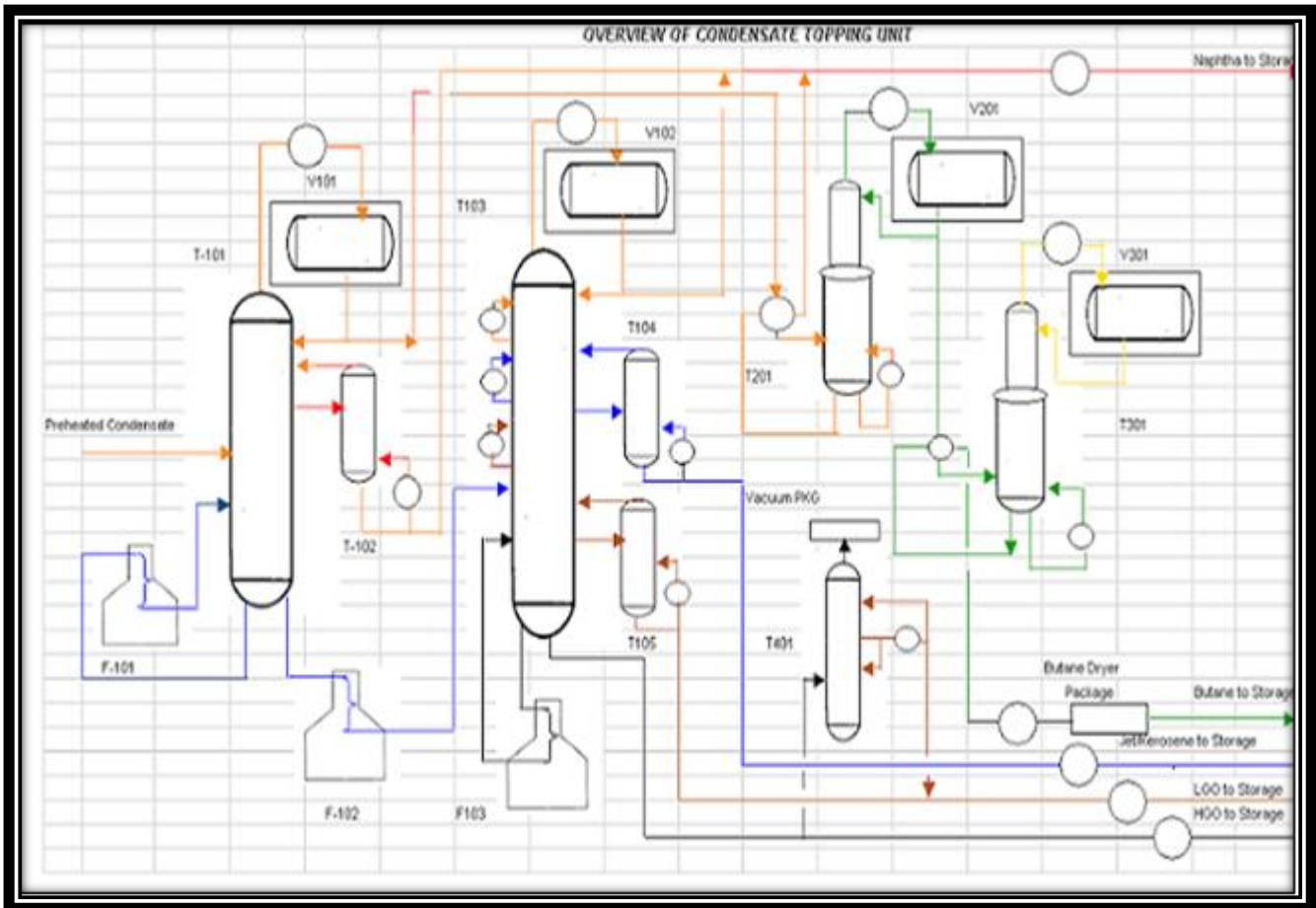
Évènement	Gravité	Justification
Déversement, allumage immédiat et feu torche	3	Les employés sont particulièrement à risque. Possibilité de décès. La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).
Déversement, allumage retardé et feu éclair	4	Un vent défavorable pourraient amener le nuage de vapeurs à des distances significatives. Un feu éclair est un événement soudain. La population la plus rapprochée est à risque. Possibilité de décès.
Déversement, allumage retardé et explosion semi confinée	3	Les employés sont particulièrement à risque. Possibilité de décès. La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).
BLEVE	3	Les distances d'effet seraient significatives, mais un BLEVE chaud surviendrait après un certain temps lors d'un incendie, de sorte qu'une évacuation serait possible. Un BLEVE froid aurait des effets limités au site de l'usine.
Explosion interne dans un réservoir	3	Les employés sont particulièrement à risque. Possibilité de décès. La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).

UNITÉS AU TOPPING CONDENSAT (COLONNES, ÉCHANGEURS DE CHALEUR, ETC.)

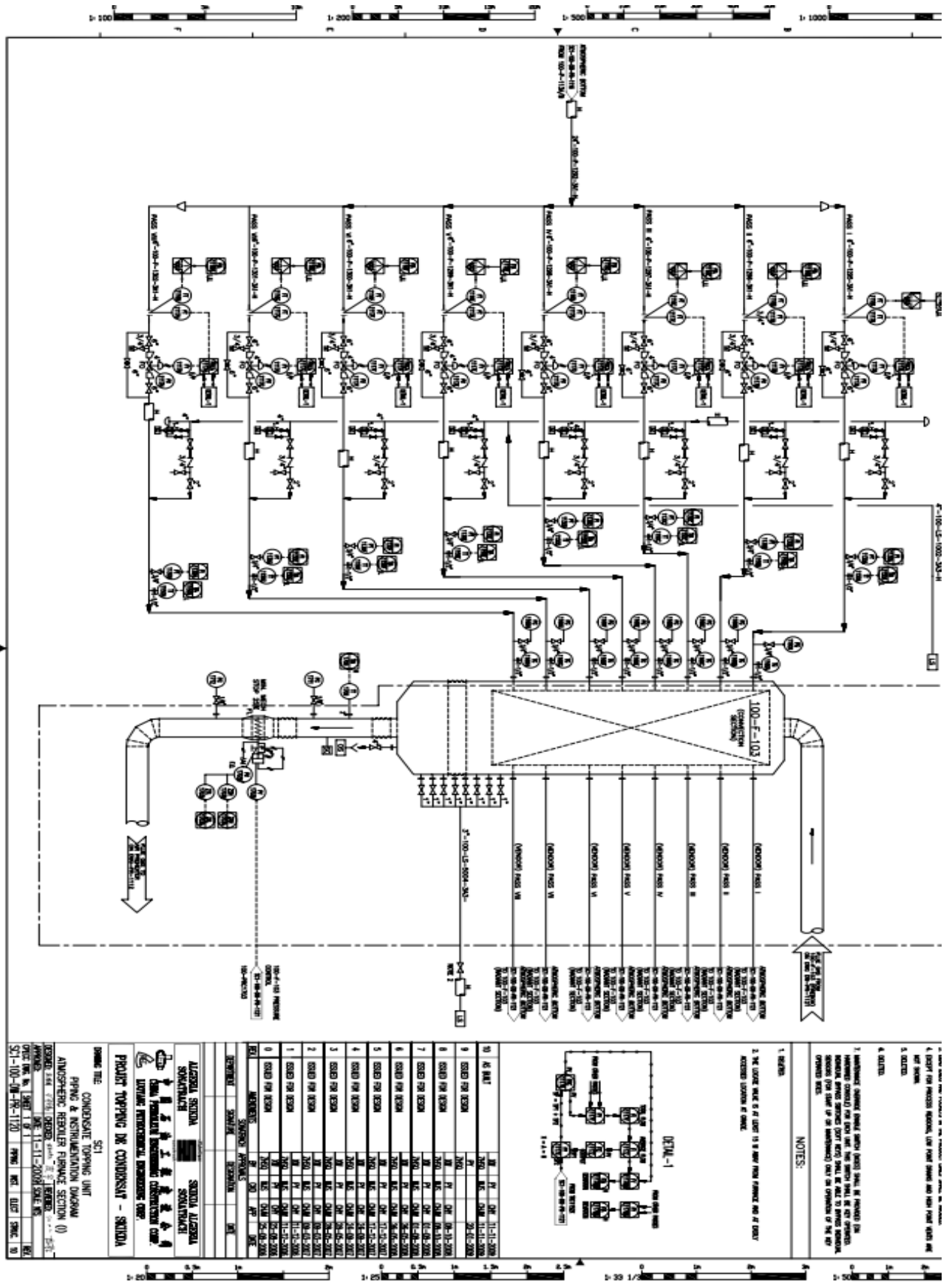
Évènement	Gravité	Justification
Déversement	1	La quantité de matériel est limitée dans les unités de procédé. L'étendue d'un déversement serait limitée au site de l'usine, sans atteindre les cours d'eau.
Fuite d'hydrocarbures dans l'eau du procédé	1	Une fuite demeurerait au niveau des unités de procédé ou serait captée à la station de traitement des eaux usées.
Feu de nappe	3	La quantité de matériel inflammable est limitée dans les unités de procédé. Des blessures seraient possibles aux employés, s'ils ne s'éloignaient pas à temps. La population est trop éloignée pour être incommodée par les radiations thermiques (sauf sur la route locale), mais pourrait être incommodée par la fumée si le vent est fort.

Déversement, allumage retardé des vapeurs et feu éclair	4	<p>La quantité de matériel inflammable est limitée dans les unités de procédé, par contre les liquides peuvent être très chauds et à haute pression, et même au-dessus de leur point d'ébullition. La quantité évaporée pourrait donc être importante.</p> <p>Un feu éclair est un événement soudain.</p>
Déversement et émission de vapeurs toxiques	2	<p>La quantité de matériel est limitée dans les unités de procédé, par contre les liquides peuvent être très chauds et à haute pression, et même au-dessus de leur point d'ébullition. La quantité évaporée pourrait donc être importante.</p> <p>Le seuil de toxicité est assez élevé.</p> <p>Les employés auraient le temps d'être évacués.</p> <p>La population pourrait être incommodée.</p>
Déversement, émission de vapeurs, explosion des vapeurs semi confinées	3	<p>Le confinement est important dans ce secteur.</p> <p>Les employés sont particulièrement à risque. Possibilité de décès.</p> <p>La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).</p> <p>Une explosion est un événement soudain.</p>
Explosion interne dans une unité	3	<p>Les employés sont particulièrement à risque. Possibilité de décès.</p> <p>La population est trop éloignée pour être affectée (sauf sur la route locale).</p> <p>Le volume interne des unités de procédé est limité.</p>

Annexe C : Vue d'ensemble de l'unité de topping skikda



Annexe D : Piping and Instrumentation diagram du four F103



PROJET TAPPING DE CONDENSAT - SINDIA
 SC1
 CONDENSATE TAPPING UNIT
 Piping & Instrumentation Diagram
 ANALOGUE, RESERVE PIPING SECTION (I)
 100-F-103-104-105-106-107-108-109-110-111-112-113-114-115-116-117-118-119-120
 SHEET NO. 117

REVISION	DATE	DESCRIPTION
0	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
2	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
3	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
4	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
5	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
6	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
7	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
8	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
9	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW

NO.	REV.	DATE	DESCRIPTION
1	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
2	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
3	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
4	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
5	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
6	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
7	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
8	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
9	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW

NO.	REV.	DATE	DESCRIPTION
1	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
2	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
3	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
4	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
5	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
6	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
7	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
8	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
9	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW

NO.	REV.	DATE	DESCRIPTION
1	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
2	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
3	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
4	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
5	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
6	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
7	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
8	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
9	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW

NO.	REV.	DATE	DESCRIPTION
1	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
2	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
3	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
4	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
5	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
6	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
7	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
8	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
9	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW

NO.	REV.	DATE	DESCRIPTION
1	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
2	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
3	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
4	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
5	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
6	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
7	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
8	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW
9	1	11-15-2001	ISSUED FOR REVIEW

NOTES:
 1. REFER TO THE PROJECT SPECIFICATIONS FOR THE PROCESS DESIGN.
 2. THE LOCAL AREA OF THE UNIT IS 10' X 10' FROM THE CENTER OF THE UNIT.
 3. THE LOCAL AREA OF THE UNIT IS 10' X 10' FROM THE CENTER OF THE UNIT.
 4. REFER TO THE PROJECT SPECIFICATIONS FOR THE PROCESS DESIGN.
 5. REFER TO THE PROJECT SPECIFICATIONS FOR THE PROCESS DESIGN.
 6. REFER TO THE PROJECT SPECIFICATIONS FOR THE PROCESS DESIGN.
 7. REFER TO THE PROJECT SPECIFICATIONS FOR THE PROCESS DESIGN.
 8. REFER TO THE PROJECT SPECIFICATIONS FOR THE PROCESS DESIGN.
 9. REFER TO THE PROJECT SPECIFICATIONS FOR THE PROCESS DESIGN.

Annexe E : paramètres de système d'arrêt d'urgence (ESD)(PDS DATA HANDBOOK)

Paramètre	Transmetteur de débit	transmetteur de pression	transmetteur de température	Plc	vanne
Lambda (h-1)	3.7E-6	2E-6	1.3E-6	2E-6	6.9E-6
SFF(%)	84	84	75	83	70
T1(h)	8760	8760	8760	8760	8760