



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



**UNIVERSITE DU 20 AOÛT
1955 SKIKDA**
**Institut des Sciences et Techniques Appliquées
(ISTA)**

**Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention du diplôme de
MASTER en Sécurité des procédés pétrolières et gazières**

Thème :

**Evaluation des performances des mesures de maîtrise des
risques (MMR) sur la colonne de décarbonatation 12MD21
Cas de GL1K ~SKIKDA**

Présenté et soutenu publiquement le : 03/07/2024

Par :

-HALLADJ Nour el imane

-MEDOUDA Yousra

Devant le jury :

Président : Dr. OTMANI Amira	U- 20 Août 1955. Skikda
Examineur : Ing. FANIT Smail	U- 20 Août 1955. Skikda
Examineur : Pr. INNAL Fares	U- 20 Août 1955. Skikda
Encadreur : Dr. OMEIRI Hanane	U- 20 Août 1955. Skikda

1ère Promotion

Juillet 2024

Dédicace

Grace à Dieu qui m'a éclairé le chemin vers cette réussite.

Je dédie ce modeste travail à :

***Ma chère mère** pour les sacrifices et les efforts qu'elle a consenti*

Pour que je sois ainsi, pour sa générosité et pour ses encouragements

Tout au long de la période de mes études ;

*À l'âme de mon cher père, qui a été ma source d'inspiration et mon
Soutien constant. À celui Qui m'a enseigné la patience, la force et la foi.*

Que Dieu te bénisse et t'accorde le Paradis ;

*Ma seule et chère sœur : **Sana** ;*

*Mes chers frères : **Sami, Zinedine,***

*Ma chère amie et mon binôme : **Nour El Imane** ;*

Toute ma famille ;

Toutes mes amies ;

Toutes les personnes proches de mon cœur.

YOUSRA

Dédicace

Sous la guidance d'Allah et la lumière céleste qui ont éclairé ma voie vers le succès, je tiens c'est avec grande plaisir que je dédie ce modeste travail :

A l'être le plus cher de ma vie, ma mère

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit.
Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a
toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

A mon très cher père

T'as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager.

Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.

***A mes très chers frères Monib et Billal et mes chères sœurs Azza et
Romaïssa ;***

A Ma chère amie et mon binôme yousra ;

A mes chères cousines Malak et Sarah ;

A tous les membres de ma famille ;

A toutes mes amies ;

Et tous ceux qui m'aiment ...

NOUR

Remerciement

*Avant tout, nous remercions « **Allah** » le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant tous nos années d'étude.*

Nous exprimons notre profonde gratitude à nos parents pour leurs encouragements, leur soutien et pour les sacrifices qu'ils ont enduré.

*Nous désirons également remercier notre encadreur : **DR. OMEIRI Hanane**
Pour le suivi continu tout le long de la réalisation de ce mémoire.*

*Je souhaite exprimer mes plus sincères remerciements au personnel du Département de Sécurité du complexe **GL1K** et spécialement **monsieur NAJAH** Anis et madame **BOUNEB Asma**, pour leurs suivi au quotidien, pour leurs conseils, leurs disponibilité, leurs travail constructif et pour toute la confiance qu'ils ont su nous témoigner au travers de l'autonomie qu'ils nous accordés durant tout ce mémoire.*

Enfin, nos derniers remerciements vont à nos familles, nos amis et à tous ceux qui de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire.

MERCI ...

NOUR&YOUSRA

Liste des tableaux

N°	Titres du tableau	Page
I.1	Niveaux d'Intégrité de Sécurité (SIL) en fonction des PFDavg et PFH	22
I.2	Exemple de tableau HAZOP	28
I.3	Exemple de tableau LOPA	30
I.4	conventions graphiques d'un AdD	32
II.1	Systèmes de pulvérisation anti-incendie par déluges.	41
II.2	Résumé de la consommation actuelle en eau de mer	47
III.1	Catégories de probabilité	60
III.2	Catégories de gravité	60
III.3	Les niveaux de risque	62
III.4	Feuilles HAZOP	62
III.5	Estimation des conséquences	70
III.6	Scénarios à évaluer	71
III.7	Critères de Risques Tolérables pour l'étude LOPA	72
III.8	Tableau de la méthode LOPA	74
III.9	Tableau des taux de défaillance utilisée dans l'AdD	77

Liste des figures

N°	Titre de figure	Page
I.1	Processus de la gestion des risques	8
I.2	Réduction du risque : concepts généraux	10
I.3	Rôle de la barrière de sécurité	13
I.4	Chaine instrumentée (Mesure de Maitrise des Risques instrumentées)	15
I.5	Schéma générique d'un SIS [INERIS, 2008]	18
I.6	Architecture KooN	20
I.7	Fonction instrumentée de sécurité [MKH 08]	22
I.8	Norme CEI 61508 et normes dérivées	24
I.9	les catégories des méthodes d'analyse des risques	26
I.10	Méthode SADT	27
I.11	Couches de protection	29
I.12	Développement des Données de HAZOP dans LOPA [CCPS, 2001]	31
I.13	exemple d'un arbre de défaillance	33
II.1	Photo de satellite du complexe GL1K	35
II.2	Implantation du Nouveau train du GNL	37
II.3	Photo réel des nouveaux bacs des stockages	38
II.4	Les différentes unités du complexe GL1K	40
II.5	Schéma des réseaux de lutte contre les incendies du Nouveau Train de GNL de SKIKDA	41
II.6	Schéma de système Fire et Gas usine	44
II.7	Le système de télésurveillance. (CCTV).	46
II.8	Organigramme de la société	49
II.9	Organigramme du département HSE	49
II.10	Principe générale	53
III.1	niveau A-0 de décarbonatation	58
III.2	niveau A-0 Processus de décarbonatation	59
III.3	Matrice des risques de GL1K	61
III.4	AdD relatif à l'indisponibilité du SIS lié aux dérives de la surpression	78

Liste des abréviations

Abréviation	Signification
AdD	Arbre de Défaillances
SADT	Structured Analysis and Design Technique
LOPA	Layer of Protection Analysis (Analyse des Couche de Protection)
ESDV	Emergency Shutdown Valve (vanne d'arrêt d'urgence)
GNL	Gaz Naturel Liquéfié
GPL	Gaz Du Pétrole Liquéfié
GRIF	Graphiques Interactifs pour la Fiabilité
HSE	Hygiène, Sécurité et Environnement
IPL	Independent Protection Layer
KooN	K out of N (K parmi N)
P&ID	Process and Instrumentation Diagram
PFD	Probability of Failure on Demand
SIL	Safety Integrity Level
SIS	Safety Instrumented System
SIF	Safety Instrumented Function
ALARP	As low as reasonably practicable
CEI	Commission Electrotechnique Internationale.
CCPS	Center for chemical process safety
FALL	Flow Alarm Low low (alarme très bas débit).
FI	Flow Indicator (Indicateur de débit).
PT	Presure tansmittor (transmetteur de pression)
FIC	Flow Indicator Controller (Indicateur et contrôleur de débit).
FV	Flow Valve (vanne de débit).
HAZOP	HAZard and OPerability study (Hasarder et étude de l'opérabilité).
HSE	Hygiène et Sécurité d'Environnement.
ICI	Imperial Chemical Industries.
ISO	International Standard Organization
PAH	Pressure Alarm High (alarme haut pression).
PAHH	Pressure Alarm High High (alarme très haute pression).

PAL	Pressure Alarm Low (alarme basse pression).
PALL	Pressure Alarm Low Low (alarme très basse pression).
BDV	blow down valve
PI	Pressure Indicator (Indicateur de Pression).
GN	Gaz Naturel
BPCS	Basic Process Control System
GND	Gaz Naturel Décarbonaté
AMDEA	Méthyle Diéthanol Amine activé
PRV	Pressure Relief Valve
EIPS	Équipements importants pour la sécurité

Dédicaces

Remerciements

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Table des matières

Résumé

Liste des annexes

Introduction générale		1
Chapitre I	Revue des mesures de maîtrise des risques (MMR)	
I.1	Introduction	5
I.2	Terminologie liés à la problématique	5
I.2.1	Notion de système	5
I.2.2	Notion de danger	5
I.2.3	Notion de risque	6
I.2.4	Gestion ou management des risques	6
I.3	Démarche de la gestion des risques	6
I.3.1	Définition de la gestion des risques	7
I.3.2	Processus de la gestion des risques	7
I.4	Mesures de Maîtrise des Risques (MMR)	10
I.4.1	Définition des Mesures de Maîtrise des Risques	10
I.4.2	Taxonomie des Mesures de Maîtrise des Risques	11
I.4.2.1	Classification selon la fonction des mesures	11
I.4.2.2	Classification selon la nature des mesures	12
I.4.3	Rôle des MMR	13
I.4.4	Critères de performances de MMR	13
I.5	Mesure de Maîtrise des Risques Instrumentés (MMRI)	15
I.5.1	Définition des MMRI	15
I.5.2	Catégories des MMRI	16
I.6	Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS)	17
I.6.1	Définition des Systèmes Instrumentés de Sécurité	17
I.6.2	Sous-fonction d'un Systèmes instrumentés de sécurité	17
I.6.3	Modes de fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité	19
I.6.4	Architecture fonctionnelle d'un SIS	20
I.6.5	Niveau d'intégrité de sécurité	21
I.6.6	Fonction Instrumentée de Sécurité (SIF: Safety Instrumented Function)	22
I.6.7	Normes relatives aux systèmes instrumentés de sécurité	23
I.6.7.1	Norme CEI 61508	23

I.6.7.2	Démarche d'évaluation des systèmes instrumentés de sécurité selon la norme CEI 61508	24
I.7	Méthodes d'analyse des risques utilisés dans ce document	25
I.7.1	Méthode SADT - analyse fonctionnelle	26
I.7.2	Méthode HAZOP (HAZard and OPerability study)	27
I.7.3	Méthode Analyse des Couches de Protection (LOPA : Layers Of Protection Analysis)	28
I.7.4	Arbre des Défaillances (AdD)	31
I.8	Conclusion	33
Chapitre II	Présentation du complexe et du système à étudier	
II.1	Introduction	35
II.2	Présentation du complexe	35
II.2.1	Fiche technique du complexe GL1K	35
II.2.1.1	Emplacement Géographique	35
II.2.1.2	Installation du complexe	36
II.2.1.2.1	Nouveau train de GNL	36
II.2.2	Appontement de GNL et appontement de GPL	38
II. 2.2.1	Capacité de production du complexe GL1K	38
II.2.2.1.1	Capacité de stockage des produits au niveau du complexe GL1K	38
II.2.3	Anciennes capacités de stockage	39
II.2.4	Modifications majeures réalisées au niveau du Complexe GL1K et situation à Janvier 2019	39
II.2.5	Projets futurs (court terme)	40
II.2.6	Volet Sécurité Industrielle	40
II.2.6.1	Système de Protection Anti-incendie	40
II.2.6.2	Moyens de protection	41
II.2.6.3	Moyens fixes d'intervention au niveau des appontements	42
II.2.6.4	Système de détection Feux et Gaz (FGS)	43
II.2.6.5	Equipements fournis pour la détection Feux et Gaz	43
II.2.6.6	Vue d'ensemble du système Feu et Gaz	44
II.2.6.7	Système de télésurveillance (CCTV)	44
II.2.7	Volet Sécurité des équipements et des installations selon SIL3	45
II.2.8	Volet environnement	45
II.2.8.1	Emissions atmosphériques	45
II.2.8.2	Analyse des émissions atmosphériques	46
II.2.8.3	Traitement des eaux sanitaires	46
II.2.8.3.1	Traitement des eaux huileuses	46
II.2.8.3.2	Consommation d'eau de mer	47
II.2.8.4	Système d'huile chaude	47
II.2.8.5	Incinérateur 65MB07	47
II.2.8.5.1	Procédé de gaz d'assistance au niveau du brulot	48
II.2.8.5.2	Système boil off	48
II.2.9	Organigramme du complexe	49
II.2.9.1	Description de la fonction HSE	50
II.2.9.2	Missions du service prévention	50
II.2.9.3	Missions du service intervention	50
II.2.9.4	Missions du service environnement	51
II.3	Présentation du système à étudier	52
II.3.1	Introduction	52

II.3.1.1	Nécessité d'extraire le CO2 du gaz naturel	52
II.3.1.2	Conséquences du bouchage	52
II.3.2	Absorbeur 12MD21	53
II.4	Conclusion	54
Chapitre III	Evaluation des MMRI relatifs à la colonne 12MD21	
III.1	Introduction	56
III.2	Analyse fonctionnelle	58
III.2.1	Discussion sur la méthode SADT	59
III.3	Illustration de la démarche de la norme CEI 61 508 sur la colonne de décarbonatation	59
III.3.1	Identification des phénomènes dangereux et analyse des risques	59
III.3.1.1	Etablissement des critères d'acceptabilité	60
III.3.1.2	Evaluation de la criticité	61
III.3.1.3	Feuilles HAZOP	62
III.3.1.4	Discussion du tableau d'HAZOP	69
III.3.2	Allocation du niveau d'intégrité de sécurité (SIL requis)	70
III.3.2.1	Développement des scénarios d'accidents	70
III.3.2.1.1	Les scénarios possibles	70
III.3.2.1.2	Sélection des scénarios à évaluer	71
III.3.2.2	Critères d'acceptation	71
III.3.2.3	Application de la méthode LOPA	72
III.3.3	Réalisation et validation du SIS (SIL réel)	77
III.3.3.1	Application de l'AdD sur le SIS relatif à la surpression	77
III.3.3.2	Résultats de la méthode AdD	79
III.4	Conclusion	79
Conclusion générale		81
La Bibliographique		82
Annexes		84

Résumé

L'objet premier de notre travail était l'évaluation des performances des mesures de maîtrise des risques (MMR) de la colonne de décarbonatation en utilisant de différentes techniques. En effet, nous avons appliqué la méthode HAZOP pour identifier les scénarios d'accident potentiels. Ensuite, l'acceptation de ces scénarios était vérifiée à l'aide de la méthode LOPA. Cette méthode consiste d'abord à identifier les scénarios majeurs d'une installation puis d'évaluer les conséquences de ces scénarios, afin d'évaluer les performances des mesures de maîtrise des risques et précisément les SIS par le calcul des SIL requis. Finalement, la quantification de la performance réelle des boucles de sécurité (SIS) effectuées à l'aide de la méthode AdD dans le logiciel GRIF, a confirmé ce constat. Sur la base de cette quantification, des propositions d'amélioration aux niveaux des boucles de sécurité ont été faites.

Mots clés : SIS, SIL, AdD, LOPA, HAZOP.

Abstract

The primary object of our work was to evaluate the performance of the safety barriers of decarbonization column using different techniques. Indeed, we have applied the HAZOP method to identify potential accident scenarios. Then, the acceptance of these scenarios was verified using the LOPA method. The principle of this method consists first of identifying the major scenarios of an installation and then evaluating the consequences of these scenarios, in order to evaluate the performance of safety barriers and more precisely the SIS by calculating the SIL requis. Finally, the quantification of the actual performance of the safety loops (SIS), carried out using FTA method in GRIF software, confirmed this finding. On the basis of this quantification, proposals for improvement at the level of the safety loops have been made.

Keywords: LOPA, SIS, SIL, FTA, HAZOP.

المخلص

كان الهدف الأساسي لعمليتنا هو تقييم أداء حواجز الأمان لعمود نزع ثنائي أكسيد الكربون من الغاز الطبيعي باستخدام تقنيات مختلفة. في الواقع لقد طبقنا طريقة هازوب لتحديد سيناريوهات الحوادث المحتملة. بعد ذلك، تم التحقق من قبول هذه السيناريوهات باستخدام طريقة تحليل طبقة الحماية لوبا. يتكون مبدأ هذه الطريقة أولاً من تحديد السيناريوهات الرئيسية للتهديد ثم تقييم عواقب هذه السيناريوهات، ثم يتعلق الأمر بتحديد طبقات الحماية المختلفة المخطط لها لمواجهة هذه السيناريوهات من أجل تقييم أداء حواجز الأمان وبشكل أكثر دقة و خاصة نظام السلامة المجهز بحساب مستوى السلامة، وأخيراً تكيم الفعالية الحقيقية لحلقات السلامة تم تحديده باستخدام شجرة الاعطاب في برنامج قريف. وعلى أساس هذا القياس الكمي تم وضع اقتراحات على مستوى حلقات السلامة الكلمات المفتاحية: هازوب، لوبا، شجرة الاعطاب، مستوى السلامة، نظام السلامة المجهز



Introduction générale

Introduction générale

Introduction générale

Chaque application technologique comporte également un risque lié à la sécurité. Plus le danger est important pour les personnes, l'environnement ou les biens, plus il est nécessaire de prendre des mesures pour minimiser le risque. Les applications industrielles présentent de nombreux systèmes et appareils avec un potentiel de danger variable. Afin d'obtenir le niveau de sécurité requis pour ces systèmes, les éléments relatifs à la sécurité pour les systèmes de protection et de sécurité doivent fonctionner correctement et se comporter de manière à ce que le système reste dans un état de sécurité ou passe à un état de sécurité en cas de défaut.

La liquéfaction du gaz naturel est considérée comme une activité à niveau de risque très élevé, qui peut être à l'origine d'accident pour l'homme, l'environnement et les installations. Ces risques sont entre autres : incendie, explosion, émanation accidentelle de gaz, déversement accidentel du produit, etc.

L'analyse de sécurité de l'installation consiste à étudier le fonctionnement et le dysfonctionnement de ses composants. Elle permet de définir les procédures de surveillance et d'arrêt à introduire dans le programme de conduite dans un cadre préventif.

Notre problématique peut être formulée ainsi :

Comment évaluer les performances des mesures de maîtrise des risques liés à la liquéfaction du gaz naturel au niveau du complexe GLIK ?

Le présent mémoire a pour objet principal d'identifier les scénarios d'accident potentiels et chercher des moyens adaptés de prévention ainsi que d'estimer et évaluer les risques existants afin d'évaluer la performance des mesures de maîtrise des risques et réduire les accidents majeurs pour protéger les personnes, les biens et l'environnement.

Il existe à l'heure actuelle nombreuses méthodes dédiées à l'analyse des risques, ces méthodes ne sont que des outils d'aides à la réflexion et à la prise de décision. Pour ce faire, les méthodes d'analyses SADT, HAZOP, LOPA et AdD sont utilisées. Le plan de travail adopté est composé de trois chapitres :

Le premier chapitre : Revue des mesures de maîtrise des risques (MMR)

Ce chapitre a pour objectif de présenter le cadre globale de ce mémoire. Dans un premier temps, nous commençons d'abord par présenter quelques concepts fondamentaux liées à la gestion des risques puis on a discuté des mesures de maîtrise des risque en générale après on a spécifié les systèmes instrumentés de sécurité. Enfin on a examiné en détail les méthodes SADT, HAZOP, LOPA et AdD.

Introduction générale

Le deuxième chapitre : Présentation du complexe et du système à étudier

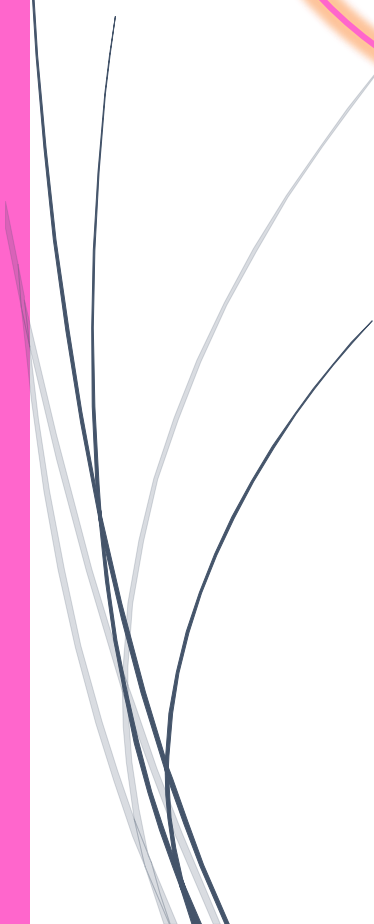
Ce chapitre est consacré à la présentation du complexe GL1K et le système colonne de décarbonatation 12MD21 de l'unité 12 de décarbonatation, qui a fait l'objet de notre étude de cas, et à l'identification des risques inhérents à ce système.

Le troisième chapitre : Evaluation des MMRI relatifs à la colonne 12MD21

Présente les résultats de l'analyse des risques effectuée à l'aide de la méthode SADT, HAZOP, LOPA et de la méthode AdD. Enfin, ce mémoire est clôturé par une conclusion générale décrivant le travail réalisé et les perspectives envisagées.

CHAPITRE I

Revue des mesures de maîtrise des risques (MMR)



I.1. Introduction

Les risques dans les entreprises sont devenus de plus en plus complexes et variés de nos jours. Cela souligne l'importance cruciale de la politique de sécurité dans chaque entreprise pour la continuité de ses activités et ses opérations, en fait cette politique est traduite par une bonne gestion des risques. Différentes normes et méthodes peuvent être utilisées pour gérer tous les événements susceptibles de causer des dommages menaçant la stabilité des entreprises et atteindre les objectifs de sécurité fixés préalablement.

Ce chapitre est consacré pour les notions importantes utilisées dans la gestion des risques. À travers cette partie du mémoire, nous avons présenté un aperçu global de la démarche d'analyse et d'évaluation des risques qui constitue la pierre angulaire dans les études en matière HSE. Par la suite, une recherche théorique liée au concept « Mesures de Maîtrise des Risques (MMR) » a été réalisée en mettant l'accent sur les Mesures de Maitrise des Risques Instrumentés (MMRI).

I.2. Terminologie liée à la problématique

Pour simplifier la lecture de ce document, nous désignerons, dans ce qui suit, les termes couramment utilisés dans ce mémoire.

I.2.1. Notion de système

La complexité des définitions trouvées dans la littérature relatives à la notion du système nous a conduit à choisir celle proposée par Le Moigne : « *Un objet doté de finalité qui, dans un environnement, exerce une activité et voit sa structure interne évoluer au fil du temps, sans qu'il perde pourtant son identité* » [1].

I.2.2. Notion de danger

Selon CEI 61508, [2] le danger désigne une nuisance potentielle pouvant porter atteinte aux biens (détérioration ou destruction), à l'environnement, ou aux personnes. Les dangers peuvent avoir une incidence directe sur les personnes, par des blessures physiques ou des troubles de la santé, ou indirecte, au travers de dégâts subis par les biens ou l'environnement.

I.2.3. Notion de risque

Dans cette sous-section, la notion de risque est prise dans son sens le plus large.

La norme ISO31000 [3] indique qu'un risque est souvent exprimé en termes de combinaison des conséquences d'un événement et de sa vraisemblance.

A. Villemeur précise dans son ouvrage que le risque « *est une mesure d'un danger associant une mesure de l'occurrence d'un événement indésirable et une mesure de ses effets ou conséquences* »[4].

I.2.4. Gestion ou management des risques [5]

Le terme de « la Gestion » est défini dans le dictionnaire Larousse comme : « *action d'administrer pour son propre compte ou pour le compte d'une autre personne* » tandis que le terme de « Management » est défini comme : « *conduite, direction d'une entreprise* » dans le petit robert

Les termes « gestion des risques » et « management des risques » sont souvent utilisés de manière interchangeable pour désigner le processus et les stratégies visant à identifier, évaluer et traiter les risques dans une organisation. Cependant, certains peuvent considérer que la gestion des risques est plus axée sur les aspects opérationnels et techniques et les ressources nécessaires pour l'entreprise, tandis que le management des risques englobe également les aspects stratégiques et décisionnels ainsi que les interactions humaines liées à la gestion des risques.

Ces deux approches visent à minimiser les risques afin d'assurer la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement et maximiser également les opportunités pour une organisation.

I.3. Démarche de la gestion des risques

La gestion du risque fait partie intégrante de la culture de toute organisation. C'est le processus continu d'amélioration dans lequel les organisations traitent les risques qui s'attachent à leurs activités.

I.3.1. Définition de la gestion des risques

Selon *Committee of Sponsoring organizations of the Treadway Commission (COSO)* la gestion des risques est définie comme étant « *un processus mis en œuvre par le conseil d'administration, la direction générale, le management et l'ensemble des collaborateurs de l'organisation. Il est pris en compte dans l'élaboration de la stratégie ainsi que dans toutes les activités de l'organisation. Il est conçu pour identifier les événements potentiels susceptibles d'affecter l'organisation et pour gérer les risques dans les limites de son appétence pour le risque. Il vise à fournir une assurance raisonnable quant à l'atteinte des objectifs de l'organisation* » [6].

La gestion des risques peut encore être définie comme «*l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable, qui nécessite un usage adapté de méthodes et outils* » [7].

Elle a pour objet :

- D'améliorer le gain de rentabilité, ainsi que de la productivité ;
- D'assurer une bonne gestion des coûts et des délais ;
- D'améliorer la qualité d'un produit.

I.3.2. Processus de la gestion des risques

Le processus de la gestion des risques est un processus itératif qui s'articule autour de cinq (05) principales étapes décrites schématiquement dans la figure I.1.

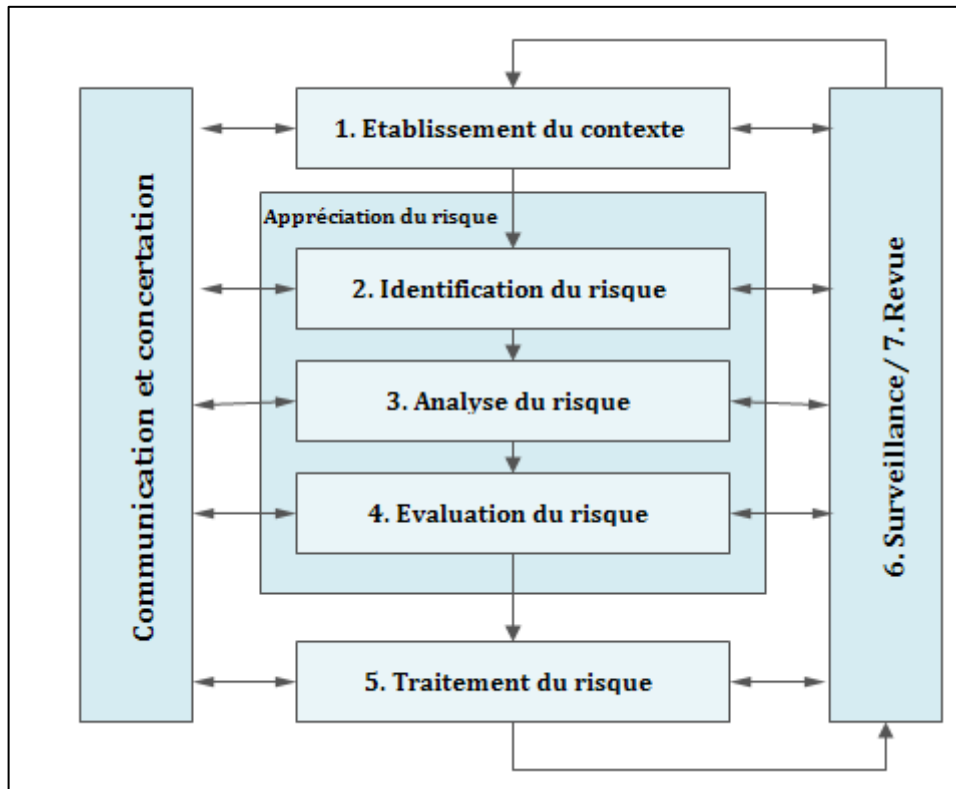


Figure I.1 : Processus de la gestion du risque [3].

Dans ce qui suit, nous présenterons brièvement ces étapes : [3]

- **Etablissement du contexte** : définition des objectifs de sécurité et définition du domaine d'application. Les objectifs de sécurité, prédéfinis par l'entreprise, prennent en considération les critères de risque. Ces critères mettent en jeu l'évaluation du risque encouru.
- **Identification du risque** : Cette phase consiste à identifier tous les risques potentiels qui pourraient survenir ou autrement dit tous les scénarios possibles qui pourraient causer des dommages ou des perturbations sur les personnes, les biens et l'environnement. Cette phase est assurée par plusieurs méthodes ou outils tel que le PAD (Processus d'Apparition du Dommage), le modèle MADS (Méthodologie d'analyse des dysfonctionnements dans les systèmes), la méthode APR (Analyse préliminaire des risques)...etc.
- **Analyse du risque** : Il s'agit d'estimer les risques, en prenant en compte les mesures de maîtrise des risques existants, en vue de les hiérarchiser et de pouvoir comparer ultérieurement le niveau de risque aux critères de décision. Cette estimation doit

considérer les deux composantes de risque : la fréquence d'occurrence et la gravité des conséquences.

- ***Evaluation du risque*** : Elle désigne une procédure fondée sur l'analyse du risque pour comparer le niveau de risque estimé à celui jugé tolérable ou acceptable.

Le processus de l'évaluation des risques comporte :

- L'identification des dangers ;
- La compréhension de la nature de ces dangers ;
- L'évaluation des conséquences (à court et à long terme) ;
- L'évaluation de la probabilité de leur occurrence.

• ***Traitement du risque*** : Ce terme remplaçant la notion de « réduction du risque » utilisée dans ISO fait référence à l'ensemble des actions et des mesures de sécurité mises en place en vue de réduire la gravité ou la probabilité des dommages associés à un risque ou des deux en même temps.

On distingue trois catégories des mesures de maîtrise des risques :

- **Mesures de prévention** : visant à réduire la probabilité d'un événement indésirable, des mesures introduisent avant la survenue du phénomène dangereux (réduction à priori).
- **Mesures de limitation** : visant à limiter l'intensité des effets d'un phénomène dangereux.
- **Mesures de protection** : visant à limiter ou diminuer la gravité des conséquences d'un événement dangereux sur les cibles potentielles (réduction à posteriori).

Les mesures de réduction du risque constituent une première priorité pour les industriels lorsque le risque est jugé inacceptable.

La figure I.2 représente les concepts généraux de la notion de réduction du risque :

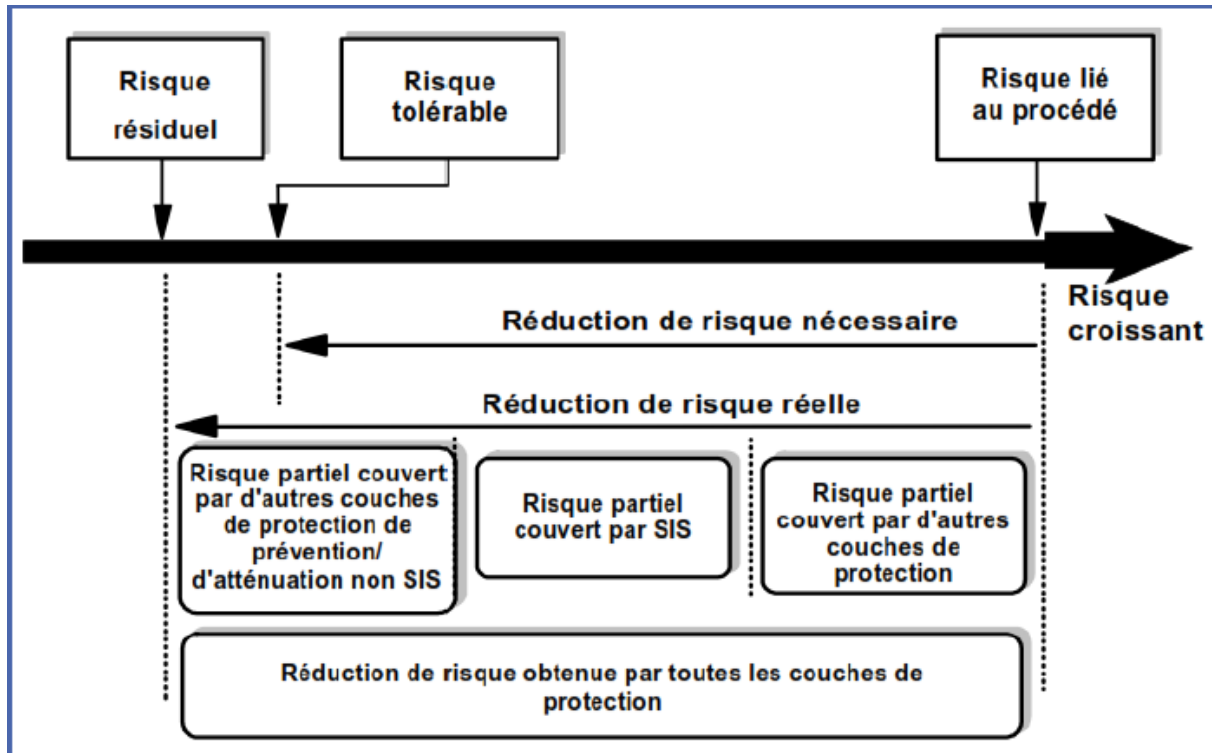


Figure I.2 : Réduction du risque : concepts généraux [8].

I.4. Mesures de Maîtrise des Risques (MMR)

Une mesure de maîtrise des risques permet de modifier le niveau d'un risque. Elle peut être de différents types : cela peut être un dispositif technique, une consigne pour l'intervenant humain, une formation ou une mesure organisationnelle. Le risque subsistant après la mise en place des moyens de maîtrise est appelé *risque résiduel*. Dans ce qui suit, nous présenterons le vocabulaire des MMR.

I.4.1. Définition des Mesures de Maîtrise des Risques

Une Mesure de Maîtrise des Risques « MMR » n'est autre que la nouvelle appellation d'une barrière de sécurité dans le cadre de la maîtrise des risques industriels. La circulaire du 10 mai 2010 en application de la loi du 30 juillet 2003 définit une mesure de maîtrise des risques comme suit : « *Ensemble d'éléments techniques et/ou organisationnels nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité* ». Autrement dit, une MMR est définie par rapport à une fonction de sécurité [9].

Pour être qualifié Mesures de Maîtrise des Risques (MMR), un élément (équipement ou opération) doit être choisi parmi les barrières de sécurité destinées à prévenir l'occurrence ou à limiter les conséquences d'un événement redouté central susceptible de conduire à l'accident majeur.

Les performances des barrières de sécurité peuvent se décliner selon 3 critères :

- Leur indépendance par rapport au scénario et aux autres barrières ;
- Leur efficacité ou capacité de réalisation ;
- Leur temps de réponse ;
- Leur niveau de confiance.

I.4.2.Taxonomie des Mesures de Maitrise des Risques [9] ; [10]

On peut classer les MMR en deux catégories, et ceci par rapport aux critères suivants :

- Classification selon la fonction de la mesure (mesure de prévention, mesure de protection) ;
- Classification selon la nature de la mesure (mesure technique, humaine et à action manuelle de sécurité).

I.4.2.1. Classification selon la fonction des mesures

Les barrières de sécurité peuvent être classées en 2 grandes familles : les mesures de prévention et les mesures de protection.

- **Les mesures de prévention** : sont des mesures de sécurité qui permettent d'éviter et d'empêcher la survenue des accidents (permet de prévenir ou de réduire la probabilité d'occurrence de l'événement redouté « accident »).

Exemples de mesures de prévention :

- Programme régulier d'entretien préventif des équipements ;
- Inspections (audits) sur le terrain des activités en cours ;
- Procédures d'exploitation détaillées ;
- Formation du personnel ;
- Politiques internes, visant l'instauration et le maintien d'une culture rigoureuse de sécurité et de gestion des risques ;

- Verrouillages automatiques, interrompant les équipements avant la survenance d'un accident si des conditions potentiellement dangereuses surviennent.
- **Les mesures de protection** : sont des dispositifs de sécurité placés entre le récepteur et le danger afin de minimiser les probabilités d'occurrence d'accident et ses conséquences (permet de diminuer les conséquences de l'événement redouté)

Exemples de mesures de protection :

- Appareils de détection avec alerte (p. ex. un détecteur de fumée) ;
- Mur de sécurité ;
- Bassin de rétention ;
- Gicleurs, rideau d'eau ;
- Exercices d'urgence ;
- Procédures d'évacuation ;
- Plan d'urgence ;
- Clôture et guérite (contrôle d'accès).

I.4.2.2. Classification selon la nature des mesures

On recense 3 types de mesures de sécurité : les barrières techniques, les barrières humaines et les barrières à action manuelle de sécurité.

- **Les mesures humaines de sécurité** : sont également appelées mesures organisationnelles. Elles correspondent à un ensemble d'activités humaines se traduisant en opérations et procédures permettant de prévenir un accident ou d'en limiter les conséquences.
- **Les mesures techniques de sécurité** : sont constituées par des éléments matériels, des dispositifs de sécurité ou des systèmes instrumentés de sécurité (SIS) pour réduire la probabilité de survenue et les conséquences d'un accident.
- **Les mesures à action manuelle de sécurité** : associent un dispositif technique à une intervention humaine. Ce système mixte combinant barrière technique et humaine est également appelé Système à Action Manuelle de Sécurité (SAMS).

I.4.3. Rôle des MMR

La fonction de sécurité ayant pour but la réduction de la probabilité d'occurrence et/ou des effets et conséquences d'un événement non souhaité dans un système. Les principales actions assurées par les fonctions de sécurité en matière d'accidents majeurs dans les installations classées sont : empêcher, éviter, détecter, contrôler et limiter. Les fonctions de sécurité identifiées peuvent être assurées à partir de barrières techniques de sécurité, de barrières organisationnelles (activité humaine), ou plus généralement par la combinaison des deux. Une même fonction peut être assurée par plusieurs barrières de sécurité. [11]

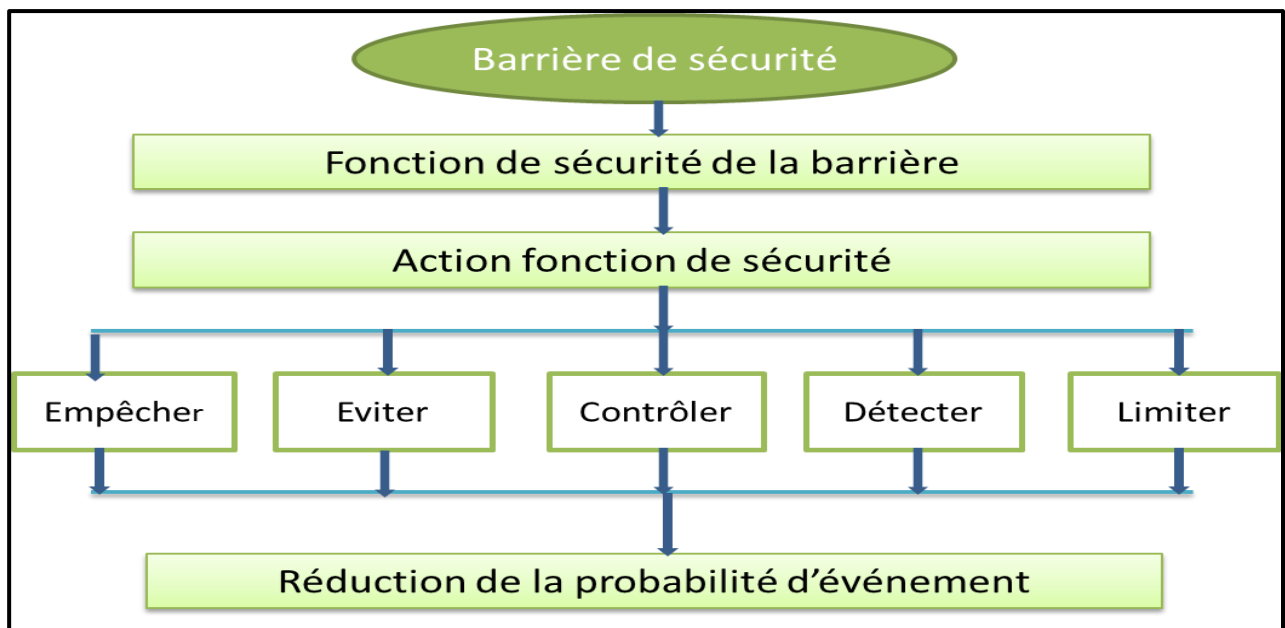


Figure I.3 : Rôle de la barrière de sécurité [11].

I.4.4. Critères de performances de MMR [12], [13]

Les critères de performance des Mesures de Maitrise des Risques se distinguent en fonction du type de mesure et de l'environnement dans lequel elles sont utilisées. En général, ces critères incluent l'indépendance, l'efficacité, le temps de réponse et le niveau de confiance. Il est essentiel que les mesures de maîtrise des risques soient conçues et entretenues selon des normes strictes pour garantir une protection efficace.

- **Indépendance** : Ce critère fait référence à la capacité d'une barrière à fonctionner de manière autonome, indépendamment des autres systèmes ou facteur externes, cela signifie qu'une barrière doit être capable de remplir son rôle de protection même en

cas de défaillance d'autres dispositifs ou en présence de conditions défavorables. L'indépendance garantit une protection continue et fiable.

- **Efficacité** : L'efficacité est l'aptitude à remplir la fonction de sécurité pour laquelle elle a été choisie, dans son contexte d'utilisation et pendant une durée de fonctionnement (en %).

Pour diverses raisons (usure, corrosion, défaillances première ou seconde...etc.), une barrière de sécurité peut ne plus remplir sa fonction de façon optimale. Ce manque d'efficacité peut avoir des conséquences indésirables sur la sécurité d'un procédé industriel. Notons que l'exploitant doit s'assurer, que la barrière est toujours en état de remplir sa fonction de sécurité avec l'efficacité telle qu'elle a été définie. Dans le cas où cette performance se dégradera, l'exploitant doit préciser les mesures appropriées.

- **Temps de réponse (TR)** : C'est l'intervalle de temps entre le moment où une barrière est sollicitée et le moment où la fonction est réalisée dans son intégralité (détection + traitement + réalisation action de sécurité).

Il faut noter que pour qu'une barrière soit retenue selon ce critère, le temps de réponse doit être en adéquation avec la cinétique du phénomène qu'elle doit maîtriser, c'est-à-dire qu'il doit être significativement inférieur à la cinétique. Ce critère de performance peut être mesuré :

- En additionnant les temps de réponses, fournis par les constructeurs, des dispositifs constituant la barrière de sécurité.
- En réalisant des tests de temps de réponse, sur site, des barrières de sécurité (dispositifs de sécurité, équipements de sécurité et chaîne complète de sécurité).

L'évaluation du temps de réponse se fait à partir, soit des données des constructeurs ou bien à partir des tests de réponse. Hormis un solide retour d'expérience, Ces tests restent la seule solution pour vérifier si les performances réelles d'un dispositif, dans son contexte d'utilisation, correspondent bien aux attentes de l'industriel.

- **Niveau de Confiance** : l'évaluation du niveau de confiance d'une barrière de sécurité diffère en fonction de la nature de la barrière étudiée.
- Pour un dispositif actif ou un système instrumenté de sécurité, l'évaluation du niveau de confiance repose sur son architecture et sur les principes de sécurité positive et de tolérance à la première défaillance.

- Pour un dispositif passif, l'évaluation du niveau de confiance (NC) repose sur l'estimation de la probabilité moyenne de défaillance à la demande (PFD_{avg}) de la barrière.

I.5. Mesure de Maitrise des Risques Instrumentés (MMRI) [14]

Les MMRI jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de la sécurité des processus industriels et la réduction des accidents graves en permettant une intervention rapide et efficace face aux risques identifiés.

I.5.1. Définition des MMRI

Les mesures de maîtrise des risques instrumentées (MMRI) sont des barrières de sécurité qui comportent des éléments techniques et/ou organisationnels faisant intervenir de l'instrumentation de sécurité.

Une MMRI est une MMR constituée d'une chaîne de traitement comprenant une prise d'information (capteur, détecteur...), un système de traitement (automate, calculateur, relais...) et une action (actionneur avec ou sans intervention d'un opérateur).

La MMR ne peut être considérée comme MMRI que si l'intervention humaine, lorsqu'elle existe, est limitée à une action déclenchée suite à une alarme elle-même déclenchée sans intervention humaine.

Les deux croquis de la figure I.4 illustrent, de manière générale, les cas où une chaîne instrumentée peut être reconnue comme MMRI :

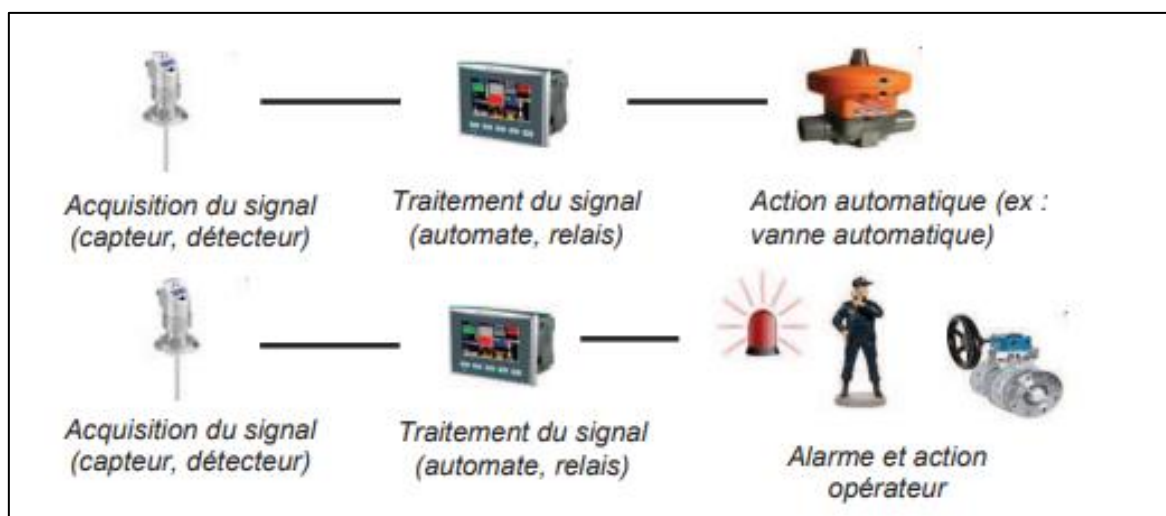


Figure I.4 : Chaîne instrumentée (Mesure de Maitrise des Risques instrumentées) [14].

I.5.2 Catégories des MMRI [14]

Les MMRI sont classées en deux catégories appelées MMRI de conduite (MMRIC) et MMRI de sécurité (MMRIS) et définies ci-après.

- **MMRI de Conduite (MMRIC)** : une MMRIC est une MMRI intégrée au système de conduite de l'installation. Elle se matérialise par exemple par : une alarme sur le système de conduite avec intervention de l'opérateur sur un organe terminal tel qu'une vanne manuelle, un arrêt d'urgence (AU) ; une chaîne de détection ou de sécurité implantée dans le système de conduite.

Pour que les chaînes implantées dans un système de conduite soient considérées comme des MMRIC, il faut que les conditions minimales suivantes soient vérifiées :

- les éléments de la chaîne ne sont pas susceptibles de conduire à un événement initiateur à l'origine du scénario d'accident ;
- l'action de sécurité assurée par les éléments de la chaîne est prioritaire sur toutes leurs autres actions ;
- les modifications des paramètres (les seuils d'alarme, par exemple) sont gérées au travers de procédures ou du système de gestion de la sécurité de l'établissement ;
- l'exploitant a mis en place une maintenance préventive au titre de la fonction de sécurité remplie ;
- le système de conduite est conçu, exploité et maintenu dans des conditions standards et selon de bonnes pratiques (standards ou référentiels, architecture éprouvée, concept éprouvé, procédures d'exploitation et de maintenance, détection des principales défaillances telles que défaut capteur ou perte d'alimentation actionneur...).

- **MMRI de Sécurité (MMRIS)** : une MMRIS repose sur un système instrumenté de sécurité, c'est-à-dire un système combinant capteur(s), unité de traitement et actionneur(s) ayant pour objectif de remplir exclusivement des fonctions de sécurité.

De manière générale, une chaîne instrumentée est considérée comme MMRIS lorsque ses éléments sont uniquement dédiés à la sécurité. Toutefois, les éléments d'une chaîne de sécurité peuvent aussi être utilisés pour la conduite de l'installation, sous réserve :

- qu'ils ne soient pas susceptibles de conduire à un événement initiateur à l'origine du scénario d'accident ;

- que l'action de sécurité qu'ils assurent soit prioritaire sur toutes leurs autres actions ;
- qu'ils ne soient pas déjà pris en compte dans une MMRIC pour ce scénario.

I.6. Systèmes Instrumentés de Sécurité (SIS)

Les SIS jouent un rôle crucial dans la protection des installations industrielles en surveillant en permanence les risques potentiels. Ils permettent la détection précoce des anomalies, déclenchent des actions correctives automatiques et aident à prévenir les accidents majeurs. Dans ce qui suit, nous soulignerons les éléments importants liés aux ces systèmes. Il est à noter que la norme CEI 61508 se considère comme le document normatif central de la conception et l'exploitation des SIS.

I.6.1. Définition des Systèmes Instrumentés de Sécurité

La norme CEI 61511 [15] définit les systèmes instrumentés de sécurité de la façon suivante : système instrumenté utilisé pour mettre en œuvre une ou plusieurs fonctions instrumentées de sécurité. Un SIS se compose de n'importe quelle combinaison de capteur(s), d'unités logique(s) et d'élément(s) terminal (aux).

La norme CEI 61508 [2] définit quant à elle les systèmes relatifs aux applications de sécurité par : un système E/E/PE (électrique/électronique/électronique programmable) relatif aux applications de sécurité comprend tous les éléments du système nécessaires pour remplir la fonction de sécurité.

L'objectif premier assigné à un SIS est la détection des situations dangereuses (augmentation de température ou de pression, fuite de gaz...) pouvant mener à un accident (incendie, explosion, rejet d'un produit dangereux...) et de mettre ensuite en œuvre un ensemble de réactions nécessaires à la mise en sécurité, en un temps spécifié, de l'EUC (Equipment Under Control) [16].

I.6.2. Sous-fonction d'un Systèmes instrumentés de sécurité

Trois sous-fonctions composent un SIS : il s'agit des sous-fonctions «détection», «traitement de l'information» et « action ».

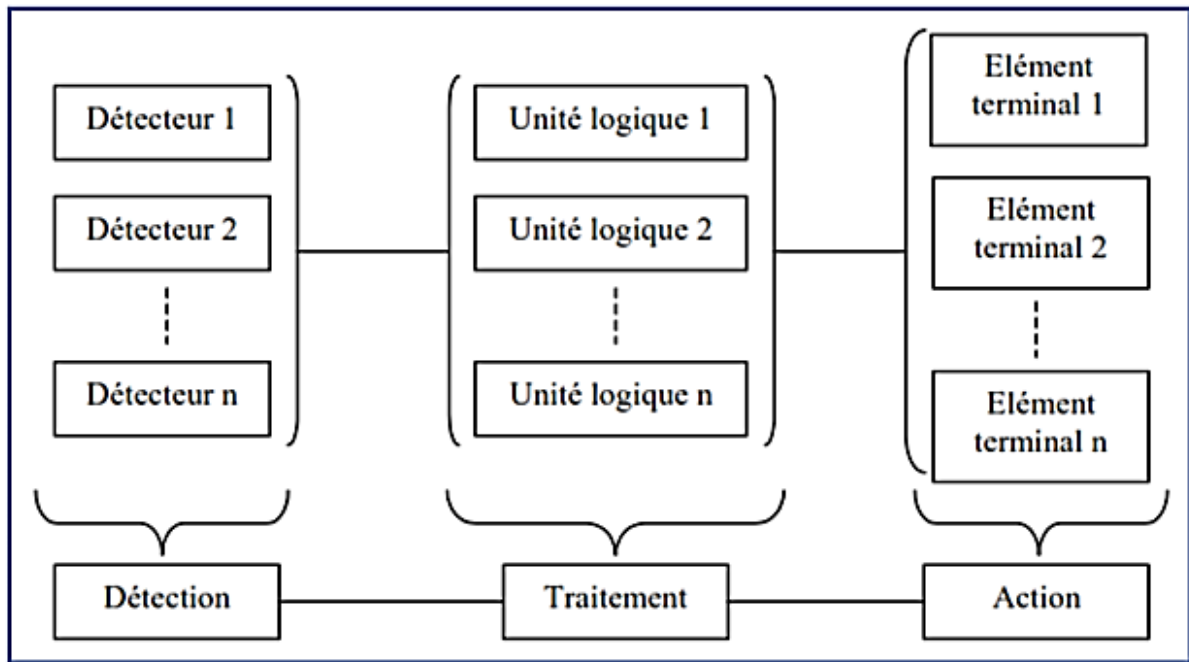


Figure I.5 : Schéma générique d'un SIS [11].

Ces sous-fonctions sont traitées en détails dans la littérature, en fait nous avons pris les définitions du document Oméga 10 [11] pour les cerner :

- ***Sous-fonction de sécurité "détection"*** : Cette sous-fonction de sécurité peut être assurée par différents détecteurs de paramètres (pression, température, débit, concentration...). Un détecteur de paramètre est généralement constitué de deux éléments un capteur et un transmetteur.
- ***La sous-fonction "traitement de l'information"*** : peut-être plus ou moins complexe. Elle est principalement réalisée par des relais ou par des automates programmables. Elle peut se résumer simplement à acquérir une grandeur mesurée par un capteur et à l'indiquer. Elle peut aussi consister à activer la commande d'un ou plusieurs actionneurs à partir d'une fonction combinatoire des informations délivrées par différents capteurs.
- ***La sous-fonction "action"*** : est réalisée par des actionneurs et des éléments Terminaux:
 - Les actionneurs transforment un signal (électrique, pneumatique ou hydraulique) 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

électrique,

pneumatique ou hydraulique. Ils sont couplés aux éléments terminaux ;

- Les éléments terminaux sont commandés par des actionneurs. On retrouve notamment sous cette terminologie : les vannes, les machines tournantes (pompe, compresseur ...), les alarmes sonores et visuelles.
- **Communications entre les éléments d'un SIS** : L'unité de traitement est reliée aux capteurs et aux actionneurs par des moyens de transmission. Il peut s'agir de câbles électriques, d'ondes électromagnétiques (transmission hertzienne), de fibres optiques (bus de terrain) ou de tuyauteries (transmissions pneumatique ou hydraulique).

I.6.3. Modes de fonctionnement des systèmes instrumentés de sécurité

Il existe trois (03) principaux modes de fonctionnement, nous les définissons dans ce qui suit :

- **Mode faible demande** : selon la norme CEI 61508 [2], la fonction de sécurité est effectuée uniquement sur demande, afin de mettre l'EUC dans un état sûr. La fréquence des demandes est au plus égale à une fois par an (PFD_{avg} : average probability of dangerous failure on demand)

Quant à la norme CEI 61511 [15], elle le considère lorsqu'une action spécifiée (par exemple, fermeture d'une vanne) est effectuée en réponse aux conditions du procédé ou à d'autres sollicitations. Dans l'éventualité d'une défaillance dangereuse de la fonction instrumentée de sécurité, un danger potentiel n'apparaît qu'en cas de défaillance dans le procédé ou dans le BPCS (Basic Process Control System).

- **Mode forte demande** : où la fonction de sécurité est effectuée uniquement sur demande, afin de mettre l'EUC (Equipment Under Control) dans un état sûr. La fréquence des demandes est supérieure à une fois par an (PFH: probability of failure per hour) [2].

Pour la norme CEI 61511 ce mode s'interpelle lorsqu'en cas de défaillance dangereuse de la fonction instrumentée de sécurité, un danger potentiel apparaît, sans autre défaillance, sauf si une action est entreprise pour le prévenir [15].

- **Mode demande continue** : où la fonction de sécurité maintient l'EUC dans un état sûr dans le cadre de fonctionnement normal [2]. La mesure de performance fiabiliste pour ce mode de fonctionnement est la PFH.

I.6.4. Architecture fonctionnelle d'un SIS [2]

L'architecture fonctionnelle d'un système instrumenté de sécurité comprend différents éléments interconnectés pour assurer la surveillance et la réaction aux risques.

La norme CEI 61508 considère que chaque sous-système est constitué d'un ensemble de canaux identiques à logique majoritaire KooN (tel que illustré sur la figure I.6) : le sous-système fonctionne si au moins K composants fonctionnent parmi les N.

Une architecture KooN permet de réaliser un compromis entre la sécurité et la disponibilité des installations.

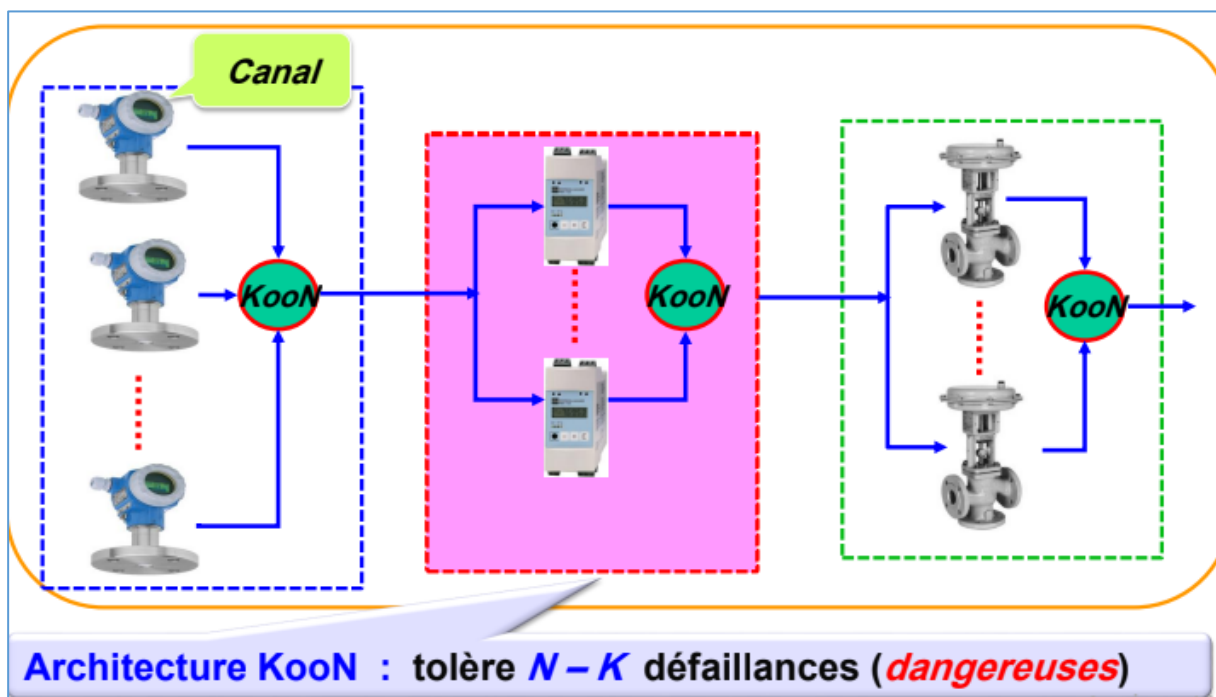


Figure I.6 : Architecture KooN [16].

Les architectures les plus fréquemment rencontrées sont les suivantes :

- **1oo1** : architecture constituée par un seul élément, toute défaillance dangereuse de cet élément empêche le traitement correct de tout signal d'alarme valide ;

- **1002** : architecture constituée par deux éléments de façon à ce que chacun puisse traiter la fonction de sécurité ;
- **2002** : architecture constituée par deux éléments de sorte que la fonction de sécurité est activée uniquement si les deux éléments en font la demande. Dans ce schéma, la disponibilité de production est assurée au détriment de la sécurité ;
- **2003** : architecture constituée par trois éléments de sorte que la fonction de sécurité est activée uniquement si deux éléments parmi les trois en font la demande.
- **1003** : Cette configuration se compose de trois canaux connectés en parallèle. Par conséquent, une défaillance dangereuse de tous les canaux empêche le SIS d'exécuter sa fonction de sécurité.

I.6.5. Niveau d'intégrité de sécurité [17]

Le Niveau d'Intégrité de Sécurité (SIL) est une référence pour l'intégrité de sécurité d'un système. L'intégrité de sécurité correspond à la probabilité que le système exécute la fonction requise relative à la sécurité dans toutes les conditions définies sur une période de temps donnée. Le SIL comprend quatre niveaux distincts, le niveau 4 représentant le niveau d'intégrité de sécurité le plus élevé et le niveau 1 le plus faible.

Le niveau d'intégrité de sécurité (Safety Integrity Level « SIL »), permet de spécifier les Prescriptions concernant l'intégrité de sécurité des fonctions de sécurité à allouer aux systèmes (électriques / électroniques ou encore électronique programmable) relatifs à la sécurité.

Le niveau SIL signifie que la probabilité de défaillance sur demande (PFD) définit 4 niveaux de performance pour une fonction de sécurité correspondant à la réduction de risque désirée :

- **SIL 1** : Protection mineure de l'installation et de la production impliquant une réduction du risque de 10 à 100. (1 en 10 ; 1 en 100)
- **SIL 2** : Protection majeure de l'installation et de la production ou risque de blessures pour les employés impliquant une réduction du risque de 100 à 1.000. (1 en 100 ; 1 en 1,000)
- **SIL 3** : Impact sur la communauté et les employés impliquant une réduction du risque de 1.000 à 10.000. (1 en 1,000 ; 1 en 10,000)
- **SIL 4** : Impact catastrophique sur la communauté impliquant une réduction du risque de 10.000 à 100.000 (1 en 10,000 ; 1 en 100,000)

Par exemple, SIL niveau 4 peut engendrer 1 incident pour 10.000 demandes dans un système.

La correspondance entre les niveaux SIL et ces deux performances probabilistes est indiquée au Tableau I.1.

Tableau I.1 : Niveaux d'Intégrité de Sécurité (SIL) en fonction des PFD_{avg} et PFH [16]

SIL	PFD_{avg}	PFH
4	$\geq 10^{-5}$ à $< 10^{-4}$	$\geq 10^{-9}$ à $< 10^{-8}$
3	$\geq 10^{-4}$ à $< 10^{-3}$	$\geq 10^{-8}$ à $< 10^{-7}$
2	$\geq 10^{-3}$ à $< 10^{-2}$	$\geq 10^{-7}$ à $< 10^{-6}$
1	$\geq 10^{-2}$ à $< 10^{-1}$	$\geq 10^{-6}$ à $< 10^{-5}$

I.6.6. Fonction Instrumentée de Sécurité (SIF: Safety Instrumented Function)

Une SIF est définie comme : Fonction de sécurité réalisée par un SIS avec un niveau d'intégrité de sécurité (SIL: Safety Integrity Level) spécifique, qui est nécessaire pour assurer la sécurité fonctionnelle (prévue pour assurer ou maintenir un état de sécurité de l'équipement à protéger par rapport à un événement dangereux spécifique) [16].

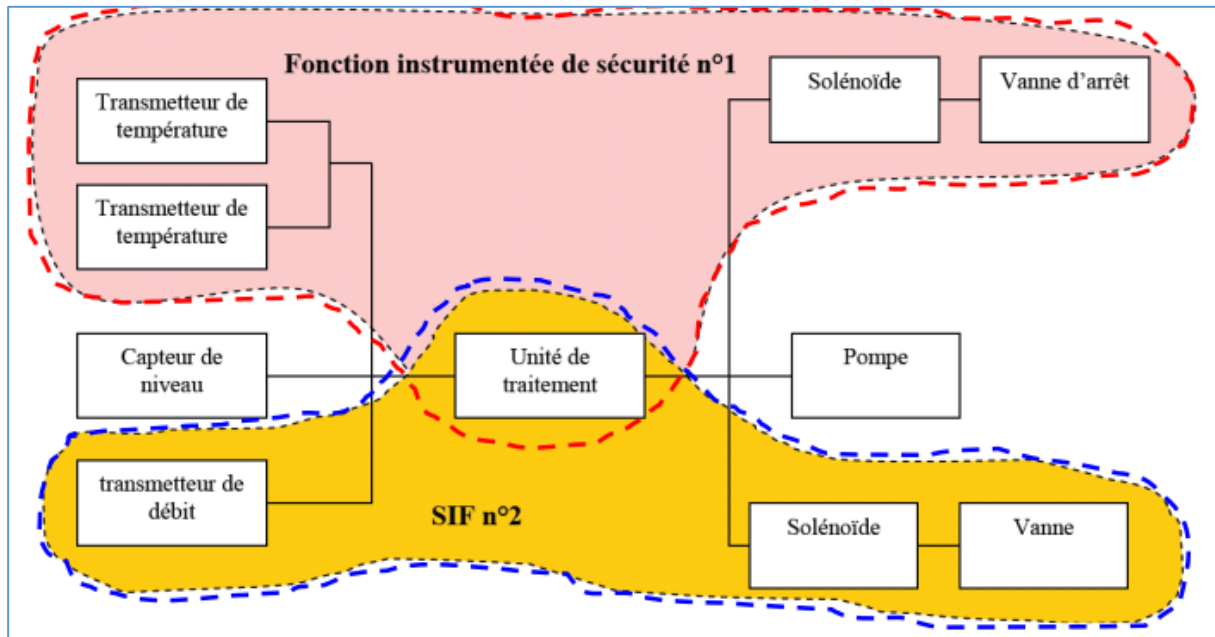


Figure I.7 : fonction instrumentée de sécurité [19].

I.6.7. Normes relatives aux systèmes instrumentés de sécurité

La norme internationale de sécurité IEC 61508 est une des dernières normes dédiées à la sécurité fonctionnelle. Elle est devenue avec ses normes filles les plus récentes et les plus connues des acteurs de la sécurité dans les secteurs industriels.

I.6.7.1. Norme CEI 61508 [2]

La norme CEI 61508 est générique, publiée entre (1998 et 2000) par la Commission Electrotechnique Internationale, est intitulée « sécurité fonctionnelle des systèmes E/ E/ EP relatifs à la sécurité », Met en œuvre le principe du cycle de vie de sécurité global (de la conception jusqu'à la mise hors service du SIS) qui basé sur une politique de gestion des risques.

Contient un ensemble de prescriptions, qui relèvent du principe de l'obligation de résultats, visant à l'amélioration de la sécurité via les SIS

L'objectif principal de la norme est d'être utilisé, par les organisations internationales de normalisation, comme une base pour le développement des normes sectorielles.

La norme comporte sept parties, les trois premières étant normatives alors que les quatre suivantes sont des recommandations et des exemples :

- **61508-1** : Prescriptions générales.
- **61508-2** : Prescriptions propres aux systèmes E/E/PE.
- **61508-3** : Prescriptions relatives au logiciel.
- **61508-4** : Définitions et abréviations.
- **61508-5** : Exemples de méthodes pour déterminer le niveau d'intégrité de la sécurité.
- **61508-6** : Guides pour l'application des parties 2 et 3 de la norme.
- **61508-7** : Tour d'horizon des techniques et des mesures.

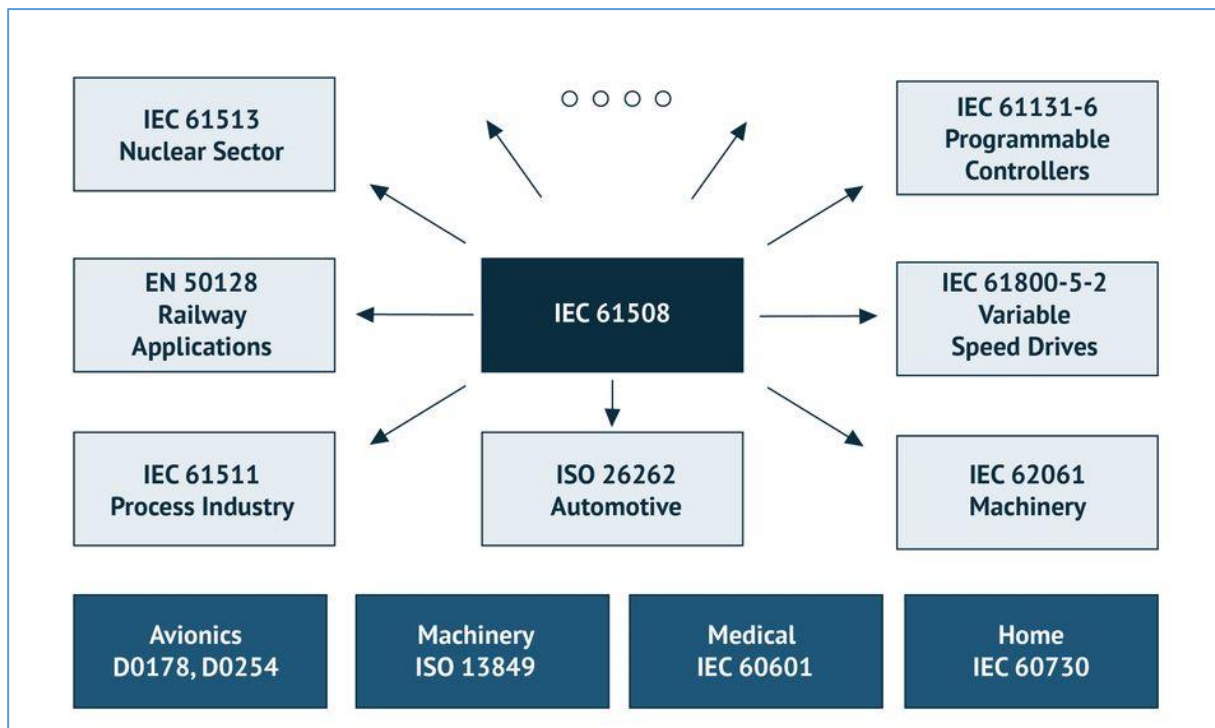


Figure I.8 : Norme CEI 61508 et normes dérivées [2].

I.6.7.2. Démarche d'évaluation des systèmes instrumentés de sécurité selon la norme CEI 61508 [2]

Selon la norme CEI 61508, l'évaluation de l'efficacité d'un système instrumenté de sécurité (SIS) se fait par trois étapes qui sont :

❖ L'analyse des risques et l'identification des événements dangereux

Cette étape consiste à l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux (scénarios d'accident), estimer le risque (en termes de gravité et de probabilité) et le comparé avec l'objectif de sécurité (fréquence tolérable). Si cette criticité

dépasse la valeur tolérable, il sera nécessaire de mettre en place des barrières de sécurité (SIS).

L'analyse des risques et l'identification des événements dangereux peuvent être identifiées en utilisant une des méthodes classiques telles que l'**AMDEC** et **HAZOP**.

❖ **Allocation du niveau d'intégrité de sécurité (SIL requis)**

La définition du SIL qui doit être atteint par la fonction de sécurité (SIF) afin de réaliser la réduction nécessaire du risque (SIL requis) et pour cela on utilise par des méthodes particulières telles que **LOPA** et le **graphe de risque**.

❖ **Réalisation et validation du SIS (SIL réel)**

La capacité du SIS à assurer cette réduction (en exécutant la fonction de sécurité qui lui est assignée) est son intégrité de sécurité.

I.7. Méthodes d'analyse des risques utilisées dans ce document

Il existe plusieurs méthodes d'analyse des risques classés selon plusieurs catégories :

- **Selon le type d'analyse** : Il existe deux principaux types d'analyse à savoir, qualitative et quantitative.
- **Selon le type de modèle** : L'analyse des risques peut être effectuée de deux manières, soit on suit une approche statique, qui permet l'analyse du système d'un point de vue structurel sans avoir à considérer les changements du système au cours du temps, soit une approche dynamique qui tient compte des aspects comportemental et temporel du système.
- **Selon le type d'évaluation** : La phase d'évaluation des risques peut être réalisée selon trois approches différentes : évaluation des conséquences des dommages (**approche déterministe**), évaluation de la probabilité d'accident (**approche probabiliste**), évaluation combinée des deux approches précédentes (**approche hybride combinée**).
- **Selon le type de démarche adoptée par la méthode** : Généralement, deux catégories de démarches sont considérées : la première, déductive ou descendante ; et la seconde, inductive ou ascendante.

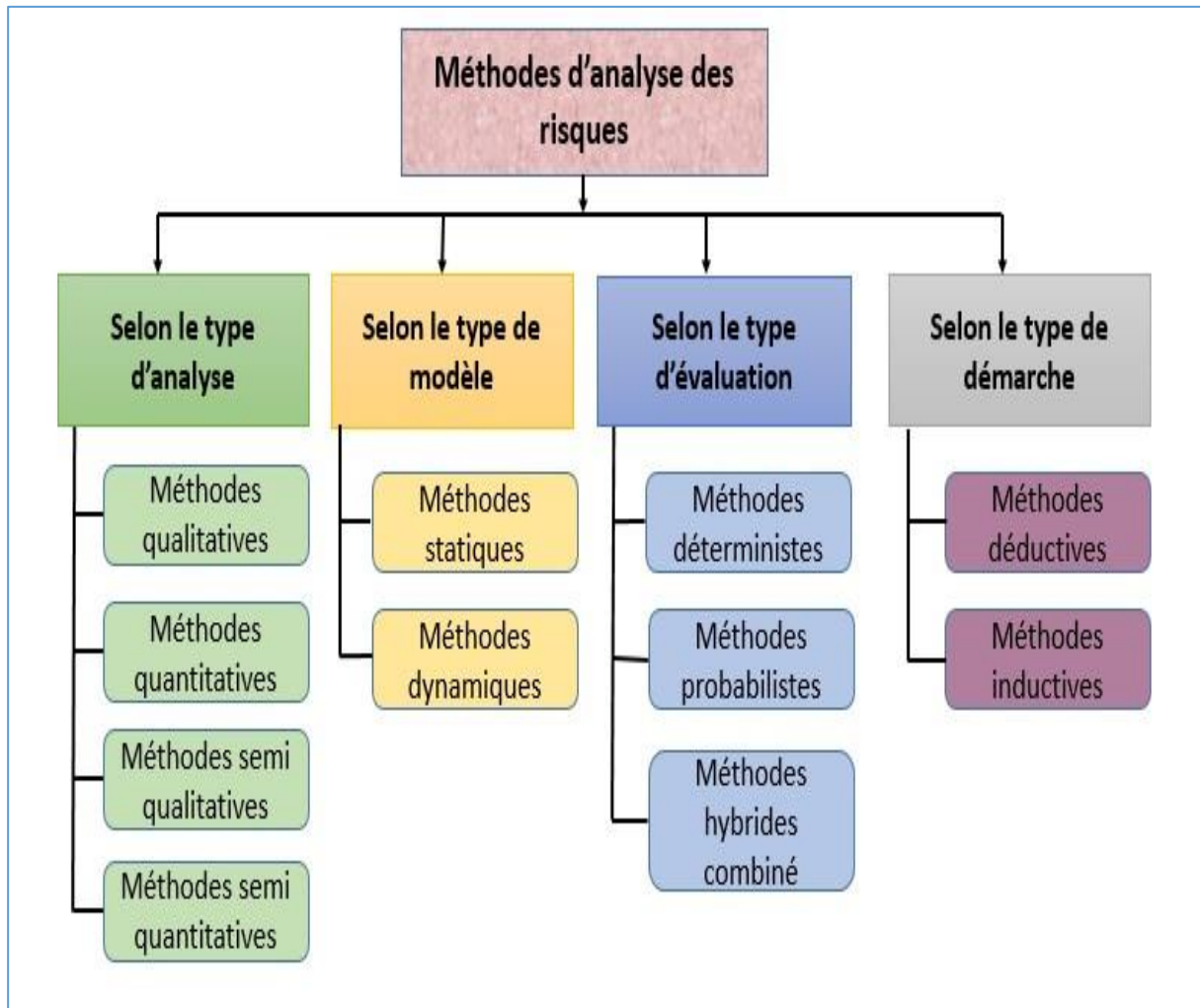


Figure I.9 : Les catégories des méthodes d'analyse des risques [20].

I.7.1.Méthode SADT - analyse fonctionnelle [5]

L'acronyme S.A.D.T signifie : Structured Analysis and Design Technic connue aussi sous le label IDEF0 (en anglais Integration Definition for Function modeling), est une méthode d'origine américaine. La méthode SADT est devenue un standard de description graphique d'un système complexe par analyse fonctionnelle descendante, c'est-à-dire que l'analyse chemine du général (dit "niveau A-0") vers le particulier et le détaillé une méthode d'analyse par niveaux successifs d'approche descriptive d'un ensemble quel qu'il soit. SADT est une démarche systémique de modélisation d'un système complexe ou d'un processus opératoire.

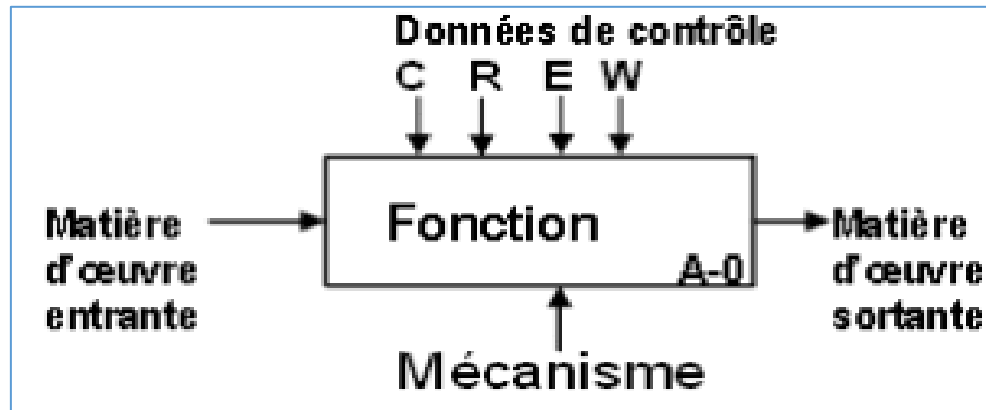


Figure I.10 : Méthode SADT [20].

Nous souhaitons réaliser une étude au niveau du complexe GL1K et nous comptons commencer par la méthode SADT pour faciliter la compréhension du système étudié.

I.7.2. Méthode HAZOP (HAZard and OPerability study) [5]

L'HAZOP est une démarche inductive, qualitative et systématique, permettant démontrer comment un système neuf ou existant pourrait dévier par rapport à son fonctionnement normal afin de le sécuriser et optimiser son exploitation. A ce titre, en utilisant une approche de mot-guide, l'HAZOP permet d'étudier de manière systématique les déviations des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes, les conséquences et les moyens de maîtrise adéquats.

- **But :** de l'étude HAZOP est d'identifier les éventuelles déviations par rapport au design et définir les dangers associés à ces déviations, et l'étude de leur prévention /protection en s'appuyant sur l'analyse systématique de toutes les déviations possibles des différents paramètres.
- **Méthodologie de la méthode HAZOP :** les principales étapes de la méthode sont organisées comme suit :
 - ✓ Diviser le P&ID en nœuds ;
 - ✓ Décrire l'intention du design ;
 - ✓ Choisir un paramètre ;
 - ✓ Appliquer un mot guide ;
 - ✓ Définir la déviation ;
 - ✓ Identifier les causes de la déviation ;
 - ✓ Evaluer les conséquences ;

- ✓ Evaluation des risques (optionnels) ;
- ✓ Revoir les mesures de protection en place (safeguards) ;
- ✓ Recommandations des actions si nécessaire ;
- ✓ Enregistrement et rapport d’HAZOP.

Les résultats d’une étude HAZOP sont généralement présentés dans des tableaux à colonnes appelés feuilles HAZOP, qui en même temps guident le groupe de travail. Un exemple de tableau est fourni ci-dessous :

TableauI.2 : Exemple de tableau HAZOP [18].

Date :								
Ligne ou équipement :								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
N°	Mot clé	paramètre	causes	conséquences	détection	Sécurités existantes	Proposition d’amélioration	observation

I.7.3. Méthode Analyse des Couches de Protection (LOPA : Layers Of Protection Analysis) [5]

L’analyse des couches de protection LOPA est une méthode semi-quantitative d’analyse et d’évaluation des risques, établie dans le but de déterminer la fréquence d’une conséquence indésirable pouvant être prévenue par une ou plusieurs couches de protection.

- **But :** principal de LOPA est de déterminer s’il y a suffisamment de couches de protection pour la maîtrise d’un scénario d’accident bien défini, c’est-à-dire de vérifier si le risque est réduit à un niveau au moins tolérable.
- **Principe de la méthode**

La méthode LOPA (Layer Of Protection Analysis) permet d’évaluer la réduction du risque en analysant la contribution des différentes couches qui englobent l’ensemble des barrières, depuis la conception du procédé jusqu’aux mesures de secours en cas d’accident. Elle a pour avantage de valoriser toutes les couches de protection mises en oeuvre pour réduire les risques. Son application est recommandée dans la norme IEC 61511, dans le cadre de

l'évaluation du niveau de SIL (Safety Integrity Level) requis pour les Fonctions de Sécurité Instrumentée (SIF).

➤ **Étapes d'élaboration de la méthode**

Comme toutes les méthodes d'analyse de risques, LOPA possède ses propres règles d'élaboration et peut être décomposée en sept principales étapes :

- ✓ Établissement des critères d'acceptabilité des scénarios d'accidents
- ✓ Développement et sélection d'un scénario d'accident
- ✓ Identification de l'événement initiateur du scénario et estimation de sa fréquence
- ✓ Identification des IPLs et estimation de leurs PFD
- ✓ Calcul de la fréquence de la conséquence réduite
- ✓ Evaluation du risque par rapport aux critères d'acceptabilité

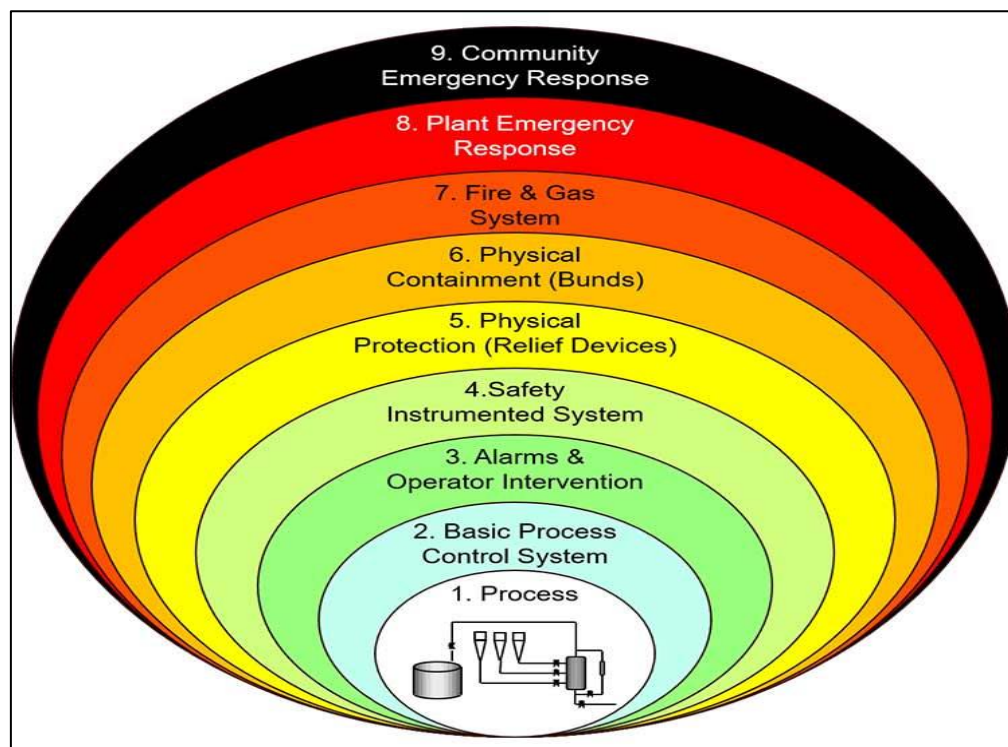


Figure I.11: Couches de protection [16].

➤ **Avantages de la méthode LOPA**

La méthode LOPA présente plusieurs avantages :

- ✓ C'est un outil performant et efficace d'évaluation des risques et de prise de décision quant aux mesures de protection et de réduction.

- ✓ C'est un outil simple et flexible permettant de déterminer la réduction apportée par chaque mesure de réduction (IPL) en lui attribuant des probabilités de défaillance.
- ✓ Elle permet de déterminer le SIL associé au SIS.
- ✓ C'est un outil d'estimation des conséquences limites.
- ✓ C'est un outil d'aide à la décision quant à l'acceptabilité du risque.
- ✓ En la comparant à d'autres méthodes d'analyse des risques telles que l'arbre de défaillance, la méthode LOPA exige moins du temps et moins de coûts pour sa réalisation. Cette caractéristique lui confère la possibilité d'être appliquée à un grand nombre de scénarios qui sont quantitativement difficiles à évaluer.

Tableau I.3 : Exemple de tableau LOPA [18].

Ref no ?	1	2	3	4	5					6	7	8	9	10	11
					Protection layers (PLs)										
	Impact event description F.2	Severity level F.3	Initiating cause F.4	Initiation likelihood F.5	General design F.6.1	Control system F.6.2	Alarms, etc. F.6.3	Additional mitigation, restricted access F.7	Additional mitigation F.8	Intermediate event likelihood F.9	PFD_{avg} required for E/E/PES (and SIL) F.10	Tolerable Mitigated event likelihood F.11	Notes		
1	Overspeed of rotor leading to fracture of casing	Loss of life of persons located adjacent to casing, fatalities will not exceed 2	Speed control system fails	0,1	1	1	1	0,1	0,1	10^{-3}	5·10 ⁻³ (SIL 2 with a minimum PFD_{avg} of 5·10 ⁻³)	10 ⁻⁵ F_t	SIL 2 est requis		
			Loss of load	1	1	0,1	1	0,1	0,1	10^{-3}					
			Clutch failure	0,1	1	0,1	1	0,1	0,1	10^{-4}					
					0,1 credit given to control system		Occupancy limited, persons not present 90 % of the time	Fatality will only occur if fragments contact persons	Total 2,1·10 ⁻³ F_c		Tolerable frequency if fatalities do not exceed 5				

➤ **Développement des Données de HAZOP dans LOPA**

Lorsque LOPA intervient suite à une HAZOP, certains résultats de HAZOP constituent des données d'entrée pour la LOPA, les liens entre les données disponibles en fin d'HAZOP et les données nécessaires à la réalisation de la LOPA sont présentés par la figure si dessous :

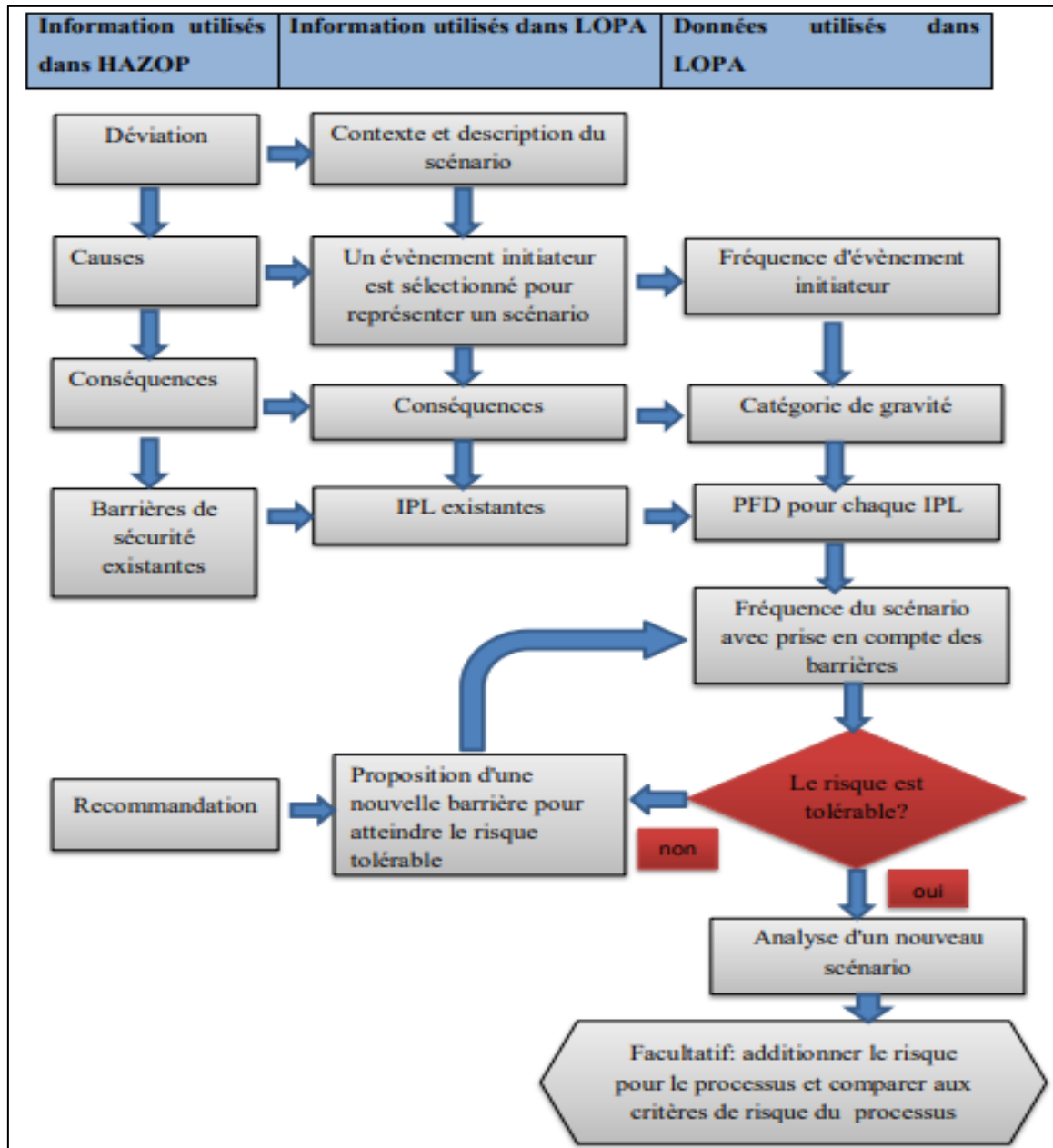


Figure I.12 : Développement des Données de HAZOP dans LOPA [17].

I.7.4. Arbre des Défaillances (Add) [5]

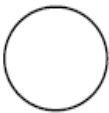
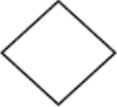
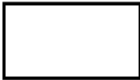
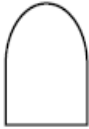

L'arbre de défaillance est un modèle qui permet de mettre en évidence les combinaisons logiques des défaillances qui peuvent entraîner l'évènement principale auquel on s'intéresse appelé évènement sommet. Cette méthode utilise une symbolique graphique particulière qui permet de présenter les résultats dans une structure arborescente.

- **But :** l'arbre de défaillance est une méthode quantitative déductive qui a pour objectif d'analyser en détail les combinaisons d'évènements de base pouvant conduire à

l'évènement redouté, et évaluer la probabilité d'apparition de celui-ci et réfléchir en positionnement les barrières de sécurité

- **Méthodologie de la méthode :** Pour construire l'arbre de défaillance on va :
- ✓ Choisir un évènement sommet que l'on va chercher à expliciter ;
 - ✓ Chercher les causes immédiates de l'évènement indésirable c'est à dire les évènements intermédiaires ;
 - ✓ Analyser et classer les évènements intermédiaires ;
 - ✓ Rechercher les causes immédiates des évènements intermédiaires ;
 - ✓ Analyser et classer les évènements obtenus ;
 - ✓ Répéter ces étapes jusqu'à obtenir les évènements élémentaires ou les évènements de base ;
 - ✓ Tracer l'arbre de défaillance en utilise des portes logiques.

Tableau I.4: Conventions graphiques d'un Add [20].

SYMBOLE	SIGNIFICATION
	Évènement de base : évènement initial ne nécessitant pas de développement. Il s'agit essentiellement d'une défaillance première d'une entité à la limite d'analyse
	Évènement non développé : Évènement qui ne constitue pas un évènement de base mais qui ne sera pas développé en raison d'un manque d'information ou d'autres considérations
	Évènement intermédiaire : Représentation d'un évènement qui est le résultat de la combinaison d'autres évènements.
	Porte 'ET' : Nécessite l'addition des évènements causes pour engendrer l'évènement effet
	Porte 'OU' : ne requiert qu'un seul des évènements causes pour engendrer l'évènement effet

Un arbre de défaillance peut être représenté par la figure suivante :

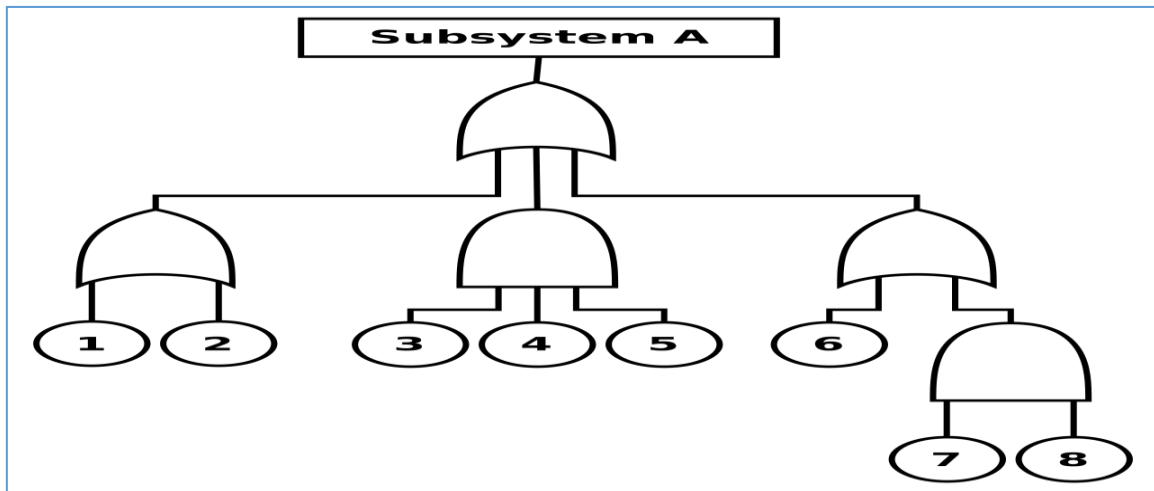


Figure I.13 : Exemple d'un arbre de défaillance [20].

I.8. Conclusion

La gestion des risques dans les entreprises est un processus crucial pour identifier, évaluer et contrôler les risques potentiels qui pourraient affecter l'organisation. Une fois les risques identifiés, des mesures de maîtrise des risques sont mises en place pour réduire leurs impacts et leurs probabilités d'occurrence. Ces mesures peuvent inclure des actions préventives ou des actions correctives. En combinant une gestion efficace des risques avec des mesures de maîtrise des risques appropriées, les entreprises peuvent renforcer leur résilience et leur capacité à faire face aux défis potentiels.

Chapitre II

**présentation du
complexe et du
système à étudier**

II.1.Introduction

Le terme condensat s'applique de façon générale à une multitude de liquides pétroliers, des types différents.

En général, on appelle liquide de gaz naturel, tout mélange d'hydrocarbure composé de C5 et plus et peut être considéré comme produit liquide obtenu par condensation à partir du gaz naturel. Dès lors, tout gaz naturel liquéfié plus lourd que le butane est appelé condensat.

Le condensat est constitué par un mélange complexe de très nombreux composés, hydrocarbures pour la plupart. Ce produit fruit de dégradation et maturations successives de matière organiques et minérales, est inutilisable lorsqu'il est récupéré à la sortie des puits de forage .En revanche dès qu'il est traité et passe de son état brut à des produits raffinés : carburants, produits utilisés dans l'industrie pétrochimique et pharmaceutique, des composé chimique nobles très pures.

II.2. Présentation du complexe

II.2.1Fiche technique du complexe GL1K

II.2.1.1.Emplacement Géographique

Le Complexe de liquéfaction de gaz naturel GL1K de Skikda dont le chantier a débuté en Mars 1969 et la production en Novembre 1972 est situé entre l'embouchure de l'oued Saf-Saf et le village Larbi Ben M'Hidi, et s'étend sur une superficie de 93.5 hectares.



Figure II.1 : Photo de satellite du complexe GL1K

II.2.1.2.Installations du complexe GL1K

Le complexe GL1K est constitué des installations suivantes :

II.2.1.2.1.Nouveau Train de GNL

Utilise le procédé APCI pour la liquéfaction du gaz naturel. Sa capacité de production installée est de **4.5 Millions tonnes/an** de GNL. Ce nouveau train de GNL est construit en remplacement des unités détruites lors de l'incident du 19/01/2004, avec un mode de fonctionnement totalement autonome. Le début de production a eu lieu le 27/03/2013 et la Réception Provisoire est prononcée le 03/02/2014.

Le Méga train comprend les installations suivantes :

- Les Utilités y compris les sous stations électriques ;
- Section de comptage du gaz naturel ;
- Section de compression du gaz naturel ;
- Section de décarbonatation du gaz naturel ;
- Section de déshydratation du gaz naturel ;
- Section de démercurisation du gaz naturel ;
- Section de liquéfaction du gaz naturel et d'extraction de la charge de gaz

Riche en Hélium ;

- Section de fractionnement des sous-produits (Ethane, Propane, Butane et Gazoline);
- Section de stockage et chauffage d'Huile pour les échangeurs ;
- Système torche et Brulot ;
- Salle de contrôle principale et les chambres d'instrumentations de Terrain (FIR);
- Système de contrôle et de sécurité ;
- Réseau anti-incendie ;
- Système de détection feux et gaz;
- Laboratoire

La mise à la réforme des équipements mis à l'arrêt définitif est engagée.

II.2.2.Appontements de GNL et Appontement de GPL : En exploitation

II.2.2.1. Capacité de production du complexe GL1K

Capacité de Production contractuelles ajustées du méga train selon la composition GN actuelle :

- Production de GNL : 4 455 446 TM/an
- Production d'Ethane : 117 308 TM /an
- Production de Propane : 145 378 TM/an
- Production de Butane : 77 838 TM/an
- Production de Naphta : 59 692 TM/an
- Production de Gaz de charge riche en Hélium : 150 184 162 Nm³/an

II.2.2.1.1.Capacité de stockage des produits au niveau du complexe GL1K

Nouvelles capacités de stockage :

- Un bac de stockage GNL 150 000 m³
- Un bac de stockage Propane 64 885 m³
- Un bac de stockage Butane 66 200 m³
- Une sphère de stockage Naphta 3 700 m³



Figure II.3 : Photo réel des nouveaux bacs des stockages

II.2.3. Anciennes capacités de stockage

- Bac de stockage GNL 81TK103 (bac déclassé) 48 000 m³
- Bac de stockage GNL 81TK104 (bac déclassé) 48 000 m³
- Bac de stockage GNL 81TK102 (bac réformé) 56 000 m³
- Bac de stockage propane TK311 12 500 Tonnes
- Bac de stockage propane TK312 (mis à l'arrêt définitif) 12 500 Tonnes
- Bac de stockage butane TK411 (mis à l'arrêt définitif) 20 000 Tonnes
- Bac de stockage gazoline 59TK158 : (réforme engagée) 2 500 m³

II .2.4.Modifications majeures réalisées au niveau du Complexe GL1K et situation à Janvier 2019

- Démolition des unités 20,30 et 40 suite à l'incident de 2004.
- Démolition des bacs de stockage de GNL 81T01A et 81T01B suite à l'incident de 2004
- Installation d'un méga-train de capacité de production contractuelle de 4.5 Millions tonnes/an de GNL (arrêté interministériel n°13 de la 25/10/2016 portant autorisation d'exploitation du méga train).
- Mise à la réforme de l'unité 10 suite à l'assemblée générale ordinaire de SONATRACH tenue le 30/06/2015 (RESOLUTION N°7).
- Mise à la réforme du bac 81TK102 suite à l'assemblée générale ordinaire de SONATRACH tenue le 14/06/2018 (RESOLUTION N°7).
- Mise à l'arrêt et en conservation des unités 5P/6P depuis le 01/01/2014.

La réforme est engagée pour les installations suivantes :

- Les unités de liquéfaction 5P et 6P.
- Les pompes d'eau de mer « Bergeron » des pôles 1 & 2.
- Le bac de stockage gazoline 59TK158.
- Le processus d'arrêt partiel est engagé en vue de procéder à la mise à la réforme des installations suivantes :
 - L'unité GPL.
 - L'unité unité 50.
 - L'unité stockage et expédition GNL (unité 80P)



Figure II.4 : Les différentes unités du complexe GL1K

II.2.5. Projets futurs (court terme)

- Construction d'une nouvelle jetée pour le chargement des navires GNL et GPL : attribution du marché en cours
- Construction d'un nouveau bac GNL en béton précontraint : attribution du marché en cours
- Réalisation d'une installation de production d'azote en EPC : Contrat signé avec IBERGASS Technologie S.L.U,
- Rénovation du réseau d'eau anti incendie des anciennes installations est en cours de réalisation par l'entreprise ENTREPOSE ALGERIE, taux de réalisation à ce jour est de : 70,48%.

II.2.6. Volet Sécurité Industrielle

II.2.6.1. Système de Protection Anti-incendie

Les objectifs des réseaux de lutte contre les incendies du Nouveau Train de GNL de SKIKDA sont :

- Protéger les stocks des hydrocarbures contre les incendies pour atténuer l'incendie et limiter sa propagation.
- Contrôler et éteindre le feu, minimisant ainsi un danger potentiel et limitant sa propagation possible à d'autres secteurs de l'usine.

Le réseau anti-incendie du complexe est un réseau maillé, il est composé de deux réseaux autonomes et qui sont interconnectés en 03 endroits (Tie-in), il est constitué de :

- (02) bacs de stockage d'eau douce anti incendie, l'un d'une capacité de 3300 m³ et l'autre de 620 m³.
- (03) pompes incendie au niveau du pôle 1, dont (02) diesel et (01) électrique qui débitent 1400m³/h chacune.
- (02) pompes incendie au niveau du pôle 2, dont (01) électrique de 1850m³/h et (01) diesel de 4500m³/h.
- (02) pompes incendie pour le méga-train, dont (01) électrique de 1135 m³/h et (01) diesel de 1136 m³/h.

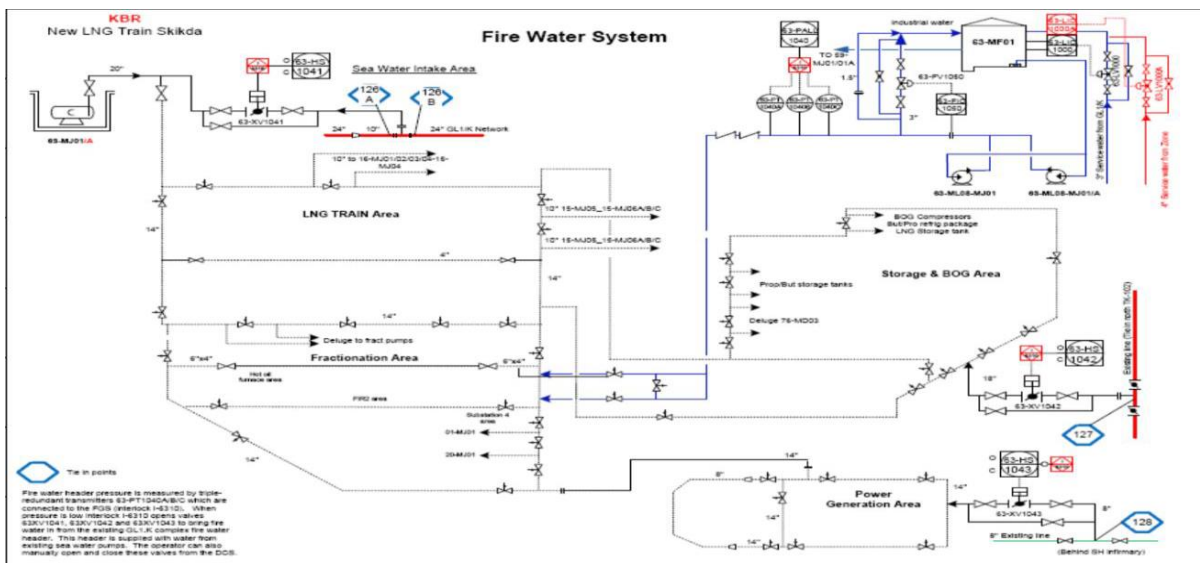


Figure II.5 : Schéma des réseaux de lutte contre les incendies du Nouveau Train de GNL de SKIKDA

II.2.6.2.Moyens de protection

- Installations du méga-train:
- Systèmes de déluges fixes anti-incendie

Les systèmes de pulvérisation anti-incendie par déluges sont utilisés pour protéger les équipements critiques.

Tableau II.1 : Les systèmes de pulvérisation anti-incendie par déluges.

Repère SKID	Equipements protégés
63-ML01	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compresseur HP MR et PR ▪ Compresseur BP MP et MR ▪ Compresseur fuel gaz

63-ML02	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compresseur Hélium-riche ▪ Compresseur de recyclage de BOG
63-ML03	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Compresseur gaz d'alimentation ▪ Compresseur PR externe
63-ML04 63-ML05	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Toutes les pompes de fractionnement ▪ Compresseur BOG ▪ Package de réfrigération du BOG ▪ Bac de stockage de GNL
63-ML06	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Bac de stockage de propane ▪ Bac de stockage de butane
63-ML07	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sphère de stockage de la gazoline

– Systèmes anti-incendie des enceintes des turbines à gaz.

Les systèmes d'extinction par le CO₂ sont utilisés pour la protection des enceintes des turbines à gaz.

Les GTG (les turbines à gaz des 05 génératrices d'énergie électrique), la turbine du compresseur de gaz d'alimentation, les turbines à gaz des compresseurs fuels gaz et du propane externe sont équipées chacune d'un double rack de bouteilles de CO₂.

Les turbines à gaz des compresseurs MR/PR sont équipées de tanks de CO₂ du fait du volume important de la machine.

II.2.6.3.Moyens fixes d'intervention au niveau des appointements

Appontement GNL :

- 02 postes fixes à poudre de 3000 Kg chacun.
- 02 postes à poudre tractables, 150 kg chacun.
- 06 extincteurs à poudre de 09 kg chacun.
- 01 poste fixe à mousse 2000 litres d'émulseur.
- 01 poste à mousse tractable 600 litres d'émulseur.
- 02 poteaux anti- incendie.
- 02 canons à eau.

Appontement GPL :

- 01 poste fixe à poudre de 3000 Kg.
- 02 extincteurs à poudre de 09 kg chacun.
- 01 poste fixe à mousse 2000 litres d'émulseur.
- 06 poteaux anti- incendie.
- 02 canons à eau.

II.2.6.4. Système de détection Feux et Gaz (FGS)

Les principaux objectifs du système de détection feux et gaz (FGS) sont :

- Assurer une détection précoce des fuites de gaz dans les installations à risques et prendre les dispositions appropriées.
- Garantir une détection précoce en cas d'incendie et ce, afin de permettre son extinction automatique et/ou manuelle et l'application des mesures appropriées.
- Alerter à temps tout le personnel sur l'existence du danger.

II.2.6.5. Equipements fournis pour la détection Feux et Gaz

- Détecteurs de gaz, de feux et de fumées.
- Détecteurs infrarouge (IR) à chemin optique ouvert.
- Détecteurs d'hydrogène.
- Détecteurs de flammes à infrarouge triple-bande.
- Détecteurs de basses températures.
- Détecteurs de chaleur.
- Déclencheurs manuels d'alarme incendie (Postes d'appels manuels) ou MAC.
- Alarmes sonores et visuelles.
- Détecteurs d'oxygène.
- Extinction de feux dans l'enceinte de la turbine à gaz par du CO₂.
- Appareil de détection précoce de fumée (VESDA) dans les locaux techniques.
- Extinction de feux au gaz inerte IG55.
- Les barrières du nouveau système d'interfaçage appelé PGDS (Périmètre Détection System) sont alimentées directement à partir des UPS redondant au nombre de 14, elles assurent l'interface entre les systèmes de détection de gaz F&G (FGS1, FGS2) et le système d'arrêt d'urgence ESD (SIS) afin de protéger les installations en cas de fuites importantes de gaz.

- Interfaçage entre les systèmes FGS et ESD :

Les barrières du système d'interfaçage appelé PGDS (Perimeter Detection Gas System) sont au nombre de 28 (14 au niveau du Train et 14 au niveau de Frac), elles assurent l'interface entre les systèmes de détection de gaz F&G et le système d'arrêt d'urgence ESD (SIS) afin de protéger les installations en cas de fuites importantes de gaz au niveau du Train et Frac.

- Dispositifs de détection précoce des fumées (VESDA) :
 - Les dispositifs de détection précoce de fumées (VESDA) sont installés dans les bâtiments FIR et la salle de contrôle principale (CCR).
 - La détection de fumées entraîne l'activation du système d'extinction au gaz inerte IG-55 après 20 secondes de l'activation d'alarme.

II.2.6.6. Vue d'ensemble du système Feu et Gaz

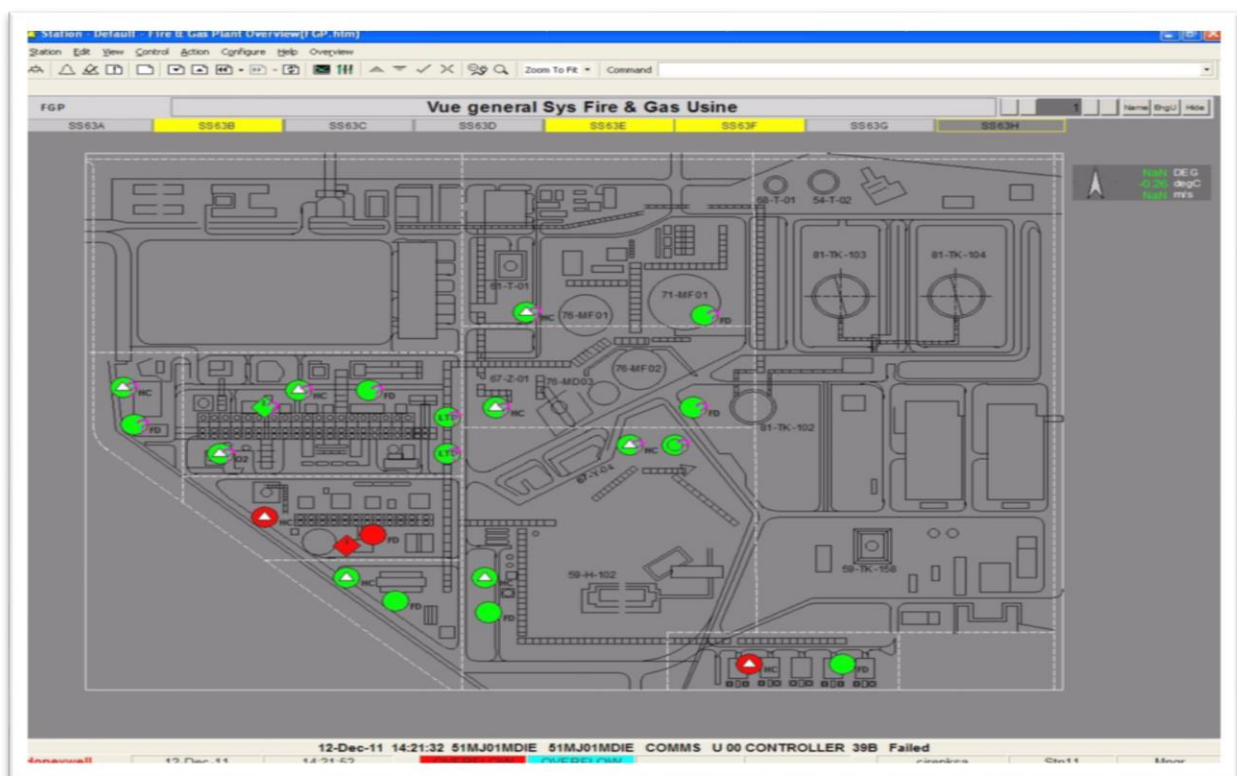


Figure II.6 : Schéma de système Fire et Gas usine

II.2.6.7. Système de télésurveillance (CCTV)

Le système de télésurveillance permet aux opérateurs de voir, d'enregistrer et de réviser les enregistrements vidéo des quarante (40) caméras placées à travers tout le complexe.

- (14) Caméras fixes pour la surveillance des zones non-classées (le long de la nouvelle clôture nord et ouest de l'usine).

Volatil (COV) présent dans les vapeurs provenant du ballon de reflux de la colonne de régénération de l'AMDEA.

- Mise en place d'un brulot anti- fumée où un gaz assistant (composé de GN) est injecté dans le liquide au niveau des brûleurs pour vaporiser le liquide et par conséquent réduire la fumée et la cokéfaction au niveau du bec du brûleur.
- Mise en place d'un système DLN (Dry Low NOx) au niveau des turbines à gaz qui assure une bonne combustion et une réduction des NOx.

II.2.8.2. Analyse des émissions atmosphériques

Une étude a été faite par le département Technique pour la mise en place de points d'échantillonnage pour l'analyse des émissions atmosphériques au niveau des cheminées des :

- Turbines à gaz des : compresseur GN, compresseur fuel gaz, compresseur LP/MP MR, compresseur HP MR et propane externe, compresseur propane,
- Turbines à gaz des générateurs d'électricité A, B, C, D et E,
- Système d'oxydation thermique (incinérateur),
- Four d'huile chaude.

Les paramètres analysés sont : SOx, NOx, COx, COV, particules et ce conformément au décret exécutif n°06-138 réglementant l'émission dans l'atmosphère de gaz, fumées, vapeurs, particules liquides ou solides, ainsi que les conditions dans lesquelles s'exerce leur contrôle.

II.2.8.3. Traitement des eaux sanitaires

Une station de traitement des eaux sanitaires résiduaires 64-ML01 d'une capacité de 65 m³/jour a été conçue dans le cadre du méga- train, elle est constituée de deux unités dont l'une est en service et l'autre est en stand- by.

Le procédé de traitement des eaux sanitaires consiste à :

- Opération de dégrillage (filtrage) ;
- Aération ;
- Clarification et sédimentation ;
- Désinfection du liquide clair sortant du clarificateur.

II.2.8.3.1. Traitement des eaux huileuses

Un séparateur des eaux huileuses 64-ML02, d'une capacité de 40m³/h, a été conçu pour séparer les eaux huileuses provenant des différentes zones du méga- train, il est constitué de deux unités : l'une en service et l'autre en stand- by.

II.2.8.3.2. Consommation d'eau de mer

La capacité de consommation d'eau de mer au niveau du complexe a été réduite à 98 % et cette suite à l'arrêt des anciennes installations (U5P, U6P, U10, etc) qui utilisaient d'énormes quantités d'eau de mer pour le refroidissement. Les nouvelles installations du Méga- train sont refroidis à l'air, un résumé de la consommation actuelle en eau de mer est Indiqué dans le tableau ci-après :

Tableau II.2 : Résumé de la consommation actuelle en eau de mer.

Consommation eau de mer avant démarrage Méga-train	Consommation eau de mer après démarrage Méga-train	Observation
55233 m3/h	720 m3/h	
1325592 m3/jour	17280 m3/jour	

II.2.8.4. SYSTEME D'HUILE CHAUDE

Le rôle de ce système est de stocker, chauffer et fournir l'huile chaude nécessaire pour le réchauffage des rebouilleurs et des réchauffeurs de l'ensemble du train. Ce système est composé de 3 unités :

- Unité 08 stockage d'huile: Stockage de l'huile et compensation des pertes par appoint aux unités 18 et 58.
- Unité 18 Chauffage d'huile pour les échangeurs du traitement du gaz et pour le réchauffeur de Fuel Gas (15-MC07).
- Unité 58: Chauffage d'huile pour les échangeurs du fractionnement et pour le réchauffeur de gaz naturel (01-MC02).

Le four d'huile chaude 58-MB01 est cylindrique vertical de type à chauffe directe comprenant 16 brûleurs et un pilote pour chaque brûleur. La gestion du four est réalisée par un automate (BMS Burner Management System) fournit par le constructeur. Le four est alimenté en gaz combustible à partir du collecteur de fuel gaz basse pression et du ballon de flash HP 12-MD22 de l'unité de décarbonatation. Les pilotes sont alimentés par du fuel gaz basse pression. L'air à tirage naturel est utilisé pour la combustion

II.2.8.5. Incinérateur 65MB07

L'incinérateur est installé au niveau du méga-train dans le but de brûler les vapeurs VOC (Composants Organiques Volatils) produits au niveau de la colonne de régénération de

MDEA (12-MD39). Ces VOC sont évacués à partir du ballon de reflux de la colonne de régénération et véhiculés jusqu'à l'incinérateur. La régulation de l'incinérateur se fait aussi bien par le DCS et au niveau d'un panneau local. Il utilise le fuel gaz basse pression, l'air et le gaz naturel comme gaz de pilote.

Le pilote est alimenté avec du gaz naturel.

II.2.8.5.1. Procédé de gaz d'assistance au niveau du brulot

le gaz d'assistance est utilisé pour la pulvérisation du liquide dans le but d'avoir une combustion complète et sans fumée. Le gaz est injecté dans le liquide au niveau des brûleurs pour vaporiser le liquide, réduire la fumée et la cokéfaction au niveau du bec du brûleur. Le type de brulot au niveau du méga train est smokeless "sans fumée". Il utilise l'énergie associée aux fluides pressurisés et l'effet Coandă afin d'entraîner l'air et fournir ainsi un torchage avec très peu de fumées et à faibles radiations.

NB / L'effet Coandă est le résultat de l'attraction d'un jet de fluide par une paroi convexe voisine. Le fluide se projette sur la surface et subit une déviation avant de s'en détacher avec une trajectoire différente de celle qu'il avait en amont). Le mélange de liquide et de gaz est éjecté à une grande vitesse et se colle à la paroi convexe. Au fur et à mesure qu'il suit la courbe, le fluide crée une dépression et aspire une grande quantité d'air, ce qui donne une combustion sans fumée.

II.2.8.5.2. Système boil off

Le BOG venant du nouveau bac de stockage de GNL et des bacs de stockage de GNL existants, ainsi que les vapeurs du retour des méthaniers, sont envoyés d'abord vers le ballon d'aspiration des compresseurs de boil-off 71-MD01, puis vers l'aspiration des compresseurs de BOG 71-MJ05-A/B/C, où il est comprimé. Environ la moitié de ce courant alimente le système de fuel-gaz HP et l'autre moitié alimente le compresseur de recyclage de BOIL-OFF 15-MJ06A/B/C où elle est recyclée avec le débit d'alimentation en amont de la colonne d'épuration et l'autre moitié est injectée dans le réseau fuel-gas.

Le BOG recyclé venant du refoulement des compresseurs de BOG est envoyé aussi vers le ballon d'aspiration du compresseur de boil-off 71-MD01. Une petite quantité de GNL circule en continu à partir de la ligne de coulée du GNL vers le fond du ballon d'aspiration du compresseur de boil-off 71-MD01. Ce GNL est renvoyé vers le bac de stockage de GNL en utilisant la pompe de retour de GNL 71-MJ06/06A.

Il y a trois (03) compresseurs de BOG 71-MJ05-A/B/C. Pendant le fonctionnement normal, seul un compresseur est utilisé. Quand un (01) méthanier est en chargement, on utilise deux

(02) compresseurs. Quand deux (02) méthaniers sont en chargement en simultané, on utilise les trois (03) compresseurs.

II.2.9.ORGANIGRAMME DU COMPLEXE

L'organisation générale du complexe est reprise dans l'organigramme présenté ci-dessous:

- Organigramme général du complexe

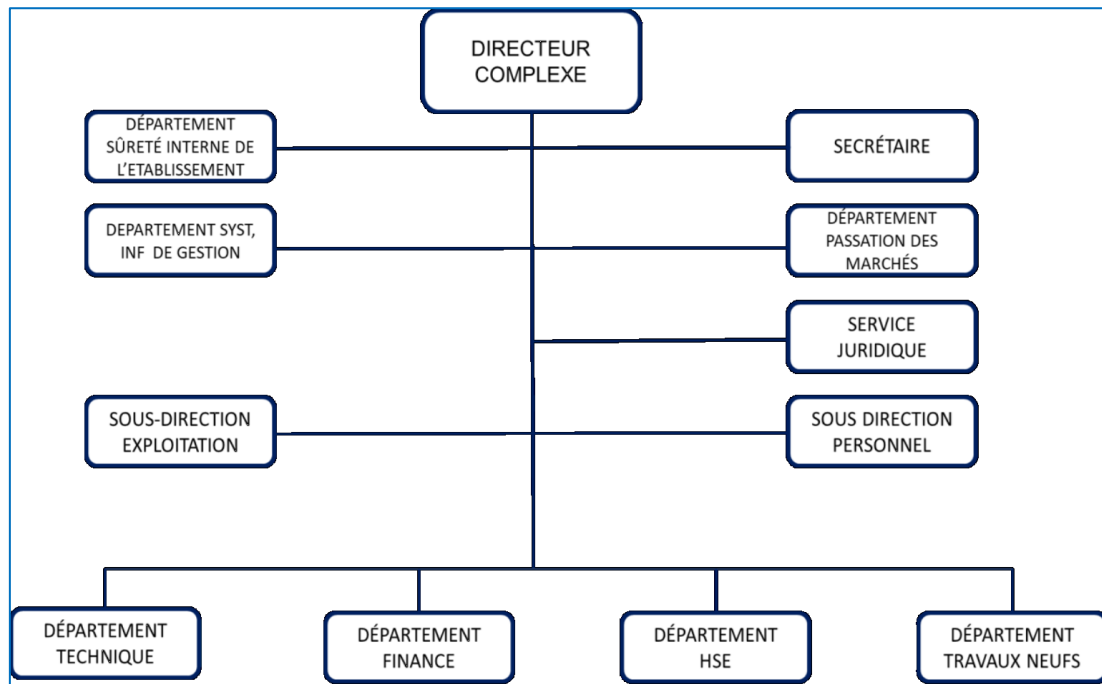


Figure II.8 : Organigramme de la société

- Organigramme du département Hygiène, Sécurité Environnement

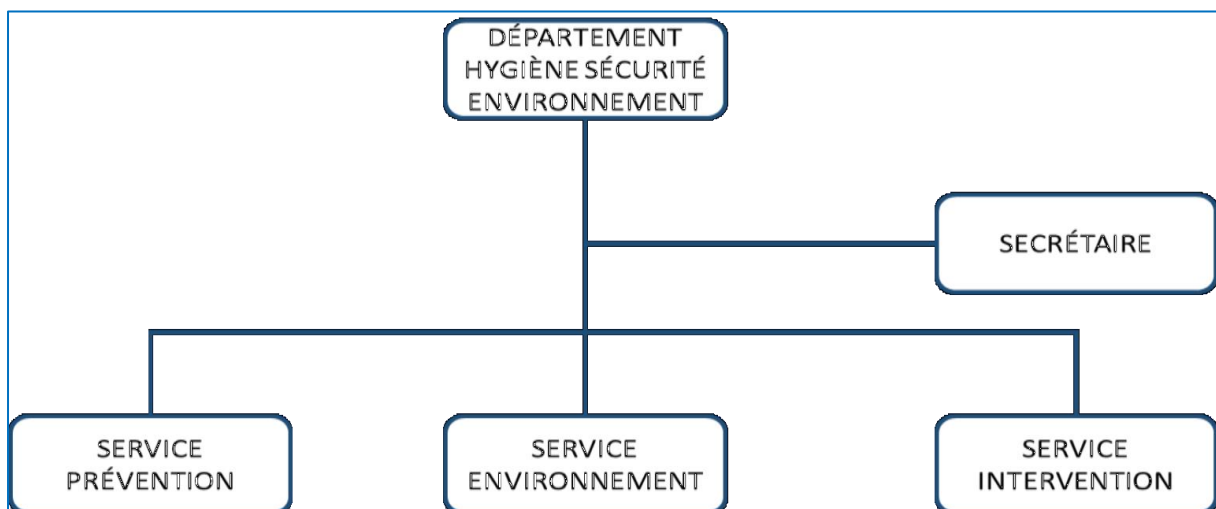


Figure II.9 : Organigramme du département HSE

II.2.9.1. Description de la fonction HSE

L'organisation, le fonctionnement et les attributions de la fonction HSE ont été arrêtés conformément au Décret exécutif n° 05-11 du 8 janvier 2005 fixant les conditions de création, d'organisation et de fonctionnement du service d'hygiène et de sécurité ainsi que ses attributions,

Le modèle de la fonction HSE comporte trois niveaux de commandement :

1. Niveau de fonction : Chef de département HSE
2. Niveau de sous-fonctions :
 - Chef de service prévention
 - Chef de service intervention
 - Chef de service environnement.
3. Niveau de commandement direct : chefs de section et chefs de quart 0

II.2.9.2. Missions du service prévention

- Veiller au respect de la réglementation, normes, référentiels, procédures et consignes en matière de sécurité prévention ;
- Mettre en œuvre la politique de l'entreprise en matière HSE ;
- Etablir les règles et procédures en matière de prévention ;
- Elaborer et déclencher les programmes de sensibilisation et de formation du personnel à la prévention des risques ;
- Procéder aux études de sécurité sur toutes modifications ou nouvelles installations ;
- Veiller au Suivi des travaux pour assurer la sécurité dans l'unité
- Déclencher les investigations sur tout accident et /ou incident
- Analyser les statistiques des accidents et incidents pour engager les actions préventives et correctives afin d'améliorer la sécurité
- Veiller à la réalisation des inspections et audits sécurité des locaux et installations.
- Identifier les dangers, participer à l'évaluation des risques et aux recommandations des mesures préventives et correctives.

II.2.9.3. Missions du service intervention

- Intervenir avec les moyens appropriés en cas de situations d'urgences et de crises, de contrôler et d'entretenir les matériels et installations de sécurité à sa charge ;
- Prévoir et mettre en place les moyens humains compétents, matériels et organisationnels pour faire face aux conditions les plus défavorables ;

- Disponibiliser les matériels et installations de sécurité à sa charge ;
- Effectuer des rondes régulières et systématiques de contrôle et de surveillance des installations et s'assurer de la prise en charge des anomalies constatées ;
- Planifier et préparer les exercices de simulation en prenant en considération les remarques et les retours d'expériences ;
- Préparer les plans d'attaque pour les scénarios potentiellement dangereux ;
- Assurer la formation sur la lutte contre le feu au personnel du site ;
- Prévoir en réserve les équipements de protection nécessaires aux agents auxiliaires d'intervention ;
- Contribuer avec la structure exploitation dans l'exécution de l'ensemble des opérations relatives aux démarrages et/ou arrêts des équipements stratégiques à risques potentiels ;
- Assister le service prévention dans la surveillance des travaux potentiellement dangereux ;
- Assurer l'escorte des produits dangereux à l'intérieur du site.
- Contribuer dans la signature du permis de travail ;
- Assister les autres sites conformément au Protocole d'Assistance Mutuelle PAM.

II.2.9.4.Missions du service environnement

Cette fonction particulière avec à la tête un chef de service environnement est composée de spécialistes dans le domaine de l'environnement.

La quête de nuisances et/ou dégradations portant atteinte aux milieux naturels (sols, sous-sols, atmosphère et eau), l'amène à une étroite collaboration avec les services Prévention, Intervention, QHSE et les départements technique et production, voir même à une superposition des activités.

L'activité de ce service s'implique dans tous les domaines de l'unité industrielle.

Les abords pas forcément immédiats sont sous sa vigilance.

Sa collaboration avec les organismes de l'état peut déborder jusqu'aux Organisations Non Gouvernementales (O.N.G) dans le cadre de la mission du délégué environnement. Les travaux de ce service sont essentiellement de constats, d'analyses et de recommandations, en vue d'améliorer la gestion de l'environnement. Les avis et les approbations sont réservés à la hiérarchie et sont empreints de discrétion dans le cadre du respect du secret de la profession.

II.3.présentation du système à étudié

II.3.1.Introduction

Avant la liquéfaction, le gaz naturel doit subir trois traitements pour être débarrassé de trois éléments nuisibles au fonctionnement de l'installation :

- ✓ Le CO₂ (anhydride ou gaz carbonique)
- ✓ L'eau
- ✓ Le mercure

II.3.1.1 Nécessité d'extraire le CO₂ du gaz naturel

Durant le processus de liquéfaction, le gaz naturel est refroidit progressivement de +35°C à -162°C. Durant la même étape, le CO₂ contenu dans le gaz naturel, s'il n'était pas extrait, se solidifierait et provoquerait le **bouchage** de l'échangeur principal où est réalisée la liquéfaction.

II.3.1.2. Conséquences du bouchage

Si le passage de CO₂ est momentané, cela pourra se traduire par une baisse de rendement de l'installation, étant donné la diminution des échanges thermiques au niveau de l'échangeur principal de la liquéfaction, du fait de la fixation du CO₂ à l'intérieur des tubes.

Si le passage de CO₂ est important, l'arrêt de la liquéfaction est impératif. Une fois l'unité à l'arrêt le CO₂ est éliminé par balayage au gaz naturel traité et chauffé (progressivement jusqu'à 60 °C maxi).

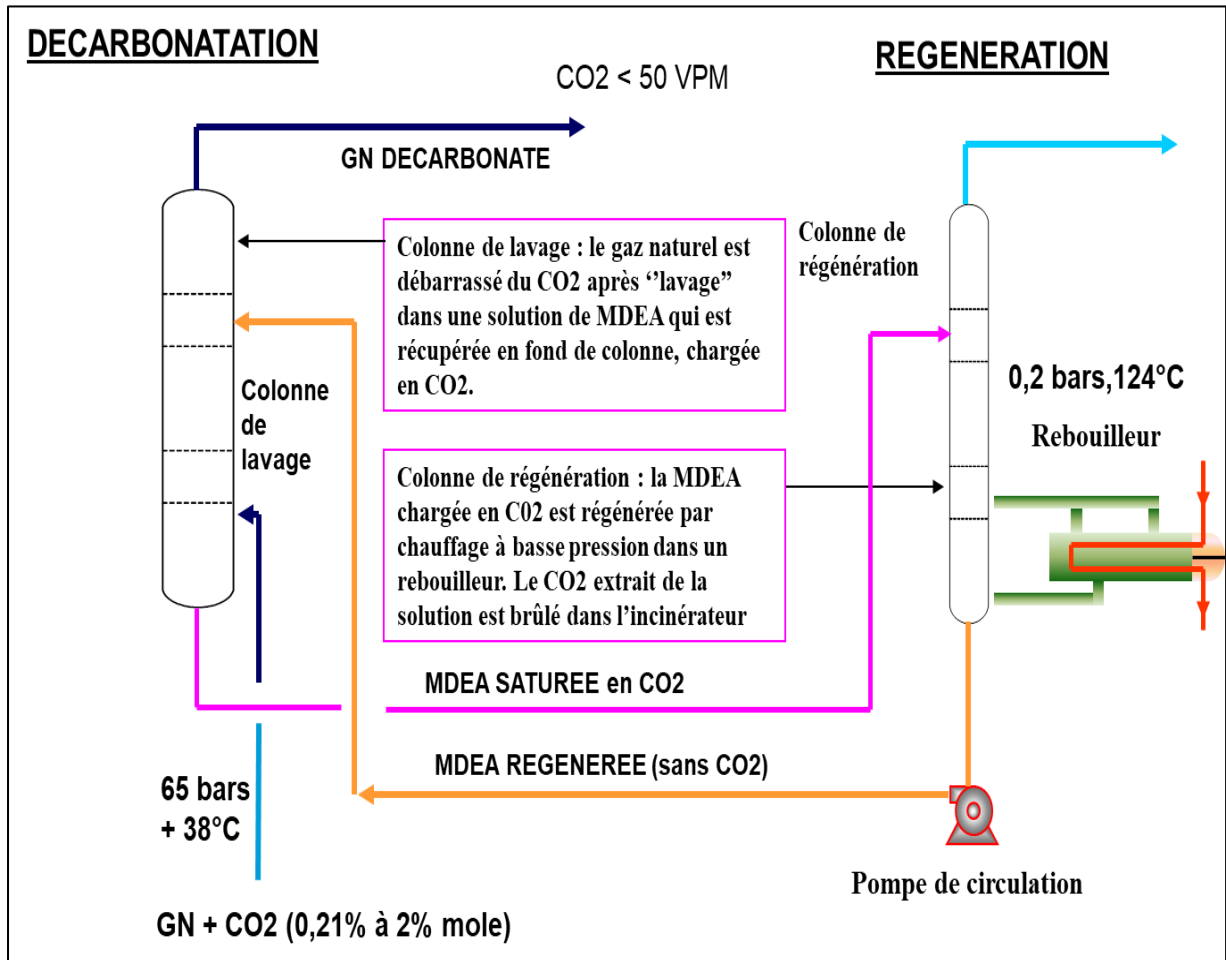


Figure II.10 : Principe générale

II.3.2. Absorbeur 12MD21

La colonne de décarbonatation 12-MD21 est conçue pour éliminer le CO_2 contenu dans le gaz naturel par absorption chimique par une solution aMDEA pauvre.

Cette solution aqueuse d'aMDEA alimente la tête de l'absorbeur 12-MD21 grâce aux pompes 12-MJ21A/B/C et sous le contrôle du 12-FIC-1117.

La solution circule ensuite vers le fond à travers des lits de garnitures entassés (disposés en 4 lits de 6 m comprenant des distributeurs de liquides intermédiaires). De ce fait, la solution de MDEA est mise en contact avec le GN circulant à contre courant de bas en haut et traversant les lits de garnitures.

Le gaz débarrassé du CO_2 quitte la tête de l'absorbeur 12-MD21 pour être dirigé vers l'unité de déshydratation.

Le refroidisseur de tête de la colonne de décarbonatation 12-MC35 est conçu pour traiter les cas où le CO₂ présent dans le GN constitue 2% de la charge, ce qui nécessite un refroidissement supplémentaire à cause de la chaleur d'absorption.

Le débit du flux de solvant pauvre évacué par les pompes de solvant pauvre 12-MJ21-A/B/C vers le haut de la colonne est contrôlé par le régulateur 12-FIC-1117 qui règle la vanne 12-FV-1117.

Le niveau dans la colonne est contrôlé par un régulateur principal en cascade 12-LIC-1012, qui règle le point de consigne du régulateur asservi au régulateur 12-FIC-1015. Le régulateur 12-FIC-1015 règle la vanne 12-FV-1015 afin de contrôler le flux de solvant riche évacué de la colonne d'absorption vers la colonne de détente HP 12-MD22.

Les vapeurs de tête (dont le CO₂ qui a été éliminé) s'écoulent à travers le refroidisseur de tête de la colonne d'absorption 12-MC35. Tout excès de pression de la colonne peut être manuellement évacué vers la torche chaude grâce au régulateur manuel 12-HIC-1005, qui commande la vanne 12-HV-1005.

II.4. Conclusion

Après la description du complexe GL1K, ses installations et son organisation notamment la structure HSE, une description fonctionnelle et structurelle du système à étudier (la colonne de décarbonatation 12-MD-21) a été faite dans le but de comprendre ce dernier afin d'appliquer notre démarche d'analyse qui sera mise en lumière dans la suite de notre travail.

Chapitre III

Evaluation des MMRI relatifs à la colonne 12MD21

III.1. Introduction

Pour valider la démarche d'analyse que nous avons proposée, nous avons utilisé une combinaison des outils d'analyse selon les étapes suivantes :

La première étape est une analyse fonctionnelle par la méthode SADT, les résultats de cette méthode nous permettent de comprendre le fonctionnement du système de décarbonatation.

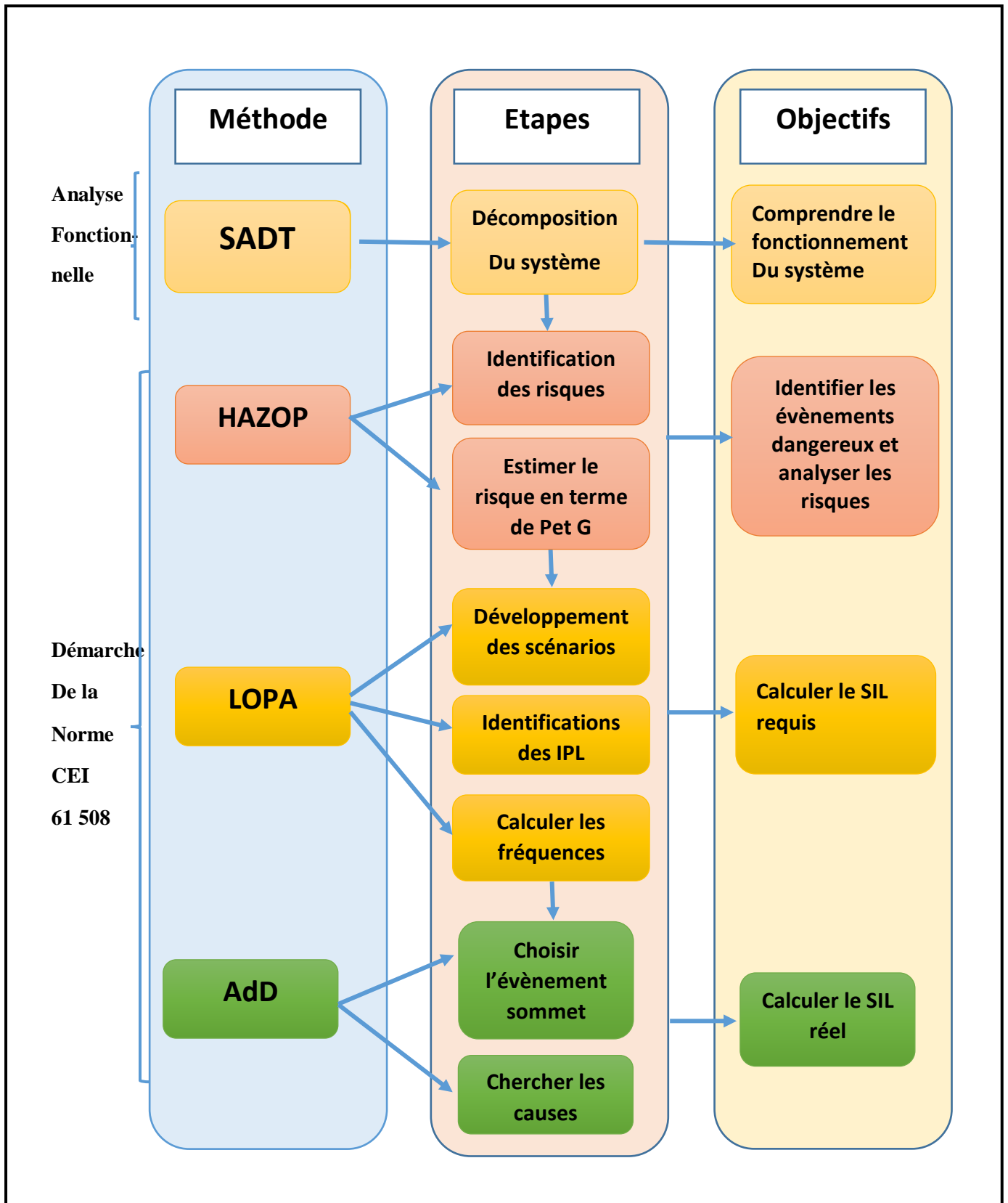
Ensuite une analyse dysfonctionnelle par la méthode HAZOP pour identifier les scénarios D'accidents majeurs et leur classement dans une grille appropriée au système étudié, ce qui

Nous aide à appliquées la méthode LOPA pour l'évaluation des SIL requis des

Différents SIS associés à la colonne de décarbonatation ainsi que la performance réelle des SIS (SIL réel), impliqués dans des scénarios d'accidents dont la fréquence d'occurrence dépasse la valeur tolérable, sera évaluée en utilisant la méthode AdD sur le logiciel GRIF.

Nous proposons la méthodologie suivante pour réaliser notre étude de cas au niveau du complexe de GL1K SKIKDA :

Schéma représente la méthodologie du travail :



III.2. Analyse fonctionnelle

Pour pouvoir analyser les dysfonctionnements du système nous avons préféré de faire une analyse fonctionnelle afin de comprendre le fonctionnement de ce système et pour pouvoir le décomposer en sous-systèmes. Pour ce faire nous avons choisi la méthode SADT pour la réalisation de cette étape.

- La méthode SADT (Structured Analysis and Design Technique), est une approche d'analyse fonctionnelle qui utilise des diagrammes structurés pour représenter graphiquement les fonctions d'un système, les flux d'information entre ces fonctions, et les contraintes qui les régissent, elle aide également à visualiser et à comprendre les interactions et les dépendances entre les différentes parties d'un système de manière systématique.

Voici les schémas les plus simplifiés que possible relatifs au système de décarbonatation respectivement :

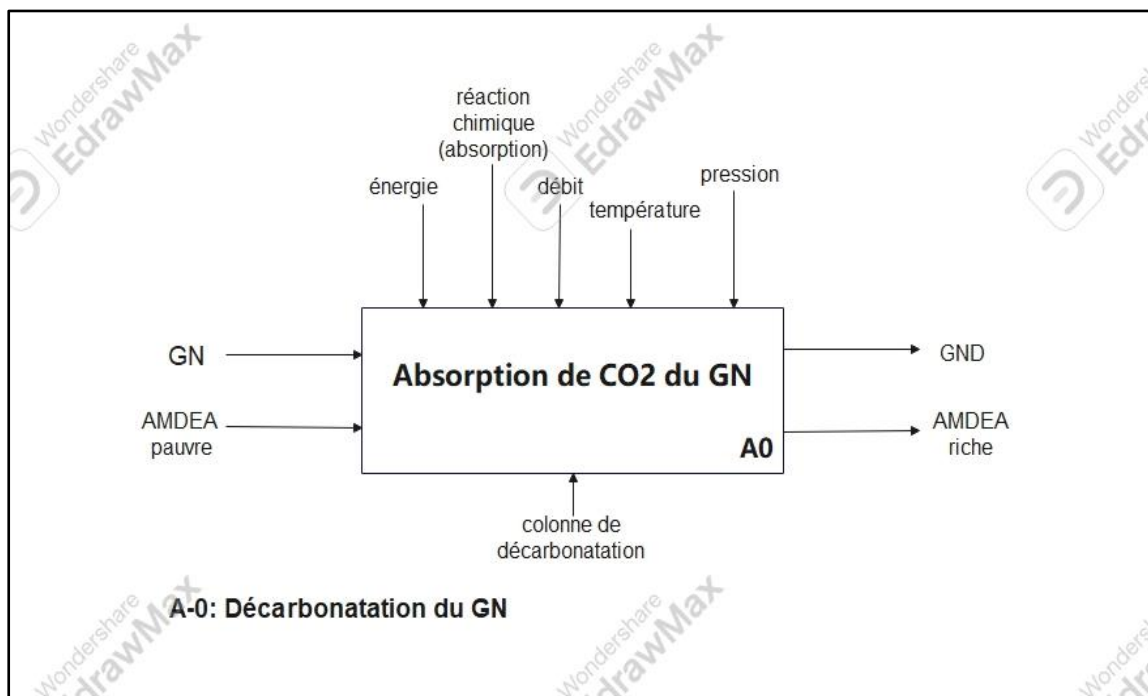


Figure III.1 : Niveau A-0 de décarbonatation

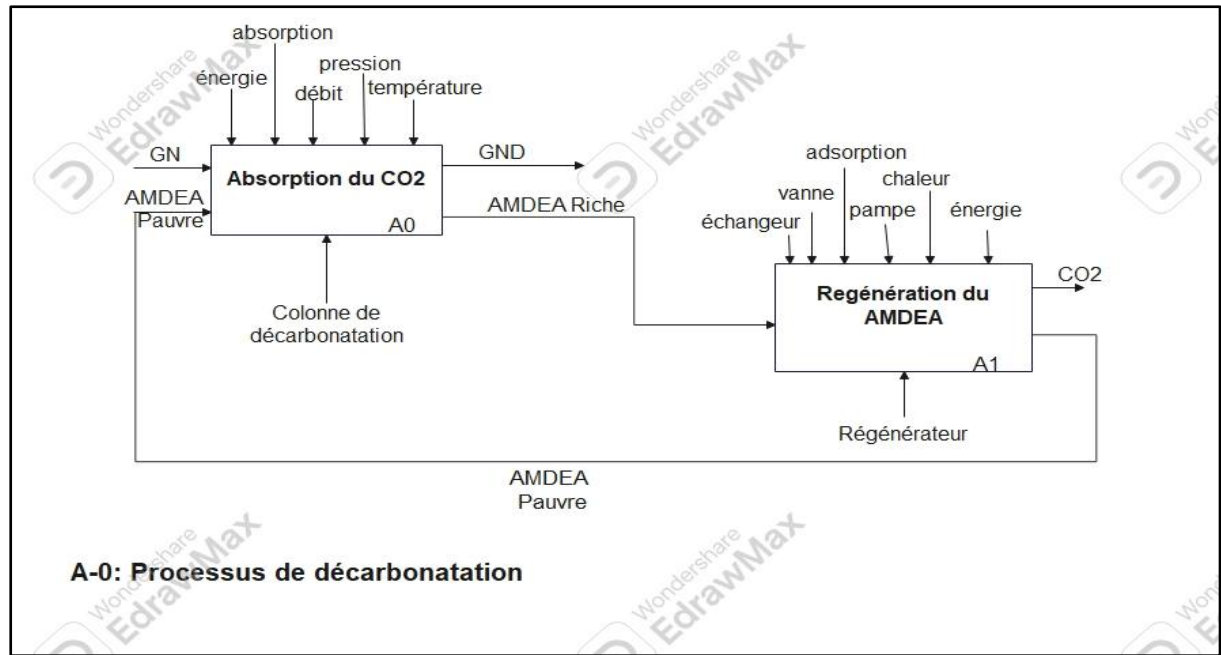


Figure III.2 : Niveau A-0 Processus de décarbonatation

III.2.1 Discussion sur la méthode SADT

La colonne de décarbonatation est utilisée pour l'élimination des molécules du CO₂ existant dans le gaz naturel, cette opération est faite à l'aide d'un produit appelé AMDEA qui absorbe le CO₂, le système de décarbonatation est composée de plusieurs sous-systèmes, dont la colonne de décarbonatation est lié avec un régénérateur afin de régénérer l'AMDEA à travers une réaction de l'adsorption pour le rendre pauvre en CO₂.

III.3. Illustration de la démarche de la norme CEI 61 508 sur la colonne de décarbonatation

Dans ce qui suit, nous procéderons à une application des méthodes d'analyse consacrées au calcul du SIL requis et du SIL réel.

III.3.1. Identification des phénomènes dangereux et analyse des risques

Dans cette étape nous avons utilisé la méthode HAZOP, cette méthode est utilisée dans le but d'identifier les scénarios d'accident susceptibles d'être générés par les équipements dangereux, et pour nous permettre d'analyser les différentes déviations des paramètres de fonctionnement des équipements choisis par le recensement des différentes causes et

conséquences des scénarios d'accidents et envisager les différentes barrières de sécurité pouvant empêcher ces accidents considérés dans tel cas potentiels.

II.3.1.1. Etablissement des critères d'acceptabilité

Dans notre cas, l'évaluation de l'acceptabilité et de sélection des scénarios d'accident sera faite à la base de la grille de criticité présentée ci-dessous :

Tableau III.1 : Catégories de probabilité

Probabilité	Fréquence	probabilité
1	Improbable (possible, mais jamais vue ou peut-être un événement dans le monde)	Environ 1 fois tous les 1000 ans
2	Improbable (possible, mais jamais vue ou peut-être un événement dans le monde)	Environ 1 fois tous les 100 ans
3	Rare (s'est produit à l'usine)	Environ 1 fois tous les 10 ans
4	Probable (se passe de temps à autres)	Environ 1 fois tous les ans
5	Fréquent	Environ 10 fois ou plus par an

Tableau III.2 : Catégories de gravité

Gravité	Personnes	Environnement	Valeurs matérielles
1	Blessure légère. Blessure avec premiers soins.	Léger dégât à l'environnement	Dégâts faibles. Influence réduite sur la production
2	Blessure entraînant une perte de temps. Traitement médical.	Dégâts environnementaux locaux pendant une courte période.	Dégâts moyens. Influence moyenne sur la production.
3	Handicap permanent. Hospitalisation prolongée.	Durée pour la restitution des ressources écologique inférieure à 2 ans	Dégâts considérables. Influence considérable sur la production
4	Un décès	Durée pour la restitution des ressources écologique à 2-5 ans	Dégâts graves. Longs arrêts de production
05	Plusieurs décès	Durée pour la restitution des	Démolition de l'usine ou de grandes parties de celle-ci.

		ressources écologique supérieures à 5 ans	Très longs arrêts de production
--	--	--	------------------------------------

		PROBABILITE				
		1	2	3	4	5
GRAVITE	1	Basse	Basse	Basse	Basse	Basse
	2	Basse	Basse	Basse	Moyen	Moyen
	3	Basse	Moyen	Moyen	Moyen	Elevé
	4	Moyen	Moyen	Elevé	Elevé	Elevé
	5	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé	Elevé

Figure III.3 : Matrice des risques de GLIK

III.3.1.2. Evaluation de la criticité

Le niveau de risque d'un système est caractérisé par un nombre à deux chiffres résultant du :

- Niveau de gravité ;
- Niveau de probabilité.

La maîtrise de risque c'est un outil d'aide à la décision pour :

- La hiérarchisation des scénarios d'accidents ;
- La définition et le contrôle des mesures de réduction des risques (techniques et organisationnelles).

La matrice présentée dans (le Tableau) définit 3 niveaux de risque établis à partir des niveaux de gravité et de probabilité selon le tableau suivant :

Tableau III.3 : Les niveaux de risque.

Niveau de risque	Mesures de mitigation
Low (L)	Aucune action d'atténuation n'est requise, cependant, recommandation peut être envisagée pour une future amélioration
Medium (M)	Vérifier le danger d'ingénierie / contrôle administratif en place ou recommander d'améliorer l'ingénierie / contrôle administratif
High (H)	Atténuer les dangers en mettant en œuvre un contrôle technique et si nécessaire un contrôle administratif pour réduire les risques à un niveau acceptable

III.3.1.3. Feuilles HAZOP

On va présenter les feuilles de l'application de la méthode HAZOP par les tableaux suivants :

Tableau III.4 : Feuilles HAZOP

Déviation		Causes	conséquences	Barrières de sécurité	Criticité		
Paramètre	Mot clé				P	G	C
Débit (GN)	Moins de	1- La vanne ESDV-1012 [01-002] est partiellement fermée (quand il devrait être ouvert).	-production réduite possible. -Arrêt potentiel de du train. -Risque du pompage de compresseur ;	-01-UIC-1016 contrôle antisurge.	2	4	
		2. La vanne ESDV-1035 [01-003] est partiellement fermée (quand il devrait être ouvert).	-endommagement du compresseur ; -défaillance de l'étanchéité du compresseur (fuite de gaz) ; blessure du personnel.				
		3. Filtre Obturé 01-SP-004 [01-002]-	- incendie - explosion				
		4. défaillance du					

		clapet anti-retour 01-SP-009. _ fuite dans les tuyauteries					
	Plus de	1. La vanne ESDV-1036 [01-003] est totalement ou partiellement ouverte (quand il devrait être fermé) 2. BDV-1040 [01-003] est totalement ou partiellement ouverte (quand il devrait être fermé).	- 1. Possibilité de flux inverse à travers la ligne bypass du compresseur. 2. Perte possible de l'alimentation aval 3. possibilité de surpression des lignes et équipements amont.	-01-RO-1041 cela limitera la quantité de débit vers la Torche. conséquence non significative.	2	3	
Débit (GN)	Pas de	1- La vanne ESDV-1012 [01-002] est partiellement ou totalement fermée (quand il devrait être ouvert). 2. La vanne ESDV-1035 [01-003] est totalement fermée (quand il devrait être ouvert). 3. Filtre 01-SP-004 [01-002] Obturé. 4. défaillance du clapet anti-retour 01-SP-009.	-production réduite possible. -Arrêt potentiel de l'usine. -Possible endommagement du Compresseur. relâchement du compresseur ; incendie ; blessure au personnel.	-01-UIC-1016 contrôle antisurge. -01-PI-1026 [01-002] alarme pression basse (aspiration compresseur) -01-PALL-1028 alarme pression très basse (aspiration compresseur) avec arrêt du compresseur	4	1	

	inverse	-Le clapet anti-retour dans la conduite de dérivation du compresseur ne s'ouvre pas. (01-ESDV-1036 est ouvert pendant le fonctionnement normal du compresseur.	-flux inverse possible via la conduite de dérivation du compresseur. -perte de flux vers l'avant dans le processus. -surpression possible des tuyauteries et équipements en amont.	-Clapet anti retour WDAAM _12FI1023 -12FT1023 -La conception des tuyauteries	1	3	
Température (GN)	Moins de	-défaillance du système de l'huile chaude Défaillance dans le refroidisseur du gaz 01-MC01-	-Formation de la mousse dans la colonne à cause du mélange entre les hydrocarbures lourds qui apparaissent Dans le gaz liquéfié et le système d'amine. -Possibilité d'entraînement du CO2 et d'amine.	12-TI-1025 [12-021] avec low alarm injection anti-mousse 12-ML21	2	4	
	Plus de	-Perdre de refroidissement dans le 01-MC01- - défaillance dans boucle de contrôle de température 12-TW-1025/ 12-TE-1025/12-TT-1025 - fausse indication de 12-TI-1025/ 12-TDI-1025	-Diminution de l'absorption du CO2 - Possibilité d'entraînement du CO2 et d'amine.	01-TI-1019 [01-003] avec high alarme (décharge) 12-PDI-1009 avec high alarme. Refroidissement partiel de l'après refroidisseur due to draft	2	3	
Pression (GN)	Plus de	-Décharge importante de pression de MJ01 [01-002] -déclenchement du compresseur - la vanne ESDV-1012 [01-002] bloqué ouverte	_Surpression _Endommagement du compresseur _Explosion de la colonne de décarbonatation	01-PI-1017 [01-002] avec haute pression alarme (refoulement) 01-PI-1030 [01-002] avec très haute pression alarme 01PAHH1030, déclenchement du compresseur (refoulement) 01-PRV-1000A/B La vanne ESDV 1035	2	4	

	Moins de	- la vanne ESDV-1012 [01-002] est Partiellement fermée au lieu d'être ouverte. - basse pression dans les Pipeline. - défaillance dans le compresseur	_Réduction de la production _Arrêt de la production _Endommagement du compresseur _Le produit n'atteint pas au suivant	01-PI-1026 [01-002] avec low alarm (succion) 01-PALL-1028 avec déclenchement du compresseur 01-PIC-1022 avec low alarm 01-PI-1017 avec low alarm Alarmes associe avec le déclenchement du compresseur	2	3	
	Pas de	la vanne ESDV-1012 [01-002] est totalement fermée au lieu d'être ouverte. - défaillance dans le compresseur	- Arrêt de la production	01-PI-1026 [01-002] avec low alarm (succion) 01-PALL-1028 avec déclenchement du compresseur 01-PIC-1022 avec low alarm 01-PI-1017 avec low alarm Alarmes associe avec le déclenchement du compresseur	1	3	
Température (AMDEA)	Plus de	_ défaillance de l'échangeur 12-MC22 A/B/C _défaillance dans le système de ventilation 12-MC21 _ bas débit de l'AMDEA pauvre _perturbation de la température de l'AMDEA riche _défaillance dans 12-TIC1102 _ problème dans la colonne de régénération Défaillance d'un by-pass (qui en aval de l'aéroréfrigérant de l'amine pauvre)	_ produit hors spécification _mauvaise absorption du CO2 _Endommagement des équipements _risque de condensation d'hydrocarbure contenu dans le GN - moussage et engorgement de la colonne de décarbonatation.	-injection anti-mousse 12-ML21 _12 TIC 1102 avec high alarme	3	3	

		_défaillance de contrôleur de débit					
Température (AMDEA)	Moins de	<p>_défaillance de l'échangeur 12-MC22 A/B/C</p> <p>_défaillance dans le système de ventilation 12-MC21</p> <p>_ débit élevé de l'AMDEA pauvre</p> <p>_perturbation de la température de l'AMDEA riche</p> <p>_défaillance dans 12-TIC1102</p> <p>_ problème dans le régénérateur</p> <p>Défaillance d'un by-pass (qui en aval de l'aéroréfrigérant de l'amine pauvre)</p> <p>_défaillance de contrôleur de débit</p>	<p>_ produit hors spécification</p> <p>_mauvaise absorption du CO2</p> <p>_Risque de condensation des hydrocarbures contenu dans le GN lors du contact avec l'amine</p>	<p>_ by pass autour de l'échangeur</p> <p>_12 TIC 1102 avec low alarme</p>	2	3	
Débit (AMDEA)	Plus de	<p>-défaillance dans le système pompage 12-MJ22A/B/C et 12-MJ21A/B/C ;</p> <p>-problème vient de la source ;</p> <p>-défaillance dans les boucles de régulation de débit</p> <p>-la vanne 12-XV-1008 ouverte plus</p>	<p>-mauvaise absorption du CO2 du GN</p> <p>_produit hors spécification</p> <p>_augmentation de la pression dans les tuyauteries</p> <p>_endommagement des équipements</p>	<p>_12 FIC 1113 avec high alarme</p> <p>_12 FIC 1116A avec high alarme</p> <p>_12 FIC 1117 avec high alarme</p> <p>_12 FV 1117</p>	2	3	

		que demandé ;					
	Moins de	<p>Défaillance dans le système pompage 12-MJ22A/B/C et 12-MJ21A/B/C (refoulement) ;</p> <p>-problème vient de la source ;</p> <p>-défaillance dans les boucles de régulation de débit</p> <p>-la vanne 12-XV-1008 fermé plus que demandé</p>	<p>- produit hors spécifications ;</p> <p>_mauvaise absorption du co2</p> <p>_risque d'inversement du produit</p>	<p>12 FIC 1113 avec low alarme</p> <p>_12 FIC 1116A avec low alarme</p> <p>_12 FIC 1117 avec low alarme</p> <p>_12 FV 1117</p>	2	3	
	Pas de	<p>-Absence de l'AMDEA de la source</p>	<p>- arrêt de la production</p>	<p>_12 FIC 1116A</p> <p>_12 FV 1117</p>	1	4	
Pression (AMDEA)	Plus de	<p>-Déclanchement de la pompe 12-MJ22 A/B/C</p> <p>-déclanchement de la pompe 12-MJ21 A/B/C</p> <p>- débit élevé</p> <p>- la vanne 12-FV-1117 fermé au lieu d'être ouverte</p> <p>- défaillance de 12-PT-1260</p> <p>- défaillance de 12-PI-1354</p> <p>- défaillance de 12-PDT-1281-A-B-C</p>	<p>_surpression dans les tuyauteries</p> <p>_ endommagement des équipements</p> <p>_risque d'explosion</p>	<p>_12 PI 1354 avec haute pression alarme</p> <p>_12 PDT1281A/B/C</p> <p>_12 XV 1008</p> <p>_12 PDI 1009 avec haute pression alarme</p>	2	3	

	Moins de	<p>la vanne 12-FV-1117 ouvert au lieu d'être fermé</p> <p>- défaillance de 12-PT-1260</p> <p>- défaillance de 12-PI-1354</p> <p>- défaillance de 12-PDT-1281-A-B-C</p> <p>-Défaillance de la pompe 12-MJ22 A/B/C</p> <p>-défaillance de la pompe 12-MJ21 A/B/C</p> <p>- débit bas</p>	<p>_mauvaise absorption du CO2</p> <p>_Produit hors spécification</p>	<p>_12 PI 1354 avec low alarm</p> <p>_12 PDT1281A/B/C</p> <p>_12 XV 1008</p> <p>_12 PDI 1009 avec low alarm</p>	2	3	
	Pas de	<p>_Système de pompage tombe en panne</p>	<p>_arrêt de la production</p>	<p>_12 PI 1354</p> <p>_12 XV 1008</p> <p>_12 PDI 1009</p>	1	4	

Niveau de la colonne 12-MD21	Plus de	<p>12-XV-1014 ou 12-XV-1019 est fermée au lieu d'être ouverte [12-021]</p> <p>12-FV-1015 est fermée au lieu d'être en régulation [12-022]</p>	<p>Perturbation opérationnelle</p>	<p>12-LIC-1012 avec alarme haute.</p> <p>12-PDI-1009 avec alarme haute.</p> <p>L'inventaire du système ne permet pas de remplir la colonne, aucun flux excessif n'est possible.</p>	2	3	
-------------------------------------	----------------	---	------------------------------------	---	---	---	--

	Moins de	12-FV-1015 est complètement ouverte au lieu d'être en régulation [12-022]	<p>Risque de perte de niveau dans 12-MD21 et Possibilité de fuite de gaz à 12-MD22.</p> <p>Risque de surpression du ballon 12-MD22, Explosion (dommages possibles).</p> <p>Possible fuite de solvant riche et libération de gaz acide, exposition du personnel, impact environnemental.</p>	<p>12-LALL-1013, trips 12-XV-1014/1019</p> <p>12-PRV-1017A/B/C Dimensionné pour souffler le gaz à travers.</p> <p>12-FV-1015 conçu pour limiter le débit de soufflage de gaz.</p>	2	4	
--	-----------------	---	---	---	---	---	--

III.3.1.4. Discussion du tableau d'HAZOP

L'analyse HAZOP permet d'identifier les dangers potentiels et les problèmes opérationnels dans les processus industriels, cette analyse examine de manière approfondie chaque étape d'un processus pour identifier les écarts par rapport aux intentions de conception.

Après avoir compléter le tableau HAZOP, la discussion sur les conséquences identifiées est crucial pour évaluer l'impact des écarts et proposer des mesures de sécurité. Lors de cette analyse. On identifie un risque de surpression qui est le plus critique qui dû à l'augmentation de la pression du gaz naturel à l'intérieur de la colonne 12MD21, cet évènement peut conduire à des dommages significatives tels que une explosion de la colonne et endommagement des équipements ainsi que des pertes humaines et des effets sur l'environnement.

On souligne aussi le moussage, une conséquence importante qui se répète dans plusieurs déviations lié aux perturbations de la température entre le gaz naturel et l'AMDEA

Quant aux effets, nous constatons que la fuite, la perte de confinement, l'incendie et l'explosion sont les effets majeurs quand doit faire face.

En discutant de ces conséquences, on peut recommander des actions préventives telles que :

- Fournir un programme d'entretien préventif solide pour tous les équipements ;
- Inspection périodiques de tous les équipements notamment les EIPS.

III.3.2. Allocation du niveau d'intégrité de sécurité (SIL requis)

Il existe plusieurs méthodes pour calculer le sil requis, les méthodes couramment utilisées comprennent l'approche qualitative, semi quantitative et quantitative.

La méthode LOPA, connue sous le nom d'Analyse des Couches de Protection, est une approche semi-quantitative largement utilisée dans l'industrie pour évaluer les niveaux de sécurité nécessaires. En utilisant cette méthode, on identifie et évalue les différentes barrières de protection présentes dans un système pour prévenir les événements dangereux. Chaque couche de protection est analysée en termes d'efficacité et de fiabilité. En attribuant des niveaux de performance à chaque couche, on peut ensuite calculer le SIL requis en fonction de la probabilité de défaillance de chaque couche et des conséquences potentielles en cas de défaillance. Cette approche structurée permet aux ingénieurs de prendre des décisions informées sur la sécurité des processus en combinant des éléments qualitatifs et quantitatifs pour garantir un niveau de sécurité adéquat.

III.3.2.1. Développement des scénarios d'accidents

III.3.2.1.1 Les scénarios possibles

La méthode LOPA traite les scénarios d'accidents les uns après les autres. Les scénarios à Étudier à l'aide d'une LOPA peut être le résultat d'une phase d'analyse préliminaire Tels que l'HAZOP.

- **Estimation des conséquences selon le critère de perte de production établi (Grille de criticité)**

Tableau III.5 : Estimation des conséquences.

Conséquences	Gravité	Description
Suppression	4	Augmentation de la pression du GN dans la colonne qui peut causer une explosion de la colonne.
Explosion	4	Un bas niveau de l'AMDEA dans la colonne 12MD21, peut causer une surpression du ballon en aval 12MD22 (fuite de gaz, explosion)
moussage	4	Une basse température du GN entraîné la formation de

		la mousse dans la colonne à cause du mélange entre les hydrocarbures lourds qui apparaissent Dans le gaz liquéfié et l'amine.
--	--	---

III.3.2.1.2. Sélection des scénarios à évaluer

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

Tableau III.6 : Scénarios à évaluer.

scénarios	Evènement initiateur	Conséquence
scénario 1	- la vanne ESDV-1012 [01-002] bloqué ouverte	Surpression dans la colonne.
scénario 2	-12-FV-1015 est complètement ouverte au lieu d'être en régulation [12-022]	Explosion du ballon 12MD22
scénario 3	-défaillance dans la boucle de contrôle de température 12-Ti1025 -défaillance du système de l'huile chaude	moussage

III.3.2.2. Critères d'acceptation

Le niveau SIL requis pour une SIF est déterminé en évaluant le risque en l'absence de SIF et en le comparant aux critères applicables de tolérance du risque. La sélection du SIL doit être basée sur la détermination d'une fréquence tolérable pour chaque conséquence résultant d'un événement déclencheur. La fréquence tolérable pour une conséquence de danger spécifique est déterminée sur la base de la matrice de risques et des critères d'acceptation des risques de SONATRACH. Les Critères d'Acceptabilité des Risques Tolérables sont présentés dans le Tableau III.7. Dans le cas où plusieurs conséquences découlent du même scénario, c'est la fréquence acceptable d'impact le plus élevé qui a été prise en compte.

Tableau III.7 : Critères de Risques Tolérables pour l'étude LOPA.

Gravité Potentielle	Conséquence				Fréquence Cible des Evénements Atténués pour chaque Catégorie de Conséquences
	Personnes	Actifs / Production	Environnement	Réputation	
0	Pas de blessure	Pas de dommage	Aucun effet	Aucun impact	-
1	Légère / mineure blessure ou effet sur la santé / Modérée	Légers dégâts Aucune interruption de l'exploitation	Effet léger	Impact Léger	1E ⁻³ Par Année
2	Blessure majeure ou effet sur la santé / Grave	Dommages mineurs	Effet mineur	Impact Limité	1E ⁻⁴ Par Année
3	Mort seule ou invalidité totale permanente / Important	Dommages locaux	Effet Localisé	Impact National	1E ⁻⁵ Par Année
4	Fatalités multiples / Catastrophique	Dommages majeurs	Effet majeur	Impact Régional	1E ⁻⁶ Par Année
5	Fatalités multiples / désastreux	Dommages importants	Effet Massif	Impact International	1E ⁻⁷ Par Année

III.3.2.3. Application de la méthode LOPA

Dans La suite l'application de la méthode LOPA sur le système de décarbonatation du gaz naturel (colonne 12MD21) sachant que :

➤ La probabilité intermédiaire d'occurrence d'un événement (fréquence de l'événement Redouté (f^c), colonne n°11 du Tableau....) s'obtient en multipliant la fréquence de l'événement Initiateur (f^{EI}) et les probabilités moyennes de défaillance à la demande (PFD_{avg}) de chaque couche de protection du même événement.

$$f^C = f^{IE} \times \prod_i PFD_{avg}^i$$

- f^C : Fréquence de réalisation de la conséquence C (toutes les barrières sont défaillantes) ;
- f^{EI} : Fréquence de l'événement initiateur ;
- PFD_{avg}^i : Probabilité moyenne de défaillance sur demande de la barrière i .

➤ La réduction du risque assignée à la fonction de sécurité du SIS s'obtient en

Comparant la fréquence de l'événement redouté à l'objectif de sécurité (fréquence tolérable

$$f_t = 10^{-6}$$

$$PFD_{avg}^{SIS} \leq \frac{f_t}{f^{IE} \times \prod_{i=SIS} PFD_{avg}^i}$$

- La quantité correspondante au membre droit de l'inégalité (3) représente la probabilité moyenne de défaillance maximale autorisée que le SIS pourrait avoir, tel que la réduction de risque nécessaire soit réalisée. La lecture de cette quantité dans le Tableau 1 permet de définir le SIL correspondant.
- Les fréquences des événements initiateurs et les PFD des couches de protection sont prises du base de données du complexe de GL1K, et l'institut pour une culture de sécurité industrielle « ICSI »

Tableau III.8 : Tableau de la méthode LOPA (SIS relatif au niveau).

	+Evènement à impact	Degré de gravité	Cause initiatrice	Fréquence d'occurrence D'une cause initiatrice (/an)	Couches de protection						Fréquence intermédiaire D'occurrence d'évènement	Fréquence intermédiaire total (/an)	PFD avg et Sil requis	fréquence tolérable
					BPCS	Alarme + opérateur	PRV	anti-moussage	SIS	SIF				
explosion	4	.-12-FV-1015 est complètement ouverte au lieu d'être en régulation	0.1	1	1	0.01	0.1	1	12LT1012 12LIC1012 12FIC1012 12FV1015	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻² SIL1	10 ⁻⁶	

Tableau III.8 : Tableau de la méthode LOPA (SIS relatif à la pression).

Evènement à impact	Degré de gravité	Cause initiatrice	Fréquence d'occurrence D'une cause initiatrice (/an)	Couches de protection						Fréquence intermédiaire D'occurrence d'évènement	Fréquence intermédiaire total (/an)	PFD avg et Sil requis	fréquence tolérable
				BPCS	Alarme + opérateur	PRV	anti-moussage	SIS	SIF				
surpression	4	Déclenchement du compresseur	0.1	1	1	0.01	0.1	1	01PT1030A/ B/C PAHH ESDV1035	10 ⁻⁴	10 ⁻⁴	10 ⁻² SIL1	10 ⁻⁶

Tableau III.8 : Tableau de la méthode LOPA (SIS relatif à la température).

Evènement à impact	Degré de gravité	Cause initiatrice	Fréquence d'occurrence D'une cause initiatrice (/an)	Couches de protection						Fréquence intermédiaire D'occurrence d'évènement	Fréquence intermédiaire total (/an)	PFD avg et Sil requis	fréquence tolérable
				BPCS	Alarme + opérateur	PRV	anti-moussage	SIS	SIF				
moussage	3	défaillance du système de l'huile chaude	0.01	1	0.1	1	0.1	1		10^{-3}	$2 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$ SIL2	10^{-6}
		Défaillance dans le refroidisseur du gaz 01-MC01	0.01	1	0.1	1	0.1	1	12TT1025 12TH1025 12TDI1025 TAL	10^{-3}			

III.3.3. Réalisation et validation du SIS (SIL réel)

III.3.3.1. Application de l'AdD sur le SIS relatif à la suppression

La méthode de l'arbre de défaillance est l'une des méthodes les plus utilisées dans les analyses des performances des SIS. Elle a pour objectif le recensement des causes entraînant l'apparition de l'évènement indésirable d'un système et le calcul de sa PFD_{avg} . Elle constitue un moyen de représentation de la logique des défaillances, cette méthode est adaptée aussi pour l'étude des systèmes élémentaires présentant des défaillances de mode commun. La méthode AdD commence par l'évènement indésirable et détermine ses causes. L'analyse par l'arbre de défaillances nécessite deux phases ; une qualitative, où on détermine la fonction logique du système en terme de l'ensemble de ses coupes minimales, et l'autre est dite quantitative, où on calcule la probabilité d'occurrence de l'évènement indésirable (sommet).

L'arbre de défaillances peut mener à des évaluations quantitatives de la probabilité d'occurrence de l'évènement indésirable qui représente la déflabilité lorsque cet évènement est la défaillance d'un SIS non réparable.

Pour la construction de l'arbre de défaillance relatif à l'indisponibilité du SIS lié aux dérives de la suppression et pour le calcul des PFD_{avg} , nous avons utilisé le logiciel GRIF (voir l'annexe C).

Les PFD_{avg} calculées à partir des taux de défaillances déterminées dans le tableau III.9 suivant extraites des documents du complexe :

Tableau III.9 : Tableau des taux de défaillance utilisée dans l'AdD

Eléments	Taux de défaillance
Triconex	5.5 E-4
ESDV	6.45 E-6
BDV	6.45 E-6
PT	4.2 E-7
Compresseur	1.25 E-6

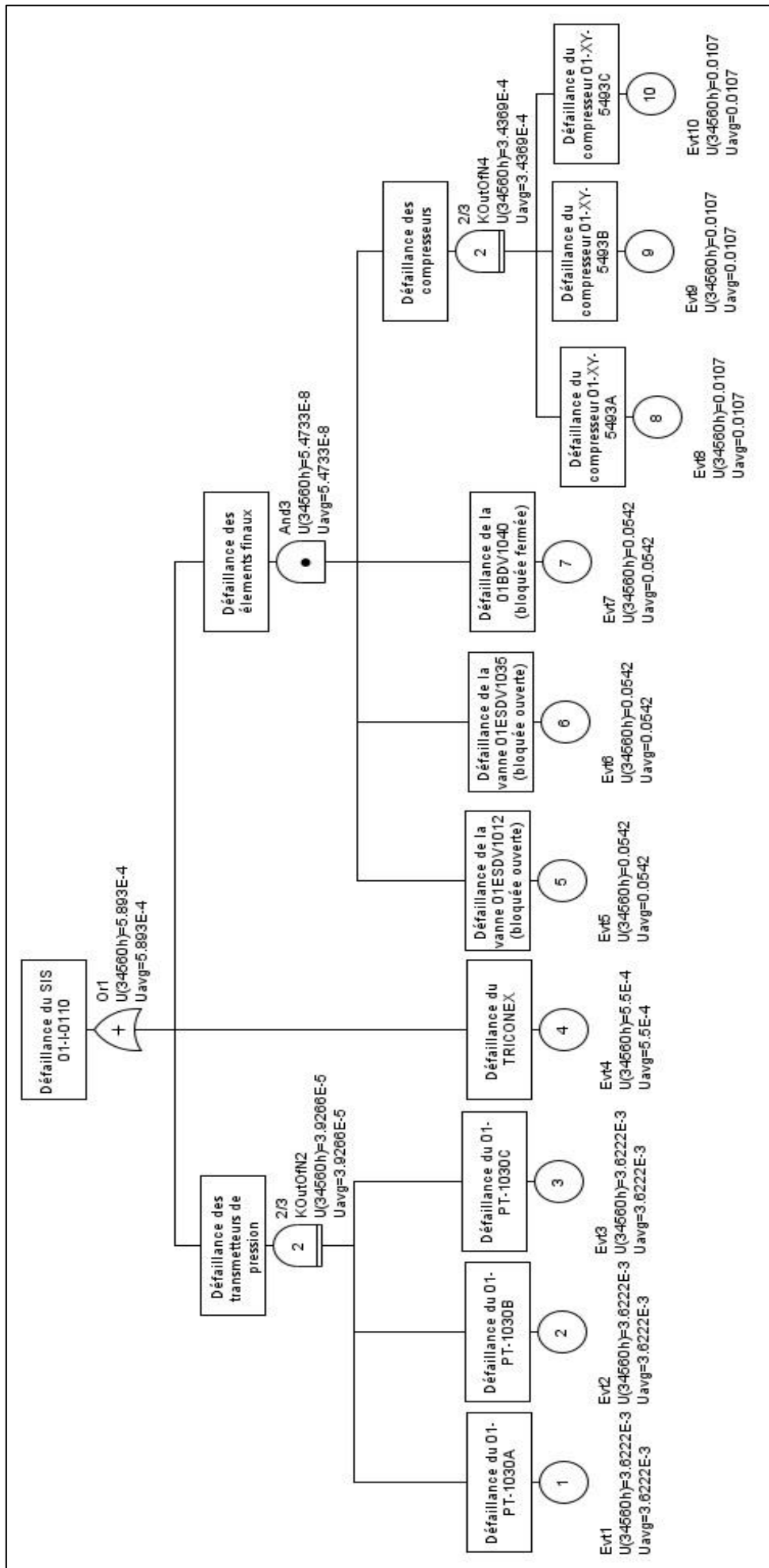


Figure III.4 : AdD relatif à l'indisponibilité du SIS lié aux dérives de la surpression

III.3.3.2. Résultats de la méthode AdD

Le logiciel a permis de déterminer une probabilité moyenne de défaillance $PFD_{avg}=5.89$ E-4 du SIS relatif à la surpression. Cette PFD_{avg} implique, selon le **tableau I.1** présenté dans le premier chapitre de la norme (IEC 61511, 2000), un niveau de SIL réel égal à 3.

Selon le tableau LOPA III.8 relatif au SIS de la surpression le niveau de SIL requis égal à 1.

- Le SIL3 réel > Le SIL1 requis, on déduit que les barrières de sécurité mise en place pour la protection contre la surpression dans la colonne de décarbonatation 12MD21 du complexe de GL1K sont suffisantes, et ça ne nécessite pas de rajouter d'autres couches de protection, mais vue que la gravité de cette évènement est très importante on peut recommander les points suivant :
 - Limiter l'accès à la zone de décarbonatation ;
 - Il faut faire attention aux actes de malveillances.

III.4. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons fait une analyse fonctionnelle par la méthode SADT, après nous avons identifié les évènements dangereux relatifs à la colonne de décarbonatation 12MD21 à l'aide de la méthode HAZOP.

Ensuite, nous avons utilisé la méthode LOPA pour la détermination des SIL requis des SIS d'un système de ce système. La validation de la performance de ces SIS (SIL réel) a été effectué par l'usage de la méthode AdD à l'aide du logiciel GRIF.



Conclusion générale

Conclusion générale

Les accidents industriels représentent une menace sérieuse pour la sécurité des personnes, des biens, de l'environnement ainsi que la pérennité des entreprises. C'est pourquoi la mise en place des mesures de maîtrise des risques est fondamentale. En identifiant, évaluant et gérant les risques potentiels, les organisations peuvent prévenir efficacement les accidents et minimiser leurs impacts néfastes.

Les mesures de maîtrise des risques sont donc essentielles pour garantir la sécurité et la stabilité dans divers domaines. Elles consistent en des actions préventives et correctives visant à réduire les risques potentiels et à minimiser les impacts des événements indésirables.

Ces mesures peuvent se détériorer avec le temps ou être inadéquates avec l'évolution technologique.

Dans ce modeste mémoire et dans la partie pratique on a fait une analyse fonctionnelle par la méthode SADT, les résultats de cette méthode nous permettent de comprendre le fonctionnement du système de décarbonatation. Ensuite, on a fait une analyse dysfonctionnelle par la méthode HAZOP pour identifier les scénarios d'accidents majeurs et leur classement dans une grille appropriée au système étudié, ce qui nous aide à appliquer la méthode LOPA pour l'évaluation des SIL requis des différents SIS associés à la colonne de décarbonatation ainsi que la performance réelle des SIS (SIL réel), impliqués dans des scénarios d'accidents dont la fréquence d'occurrence dépasse la valeur tolérable, sera évaluée en utilisant la méthode AdD sur le logiciel GRIF.

Cette étude nous a permis en premier lieu à aboutir à des résultats sur l'état de sécurité du système de décarbonatation la colonne 12MD21 ainsi que, de prendre des décisions en ce qui concerne le niveau de sécurité du système lui-même. Ainsi de juger les performances des barrières destinées à prévenir et à Protéger le système.

En conclusion, la gestion proactive des risques dans le secteur industriel est non seulement nécessaire pour la sécurité des individus et de l'environnement, mais aussi la viabilité à long terme des entreprises.

La Bibliographie

[1] : Le Moigne J.-L. [LE MOIGNE, 1984].La théorie du système général. Théorie de la modélisation .Paris : Presses Universitaires de France.

[2] : IEC 61508, Functional safety of electrical/electronic/programmable electronic (e/e/pe) safety related systems. International Electrotechnical Commission (IEC), 2010.

[3] : International Organisation For Standardization. (2009).ISO 31000 :2009-Risk management- Principales and guidelines. Geneva : ISO.

[4] : A. Villemeur, Sûreté de fonctionnement des systèmes industriels. Eyrolles, Paris, France ; 1988.

[5] : Jean, M.F. (2013). Analyse des risques des systèmes de production industriels et de service « aspects technologiques et humaines », Lavoisier, Paris France.

[6] : Committee of Sponsoring organizations of the Treadway Commission (COSO) [COSO, 2013].Internal Control- Integrates Fromework. New York, NY : American Institute Of Certified Public Accountants(AICPA).

[7] : ISO/CEI Guide 51 et 73. Management du risque : Vocabulaire, Principes directeurs pour l'utilisation dans les normes. Organisation internationale de normalisation (ISO) ; 2002.

[8] : Norme CEI 61511, Sécurité fonctionnelle - Systèmes instrumentés de sécurité pour le domaine de la production pour processus – Parties 1 à 3, janvier 2003- juillet 2003. Commission Electro technique International, Genève, Suisse.

[9] : Paltrinieri, N., Landucci, G., Molag, M., & Bellamy, L. J. (2012). A framework for categorizing and analyzing safety barriers in chemical process industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 25(4), 684-691. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2012.04.001>

[10] : Edum-Fotwe, F. T., & McCaffer, R. (2000). Risk management: The revealing of taxonomy-based risk identification. *International Journal of Project Management*, 18(4), 289-296. [https://doi.org/10.1016/S0263-7863\(99\)00033-1](https://doi.org/10.1016/S0263-7863(99)00033-1)

La Bibliographie

[11] : [THUYE, N., ADJADJ, A., CHAUMETTE, S., BOUCHET, S., & DEDIANOUS, V]. (2008). *Évaluation des performances des barrières techniques de sécurité, évaluation des barrières techniques de sécurité.* INERIS-DCE DRA-737 02-10.

[12] : INNERIS DRA-007, Eléments Importants pour La sécurité(EIPS) Rapport 6, 2003.

[13] : INERIS BCRD ARAMIS, Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs, 2004.

[14] : [BONNET.C, 2004]. Approche probabiliste, approche par barrière .INERIS

[15] : IEC61511, Functional safety : Safety instrumented systems for the process industry sector. International Electrotechnical Commission (IEC), 2016.

[16] : Innal, F. Contribution à la modélisation des systèmes instrumentés de sécurité et à l'évaluation de leurs performances Analyse critique de la norme CEI 61508. PhD thesis, Université Bordeaux I, France, 2008

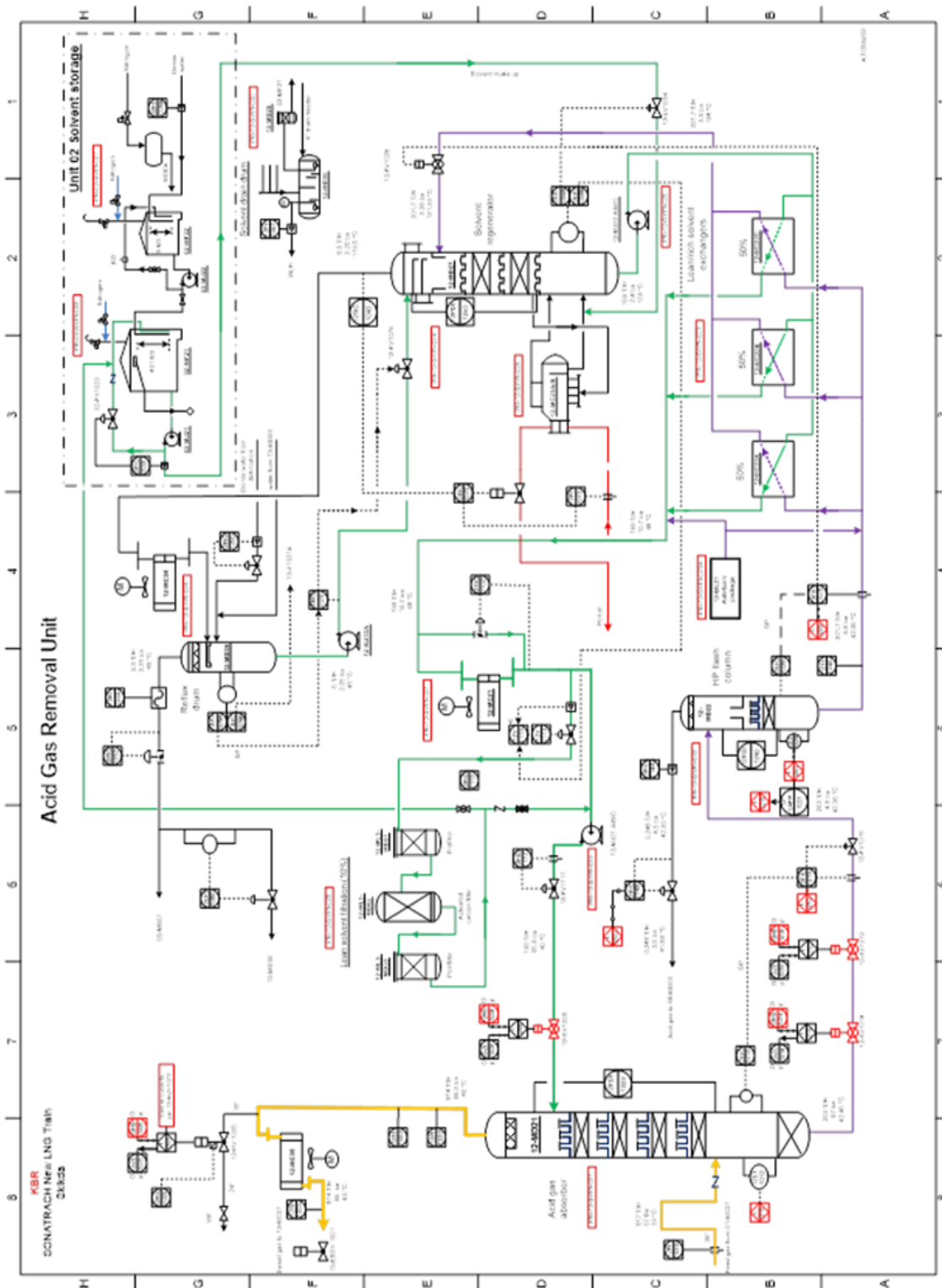
[17] : CCPS, Center for Chemical Process Safety, Layers of Protection Analysis: Simplified Process Risk Assessment. New York, 2001.

[18] : Mr BOURARECHE Mouloud, Mémoire apport des techniques floues et possibilistes à l'analyse semi-quantitative des risques industriels, mémoire magister en hsi université El hadj lakhdar Batna, promo 2009 exemples des méthodes

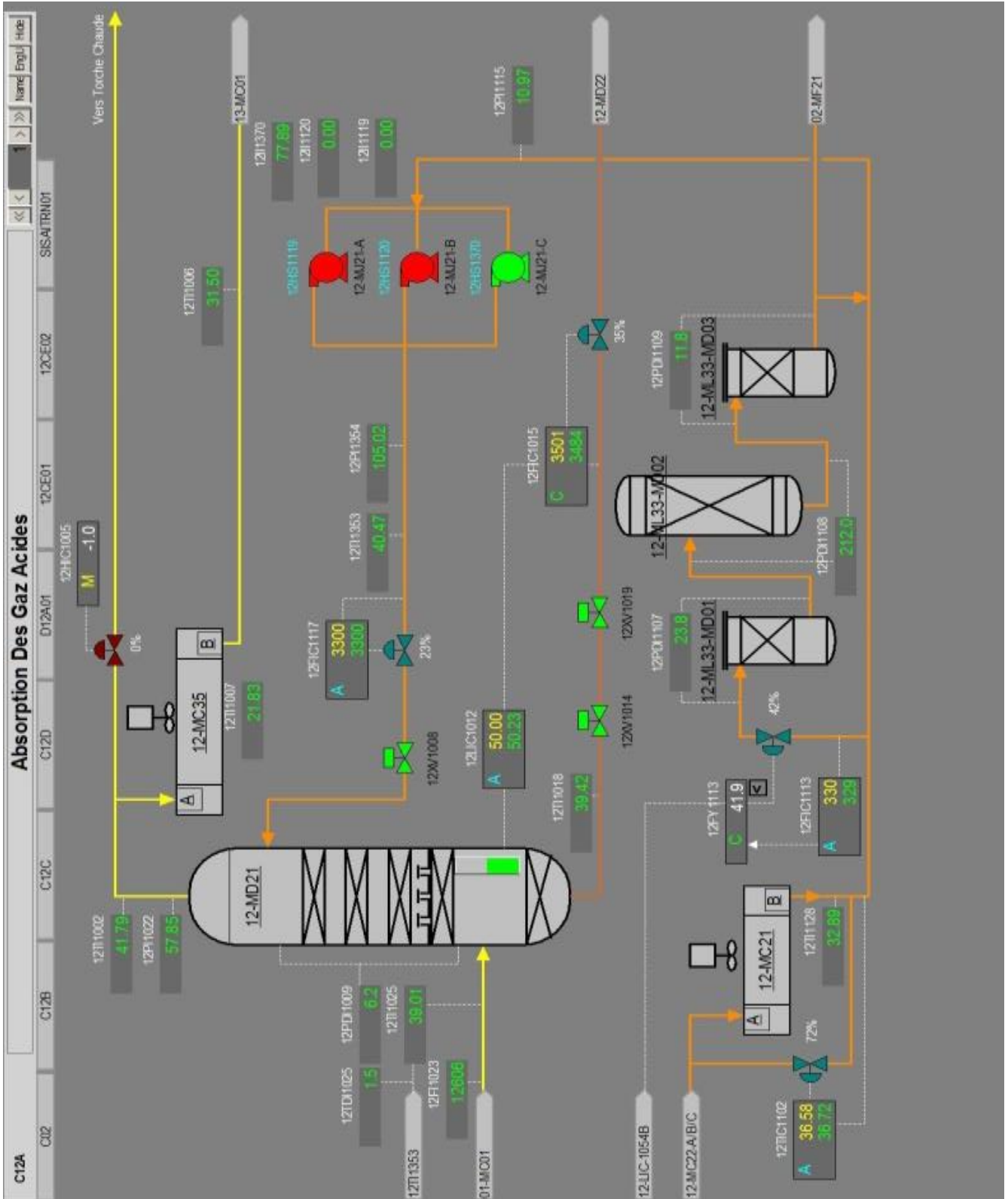
[19] : [MKH 08] Mkhida, A, Contribution à l'évaluation de la sûreté de fonctionnement des Systèmes Instrumentés de Sécurité intégrant de l'Intelligence. PhD thesis, Nancy Université, Institut National Polytechnique de Lorraine, France, 2008.

[20] : Jean-Pierre.D, François.F, Didier.G, Jean-Louis.G, André.L, Yves.M, Jean-Paul.P méthode danalyse des risques. Décembre 2017.

Annexe A : PFD l'unité d'absorption des gaz acides



Annexe B : interface homme machine l'unité d'absorption des gaz acides



Annexe C : Présentation du logiciel GRIF

Présentation du logiciel GRIF

Introduction

Le logiciel GRIF (GRaphique Interactif et Fiabilité en Java) a été développé par la société TOTAL, ce logiciel se décline en plusieurs modules sont : Réseaux de Pétri à prédicats, bloc Diagramme Stochastique, Graphes de Markov, Réseaux de fiabilité, Bloc Diagramme de fiabilité, Arbre de défaillances, Evaluation de SIL, Arbre d'évènement, Disponibilité de production des systèmes pétroliers par Bloc diagramme, il utilise deux moteurs de calculs sont Albizia et Moca13.

Le moteur Moca13 est destiné à la simulation du comportement des systèmes dynamiques complexes dans le but d'obtenir, par un traitement statistique, des résultats concernant leur fiabilité, disponibilité, productivité, ainsi que tout autre paramètre probabiliste. Le moteur Albizia est destiné au traitement des systèmes statique dans le but d'obtenir des résultats concernant leur fiabilité, disponibilité, ainsi que tout autre paramètre probabiliste et permet également de calculer les incertitudes de la probabilité.

1-Comment utiliser la logiciel GRIF dans la l'arbre des défaillances

1) Pour construire l'ADD par le logiciel GRIF il suffit de sélectionner les symboles correspondants sur la barre d'outils verticale par cliquer sur les portes (ET) ou (OU) et les évènements de base et les liens entre un évènement sommet (ES) et des évènements intermédiaires, des évènements de base (EDB) et les évènements répétés lorsque l'ADD contient des évènements de base identique et renvoi identique lorsque l'ADD contient des sous arbres semblables ou identiques. La figure (A.1) représente cette création de l'ADD dans logiciel GRIF.

2) saisir le commentaire « nom d'évènement sommet (ES) ou des évènements intermédiaires ou des évènements de base (EDB) » en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur l'évènement sommet (ES) et des évènements intermédiaires et des évènements de base (EDB).

3) saisir la loi de probabilité en cliquant avec le bouton de droite de la souris sur l'évènement de base ;

4) cliquer sur la configuration et lancement des calculs dans la barre d'outils horizontale pour calculer la probabilité, les coupes minimales et le facteur d'importance

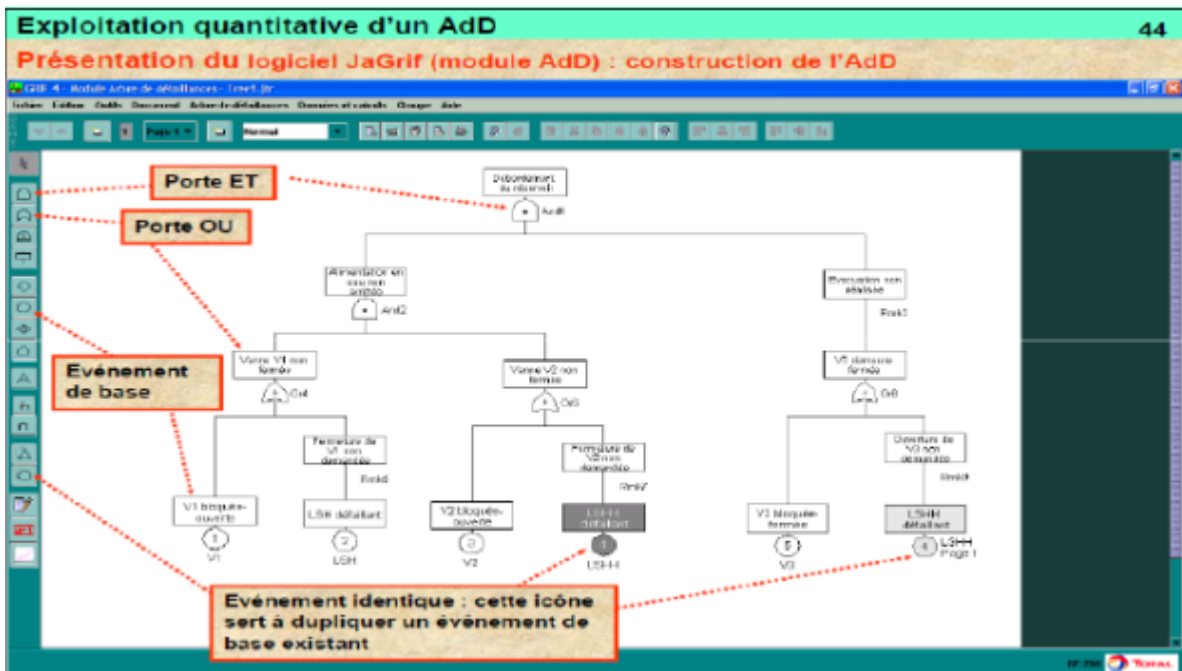


Figure C.1 : Création de l'ADD par le logiciel GRIF

- Pour calculer la probabilité : il faut choisir la cible et le temps de calculs et le types de calculs. La figure suivante représente le paramétrage des calculs de probabilité.

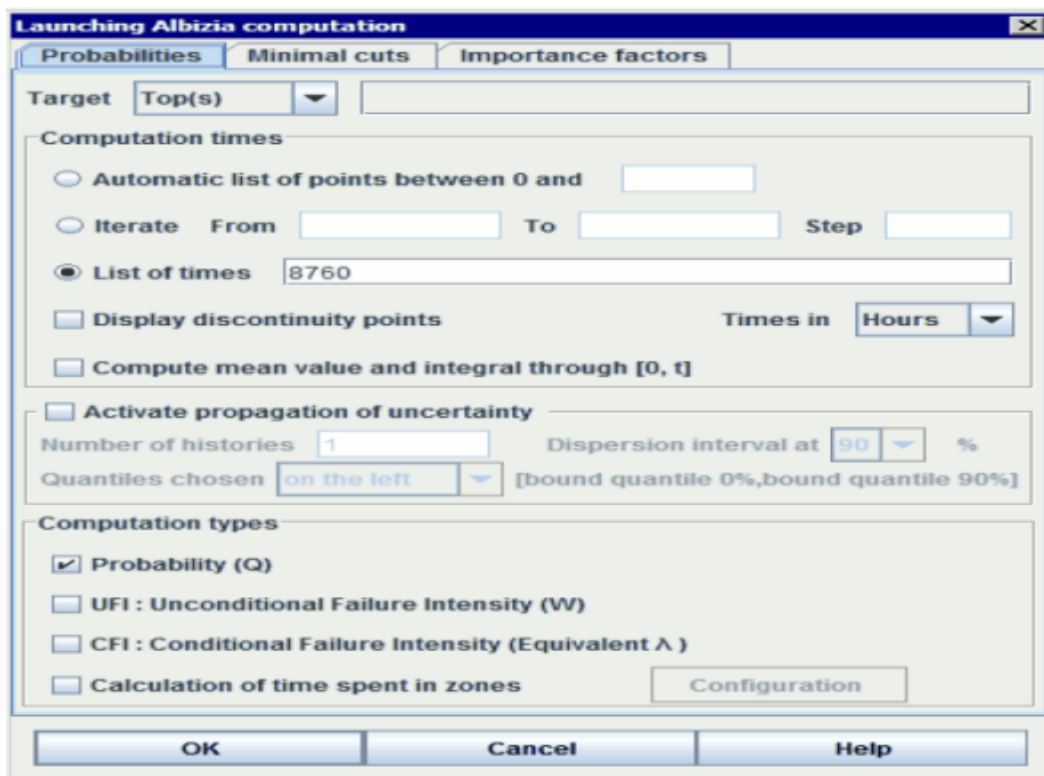


Figure C.3 : représentation du paramétrage des calculs de probabilité

- Pour calculer les coupes minimales, il faut choisir la cible, le nombre des coupes, le nombre des coupes par ordre, la liste des coupes, limiter l'ordre des coupes affichées et calculer la probabilité des coupes. La figure suivante représente le paramétrage des calculs de coupes.

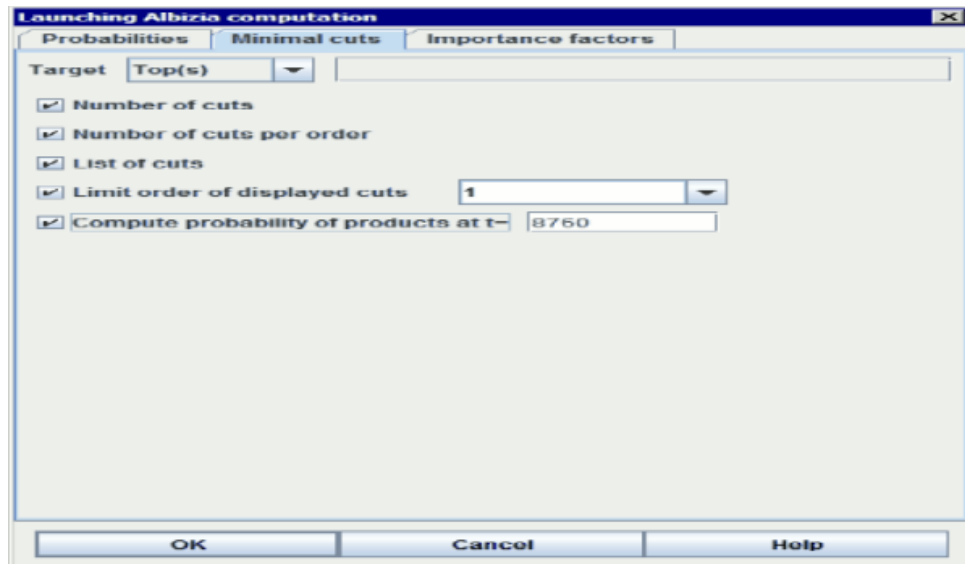


Figure C.3 : représente le paramétrage des calculs de coupes

- Pour calculer le facteur d'importance, il faut choisir la cible, le temps et le type de calculs. La figure suivante représente le paramétrage des calculs de facteur d'importance.

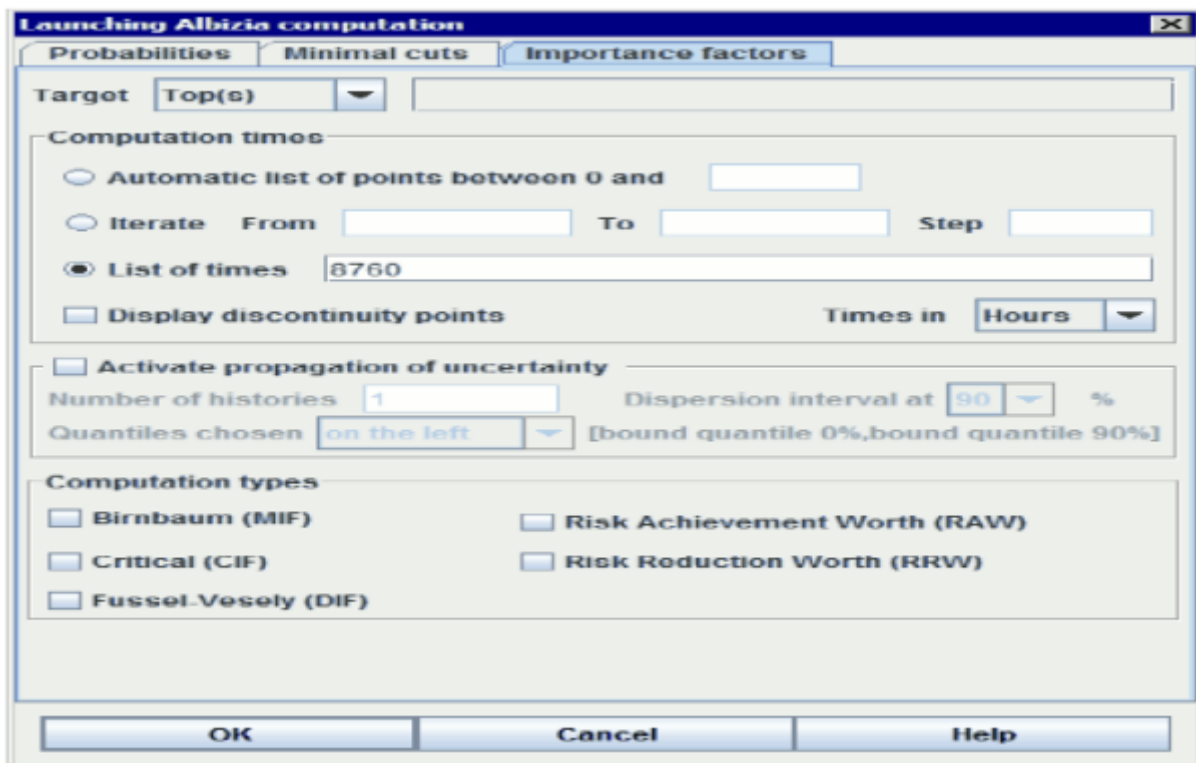


Figure C.4 : représentation du paramétrage des calculs de facteur d'importance

5) le calcul s'effectue en cliquant sur OK, cela nous donne les résultats

2- Expliquer comment utiliser le logiciel GRIF dans l'arbre des évènements

1) Pour construire l'ADE par le logiciel GRIF il suffit de sélectionner le symbole de nouvel arbre d'évènement sur la barre d'outils horizontale, L'arbre préconstruit suivant apparait dans la vue principale, Il est composé des éléments suivant : un évènement initiateur, une barrière et des séquences.

- Pour ajouter les différentes Barrières, il suffit d'en sélectionner une, puis via un clic gauche de la souris, décider d'ajouter une nouvelle barrière à droite ou à gauche.
- Pour création les succès et échecs, il faut sélectionner sur le nœud et décider de créer nouvel échec ou tous les échecs ou tous les échecs et succès. La figure suivante représente la construction de l'ADE par le logiciel GRIF

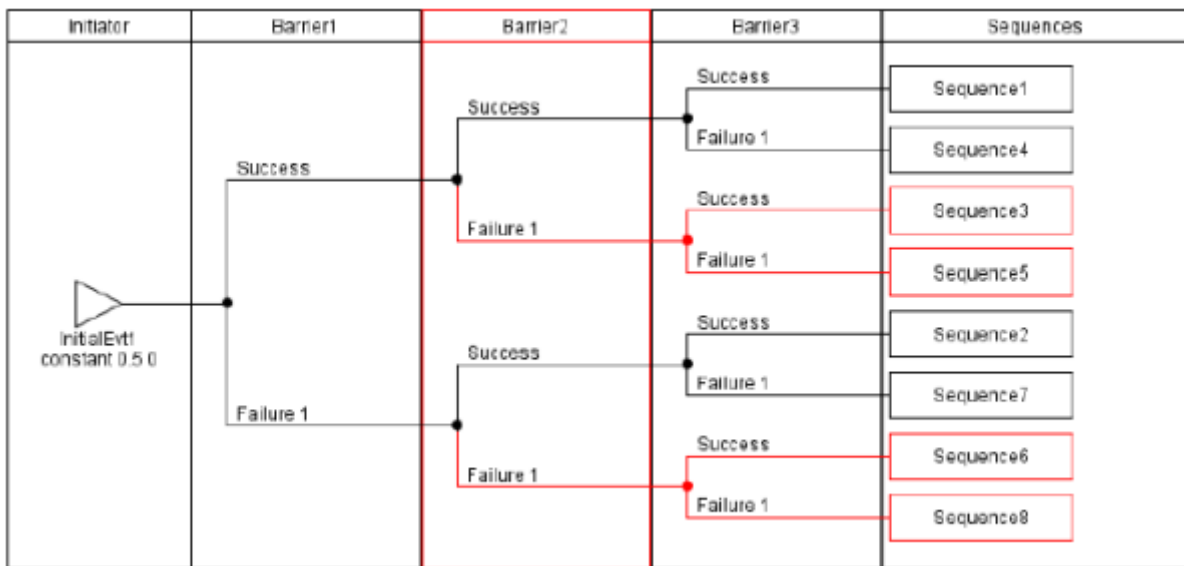


Figure C.5 : la construction de l’ADE par le logiciel GRIF

2) saisir le commentaire « nom d’évènement initiateur, des barrières et des séquences » en cliquant sur le bouton de droite de la souris sur l’évènement initiateur, les barrières et les séquences. Pour saisir les conséquences : Les conséquences n'ont pas une représentation graphique, elles ne sont donc accessibles que par les tableaux d'édition des données. Pour saisir une nouvelle Conséquence, sélectionner l'onglet Conséquence dans le tableau de données et cliquer sur l'icône Ajouter puis écrire le nom conséquence et enfin cliquer sur la séquence et choisir la conséquence correspondante

3) saisir la loi de probabilité en cliquant sur le bouton de droite de la souris sur l’évènement initiateur, les barrières ou échec des barrières.

4) cliquer sur la configuration et lancement des calculs dans la barre d'outils horizontale pour calculer la probabilité.

➤ le calcul de probabilité est comme expliquée dans l’ADD.

5) le calcul s’effectue en cliquant sur OK, cela nous donne les résultats.