

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE 20 AOÛT 1955 SKIKDA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE DES PROCEDÉS



Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Sécurité des procédés industriels et maîtrise des risques

*L'APPLICATION DE LA MÉTHODE HAZOP AU NIVEAU DU
COMPLEXE CP2/K (SYSTEME DE TRAITEMENT DE L'HEXÈNE
PB-B-1007)*

Soutenu le 02/07/2023

Réalisé par :

Boudrioua Lotfi

Bouaita Abderrezak

Belkouadria Achraf

Encadré par :

D.Guerfi Samia

Année Universitaire 2022- 2023

Remerciements

*Le travail de ce mémoire s'inscrit dans le cadre d'un projet de fin d'études
réalisé à l'université 20 AOÛT 1955 SKIKDA .*

*Nous remercions tout d'abord « Allah » qui nous a donné la force et la patience
nécessaire pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous voulons saisir cette occasion pour exprimer notre profonde
gratitude à notre encadreur, Madame **Guerfi Samia**, docteur à l'université de
Skikda, pour
avoir accepté de diriger nos travaux. Nous le remercions infiniment pour avoir
toujours été
présent par ses conseils, ses encouragements et de nous avoir fait bénéficier tout au
long de
ce travail de sa longue expérience.*

*Nous tenons à exprimer nos reconnaissances éternelles pour nos parents et nos
familles pour leur amour et leur soutien.*

*Que toute personne ayant contribué de près ou de loin, à l'aboutissement de ce
travail trouve
ici le témoignage de notre profonde reconnaissance.*

*Enfin, nous ne pourrions terminer sans une pensée à l'ensemble de nos enseignants
qu'ils
trouvent ici, l'expression de notre profonde gratitude.*

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail

A nos parents qui nous ont soutenus jusqu'à ce jour.

A nos familles BOUDRIOUA - BOUAITA - BELKOUADRIA.

A tous nos amis.

*A notre promotrice S. GUERFI qui a accepté de nous prendre en charge
qui nous a dirigés dans notre travail. Merci mille fois pour votre
gentillesse, votre compétence et votre compréhension.*

*A tous les professeurs qui nous ont enseignés car si nous sommes là
aujourd'hui c'est bien grâce à eux tous, donc un grand merci pour eux*

*A toute personne que nous avons connue lors de notre bref passage à
l'université.*

ملخص:

إدارة المخاطر في وحدات الإنتاج هي مسؤولية رئيسية لتنظيم العمل، لذلك فإن السلامة ضرورية لضمان الوظيفة المحددة للتثبيت. في هذا السياق، تهدف دراستنا إلى التحكم في المخاطر على مستوى قسم الهكسين من أجل تحسين تشغيل وأداء منشآته، فضلاً عن سلامتها. من بين التقنيات المتاحة لإجراء تحليل المخاطر الوظيفية، أشهرها طريقة HAZOP، والتي أنتجت منهجيات أساسية لتحديد المخاطر في المنشآت الصناعية الكيماوية أو البتروكيماوية. الهدف الرئيسي من هذه التقنية هو التنبؤ بالأحداث غير المرغوبة فيها التي قد تنشأ بسبب اختلاف متغيرات العملية واقتراح التدابير التصحيحية المناسبة لذلك، كجزء من دراسة السلامة والوقاية من المخاطر والسيطرة على الطوارئ. تم استخدام طريقة HAZOP لتحديد جميع السيناريوهات والنقذ.

الكلمات المفتاحية: HAZOP، التركيبات الصناعية، طرق التحليل، إدارة المخاطر، مراقبة المخاطر.

Application of the HAZOP Method of the CP2/K Process

Abstract: Risk management in production units is a major responsibility for the organization of work . Therefore, security is necessary to ensure the given function of the installation. In this context, our study aims to control the risk at the level of the Hexène section in order to improve the operation and performance of its installations, as well as their safety. Among the technologies available to carry out Risk Analysis, the best known is the HAZOP method, which has produced fundamental methodologies for identifying risk in chemical or petrochemical installations. The main objective of this technique is to predict undesirable events that may result from variations in process parameters and to propose corrective measures. as part of a safety study, risk prevention and emergency control. The HAZOP method was used to identify all scenarios and to critique.

Keywords: HAZOP ,Analysis methods , chemical , Risk management, Control risk.

L'application de la Méthode HAZOP du Procédé CP2/K

Résumé: La gestion des risques dans les unités de production est une grande responsabilité pour l'organisation de travail. Par conséquent la sécurité est nécessaire pour assure la fonction donnée de l'installation. Dans ce contexte, notre étude comme objectif et de maîtriser le risque au niveau de la section Hexène afin d'apporter une amélioration du fonctionnement et des performances de ses installations, ainsi que leur sécurité. Parmi les technologies disponibles pour effectuer les Analyses des Risques, la plus connue est la méthode HAZOP qui engendrée comme méthodologies fondamentales pour identifier le risque dans des installations industrielles chimiques ou pétrochimiques. L'objectif principal de cette technique est de prévoir les événements indésirables pouvant se déclencher à cause de la variation des paramètres du procédé et proposer les mesures de correction. dans le cadre d'une Étude de Sécurité, la prévention des risques et contrôle des urgences. La méthode HAZOP a été utilisée pour identifier tous les scénarios et pour critiquer.

Mots clés : HAZOP, méthode d'analyse, installations chimiques, la gestion des risques, maîtrise des risques.

Table des matières

REMERCIEMENT.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
Liste des tableaux.....	VII
Liste des figures.....	VIII
Liste des abréviations.....	IX
Introduction générale.....	1

Chapitre I: Principe de l’analyse des risques industriels

I.1 Introduction.....	4
I.2 Notion d’accident.....	4
I.3 Notion de sécurité.....	4
I.4 Notion de risque.....	5
I.4.1 Risque industrielle	5
I.4.2 Risque nucléaire	6
I.4.3 Risque chimique	6
I.4.4 Risque électrique	6
I.4.5 Risque d’explosion	7
I.4.6 Risque d’incendie.....	7
I.4.7 Risque biologique	7
I.4.8 Risque Mécanique.....	8
I.5 Gestion des risques	8
I.5.1 Définition	8
I.5.2 Processus de gestion de risques.....	8
I.6 L'analyse des risques	10
I.6.1 Définition	10
I.6.2 Approche de l'analyse des risques.....	10
I.6.3 Synthèse et conclusions.....	10
I.6.4 Critères de choix des méthodes.....	11
I.6.5 Méthodes d’analyse des risques	11
I.6.5.1 Introduction.....	11
I.6.5.2 Classification des méthodes d’analyse de risque.....	12
I.6.5.2.1 Approche déterministe.....	12
I.6.5.2.2 Approche probabiliste.....	12
I.6.5.2.3 Méthodes qualitatives & Méthodes quantitatives.....	13
I.6.5.2.3.1 Méthodes quantitatives.....	13
I.6.5.2.3.2 Méthodes qualitative	14
I.6.5.3 Panorama des méthodes d’analyse de risque.....	15

I.6.5.3.1 Analyse préliminaire des risques (APR).....	15
I.6.5.3.2 Analyse des modes de défaillances et de leurs effets et de leur criticité (AMDEC).....	17
I.6.5.3.3 Analyse des couches de protection LOPA.....	18
I.6.5.3.4 Arbre des événements (AdE).....	19
I.6.5.3.5 Arbre de défaillances (AdD).....	20
I.6.5.3.6 Nœud-papillon (BOW TIE) [INERIS-00973632]	20
I.6.5.3.7 Hazard and Operability Study (HAZOP).....	22
I.6.5.3.7.1 Historique et domaine d'application.....	22
I.6.5.3.7.2 Principe.....	22
I.6.5.3.7.3 Déroulement.....	23
I.6.5.3.7.4 Limites et avantages.....	26
I.6.5.4 Avantages généraux des méthodes d'analyse de risques	26
I.7 L'évaluation du risque	27
I.8. Conclusion.....	28
Chapitre II : Description du complexe	
II. Description POLYMED (Société Méditerranéenne de Polymères)	30
Chapitre III : Présentation de la Méthode HAZOP	
III.1. Historique et domaine d'application.....	33
III.2 Définition de L`HAZOP.....	33
III.3 Principe de L`HAZOP.....	33
III.3.1 Mots-clés ou mots guides.....	34
III.3.2 Paramètres de fonctionnement.....	35
III.4. L`objectif de L`HAZOP.....	37
III.5 Déroulement de L`HAZOP.....	38
III.6 Équipe d'étude HAZOP 31	40
III.6.1 Informations utilisées dans l'étude HAZOP.....	40
III.7 Les avantages et les limites de la méthode HAZOP	41
III.8 Cas possibles d'utilisations.....	41
III.9. HAZOP une méthode Qualitative ou non.....	42
III.10 La différence entre HAZOP et AMDE.....	42
Chapitre IV : Matériels et méthode, Résultats et discussion	
IV.1 Matériels et méthode.....	44
IV.1.1 Système choisi : L'hexène (PB-B-1007)	44
IV.1.2 Schéma globale de l'Hexène (PB-B-1007)	45
IV.2. Tableaux HAZOP	45
Conclusion générale.....	60
Référence.....	63

Chapitre I: Principe de l'analyse des risques industriels

Tableau I.1:Exemple de tableau de type « APR ».....16
 Tableau I.2:Exemple de tableau de type « AMDEC ».....18
 Tableau I.3:Exemple de tableau pour l'HAZOP.....24
 Tableau I.4:Exemples de mot-clé pour l'HAZOP (norme CEI : 61882).....25
 Tableau I.5:Matrice de criticité.....28

Chapitre III : Présentation de la Méthode HAZOP

Tableau III.6:Signification des mots guide.....35
 Tableau III.7:Exemples de paramètres de la méthode HAZOP36
 Tableau III.8:Rôle Équipe d'étude HAZOP.....40

Chapitre IV : Matériels et méthode, Résultats et discussion

Tableau IV. 9:Propriétés physiques de l'Hexène.....44
 Tableau IV.10:Composition de l'Hexène.....44
 Tableau IV.11:la méthode HAZOP au niveau de Pompe de décharge d'hexène 670-462.....47
 Tableau IV.12:la méthode HAZOP au niveau de Réservoir de stockage d'hexène 950-461Pompe de décharge d'hexène 670-462.....48
 Tableau IV.13:la méthode HAZOP au niveau de Pompe d'alimentation d'hexène au dégazage 670-463 NB.....50
 Tableau IV.14:la méthode HAZOP au niveau de Colonne de dégazage d'hexène 950- pression 111/ Dépôt d'alimentation d'hexène 950-112/ Condenseur colonne 410- 111/Rebouilleur colonne 410- 112/Pot d'eau colonne 950-113.....52
 Tableau IV.15:la méthode HAZOP au niveau de Pompe d'hexène au sécheur 670 -111A/B/ Refroidisseur d'hexène au Sécheur 410-113.....57

Chapitre I: Principe de l'analyse des risques industriels

Figure I.1:	Processus de gestion de risque.....	9
Figure I.2:	Approches d'analyse de risque.....	12
Figure I.3:	Typologie des méthodes d'analyse de risque.....	13
Figure I.4:	Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives...	14
Figure I.5:	Schéma d'un ADE avec des barrières de sécurité.....	19
Figure I.6:	Nœud-papillon (BOW TIE)	21
Figure I.7:	Zones des risques.....	28

Chapitre II : Description du complexe

Figure II.8:	Vue panoramique du complexe.....	30
Figure II.9:	Plan de situation du complexe	31

Chapitre III : Présentation de la Méthode HAZOP

Figure III.10:	Schéma explicite le fonctionnement itératif d'une analyse HAZOP.....	39
Figure III.11:	Traitement de l'Hexène (PB-B-1007)	45
Figure III.12:	Structure chimique de C ₆ H ₁₂	46

Liste des abréviations

- AdC:** Arbre de Cause
- AdD:** Arbre de Défaillance
- AdE:** Arbre d'Événement
- AFNOR:** Association Française de Normalisation
- AMDE:** Analyse des Modes de Défaillance et leurs Effets
- AMDEC:** Analyse des Modes de Défaillance, leurs Effets et leur Criticité
- APR:** Analyse Préliminaire des Risques
- C&E:** Causes et Effets
- CEA:** Le Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives
- CEI:** Commission Electrotechnique Internationale
- DRA:** Direction des Risques Accidentels
- ENS:** Événement Non Souhaité
- ENSPM:** École Nationale Supérieure du Pétrole et des Moteurs
- EPR:** valuation Probabiliste de Risques
- FMDS:** La Fiabilité, La Disponibilité, La Maintenabilité et La Sécurité
- HAZOP:** Hazard and Operability study
- HSE:** Hygiène-Sécurité-Environnement
- ICI:** Imperial Chemical Industries
- ICPE:** Installations Classées pour la Protection de l'Environnement
- INRS:** Institut National de Recherche et de Sécurité
- INERIS:** Institut National de Recherche de l'Environnement Industriel et des Risques
- ISO:** International Standard Organisation
- MOSAR:** Méthode Organisée et Systémique d'Analyse des Risques
- LOPA:** Layers Of Protection Analysis
- CEI:** Commission Electro technical International
- PFD:** Probabilité de défaillance à la Demande
- CCPS:** Center for Chemical Process Safety
- NF EN:** Norme Française Européenne Norme
- OHSAS:** Occupational Health and Safety Assessment Series
- PID:** Piping and Instrumentation Diagramme
- PME:** Petites et Moyennes Entreprises

POI: Plan d'Opération Interne

PPI: Plan Particulier d'Intervention

PPRT: Plan de Prévention des Risques Technologiques

PUI: Plan d'Urgence Interne

ES: Événement Secondaire

PhD: Phénomène Dangereux

UIC: Union des Industries Chimiques

APCI: Air Product Chemicals Incorporation

Introduction Générale

Introduction générale

Le présent et la mauvaise gestion des risques peut entraîner des conséquences préjudiciables pour les êtres vivants ainsi que pour les équipements de travail. En effet, nous avons pu observer par les expériences de graves accidents technologiques qui ont causé des victimes. Afin de limiter ces risques et garantir le bon déroulement des procédés, il est primordial de mettre en œuvre des mesures de sécurité et de prévention. Ces mesures ont été élaborées suite à des expériences afin d'assurer la mise en place d'un environnement sécurisé et fonctionnel.

Dans ce cadre, notre travail est basé sur l'application de la méthode d'analyse HAZOP dans la section Hexène. L'objectif de cette étude est l'identification des dangers afin d'évaluer les risques possibles pour prendre les mesures nécessaires de sécurité. Sachant que l'HAZOP est un outil particulièrement efficace pour les installations industrielles chimiques ou pétrochimiques, cette dernière permet d'améliorer le niveau de sécurité des unités neuves ou en phase exploitation.

Alors la méthode HAZOP minimise les risques probables dans l'industrie chimiques ou pétrochimiques tel Polyéthylène à Haute Densité ?

Notre mémoire sera axé autour de quatre chapitres :

Dans le premier chapitre intitulé "Principe de l'analyse des risques industriels "nous donnons quelques notions et concepts fondamentaux liés à la démarche d'analyse des risques industriels.

Dans le deuxième intitulé "Description du complexe"

Le troisième chapitre intitulé "Présentation de la méthode HAZOP "nous présentons la méthode HAZOP d'une manière détaillée et approfondie passant par son historique, définition, principe et enfin le déroulement de la méthode.

Le quatrième chapitre intitulé "Matériels et méthode, Résultats et discussion"

Enfin, le présent mémoire sera clôturé par une conclusion générale, résumant le travail accompli et les perspectives envisagées.

Chapitre I :
Principe de l'analyse des
risques industriels

Syntheses Bibliographique :

I.1: Introduction :

Le danger est une notion qui s'applique à toute situation ou objet qui peut causer des dommages ou des effets néfastes pour une personne, une organisation ou l'environnement. Il est important de prendre en compte les sources potentielles de danger et de mettre en place des mesures de prévention pour minimiser les risques et assurer la sécurité de tous. Il est également important de ne pas confondre le préjudice avec le danger lui-même, car cela peut entraîner une mauvaise évaluation des risques et des mesures de prévention inadaptées [1].

Selon la norme IEC 61508 [2], il est crucial de prendre en compte les dangers potentiels qui peuvent affecter les personnes, les biens et l'environnement. Les risques peuvent avoir des effets directs sur la santé physique ou les fonctions corporelles, ainsi que des effets indirects sur la détérioration ou la destruction des biens et des dommages à l'environnement.

Selon les directives du référentiel OHSAS 18001 / ISO 45001 [3], un danger est une situation ou une source potentiellement nuisible qui peut causer des blessures, des problèmes de santé et des dommages matériels et environnementaux sur le lieu de travail, ou une combinaison de ces éléments.

I.2 Notion d'accident :

Les experts OHSAS 18001 / ISO 45001 définissent un accident comme un événement inattendu qui peut causer la mort, des blessures, une détérioration de la santé, des dommages ou des pertes [3].

Les accidents sont des événements qui surviennent fréquemment et ont des conséquences graves pour les personnes, les biens et l'environnement. C'est pourquoi de nombreuses études de risques ont été menées pour mieux comprendre ces accidents et les prévenir autant que possible. Les experts travaillent dur pour anticiper les risques, afin de pouvoir les gérer efficacement et prendre des mesures préventives pour réduire les impacts négatifs sur les personnes et l'environnement. En utilisant les connaissances et les données obtenues grâce aux études de risques.

I.3 Notion de sécurité :

La sécurité est essentielle pour protéger les personnes, les biens et l'environnement. Elle est souvent définie comme l'absence de danger, d'accident ou de sinistre, mais elle va bien au-delà de cela.

Selon les spécialistes [2], la sécurité implique la non-occurrence d'événements qui pourraient poser des risques pour l'intégrité du système, que ce soit pendant la durée normale de l'activité du système, ou lorsqu'elle est dégradée ou même échouée.

Selon la norme ISO/CEI 73 [2], qui se concentre sur la terminologie du management du risque, la sécurité est l'absence de risques inacceptables de blessure ou d'atteinte à la santé des personnes, directement ou indirectement, résultant d'un dommage au matériel ou à l'environnement.

I.4 Notion de risque :

Lorsque l'on parle de la perception des dommages potentiels liés à une situation dangereuse, il est important de comprendre la notion de risque. Le terme "risque" peut avoir plusieurs significations et peut être utilisé pour décrire une variété de situations potentiellement dangereuses.

Selon les spécialistes [4], le risque est la mesure du niveau de danger, qui dépend de la probabilité que l'événement indésirable se produise et de la gravité des conséquences. Il est crucial de comprendre les risques pour pouvoir les gérer efficacement et prendre les mesures nécessaires pour minimiser les impacts négatifs sur les personnes, les biens et l'environnement.

Le risque est une notion qui prend en compte la probabilité qu'une personne subisse des dommages ou des effets néfastes pour sa santé en cas d'exposition à un danger. Cela peut également s'appliquer à des situations où des biens ou des équipements sont perdus, ou lorsque l'environnement subit des dommages [2].

Selon OHSAS 18001 / ISO 45001, un risque est la combinaison de la probabilité et de la (des) conséquence (s) de la survenue [3].

Selon la définition du BIT : « Le risque est l'éventualité qu'un événement non désiré ayant des conséquences données survienne dans une période donnée ou dans des circonstances données, cette éventualité étant exprimée selon le cas en termes de fréquence (nombre d'événements donnés par unité de temps) ou en termes de probabilité (probabilité que se produise un événement donné à la suite d'un événement préalable). » [2].

I.4.1 Risque industrielle :

La directive de Seveso II a été mise en place pour réglementer les établissements à risque suite à un accident industriel majeur. Cette directive définit le risque industriel comme étant un événement qui peut causer des dommages graves pour la santé humaine et l'environnement. Les risques industriels peuvent survenir dans les usines de production, les locaux de stockage et les laboratoires de recherche [5].

I.4.2 Risque nucléaire :

Le risque nucléaire est une situation potentiellement dangereuse qui découle de l'utilisation de matériaux radioactifs, lesquels émettent des rayonnements ionisants et présentent des risques d'irradiation ou de contamination pour le personnel, les populations, les biens et l'environnement. Un événement accidentel lié à ces matériaux pourrait entraîner des conséquences graves et durables, affectant la sécurité et le bien-être de chacun [5].

I.4.3 Risque chimique :

Le risque chimique est une réalité omniprésente dans de nombreux secteurs d'activité humaine tels que l'industrie chimique, la pétrochimie, l'agriculture et la métallurgie. Il représente une menace potentielle pour la santé humaine et l'écosystème. Ce risque émerge de l'utilisation, de la manipulation et/ou du stockage de produits chimiques. Selon la directive 98/24, il se réfère à la probabilité que le potentiel nuisible se manifeste dans les conditions d'utilisation et/ou d'exposition.

Le risque chimique, intrinsèquement lié à la nature des substances utilisées, peut se manifester de différentes manières. Il peut causer des dommages immédiats à la santé tels que des lésions, des brûlures, des irritations ou encore des intoxications aiguës. Cependant, il peut également avoir des conséquences à long terme sur la santé, se développant progressivement et pouvant conduire à des pathologies graves, comme le cancer [6].

I.4.4 Risque électrique :

Le risque électrique est une menace sérieuse qui peut entraîner des blessures graves, voire la mort, suite à un choc électrique ou à une brûlure. Ce risque peut survenir de plusieurs manières :

- Il existe un risque de contact direct ou indirect d'un travailleur avec une pièce sous tension. Lorsqu'un employé entre en contact avec un élément électrique actif, il peut être exposé à un courant électrique potentiellement dangereux.

- la simple présence à proximité d'un équipement électrique, en particulier dans le cas des installations haute tension, peut représenter un risque. Même sans contact direct.

- une isolation inadéquate des équipements électriques. Lorsque l'isolation ne répond pas aux normes requises ou est dégradée.

- les phénomènes électrostatiques peuvent également entraîner des risques électriques. Lorsqu'une personne entre en contact avec des surfaces ou des objets chargés électriquement [7].

I.4.5 Risque d'explosion :

Une explosion survient lorsque différents facteurs se combinent, tels que l'inflammation d'un mélange explosif, une réaction chimique violente, une combustion intense (de gaz ou d'un nuage de poussières) ou une décompression soudaine d'un gaz sous pression (comme l'éclatement d'une bouteille d'air comprimé). Elle peut se produire lors de la libération soudaine de vapeurs ou de gaz inflammables mélangés à l'air et en présence d'une source d'inflammation. L'onde de choc résultante entraîne une surpression susceptible de causer des lésions internes au niveau des poumons, des tympons ainsi que des traumatismes physiques [5].

I.4.6 Risque d'incendie :

Un incendie se produit lorsque la combustion se propage de manière incontrôlée dans le temps et l'espace, contrairement à un feu qui est une combustion maîtrisée. Il génère de grandes quantités de chaleur, de fumées et de gaz polluants, voire toxiques, et l'énergie émise favorise la propagation de l'incendie.

Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible en présence d'un comburant. Cette réaction nécessite une source d'inflammation pour être initiée.

Le triangle du feu représente la présence simultanée des trois éléments essentiels à la combustion : le combustible, le comburant et la source d'inflammation. Si l'un de ces éléments fait défaut, la combustion ne peut se produire.

La présence d'un combustible inflammable, tel que du bois, du papier ou des liquides inflammables, constitue la première composante du triangle du feu. En l'absence de combustible, la combustion ne peut pas se développer.

Le comburant, généralement l'oxygène de l'air, représente le deuxième élément du triangle du feu. Sans un apport suffisant en comburant, la combustion ne peut pas se soutenir [8].

I.4.7 Risque biologique :

Les agents biologiques, tels que les bactéries, les champignons et les virus, peuvent être responsables de diverses maladies chez l'homme, allant des infections aux intoxications, en passant par les allergies et même les cancers.

Le risque biologique est présent dans de nombreuses activités, notamment dans les métiers de la santé, les services à la personne, l'agriculture, les industries agroalimentaires et les métiers liés à l'environnement.

Ces domaines peuvent être exposés à des organismes pathogènes ou à des substances dérivées d'organismes, pouvant représenter une menace pour la santé humaine.

il existe également la menace du bioterrorisme et Emergence infectieuse [9].

I.4.8 Risque Mécanique :

Le risque mécanique regroupe tous les éléments physiques susceptibles de causer des blessures par l'action mécanique d'éléments de machines, d'outils, de pièces ou de matériaux solides ou de fluides projetés. [5].

I.5 Gestion des risques :

I.5.1 Définition :

La gestion des risques est une approche essentielle pour assurer la sécurité et la réussite des entreprises. Elle consiste à identifier les événements incertains et à évaluer leurs conséquences potentielles. Grâce à des processus, des méthodes et des outils adaptés, la gestion des risques permet de prendre des mesures préventives et d'élaborer des stratégies pour faire face à ces risques [10].

L'identification des risques est la première étape cruciale dans le processus de gestion des risques. Il s'agit d'analyser les activités, les opérations et les environnements de travail afin d'identifier les éléments qui pourraient mal tourner et entraîner des conséquences néfastes. Cela peut inclure des risques liés à la sécurité, à la conformité réglementaire, aux finances, à la réputation de l'entreprise, aux catastrophes naturelles, aux cyberattaques.

Une fois les risques identifiés, il est important d'évaluer leur gravité et leur probabilité de se produire. Cette évaluation permet de hiérarchiser les risques et de déterminer les mesures de gestion appropriées. Certaines entreprises optent pour des approches proactives en mettant en place des mesures de prévention, telles que des procédures de sécurité renforcées, des audits réguliers, des formations pour le personnel, etc. D'autres entreprises choisissent des approches réactives en élaborant des plans de continuité des activités, des politiques d'assurance, des plans d'intervention d'urgence.

I.5.2 Processus de gestion de risques :

La gestion des risques est une composante essentielle de la gestion stratégique des entreprises, car elles font face à de nombreux risques potentiels. En intégrant la gestion des risques dans votre entreprise, vous pouvez identifier et aborder ces risques, ce qui augmente vos chances de réaliser avec succès vos objectifs.

Le processus de gestion des risques comprend plusieurs étapes clés :

- il est important d'identifier de manière méthodique les risques liés aux activités de votre entreprise.

-il est crucial d'évaluer la probabilité que ces risques se concrétisent.

-il est nécessaire de comprendre comment y faire face. Cela peut impliquer la mise en place de procédures de prévention, de plans d'urgence, de politiques d'assurance ou d'autres mesures spécifiques à chaque risque.

-La mise en place de systèmes et de contrôles est également essentielle pour faire face aux conséquences des risques. Cela peut inclure des mécanismes de suivi, des procédures de gestion de crise, des plans de continuité des activités.

La gestion des risques présente de nombreux avantages pour votre entreprise. Elle améliore la prise de décision, la planification et la priorisation en vous aidant à allouer vos ressources de manière plus efficace. Elle vous permet également d'anticiper les problèmes potentiels, de réduire les risques et de prévenir les pertes financières importantes. En outre, elle augmente considérablement la probabilité de livrer votre plan d'affaires en respectant les délais et le budget prévus.

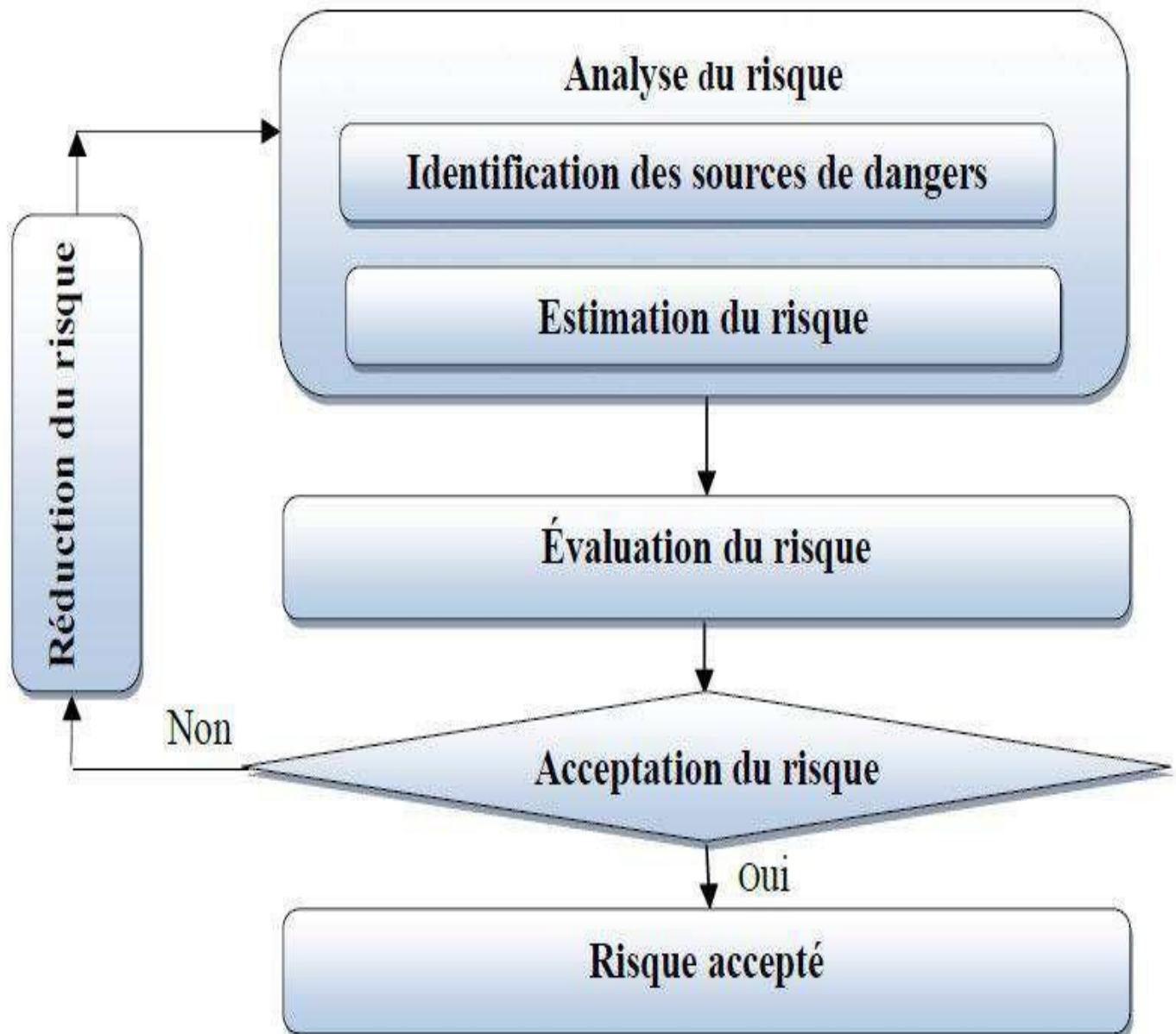


FIG I.1 Processus de gestion de risque [10]

I.6 L'analyse des risques :

I.6.1 Définition :

La définition retenue par le Guide de la norme ISO/CEI 73 est « utilisation systématique d'informations pour identifier les phénomènes dangereux et pour estimer le risque en découlant. »

Lorsqu'il s'agit d'analyser les risques d'une installation, l'objectif principal est d'identifier les dysfonctionnements techniques et opérationnels qui pourraient survenir. Ces dysfonctionnements peuvent être de nature opérationnelle, relationnelle ou organisationnelle et leur enchaînement peut conduire à des événements non souhaités pour les cibles concernées, qu'il s'agisse d'individus, de populations, d'écosystèmes, de systèmes matériels ou symboliques. En identifiant ces dysfonctionnements, il est possible de prendre des mesures préventives et palliatives pour réduire les risques et garantir que l'installation fonctionne de manière sûre et efficace. L'analyse de risque est donc un processus crucial pour assurer la sécurité et la fiabilité des installations, quel que soit leur nature ou leur fonctionnement.

I.6.2 Approche de l'analyse des risques :

La sûreté de fonctionnement d'un système est primordiale, raison pour laquelle une analyse des risques doit être menée pour les systèmes et les équipements. La forme de cette analyse peut varier considérablement en fonction des circonstances, allant des approches qualitatives descriptives aux approches quantitatives numériques. Toutefois, quelle que soit l'approche adoptée, l'analyse de risque doit comprendre les étapes suivantes [11] :

Lorsqu'il s'agit de mener une analyse de risque complète, il est important de suivre plusieurs étapes clés. Tout d'abord, il convient d'identifier les mécanismes potentiels de détérioration ainsi que les modes d'échec qui pourraient être rencontrés. Ensuite, il est essentiel d'évaluer la probabilité de l'échec de chaque mécanisme identifié afin de déterminer les risques associés à ceux-ci. Une fois cela effectué, il est important de prendre en compte les différents scénarios d'accidents qui pourraient survenir en cas d'échec de l'équipement et d'en évaluer les conséquences potentielles. Ensuite, il est nécessaire de déterminer les risques encourus en cas d'échec d'équipement et de les classer en fonction de leur importance. Enfin, il est important de catégoriser les risques identifiés afin de prioriser les actions à mettre en place pour réduire ces risques à un niveau acceptable.

I.6.3 Synthèse et conclusions :

La combinaison de l'analyse qualitative et quantitative permet de mettre en évidence les défaillances qui pourraient affecter le fonctionnement du système, ainsi que les composants les plus critiques ou

les missions les plus importantes. Les conclusions tirées de cette analyse permettent de proposer des solutions adéquates, notamment.

En fonction des conclusions tirées de l'analyse, plusieurs solutions peuvent être envisagées pour améliorer la fiabilité du système, telles que :

L'amélioration de la qualité des composants,

L'ajout de dispositifs de protection ou de surveillance,

La protection supplémentaire contre les défaillances de cause commune,

La modification des caractéristiques des tests périodiques ou de la maintenance,

La mise en place de maintenance préventive pour certains composants,

Les tests périodiques supplémentaires pour certains composants.

I.6.4 Critères de choix des méthodes :

Lorsque 'il s'agit de choisir la meilleure méthode d'analyse, plusieurs critères doivent être pris en compte. Les objectifs de l'analyse jouent un rôle important dans cette décision, tout comme les caractéristiques du système étudié et les moyens disponibles pour mener à bien l'étude. En prenant en compte ces différents facteurs, il est possible de déterminer la méthode d'analyse la plus appropriée pour répondre aux besoins spécifiques de chaque situation [11].

I.6.5 Méthodes d'analyse des risques :

I.6.5.1 Introduction :

L'origine de la sûreté de fonctionnement remonte au début d'industrielle, cette dernière regroupe un ensemble de techniques, mise en œuvre pour identifier, analysé, gérer et éventuellement réduire les risques liés aux systèmes industriels.

Dans ce chapitre, nous allons aborder quelques méthodes d'analyse des risques, en décrivant brièvement leurs principes de déroulement et la méthode HAZOP (Hazard and Operability Study) fera l'objet d'une présentation détaillée [12].

I.6.5.2 Classification des méthodes d'analyse de risque :

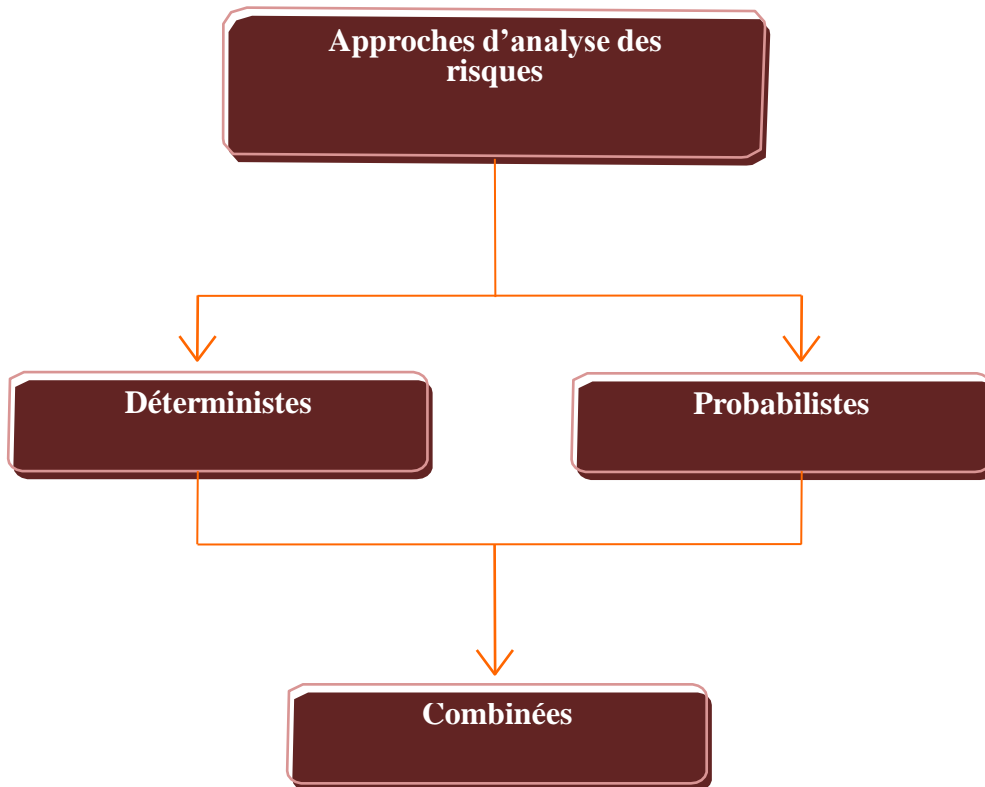


FIG I.2 Approches d'analyse de risque

I.6.5.2.1 Approche déterministe :

L'approche déterministe a généralement été adoptée dans les domaines à haut risque tels que nucléaire, militaire, transports guidés, où le moindre risque significatif est traqué et réduit à la source. Elle consiste à recenser les événements pouvant conduire à un scénario d'accident en recherchant le pire cas possible (The Worst Case) et en affectant une gravité extrême à ses conséquences potentielles. Par conséquent, les sous-systèmes critiques (systèmes de sauvegarde, de protection et de prévention) sont dimensionnés pour éviter toute défaillance dangereuse et organisés rigoureusement selon une stratégie de défense en profondeur [12].

I.6.5.2.2 Approche probabiliste :

L'approche probabiliste fait intervenir le calcul de probabilités relatives à l'occurrence d'événements faisant partie du processus de matérialisation d'un scénario d'accident donné.

Il s'agit d'une approche complémentaire qui permet d'analyser le dispositif de défense en profondeur décidé à l'issue d'une approche purement déterministe, ceci a été le cas dans le domaine nucléaire où les techniques probabilistes viennent appuyer l'approche déterministe [12].

I.6.5.2.3 Méthodes qualitatives & Méthodes quantitatives :

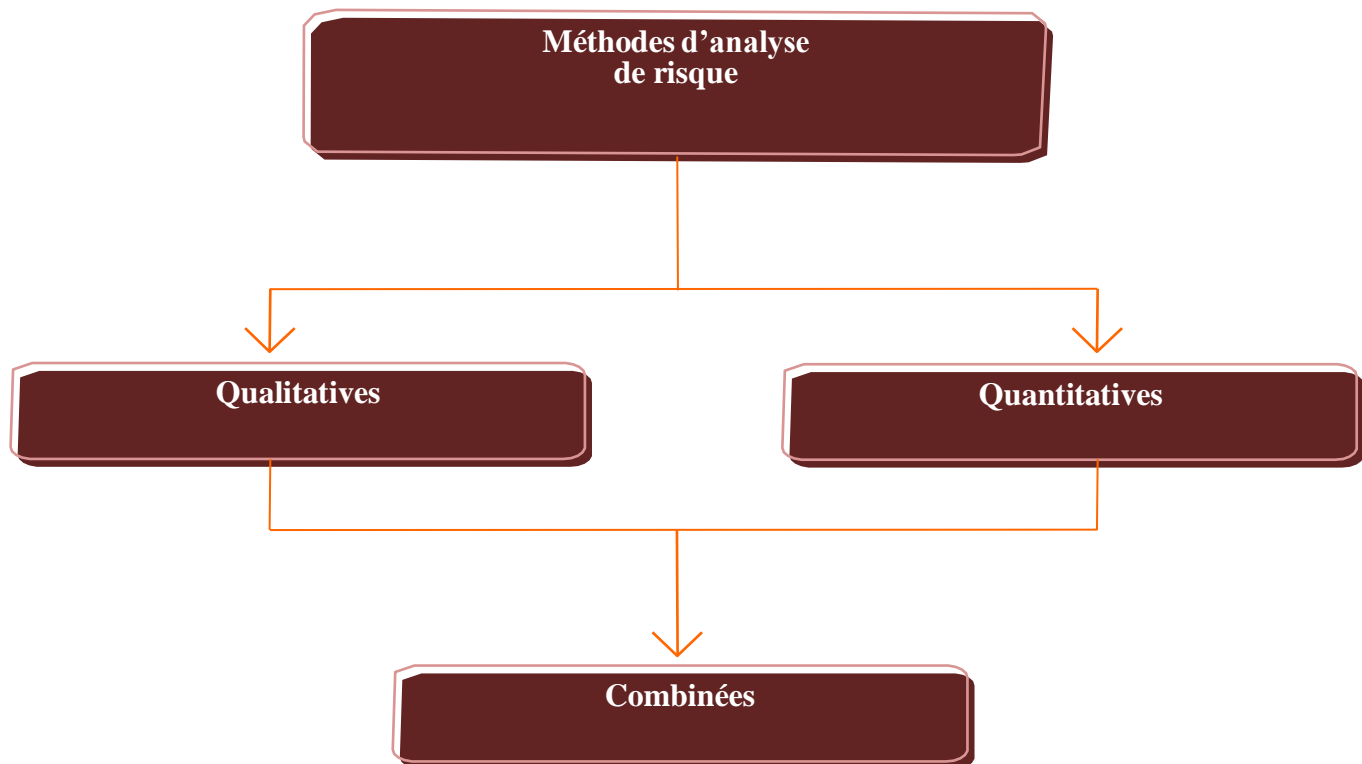


FIG I.3 Typologie des méthodes d'analyse de risque

I.6.5.2.3.1 Méthodes quantitatives :

Les analyses quantitatives sont supportées par des outils mathématiques ayant pour but d'évaluer la sûreté de fonctionnement et entre autres la sécurité. Cette évaluation peut se faire par des calculs de probabilités (par exemple lors de l'estimation quantitative de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté) ou bien par recours aux modèles différentiels probabilistes tels que les Chaines de Markov, les réseaux de pétri, les automates d'états finis, etc.

Les analyses quantitatives ont de nombreux avantages car elles permettent :

- D'évaluer la probabilité des composantes de la sûreté de fonctionnement.
- De fixer des objectifs de sécurité.
- De juger de l'acceptabilité des risques en intégrant les notions de périodicité des contrôles, la durée des situations dangereuses, la nature d'exposition, etc.
- D'apporter une aide précieuse pour mieux juger du besoin d'améliorer la sécurité.
- De hiérarchiser les risques.
- De comparer et ensuite ordonner les actions à entreprendre en engageant d'abord celles permettant de réduire significativement les risques.
- De chercher de meilleures coordination et concertation en matière de sécurité entre différents opérateurs (sous-systèmes interagissant) ou équipes (exploitation, maintenance, etc.).

Quoique l'utilité des méthodes quantitatives soit indiscutable, ces dernières présentent tout de même un certain investissement en temps, en efforts et également en moyens (logiciels, matériels, financiers, etc.).

Il peut s'avérer que cet investissement soit disproportionné par rapport à l'utilité des résultats attendus, le cas échéant l'analyse quantitative est court-circuitée pour laisser la place aux approximations qualitatives (statistiques, retour d'expérience, jugement d'expert, etc.).

Un point très important mérite d'être clarifié, c'est que les résultats de l'analyse quantitative ne sont pas des mesures absolues, mais plutôt des moyens indispensables d'aide au choix des actions pour la maîtrise des risques. Nous citons par exemple l'évaluation par des techniques floues/possibilistes de la subjectivité des experts humains, ou la priorisation de certaines actions de maîtrise par rapport à d'autres par une analyse de type coût/bénéfices [12].

I.6.5.2.3.2 Méthodes qualitative :

L'APR, l'AMDEC, l'Arbre de Défaillances ou l'Arbre d'Événements restent des méthodes qualitatives même si certaines mènent parfois aux estimations de fréquences d'occurrence avant la classification des risques.

L'application des méthodes d'analyse de risque qualitatives fait systématiquement appel aux raisonnements par induction et par déduction (Monteau & Favaro, 1990).

La plupart des méthodes revêtent un caractère inductif dans une optique de recherche allant des causes aux conséquences éventuelles. En contrepartie, il existe quelques méthodes déductives qui ont pour but de chercher les combinaisons de causes conduisant à des événements redoutés.

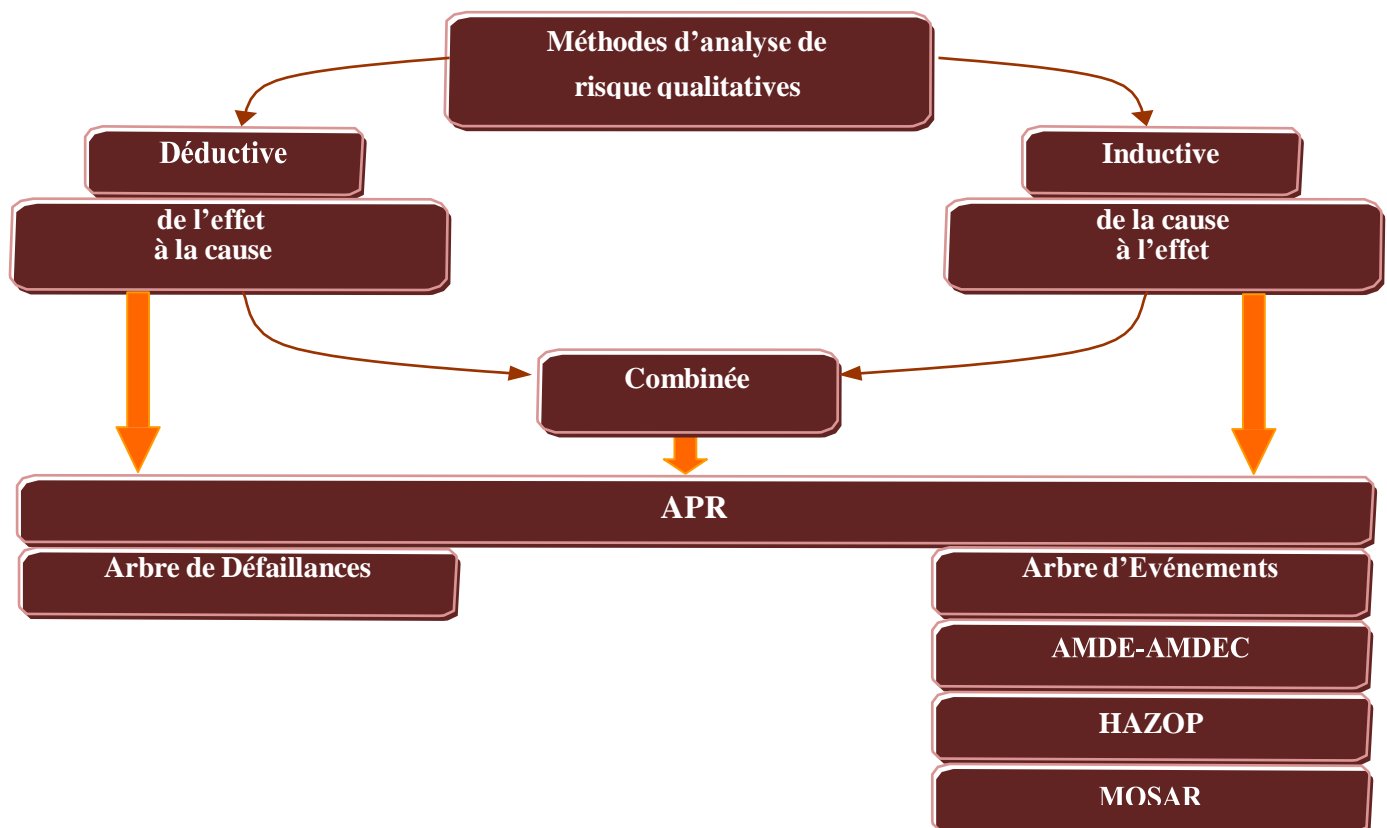


FIG I.4 Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives

1. Démarche inductive

Le principe de ces méthodes consiste à partir d'une cause d'anomalie (défaillance, erreur humaine, agression externe, etc.) et à déterminer les scénarios d'événements qui en résultent et/ou l'ensemble de ses conséquences possibles.

2. Démarche déductive

Les méthodes d'analyse déductive ont pour finalité la recherche des combinaisons de causes possibles d'un événement redouté.

I.6.5.3 Panorama des méthodes d'analyse de risque :

I.6.5.3.1 Analyse préliminaire des risques (APR) :

Selon la norme CEI-300-3-9 l'APR est une technique d'identification et d'analyse de la fréquence du danger qui peut être utilisée lors des phases amont de la conception pour identifier les dangers et évaluer leur criticité [12].

L'APR a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires, elle est utilisée depuis dans de nombreuses autres industries.

1) Principe

L'analyse préliminaire des risques nécessite dans un premier temps d'identifier les éléments dangereux de l'installation, ces éléments dangereux désignent le plus souvent :

- A) Des substances ou préparations dangereuses, que ce soit sous forme de matières première, de produit finis, d'utilités....,
- B) Des équipements dangereux comme, par exemple, des stockages, zones de réception-expédition, réacteurs, fournitures d'utilités (chaudière ...),
- C) Des opérations dangereuses associées au procédé.

L'identification de ces éléments dangereux est fonction du type d'installation étudiée.

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

A partir de ces éléments dangereux, L'APR vise à identifier, pour chaque élément dangereux, une ou plusieurs situations dangereuses.

2) Déroulement

Le groupe de travail peut alors adopter une démarche systématique sous la forme suivant : Sélectionner le système ou la fonction à étudier sur la base de la description technique et fonctionnelle.

Choisir un équipement ou produit pour ce système ou cette fonction (colonne 01 du tableau I.1). Pour cette entité, envisager toutes les événements pouvant donner une situation dangereuse (colonne 02 du tableau I.3).

Pour cet équipement, considérer une première situation de danger (colonne 03 du tableau II.1).

Pour cette situation de danger, envisager toutes les causes et les conséquences possibles (colonne 04, 05 et 06 du tableau I.1).

Identifier les barrières de sécurité existantes sur l'installation (colonne 09 du tableau II.1).

Si le risque ainsi estimé est jugé inacceptable, formuler des propositions d'améliorations en colonne 07, on peut ajouter une dernière colonne, (colonne 08) qui sera réservé à d'éventuels commentaires.

Envisager alors un nouvel enchaînement cause –situation danger-conséquences pour la même situation de danger et retourner au point 4.

Si tous les enchaînements ont été étudiés, envisager une nouvelle situation de danger pour le même équipement et retourner au point 3.

Lorsque toutes les situations de danger ont été passées en revue pour l'équipement considéré, retenir un nouvel équipement et retourner au point 2. Retenir un nouveau système ou fonction et retourner au point 1.

3) Limites et avantages

Le principal avantage de l'APR est de permettre un examen relativement rapide des situations dangereuses sur des installations car ne nécessitant pas un niveau de description détaillé de celles-ci. En revanche, l'APR ne permet pas de caractériser finement les combinaisons des événements susceptibles de conduire à un accident potentiel pour des systèmes com

Tabl I.1 Exemple de tableau de type « APR »

Fonction ou système									
01	02	03	04	05	06	07	08	09	10
Produit, fonction, ou équipement	Événement Causant une situation dangereuse	Situation dangereuse	Événement causant un accident potentiel	Accident potentiel	Effets	F	G	Sécurité existantes	Recommandation

I.6.5.3.2 Analyse des modes de défaillances et de leurs effets et de leur criticité

(AMDEC) :

L'analyse des modes de défaillance et de leurs effets et de leur criticité (failure mode and affects analysis ou FMEA) est une méthode structurée et systématique, c'est une méthode inductive et qualitative que permet de passer en revue l'ensemble des organes constituant une installation ou un système.

4) Principe

L'AMDEC repose notamment sur les concepts de :

- 2 Défaillance, soit la cessation de l'aptitude d'un élément ou d'un système à accomplir une fonction requise,
- 3 Mode de défaillance, soit l'effet par lequel une défaillance est observée sur un élément du système,
- 4 Cause de défaillance, soit les événements qui conduisent aux modes de défaillances,
- 5 Effet d'un mode de défaillance, soit les conséquences associées à la perte de l'aptitude d'un élément à remplir une fonction requise,

L'AMDEC s'avère très efficace lorsqu'elle est mise en œuvre pour l'analyse de défaillances simples d'éléments conduisant à la défaillance globale du système, de par son caractère systématique et sa maille d'étude généralement fine, elle constitue un outil précieux pour l'identification des défaillances potentielles et les moyens d'en limiter les effets ou d'en prévenir l'occurrence.

5) Déroulement

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

- 6 dans un premier temps, choisir un élément ou composant du système
- 7 retenir un état de fonctionnement (fonctionnement normal, arrêt)
- 8 pour cet élément ou composant et pour cet état, retenir un premier mode de défaillance
- 9 identifier les causes de ce mode de défaillance ainsi que ses conséquences tant au niveau du voisinage du composant que sur tout le système.
- 10 Examiner les moyens permettant de détecter le mode de défaillance d'une part, et ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets
- 11 Procéder à l'évaluation de la criticité de ce mode de défaillance en terme de probabilité et de gravité
- 12 Prévoir des mesures ou moyens supplémentaires si l'évaluation du risque en montre la nécessité
- 13 Vérifier que le couple (P, G) peut être jugé comme acceptable.
- 14 Envisager un nouveau mode de défaillance et reprendre l'analyse au point 4).
- 15 Lorsque tous les modes de défaillances ont été examinés, envisager un nouvel état de fonctionnement et reprendre l'analyse au point 3.
- 16 Lorsque tous les états de fonctionnement ont été considérés, choisir un nouvel élément ou composant du système et reprendre l'analyse au point 2.

Le tableau fourni ci-dessous illustre la présentation des résultats

Tabl I.2 Exemple de tableau de type « AMDEC »

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Equipement repère	Fonction état	MdD	Cause de défaillance	Effets	Moyens de détection	Dispositions Compensatoires	P	G	Remarque

6) **Limites et avantages**

L'AMDEC s'avère très efficace lorsqu'elle est mise en œuvre pour l'analyse de défaillances simples d'éléments conduisant à la défaillance globale du système, de par son caractère systématique et sa maille d'étude généralement fine, elle constitue un outil précieux pour l'identification de défaillances potentielles et les moyens d'en limiter les effets ou d'en prévenir l'occurrence.

Dans le cas de systèmes particulièrement complexes comptant un grand nombre de composant, l'AMDEC peut être très difficile à mener et particulièrement fastidieuse compte tenu du volume important d'information à traiter.

I.6.5.3.3 Analyse des couches de protection LOPA :

La méthode LOPA fut historiquement l'une des méthodes récentes qui a été développée à la fin des années 1990 par le CCPS (center for chemical process safety) [ccps, 2001], LOPA est un acronyme qui signifie "LAYERS OF PRETECTION ANALYSIS " (analyse des couches de protection). Cette méthode fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes et des procédés industriels chimiques, pétrochimiques et nucléaires (IEC 61511 ,2003).

- Principe de la méthode LOPA

L'analyse des couches de protection est une méthode semi-quantitative, le principe de cette méthode consiste en premier lieu à identifier les différents scénarios d'accidents d'une installation. En effet, il s'agit à partir d'un événement redouté défini à priori par une analyse qualitative des risques du type HAZOP, AMDEC, de déterminer l'enchaînement des événements pouvant conduire à cet événement, il s'agit en suite d'évaluer la robustesse des couches de protection mises en place selon une approche semi-quantitative, cette dernière permet d'évaluer la probabilité de défaillance à la demande (PFD) de chaque couche de protection.

LOPA permet de déterminer la fréquence de réalisation de chaque scénario d'accident par multiplier la

fréquence d'occurrence de cet événement initiateur par le produit des PFD des couches de protection existantes. Une fois le scénario d'accident est estimé en terme de la fréquence de la conséquence, il reste à décider si ce scénario d'accident est acceptable ou non [12].

- Déroulement de la méthode LOPA

La démarche généralement retenue (CCPS ,2001) pour réaliser une analyse par la méthode LOPA est le suivant :

- Comme tous outils d'analyse des risques, l'établissement des critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios d'accidents à évaluer se révèle indispensable et préalable ;
- Développement des scénarios d'accident;
- Identification des fréquences des événements initiateurs ;
- Identification des couches de protection indépendantes et leurs probabilités de défaillances à la demande ;
- Détermination des fréquences des scénarios d'accident ;
- Evaluation des scénarios d'accidents par rapport aux critères d'acceptabilité du risque.

- Avantages et limites de la méthode LOPA

LOPA présente les avantages suivants (IEC/61511.2003) :

LOPA est une outille performant et efficace d'évaluation des risques et des mesures de réduction de ces risques

I.6.5.3.4 Arbre des événements (AdE) :

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

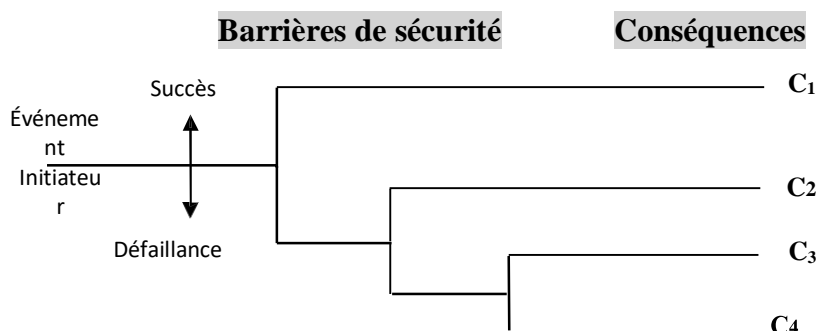


FIG I.5 Schéma d'un ADE avec des barrières de sécurité.

La probabilité d'occurrence de l'événement initiateur par celles des barrières de sécurité existantes et pouvant empêcher le scénario d'accident.

Les étapes de la méthode sont :

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

L'AdE sert le support pour LOPA. Pour ce, nous ferons appel à cette méthode pour représenter les scénarios d'accidents.

I.6.5.3.5 Arbre de défaillances (AdD) :

L'arbre de défaillances, appelé également arbre des causes, arbre des défauts où encore arbre des fautes, est une méthode purement quantitative qui est utilisée largement dans le domaine de la sûreté de fonctionnement [Villemeur, 1988].

C'est une démarche d'analyse arborescente et probabiliste [Desroches, 1995]. Partant d'un événement indésirable bien défini, il s'agit d'identifier les combinaisons d'événements (événements intermédiaires et élémentaires) pouvant conduire à la réalisation de cet événement. Tous les événements identifiés doivent être représentés et hiérarchisés graphiquement sous forme d'un arbre en commençant par représenter au sommet l'événement indésirable puis les événements intermédiaires et élémentaires. Tous ces événements sont liés par des portes logiques caractérisant la logique de défaillance du système.

Les étapes de cette méthode sont les suivantes :

- ✓ La définition de l'événement indésirable (événement de sommet)
- ✓ Recensement de tous les événements intermédiaires et élémentaires
- ✓ La construction de l'arbre (du sommet vers la base)
- ✓ Traitement de l'arbre

Dans le domaine d'analyse et d'évaluation des risques ces méthodes et autres ont des avantages et des limites, l'application de l'une de ces méthodes présentées est fonction des objectifs de l'étude.

I.6.5.3.6 Nœud-papillon (BOW TIE) [INERIS-00973632] :

Cette approche propose l'utilisation d'un modèle de représentation des risques, à savoir le nœud papillon. Celui-ci est utilisé d'abord comme outil graphique de représentation des séquences accidentelles puis comme support à l'estimation de la probabilité. Il rassemble un arbre des défaillances et un arbre des événements autour d'un même événement redouté central (ERC). Par consensus, les ERC sont des situations dangereuses.

Le nœud papillon permet d'avoir une vision globale des scénarios d'accident en mettant en exergue leurs causes, les liens logiques existant entre elles et les barrières de sécurité.

La modélisation graphique des séquences accidentelles proposée par cet outil en fait un support adapté pour l'étape d'estimation probabiliste [12].

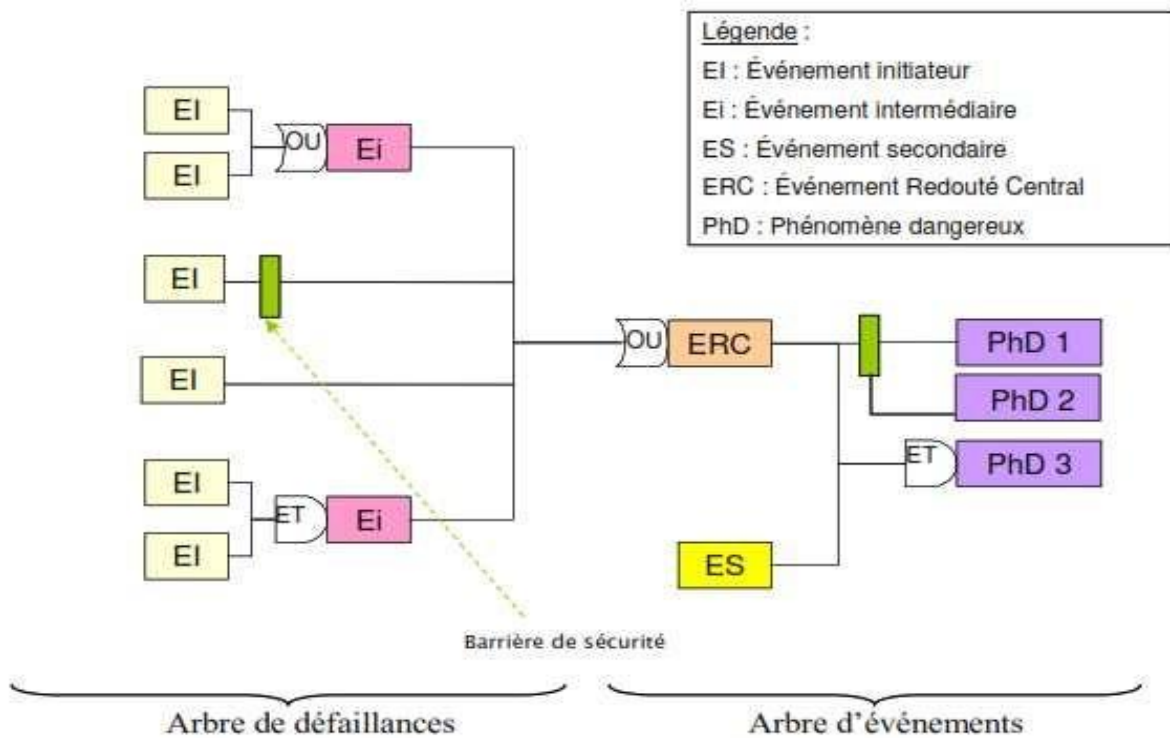


FIG I.6 Nœud-papillon (BOW TIE) [12]

Les événements initiateurs peuvent être des agressions externes ou des défaillances du système étudié. Par exemple, le vieillissement des matériaux, la défaillance humaine lors d'une manœuvre, ... Les événements intermédiaires sont des familles d'événements initiateurs.

Les mesures de sécurité identifiées en amont et en aval de l'ERC peuvent être à la fois des barrières humaines ou des barrières techniques.

Du point de vue pratique, les nœuds papillon mobilisent des méthodes spécifiques des arbres de défaillances et d'événements, et sont réalisés en groupe de travail.

Ils permettent de visualiser:

- Les scénarios susceptibles de conduire à des accidents majeurs ;
- Les mesures de maîtrise des risques ;
- En conséquence directe des deux points précédents, les chemins critiques ne présentant pas suffisamment de mesures de maîtrise du risque.

- Avantages et limites de la méthode

La méthode du nœud papillon présente l'avantage d'apporter un modèle pour la maîtrise des risques : sur tel ou tel scénario, des mesures de sécurité sont-elles présentes, sont-elles suffisantes ? L'intégralité des causes possibles des différents **PhD** et **ERC** susceptibles de se produire est listée, puis quantifiée. Par cette quantification, on gagne ainsi une excellente visibilité sur les importances relatives des différentes sources de risque, ce qui permet notamment de savoir où le réduire pour que l'impact soit maximal.

L'une des limites de cette approche réside dans la quantification des événements initiateurs. Le problème d'estimation de la fréquence d'occurrence d'un **ERC** est en fait repoussé et redécoupé au niveau de différents **EI**. Cependant, il est, en pratique, plus simple d'estimer les fréquences des **EI**, car ils sont en général plus courants que les **ERC**, et donc les bases de données relatives à ces événements sont plus fournies et fiables. Toutefois, certains **EI** posent problème, typiquement ceux très peu fréquents et sur lesquels les données n'existent pas toujours.

I.6.5.3.7 Hazard and Operability Study (HAZOP):

I.6.5.3.7.1 Historique et domaine d'application :

La méthode HAZOP, pour HAZard OPerability, a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle a depuis été adaptée dans différents secteurs d'activité. L'Union des Industries Chimiques (UIC) a publié en 1980 une version française de cette méthode dans son cahier de sécurité n°2 intitulé « Etude de sécurité sur schéma de circulation des fluides ».

Considérant de manière systématique les dérives des paramètres d'une installation en vue d'en identifier les causes et les conséquences, cette méthode est particulièrement utile pour l'examen de systèmes thermohydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation.

De par sa nature, cette méthode requiert notamment l'examen de schémas et plans de circulation des fluides ou schémas P&ID (Piping and Instrumentation Diagram).

I.6.5.3.7.2 Principe :

La méthode de type HAZOP est dédiée à l'analyse des risques des systèmes thermohydrauliques pour lesquels il est primordial de maîtriser des paramètres comme la pression, la température, le débit...

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

Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (Conceptuelle) des

dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction :

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

Mot-clé + Paramètre = Dérive

Le groupe de travail doit ainsi s'attacher à déterminer les causes et les conséquences potentielles de chacune de ces dérives et à identifier les moyens existants permettant de détecter cette dérive, d'en prévenir l'occurrence ou d'en limiter les effets. Le cas échéant, le groupe de travail pourra proposer des mesures correctives à engager en vue de tendre vers plus de sécurité.

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

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

Cette adaptation semi-quantitative de l'HAZOP est d'ailleurs mentionnée dans la norme CEI :61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application » [12].

I.6.5.3.7.3 Déroulement :

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

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

- 8) Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3),
- 9) Lorsque tous les mots-clé ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point
- 10) Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1).

La démarche présentée ici est globalement cohérente avec la démarche présentée dans la norme CEI :61882 « Etudes de danger et d'exploitabilité (études HAZOP) – Guide d'application ».

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

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

Tout comme pour l'APR et l'AMDEC présentées dans les paragraphes précédents, un tableau de synthèse se révèle souvent utile pour guider la réflexion et collecter les résultats des discussions menées au sein du groupe de travail.

Un exemple de tableau pouvant être utilisé est présenté et commenté dans les paragraphes Suivants :

Tabl I.3 Exemple de tableau pour l'HAZOP

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

-Définition du mot-clé (colonne 2)

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

Tab I.4 Exemples de mot-clé pour l'HAZOP (norme CEI : 61882)

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

-Définition des paramètres (colonne 3)

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

La température, la pression, le débit, le niveau, la concentration, le temps, des opérations à réalise.

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

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

-Causes et conséquences de la dérive (colonnes 4 et 5)

De la même façon que pour une AMDE, le groupe de travail, une fois la dérive envisagée, doit identifier les causes de cette dérive, puis les conséquences potentielles de cette dérive. En pratique, il peut être difficile d'affectera chaque mot clé (et dérive) une portion bien délimitée du système et en conséquence,

l'examen des causes potentielles peut s'avérer, dans certains cas, complexe.

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

- moyens de détection, sécurités existantes et propositions (colonnes 6, 7 et 8)

La méthode HAZOP prévoit d'identifier pour chaque dérive les moyens accordés à sa détection et les barrières de sécurité prévues pour en réduire l'occurrence ou les effets.

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

I.6.5.3.7.4 Limites et avantages :

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

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

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

Enfin, L'HAZOP traitant de tous types de risques, elle peut être particulièrement longue à mettre en œuvre et conduire à une production abondante d'information ne concernant pas des scénarios d'accidents majeurs.

I.6.5.4 Avantages généraux des méthodes d'analyse de risques :

- **Identification systématique des composantes du risque**

Les différentes situations dangereuses, événements redoutés, causes, conséquences, ou accidents potentiels ; tous ces éléments sont identifiés d'une manière méthodologique et présentés dans une forme tabulaire à l'image de l'APR et l'AMDEC, ou arborescente à l'image de l'Arbre de Défaillances ou d'événements.

- **Communication des risques**

La communication des risques englobe l'échange et le partage d'informations concernant les risques

entre le décideur et d'autres parties prenantes. Les informations peuvent concerner l'existence, la nature, la forme, la probabilité, la gravité, l'acceptabilité, le traitement, ou d'autres aspects du risque (ISO/CEI Guide 73, 2002). L'analyse de risque représente un support très efficace d'étude et de communication des risques.

• Complémentarité

Les méthodes d'analyse de risque sont complémentaires. On peut même interconnecter les résultats (sorties) des unes aux données (entrées) des autres à l'image du nœud papillon. Par exemple, l'APR peut être complétée par une AMDEC ou une étude HAZOP, en faisant porter l'étude cette fois-ci sur les éléments importants pour la sécurité (parties critiques) du système. Ensuite on peut procéder à des études encore plus fines des événements critiques par Arbre de Défaillances ou d'événement ou des deux à la fois à travers un modèle en nœud papillon [12].

I.7 L'évaluation du risque :

L'évaluation du risque est le processus d'identification, d'analyse et d'évaluation des risques pour déterminer leur probabilité et leur gravité. Cela permet de comprendre les dangers potentiels et de mettre en place des mesures préventives pour minimiser les risques.

L'évaluation du risque peut être effectuée dans différents contextes, tels que la santé et la sécurité au travail, l'environnement, la finance, l'industrie alimentaire, etc. Elle peut également être utilisée pour évaluer les risques individuels ou collectifs.

Les étapes clés de l'évaluation du risque sont :

- 1) Identification des dangers : il s'agit de déterminer les dangers potentiels associés à une activité ou une situation.
- 2) Évaluation de la probabilité : il s'agit d'estimer la probabilité que le danger se produise.
- 3) Évaluation de la gravité : il s'agit d'estimer la gravité des conséquences si le danger se produit.
- 4) Évaluation du risque : en combinant les évaluations de probabilité et de gravité, on peut déterminer le niveau de risque associé à une activité ou une situation.

Tabl I.5 Matrice de criticité [5]

	Insignifiant	Marginal	Critique	Catastrophique
Invraisemblable	Négligeable	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Improbable	Négligeable	Négligeable	Acceptable	Acceptable
Rare	Négligeable	Acceptable	Indésirable	Indésirable
Occasionnel	Acceptable	Indésirable	Indésirable	Inacceptable
Probable	Acceptable	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable
Fréquent	Indésirable	Inacceptable	Inacceptable	Inacceptable

5) Gestion du risque : après avoir évalué le risque, il est important de mettre en place des mesures préventives pour minimiser les risques identifiés.

Il est important de noter que l'évaluation du risque n'est pas une science exacte et peut être influencée par de nombreux facteurs, tels que les données disponibles, les hypothèses et les jugements subjectifs. C'est pourquoi il est important de réaliser une évaluation régulière du risque pour s'assurer que les mesures de gestion du risque sont toujours efficaces et adaptées à la situation actuelle.

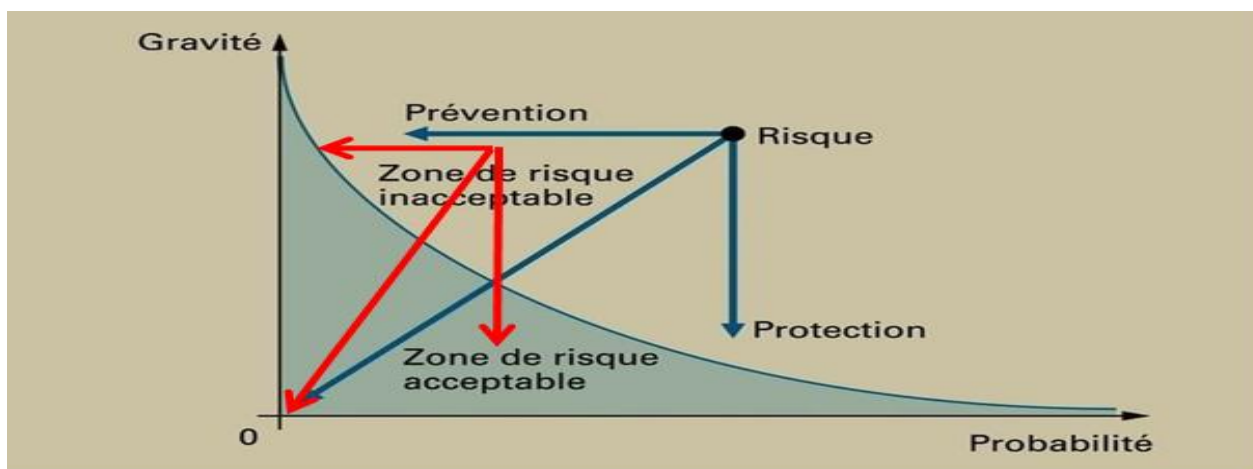


FIG I.7 Zones des risques [5].

I.8. Conclusion :

Nous avons consacré ce chapitre à la présentation de notre cadre de travail. Après avoir présenté la démarche générale de la gestion des risques, il existe plusieurs questions de mettre la modulation sur les méthodes d'analyse et l'évaluation des risques.

Chapitre II :
Description du
complexe.

II. Description POLYMED (Société Méditerranéenne de Polymères) :

POLYMED (Société Méditerranéenne de Polymères) a décidé de réaliser en Janvier 1 997 une Analyse Fonctionnelle du Risque (HAZOP) de son Usine de Polyéthylène à Haute Densité située à Skikda (Algérie).

Le but de cette étude consiste à identifier les points de risque En matière de sécurité et d'examiner les voies ou chemins permettant de réduire ou d'éliminer le risque de ces points dangereux.

Le développement d'une Analyse Fonctionnelle de Risque a un double objectif. En premier lieu, elle permet d'identifier les points dangereux d'une installation industrielle.

Par conséquent, d'étudier les mesures de correction qui conviennent le mieux. Second lieu, elle permet d'analyser les problèmes d'opération pouvant compromettre l'accomplissement des objectifs de design. Ainsi donc, cette méthode dépasse les limites de l'identification pure du risque tout en traitant des aspects en rapport avec l'opérabilité.

Pour atteindre ces objectifs

. POLYMED a encouragé la réalisation d'une Analyse Fonctionnelle du Risque du projet de production de Polyéthylène à Haute Densité à Skikda (Algérie).



FIG II.8 Vue panoramique du complexe

Chapitre II : Description du complexe.

Le projet de réalisation d'un méga complexe de pétrochimie de Sonatrach en partenariat avec une entreprise Sud-coréenne à la place du complexe pétrochimique CP1K de Skikda, a été abandonné en raison de la baisse drastique des revenus pétroliers du pays.

Sonatrach a décidé de se limiter à la rénovation de ce qui reste encore sur le même site notamment la reprise de l'unité éthylène du complexe. Une enveloppe de 100 millions d'euros sera consacrée par Sonatrach pour le besoin de cette opération.

La reprise de l'unité de l'éthylène va permettre la récupération de 160 000 tonnes par an d'éthane que le complexe gazier GNL de Skikda brûlait dans l'air. Elle produira de l'éthylène pour le complexe Polymed de production de polyéthylène haute densité (PEHD) qui aujourd'hui recourt à l'importation de cette matière première depuis la mise à l'arrêt du CP1K en 2013 [13].



FIG II.9 Plan de situation du complexe

Chapitre III :
Présentation de la
méthode HAZOP.

III.1. Historique et domaine d'application :

La méthode de HAZOP (Hazard and Operability Study), ou étude de dangers et de fonctionnalités en français, a été développée dans les années 1960 - 1970 par une équipe de chercheurs britanniques dirigée par Trevor Kletz.

Le terme HAZOP fut employé pour la première fois dans une publication officielle en 1983. [14]

Cette méthode a été conçue pour identifier les dangers potentiels dans les procédés industriels et pour déterminer les mesures préventives et correctives nécessaires pour les éliminer ou les réduire. Elle a été initialement utilisée dans l'industrie chimique, mais elle a depuis été appliquée avec succès dans de nombreux autres domaines industriels, tels que le pétrole et le gaz, la pharmacie, la production alimentaire, la production d'énergie et les transports.

III.2. Définition:

Hazard and Operability Study (HAZOP)

L'HAZOP est fondamentalement différente de l'AMDEC puisqu'elle se focalise sur les flux échangés entre les composants du système. En effet, la méthode étudie l'ensemble des déviations d'un flux en se basant sur des déviations types et analyse les causes et les effets de ces déviations sur le système (LAWLEY 1974). Comme l'AMDEC, cette méthode est accompagnée d'une analyse structurelle pour recenser l'ensemble des flux du système. [15]

L'analyse HAZOP se fait en s'intéressant à ce que l'on n'appelle points d'étude, et qui sont de deux types :

- Les éléments ou sections du procédé;
- Les étapes du mode opératoire.

Ces points d'étude sont analysés un par un et aussi l'ensemble des variables qui caractérisent ce point. Puis est appliquée à chaque variable une liste de mots clefs pour construire toutes les déviations possibles et examiner celles entraînant des risques.

III.3. Principe d'HAZOP :

Le principe de l'HAZOP consiste à examiner systématiquement chaque élément d'un système (par exemple, une vanne, une pompe, un réservoir, etc.) en se posant une série de questions pour identifier les différentes façons dont il pourrait mal fonctionner et les conséquences potentielles de ces défaillances. Les questions posées lors de l'HAZOP portent sur les variations possibles dans les paramètres tels que la pression, la température, le débit, la composition, la quantité, etc. et sur les effets de ces variations sur le système.

Le principe de l'HAZOP est d'associer des mots-clés à tous les paramètres pouvant interagir sur la sécurité du système afin d'identifier des déviations potentielles.

L'équipe HAZOP :

- Sélectionne un paramètre de fonctionnement, par exemple: la température, le débit, la pression, ...
- Et choisit un mot-clé, par exemple: « trop de... », « pas assez de ... », « trop élevée », « trop basse », définissant ainsi une dérive potentielle du paramètre.

III.3.1. Mots-clés ou mots guides :

Parallèlement, la méthode introduit un nombre limité (sept à l'origine) de mots-clés appelés aussi « mots guides » et définis originellement ainsi [5] :

« ...simple mot ou courte phrase qualifiant l'intention en vue de guider et de stimuler le processus créatif et ainsi de permettre la découverte de déviations... ».

Liste des sept mots-clés (keywords):

- a) Non ou pas de (no ou not);
- b) Plus de (more);
- c) Moins de (less);
- d) En plus de (as well as);
- e) En partie (part of);
- f) Autre que (otherthan);
- g) Inverse (reverse).

Depuis, se sont ajoutés quatre mots-clés relatifs aux notions de temps et de séquence :

- a) Plus tôt que (earlier-than);
- b) Plus tard que (later-than);
- c) Avant (before);
- d) Après (later).

Soit un total aujourd'hui de onze mots-clés. La recherche d'autres mots-clés est ouverte à l'imagination.

Tab III.6 Signification des mots guide

Mot-guide	signification
Pas de	Négation totale
Plus de, trop de	Augmentation quantitative d'un quantité ou d'un paramètre du procédé
Moins de, pas assez de	Diminution quantitative d'un quantité ou d'un paramètre du procédé
Inverse	Opposé logique de l'objectif de procédé
Plus long	La durée d'une opération du procédé est plus longue
Plus courte	La durée d'une opération du procédé est plus courte
Plus tôt	Une opération du procédé se produit avant le moment prévu
Plus tard	Une opération du procédé se produit après le moment prévu

III.3.2. Paramètres de fonctionnement :

Les paramètres de fonctionnement, pouvant avoir une incidence sur la sécurité de l'installation, doivent être sélectionnés. De manière fréquente, les paramètres sur lesquels porte l'analyse, sont :

- h) La température ;
- i) La pression.
- j) Le débit.
- k) Le niveau.
- l) La concentration.
- m) La viscosité.
- n) Le temps.

Les opérations à réaliser :

- a) La quantité.
- b) L'absorption.
- c) La composition.

d)La séparation. Actions à réaliser :

a)Démarrer

b)Isoler Fonctions-situations

a)Protection

b)Séisme

Tabl III.7 Exemples de paramètres de la méthode HAZOP

Grandeurs physiques Mesurables		Opérations à réaliser		Actions à réaliser	Fonctions - situations
Température	pH	Chargement	Contrôle	Démarrer	Protection
Pression	Intensité	Dilution	Séparation	Échantillonner	Fuite
Niveau	Vitesse	Chauffage	Refroidissement	Arrêter	Défaut d'utilités
Débit	Fréquence	Agitation	Transfer	Isoler	Gel
Concentration	Quantité	Mélange	Maintenance	Purger	Séisme
Contamination	Temps	Réaction	Corrosion	Fermer	Malveillance

C'est la combinaison du paramètre et du mot-clé qui constitue la déviation du procès par rapport à son mode de fonctionnement normal.

Par exemple :

Le paramètre « pression » associé au mot-clé « trop élevée par rapport à une valeur limite » signifie un risque d'une surpression.

L'équipe HAZOP identifie alors chacune des causes de la déviation et en évalue les conséquences.

La liste des mots-clefs et des déviations est systématiquement appliquée sur chaque nœud.

L'équipe de travail identifie les moyens de prévention existants (c'est-à-dire les barrières de sécurité déjà en place) et détermine les moyens supplémentaires, si nécessaires, pour écarter le risque.

III.4. L'Objectif de l'HAZOP :

La méthode HAZOP sert à identifier les dysfonctionnements de nature technique et opératoire, dont l'enchaînement peut conduire à des événements non souhaités. Il s'agit donc de déterminer, pour chaque sous-ensemble ou élément d'un système bien défini, les conséquences d'un fonctionnement hors du domaine d'utilisation pour lequel ce système a été conçu [5].

La norme CEI 61882 définit les objectifs de la méthode HAZOP originelle, à savoir :

« ...identification des dangers potentiels dans le système. Le danger peut se limiter à la proximité immédiate du système ou étendre ses effets bien au-delà, comme dans le cas des dangers environnementaux...« ...identification des problèmes potentiels d'exploitabilité posés par le système et, en particulier, l'identification des causes, des perturbations du fonctionnement et des déviations dans la production susceptible d'entraîner la fabrication de produits non conformes [5].

a) Les raisons qui vont conduire à engager une étude HAZOP sur une installation industrielle peuvent répondre à de multiples objectifs qui sont en fait des exigences [16] :

a) Satisfaire aux exigences de la politique ' Hygiène-Sécurité-Environnement ' (HSE) de l'entreprise propriétaire de l'installation ;

b) Satisfaire aux exigences de l'Administration : Assurer la conformité avec la réglementation des Installations classées pour la protection de l'environnement

(ICPE), les codes du travail et de l'environnement, la Directive SEVESO ;

c)Établir les plans d'urgence : Plan d'opération interne (POI) pour les installations industrielles, Plan d'urgence interne (PUI) pour les installations nucléaires, tous deux établis sous la responsabilité de l'exploitant, le Plan particulier d'intervention (PPI) et le Plan de prévention des risques technologiques (PPRT), établis sous l'autorité du Préfet ;

d)Renforcer la confiance des parties prenantes (stakeholders) : populations, personnels, dirigeants, actionnaires, clients ;

e) Satisfaire aux exigences des assureurs qui vont devoir couvrir financièrement le risque résiduel.

f) Les études HAZOP permettent de corriger les erreurs avant que deviennent trop onéreux.

g) Les études HAZOP sont devenues la méthode la plus employée pour l'identification des dangers.

Bien que la conception de l'usine se fonde sur les réglementations et normes applicables, le processus HAZOP a offert la possibilité de les compléter par une anticipation ingénieuse des écarts susceptibles de se produire en raison, par exemple, de conditions ou problèmes de procédé, du dysfonctionnement d'un équipement ou d'une erreur humaine.

III.5. Le déroulement de la méthode HAZOP :

Les étapes générales du déroulement de la méthode HAZOP [17] :

- 1) Constitution de l'équipe HAZOP : L'équipe HAZOP doit être constituée de personnes ayant une connaissance approfondie du processus étudié, ainsi que d'experts en sécurité industrielle.
- 2) Définition des objectifs et du périmètre de l'étude : Les objectifs de l'étude doivent être clairement définis, ainsi que le périmètre de l'étude (les parties du processus à étudier).
- 3) Identification des paramètres clés : Les paramètres clés du processus étudié doivent être identifiés (température, pression, débit, etc.).
- 4) Élaboration du guide HAZOP : Le guide HAZOP est un document qui décrit les différentes étapes du processus à étudier. Il doit être élaboré avant le début de l'étude.
- 5) Analyse HAZOP : L'équipe HAZOP procède à l'examen systématique du processus en utilisant le guide HAZOP. Chaque étape est examinée pour identifier les causes possibles d'incidents et de défaillances.
- 6) Évaluation des risques : Les risques associés à chaque cause potentielle sont évalués. Les risques sont évalués en termes de probabilité d'occurrence, de gravité et de détectabilité.
- 7) Identification des mesures de prévention et de protection : Des mesures de prévention et de protection sont identifiées pour réduire les risques identifiés.
- 8) Évaluation des mesures de prévention et de protection : Les mesures de prévention et de protection sont évaluées pour s'assurer qu'elles sont adéquates pour réduire les risques.
- 9) Préparation du rapport HAZOP : Le rapport HAZOP est préparé pour documenter les résultats de l'étude et les mesures recommandées.
- 10) Suivi des recommandations : Les recommandations du rapport HAZOP doivent être suivies pour réduire les risques identifiés.

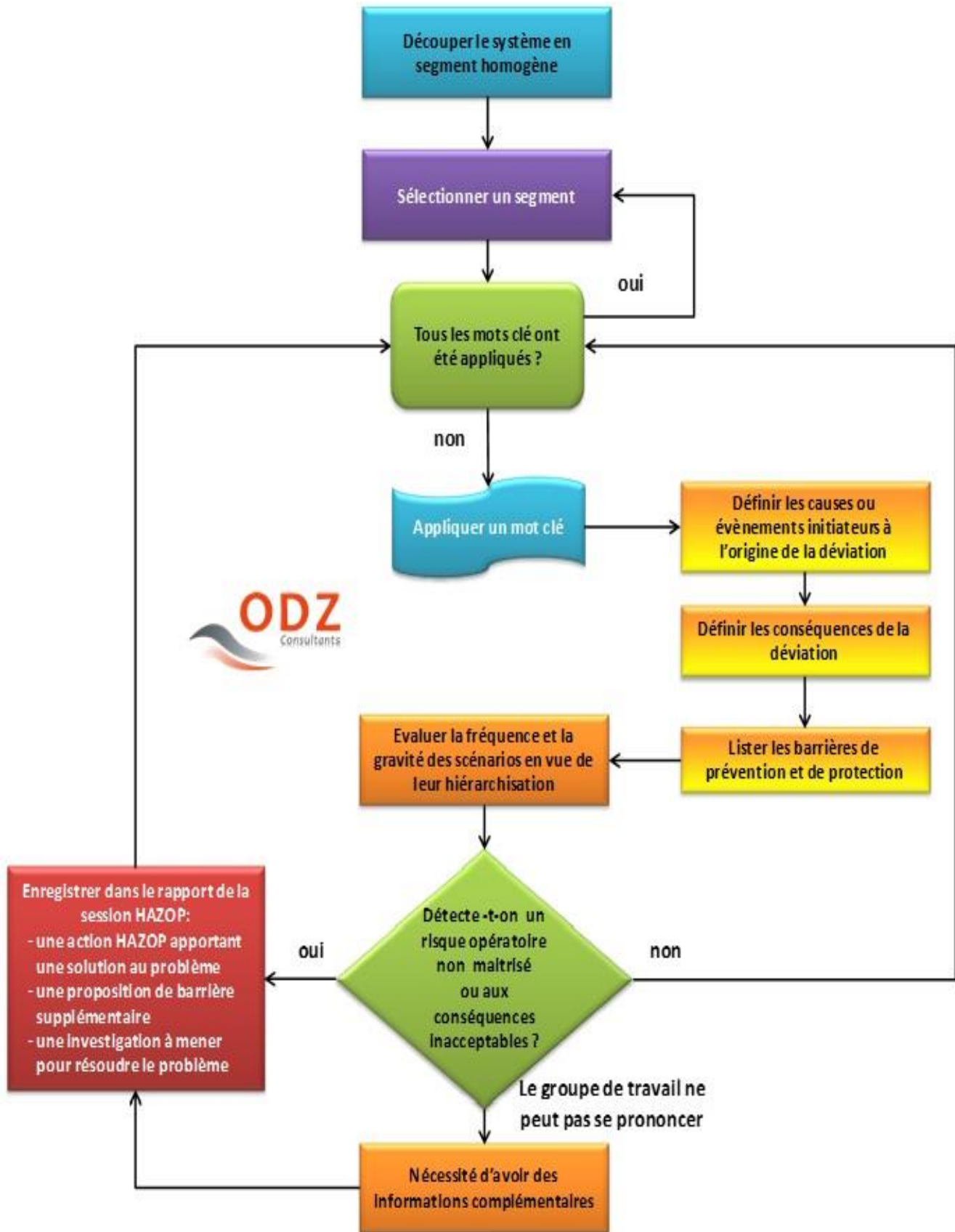


FIG III.10 Schéma explicite le fonctionnement itératif d'une analyse HAZOP [18].

III.6. Équipe d'étude HAZOP :

Il est important qu'une équipe HAZOP soit constituée de personnes qui apportent à l'étude le meilleur équilibre possible entre les connaissances et l'expérience sur le type d'usine envisagé. Une équipe HAZOP type sera constituée comme suit [5] :

Tabl III.8 Rôle Équipe d'étude HAZOP.

Nom	Rôle
Président	Explique le processus HAZOP, dirige les discussions et facilite l'étude HAZOP. Personne ayant une bonne expérience de la méthode HAZOP, mais pas directement impliquée dans la conception, afin de garantir le respect scrupuleux de la méthode.
Secrétaire	Consigne les discussions de la réunion HAZOP et fournit un compte-rendu de celles-ci. Consigne les recommandations ou actions.
Ingénieur de procédé	Généralement l'ingénieur responsable de l'organigramme des opérations de procédé et de l'élaboration des diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID).
Utilisateur/opérateur	Fournit des conseils sur l'utilisation et l'opérabilité du procédé, ainsi que sur l'incidence d'écarts.
Spécialiste C&I	Personne ayant les connaissances techniques adaptées en commandes et instrumentation.
Technicien de maintenance	Personne chargée de la maintenance du procédé.
Représentant de l'équipe de conception	Fournit des détails relatifs à la conception ou des informations supplémentaires.

III.6.1. Informations utilisées dans l'étude HAZOP :

Les éléments suivants doivent être consultables par l'équipe HAZOP [5] :

- Diagrammes de causes et effets (C&E) ;
- Documentation de philosophie ou de description de procédé ;
- Plans d'aménagement d'usine.
- Diagrammes de tuyauterie et d'instrumentation (P&ID) pour l'installation ;
- Procédures de fonctionnement et de maintenance existantes ;

III.7. Les avantages et les limites de la méthode HAZOP :

L'HAZOP est une méthode accessible et facile à mettre en œuvre, rigoureuse et logique, exhaustive grâce à ses mots guides, elle ne s'applique cependant qu'à des paramètres mesurables donc elle est très utilisée pour les équipements, les lignes de fabrication... [19]

En revanche, il a plusieurs limites :

1) L'analyse HAZOP est basée sur des hypothèses : la méthode HAZOP repose sur l'hypothèse que toutes les défaillances possibles ont été identifiées et examinées. Cependant, il est possible qu'il y ait des défaillances inconnues ou imprévisibles qui peuvent survenir et qui ne sont pas incluses dans l'analyse.

2) L'analyse HAZOP peut être chronophage : l'analyse HAZOP est souvent un processus complexe qui peut prendre beaucoup de temps et nécessiter une grande quantité de données et de personnel qualifié pour mener à bien l'analyse.

3) L'analyse HAZOP peut manquer de contexte : l'analyse HAZOP est souvent menée sur des éléments individuels d'un système, ce qui peut manquer de contexte et de compréhension globale du système dans son ensemble.

4) L'analyse HAZOP peut être biaisée : l'analyse HAZOP est souvent menée par un groupe d'experts qui peuvent avoir des opinions ou des biais différents, ce qui peut influencer les résultats de l'analyse.

5) L'analyse HAZOP peut être coûteuse : la mise en place d'une analyse HAZOP peut être coûteuse en termes de temps, de personnel et de ressources financières.

Il est important de noter que bien que la méthode HAZOP présente certaines limites, elle reste une méthode précieuse et largement utilisée pour l'analyse de risques dans les industries. Les avantages et les limites de cette méthode doivent être pris en compte lors de sa mise en place pour s'assurer qu'elle est utilisée de manière appropriée et efficace.

III.8 Cas possibles d'utilisations :

L'HAZOP peut être appliquée aux procédés de fabrication, y compris à la sous-traitance de production et de développement, ainsi qu'aux fournisseurs, aux équipements et aux locaux utilisés pour les substances actives et les médicaments. Elle a initialement été utilisée dans l'industrie pharmaceutique pour évaluer les risques liés à la sécurité des procédés. Comme c'est le cas avec l'HACCP, les données résultant d'une analyse HAZOP donnent une liste des opérations critiques pour la gestion du risque. Cela améliore la surveillance régulière des points critiques du procédé de fabrication [20].

III.9. HAZOP une méthode Qualitative ou non ?

HAZOP utilise des critères qualitatifs pour évaluer les risques, il est également possible d'utiliser des techniques quantitatives pour fournir des informations plus précises sur les risques. Par exemple, l'analyse de la fréquence et de la gravité des scénarios de défaillance peut fournir une estimation quantitative du risque associé à un processus donné.

III.10. La différence entre HAZOP et AMDE :

- HAZOP tient compte des résultats et écarts indésirables par rapport aux résultats et conditions prévus, et revient aux causes et modes de défaillance possibles.
- AMDE commence par identifier les modes de défaillance.

*Chapitre IV : Matériels et
méthode, Résultats et
discussion.*

IV.1. Matériels et méthode :

IV.1.1. Système choisi : L'hexène (PB-B-1007)

L'hexène est le composé ajouté au réacteur pour produire des copolymères.

L'hexène en petites quantités altère la structure moléculaire du polymère et change donc les propriétés physiques de ce dernier.

L'hexène, qui provient de l'étranger, a une composition différente de celle requise pour la réaction. La densité du produit est contrôlée par l'addition de l'hexène. Les autres propriétés qui en sont affectées sont la flexibilité, la cristallisation et la résistance à la rupture.

C'est dans l'hexène aussi que se trouve l'antistatique (produit qui empêche l'encrassement des parois) au sein du pot d'addition de l'antistatique 950-151.

Tabl IV.9 Propriétés physiques de l'Hexène :

Nom chimique	Formule chimique	Poids moléculaire	Point d'éclair (°C)	Limite d'inflammabilité (%)	Densité du liquide (à 20°C)	Densité du gaz (à atm)	Point d'ébullition (°C)	Température auto ignition (°C)
Hexène-1	C6H12	84	-26.1	1.25-7.0	0.673	3.0	64.5	247

Tabl IV.10 Composition de l'Hexène :

Hexène-1 (% min)	Vinylidènes (max)	n-hexane (max)	Eau (ppm max)	Peroxydes (ppm max)	Carbonyles (ppm max)	Oxygène (ppm max)	Azote (ppm max)
90	1.75	1.50	1	1	1	1	1

L'hexène est soumis à un processus d'élimination de l'eau et du gaz absorbés dans le courant. Pour cela, il est traité dans la colonne de dégazage 950-111. Celle-ci est composée de deux lits de 0,50 m³ chacun, remplis d'anneaux palle en acier inoxydable, pour l'élimination de l'eau et d'autres composés légers présents dans le courant d'hexène.

La colonne dispose en tête d'un plateau de cheminée, avec extraction latérale pour recueillir, dans le pot l'eau qui s'est condensée dans le condenseur de tête. L'alimentation de la colonne entre au-dessus du plateau de cheminée et tombe avec le reflux provenant du condenseur de tête, au distributeur de liquide.

L'hexène dégazé tombe dans le réservoir situé au fond de la colonne. A la sortie de la colonne,

L'hexène est séché dans le traiteur d'élimination de l'eau 950-114, qui fonctionne par l'adsorption de celle-ci dans les tamis moléculaires. [21]

IV.1.2. Schéma globale de l'Hexène (PB-B-1007) :

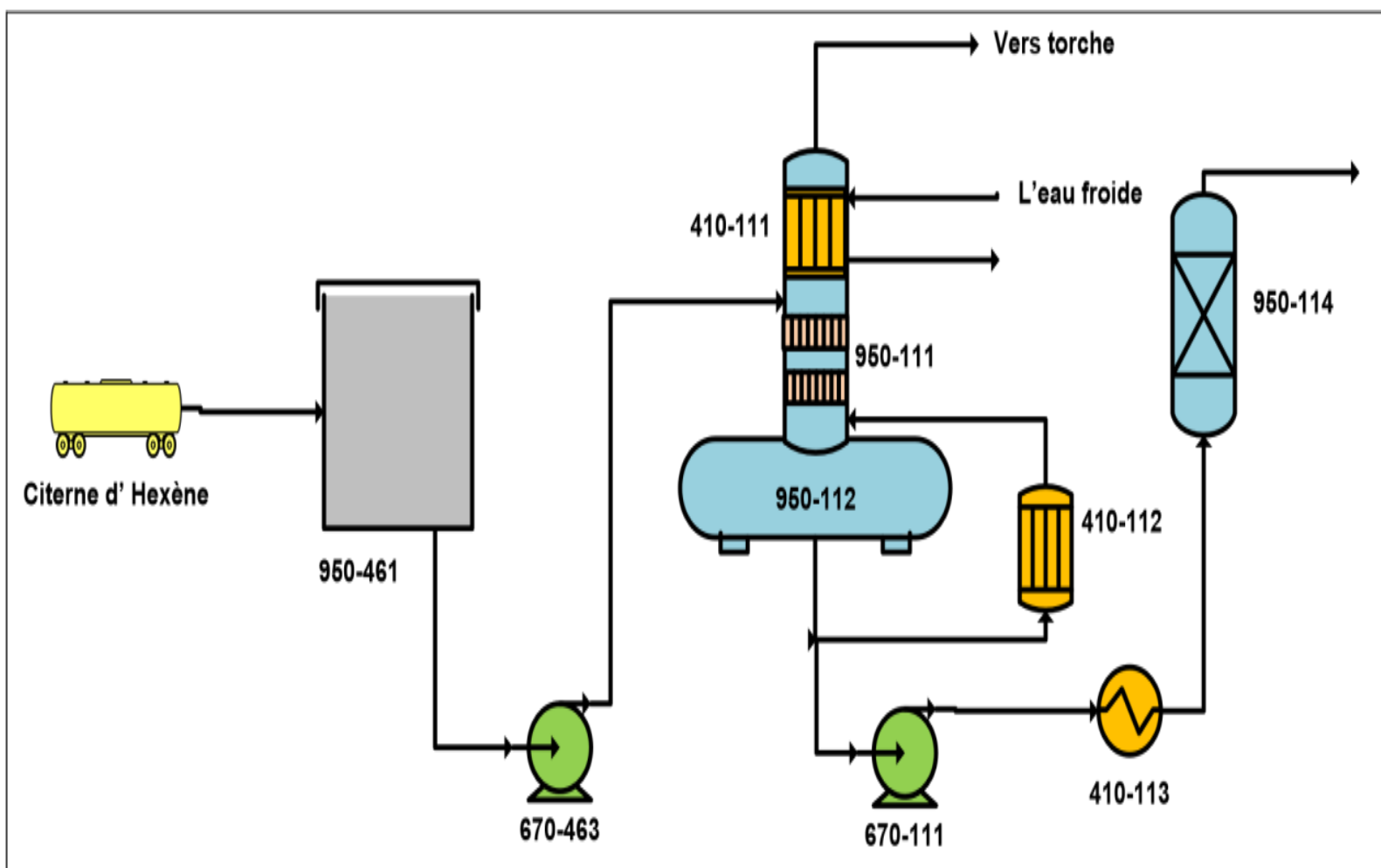


FIG IV.11 Traitement de l'Hexène (PB-B-1007) [21].

L'hexène est un alcène linéaire de formule brute C₆H₁₂. Il existe plusieurs isomères d'hexène, mais le plus commun est le 1-hexène, qui a une double liaison carbone-carbone en position 1. C'est une molécule

importante en chimie organique car elle peut subir une variété de réactions, notamment des réactions d'addition électrophile telles que l'hydrogénation, l'halogénéation et l'oxydation. L'hexène est également utilisé comme réactif dans la synthèse de composés organiques.

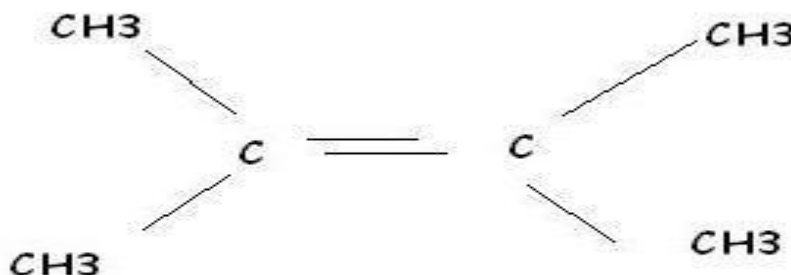


FIG IV.12 Structure chimique de C₆H₁₂ [22].

L'hexène est un co-monomère qui s'additionne au réacteur pour la production de co-polymères. Les co-monomères en petites quantités altèrent la structure moléculaire du polymère et changent donc ses propriétés physiques. La densité du produit est contrôlée par l'addition d'hexène. D'autres propriétés qui en sont affectées sont la flexibilité, la cristallisation et la résistance à la rupture.

L'hexène spécifié pour la réaction arrive à l'Usine par camion-citerne, à pression atmosphérique et température ambiante.

L'hexène, avant d'être incorporé à la production, est soumis à un processus d'élimination d'eau et des gaz absorbés dans le courant. Pour cela, il s'alimente à la colonne de dégazage d'hexène

L'hexène dégazé passe au sécheur et depuis au réacteur.

IV.2. Tableaux HAZOP :

Dans cette partie, la méthode de HAZOP au niveau de Traitement de l'Hexène a été appliquée par INTEDRA - GROUPEMENT (INITEC - DYC - TECNICAS REUNIDA-J dans une analyse de la sûreté de fonctionnement pour la maîtrise des risques au niveau de la POLYMED CP2K Skikda. Cette application qualitative est basée sur une démarche inductive, pour identifier les causes et les conséquences des déviations liées à la circulation de l'Hexène dans la section de Traitement de l'Hexène et les moyens de protection existants, pour empêcher la réalisation des conséquences redoutées [23].

Tabl IV.11 la méthode HAZOP au niveau de Pompe de décharge d'hexène 670-462

Date: du 30/04/2023 Pompe de décharge d'hexène 670-462.								
N° Noeud Service	Mot clé	Paramet ers	Deviatio n	Causes	Consequences	Indication, Alarm . protection	Recommen dations	Commentaries
4-1: Pompe de décharge d'hexène 670-462	Plus de	Pression	Pression élevée	Blocage en amont	- Cavitation de la pompe - Arrêt de la pompe	Thermique du moteur	Vérifier le procédé de décharge et la pression de design de la citerne.	
	Moins de	Pression	Basse pression	Défaillance alimentation de la citerne.	Sans aucune importance.			
	Fuites	Pression			Présence d'hexène dans l'atmosphère, avec incidence sur la santé du personnel et augmentation du risque de feu .			
	Plus de	Température	Température élevée	Conditions atmosphériques.	Sans aucune importance.			

	Moins de	Température	Température basse	Conditions atmosphériques.	Sans aucune importance.			
--	----------	-------------	-------------------	----------------------------	-------------------------	--	--	--

Tabl IV.12 la méthode HAZOP au niveau de Réservoir de stockage d'hexène 950-461Pompe de décharge d'hexène 670-462

Date: du 30/04/2023								
Réservoir de stockage d'hexène 950-461Pompe de décharge d'hexène 670-462								
N° Noeud Service	Mot clé	Paramètres	Deviation	Causes	Consequences	Indication , Alarm . protection	Recommandations	Commentaries
4-2 Réservoir de stockage d'hexène 950-461	Plusde	Pression	Pression élevée	Défaillance de la liason de controle PIC-46003 Due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne PV-46003A ou PV-46003B By-pass ouvert de lafeu. Vanne PV-46003A	Déclenchement de soupape de sécurité PSV-46002 avec décharge d'hexène à l'atmosphère et incl dence sur la santé du personnel et augmentation du risque de feu.	PIC-46003, PSV-46002	En service normal, tous les by-pass des vannes de contrôle doivent être fermés.	
	Moins de	Pression	Basse pression	Défaillance de la liason de controle PIC-46003 Due à une défaillance de ses instruments ou aux	Déclenchement de soupape de sécurité PSV-46002 avec zntree au reservoir d'hexène.	PIC-46003, PSV 46002	En service normal, tous les by-pass des vannes de contrôle doivent être fermés.	

				vanne PV-46003A ou PV-46003B By-pass ouvert de la Vanne PV-46003B				
	Plus de	Température	Température élevée	Conditions atmosphériques.	Sans aucune importance.			
	Moins de	Température	Température basse	Conditions atmosphériques.	Sans aucune importance.			
	Pluse de	Niveau	Trop haut	Défaillance instrument LI-45001 pendant l'opération de remplissage.	Trop-plein reservoir 950-461 ,avec débordement d'hexène à l'atmosphère.	LAH-45001	Installer un interrupteur de haut niveau LSH sur le reservoir.	Le réservoir dispose d'une cuvette de sorte que l'hexène reste confiné dans une enceinte clôturée.
	Moins de	Niveau	Trop bas	Défaillance instrument LI-45001	Sans aucune importance.	LAH-45001		
	Fuites	Niveau			Présence d'hexène dans l'atmosphère, avec incidence sur la santé du personnel et augmentation du risque de feu.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--

Tabl IV.13 la méthode HAZOP au niveau de Pompe d'alimentation d'hexène au dégazage 670-463 NB

Date: du 30/04/2023									
Pompe d'alimentation d'hexène au dégazage 670-463 NB									
N° Service	Noeud	Motclé	Paramet ers	Deviation	Causes	Consequences	Indication , Alarm . protection	Recommen dations	Commentaries
4 - 3	Pompe	Plus de	Pressi on	Pressio n élevé	Défaillance d'air d'instrumen ts à la vanne FV- 14011.	Sans aucune importance.	FIC-14011, FO 44002		On a placé un orifice de restriction pour protéger le débit minimum de la pompe.
	Moins de		Pression	Basse pression	Blocage en aval dû à mauvaise opération. Défaillance de la liaison de contrôle FIC, 14011 due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne FV- 14011;	Cavitation de la pompe. Sans aucune importance.	Thermique du moteur. FIC-14011	En service normal, tous les by-pass des vannes de contrôle doivent être fermés.	

				<p>by-pass ouvert de la vanne FV-14011.</p> <p>By-pass ouvert de la Vanne PV-46003B</p>				
	Fuites	Pression			<p>Présence d'hexène dans l'atmosphère, avec Incidence sur la santé du personnel et augmentation du risque de feu.</p>			
	Plus de	Température	Température élevée	Conditions atmosphériques.	Cavitation de la pompe..			<p>Réfrigérer le réservoir 950-461 quand la température atmosphérique est élevée.</p>
	Moins de	Température	Température basse	Conditions atmosphériques.	Sans aucune importance.			

Tabl IV.14 la méthode HAZOP au niveau de Colonne de dégazage d'hexène 950- pression 111/ Dépôt d'alimentation d'hexène 950-112/ Condenseur colonne 410- 111/Rabouilleur colonne 410- 112/Pot d'eau colonne 950-113.

Date: du 30/04/2023								
Colonne de dégazage d'hexène 950- pression 111/ Dépôt d'alimentation d'hexène 950-112/ Condenseur colonne 410- 111/Rabouilleur colonne 410- 112/Pot d'eau colonne 950-113.								
N° Noeud Service	Motclé	Parametere	Deviatio	Causes	Consequences	Indication, Alarm . protection	Recommen dations	Commentaries
4 • 4 Colonne de dégazage d'hexène 950- pression 111/ Dépôt d'alimentation d'hexène 950-112/ Condenseur colonne 410- 111/Rebouilleur colonne 410- 112/Pot d'eau colonne 950-113.	Plus de	Pression	Pression élevée	Excès d'eau	Mauvais fonctionnement de la colonne.	PIC-16047 PSV-16048	Configurer PAH-16047.	Réviser les causes possibles d'eau dans la colonne. Réviser périodiquement le niveau du dépôt 950-113
	Pus de	Pression	Pression élevée	Défaillance d'eau de réfrigération dans 410-111 .	Déclenchement soupape de sécurité. Pertes d'hexène à la torche...	PIC-46003, PSV-46002		

	Plus de	Pression	Pression élevé	Encrassement tubes de 410 -111	Diminution de la capacité de la colonne 950-111..		Révision périodique du condenseur.	
	Plus de	Pression	Pression élevé	Défaillance de la liaison de contrôle FIC-14012 due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne FV14012; by-pass ouvert de la vanne FV14012.	Perte d'hexène à la torche.	PIC-46003, PSV-46002	En service normal , tous les by-pass des vannes de contrôle doivent être fermés .	
	Plus de	Pression	Pression élevé	Défaillance de la liaison de contrôle PIC-16047 due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne PV-16047.	Arrêt possible de colonne 950-111 .	PIC-16047 PSV-16048		
	Plus de	Pression	Pression élevé	Blocage stand-pipe du niveau de 950-112 (LIC-15008, LG-15007, PI-18072)	Détérioration des instruments.		Concevoir tous les instruments et tuyauterie pour la pression de design de la pompe 670-111A/B	

				au récipient 950-112.				
	Moins de	Pression		Défaillance de la liaison de contrôle PIC-16047 due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne PV-16047; by-pass ouvert de la vanne PV-16047.	Non élimination des inertes dans la colonne et perte d'hexène à la torche; arrêt de la colonne	TI-17081	Configurer TAL-17081 . En service, tous les bypass des vannes de contrôle doivent être fermés	
	Moins de	Pression		Défaillance de la liaison de contrôle FIC-1401 2 due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne FV-14012, ou dans les purgeurs.	Non élimination des inertes dans la colonne; arrêt de la colonne	TI-17081		

	Moins de	Pression		Encrassement des tubes dans 410-112.	Non élimination des Inertes dans la colonne ; arrêt de la colonne.	TI-17081	Révision périodique du rebouilleur	
	Plus de	Débit		Défaillance de la liaison de contrôle FIC• 14011 due à une défaillance de ses Instruments ou à la vanne FV-14011 ; by-pass ouvert de la vanne FV-14011 .	Inondation colonne, arrêt de la colonne.	FIC-14011	En service normal, tous les by-pass des vannes de contrôle doivent être fermés.	
	Moins de	Débit		Défaillance de la liaison de contrôle FIC• 14011 due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne FV-14011 .	Moins de niveau dans 950-112	FI C-14011; LAL-15008		

	Non	Débit		Défaillance d'air des, instruments à FV-14011	Arrêt colonne.	FIC-14011 LAL-15008		
	Plus de	Niveau		Défaillance de la liaison de contrôle LIC-15008 due à une défaillance de ses instruments.	Inondation colonne, arrêt colonne.	LAH-15008		
	Moins de	Niveau		Défaillance alimentation 1-002	Arrêt pompes 670-111 A/B	LAL-15008, LALL-15009		
	Non	Niveau		Défaillance verrouillage 1-002.	Cavitation pompe 670-111 NB, détérioration de celle-ci.	LAL-15008, LALL-15009		
	Fuites	Niveau			Présence d'hexène dans l'atmosphère, avec incidences sur la santé du personnel et augmentation du risque de feu .			
	Autre	Composition		Fuite d'eau de réfrigération dans les tubes	Voir plus de pression, excès d'eau.			

				de410-111. Fuite de vapeur d'eau, dans tubes de 410- 112.	Voir plus de pression excès d'eau.			
--	--	--	--	--	---	--	--	--

Tabl 15 : la méthode HAZOP au niveau de Pompe d'hexène au sécheur 670 -111A/B/ Refroidisseur d'hexène au Sécheur 410-113

Date: du 30/04/2023									
Pompe d'hexène au sécheur 670 -111A/B/ Refroidisseur d'hexène au Sécheur 410-113									
N° Service	Noeud	Mot clé	Parametere	Deviatio n	Causes	Consequences	Indication, Alarm. protection	Recommen dations	Commentaries
4-5	Pompe d'hexène au sécheur 670 -111A/B/ Refroidisseur d'hexène au Sécheur 410-113	Plus	Pression	Pression élevé	Blocage en aval	Recirculation de débi par FV-14017.	FIC-14017		
	Moins de	Pression			Défaillance de la liaison de contrôle FIC 14071 due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne	Dommages mécaniques de la pompe.		Configurer FAH-14017	

				FV-14071AB situés sur P&I-PB B-1019			
	Fuites	Pression		Voir tableau-5.2	Présence d'hexène dans l'atmosphère, avec incidence sur la santé du personnel et augmentation du risque de feu . Dommages mécaniques de la pompe		
	Plus de	Débit		Voir moins de pression		FIC-14017	
	Moins de	Débit		Défaillance de la liaison de contrôle FIC 14017 due à une défaillance de ses instruments ou à la vanne FV-14017	Dommages mécaniques de la pompe, arrêt de la pompe.	FIC-14017	Configurer FAL-14017
	Non	Débit		Blocage en aval de la pompe	Dommages mécanique de la pompe, arrêt de la pompe	FIC-14017	

	Plus de	Température		Défaillance eau de réfrigération dans 410- 113 Encrassement des tubes dans 410-113	Augmentation pression dans la colonne. Hexène plus chaud. Augmentation pression dans la colonne. Hexène plus chaud.		Configurer TAH-17083 Configurer TAH-17083 Révision périodique du refroidisseur.	
	Moins de	Température			Sans aucune importance.			
	Autre	Composition		Fuite d'hexène à travers les tubes de 410-113.	Présence d'hexène dans le circuit d'eau de réfrigération, celui-ci étant éventé ensuite à l'atmosphère, avec incidences sur la santé du personnel et augmentation du risque de feu.		Analyser l'eau de réfrigération une fois par semaine.	Soupape de sécurité à expansion thermique PSV-1 6051 du côté des tubes .

Conclusion Générale

CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Pendant l'étude HAZOP, aucune situation opérative (déviation des paramètres de procédé de ses valeurs normales) pouvant conduire

A une situation non sûre de l'usine, n'a été identifiée ; c'est -à- dire, à une situation pouvant comporter des dommages pour les personnes ou l'environnement.

Cependant, une série de recommandations a été faite pour améliorer l'opérativité de l'Usine, en évitant les pertes économiques qui pourraient dériver de la production hors spécifications et même, de dommages causés sur les équipements qui la composent. Ces recommandations peuvent se diviser en deux parties :

A) Recommandations pour le design de l'Usine.

B) Recommandations pour l'opération de l'Usine.

Ci-après figure le résumé de ces recommandations dérivant de l'élaboration du HAZOP de l'Usine de Polyéthylène à Haute Densité

- Skikda(Algérie)Auchapitre5.2. figurent les listes des rapports engendrés lors des réunions tenues par le groupe de travail.

A) Recommandations pour le design de l'Usine.

1. Installer un interrupteur à haut niveau LSH sur 950-461.
2. Vérifier le procédé de décharge et la pression de
3. Calcul de la citerne d'hexène.
4. Configurer PAH-16047.
5. Stand-pipe de 950-112, concevoir pour pression de calcul de 670- 111.
6. Configurer TAL-17081.
7. Configurer FAH-14017.
8. Configurer FAL-14017.
9. Configurer TAH-17083.

B) Recommandations pour le Fonctionnement de l'Usine :

1.1-Générales :

2. 1. Protocole des disques en huit en position fermée pendant que l'usine est en marche.
3. 2. Révision périodique des filtres.
4. 3. Tous les by-pass des vannes de contrôle doivent être fermés en service normal.
5. 4. Réviser périodiquement les analyseurs.
6. 5. Révision périodique des échangeurs de chaleur.
7. 6. Analyser toutes les semaines la teneur en hydrocarbures de l'eau de refroidissement.
8. 7. Analyser toutes les semaines le condensat.

9.2- Section PB-B-1007 :

10. Réfrigérer le réservoir 950-461 quand la température atmosphérique est élevée.
11. Réviser périodiquement le niveau du dépôt 950-113.

Référence

Référence :

- [1]-<https://www.cchst.ca/oshanswers/hsprograms/hazard/>
- [2]-Feddaoui Youcef, Analyse des risques (Etude de cas de l'entreprise ALFAPIPE ANNABA) , 2019.
- [3]-OHSAS 18001, Système de management de la santé et de la sécurité au travail- exigences -BSI, 2007,P2-4.
- [4]-Pierre David Pierre, « Management des Risques Industriels », Année 2010 à 2011, Grenoble INP, génie industrielle,P13.
- [5]-ANABI Chaimaa,Analyse de Risque par La Methode HAZOP: Etude de cas de TCHIN-LAIT,2020.
- [6]-AITAHMED.O, “hygiène ,sécurité et d’environnement,” Université des sciences et de la technologie d’Oran MB, 2018.
- [7]-SAHKI. MED R, “Amélioration de la prévention contre les risques électriques et choix des appareils de protection” , 2017.
- [8]-INRS, Évaluation du risque incendie dans l’entreprise Guide méthodologique. 2019.
- [9]-INRS, Santé et sécurité au travail, Risques biologiques. 2020.
- [10]-<https://www.infoentrepreneurs.org/fr/guides/bl---gestion-des-risques/>
- [11]-Hamioud Nouredine, Analyse des risques par l’application de la méthode HAZOP sur la section de dégazage et stockage de condensat Module II a Hassi R’mel,2017.
- [12]-Felous Romana,Analyse des risques liés à la turbine à gaz MS5001 par la méthode HAZOP Complexe GL1K,2021.
- [13]-<https://www.algerie360.com/sonatrach-abandonne-le-projet-de-construction-dun-complexe-petrochimique-a-skikda/>
- [14]-<https://fr.wikipedia.org/wiki/>
- [15]-<https://www.infoqualite.fr/fiche-outil-la-methode-hazop-danalyse-des-risques/>
- HAZOP
- [16]-ROYER.M, “HAZOP : une méthode d’analyse des risques,” Tech. l’ingénieur Systèmes d’information Commun.,” 2009.

[17]-<https://www.infoqualite.fr/fiche-outil-la-methode-hazop-danalyse-des-risques/>

[18]-<http://www.odz-consultants.com/risques-industriels/hazop/>

[19]-[www.techniquesingenieur.fr/l'expertise technique et scientifique de référence.](http://www.techniquesingenieur.fr/l'expertise-technique-et-scientifique-de-reference)

[20]-<https://123dok.net/article/m%C3%A9thodes-et-outils-de-gestion-du-risque.z1dvjnov>

[21]-Akroum Lotfi, Amélioration du taux de récupération de l'isobutane du complexe de Skikda CP2K, 2017.

[22]-<http://fr.wikipedia.org/wiki/C6H12>.

[23]-INTEDRA / PROJET POLYMED PEHD-130.000 T/An-SKIKDA-ALGERIE /ANALYSE FONCTIONNELLE DU RISQUE / PAGEE : 84 DE 90/ Date : du 25/02/1998.

