



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ DE 20 AOÛT 1955 SKIKDA

FACULTE DE TECHNOLOGIE

DÉPARTEMENT DE PETROCHIMIE ET GENIE DES PROCÉDES

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de

Master

Filière : Hygiène et sécurité industrielle

Spécialité : Sécurité des procédés industriels et maîtrise des risques

**Analyse des risques liés à l'exploitation du bac de
stockage d'hexène par la méthode HAZOP au niveau de
CP2K**

Soutenu le/06/2023

Réalisé par :

- ❖ Saouli Mouafak
- ❖ Hmeioud Sohaib Abd El Hamide

Encadré par :

GUERFI Samia

Année Universitaire 2022 - 2023

Remerciements

*Je tenais à remercier en premier avant tous « **Allah** » qui m'a donné le courage et la volonté pour arriver à ce niveau et réaliser ce travail.*

*Je remercie chaleureusement mon encadreur Docteur « **GUERFI Samia** » qui m'a guidée et encourager tout le long de ce travail, pour sa compréhension, sa patience, sa compétence, et ces précieuses remarques.*

Ainsi que mes professeurs qui m'a préparés et soutenus pendant toute les années de mes études.

*Je tenais à remercier également, le président de Jury et les **membres du jury** pour l'honneur qu'il m'a fait acceptant de juger et d'évaluer mon travail.*

ملخص:

طريقة HAZOP هي طريقة نوعية لتحليل المخاطر، وهي الأداة الأكثر ملاءمة لتحديد وتحليل الانحرافات في المعلمات، وتحديد أسبابها وعواقبها، من أجل إنشاء وسائل السلامة، وهذا يسمح بتجنب تحقيق العواقب (المحتملة الحوادث) لإدارة المخاطر الصناعية.

الغرض من الأطروحة هو تحليل المخاطر المتعلقة بخزان مادة الهكسان على مستوى مجمع GL2K من خلال تطبيق طريقة تحليل مخاطر HAZOP، وكذلك لفهم أسباب المخاطر المحتملة وعواقبها على النظام، وتطوير وسائل الأمن والمراقبة.

الكلمات المفتاحية: GL2K ، طريقة HAZOP، المخاطر ، خزان مادة الهكسان ، الأمن.

Résumé :

La méthode HAZOP est une méthode d'analyse du risque qualitative, c'est l'outil le plus adéquat pour identifier et analyser les déviations des paramètres, et déterminer leur causes et conséquences, pour mise en place les moyennes de sécurité, cela permis d'évité la réalisation des conséquences (accidents potentiel) pour gérer les risques industriel.

Le but de la mémoire est d'analyser les risques liés au bac de l'héxène au niveau du complexe GL2K par l'application de la méthode d'analyse des risques HAZOP, et aussi de comprendre les causes des risques potentiels, leur consequences sur le système, et de développer les moyens de sécurité et les contrôles.

Mots clés : GL2K, méthode HAZOP, les risques, bac de l'héxène , sécurité.

Abstract :

The HAZOP method is a qualitative risk analysis method, it is the most adequate tool to identify and analyze deviations in parameters and to determine their causes and consequences, for setting up the safety means, this allows to avoid the realization of consequences (potential accidents) to manage industrial risks.

The purpose of the thesis is to analyze the risks related to the storage bin hexene at the level of the GL2K complex by applying the HAZOP risk analysis method, and also to understand the causes of potential risks, their consequences on the system, and to develop the means of security and controls.

Key words: GL2K, HAZOP method, risks, the storage bin hexene, safety

Table Des Matières

-	Remerciements	I
-	Résumé	II
-	Table Des Matières.....	III
-	Liste Des Tableaux.....	IV
-	Liste Des Figures.....	V
-	Acronymes Et Abréviations	VI
-	Introduction générale.....	01

Chapitre I : Généralité des risques et barrières de sécurité

I.1	Introduction	02
I.2	Contextes réglementaire	02
I.3	Concepts et définitions	02
I.4	Facettes du Risque.....	06
I.4.1	Définitions.....	06
I.4.2	Classification du risque	07
I.4.2.1	Risques maîtrisés..... ;.....	09
I.4.2.2	Risques maîtrisables	09
I.4.2.3	Risque non maîtrisables.....	09
I.4.3	Acceptabilité du risque.....	09
I.5	Management des risques	10
I.5.1	Définition	10
I.5.2	Analyse du risque	11
I.5.2.1	Identification des sources de danger	11
I.5.2.2	Estimation du risque.....	11
I.5.3	Évaluation du risque.....	11

Table Des Matières

I.5.4	Acceptation du risque.....	12
I.5.5	Réduction du risque.....	12
I.5.5.1	Protection.....	12
I.5.5.2	Prévention.....	12
I.5.6	Importance du Management des risques.....	13
I.6	Barrières de sécurité.....	13
I.6.1	Types de barrières de barrières de sécurité.....	13
I.6.2	Barrière technique de sécurité.....	15
I.6.2.1	Dispositif de sécurité.....	15
I.6.2.2	Système instrumenté de sécurité.....	15
I.7	Le système instrumenté de sécurité (SIS).....	15
I.7.1	Sous-fonction d'un Systèmes instrumentés de sécurité.....	15
I.7.2	Rôle des systèmes instrumenté de sécurité.....	17
I.7.3	Lieu avec les paramètres des normes NF en 601308/NF.....	17
I.8	Conclusion.....	18

Chapitre II : Méthodes d'analyse des risques

II.1	Introduction.....	19
II.2	Classification des méthodes d'analyse de risque.....	19
II.2.1	Approche déterministe.....	19
II.2.2	Approche probabiliste.....	20
II.2.3	Méthodes qualitatives & Méthodes quantitatives.....	20
II.2.3.1	Méthodes quantitatives.....	20
II.2.3.1	Méthodes qualitative.....	21
II.3	Panorama des méthodes d'analyse de risque.....	22
II.3.1	Analyse préliminaire des risques (APR).....	22

Table Des Matières

II.3.2	Analyse des modes de défaillances et de leurs effets et de leur criticité (AMDEC).	25
II.3.3	Analyse des couches de protection LOPA.....	26
II.3.4	Arbre des événements (AdE).....	28
II.3.5	Arbre de défaillances (AdD).....	28
II.3.6	Nœud-papillon (BOW TIE) [INERIS-00973632].....	29
II.3.6	Hazard and Operability Study (HAZOP).....	31
II.3.6.1	Historique et domaine d'application.....	31
II.3.6.2	Principe.....	31
II.3.6.3	Déroulement.....	32
II.3.6.4	Limites et avantages.....	35
II.4	Avantages généraux des méthodes d'analyse de risques.....	36
II.5	Conclusion.....	37

Chapitre III : Présentation du Complexe CP2K

III.1	Introduction.....	38
III.1.1	Implantation et découpage du Complexe CP2K.....	38
III.1.2	Organisation du Complexe CP2K.....	40
III.1.2.1	Département Production.....	41
III.1.2.2	Département Technique.....	42
III.1.2.3	Département Maintenance.....	42
III.1.2.4	Département Sécurité.....	43

Chapitre IV : Description du bac de stockage de l'héxène

IV.1	Introduction.....	45
IV.2	Matériel : bac de l'héxène.....	45

Table Des Matières

IV.2.1	Généralité sur le stockage des hydrocarbures.....	45
IV.2.2	Les bacs de stockage.....	46
IV.2.2.1	Les différents types des bacs.....	46
IV.2.2.1.1	Bacs à toits fixes avec écrans flottant.....	46
IV.3	Le stockage d'héxène au niveau du complexe CP2K.....	47
IV.3.1	L'héxène.....	47
IV.3.1.1	Informations sur les propriétés physiques et chimiques essentielles.....	48
IV.3.1.2	Effets Physiologiques.....	48
IV.3.1.3	Premiers secours.....	49
IV.3.2	Le bac de stockage d'héxène.....	50
IV.3.2.1	Spécifications du bac.....	50
IV.4	Description du Procédé Philips de fabrication de PEHD.....	51
IV.4.1	Procédé Philips.....	51
IV.4.1.1	Le réacteur.....	54
IV.4.1.2	Préparation et traitement des matières premières.....	55
IV.5	La méthode HAZOP.....	60
IV.5.1	Historique HAZOP.....	60
IV.5.2	Définition et objectifs.....	60
IV.5.2.1	Définition.....	60
IV.5.2.2	Objectifs.....	60
IV.5.3	Secteurs d'activité.....	61
IV.5.4	Déroulement.....	61
IV.5.5	Méthodologie.....	62
IV.6	Identification des dangers.....	62
IV.7	Conclusion.....	66

Table Des Matières

Chapitre V : Résultats et discussion de la méthode HAZOP

V.1	Introduction.....	67
V.2	Application de la méthode HAZOP.....	67
V.3	Evaluation des risques par la méthode HAZOP.....	68
V.4	Critères de choix des EIPS.....	75
V.5	Liste des EIPS retenus.....	78
V.6	Conclusion.....	78
-	Conclusion générale.....	79
-	Références bibliographiques.....	80
-	Annexes.....	82

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralité des risques et barrières de sécurité

TAB.I.1 : Echelles de gravité selon la norme NF EN 50126.....	05
TAB.I.2 : Echelles de fréquence d'occurrence selon la norme NF EN 50126.....	05
TAB.I.3 : Matrice de criticité (G/O) - NF EN 50126.....	08
Tableau I.4 : Niveaux d'intégrité de sécurité(SIL) en fonction des PFDavg.....	18

Chapitre II : Méthodes d'analyse des risques

Tab. II.1 Exemple de tableau de type « APR ».....	24
Tab. II.2 Exemple de tableau de type « AMDEC.....	26
Tab. II.3 Exemple de tableau pour l'HAZOP.....	34
Tab. II.4 Exemples de mot-clé pour l'HAZOP (norme CEI : 61882).....	34

Chapitre IV : Description du bac de stockage de l'héxène

Tab.IV.1: Les différents grades du PEHD produits au niveau de CP2K et ses utilisations.....	52
Tab.IV.2 : Identification des dangers relatifs à l'exploitation d'un bac à toit fixe avec écran flottant.....	63
Tab.IV.3 : Les différents types de sources d'inflammation.....	64
Tabl.IV.4 : Les principales sources d'inflammation présentes au voisinage du bac de stockage d'héxène.....	65

Chapitre V : Résultats et discussion de la méthode HAZOP

Tab. V.1: Matrice d'approbation.....	67
Tab.V.2: Présentation de l'HAZOP.....	68

Liste des tableaux

Tab.V.3.1.1 : Température.....	69
Tab.V.3.1.2 : Température.....	70
Tab.V.3.2.1 : Pression.....	71
Tab.V.3.2.2 : Pression.....	72
Tab.V.3.3.1 : Niveau.....	73
Tab.V.3.3.2 : Niveau.....	74
Tableau V.3 : Liste des EIPS.....	77

Liste des figures

Chapitre I : Généralité des risques et barrières de sécurité

Fig I.1: Les zones du risque.....	7
Fig. I.2: Classification des risques.....	8
Fig. I.3 Processus de management des risques [ISO, 1999].....	10
Fig. I.4 : Typologies des barrières de sécurité.....	14
Fig. I.5 : Schéma générique d'un SIS.....	16

Chapitre II : Méthodes d'analyse des risques

FIG. II.1 Approches d'analyse de risque.....	19
FIG. II.2 Typologie des méthodes d'analyse de risque.....	20
FIG. II.3 Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives.....	22
Fig. 4 Schéma d'un AdE avec des barrières de sécurité.....	28
Fig. II.5 Nœud-papillon (BOW TIE).....	30

Chapitre III : Présentation du Complexe CP2K

Figure III.1.1 : Position géographique du complexe CP2K.....	39
Figure III.1.9 : Organigramme du complexe CP2K.....	41

Chapitre IV : Description du bac de stockage de l'héxène

Figure IV.1 : Schéma descriptif d'un Bac à Toit fixe avec écran flottant.....	47
Figure IV.2: Le bac de stockage d'héxène au niveau de CP2K.....	50
Figure IV.3 : Vue d'en haut du bac 950-461 et de ses sécurités.....	51
Figure IV.4 : Schéma du procédé de PEHD.....	53

Liste des figures

Figure IV.5 : Réacteur.....	55
Figure IV.6 : Traitement de l'éthylène.....	55
Figure IV.7 : Traitement de l'Héxène.....	56
Figure IV.8 : Traitement de l'isobutane frais.....	57
Figure IV.9 : Purification de gaz de recyclage.....	58
Figure IV.10 : Traitement de l'isobutane recyclé.....	58
Figure IV.11: historique HAZOP.....	60

Chapitre V : Résultats et discussion de la méthode HAZOP

Figure V.1 : méthode d'identification des EIPS dans les études de danger.....	76
---	----

Acronymes et abréviations

CP2K : complexe pétrochimique 2 SKIKDA

BAD : Banque Algérienne de Développement

PF : Le procédé Phillips

ENIP : entreprise nationale des industries pétrochimiques

PEHD : polyéthylène hautdensité

PEBDL : Polyéthylène à basse densité linéaire

PEBD : Polyéthylène à basse densité

PFD : procès flow diagram

PID : process and instrumentation drawing

APR : Analyse préliminaire des risques

DCS : Distributed control system

EIPS : Eléments Importants pour la Sécurité

HAZOP : Hazard Operability

UVCE : Unconfined Vapor Cloud Explosion (Explosion de vapeur en milieu non-confiné)

BLEVE : Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion (Vaporisation explosive d'un liquide porté à ébullition)

EIPES : élément important pour la sécurité

SFAIRP : so far as is reasonably practicable

MMR : mettre en place des mesures de maîtrise des risques

FIR : Force d'intervention réserve

Introduction générale

Le secteur des hydrocarbures en général et la distribution des produits en particulier constituent incontestablement des secteurs à hauts risques. Les risques spécifiques à chaque produit augmentent généralement avec la présence de diverses opérations de réception, d'exploitation, de stockage et de transfert.

Actuellement le risque majeur susceptible de survenir au niveau des installations pétrolières et compte tenu de l'activité du secteur hydrocarbures est l'incendie, l'explosion ou les effets toxiques. En outre l'accidentologie montre que les accidents qui se produisent dans les zones de stockage des hydrocarbures, entraînent des phénomènes majeurs sur les sites industriels en particulier les installations de SONATRACH.

La loi n° 04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable a comme objectif d'édicter les règles de prévention des risques majeurs et de gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable. Elle vient renforcer la notion de prévention des accidents impliquant des substances dangereuses en imposant notamment à l'exploitant, la mise en œuvre d'un système de maîtrise, de gestion des risques et d'une organisation proportionnée aux risques inhérents aux installations industrielles.

Dans cette étude, et dans le cadre de la prévention des risques majeurs, nous avons effectué une analyse des risques au niveau du bac de stockage d'héxène ce qui a permis de déterminer les scénarios critiques liés à l'exploitation du bac et de mettre en places les mesures nécessaires pour prévenir et limiter les conséquences de ces scénarios critiques.

Ce rapport est structuré comme suite :

Chapitre I : Généralité des risques et barrières de sécurité.

Chapitre II : Méthodes d'analyse des risques.

Chapitre III : Présentation du Complexe CP2K.

Chapitre IV : Description du bac de stockage de l'héxène.

Chapitre V : Résultats et discussion de la méthode HAZOP.

I.1 Introduction

Actuellement les industries sont confrontées à des problèmes industriels majeurs qui menacent leur pérennité et remettent en cause leurs objectifs. Devant ce défi, les industries doivent défendre leur existence en instaurant une stratégie de gestion des risques.

Ce chapitre présente des notions générales sur la gestion des risques, ses différentes étapes et les barrières de sécurité.

I.2 Contextes réglementaire

Décret n° 84/ 385 du 22 décembre 1984 relatif aux mesures destinées à protéger les installations, ouvrages et moyens.

Loi n°04-20 du 25 décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre du développement durable.

I.3 Concepts et définitions

Sécurité

Selon ISO/CEI Guide51, 1999 est l'absence de risque inacceptable.

Selon CEI 50(191) 1990 est l'aptitude d'une entité à éviter, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

Mesures de prévention

Selon ISO /CEI 51 méthode utilisée pour réduire le risque.

Danger

Le terme « danger » est défini dans la directive 96/82 /CEI [ISO, 1999] comme une propriété intrinsèque d'une substance dangereuse ou d'une situation physique de pouvoir provoquer des dommages pour la santé humaine et/ou l'environnement.

Le même terme est défini selon le référentiel OHSAS 18001[OHSAS18001, 1999] comme une source ou une situation pouvant nuire par blessure ou atteinte à la santé, dommage à la propriété et à l'environnement du lieu de travail ou une combinaison de ces éléments.

Dans MADS MOSAR multimédia [Griot et Ayrat, 2002], on définit le danger comme étant un état ou situation comportant une potentialité de dommages inacceptables. Situation

d'un système où sont réunis tous les facteurs pouvant conduire à la réalisation d'un accident potentiel.

Notons que ces définitions de danger et autres qui sont proposées par d'autres normes et auteurs, malgré leur vocabulaire différent mais elles portent le même sens.

Phénomène dangereux

Selon CEI 300-3-9, 1995 le danger est la source potentielle de dommage.

Selon GT Méthodologie, 2003 est la Libération d'énergie ou de substance produisant des effets susceptibles d'infliger un dommage à des cibles (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières.

Situation dangereuse

Selon ISO /CEI 51 situation où il y a une exposition à un phénomène dangereux.

Évènement dangereux

Selon ISO /CEI 51 déclencheur faisant passer de la situation dangereuse à l'accident.

Dommage

Selon GT 7 – CEI est le Préjudice causé par un système à son environnement passif conduisant à une diminution de l'intégrité physique des personnes ou de la valeur initiale des biens ou des équipements.

Selon GT Aspects sémantiques du risque, 1997 est l'effets néfastes d'un événement pour les personnes, la société, ou l'environnement.

Selon ISO/CEI Guide 51, 1999 Blessure physique ou une atteinte à la santé des personnes ou dégât causé aux biens ou à l'environnement.

Selon NF EN 61508, Décembre 1998, CEI 1050, Février 1991 est une blessure physique ou atteinte à la santé affectant des personnes soit directement soit indirectement comme conséquence à un dégât causé aux biens ou à l'environnement.

Conséquence

Selon NF EN 61508, Décembre 1998, CEI 1050, Février 1991 est une blessure physique ou atteinte à la santé affectant des personnes soit directement soit indirectement comme conséquence à un dégât causé aux biens ou à l'environnement.

Selon ISO/CEI Guide 51, 1999 est le résultat d'un événement. Il peut y avoir une ou plusieurs conséquences d'un événement. Les conséquences peuvent englober des aspects positifs et des aspects négatifs. Cependant, les conséquences sont toujours négatives pour les aspects liés à la sécurité. Les conséquences peuvent être exprimées de façon qualitative ou quantitative.

Accident

Évènement imprévu et soudain qu'entraînent des dégâts (petit robert).

Un événement non souhaité, engendrant la mort, un mauvais état de santé, une blessure ou autre perte sur le matériel.

Incident

Un incident est un événement non planifié causant des blessures, des dégâts matériels.

Gravité

Le terme gravité (Severity) se dit de l'importance des choses. C'est le caractère de ce qui est important, de ce qui ne peut être considéré avec légèreté, de ce qui peut avoir des suites fâcheuses. La gravité caractérise globalement l'ensemble des conséquences parmi différentes classes d'importance. Cette classification est effectuée généralement par des experts.

Dans la majorité des domaines industriels, la gravité couvre aussi bien les dommages sur l'Homme et le Système, que les nuisances portées à l'Environnement. La norme ferroviaire NF EN 50126 propose quatre échelles de gravité (voir TAB.I.1) :

TAB.I.1 : Echelles de gravité selon la norme NF EN 50126 (NF EN 50126, Janvier 2000)

Gravité	Conséquences pour les personnes ou l'environnement	Conséquences pour le service
Insignifiant	Eventuellement une personne légèrement blessé	
Marginal	Blessures légères et/ou menace grave pour l'environnement	Perte d'un système important
Critique	Un mort et/ou une personne grièvement blessée graves et/ou des dommages graves pour l'environnement	Dommages graves pour un (ou plusieurs) système(s)
Catastrophique	Des morts et/ ou plusieurs personnes gravement blessées et/ou des dommages majeurs pour l'environnement	Dommages mineurs pour un système

Fréquence d'occurrence

La fréquence d'occurrence d'un événement est la mesure du nombre moyen d'occurrences attendues en un laps de temps donné dans des conditions connues. Cette fréquence est estimée sur une période de temps donnée (année, jour, heure, etc.).

Les classes de fréquence présentées dans la table suivantes (voir TAB.I.2) sont proposées dans la norme NF EN 50126 (NF EN 50126, Janvier 2000):

TAB.I.2 : Echelles de fréquence d'occurrence selon la norme NF EN 50126

Niveau	Description
Invraisemblable	Extrêmement improbable. On peut supposer que la situation dangereuse ne se produira pas
Improbable	Peu susceptible de se produire mais possible. On peut supposer que la situation dangereuse peut exceptionnellement se produire
Rare	Susceptible de se produire à un moment donné du cycle de vie du système. On peut raisonnablement s'attendre à ce que la situation dangereuse se produise
Occasionnel	Susceptible de survenir à plusieurs reprises. On peut s'attendre à ce que la situation dangereuse survienne à plusieurs reprises
Probable	Peut survenir à plusieurs reprises. On peut s'attendre à ce que la situation dangereuse survienne souvent
Fréquent	Susceptible de se produire fréquemment. La situation dangereuse est continuellement présente

Exposition

La notion d'exposition en situation dangereuse à été définie par la norme européenne EN 292 (EN 292/ISO 12100, 1995) comme : « Situation dans laquelle une personne est exposée à un ou des phénomènes dangereux »

I.4 Facettes du Risque

I.4.1 Définitions

Risque

Selon l'ISO 3100 est l'effet de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs.

Selon guide ISO/CEI 73 le risque est la combinaison de la probabilité et des conséquences d'un évènement.

Selon ISO/CEI Guide 73, 2002 est la combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences.

Risque technologique

Par risque technologique majeur, on peut entendre : "tout événement accidentel lié à l'activité humaine entraînant des conséquences immédiates graves pour les enjeux exposés".

Facteur du risque

Toute condition ou tout facteur indiquant une augmentation du risque de développer une maladie ou d'entraîner un accident ou un décès ou des dommages matériels et financiers.

Situation à risque

Une situation à risque est une situation de travail dans laquelle se retrouvent un ou plusieurs facteurs de risque.

Zones du risque

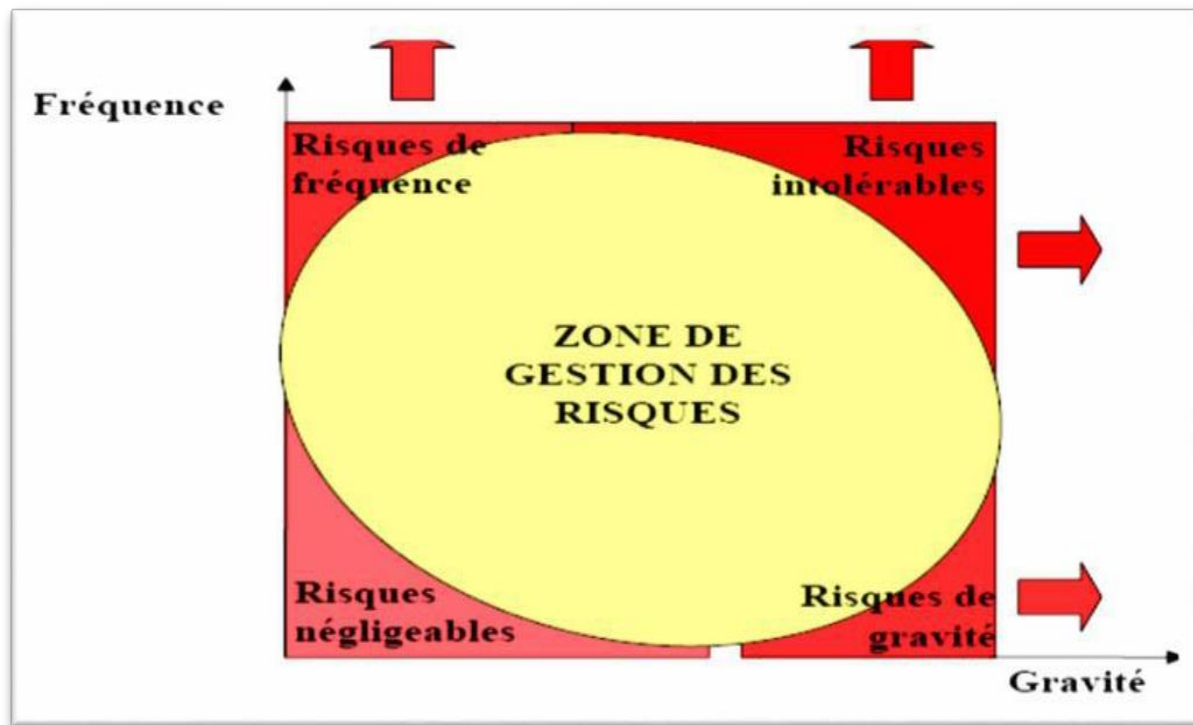


Fig I.1: Les zones du risque

Caractéristiques d'un risque

Fréquence (F) : mesure la probabilité d'occurrence de l'événement dommageable ;

Gravité (G) : mesure les conséquences du sinistre ;

Criticité (C) : indicateur de l'acuité du risque.

Criticité

Est définie comme le résultat d'agrégation des deux dimensions, gravité et probabilité d'occurrence. Elle permet d'estimer l'ampleur d'un risque.

$$CRITICITÉ = FREQUENCE \times GRAVITÉ$$

I.4.2 Classification du risque

Généralement, les niveaux de gravité et de probabilité d'occurrence sont croisés dans une matrice de criticité afin de positionner les zones de risque. La matrice Gravité/Occurrence ci-dessous (voir TAB.I. 3) est proposée par la norme NF EN 50126 (NF EN 50126, Janvier 2000):

TAB.I.3 : Matrice de criticité (G/O) - NF EN 50126

	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

Selon les qualificatifs de la norme NF EN 50126 on distinct 3 classes : « risque maîtrisé » regroupant le risque négligeable et le risque acceptable, « risque maîtrisable » regroupant le risque indésirable non résiduel et enfin « risque non maîtrisable » regroupant le risque résiduel et le risque inacceptable. Toutefois nous définissons le risque indésirable comme une sous catégorie du risque tolérable et nous procédons de la même façon en ce qui concerne le risque inacceptable par rapport au risque résiduel (voir FIG.I.2).

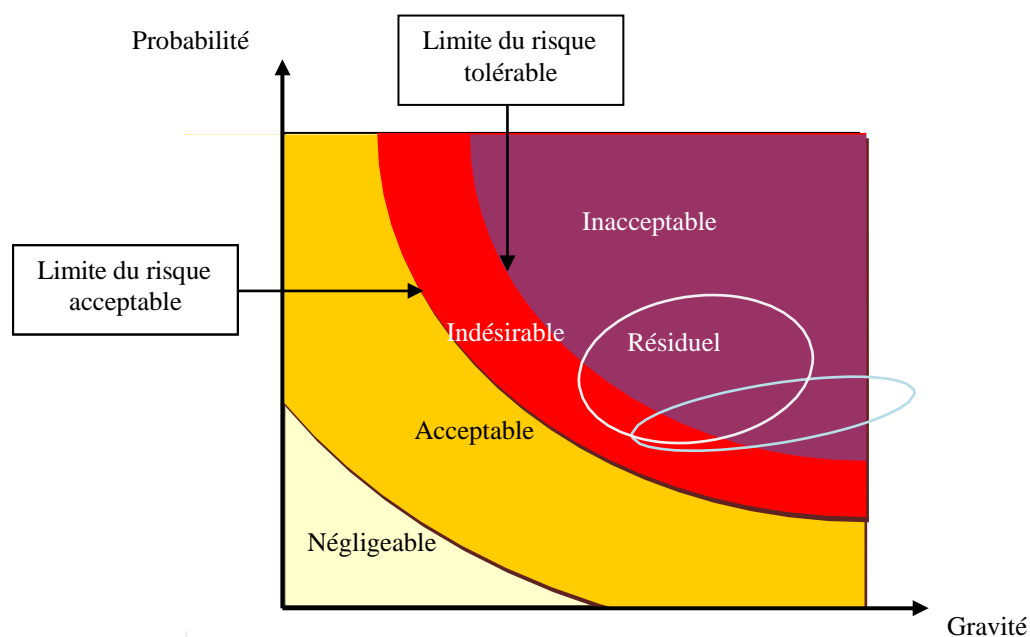


Fig. I.2: Classification des risques

I.4.2.1 Risques maîtrisés

Risque négligeable

Un risque négligeable n'est pas pris en compte dans l'évaluation globale du risque lié à un système.

Risque acceptable

Un risque perçu comme insignifiant peut facilement être accepté. En d'autres termes, un accident potentiel caractérisé par une faible probabilité d'occurrence, peut facilement être accepté. En effet, nous continuons à prendre le train malgré les accidents possibles parce que la probabilité d'un déraillement ou d'une collision catastrophique est extrêmement faible.

I.4.2.2 Risques maîtrisables

Risque tolérable

Un risque Tolérable est un risque non négligeable qui, dans un certain contexte, peut être accepté avec vigilance.

Risque indésirable

Un risque Tolérable est un risque non négligeable qui, dans un certain contexte, peut être accepté avec vigilance.

I.4.2.3 Risque non maîtrisable

Risque résiduel

Un risque résiduel est un risque subsistant après que les différentes mesures possibles aient été prises.

Risque inacceptable

Un risque inacceptable est un risque résiduel non tolérable.

I.4.3 Acceptabilité du risque

La mesure du risque peut rapprocher le degré de nuisance de deux situations dangereuses complètement dissemblables : l'une caractérisée par une pondération de fréquence et l'autre par une pondération de gravité.

L'acceptabilité concerne le risque et non la gravité du dommage ou la probabilité d'occurrence considérés séparément. En effet, la gestion des risques a pour objectif de

consigner les aléas à l'intérieur de frontières jugées satisfaisantes. Un risque impossible à supprimer doit donc être réduit à un niveau acceptable fixé préalablement.

Le choix des actions de maîtrise des risques se fait en fonction de la fréquence et de la gravité des dommages relatifs à un accident potentiel. Les actions de protection (sécurité primaire) sont prioritaires par rapport aux actions préventives (sécurité secondaire) ayant objectif de réduire les conséquences d'événements dommageables tandis que ces dernières ont pour but de limiter la possibilité de récurrence des événements redoutés.

I.5 Management des risques

I.5.1 Définition

La gestion des risques est définie comme l'ensemble des activités coordonnées visant à diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque. Le management du risque inclut typiquement l'appréciation du risque, le traitement du risque, l'acceptation du risque et la communication relative au risque (ISO/CEI Guide 73, 2002).

Le management des risques est un ensemble d'activités coordonnées visant à diriger et piloter en fonction de l'appréciation des risques, les différentes politiques possibles de maîtrise de ces derniers (voir Fig. I.3).

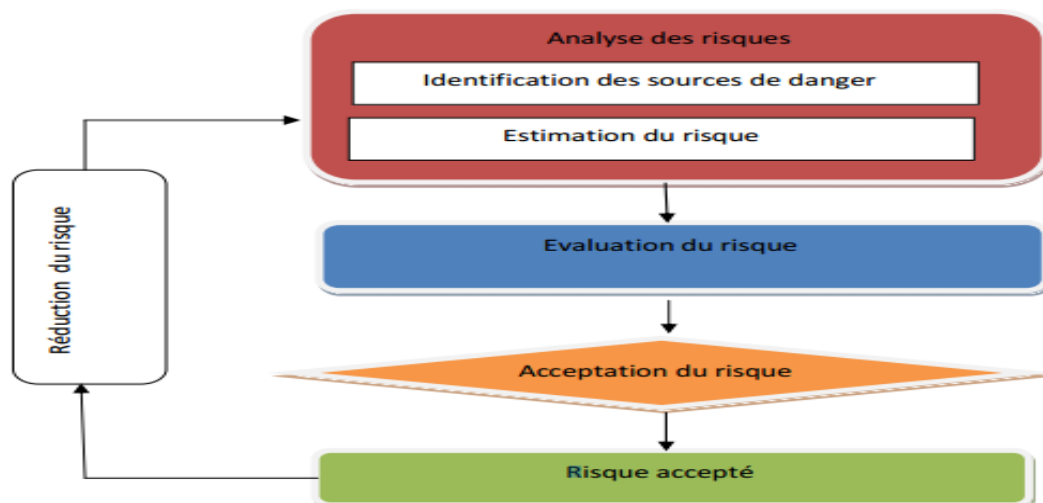


Fig. I.3 Processus de management des risques [ISO, 1999].

I.5.2 Analyse du risque :

L'analyse de risque est l'utilisation systématique d'informations pour identifier les entités sources et cibles de danger et estimer le risque.

I.5.2.1 Identification des sources de danger

L'identification des sources de danger ou identification des facteurs de risque est un processus permettant de trouver, recenser et caractériser les phénomènes dangereux. Selon le Guide ISO/CEI 73 (ISO/CEI Guide 73, 2002), c'est un « Processus permettant de trouver, lister et caractériser les éléments du risque. Les éléments peuvent inclure les sources, les événements, les conséquences et la probabilité. L'identification des risques peut également concerner les préoccupations des parties prenantes ».

I.5.2.2 Estimation du risque

L'estimation d'un risque se définit comme un : « Processus utilisé pour affecter des valeurs à la probabilité et aux conséquences d'un risque. L'estimation du risque peut considérer le coût, les avantages, les préoccupations des parties prenantes, et d'autres variables requises selon le cas pour l'évaluation du risque » (ISO/CEI Guide 73, 2002).

I.5.3 Évaluation du risque

Selon ISO/CEI Guide 73, 2002 est un Processus de comparaison du risque estimé avec des critères de risque donnés pour déterminer l'importance du risque. La comparaison peut être menée par rapport à un référentiel préétabli dans l'objectif de permettre la prise de décision vis-à-vis de l'acceptation du risque ou de la nécessité de son traitement. Elle peut considérer le coût, les avantages, les préoccupations des parties prenantes, et d'autres variables requises selon le cas pour l'évaluation du risque.

L'évaluation des risques est une procédure de classification de l'acceptabilité de ces risques en fonction des fréquences d'occurrence, gravités, expositions, etc.

I.5.4 Acceptation du risque

L'acceptabilité d'un risque est faite à partir de ses deux paramètres. Le niveau du risque quantifié sera positionné dans une matrice d'évaluation et en fonction des critères d'acceptabilité retenus et le risque estimé qu'on juge de l'acceptabilité ou la non acceptabilité du risque [ISO, 1999].

L'évaluation de l' acceptabilité des risques est une procédure de classification de l'acceptabilité de ces risques en fonction des fréquences d'occurrence, gravités, expositions, etc.

Si le risque est jugé acceptable le processus de gestion sera terminé et le risque jugé sera surveillé. Dans le cas contraire, le processus continue en passant à l'étape de réduction.

I.5.5 Réduction du risque

Actions entreprises en vue de diminuer la probabilité, les conséquences négatives (ou dommages), associées à un risque, ou les deux (ISO/CEI Guide 73, 2002).

Cette étape consiste à mettre en œuvre les différentes mesures et barrières de protection et de prévention afin de réduire l'intensité du phénomène (réduction potentielle de danger, atténuation des conséquences) et à diminuer la probabilité d'occurrence par la mise en place de barrières visant à prévenir les accidents [Kirchsteiger, 1999]. Outre les améliorations techniques et de fiabilité d'équipements, la prévention passe aussi par une meilleure prise en compte des facteurs de risque liés à l'organisation et aux personnes. Le choix des actions préventives à engager est effectué en comparant les coûts de leur mise en œuvre avec les coûts des conséquences de risque, en tenant compte de leur probabilité d'apparition.

I.5.5.1 Protection

Technique visant à limiter l'étendue et/ou la gravité des conséquences d'un accident sur les cibles vulnérables. Pour cela on peut soit renforcer la défense des cibles, soit réduire la dangerosité des sources de danger.

I.5.5.2 Prévention

Ensemble de méthodes, de techniques et de mesures prises en vue de réduire la probabilité qu'un événement redouté ne se produise. Ces méthodes relèvent de la surveillance, la formation, la réglementation, la répartition des responsabilités, etc.

I.5.6 Importance du Management des risques

D'après le COSO II (Christelle *et al.*, 2005), qui constitue un référentiel de management des risques dans l'entreprise, un système de management des risques permet de distinguer « le niveau de risque qu'il est acceptable de prendre pour répondre à un objectif fixé ». Il permet aussi d'aider la direction à déterminer une stratégie en adéquation avec la capacité de l'organisme et le niveau de risque considéré.

Le management des risques se fait de plus en plus vital pour une entreprise en raison de la complexité grandissante de ses activités et ce, sur de nombreux points de vue :

- ✓ Technique, logistique et organisationnel,
- ✓ Coopératif ou partenarial,
- ✓ International et culturel,
- ✓ Actionnarial,
- ✓ Marché et concurrentiel,
- ✓ Médiatique des résultats.

I.6 Barrières de sécurité :

On les appelle aussi des Mesures de Maîtrise des Risques (MMR). Qui sont Tout dispositif instrumental mécanique ou procédural, permettant de prévenir ou de réduire la probabilité d'occurrence d'un événement redouté ou d'en limiter les conséquences. Une barrière de sécurité de prévention permet de prévenir ou de limiter l'occurrence de l'événement redouté. Une barrière de sécurité de protection permet de diminuer les conséquences de l'événement redouté.

I.6.1 Types de barrières de barrières de sécurité

Les barrières intervenant dans la maîtrise du risque sont de trois types (Fig I.4) :

- **Les Barrières Techniques de Sécurité (BTS)** : l'ensemble d'éléments techniques nécessaires et suffisants pour assurer une fonction de sécurité.
- **Les Barrières Humaines (ou organisationnelle) de Sécurité (BHS)** : sont constituées d'une activité humaine (une ou plusieurs opérations) qui s'oppose à l'enchaînement d'évènements susceptibles d'aboutir à un accident.
- **Les Systèmes à Action Manuelle de Sécurité (SAMS)** : une combinaison des barrières techniques et humaines.



Fig. I.4: Typologies des barrières de sécurité.

I.6.2 Barrière technique de sécurité

Dans la catégorie des barrières techniques de sécurité, il peut s'agir de dispositifs de sécurité ou de systèmes instrumentés de sécurité.

I.6.2.1 Dispositif de sécurité

Un dispositif de sécurité est en général un élément unitaire, autonome, ayant pour objectif de remplir une fonction de sécurité, dans sa globalité.

Un dispositif peut être classé en 2 catégories :

- **Les dispositifs passifs**

Qui ne mettent en jeu aucun système mécanique ni action humaine, ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir leur fonction comme les cuvettes de rétention, les disques de rupture, les arrête-flammes ainsi que les murs coupe-feu.

- **Les dispositifs actifs**

Qui mettent en jeu des dispositifs mécaniques (ressort, levier...) pour remplir leur fonction. Comme les soupapes de décharge et les clapets limiteurs de débit.

I.6.2.2 Système instrumenté de sécurité :

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

I.7 Le système instrumenté de sécurité (SIS)

I.7.1 Sous-fonction d'un Systèmes instrumentés de sécurité

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

La figure (I.5) suivante montre une représentation schématique générique d'un SIS :

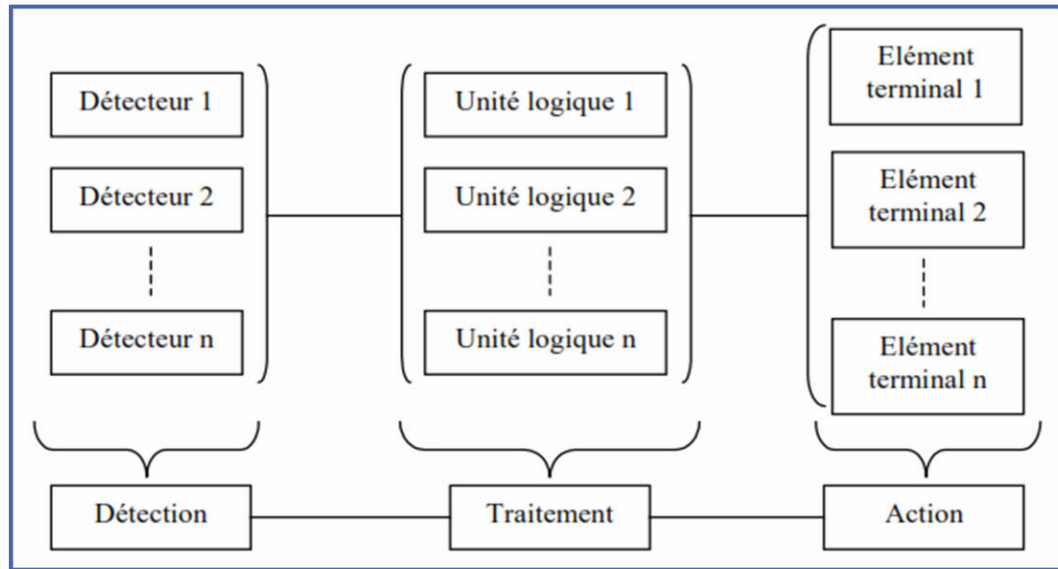


Fig. I.5 : Schéma général d'un SIS.

- ❖ **Sous-fonction de sécurité "détection"** : Cette sous-fonction de sécurité peut être assurée par différents détecteurs de paramètres (pression, température, débit, concentration...). Un détecteur de paramètre est généralement constitué de deux éléments un capteur et un transmetteur.
- ❖ **La sous-fonction "traitement de l'information"** : peut-être plus ou moins complexe. Elle est principalement réalisée par des relais ou par des automates programmables. Elle peut se résumer simplement à acquérir une grandeur mesurée par un capteur et à l'indiquer. Elle peut aussi consister à activer la commande d'un ou plusieurs actionneurs à partir d'une fonction combinatoire des informations délivrées par différents capteurs.
- ❖ **La sous-fonction "action"** : est réalisée par des actionneurs et des éléments Terminaux :
 - Les actionneurs transforment un signal (électrique, pneumatique ou hydraulique) en phénomène physique qui permet de commander le démarrage d'une pompe, la fermeture ou l'ouverture d'une vanne... Selon l'énergie motrice, on parle d'actionneur électrique, pneumatique ou hydraulique. Ils sont couplés aux éléments terminaux ;
 - Les éléments terminaux sont commandés par des actionneurs. On retrouve notamment sous cette terminologie : les vannes, les machines tournantes (pompe, compresseur ...), les alarmes sonores et visuelles.

- ❖ **Communications entre les éléments d'un SIS** : L'unité de traitement est reliée aux capteurs et aux actionneurs par des moyens de transmission. Il peut s'agir de câbles électriques, d'ondes électromagnétiques (transmission hertzienne), de fibres optiques (bus de terrain) ou de tuyauteries (transmissions pneumatique ou hydraulique).

I.7.2 Rôle des systèmes instrumenté de sécurité

Un système instrumenté de sécurité met en œuvre les fonctions instrumentées de sécurité requises pour atteindre ou maintenir un état sûr du procédé et, en tant que tel, il contribue à la réduction nécessaire du risque permettant d'atteindre le niveau de risque tolérable. Par exemple, la spécification des exigences relatives aux fonctions de sécurité peut stipuler que, lorsque la température atteint une valeur x, la vanne y s'ouvre pour laisser de l'eau pénétrer dans le récipient.

La réduction nécessaire du risque peut être obtenue par un seul système instrumenté de sécurité (SIS), par une combinaison de plusieurs de ces systèmes, ou par d'autres couches de protection.

I.7.3 Lieu avec les paramètres des normes NF en 601308/NF

La norme NF EN 61511-1 présente des tableaux faisant le lien entre les diverses caractéristiques des systèmes (SIL, PFDavg ou PFH). Ils font apparaître deux types de systèmes :

- **Ceux fonctionnant à la sollicitation** : une fonction de sécurité a un mode de fonctionnement de type à la sollicitation (au sens de la norme) "lorsqu'une action spécifiée (par exemple une fermeture de vanne) est effectuée en réponse aux conditions du processus ou à d'autres sollicitations." Le SIL est alors relié à la PFDavg du système et à un facteur de réduction de risques.
- **Ceux fonctionnant en mode continu** : une fonction de sécurité a un mode de fonctionnement en mode continu (au sens de la norme) "lorsqu'en cas de défaillance de la fonction instrumentée de sécurité, un danger potentiel apparaît, sans autre défaillance, sauf si une action est entreprise pour le prévenir." Le SIL est alors relié au PFH du système. [8]

Le tableau issu de la norme NF EN 61511-1 pour le mode de fonctionnement à la sollicitation (dans lequel SIL a été remplacé par NC et pour lequel la ligne associée à NC 0 a été ajoutée) est le suivant :

Tableau I.4 : Niveaux d'intégrité de sécurité(SIL) en fonction des PFD_{avg} .

Niveaux de Confiance (NC)	Probabilité moyenne de défaillance à la sollicitation (PFD _{avg})	Réduction du risque (RR)
4	$10^{-5} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} \leq 10^{-4}$	$10\,000 < \text{RR} \leq 100\,000$
3	$10^{-4} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} \leq 10^{-3}$	$1000 < \text{RR} \leq 10\,000$
2	$10^{-3} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} \leq 10^{-2}$	$100 < \text{RR} \leq 1000$
1	$10^{-2} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} \leq 10^{-1}$	$10 < \text{RR} \leq 100$
0	$10^{-1} \leq \text{PFD}_{\text{avg}} \leq 1$	$1 < \text{RR} \leq 10$

I.8 Conclusion

L'objectif final d'une analyse des risques est de maîtriser les risques présentés par une activité de façon à ce que seuls des « risques acceptables » soient pris. Il est donc plus indiqué de parler de gestion des risques

II.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.

II.2 Classification des méthodes d'analyse de risque

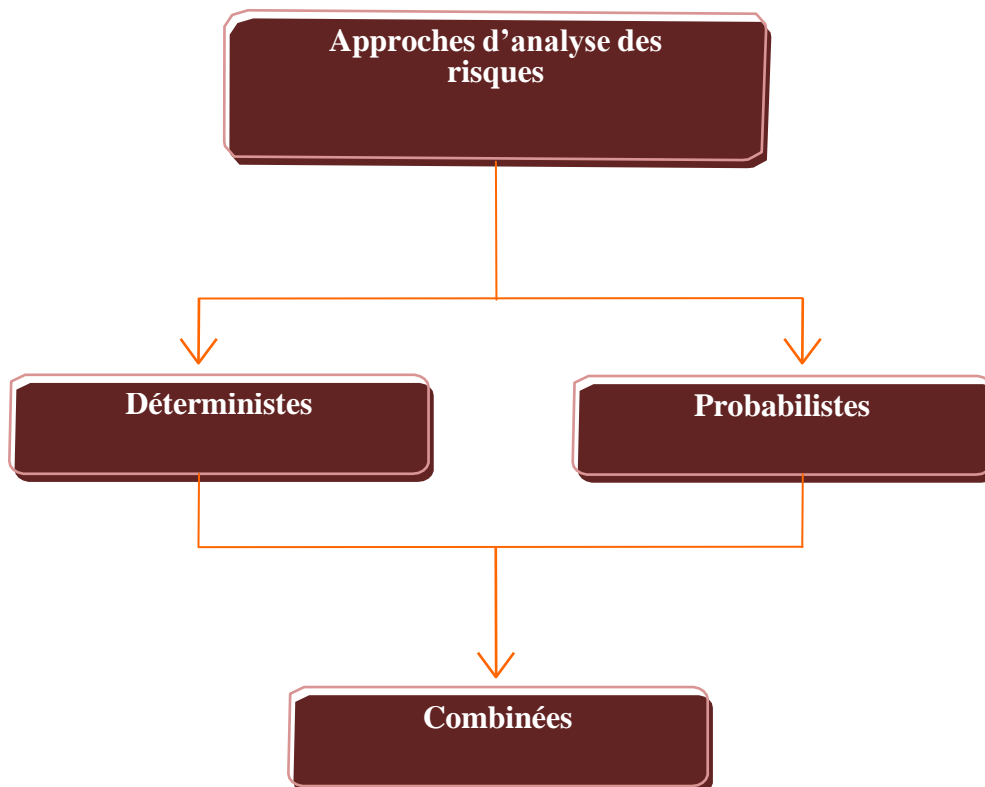


FIG. II.1 Approches d'analyse de risque

II.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 significatifs 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.

II.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.

II.2.3 Méthodes qualitatives & Méthodes quantitatives

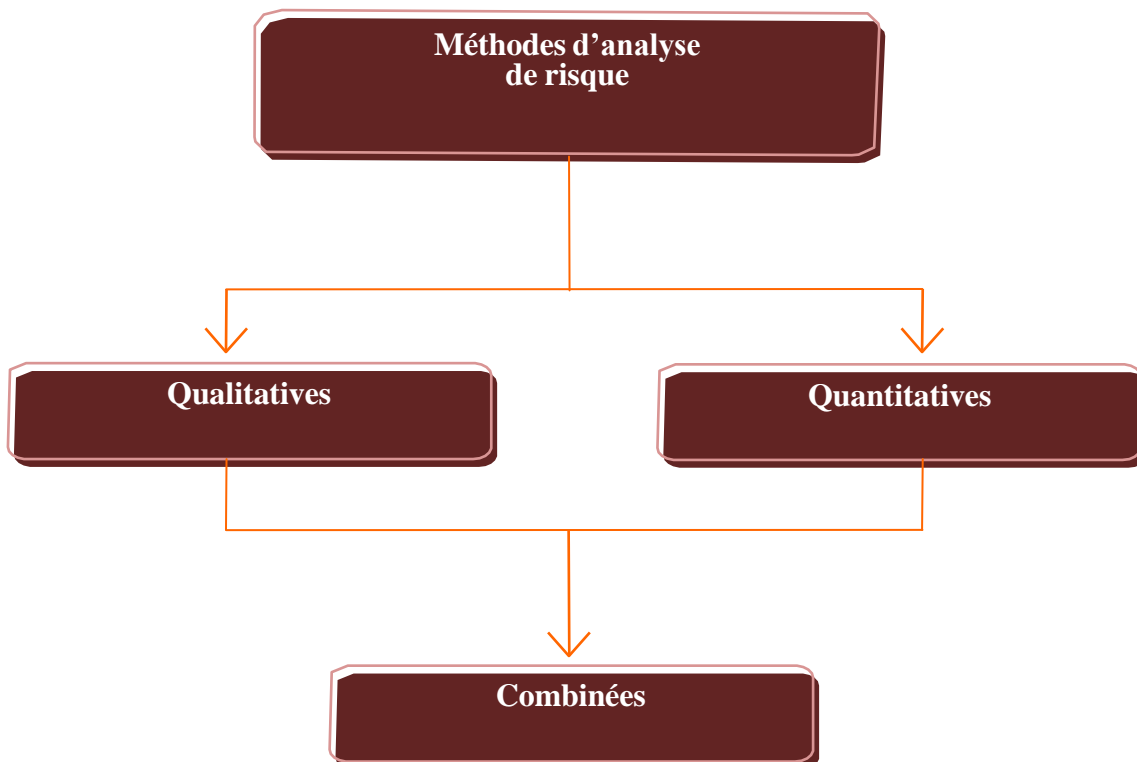


FIG. II.2 Typologie des méthodes d'analyse de risque

II.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.

II.2.3.1 Méthodes qualitative

L'APR, l'AMDEC, l'Arbre de Défaillances ou l'Arbre d'Evénements 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 évènements redoutés.

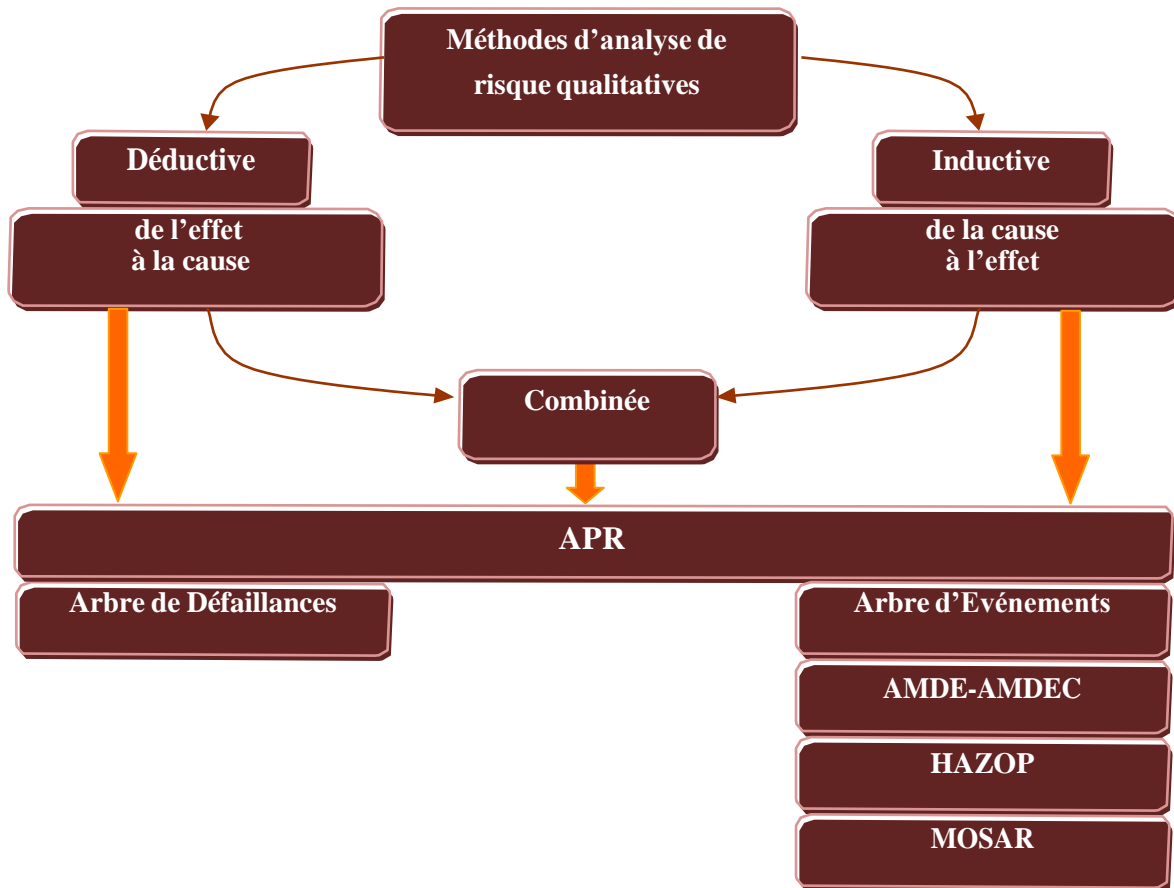


FIG. II.3 Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives

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.

II.3 Panorama des méthodes d'analyse de risque

II.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.

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 II.1). Pour cette entité, envisager toutes les événements pouvant donner une situation dangereuse (colonne 02 du tableau II.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 II.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 enchainements 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 évènements susceptibles de conduire à un accident potentiel pour des systèmes complexes.

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

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

II.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. II.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.

II.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 PROTECTION ANALYSIS" (analyse des

couches de protection). Cette méthode fut expérimentée pour l'évaluation de la sécurité des systèmes et des procédés industriels chimiques, pétrochimiques 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 évènement redouté défini à priori par une analyse qualitative des risques du type HAZOP, AMDEC, de déterminer l'enchaînement des évènements pouvant conduire à cet évènement, 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 évènement 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.

- 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 évènements 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

II.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 leur 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.

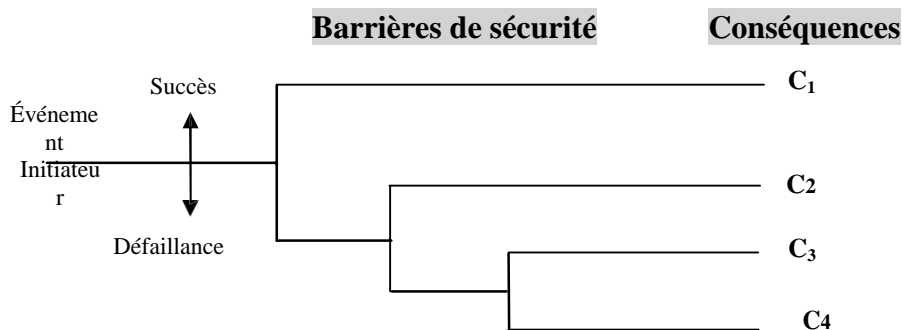


Fig. 4 Schéma d'un AdE avec des barrières de sécurité.

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.

II.3.5 Arbre de défaillances (AdD)

L'arbre de défaillances, appelé également arbre des causes, arbre des défauts ou 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.

II.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.

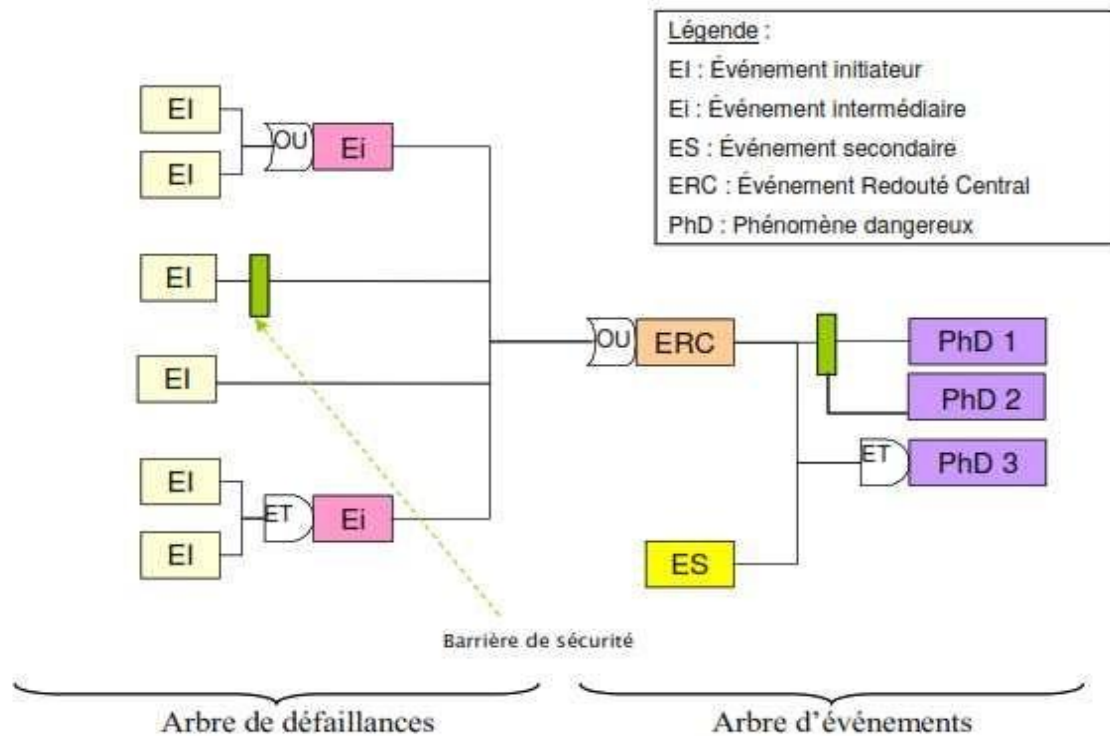


Fig. II.5 Nœud-papillon (BOW TIE)

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'évènements 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.

II.3.6 Hazard and Operability Study (HAZOP)

II.3.6.1 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 thermo-hydrauliques, pour lesquels des paramètres comme le débit, la température, la pression, le niveau, la concentration... sont particulièrement importants pour la sécurité de l'installation.

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

II.3.6.2 Principe

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

L'HAZOP suit une procédure assez semblable à celle proposée par l'AMDE. L'HAZOP ne considère plus des modes de défaillances mais les dérives potentielles (ou déviations) des

principaux paramètres liés à l'exploitation de l'installation. De ce fait, elle est centrée sur l'installation à la différence de l'AMDE qui est 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 ».

II.3.6.3 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 identifiée au cours de la description fonctionnelle.
- 2) Choisir un paramètre de fonctionnement,

- 3) Retenir un mot-clé et générer une dérive,
- 4) Vérifier que la dérive est crédible. Si oui, passer au point 5, sinon revenir au point 3,
- 5) Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive,
- 6) Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets,
- 7) Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations,
- 8) Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3),
- 9) Lorsque tous les mots-clé ont été considérés, retenir un nouveau paramètre et reprendre l'analyse au point 2),
- 10) Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse au point 1).

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

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

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

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

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

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

Tabl. II.3 Exemple de tableau pour l'HAZOP

-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.

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	PLUS TOT	Un événement se produit avant l'heure prévue
	PLUS TARD	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

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

-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 réaliser.

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

« Plus de » et « Température » = « Température trop haute »,

« Moins de » et « Pression » = « Pression trop basse »,

« Inverse » et « Débit » = « Retour de produit »,

« Pas de » et « Niveau » = « Capacité vide ».

-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'affecter 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.

II.3.6.4 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.

II.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 uns 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.

II.5 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.

III.1 Introduction

La pétrochimie est une branche de l'industrie chimique connaît un développement grandissant, dicté par les besoins en produits de première nécessité. C'est un ensemble d'activité de transformation qui à partir des produits issus des hydrocarbures (condensat, naphta, gaz,...) permettent d'obtenir des produits synthétisés tel que les matières plastiques, les fibres synthétiques, les caoutchoucs, les détergents et également les matières pour fabriquer les produits utilisé en pharmacie et dans d'autres domaines.

Parmi les produits chimiques les plus importants pour l'industrie pétrochimique ; l'éthylène dont la majeure partie de ce produit se transforme en « polyéthylène ». On distingue trois types de polyéthylène:

- Polyéthylène à basse densité (PEBD);
- Polyéthylène à haute densité (PEHD);
- Polyéthylène à basse densité linéaire (PEBDL).

Dans la vie quotidienne, on trouve le polyéthylène dans plusieurs produits: plastiques pour emballage, jouets, produits industriels moulés par injection, les bouteilles, revêtements de câbles et tuyauteries pour le transport du gaz et de liquides, etc.

Le besoin pour ces matières fait appel à l'implantation du complexe ENIP (Entreprise Nationale des Industries Pétrochimiques) qui a été créé par décret N°84-257 du 01^{er} septembre 1984, cette entreprise a été chargée de gérer, exploiter et développer l'industrie pétrochimique en Algérie à travers ses deux complexes : le complexe de SKIKDA, pour les produits thermoplastiques, et le complexe d'ARZEW pour les produits thermodurcissables et le méthanol.

III.1.1 Implantation et découpage du Complexe CP2K

Le complexe CP2K qui comporte l'unité PEHD est implanté à l'intérieur de la zone industrielle de Skikda. D'une superficie d'environ 17 hectares (166800 m²), dont 10% sont bâtis, le complexe CP2K se trouve sur la côte à 06 km à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Skikda et à une hauteur moyenne d'environ 06 m au-dessus du niveau de la mer.

Sa position géographique est représentée dans la figure III.1.1. Elle est limitée comme suit : Au Nord : par la mer Méditerranée au Sud : par la route principale de la zone industrielle et SOMIK A l'Est : par la FIR (Force d'Intervention et de Réserve). A l'Ouest : par CP1K (Complexe Pétrochimique 1 de Skikda).



Figure III.1.1 : Position géographique du complexe CP2K

Le complexe est composé de 04 zones qui sont :

- **Zone off-site**

C'est la zone qui comporte les utilités (chaudières, air, azote, eau distillée et eau anti-incendie) ainsi que les différentes installations auxiliaires de l'unité telles que : la torche, le stockage de l'isobutane et de l'Héxène, le traitement des eaux et l'activation du catalyseur.

- **Zone humide**

C'est celle qui comporte le réacteur, les différents traiteurs, les compresseurs et purification et récupération du solvant.

Zone sèche

Elle est composée de l'extrudeuse, des soufflantes, des silos de stockage des produits finis ainsi que de la partie de l'ensachage.

Zone bâtiment

On trouve : le bloc administratif et des finances, la cantine et les vestiaires, le bloc sécurité et infirmerie, le magasin des pièces de rechanges et l'atelier de maintenance, la sous station haute et basse tension ainsi que la salle de contrôle et le laboratoire.

III.1.2 Organisation du Complexe CP2K

Organisation du Complexe CP2K L'organigramme résumant l'organisation du CP2K est présenté ci-dessous :

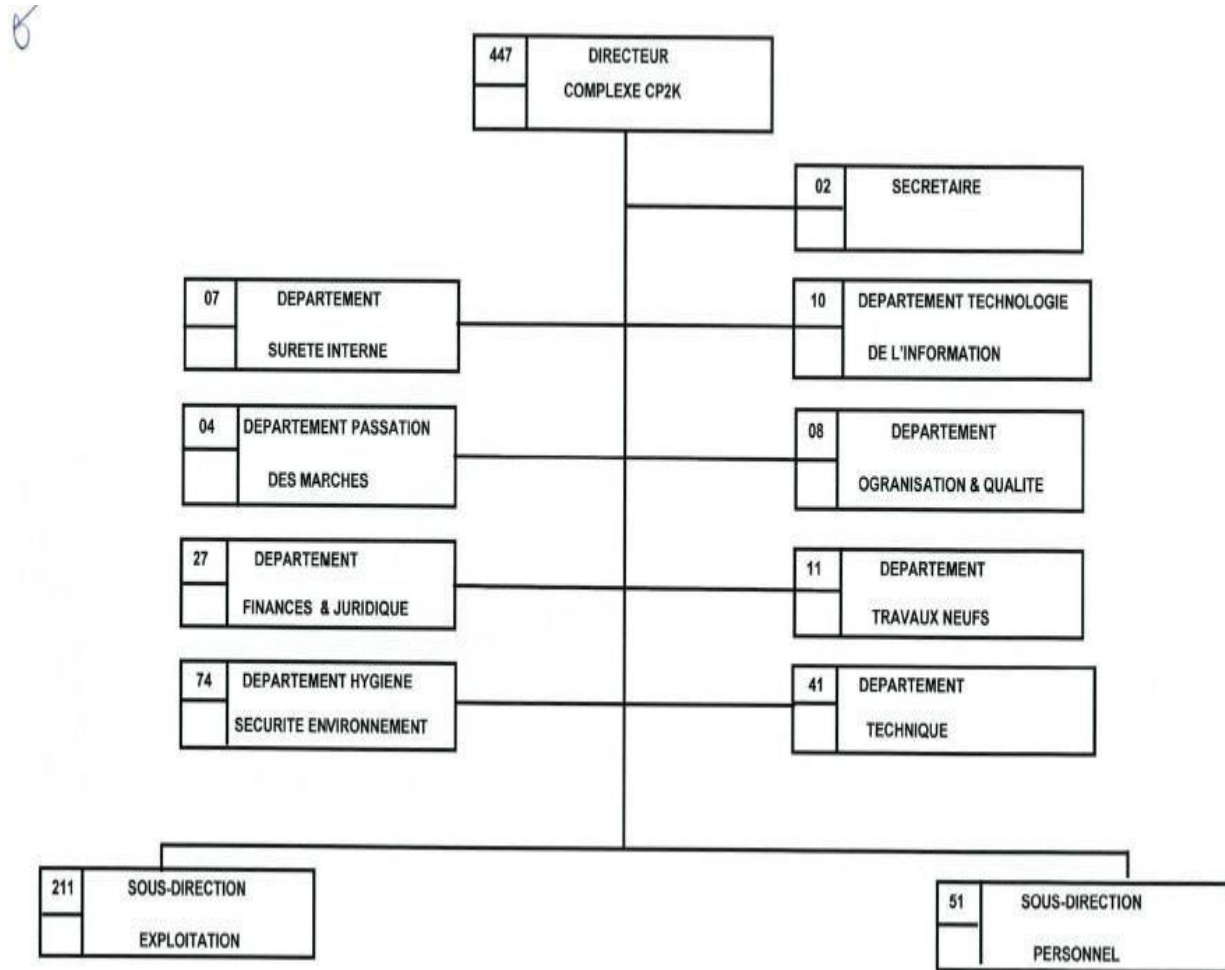


Figure III.1.9 : Organigramme du complexe CP2K

Le complexe est constitué de plusieurs départements, et chaque département est constitué de plusieurs services.

III.1.2.1 Département Production

Il comporte les trois zones du complexe citées précédemment (zone off site, zone humide et zone sèche), qui sont regroupées dans deux types d'installations :

- **Installations principales de l'usine**
- Unité de préparation et de traitement des matières premières.
- Réacteur où se déroulent la polymérisation et la récupération du PEHD en poudre.

- Stockage intermédiaire (Capacité 3500 Tonnes).
- Unité de conditionnement

Installations auxiliaires

- Production de vapeur, électricité, air etc.
- Traitement des effluents.
- Stockage des matières premières utilisées et additifs (Eau, Hydrogène, Hécène, Isobutane).
- Magasin de stockage de produit fini d'une superficie de 18 000 m² soit une capacité de 12 000 tonnes.

III.1.2.2 Département Technique

C'est un département très important, qui travaille en parallèle avec les autres départements, il est constitué de trois services :

- Service étude/suivi : dont le travail est concentré sur les études des problèmes pouvant être rencontrés dans les différents départements, et d'apporter des modifications nécessaires. L'étude des nouveaux projets se fait aussi au niveau de ce service.
- Service inspection : dont le rôle est de valider les équipements et des installations par des systèmes programmés.
- Service laboratoire : dont la tâche est d'analyser en continu la matière première, le catalyseur et le produit fini.

III.1.2.3 Département Maintenance

Ce département assure l'entretien et la maintenance des équipements, il est constitué de cinq services :

- Service Méthodes : divisé en deux sections, section de planification et section de préparation
- Service Mécanique
- Service Electricité

- Service Instrumentation

Le travail de ce département est divisé en deux parties, un travail périodique programmé pour chaque équipement, et un travail fait suite aux demandes formulées par le département de production en cas de pannes. Dans ce deuxième cas, le travail est d'abord planifié, puis préparé et enfin envoyé au service concerné qui dépend toujours du département de maintenance.

III.1.2.4 Département Sécurité

Le complexe CP2K comme toutes les usines comporte un département sécurité qui, à son tour, contient deux services :

Service prévention

Contrôler et signaler toute situation ou tout procédé contraire au règlement intérieur et aux dispositions légales sur la sécurité, la santé et l'environnement.

Analyse les incidents accidents

Supprimer les actes dangereux, c.à.d. les actes d'une personne :

- Qui n'a pas conscience des risques auxquels elle est exposée, et/ ou auxquels elle expose les autres,
- Qui n'élabore pas, n'applique pas, ou ne fait pas appliquer, les mesures de prévention adapté à ces risques.

Supprimer les situations dangereuses, c.à.d. l'état défaillant d'un matériel, d'une organisation ou d'un environnement :

- Qui crée une condition suffisante pour concourir à l'occurrence d'un accident, ou pour générer un risque pour la santé,
- Sur lequel les acteurs directs n'ont pas les moyens d'agir_

Service intervention

L'intervention a pour mission d'intervenir avec les moyens appropriés fixe et mobile en cas d'incendie et accident.

Le contrôle et de l'entretien organisé et planifié des matériels de lutte contre l'incendie fixe et mobile

Les moyens matériels mobiles :

- Camion mixte à mousse (eau – émulseur) de capacité respectivement 6000 et 2000 litres.
- Camion à poudre de capacité 2000 kg.
- Extincteurs tractables à poudre et au CO₂ : 70 unités.
- Extincteurs portable à poudre et au CO₂ : 200 unités.
- Ambulance médicalisée.

Les moyens matériels fixes.

Le complexe PEHD est équipé d'un réseau d'eau anti-incendie (bouclé émaillé) qui alimente les poteaux d'incendie, les sprinklers et les robinets d'incendie armés (RIA). A l'aide d'une pompe jockey, le réseau est maintenu en permanence sous une pression de 12 kg/cm².

Un système déluge combiné de détection et d'extinction automatique avec de l'eau pulvérisée. Le complexe PEHD dispose de 13 systèmes de déluge à commandes manuelles, semi-automatiques et automatiques. Ils sont alimentés par l'intermédiaire du réseau anti-incendie et réparties à travers toutes les installations névralgiques de l'usine dont :

- 1 système installé au niveau de l'extrudeuse.
- 1 système installé au niveau réacteur.
- 4 systèmes installés au niveau des traiteurs.
- 4 systèmes installés au niveau des compresseurs.
- 3 systèmes installés au niveau du stockage de l'héxène et l'isobutane.

IV.1 Introduction

Cette partie résume les étapes de l'étude des risques relatives à l'exploitation du bac de stockage de l'héxène à toit fixe avec écran flottant au niveau du complexe **CP2/K** de Skikda, elle aura pour but :

- D'exposer les dangers que peut présenter le bac tout en décrivant les principaux accidents susceptibles d'arriver, leurs causes (d'origine interne ou externe), leur nature et leurs conséquences ;
- De préciser et justifier les mesures propres à réduire la probabilité et les effets de ces accidents à un niveau jugé acceptable par l'exploitant ;

IV.2 Matériel : bac de l'héxène

IV.2.1 Généralité sur le stockage des hydrocarbures

Le stockage des hydrocarbures est une phase importante et celle qui comporte le plus de risques, car elle consiste à regrouper un grand volume (masse) de produits dangereux dans un seul endroit. Le stockage de produits a pour buts :

- La mise en stock des produits (bruts ou finis) en attendant une demande.
- Permettre la décantation de quelques produits (pour avoir un produit de meilleure qualité).
- En cas de problèmes en aval, on dirige les produits vers le stockage en attendant le rétablissement de la situation.
- Pour compenser les fluctuations d'approvisionnement dues à toutes sortes d'aléas lors de la production.
- Le stockage de fuel destiné à l'alimentation des machines.

Il existe dans l'industrie pétrochimique plusieurs types de stockage, parmi eux :

- Les bacs de stockages.
- Les sphères et les cylindre (cigares).
- Stockage enterré (sous- talus).
- Le stockage souterrain

IV.2.2 Les bacs de stockage

Un bac est un réservoir cylindrique (verticale) destiné au stockage des hydrocarbures liquides, Les bacs de stockage peuvent être classés selon plusieurs paramètres, soit par rapport :

- Pression de stockage.
- Type de construction (type de toit).
- La capacité du bac

IV.2.2.1 Les différents types des bacs :

Les réservoirs de stockage à la pression atmosphérique

- Le toit fixe
- Le toit flottant
- Le réservoir à toit fixe et à écran flottant

Les réservoirs de stockage des gaz liquéfiés

- Stockages souterrains et sous talus sous pression
- Stockages aériens sous pression
- Stockages cryogéniques.

IV.2.2.1.1 Bacs à toits fixes avec écrans flottant

Les réservoirs à toit flottant interne sont des réservoirs à toit fixe, dans lesquels est installé un toit flottant simplifié, également désigné sous l'appellation d'écran flottant. Le toit fixe peut être soit du type supporté, avec des poteaux verticaux à l'intérieur du réservoir, soit du type autoportant sans poteau. Lorsque la structure comporte des poteaux, ils traversent le toit flottant interne par des puits équipés de joints d'étanchéité. Il est recommandé que ces poteaux soient de section tubulaire pour faciliter les déplacements du toit et la réalisation de l'étanchéité

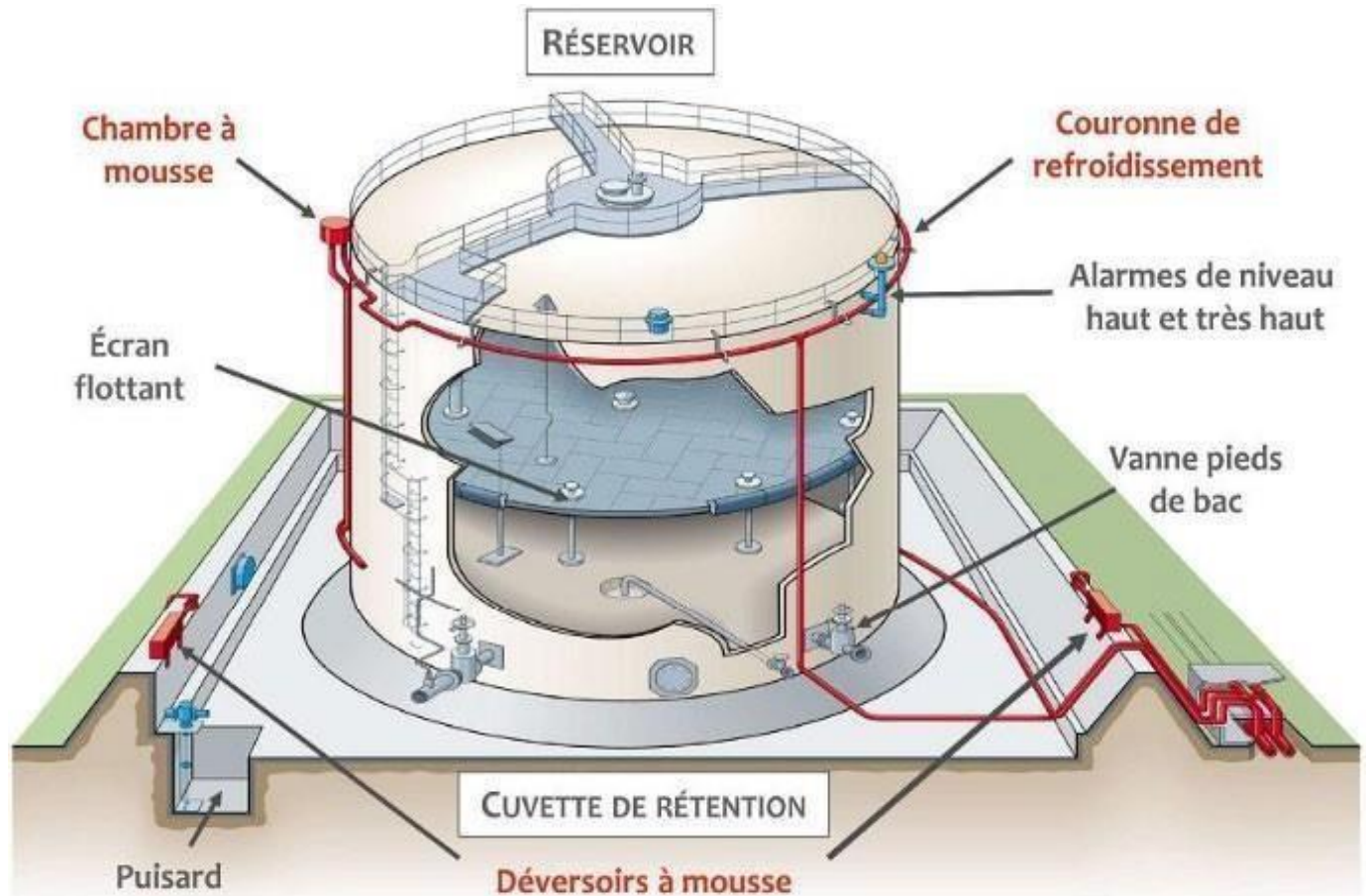


Figure IV.1 : Schéma descriptif d'un Bac à Toit fixe avec écran flottant.

IV.3 Le stockage d'héxène au niveau du complexe CP2K :

IV.3.1 L'héxène :

- L'héxène est un Co-monomère qui est ajouté au réacteur pour produire des copolymères. Les Co-monomères, en petites quantités, altèrent la structure moléculaire du polymère et changent donc les propriétés physiques de ce dernier.
- La densité du produit se contrôle moyennant l'addition d'héxène. Les autres propriétés qui en sont affectées, sont la flexibilité, la cristallisation et la résistance à la rupture.
- L'héxène est aussi utilisé pour diluer le produit utilisé en tant qu'antistatique, dans le pot d'addition d'antistatique 950-151 (PB-B-1013)

IV.3.1.1 Informations sur les propriétés physiques et chimiques essentielles :

➤ Aspect

- Forme..... Liquide
- État physiqueLiquide
- CouleurClair, incolore

➤ Données de sécurité

- Point d'éclair : - 26 °C (-26 °C)
- Méthode Coupelle fermée
- Limite d'explosivité, inférieure 2 %(V)
- Limite d'explosivité, supérieure 7 %(V)
- Propriétés comburantes.....non
- Température d'auto-inflammabilité.....272 °C (272 °C)
- Formule moléculaire C₆ H₁₂
- Poids moléculaire.....84,18 g/mol
- pHNon applicable

IV.3.1.2 Effets Physiologiques

a) Inhalation :

L'inhalation de vapeur d'hexène-1 dans un mélange d'air/héxène, dans des concentrations inférieures à 1.000 ppm en volume, peut produire un léger mal au cœur. Si l'héxène se trouve dans des concentrations supérieures, l'inhalation produit des effets

Anesthésiants intenses. Dans des concentrations supérieures à 1 % en volume, elle peut provoquer des nausées, des vomissements, un manque de coordination mentale, langueur, inconscience, etc.

b) Contact avec la peau

Un contact répété du liquide avec la peau, produit une irritation modérée avec rougeurs et sa déshydratation. Un contact continu pourrait causer d'autres complications dermiques.

c) Contact avec les yeux :

Le contact avec les yeux produit des démangeaisons et une irritation modérée du tissu conjonctif.

d) Ingestion :

L'ingestion accidentelle du liquide peut produire des altérations gastro-intestinales, des vomissements et langueur. Dans le cas où le liquide arriverait au système pulmonaire, il se produit une irritation des poumons provoquant des difficultés respiratoires et une éventuelle asphyxie.

e) Valeur limite, seuil

Aucune valeur limite, seuil, n'a été publiée pour la concentration d'hexène-1 dans l'air. Sur la base d'une similitude avec d'autres hydrocarbures aliphatiques, on propose une valeur limite de 400 ppm en volume pour des milieux dans lesquels, pour des raisons de travail, il faudrait être exposé de l'ordre de huit heures par jour.

f) Précautions

Si le contact avec le liquide est inévitable, porter des gants et des vêtements appropriés en néoprène, afin d'éviter le contact avec la peau. Si la peau entre en contact direct avec le liquide, appliquer une crème de protection

- Pour éviter le contact avec les yeux, porter des lunettes de protection au moment de manipuler le liquide.
- L'hexène-1 doit être utilisé dans un système fermé afin d'éviter les expositions à la vapeur. Les espaces fermés, à moins qu'ils soient pourvus de portes et fenêtres permettant une bonne ventilation naturelle, doivent disposer d'un système mécanique de ventilation.
- En cas de fuite de liquide, réaliser les opérations de nettoyage avec un masque à gaz équipé d'un pot d'absorbant organique. Cependant, le stockage de produit doit être réalisé dans un récipient correctement étiqueté et conçu à cet effet.

IV.3.1.3 Premiers secours

Inhalation : Exposer la personne à l'air frais et administrer de l'oxygène. En cas de défaillance respiratoire, appliquer la respiration artificielle. Demander des soins médicaux rapidement.

Contact avec la peau : Laver avec du savon et de l'eau rapidement. Enlever les vêtements contaminés par le liquide lavé le vêtement avant de le réutiliser.

Contact avec les yeux : Rincer les yeux avec de l'eau fraîche pendant 15 minutes au moins.

Ingestion : Ne pas provoquer des vomissements. Recevoir une attention médicale rapidement.

Dans le cas où il serait conscient, on peut administrer au patient, sous prescription médicale, quelques cuillerées d'huile végétale.

IV.3.2 Le bac de stockage d'héxène

IV.3.2.1 Spécifications du bac

Equipement 950 – 461 Dimension 8*7.6 m

Position verticale Volume 307.5 m³

Densité 10.2L/ min/m²

Débit théorique 1948L / min



Figure IV.2: Le bac de stockage d'héxène au niveau de CP2K.

La sécurité du bac 950-461

- Cuvette de rétention (volume de la cuvette 246 m³ ce qui représente environ 80 % du volume du bac, la hauteur des digues est d'environ 1 m.
- Système déluge à eau
- Détecteur de gaz est placé au pied du bac côté nord

solvant.

Le procédé termine par le système de finition du polymère, extrusion et séchage de celui-ci. Le résultat est un granulé (pellet) d'une certaine taille et d'une qualité apte à une grande variété d'applications

Les charges utilisées comme matières premières principales

- L'éthylène en phase gazeuse, qui est la charge principale venant du CP1K situé à proximité, ou bien l'éthylène importé (Italie, Libye, Espagne, Arabie Saoudite)
- L'isobutane en phase liquide, c'est le milieu réactionnel venant du GL1K située également à proximité
- L'Héxène en phase liquide et Hydrogène en phase gazeuse avec de faibles quantités ;
- Le catalyseur : l'oxyde de chrome (Cr₂O₃) supporte sur silice.

Grades du PEHD produits au niveau de CP2K

Etant donné que le PEHD trouve un bon nombre d'applications, comme la fabrication des pipes, des films plastiques pour différents usages, bouteilles, etc., des grades différents doivent être produits. Ainsi, le complexe CP2K propose toute une gamme de PEHD comportant neuf grades différents. Ces derniers sont caractérisés par leur indice de fluidité et leur densité, qui sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau IV.1: Les différents grades du PEHD produits au niveau de CP2K et ses utilisations

Grade	Indice de fluidité (poudre/granulé)	La densité	L'utilisation
TR 402	0,11-0,19/0,08-0,14	0,9430-0,9460	PIPE : (Tube Eau).
TR 418			Tube Gaz
TR 140	0,33-0,48/0,20-0,36	0,9430-0,9480	FILM : Usage Général toute sacherie
TR 144	0,25-0,38/0,14-0,24	0,9420-0,9470	FILM : Usage Général toute sacherie
5502	0,55-0,70 /0,27-0,43	0,9530-0,9580	Soufflage : des bouteilles de petite et grande taille
6006L	0,80-1,15/0,47-0,73	0,9570 min	Soufflage : des bouteilles de petite et grande taille
6080	7,0-10,0/6,80-9,20	0,9590-0,9650	Injection : Palette, caisse, bidon, bouchon, casier, articles de ménage
6030	2,0-3,80/1,80-3,20	0,9590-0,9650	Injection : Palette, caisse, bidon, bouchon, casier, articles de ménage
6040	3,0-5,80/2,80-5,20	0,9590-0,9650	Injection : Palette, caisse, bidon, bouchon, casier, articles de ménage

Le schéma global du procédé Phillips est donné par la figure IV.4

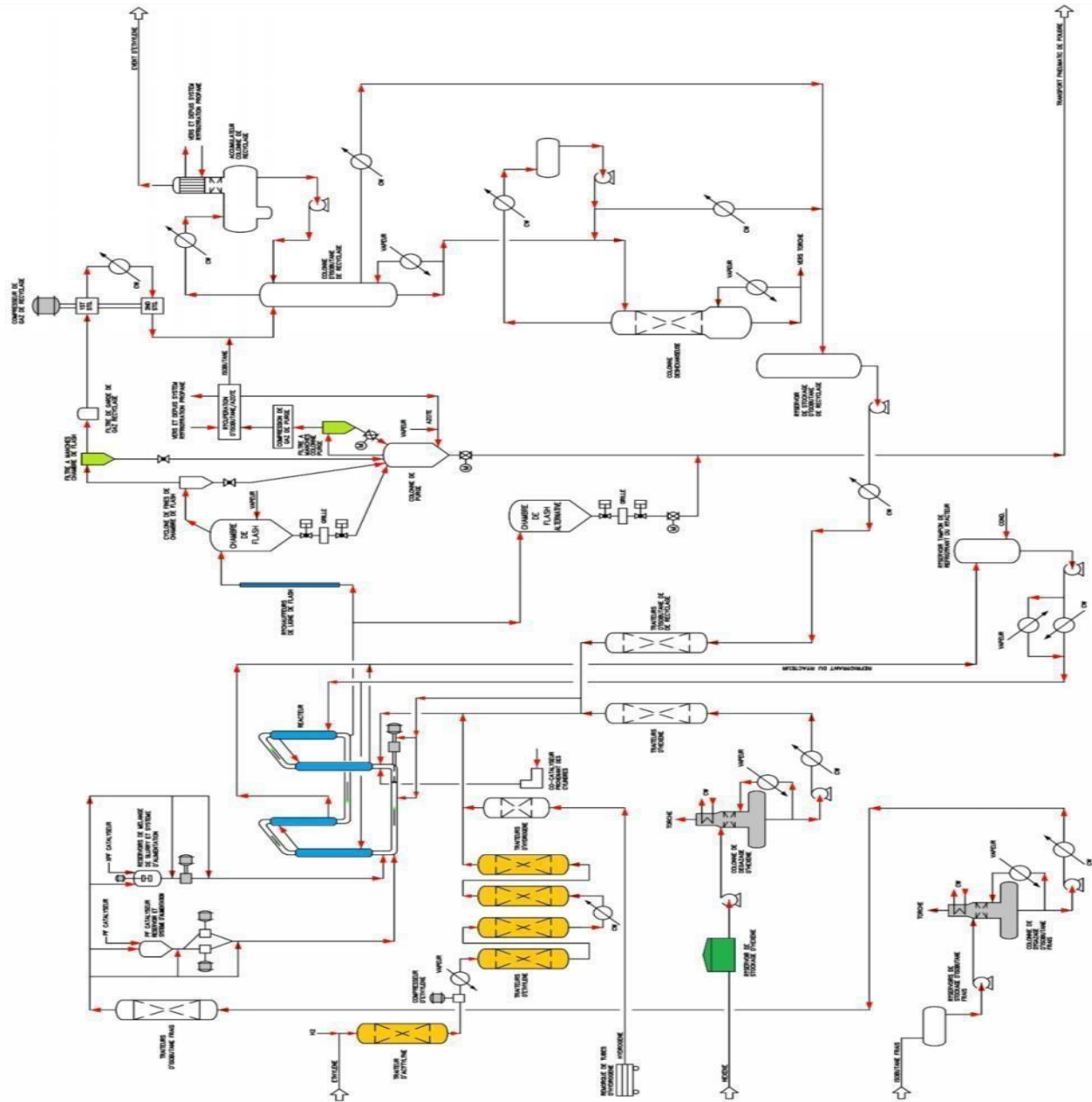


Figure IV.4 : Schéma du procédé de PEHD

IV.4.1.1 Le réacteur

Le réacteur 950-155 est une tuyauterie de diamètre interne de 560 mm en forme de boucle, composé de quatre tronçons verticaux, unis par des tronçons horizontaux. Les Tronçons verticaux disposent de chemises calorifugées pour la réfrigération. Le réacteur, d'une capacité de 78,3 m³ et d'une longueur de 304 m, est construit en acier et au carbone.

Après traitement des matières premières dans les différentes sections précédentes, Elles sont envoyées vers le réacteur pour l'alimenter. L'isobutane de recyclage, l'hydrogène, l'Hexène-1 et l'éthylène arrivent au réacteur par une ligne principale d'alimentation de réacteur. L'Héxène et l'isobutane de recyclage sont mélangés dans un mélangeur statique d'isobutane/Héxène. L'hydrogène se mélange avec l'éthylène et s'additionne au courant d'isobutane de recyclage/Héxène à la sortie du mélangeur. L'alimentation du réacteur par les différents courants est ajustée en fonction de certaines variables.

Le liquide contenu dans le réacteur circule à 8,6 m/s approximativement, au moyen d'une pompe spéciale du réacteur (elle peut entraîner les 3 phases en même temps).

Les conditions opératoires de la réaction de polymérisation : les deux conditions essentielles dans le réacteur sont :

- La température : varie de 93 à 110°C, selon le grade à produire.
- La pression : de 42 à 44 bars.

La réaction de polymérisation est exothermique, à raison de 800 kilocalories par kilogramme de polymère formé. Cette chaleur de réaction s'élimine au moyen du système de refroidissement à l'eau.

Le réacteur dispose de six pattes de décantation, 950-160 A/B/C/D/E/F, de tuyauteries longues de 2210mm et de diamètre extérieur de 27,3 mm, qui partent d'un des tronçons horizontaux du réacteur 950-155. La fonction de la patte de décantation est de concentrer le polymère solide contenu dans le mélange polyéthylène-isobutane par décantation, avant que le produit soit déchargé dans la chambre de flash 950-161.

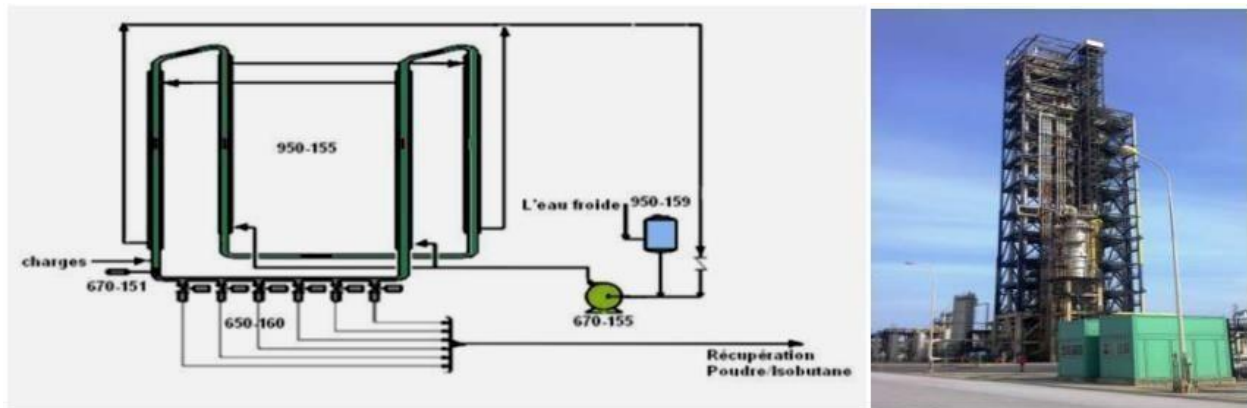


Figure IV.5 : Réacteur

IV.4.1.2 Préparation et traitement des matières premières

- **Ethylène**

L'éthylène est le principal réactif du procédé, il devait être traité pour éliminer certains composés, avant d'être utilisé dans le processus de production.

Les impuretés présentes dans l'éthylène telles que l'acétylène, l'oxygène, le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone et l'eau, sont éliminés par des traiteurs.

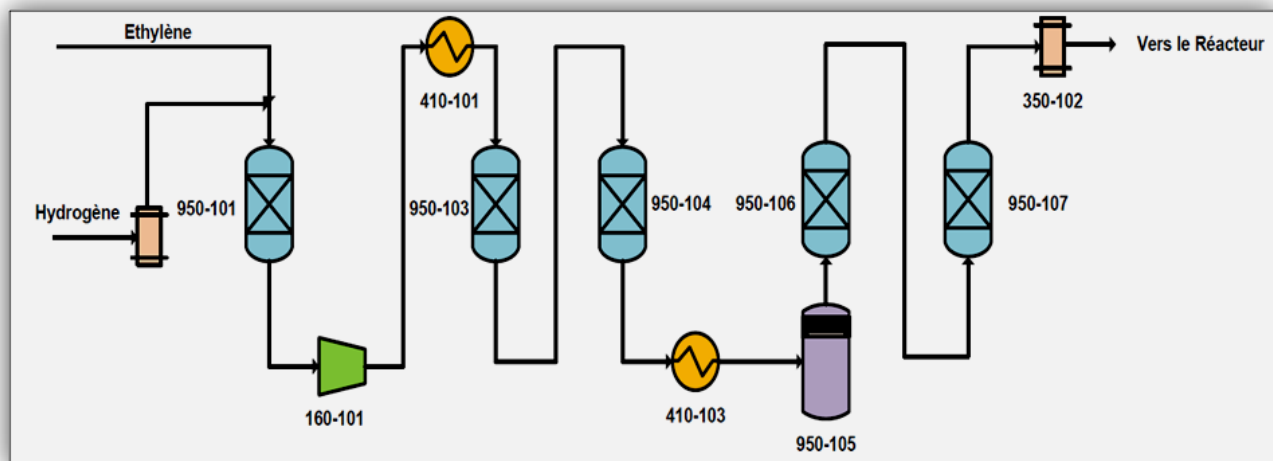


Figure IV.6 : Traitement de l'éthylène

- **Héxène**

L'Héxène est soumis à un processus d'élimination de l'eau et du gaz absorbés dans le courant. Pour cela, il est traité dans une colonne de dégazage puis il est séché dans le traiteur d'élimination de l'eau, qui fonctionne par l'adsorption de celle-ci dans les tamis moléculaires.

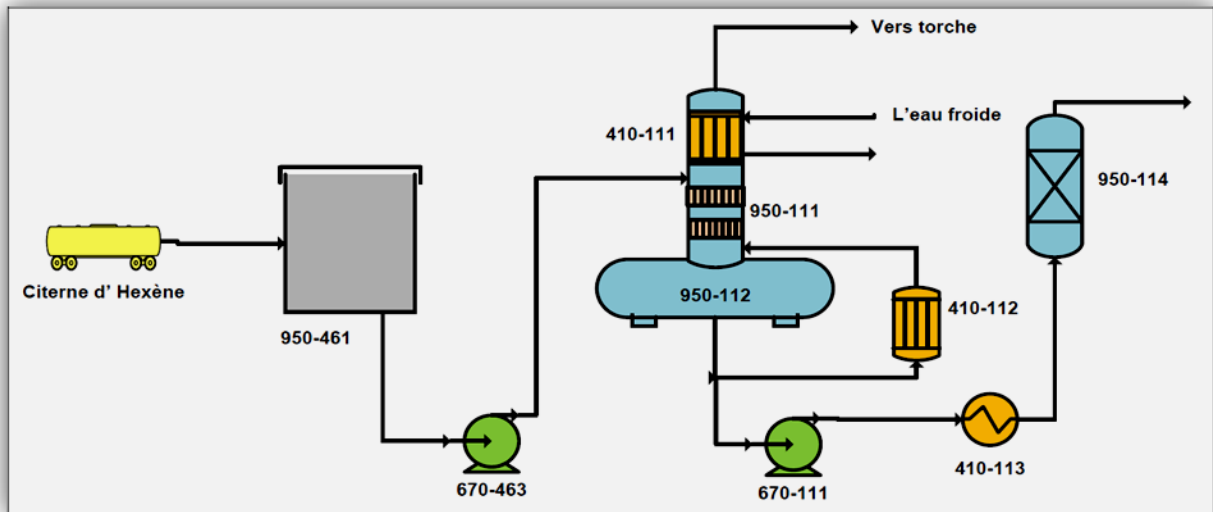


Figure IV.7 : Traitement de l'Héxène

- **L'isobutane**

Il existe deux types d'isobutane : l'isobutane frais et l'isobutane de recyclage

L'isobutane frais

L'isobutane frais est soumis à un processus d'élimination de l'eau et des gaz absorbés dans une colonne de dégazage, puis il est séché dans le traiteur d'élimination de l'eau, qui fonctionne par adsorption à l'aide de tamis moléculaires.

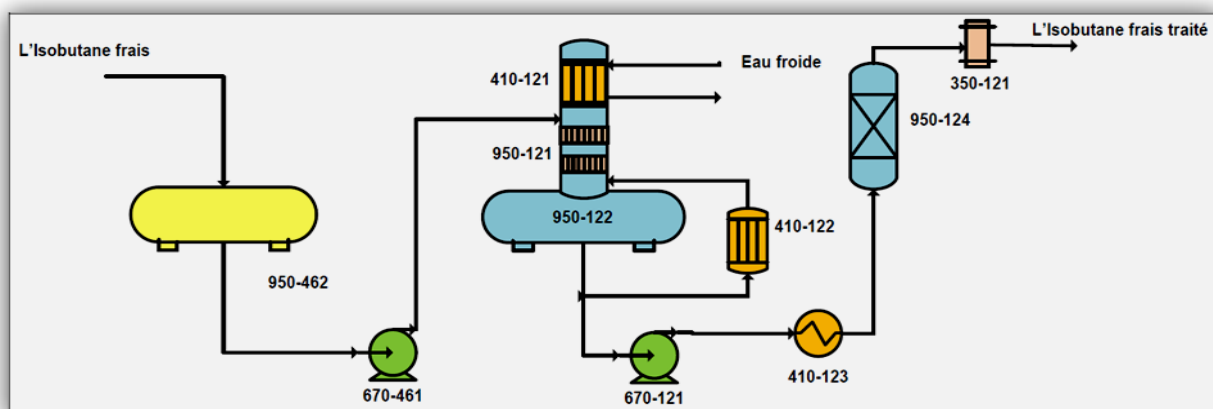


Figure IV.8 : Traitement de l'isobutane frais

L'isobutane de recyclage

Les vapeurs d'hydrocarbures sortent par la tête de la chambre de flash et se dirigent vers le système de purification et de récupération du gaz de recyclage.

Le gaz est envoyé à un système de purification du gaz à travers le compresseur de gaz de recyclage. Après la compression, le courant entre dans la colonne d'isobutane de recyclage pour séparer l'isobutane de composants tels que l'éthylène, l'Héxène, et autres produits lourds qu'il comporte.

L'isobutane de recyclage venant de l'extraction latérale est récupéré et envoyé au réservoir de stockage d'isobutane de recyclage. Le courant de tête contenant l'isobutane riche en éthylène est envoyé à l'accumulateur à travers le condenseur de la colonne de recyclage. Les non condensables sont alimentés à la colonne d'évent d'éthylène pour la séparation de l'isobutane. Le courant du fond est envoyé à la colonne de deshexanisation. On récupère 100% de l'isobutane et 95 % de l'Héxène envoyé. La vapeur de tête de cette colonne est envoyée à l'accumulateur de la deshexaniseuse, à travers le condenseur de la deshexaniseuse. Le liquide du fond, le courant d'Héxène et d'hexane sont envoyés à la torche

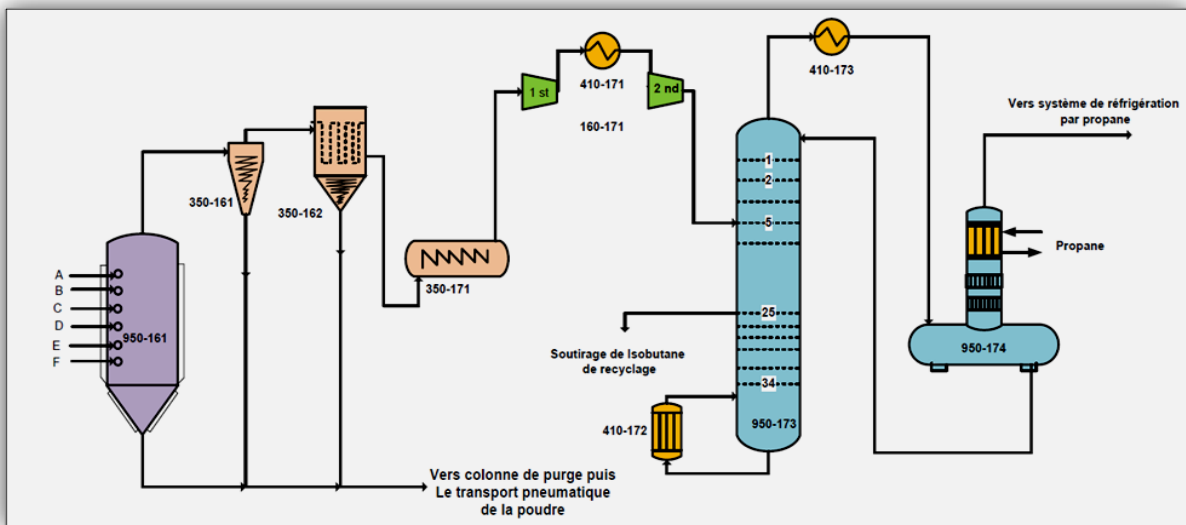


Figure IV.9 : Purification de gaz de recyclage

Il est récupéré dans presque sa totalité. Il est pompé du réservoir de stockage 950-176 vers les sécheurs d'isobutane de recyclage 950-125 moyennant les pompes 670-172 à travers le refroidisseur 410-177 dans lequel est éliminée la chaleur générée lors du pompage. L'isobutane de recyclage, sec et purifié, est alimenté à nouveau le réacteur.

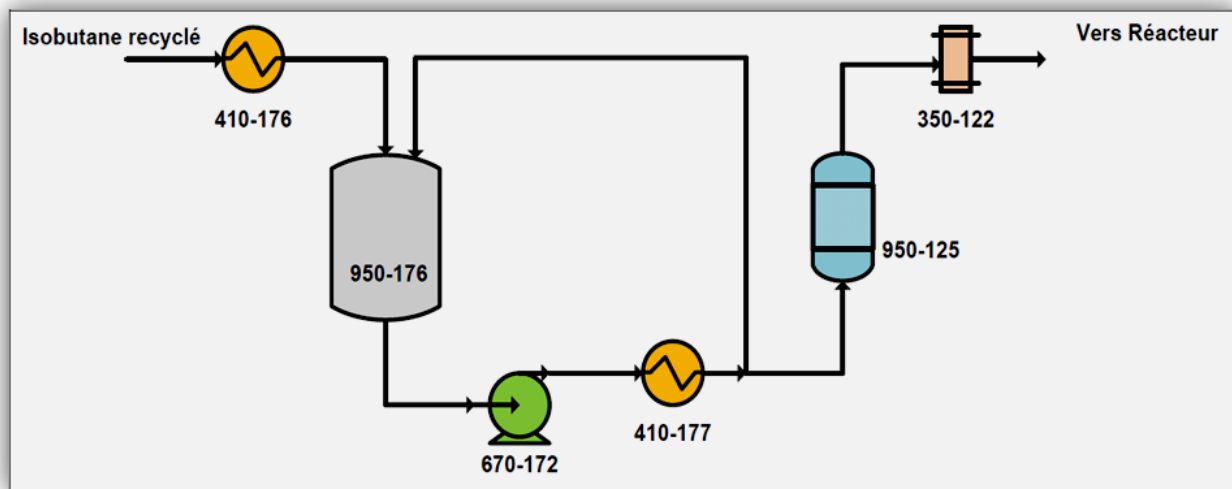


Figure IV.10 : Traitement de l'isobutane recyclé

IV.5 La méthode HAZOP

IV.5.1 Historique HAZOP

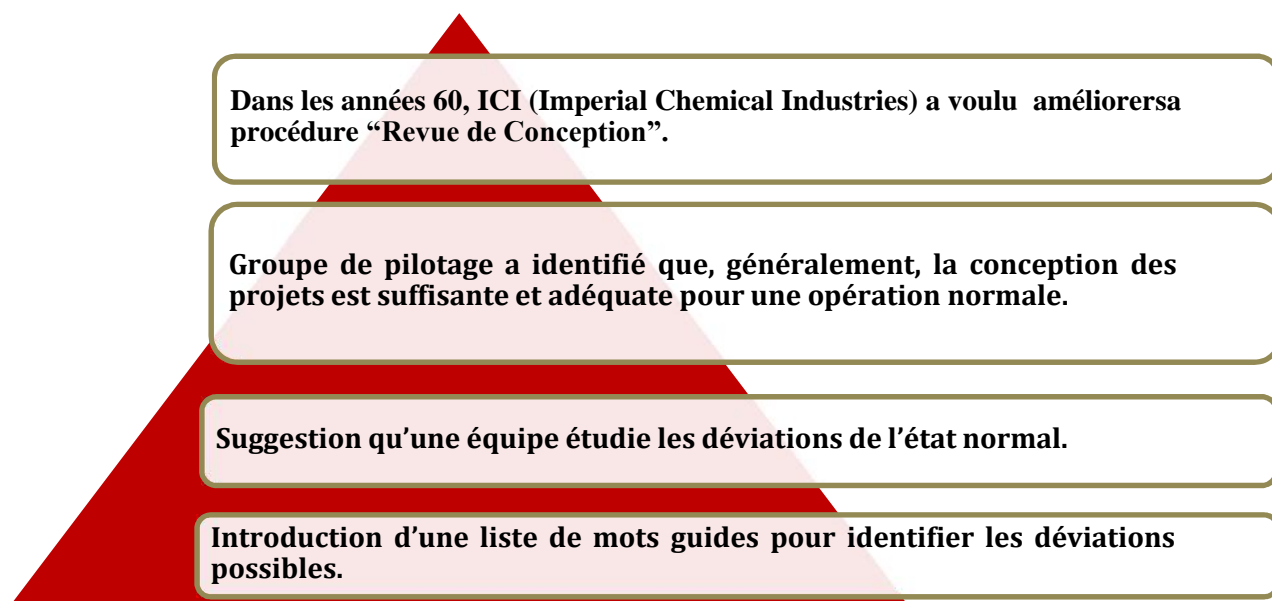


Figure IV.11: historique HAZOP

IV.5.2 Définition et objectifs

IV.5.2.1 Définition

Méthode HAZOP : « ... application d'un examen critique formel et systématique aux du procédé et de l'ingénierie d'une intentions installation neuve ou existante afin d'évaluer le potentiel de danger lié à la mauvaise utilisation, ou au mauvais fonctionnement, d'éléments d'équipement et leurs effets sur l'installation dans son ensemble... ».

IV.5.2.2 Objectifs

L'objectif de la méthode HAZOP est, à l'origine, d'identifier les dysfonctionnements de nature technique et dont l'enchaînement peut conduire à des opératoires 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.

• 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 susceptibles d'entraîner la fabrication de produits non conformes... ».

IV.5.3 Secteurs d'activité

La méthode HAZOP est la méthode la plus répandue dans le monde pour la prévention des pertes. Elle aborde et étudie, aussi bien les risques pour la sécurité et la santé des personnes, que les risques pour l'environnement ou les risques financiers.

Elle s'applique, ou peut s'appliquer, à de nombreux systèmes industriels dits « thermo-hydrauliques » où des produits (liquides, gaz, solides) sont mis en mouvement dans des installations. Ces systèmes sont particulièrement adaptés car leur fonctionnement peut être facilement caractérisé par des grandeurs physiques mesurables (T, P, débit...), ainsi que par des enchaînements d'opérations (automatiques ou manuelles). Les analyses de risques de type HAZOP sont requises par l'Administration lorsque des procédés présentent des risques majeurs.

IV.5.4 Déroulement

La mise en œuvre de l'HAZOP nécessite la constitution d'un groupe de travail rassemblant autour d'un animateur, garant de la méthode, une équipe pluridisciplinaire ayant une connaissance approfondie de l'installation décrite sur des plans détaillés. La méthode consiste à décomposer le système considéré en sous-ensembles, appelés « nœuds », puis à l'aide de mots-clés, ou mots guides, spécifiques à la méthode, faire varier les paramètres du système par rapport à ses points de consignes, appelées « intentions du procédé ».

On obtient ainsi une déviation dont l'équipe examinera les causes possibles et en déduira leurs conséquences potentielles pour l'ensemble du système, d'où l'emploi fréquent d'«analyse des déviations » pour caractériser la méthode HAZOP.

L'équipe se concentre alors sur les déviations conduisant à des risques potentiels pour la sécurité des personnes, des biens et de l'environnement. Elle examine et définit ensuite les actions recommandées pour éliminer, en priorité, la cause et/ou éliminer ou atténuer les conséquences.

L'analyse des déviations fait l'objet d'un enregistrement sous forme de tableaux des déviations, base indispensable pour la mise en place ultérieure des actions recommandées par le groupe de travail.

La méthode HAZOP conventionnelle comporte alors une estimation a priori de la probabilité d'apparition des déviations et de la gravité de leurs conséquences. On obtient une estimation semi-quantitative du risque, se poursuivant par une évaluation permettant de définir l'acceptabilité ou non

du risque. On qualifie alors la méthode HAZOP de « probabiliste » par rapport à l'approche originelle qualifiée de « déterministe » .

IV.5.5 Méthodologie

La méthodologie d'étude qui a été utilisée suit les étapes suivantes :

- Identification des dangers;
- Evaluation des risques par la méthode **HAZOP**, pour identifier les dangers potentiels et évoquer les questions liées à l'opérabilité dans la phase design ou modification.

IV.6 Identification des dangers

La technologie de stockage atmosphérique s'est améliorée par la mise en œuvre des bacs de stockage à toit fixe avec écran flottant minimisant les pertes de produits par évaporation vers l'atmosphère.

Il a été reconnu que les accidents relatifs à leur exploitation étaient relativement faibles par rapport aux autres types de stockage, cependant les conséquences d'un incident lié à ce type de stockage peuvent être des plus catastrophiques.

Concernant le bac de stockage d'héxène du complexe **CP2/K**, le principal danger provient de l'inflammation d'un rejet accidentel du produit, pendant les opérations de transfert ou de stockage statique.

Ces rejets peuvent aller de simples émissions de vapeurs provenant des fuites, jusqu'au rejet majeur du produit provenant de la rupture du bac ou d'un pipe.

L'identification des dangers est élaborée en étudiant les différentes opérations qui sont effectuées sur le bac à toit fixe avec écran flottant à la lumière de l'expérience des agents du complexe **CP2/K**.

Le tableau 3.1 résume les dangers à relever dans les opérations relatives à l'exploitation des bacs toits fixes avec écran flottant.

Tableau IV.2 : Identification des dangers relatifs à l'exploitation d'un bac à toit fixe avec écran flottant

Emplacement/ incident	Initiation possible	Conséquences possibles
Toit de bac		
Déversement sur le toit	<ul style="list-style-type: none"> • • Sur-remplissage • Fissurations dues à la corrosion ou à la fatigue mécanique • Défaillance du système de drainage du toit • Présence de produit sur le toit • Tension de vapeur trop haute 	<ul style="list-style-type: none"> • Feu de nappe (dépendant de la taille de la nappe)
Feu de nappe sur la surface entière du toit	<ul style="list-style-type: none"> • Sur-remplissage • Intensification d'un feu de fuite de joint ou d'un feu sur la surface du toit • Défaillance des béquilles supportées du toit 	<ul style="list-style-type: none"> • • Feu de nappe • Décès et blessures
Explosion à l'intérieur d'un caisson ou tout autre espace confiné	<ul style="list-style-type: none"> • Accumulation et inflammation de vapeurs inflammables 	<ul style="list-style-type: none"> • Feu • Décès et blessures
A l'extérieur du bac		
Déversement à l'extérieur du bac	<ul style="list-style-type: none"> • • Sur-remplissage • Corrosion au pied du bac • Dommages à la purge • Fuite au niveau des pipes au pied du bac (fuite au niveau des brides ou au niveau des vannes) • Fissuration de la robe du bac (dommage mécanique) 	<ul style="list-style-type: none"> • Feu • Décès et blessures
Fuite/feu	<ul style="list-style-type: none"> • • Défaillance au niveau de la garniture mécanique d'une pompe • Défaillance au niveau d'une bride • Corrosion 	<ul style="list-style-type: none"> • Feu • Décès et blessures

➤ **Identification des sources d'inflammation :**

Les sources d'inflammation sont les moyens par lesquels l'énergie nécessaire à l'inflammation d'un mélange combustible est dégagée. Au début des années 1960, l'analyse des incidents entraînant des feux et des explosions a montré qu'il existait treize (13) différentes sources d'inflammations possibles.

Tableau IV.3 : Les différents types de sources d'inflammation

N°	Source d'inflammation	Exemple
01	Les surfaces chaudes	Le corps (casing) d'un appareil électrique
02	Flammes et gaz chauds	Soudage à l'arc, gaz d'échappement
03	Les étincelles mécaniques	Découpage, meulage
04	Les équipements électriques	Étincelles électriques dans les interrupteurs
05	La protection cathodique	Courants fugitifs, court-circuit à la terre
06	L'électricité statique	Décharge d'une brosse, décharge d'un morceau métallique
07	La foudre	
08	Les ondes électromagnétiques (haute fréquence; de 10^4 à 3.10^{12} Hz)	Téléphone portable
09	Les ondes électromagnétiques (optique; de 3.10^{11} à 3.10^{15} Hz)	Laser
10	Les radiations ionisantes	Rayons X, Rayons UV
11	Les ultrasons	Les tests ultrason
12	Compression adiabatique	Chaleur de compression
13	Réactions chimiques	Réaction exothermique

En se basant sur ces treize types de sources d'inflammation, nous avons identifié l'origine des sources d'inflammation présentes en batterie limite du bac et leurs probabilités d'occurrence respective.

Tableau IV.4 : Les principales sources d'inflammation présentes au voisinage du bac de stockage d'héxène

Type	Origine	Cause	Probabilité
Surfaces chaudes	<ul style="list-style-type: none"> • Tuyauterie de vapeur • pompes/moteurs de transfert de l'héxène 	<ul style="list-style-type: none"> • Les parties non calorifugées. • Dur mécanique entraînant le réchauffement du casing 	<ul style="list-style-type: none"> • Basse • Basse
Flammes et gaz chauds	<ul style="list-style-type: none"> • Cigarettes ou allumettes • Gaz d'échappement des véhicules • Feu dans les herbes • Soudage 	<ul style="list-style-type: none"> • Personnel des sous-traitants par inattention 	<ul style="list-style-type: none"> • Basse
Les étincelles mécaniques	<ul style="list-style-type: none"> • Soudage, découpage et meulage • Etincelles dues aux impacts 	<ul style="list-style-type: none"> • Outillage métallique 	<ul style="list-style-type: none"> • Basse
Les équipements électriques	<ul style="list-style-type: none"> • Eclairage • Court-circuit • Moteurs entraînant les pompes de transfert de l'héxène 	<ul style="list-style-type: none"> • Défaut électrique • Durant les activités de maintenance • Défaut électrique • Défaut électrique, lors de l'embranchement ou du débranchement 	<ul style="list-style-type: none"> • Basse • Basse • Basse • Basse
L'électricité statique	<ul style="list-style-type: none"> • Défaut de terre • Décharge d'un outil métallique 	<ul style="list-style-type: none"> • Durant les opérations de maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> • Improbable • Basse
La foudre	Pendant les orages		Basse
Les ondes électromagnétiques	<ul style="list-style-type: none"> • Téléphone portable 	<ul style="list-style-type: none"> • Personnel par inattention 	<ul style="list-style-type: none"> • Basse
Inconnu	Inflammation spontanée	Inconnu	<ul style="list-style-type: none"> • Basse

IV.7 Conclusion :

Nous avons vu dans ce chapitre la description et le fonctionnement du bac de stockage de l'héxène ce que nous a donnée une vision claire sur ce dernier. Pour une meilleure étude de notre système et facilite l'application des méthodes d'analyse des risques.

V.1 Introduction :

Le présent chapitre sera consacré à l'application de l'approche HAZOP afin d'identifier et d'évaluer de la manière la plus exhaustive possible les risques liés à l'exploitation du bac de stockage de l'héxène et par conséquent pouvoir établir les mesures de sécurité adéquates.

V.2 Application de la méthode HAZOP

a. Méthodologie de l'analyse de risque

L'analyse des risques sera élaborée à travers la méthode **HAZOP**, ce qui nous permettra :

- D'identifier les événements redoutés, leurs causes (événements initiateurs) et leurs conséquences (phénomènes dangereux et effets engendrés).
- De lister les mesures de prévention, et de protection ou limitation prises ou envisagées.
- De sélectionner le phénomène dangereux majeur, c'est-à-dire susceptibles de conduire à des effets à l'intérieur ou en dehors du site, ce qui nécessite une analyse détaillée des risques.
- De déterminer les EIPS.

b. Critère de risque (Matrice d'approbation) :

Le critère de risque retenu est celui utilisé dans l'étude de dangers du complexe **CP2/K** et qui a été approuvé par l'ARH. [9]

Il se présente sous forme de matrice (5x5).

Tableau V.1: Matrice d'approbation

Gravité	Probabilité				
	1 (E)	2 (D)	3 (C)	4 (B)	5 (A)
5. Désastreuse					
4. Catastrophique					
3. Importante					
2. Sérieuse					
1. Modérée					

En rouge : Risque non acceptable.

En vert : Risque acceptable

En jaune : L'exploitant décide au cas par cas, selon le niveau de risque, de mettre en place des mesures de maîtrise des risques (MMR).

V.3 Evaluation des risques par la méthode HAZOP

L'application de la méthode **HAZOP** sur le bac de stockage (hétéène) est réalisée en considérant les paramètres d'exploitation suivants :

V.1.1 Température

V.2.1 Pression

V.3.1 Niveau

Les résultats de l'analyse HAZOP sont présentés sous forme des tableaux relatifs à chaque paramètre.

Le tableau de l'HAZOP présente comme suite :

Tableau V.2: Présentation de l'HAZOP

Paramètre	Mot-clé	N°	Cause	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Cotation			Proposition
							P	G	R	

Paramètre	Mot-clé	N°	Cause	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Cotation			Recommandation
							P	G	R	
Température	Plus de	1.1	<ul style="list-style-type: none"> - Feu à l'extérieur de bac - Condition météorologique 	<ul style="list-style-type: none"> - Evaporation de produit (TVR) - Incendie au niveau des événements - Boule de feu - Explosion 	<ul style="list-style-type: none"> - Thermomètre local au niveau de bac TI [49001] - Détecteur de gaz - Détecteur de flamme 	<ul style="list-style-type: none"> - Système de refroidissement - Système déluge à eau - Extinction fixe hydro moniteur 	1	2		<ul style="list-style-type: none"> - Équiper la cuvette et le bac par un système d'extinction à mousse - Installer un autre détecteur de flamme - Nettoyage périodique (l'entourage de bac) - Changement de système déluge a eau par système déluge a mouse - Réparation de la boucle de sécurité de système déluge

Paramètre	Mot-clé	N°	Cause	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Cotation			Recommandation
							P	G	R	
Température	Moins de	1.2	- Condition climatique hiver	- Stabilisation de l'héxène	- Thermomètre local au niveaux de bac TI [49001]	/	1	1		/

Paramètre	Mot-clé	N°	Cause	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Cotation			Recommandation
							P	G	R	
Pression	Plus de	2.1	<ul style="list-style-type: none"> - Le débit de remplissage et très élevé -La vanne d'alimentation bloqué ouvert - Augmentation de température - Bouchage de soupape de sécurité - Défaillance de système d'injection d'azote 	<ul style="list-style-type: none"> - Endommagement de joint de bac - Eclatement de toit fixe de bac - Perte d'étanchéité de bac - Éclatement de bac - Incendie au niveaux des événements - Feu de nappe - Explosion 	<ul style="list-style-type: none"> - Détection manomètre local ou niveau de bac - Détecteur de gaz au niveaux de couvet - Détecteur de flamme 	<ul style="list-style-type: none"> - Les événements - Soupape de sécurité 46002 - Contrôle visuelle par l'opérateur -Contrôle avec DCS 	4	3		<ul style="list-style-type: none"> - Mise en place d'un Alarme PAHH -Remplacer la vanne manuelle de remplissage par une vanne de régulation

Paramètre	Mot-clé	N°	Cause	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Cotation			Recommandation
							P	G	R	
Pression	Moins de	2.2	<ul style="list-style-type: none"> - Déchargement de bac avec débit très élevé - Fuite sur les canalisations de remplissage 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de pression en sortie - Feu de nappe 	<ul style="list-style-type: none"> - Manomètre local au niveaux de bac PI [49001] - Indication sur le DCS - Détecteur de flamme - Détecteur de gaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Système d'injection d'azote - Les rondes (opérateurs) 	2	1		<ul style="list-style-type: none"> -Respecter les procédure d'exploitation -Installer un autre détecteur de flamme

Paramètre	Mot-clé	N°	Cause	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Cotation			Recommandation
							P	G	R	
Niveau	Plus de	3.1	<ul style="list-style-type: none"> - Débit très élevé - La vanne de remplissage bloqué ouvert - Fausse indication par le détecteur de niveau 	<ul style="list-style-type: none"> - Endommagement de l'écran de bac - Déversement de produit - Feu de nappe 	<ul style="list-style-type: none"> - Indicateur de niveau local - Alarme à haut niveau de liquide sur DCS LAH45054 - Détecteur de flamme - Détecteur de gaz 	<ul style="list-style-type: none"> - Drainage manuel - Cuvette de rétention de bac - Système déluge 	1	3		<ul style="list-style-type: none"> - LSHH - Prévoir une canalisation installée au niveau haut pour récupérer le produit vers autre citerne - Fermeture de la vanne de remplissage depuis la salle de contrôle (automatiser les vannes) - Formation et sensibilisation de personnel

Paramètre	Mot-clé	N°	Cause	Conséquence	Détection	Sécurité existante	Cotation			Recommandation
							P	G	R	
Niveau	Moins de	3.2	<ul style="list-style-type: none"> - Défaillance de circuit de remplissage - Défaillance de détecteur de niveau - Chaut de pression 	<ul style="list-style-type: none"> - Coincement de l'écran flottant de bac - Risque de cavitation de la pompe d'alimentation de dégazage 640-463 	<ul style="list-style-type: none"> - Indicateur de niveau local - Alarme de base niveau et très bas niveau 	<ul style="list-style-type: none"> - Programme de maintenance et d'inspection - Les ronds de vérification 	1	1	1	<ul style="list-style-type: none"> -LSLL - Ouverture de la vanne de remplissage depuis la salle de contrôle (automatiser les vannes) -La maintenance préventive

Conclusion relative à l'analyse HAZOP

La méthode HAZOP, nous a permis un d'avoir un éclaircissement sur les conséquences des risques liés à la déviation des paramètres d'exploitation telle que la pression, la température et le niveau.

Pour chaque déviation du paramètre, on a identifié les causes possibles, évalué les conséquences résultantes immédiates ou retardées et identifié la sécurité existante (Barrières) assurant la protection de notre équipement.

Les dérives des paramètres retenus ont pour causes possibles des défaillances matérielles, des erreurs opératoires, des agressions externes, ou encore des changements des conditions atmosphériques.

Les conséquences résultantes peuvent influencer le bon fonctionnement de notre équipement, et peuvent également conduire à un phénomène dangereux tel que le, **FEU DE NAPPE** et **L'EXPLOSION** dû au sur-remplissage et surpression par une déviation des paramètres de fonctionnement

V.4 Critères de choix des EIPS

a. Définition

Une définition des Eléments Importants Pour la Sécurité (EIPS) émanant du glossaire du

Ministère de l'Environnement et du Développement Durable Français peut être donnée.

La définition commence par expliciter les différentes catégories d'EIPS : "Ces éléments peuvent être des équipements (vannes, lignes de mesures...), dispositifs de sécurité ou groupe de dispositifs de sécurité, des tâches, des opérations réalisées par un individu, des procédures (formation, habilitation, fabrication, intervention...), ou des paramètres."

S'en suit la présentation de leur choix : "La sélection de ces éléments est faite par l'exploitant selon une méthodologie qu'il explicite, en lien avec l'analyse de risques, dans un objectif de maîtrise des risques majeurs dans toutes les phases d'exploitation des installations, y compris en situation dégradée. Ces éléments doivent être testables et une traçabilité doit être assurée, ainsi que l'interface avec le SGS. Pour être qualifiés d'IPS, un élément doit être choisi parmi les

barrières destinées à prévenir l'occurrence ou à limiter les effets d'un événement redouté central susceptible de conduire à un accident majeur. Ils doivent être disponibles et fiables, caractéristiques qui peuvent être appréciées à travers les principes suivants : principes de concept éprouvé, de sécurité positive, de tolérance à la première défaillance, de résistance aux contraintes spécifiques, de testabilité et d'inspection -maintenance spécifique.

b. Méthode d'identification

La méthode d'identification des éléments importants pour la sécurité se base sur les nœuds papillons. Les EIPS ont été choisis comme barrières ultimes et généralement en prévention des événements redoutés centraux, et en prévention des phénomènes dangereux. En résumé le logigramme suivant illustre la méthode de choix mise en œuvre pour la présente étude.

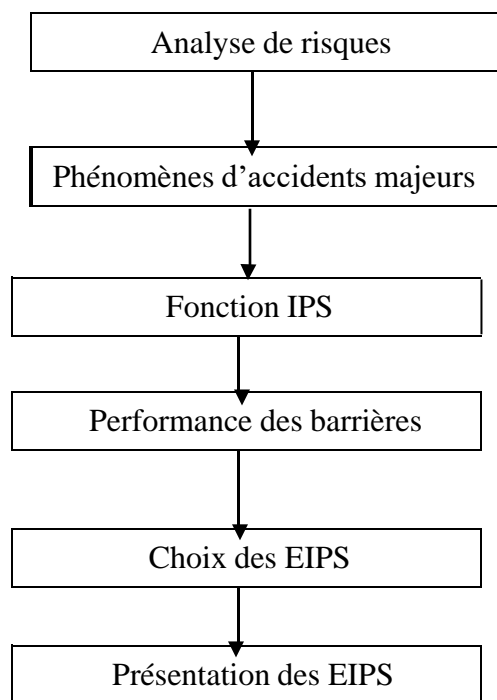


Figure V.1 : méthode d'identification des EIPS dans les études de danger.

- D'après la méthode d'analyse des risques (**HAZOP**) nous avons constaté que les phénomènes dangereux les plus redoutés c'est le **feu de nappe** et l'**explosion**

Tableau V.3 : Liste des EIPS

ERC	Equipment	Fonction de sécurité	EIPS
Perte de confinement	Bac de stockage de l'héxène	Protéger des flux thermiques	Rondes opérateur + mise en œuvre des moyens d'intervention
		Prévenir une fuite suite à un impact durant des travaux	Procédure liées aux travaux+ Procédure pour la conduite de véhicule à l'extérieur et à l'intérieur (chariot élévateur) de l'unité Permis de travail
		Limiter l'étendue d'un épandage	Cuvette de rétention, moyens d'intervention, rondes opérateur.
		Isoler /Empêcher la fuite	Ronde opérateur, procédure de maintenance préventive, procédure de et du maintien du potentiel du réservoir assurant une protection cathodique adéquate.
		Inspection et maintenance	Planning d'inspection et programme de maintenance
		Surveillance et contrôle	Ronde opérateur –Surveillance salle de contrôle
		Assurer la disponibilité des moyens de lutte contre l'incendie	Vérification et disponibilité des moyens d'intervention fixes et mobiles.
		Prévenir l'excès de pression.	Soupapes de sécurité
		Prévenir le sur remplissage	Procédures d'exploitation ,vérification régulière des conditions opératoires.
		Prévenir les fuites lors des opérations de purge sur le stockage	Procédures de purges +conception des installations.
		Prévenir les sources d'ignition	Procédure de vérification périodique de mise à la terre

V.5 Liste des EIPS retenus

- ✓ Respect de procédure d'exploitation.
- ✓ Planning d'inspection et programme de maintenance préventive.
- ✓ Procédures de purges + conception des installations.
- ✓ Soupapes de sécurité.
- ✓ Couronnes d'arrosage.
- ✓ Cuvette de rétention.
- ✓ Vérification régulière et entretien des équipements installés en zone ATEX.
- ✓ Procédure de vérification périodique
- ✓ Mise à la terre.
- ✓ Permis de travail et procédure liées aux différents travaux et circulation d'engins
- ✓ Moyens de lutte contre l'incendie (vérification et disponibilité).
- ✓ Ronde opérateur et surveillance des conditions opératoires

V.6 Conclusion

Il ressort de notre étude que les scénarios identifier comme la perte de confinement au niveau du bac, peuvent générer un accident majeur, d'où la nécessité de mettre en place des mesures de sécurité complémentaire (barrières : techniques, organisationnels, et humaines) pour une meilleure maîtrise du risque.

Pour cela, on doit s'assurer de la performance et de l'efficacité des barries existantes, pour remplir au mieux leurs fonctions, dans leurs contexte d'utilisation.

Conclusion générale

L'identification des dangers, l'estimation et la maîtrise des risques sont aussi au cœur de la réussite d'un système de management de la santé et de la sécurité au travail et doivent apparaître dans la politique de santé et sécurité au travail de l'organisme

De ce fait, le concept "Analyse des risques" est au cœur du processus de gestion des risques, dont la finalité est réduire les risques à un niveau acceptable

Cette étude nous a permis d'en savoir plus sur les risques liés à l'exploitation du bac d'héxène suivi d'une analyse des conséquences en exploitant la méthode la plus importante d'analyse des risques.

Dans le quatrième chapitre, nous avons appliqué la méthode d'analyse des risques **P'HAZOP**. Il s'agit en premier lieu d'identifier les dangers et les accidents les plus potentiels qui peuvent survenir lors l'exploitation de bac. Une analyse qualitative des risques a permis ensuite d'identifier les éléments important pour la sécurité (**EIPS**) au niveau du bac d'héxène.

Il ressort de notre étude que les scénarios choisis de type perte de confinement au niveau de bac de stockage (héxène), peuvent générer un accident majeur, d'où la nécessité de mettre en place des mesures de sécurité supplémentaires (barrières : techniques, organisationnels, et humaines) pour une meilleure maitrise des risques.

Pour cela :

- On doit s'assurer de la performance et de l'efficacité des barrières existantes, pour remplir au mieux leurs fonctions, dans leur contexte d'utilisation.
- Parmi ces barrières, on a sélectionné ceux qui peuvent être représentés comme éléments importants pour la sécurité (EIPS), par l'utilisation des différentes méthodes d'analyses des risques citées dans notre étude

Recommandations

Pour les barrières existantes :

S'assurer de la performance des barrières par :

- ✓ La veille sur le respect et l'application des procédures.
- ✓ Le contrôle et la vérification régulière des équipements.
- ✓ La formation du personnel.

Barrières proposées :

- ✓ Mur coupe-feu à côté des cigares d'isobutane
- ✓ Suivre régulièrement l'inspection de tous les équipements du bac de stockage
- ✓ Installer d'autres détecteurs de flamme selon une étude de dispersion au préalable
- ✓ Mettre en place un système de vidéosurveillance
- ✓ Etablir des consignes de sécurité et affichage sur les lieux
- ✓ Respecter les procédures, instructions opératoires (procédures et suivi remplissage, expédition, purge des bacs, nettoyage...),
- ✓ Assurer la formation et l'information des opérateurs pour connaître et maîtriser toutes les déviations qui peuvent survenir.
- ✓ Vérifier l'étanchéité et l'état de la cuvette de rétention.
- ✓ Assurer et renforcer les exercices de simulation concernant le feu des Bacs, des cuvettes et feu de nappe
- ✓ Installer des déversoirs à mousse au niveau de la cuvette de rétention
- ✓ Assurer la disponibilité des moyens d'intervention adéquate au niveau du bac

Références Bibliographiques

- SURETE DE FONCTIONNEMENT DES SYSTEMES INDUSTRIELS VILLEMEUR, Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, n°67
- La norme CEI : 61882
- INERIS, Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle. Mai 2003.
- Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (Ω -7), Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle. Mai 2003, INERIS.
- INERIS - DRA - 2006-P46055-CL47569 : Ω 7 : Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle.
- ISO, Management du risque : Vocabulaire, Principes directeurs pour l'utilisation dans les normes. Organisation Internationale de normalisation, 2002.
- Mise en œuvre des turbines à gaz dans l'industrie Par Yves LORANCHET Officier Mécanicien de 1^{er} classe de la Marine Marchande Directeur de la Société Tuma Systems.
- VILLEMEUR, 1988 SURETE DE FONCTIONNEMENT DE SSYSTEMES INDUSTRIELS A.VILLEMEUR, Collection de la Direction des Etudes et Recherches d'Electricité de France, n°67.
- Liang. G-S and Wang M-J. J, Fuzzy fault-tree analysis using failure possibility. Micro-electronics and Reliability, 33 :583–597, 1993.
- La norme CEI:61882. [5]Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs (Ω -7), Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle. Mai2003, INERIS.
- «An Ontological Approach to Represent HAZOP Information». Kiyoshi Kuraoka et Rafael Batres. Edition To kyo Institute of Technology, April 2003.
- Présentation de champs RH, Fichier Power Pointe au niveau du complexe GL1K.

Références Bibliographiques

- Manuel Opérateur CP2K
- Planning for Emergencies Involving Dangerous substances for Romania - Regional Environment Accession Project, Report Part A 11 February 2002.
- Ms Ameziane Said - Notes du Cours risques incendies explosions, Groupe HSE aval 2007.
- Henry Persson, Anders Lönnermark, Tank Fires Review of fire incidents 1951–2003 -
- BRANDFORSK Project 513-021-SP Swedish National Testing and Research Institut
- LEGROS.D, 2009, « Maitrise des risques », Ecole nationale supérieure des mines paris
- IEC 61882, étude de danger et d'exploitabilité (Etude HAZOP), 2001.
- Dr.CHERFAOUI.A & Dr.TOUAIBIA.D.2003, cours de Vulgarisation sur HSE
».Séminaire SONATRACH/DP-HASSI R'ME.LEcole d'ingénieurs de Boumerdés.
- Cours de l'atmosphère explosive ATEX Mme : Benzai IAP Boumerdés 2020
- Etude de dangers CP2K
- Ouvrage cours de stockage SH / IAP SKI-formation industrie.
- Décision 055/RPC Référence PEC A-026 fait 11 mai 2020

Annexe A : FDS de l'héxène



FICHES DE DONNEES DE SECURITE

Date de préparation 03-mai-2010

Date de révision 12-mars-2019

Numéro de révision 6

SECTION 1: IDENTIFICATION DE LA SUBSTANCE/DU MÉLANGE ET DE LA SOCIÉTÉ/L'ENTREPRISE

1.1 Identificateur de produit

Nom du produit	1-Hexene
Cat No. :	213210000; 213210010; 213210025; 213210250; 213211000
Synonymes	Butyl ethylene
No.-CAS	592-41-6
No.-CE.	209-753-1
Formule moléculaire	C6 H12
Numéro d'Enregistrement REACH	01-2119475505-34

1.2. Utilisations identifiées pertinentes de la substance ou du mélange et utilisations déconseillées

Utilisation recommandée	Substances chimiques de laboratoire.
Secteur d'utilisation	SU3 - Utilisations industrielles : Utilisations de substances en tant que telles ou en préparations sur sites industriels
Catégorie de produit	PC21 - Substances chimiques de laboratoire
Catégories de processus	PROC15 - Utilisation en tant que réactif de laboratoire
Catégorie de rejet dans l'environnement	ERC6a - Utilisation industrielle ayant pour résultat la fabrication d'une autre substance (utilisation d'intermédiaires)
Utilisations déconseillées	Pas d'information disponible

1.3. Renseignements concernant le fournisseur de la fiche de données de sécurité

Société	Entité de l'UE / nom commercial Acros Organics BVBA Janssen Pharmaceuticalaan 3a 2440 Geel, Belgium
	Entité britannique / nom commercial Fisher Scientific UK Bishop Meadow Road, Loughborough, Leicestershire LE11 5RG, United Kingdom
Adresse e-mail	begel.sdsdesk@thermofisher.com

1.4. Numéro d'appel d'urgence

Pour obtenir des informations aux États-Unis, appelez le : 800-ACROS-01
Pour obtenir des informations en Europe, appelez le : +32 14 57 52 11

Numéro d'appel d'urgence en Europe : +32 14 57 52 99
Numéro d'appel d'urgence aux États-Unis : 201-796-7100

Numéro d'appel CHEMTREC aux États-Unis: 800-424-9300
Numéro d'appel CHEMTREC en Europe : 703-527-3887

SECTION 2: IDENTIFICATION DES DANGERS

2.1. Classification de la substance ou du mélange

FICHES DE DONNEES DE SECURITE

1-Hexene

Date de révision 12-mars-2019

CLP classification - Règlement (CE) n ° 1272/2008	
Dangers physiques	
Liquides inflammables	Catégorie 2 (H225)
Dangers pour la santé	
Toxicité par aspiration	Catégorie 1 (H304)
Dangers pour l'environnement	
D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis	

2.2. Éléments d'étiquetage

Mention d'avertissement

Danger

Mentions de danger

H225 - Liquide et vapeurs très inflammables

H304 - Peut être mortel en cas d'ingestion et de pénétration dans les voies respiratoires

EUH066 - L'exposition répétée peut provoquer dessèchement ou gerçures de la peau

Conseils de prudence

P210 - Tenir à l'écart de la chaleur/des étincelles/des flammes nues/des surfaces chaudes. - Ne pas fumer

P243 - Prendre des mesures de précaution contre les décharges électrostatiques

P280 - Porter des gants de protection/ des vêtements de protection/ un équipement de protection des yeux/ du visage

P301 + P310 - EN CAS D'INGESTION: appeler immédiatement un CENTRE ANTIPOISON ou un médecin

P331 - NE PAS faire vomir

P403 + P233 - Stocker dans un endroit bien ventilé. Maintenir le récipient fermé de manière étanche

2.3. Autres dangers

De substance ne pas considérée comme persistante, ni bioaccumulable ni toxique (PBT) / très persistante ni très bioaccumulable (vPvB)

SECTION 3: COMPOSITION/INFORMATIONS SUR LES COMPOSANTS3.1. Substances

Composant	No.-CAS	No.-CE.	Pour cent en poids	CLP classification - Règlement (CE) n ° 1272/2008
1-Hexène	592-41-6	EEC No. 209-753-1	>95	Flam. Liq. 2 (H225)

ACR21321

Page 2 / 12

FICHES DE DONNEES DE SECURITE

1-Hexene

Date de révision 12-mars-2019

				Asp. Tox. 1 (H304) (EUH066)
--	--	--	--	--------------------------------

Numéro d'Enregistrement REACH	01-2119475505-34
-------------------------------	------------------

Texte intégral des Mentions de danger; voir la section 16

SECTION 4: PREMIERS SECOURS

4.1. Description des premiers secours

Contact oculaire	Rincer immédiatement et abondamment à l'eau, y compris sous les paupières, pendant au moins 15 minutes. Consulter un médecin.
Contact cutané	Rincer immédiatement et abondamment à l'eau pendant au moins 15 minutes. Consulter un médecin en cas de symptômes.
Ingestion	Danger par aspiration. Ne PAS faire vomir. Appeler immédiatement un médecin ou un centre AntiPoison. Si des vomissements surviennent naturellement, faire pencher la victime.
Inhalation	Amener la victime à l'air libre. Ne pas pratiquer le bouche-à-bouche si la victime a ingéré ou inhalé la substance ; pratiquer la respiration artificielle à l'aide d'un masque raccordé à un insufflateur manuel muni d'une valve anti-retour, ou autre dispositif médical respiratoire approprié. Appeler un médecin. En l'absence de respiration, pratiquer la respiration artificielle. Risque de lésions graves des poumons.
Protection individuelle du personnel de premiers secours	Vérifier que le personnel médical est conscient des matières impliquées, prend les mesures de protection individuelles appropriées et évite de répandre la contamination.

4.2. Principaux symptômes et effets, aigus et différés

Difficultés respiratoires. L'inhalation de concentrations élevées en vapeurs peut entraîner des symptômes tels que céphalées, vertiges, fatigue, nausées et vomissements

4.3. Indication des éventuels soins médicaux immédiats et traitements particuliers nécessaires

Notes au médecin Traiter les symptômes. Les symptômes peuvent se manifester à retardement.

SECTION 5: MESURES DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

5.1. Moyens d'extinction**Moyens d'extinction appropriés**

Ne pas utiliser un jet d'eau concentré, qui pourrait répandre le feu. Refroidir par pulvérisation d'eau les récipients fermés se trouvant à proximité de la source d'incendie.

Moyens d'extinction à ne pas utiliser pour des raisons de sécurité

Ne pas utiliser de jet d'eau sous pression, risque de disperser et d'étendre l'incendie.

5.2. Dangers particuliers résultant de la substance ou du mélange

Inflammable. Risque d'ignition. Les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air. Les vapeurs peuvent se déplacer jusqu'à une source d'ignition et provoquer un retour de flamme. Les récipients peuvent exploser en cas d'échauffement. La décomposition thermique peut entraîner le dégagement de gaz et de vapeurs irritants. Tenir le produit et le récipient vide à l'écart de la chaleur et des sources d'ignition.

Produits dangereux résultant de la combustion

ACR21321

Page 3 / 12

FICHES DE DONNEES DE SECURITE

1-Hexene

Date de révision 12-mars-2019

Odeur	Caractéristique	
Seuil olfactif	Aucune donnée disponible	
pH	Aucune information disponible	
Point/intervalle de fusion	-140 °C / -220 °F	
Point de ramollissement	Aucune donnée disponible	
Point/intervalle d'ébullition	62 - 65 °C / 143.6 - 149 °F	@ 760 mmHg
Point d'éclair	-26 °C / -14.8 °F	Méthode - coupelle fermée
Taux d'évaporation	Aucune donnée disponible	
Inflammabilité (solide, gaz)	Sans objet	Liquide
Limites d'explosivité	Inférieure 1.2 Vol% Supérieure 6.9 Vol%	
Pression de vapeur	186 mmHg @ 25 °C	
Densité de vapeur	3.0	(Air = 1.0)
Densité / Densité	0.678	
Densité apparente	Sans objet	Liquide
Hydrosolubilité	50 mg/L (20°C)	
Solubilité dans d'autres solvants	Aucune information disponible	
Coefficient de partage (n-octanol/eau)		
Composant	log Pow	
1-Hexène	3.39	
Température d'auto-inflammabilité	265 °C / 509 °F	
Température de décomposition	Aucune donnée disponible	
Viscosité	0.34 cSt at 40 °C	
Propriétés explosives	Aucune information disponible	Les vapeurs peuvent former des mélanges explosifs avec l'air
Propriétés comburantes	Aucune information disponible	

9.2. Autres informations

Formule moléculaire	C6 H12
Masse molaire	84.15

SECTION 10: STABILITÉ ET RÉACTIVITÉ

10.1. Réactivité

Aucun(e) connu(e) d'après les informations fournies

10.2. Stabilité chimique

Stable dans les conditions normales.

10.3. Possibilité de réactions dangereuses**Polymérisation dangereuse**
Réactions dangereusesUne polymérisation dangereuse peut se produire.
Aucun(e) dans des conditions normales de transformation.10.4. Conditions à éviter

Produits incompatibles. Excès de chaleur. Tenir à l'écart des flammes nues, des surfaces chaudes et des sources d'ignition.

10.5. Matières incompatibles

Agents comburants forts. Acides. Peroxydes.

10.6. Produits de décomposition dangereux

Monoxyde de carbone (CO). Dioxyde de carbone (CO2).

SECTION 11: INFORMATIONS TOXICOLOGIQUES

ACR21321

Page 7 / 12

FICHES DE DONNEES DE SECURITE

1-Hexene

Date de révision 12-mars-2019

11.1. Informations sur les effets toxicologiques

Informations sur le produit

- a) toxicité aiguë;
Oral(e) D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis
Cutané(e) D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis
Inhalation D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis

Composant	DL50 oral	DL50 dermal	LC50 (CL50) par inhalation
1-Hexène	LD50 > 5600 mg/kg (Rat)	> 2000 mg/kg (Rabbit)	LC50 = 32000 ppm (Rat) 4 h

- b) corrosion cutanée/irritation cutanée; D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis

- c) lésions oculaires graves/irritation oculaire; D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis

- d) sensibilisation respiratoire ou cutanée;
Respiratoire D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis
Peau D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis

- e) mutagénicité sur les cellules germinales;
 D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis
 Non mutagène selon le test d'Ames

- f) cancérogénicité; D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis
 Aucune substance chimique cancérogène connue n'est contenue dans ce produit

- g) toxicité pour la reproduction; D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis

- h) toxicité spécifique pour certains organes cibles — exposition unique; D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis

- i) toxicité spécifique pour certains organes cibles — exposition répétée; D'après les données disponibles, les critères de classification ne sont pas remplis

Les méthodes de surveillance	OCDE Ligne directrice 407
Espèce utilisée pour le test / durée	rat / 28 jours
Étude résultat	NOAEL = 101 mg/kg
Voie d'exposition	Oral(e)
Organes cibles	Aucun(e) connu(e).

- j) danger par aspiration; Catégorie 1

Autres effets indésirables Les propriétés toxicologiques n'ont pas été entièrement étudiées.

Symptômes / effets, L'inhalation de concentrations élevées en vapeurs peut entraîner des symptômes tels que

ACR21321

Page 8 / 12

