

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



Université 20 AOUT 1955
Faculté Science et Technologie
Département Génie des Procédés
Filière : Sécurité des Procédés Industrielles
et Maitrise des Risques



PRESENTE PAR:

Douadi Abdellatif

Bouleklouk Abdelrahim

Mechhoude Seif El Islem

Thème :

MAITRISE DES RISQUES INDUSTRIELS PAR
LA METHODE MADS-MOSAR /GRIF/ CAS
DE GPL NAFTAL BATNA

Encadreur : Pr :

Bouras Ibtissem

Promotion 2022-2023

Résumé du mémoire:

Cette étude a été effectuée au niveau de centre enfûter GPL de Batna sis à la zone industrielle de Batna.

Elle traite l'analyse des risques liés aux activités de stockage et de distribution du GPL.

Afin de réaliser cet objectif nous avons recours à la méthode MADS-MOSAR (Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques).

Ce travail est divisé en deux chapitres. Le premier chapitre théorique traite les concepts liés à la gestion des risques, les principaux phénomènes redoutés, et décrit les processus et les activités du centre enfûter GPL Batna. De même on a abordé quelques méthodes d'analyse des risques en focalisant sur la méthodologie d'application de notre méthode sélectionnée MOSAR.

Durant le deuxième chapitre pratique, on a procédé a une étude détaillée du système « centre enfûter GPL Batna », ainsi d'une analyse affinée des risques afférent au centre enfûter GPL en utilisant la méthode MADS-MOSAR.

À travers cette étude, plusieurs résultats ont été dégagés :

- Le système « centre enfûter GPL de Batna » est découpé en quatre (04) sous-systèmes source de danger. Huit (08) scénarios possibles ont été identifiés.
- Trois risques inacceptables dans la zone rouge ont été identifiés convergeant à un événement major non souhaitable (le BLEVE) :
 - 1- Les Fuites au niveau de sphère de stockage (scénario 1)
 - 2- les Fuites au niveau de station de chargement et déchargement de produit (scénario 7)

3- les Fuites de produit au niveau des canalisations (scénario 8)

Après une analyse et qualification des barrières de prévention et protection, plusieurs actions ont été recommandées, que se soit technique ou bien d'utilisation pour palier à ces différents scénarios de danger.

La sphère de stockage a fait l'objet d'une analyse microscopique durant la deuxième étape de la méthode MOSAR (module B) par le biais de la méthode AMDEC.

On a fait ressortir tout les modes de défaillance critique au niveau de la sphère à titre d'indication les fissures du corps de sphère, les indications erronées des différents instruments de mesure (manomètre, thermomètre, l'Indicateur de Niveau LSH et LSHH, et plus particulièrement le détecteur de gaz et de flamme.

On a modélisé le phénomène BLEVE survenu au niveau de sphère de stockage on construisant l'arbre de défaillance à l'aide du logiciel GRIF.

- on a constitué un nombre de coupe minimale
- on a estimé une probabilité d'apparition de l'événement indésirable BLEVE de l'ordre.

Remerciements

Toute la Gratitude, tout d'abord à Dieu qui nous a donné la force Pour terminer ce modeste travail.

Toutes nos infinies gratitudes à notre promoteur, Madame IBTISSAM BOURAS pour son encadrement et ses aides précieuses.

Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter le jugement de notre travail.

*Notre sincère reconnaissance à nos enseignants du département:
Nos remerciements s'adressent aussi, à tous les travailleurs de l'entreprise
NAFTAL Batna*

Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribués de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici l'expression de notre profondes gratitudes et respects.



DEDICACE

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux
Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir
donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de
réaliser ce travail que je dédie :

A mes très chers parents : ma mère et mon père

A mes chers frères et sœurs lequel je souhaite son près retour et
le bonheur dans sa vie.

A toute la famille

A tous mes amis partout et en particuliers

Et sans doute, à mes très chers amis à l'Université de
SKIKDA



DEDICACE II

J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :

A ceux qui m'ont tendu couragés soutenu moralement et matériellement pendant les moments plus difficiles

Durant ma vie.

A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi

A mon très cher père

A mes très chers frères

A mes très chères sœurs

A toute ma grande famille

A mes très chers amis

AMIR YAHYA

AYMEN BOUGHAYOUT

AMIR MAGROUNE

Et enfin à tous mes connaissances.

Liste des figures

Chapitre 1 :

Fig. I.1: Processus de gestion des risques...	3
Fig. I.2: Approches d'analyse de risque.....	5
Fig. I.3: Typologie des méthodes d'analyse de risque.....	6
Fig. I.4: Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives.....	8
Fig. I.5: Déroulement de l' HAZOP	11
Fig. I.6: Schéma d'un AdE avec des Barrières de sécurité	16
Fig. I.7: Processus de danger (P.Périlhon).....	17
Fig. I.8: Structure simplifiée du module MOSAR A - d'après Périlhon et al (2001).....	20
Fig. I.9: Décomposition du système en sous-système	21
Fig. I.10: Schéma par boîte noire d'un scénario court.....	25
Fig. I.11: Schéma d'une grille gravité-probabilité dédiée à une cible	27
Fig. I.12: Schéma d'une grille gravité-probabilité-acceptabilité dédiée à une cible	28
Fig. I.13: L'approche déterministe du modèle MADS- d'après périlhon et al. (2001)	29
Fig. I.13: Structure simplifiée du module MOSAR B – d'après périlhon et al. (2001).....	31

Chapitre 2 :

Fig. II.1: deux cigares propane.....	35
Fig. II.2: sphère de butane.....	36
Fig. II.3: modèle d'une sphère de GPL.....	41
Fig.III.1: modélisation du système et décomposition en sous-systèmes	45
Fig.III.2: Modèle MADS pour l'événement non souhaité cas de propagation de GPL	46
Fig.III.3: Modèle MADS pour l'événement non souhaité cas d'accumulation.....	47
Fig.III.4: Modèle MADS pour l'événement non souhaité cas de propagation de GPL	48
Fig.III.5: Domaine d'acceptabilité et d'inaccessibilité des scénarios	64
Fig.III.6: Domaine d'acceptabilité et d'inaccessibilité des scénarios après la mise en..... place des barrières.	68
Fig.III.7: Une AdD pour l'explosion BLEVE de sphère	77
Fig.III.8: Une AdD pour l'explosion BLEVE de sphère avec allocation de barrière.....	84

Liste des tableaux

Chapitre 1

Tab.I.1: Exemple de tableau type APR.....	9
Tab.I.2: Exemple de tableau pour l'HAZOP	11
Tab.I.3: Exemple de tableau AMDEC.....	13
Tab.I.4: Arbre de défaillance - Tableau des représentations des événements	14
Tab.I.5: Arbre de défaillance - Portes logiques fondamentales	15
Tab.I.6 : le point de vue des techniques de danger.....	17
Tab.I.7: le point de vue des techniques de danger.....	18
Tab.I.8: En-tête du canevas du tableau A de la méthode MOSAR	24
Tab.I.9: canevas du tableau B de la méthode MOSAR	30

Chapitre2

Tab.III.1: identification des sources de dangers	49
Tab.III.2: Indice de fréquence	62
Tab.III.3: Indice de gravité.....	62
Tab.III.4: classification des scenarios	63
Tab.III.5: identification des barrières.....	65
Tab.III.6: validation des barrières.....	67
Tab.III.7 : Application de la méthode AMDEC sur la sphère de stockage.....	70
Tab.III.8: Liste des coupes minimales qui peuvent conduire à une BLEVE.....	80
Tab.III.9: Les coupes minimales selon leurs facteurs d'importances	81
Tab.III.10: Montre le nombre de barrière par niveau de gravité	85

ACRONYMES ET ABREVIATION

Abréviation	Signification
AdE	Arbre des Événements
APR	Analyse Préliminaire de Risques
HAZOP	Hazard And Operability Study
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance et leurs Effets et leurs Criticités
MADS	Méthodologie d'analyse de dysfonctionnement des systèmes.
MOSAR	Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques.
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis.
PCF	Plan de Circulation des Fluides.
ENS	Événements Non Souhaités.
C.E	Centre Enfuteur/Emplisseur
BLEVE	Boiling Liquid Expanding Vapors Explosion
UVCE	Unconfined Vapor Cloud Explosion
BT	Barrière Technologique.
BU	Barrière Utilisation.
POI	Plan d'Opération Interne.
GPL	Gaz Pétrolier Liquifié
B	Butane.
P	propane.
API	American Petroleum Institute.
HSE	Hygiène, Sécurité et Environnement
ERDP CRISPLAN	Etudes Réalisations Diffusion et Publicité.
INERIS	Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques.
SONATRACH	Société nationale pour la recherche, la production, le transport, La transformation, et la commercialisation des hydrocarbures
NAFTEC	Chargée du raffinage du pétrole
NAFTAL	Chargée de la distribution et commercialisation des produits pétroliers.
P	Probabilité.
G	Gravité.
F	Fréquence
C	Criticité.
SS	Sous Système.

Sc	Scénario.
DCS	Distributed Control System.
LSH	Level Switch High ; contacteur sur seuil de niveau haut.
LSHH	Unité Logique.
E	Evénement Élémentaire.
e	Evénement de base
GRIF	graphique interactifs pour la fiabilité.

Sommaire

Chapitre 1: Analyse des risques.

I.1. Introduction	1
I.2.Définitions et concepts de base	1
I.2.1.Risque... ..	1
I.2.1.1.Définitions du risque	1
I.2.1.2.Risque majeur	1
I.2.1.3.Exposition... ..	2
I.2.2.Définition du danger... ..	2
I.2.3.Phénomène dangereux.....	2
I.2.4.Dommage	2
I.2.5.Conséquence	2
I.2.6.Gravité.....	2
I.2.7.Les risques industriels... ..	2
I.3.Gestion des risques	3
I.3.1.Définition	3
I.3.2.Processus de gestion des risques... ..	3
I.3.2.1.Analyse du risque	4
a-Identification des facteurs de risque	4
b-Estimation des risques	4
I.3.2.2.Evaluation de l'acceptabilité des risques.....	4
I.3.2.3. Traitements du risque	4
I.3.2.4. Acceptation du risque	4
I.3.2.5. Communication du risque	4
I.3.2.6. Surveillance et réexamen du risque	5
I.4. Classification des méthodes d'analyse de risque.....	5
I.4.1. Approches déterministe	5
I.4.2. Approches probabiliste	5
I.5.Méthodes qualitatives vs. Méthodes quantitatives	6

I.5.1.Méthodes quantitatives.....	6
Méthodes qualitatives.....	7
Démarche inductive et démarche déductive.....	8
a-Démarche inductive.....	8
b-Démarche déductive.....	8
I.6.Les outils et méthodes d'analyse des risques.....	8
I.6.1.Méthode d'Analyse Préliminaires des risques APR.....	8
« Preliminary Hazard Analysis»	
I.6.2.La méthode HAZOP (Hazard and Operability Study).....	9
a-Principe de la méthode.....	9
b-Objectif de la méthode.....	10
c-Mise en œuvre de la méthode.....	10
d-Les intérêts de la méthode.....	10
f-Les limites de la méthode.....	11
g-Déroulement de la méthode.....	11
I.6.3.Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets.....	12
a-Objectifs et principe	
b-Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité.....	12
c-Limites.....	12
I.6.4.L'Analyse par Arbre de Défaillances.....	13
a-Objectif.....	13
b-Démarche.....	13
c-Avantages.....	14
d-Limites.....	15
I.6.5.Méthode d'Arbre des évènements (AdE).....	15
I.6.6.La méthodologie MADS-MOSAR.....	16
MADS, concepts.....	17
I.6.6.2. La méthode MOSAR.....	19
A- Analyse macroscopique : module A.....	20
a-Représenter l'installation.....	20
b-Identifier les dangers et les scénarios d'accidents principaux.....	21
c-Evaluer les risques principaux.....	25
d-Négocier les objectifs globaux.....	26

e- Définir et qualifier les barrières principales	28
B-Analyse microscopique: module B	31
a-Identifier de manière détaillée les risques de fonctionnement	31
b-Evaluer les risques en construisant des arbres logiques du type arbres des défaillances et en les qualifiant	32
c-Négocier des objectifs précis de prévention, protection et mitigation	32
d-Définir les moyens complémentaires de prévention, protection et mitigation	32
e- Gérer les risques	32
I.6.6.3.Avantages de la méthode MADS MOSAR	33
I.7. Conclusion	33

Chapitre 2 : Application de la méthode MADS-MOSAR

II.1.Introduction	34
II.2.Section 01 : Présentation de l'entreprise NAFTAL et de sa branche GPL	34
II.2.1.Historique	34
II.2.2Présentation de l'unité	35
II.2.3Les activités de l'unité	36
II.2.3.1.L'activité de transport	36
II.2.3.2.Activité de chargement –déchargement et stockage GPL	37
II.2.3.3.Activité conditionnement des bouteilles butane et propane	37
II.2.3.4.Activité de commercialisation des bouteilles GPL	37
II.2.3.5.Présentation de sous -système 01 " la sphère stockage "	38
A- Description générale	38
B- Accessoire de la sphère	38
C- Fonctionnement du système (Le chargement de la sphère)	39
D- Description détaillée des sous systèmes 01 (sphère de stockage)	40
II.2.3.6.Présentation de sous-système 02 Hall d'emplissage	41
A- Les activités de l'atelier	41
B- Structures existants (machines et activités de postes)	41
C- Organisation de sécurité dans la Hall d'emplissage	42
D- Description détaillée de sous-système	43
II.3.Les Risques associés au centre emplisseur	4
II.3.1 Feux de gaz (ou jets enflammés)	44

INTRODUCTION GENERALE

I. Problématique

Le monde industriel est devenu plus sensible à la maîtrise des accidents majeurs à cause des conséquences graves et catastrophique matérielles, humaines et environnementales. Pour ce prémunir de ces accidents, des efforts considérable ont été munis en matière de gestion des risques, d'analyse et d'évaluation des risques.

La problématique consiste à identifier et évaluer les risques liés au stockage des GPL afin d'éliminer ou minimiser l'apparition de ces derniers au niveau du centre emplisseur de Batna, et ce la, par la mise en œuvre de la démarche MOSAR (ou MADS-MOSAR).

II. Objectif

Ce mémoire aborde la problématique d'analyse des risques par les principes de la systémique nous démontrent que quel que soit l'envergure de l'installation, il est possible d'utiliser la méthode MOSAR (ou MADS-MOSAR) en y apportant les modifications nécessaires.

La méthode d'analyse des risques MADS-MOSAR qui cherche à "identifier, évaluer, maîtriser, gérer les processus de danger en mettant en évidence les scénarios possibles d'accidents et en déterminant les barrières de prévention et de protection à mettre en place pour neutraliser les événements initiateurs de ces scénarios.

En effet le module A nous donne une vision macroscopique, ce qui nous permet de définir les sources de danger, les interactions entre les scénarios et l'identification des barrières pour neutraliser les scénarios identifiés.

Le module B affine notre analyse en y ajoutant d'autres outils de maitrise des risques tels que l'AMDEC et les arbres de défaillance pour donner une liste exhaustifs des barrières à mettre en place pour prévenir tous les risques répertorié dans l'installation.

III. Organisation du mémoire

Le présent mémoire est subdivisé en deux chapitres, l'un enveloppe la partie théorique et l'autre la partie pratique. De plus, les deux chapitres sont précédés par une introduction générale et se terminent et par une conclusion générale.

L'introduction générale enveloppe la problématique et le plan de travail du présent mémoire.

Le premier chapitre contient la partie théorique du mémoire. Dans cette partie, nous allons dans un premier temps donner quelques concepts et définitions liés à la science du danger, gestion des risques, les principaux phénomènes redoutés, et décrire les processus et les

activités du centre GPL Batna de gestion des risques en insistant sur l'aspect maîtrise du risque, ensuite, nous allons aborder quelques méthodes d'analyse des risques, en décrivant brièvement leurs principes de déroulement et la méthode MADS-MOSAR fera l'objet d'une présentation détaillée dans une section.

Cette méthode est un ensemble ordonné de manière logique, de principes, de règles, d'étapes, permettant de parvenir à une analyse des risques d'un système.

Le premier chapitre contient la partie pratique du mémoire. L'étude consiste à une application sur le centre GPL Batna, qui a fait l'objet d'une étude détaillée, que ce soit la description du site, en donnant la situation géographique de l'installation, les activités principales, les différents installations (cigare de stockages, salles de pompage, postes de chargement et de déchargement, bâtiment de contrôle technique, bâtiment administratif), l'organigramme et les moyens exploités ainsi que les caractéristiques techniques du produit distribué GPL.

Dans la section consacrée à la méthode MADS- MOSAR, on a procédé à une analyse des risques principaux. A partir d'une décomposition de l'installation en sous-systèmes, on commence par identifier de manière systémique en quoi chaque sous-système peut être source de danger. Pour cela, on fait référence à une grille de typologie des systèmes sources de dangers et on utilise le modèle MADS qui relie source de dangers et cibles. L'utilisation de la technique des boîtes noires permet de générer des scénarios de risques d'interférence entre les sous-systèmes qui, rassemblent sur un même événement constituant un arbre logique ou arbre d'événements.

La conclusion générale, c'est la dernière étape dans notre étude et qui consiste à la valorisation des résultats retenus lors de l'application de la méthode MADS-MOSAR et les mesures ou les recommandations à apporter pour minimiser ou éviter l'occurrence d'accidents graves.

Introduction

Le choix de la méthode ou des méthodes nécessaires pour réaliser l'analyse des risques est primordial. Il n'existe pas une méthode unique qui permettrait à toutes les entreprises de toutes tailles et de tous secteurs d'analyser leurs risques afin de déterminer les mesures de prévention.

Dans ce chapitre du présent mémoire, nous avons présentés les principales méthodes qualitatives utilisées pour l'analyse des risques industriels à savoir : l'AMDE, l'AMDEC, les arbres de défaillances, la MADS-MOSAR, et l'HAZOP. En effet, nous avons mis en évidence leurs principes, l'utilisation ainsi que les avantages et les inconvénients de chaque méthode.

Définitions et concepts de base

Bien que les concepts liés à l'analyse des risques soient bien définis par plusieurs auteurs, textes réglementaires et normes, il nous a paru utile de reprendre quelques notions fondamentales apparaissant dans toute démarche d'analyse des risques. [Flanagan & Norman, 93] [1].

Il est important de différencier les notions de **danger** et de **risque**.

Risque

Le mot « risque » est relativement moderne. Il provient du mot français « risqué ». Ce n'est qu'au milieu du 17^{ème} siècle que les Anglo-Saxons ont adopté le terme 'Risk', avant qu'il ne soit fort présent dans le jargon des Assurances [Flanagan & Norman, 93] [1].

Définitions du risque

1. Le risque est la combinaison de deux éléments :
 - a. La probabilité d'occurrence d'un événement ou d'une combinaison d'événements conduisant à une situation dangereuse, ou la fréquence de tels événements.
 - b. Les conséquences de cette situation dangereuse [2].
2. Combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences [3].
3. Le risque est considéré comme la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition aux effets d'un phénomène dangereux. C'est une espérance mathématique de pertes en vies humaines, blessés, dommages aux biens et atteinte à l'activité économique au cours d'une période de référence et dans une région donnée [GT Méthodologie, 03] [4].

Risque majeur :

C'est un risque qui résulte de l'exploitation d'une installation industrielle source d'un ou plusieurs événements dangereux tel qu'une émission, un incendie ou une explosion d'importance majeur. [5]

Exposition:

Il s'agit du contact entre le danger et une personne, pouvant dès lors entraîner un dommage sans exposition, pas de possibilité de dommage. [5]

Définition du danger

La notion de danger définit une propriété intrinsèque à une substance (exemple : butane, chlore), à un système technique (ex : mise sous pression d'un gaz), à une disposition (exemple: élévation charge), à un organisme (ex : microbes), etc., de nature à entraîner un dommage sur un «élément vulnérable » [GT Méthodologie, 03]. [4]

Phénomène dangereux

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 [GT Méthodologie, 03] [4].

Domage

Effets néfastes d'un événement pour les personnes, la société, ou l'environnement [GT Aspects sémantiques du risque, 97]. [5]

Conséquence

Combinaison, pour un accident donné, de l'intensité des effets et de la vulnérabilité des cibles situées dans les zones exposées à ces effets. Elles s'expriment en définissant la nature et la gravité des atteintes portées à celles-ci » [GT Méthodologie,03]. [4]

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. [7]

Les risques industriels

Un accident se produisant sur un site industriel et pouvant entraîner des conséquences graves pour le personnel, la population, les biens et l'environnement, il se présente sous deux formes [8] :

- ✓ **Chronique** par émissions dans l'air, l'eau, le sol et le sous-sol de substances toxiques, et cancérigènes.
- ✓ **Accidentelle** en relations avec des substances utilisées et/ou produits, ou bien avec les processus, ou bien avec les comportements humains inadaptés.

On peut classer aussi les risques industriels selon leurs conséquences sur le personnel, la population et l'écosystème [8]:

- L'incendie après l'inflammation d'un produit, entraînant un flux thermique important.
- L'explosion entraînant un flux mécanique et qui se propage sous forme de déflagration ou de détonation.
- Les effets induits par la dispersion de substances toxiques entraînant un dysfonctionnement ou des lésions de l'organisme par l'inhalation, le contact cutané ou oculaire et l'ingestion.
- La pollution des écosystèmes, par le déversement dans le milieu naturel des substances toxiques.

Gestion des risques

Définition

Activités coordonnées visant à diriger et piloter un organisme vis-à-vis du risque. La gestion du risque inclut typiquement l'appréciation du risque, le traitement du risque, l'acceptation du risque et la communication relative au risque. [9]

Processus de gestion des risques

Le processus de gestion des risques peut être représenté par l'organigramme de la figure suivante :

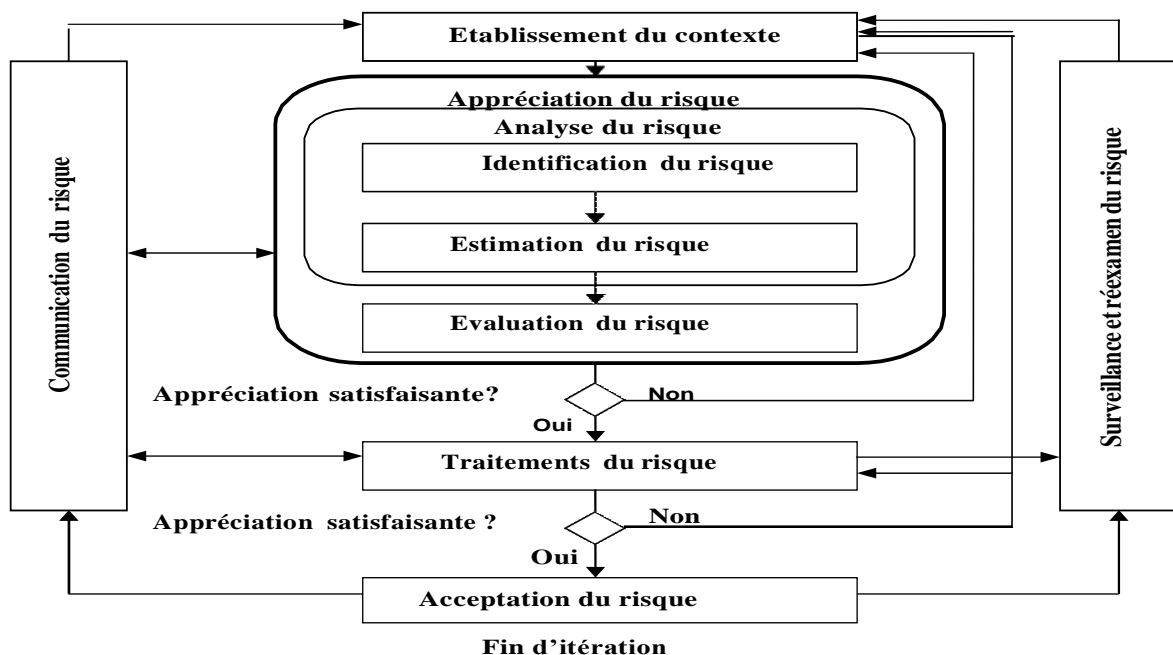


Fig.I.1: Processus de gestion des risques. [9]

Analyse du risque

Utilisation systématique d'informations pour identifier les facteurs de risque et pour estimer le risque.

a- Identification des facteurs de risque

Un facteur de risque est un paramètre que l'on observe et dont on pense qu'il joue un rôle dans la séquence accidentelle sans qu'il puisse être prouvé qu'il en est une cause directe ou indirecte.

Selon le Guide ISO/CEI 73 [ISO, 02], L'identification des facteurs de risque 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.

b- Estimation des risques

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.

Evaluation de l'acceptabilité des risques

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.

Traitements du risque

Il convient de choisir des mesures de sécurité pour réduire, maintenir, éviter ou transférer les risques, et de définir un plan de traitement du risque.

Acceptation du risque

Il convient de prendre la décision d'accepter les risques et les responsabilités de cette décision et de l'enregistrer formellement.

Communication du risque

Il convient d'échanger et/ou de partager les informations relatives au risque entre le décideur et les autres parties prenantes.

Surveillance et réexamen du risque

Il convient de surveiller et de réexaminer les risques et leurs facteurs (à savoir valeur des actifs, impacts, menaces, vulnérabilités et vraisemblance) pour identifier au plus tôt toutes les dans le

contexte de l'organisme et pour maintenir une cartographie complète des risques. [9]

Classification des méthodes d'analyse de risque

Les méthodes d'analyse de risque peuvent être classées comme suit [7] :

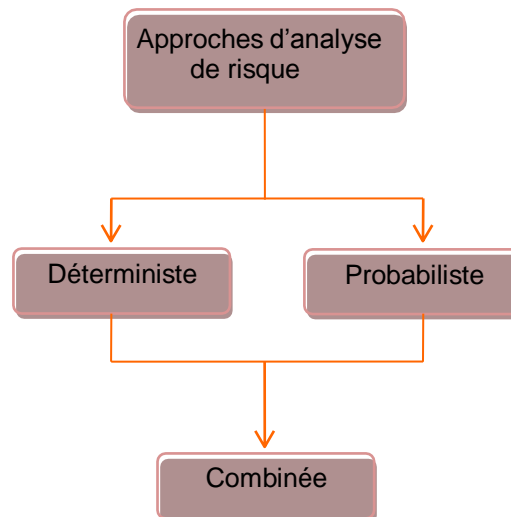


Fig.I.2: Approches d'analyse de risque. [7]

Approches 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. [Mazouni 08]. [7]

Approches 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 ou les techniques probabilistes viennent appuyer l'approche déterministe.

Méthodes qualitatives vs. Méthodes quantitatives

Les méthodes d'analyse de risque peuvent être classées en méthodes d'analyse qualitatives, en méthodes d'analyse quantitatives et en méthodes combinées comme le montre la figure suivante :

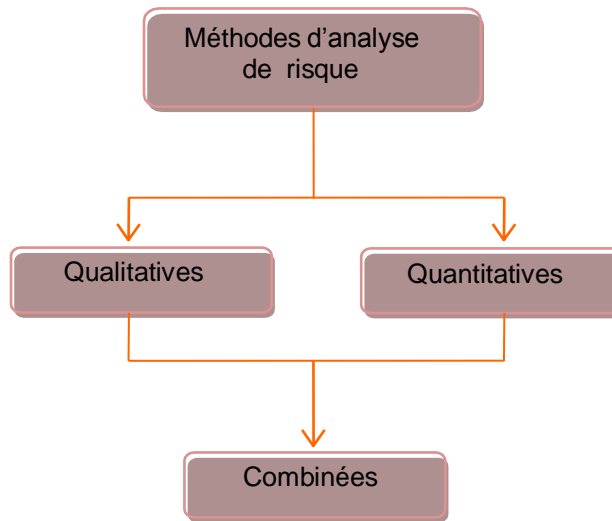


Fig. I.3: Typologie des méthodes d'analyse de risque. [7]

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.

Méthodes qualitatives

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

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

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

Les méthodes qualitatives sont présentées par l'organigramme suivant :

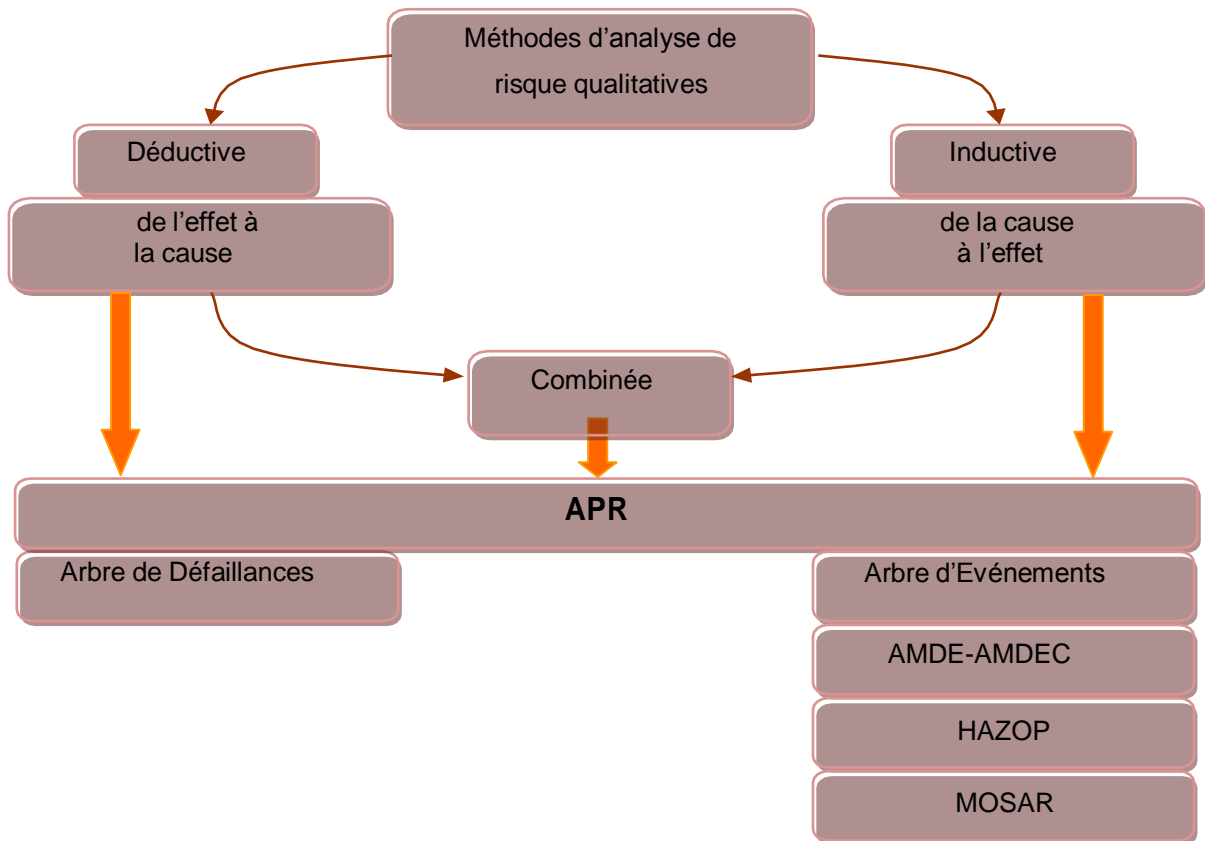


Fig.I.4: Classification des principales méthodes d'analyse de risque qualitatives. [Mazouni 08]. [7]

Démarche inductive et démarche déductive

a- 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'évènements qui en résultent et/ou l'ensemble de ses conséquences possibles.

b- Démarche déductive

Les méthodes d'analyse déductive ont pour finalité la recherche des combinaisons des causes possibles d'un évènement redouté [Mazouni 08]. [7]

Les outils et méthodes d'analyse des risques

Méthode d'Analyse Préliminaires des risques APR « Preliminary Hazard Analysis »

L'analyse préliminaire des risques a été développée au début des années 1960 dans les domaines aéronautiques et militaires. L'union des industries chimiques(UIC) recommande son utilisation en France depuis les années 1980. [10]

La première étape de l'analyse APR consiste à **identifier les éléments dangereux** de l'installation :

- Des substances ou préparations dangereuses (matières premières, produits finis, utilités).
- Des équipements dangereux par exemple des zones de stockages, zones de réception-expédition, réacteurs, fournitures d'utilités (chaudière ...).
- Des opérations dangereuses associées au procédé.

La deuxième étape consiste à identifier pour chaque élément dangereux, une ou plusieurs **situations de danger**. Par la suite, on détermine les causes et les conséquences de chacune des situations de danger identifiées puis les sécurités existantes sur le système étudié.

Tab.I.1: Exemple de tableau type APR. [10]

Fonction ou système :						Date :	
1	2	3	4	5	6	7	8
N°	Produit ou équipement	Situation de danger	causes	conséquences	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	observations

La méthode HAZOP (Hazard and Operability Study)

La méthode HAZOP a été développée par la société « Imperial Chemical Industries (ICI) au début des années 1970. Elle sert à évaluer les dangers potentiels résultants des dysfonctionnements d'origine humaine ou matérielle et aussi les effets engendrés sur le système. [Debray, Chaumette, Descouriere, Trommeter, 06]. [11]

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 ».

a- Principe de la méthode

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, le niveau ...

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. Pour chaque partie constitutive du système examiné (ligne ou maille), la génération (conceptuelle) des dérives est effectuée de manière systématique par la conjonction :

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

La combinaison des paramètres observés avec les mots clé précédemment définis se fait de la manière suivante : *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. [11]

b- Objectif de la méthode [12]

Les principaux objectifs de la méthode sont :

- Recherche systématique des **causes possibles de dérive** de tous les paramètres de fonctionnement d'une installation.
- Mise en évidence des principaux problèmes d'exploitation et d'entretien.
- Etude des conséquences et risques éventuels liés à ces dérives.
- Proposition des mesures correctives appropriées.

c- Mise en œuvre de la méthode

La mise en œuvre de la méthode se fait comme suit :

- ✓ Constituer une équipe pluridisciplinaire.
- ✓ Préparer les documents nécessaires : plan de circulation des fluides (pcf, pid), autres documents préparatoires (éléments caractéristiques des capacités, des pompes, ...) à jour.
- ✓ Découper l'installation en systèmes géographico-fonctionnels aussi simples et homogènes que possible.
- ✓ Rechercher les causes possibles de dérive.
- ✓ Déterminer les conséquences.
- ✓ Etablir si nécessaire une semi-quantification du risque (probabilité, gravité).
- ✓ Apporter les mesures compensatoires nécessaires : prévention, détection, protection.
- ✓ Vérifier que la mesure corrective n'apporte pas de risque nouveau.

d- Les intérêts de la méthode

Les principaux intérêts de la méthode sont :

- Méthode systématique et qualitative qui vient en complément de l'apr. Elle permet l'examen méthodique des risques par un groupe pluridisciplinaire, de déceler les problèmes de sécurité et d'opérabilité.
- méthode qui permet d'améliorer le niveau de sécurité des unités neuves ou existantes.

- Méthode utilisable pour gérer les modifications.

e- Les limites de la méthode

Les limites de la méthode se résument comme suit :

- ❖ Méthode lourde à mettre en œuvre sur des installations complètes qui pour être efficace doit être appliquée de manière rigoureuse.
- ❖ Méthode qui ne permet pas :
- ❖ D'être sûr d'avoir pris en compte tous les risques.
- ❖ De traiter le cas de défaillances multiples. [12]

f- Déroulement de la méthode

La méthode HAZOP suit les étapes présentées sur le schéma de la figure I.5. [11]

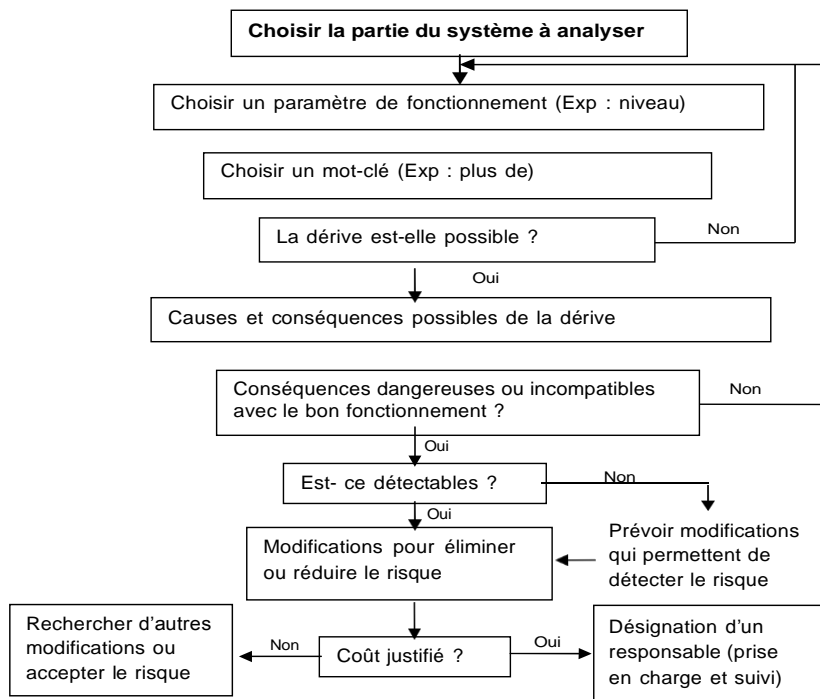


Fig.I.5: Déroulement de l' HAZOP. [11]

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

Tab.I.2: Exemple de tableau pour l'HAZOP. [11]

Date :								
Ligne ou équipement :								
Nº	Paramètre	Mot clé	Causes	Conséquences	Détection	Sécurités existantes	Propositions d'amélioration	Observations

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, parmi ces techniques l'arbre de défaillance. [11]

Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets

Des Modes de Défaillance et de leurs Effets, ou AMDE (en anglais Failure Modes and Effects Analysis ou FMEA), a été introduite dans l'aviation, au début des années 1960. Elle s'est généralisée à de nombreux domaines : elle est réglementaire à l'étude de la sécurité des avions en France et aux Etats-Unis ; elle est recommandée dans le domaine nucléaire aux Etats-Unis (à la suite de l'accident de Three Mile Island) ; elle est largement utilisée par Electricité de France dans le nucléaire. [13]

a- Objectifs et principe

L'AMDE est une méthode inductive, déterministe ou probabiliste, qualitative d'analyse des causes et des effets. Elle permet une identification et une évaluation des effets sur la disponibilité, la fiabilité, la maintenabilité, l'intégrité ou la sécurité des modes de défaillance de chaque composant d'un système, pour chaque fonction du système. Elle est composée de trois phases [GAR 94] :

- ✓ analyse qualitative des défaillances (recensement des modes de défaillance, recherche des causes de défaillance, étude des effets, recensement des moyens de détection) ;
- ✓ Plan d'action ;
- ✓ suivi des actions.

b- Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité

Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, ou AMDEC (de l'anglais Failure Modes, Effects and Criticality Analysis ou FMECA), est une AMDE complétée d'une estimation quantitative de l'importance des conséquences d'un mode de défaillance. A la phase d'analyse qualitative des Défaillances succède une phase d'analyse quantitative composée de l'estimation des facteurs de fréquence, gravité et non-détection, et de détermination de criticité.

c- Limites

L'AMDE(C) est avant tout une méthode d'analyse de systèmes statiques (systèmes au sens large composés d'éléments fonctionnels ou physiques, matériels, logiciels, humains ...). AMDE et AMDEC sont généralement différenciées en AMDE(C) produit et AMDE(C) procédé. L'AMDE(C) produit est centrée sur l'optimisation de la fiabilité. L'AMDE(C) procédé peut concerner un moyen de production, une séquence d'opérations, etc. L'AMDE(C) est l'une des méthodes les plus répandues et l'une des

plus efficaces, toutefois la lourdeur et le coût de son application (analyse de chaque sous-système) restent sa principale critique. Il est en outre difficile de l'exploiter dans le cadre de systèmes complexes, tant le volume d'informations à traiter est important [COU 98]. Enfin, les limites de cette méthode sont également liées aux pré-requis nécessaires à son utilisation. En effet, comme l'APD, l'AMDE(C) repose sur l'expertise et la capitalisation de savoir-faire nécessaire à l'analyse des défaillances.

L'AMDEC nécessite également de disposer de données statistiques. [13]

Tab.I.3: Exemple de tableau AMDEC. [13]

Analyse des modes de défaillance et de leurs effets et de leur criticité									
Système : Sous système :			Phase de fonctionnement		Date d'analyse :				
Eléments	Fonctions	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	criticité			Action Corrective
						F	G	C	

L'Analyse par Arbre de Défaillances a-

Objectif

L'Analyse par Arbre de Défaillances (également appelée Arbre des Causes) [LIEVENS (1976), VILLEMEUR (1988)] est une analyse déductive : partant d'un événement indésirable unique et bien défini, il s'agit de rechercher les combinaisons possibles d'événements qui conduisent à la réalisation de cet événement indésirable. [14]

b- Démarche

L'Analyse de la fiabilité d'un système peut être faite au moyen de la méthode des arbres défaillances en quatre étapes principales :

- Examen du système et définition des événements indésirables dont il peut être le foyer. Cette recherche des événements indésirables peut être effectuée à l'aide d'une analyse préliminaire des risques ou d'une AMDE.
- Modélisation du système, recherche et description des événements qui peuvent intervenir au cours de sa vie. Il est nécessaire à cette étape de fixer les limites de l'analyse des causes des défaillances. Ceci peut se faire par une représentation simplifiée du système, des liens entre ses organes et de ses échanges avec l'extérieur.
- Etablissement des arbres de défaillances : On considère un événement indésirable, défini au préalable. On définit les événements intermédiaires qui paraissent engendrer cet événement final. Puis

on représente graphiquement les combinaisons qui lient les événements intermédiaires à l'événement final en utilisant une symbolique et des opérateurs logiques du type de ceux représentés dans le **tableau I.4**. Chacun des événements indésirables est ainsi analysé jusqu'à ce que leurs causes puissent être expliquées par des combinaisons des événements de base. Ces causes peuvent être internes au système mais aussi externes.

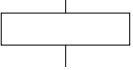

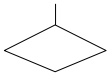
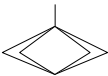



- Appréciation de la fiabilité du système : quantification.

La méthode d'Analyse par Arbre de Défaillances peut être appliquée à l'évaluation de la sécurité ou de la fiabilité d'un système lorsqu'il n'est pas possible de la mesurer statistiquement.

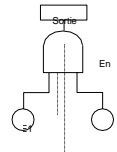
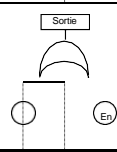
Si la probabilité des événements de base est connue, la probabilité des « événements indésirables » peut être calculée. On en déduit la fiabilité du système complet.

Sinon, des indications sur les voies à suivre pour l'amélioration de la fiabilité du système peuvent être obtenues à partir de la recherche des « coupes minimales ». Une coupe est un ensemble d'événements qui, s'ils se produisent ensemble, entraîne l'événement indésirable.

Tab.I.4: Arbre de défaillance - Tableau des représentations des événements. [14]

	Rectangle	Représente un événement qui résulte de la combinaison événements plus élémentaires agissant à travers des portes logiques.
	Cercle	Représente un événement élémentaire.
	Losange	Représente un événement qui ne peut être considéré comme élémentaire, mais dont les causes ne seront pas développées.
	Double losange	Représente un événement dont les causes ne sont pas encore développées, mais le seront ultérieurement.
	Triangle	La partie de l'arbre qui suit le symbole est transférée à l'endroit indiqué par le symbole.
	Triangle inversé	La partie de l'arbre qui suit le symbole est transférée à l'endroit indiqué par le symbole.
	Maison	Représente un événement qui correspond à une utilisation normale du système.

Tab.I.5: Arbre de défaillance - Portes logiques fondamentales. [14]

	<p>Porte ET</p>	<p>L'événement de sortie de la porte ET est généré si et seulement si toutes les entrées sont présentes</p>
	<p>Porte OU</p>	<p>L'événement de sortie de la porte OU est généré si une ou plusieurs entrées sont présentes.</p>

c- Avantages

L'Analyse par Arbre de Défaillances permet de n'examiner que les défaillances ayant des conséquences significatives au niveau d'un événement indésirable. La mise en évidence des interactions entre les différents événements impliqués dans un événement indésirable est facilitée par l'utilisation d'un mode de représentation graphique synthétique. Celui ci donne une vue d'ensemble des causes potentielles des défaillances.

Des programmes informatiques offrent une aide pour la mise en œuvre de la méthode :

- traçage automatiquement du dessin des arbres de défaillances,
- détermination des coupes minimales d'un arbre,
- calcul de la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable à partir des probabilités d'occurrence des événements élémentaires.

d- Limites

Le facteur temps est difficilement pris en compte dans ce mode d'analyse. Le tracé d'un arbre de défaillances peut devenir très rapidement compliqué et de grande dimension, en particulier si l'événement racine choisi est trop général. [14]

Méthode d'Arbre des évènements (AdE) : [15]

L'arbre des événements est une méthode déductive, qui consiste à partir d'un évènement initiateur conduisant à un événement indésirable à envisager l'échec ou le succès des fonctions de sécurité.les barrières de sécurité sont identifiées, en affectant des probabilités dedéfaillance.les chemins les plus dangereux à des conséquences catastrophiques sont analysés en détail.

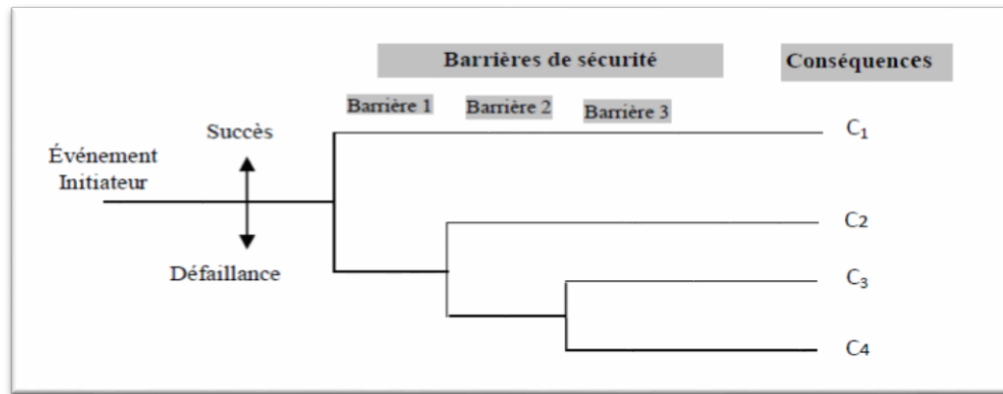


Fig.I.6: Schéma d'un AdE avec des Barrières de sécurité. [15]

La méthodologie MADS-MOSAR.

La Méthode MADS- MOSAR est un ensemble ordonné de manière logique, de principes, de règles, d'étapes, permettant de parvenir à une analyse des risques d'un système. MADS nous permet de modéliser et d'identifier les dangers. MOSAR est la généralisation de la méthode générique qui permet d'analyser les risques techniques d'une installation et d'identifier les moyens de prévention nécessaires pour les neutraliser. [16]

MADS, concepts

Le modèle MADS (Méthodologie d'analyse de dysfonctionnement des systèmes). Appelé aussi **Univers de danger** permet de construire et de comprendre la problématique de l'analyse des risques. L'univers de danger est formé de deux systèmes appelés système source de danger et système cible, en interaction et immergés dans un environnement dit actif appelé champ de danger. Les interactions entre les systèmes source et cible se font sous forme de processus c'est-à-dire d'échange de flux de matière, énergie, et information entre les deux systèmes, dans le temps, l'espace et la forme.

On fait donc apparaître :

- **le flux de danger** que l'on appelle aussi **l'événement principal** ou aussi parfois appelé l'événement redouté.
- **Le champ de danger** est tapissé de processus qui peuvent agir sur le système source par des événements initiateurs, ainsi que le système cible par des événements renforçateurs, et le flux de danger par des événements amplificateurs. [16]

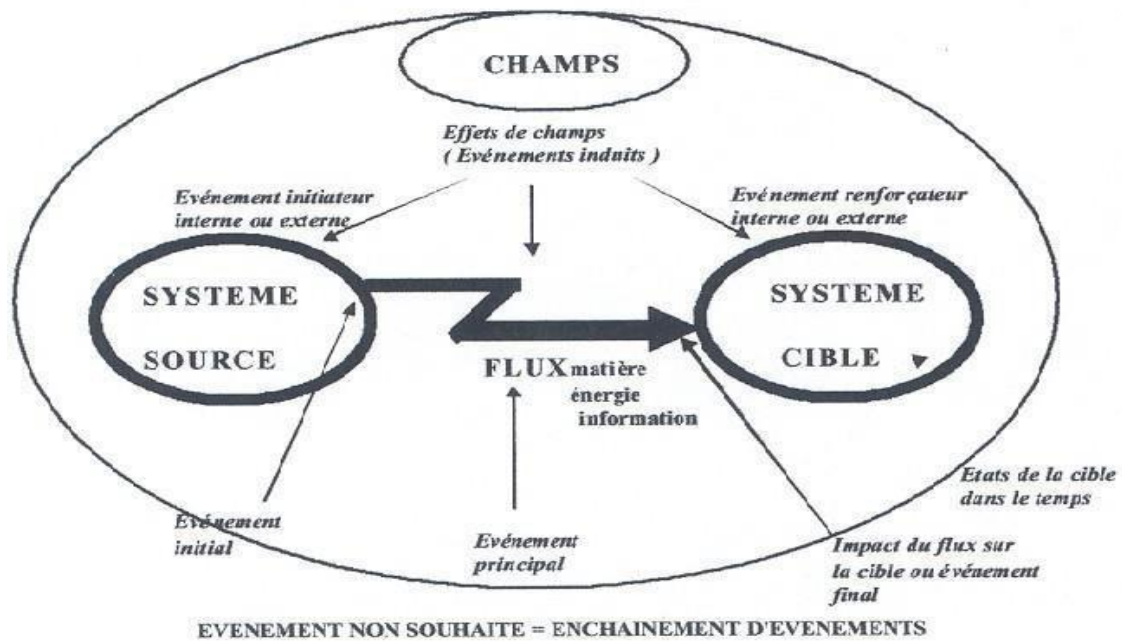


Fig.I.7: Processus de danger (P.Périlhon). [16]

Ce schéma permet de réfléchir pour la mise en place des barrières, à différents niveaux (système source flux de danger et flux de danger cible), respectivement de prévention pour éviter et de protection pour retarder un enchaînement irréversible.

Comme le danger implique le risque potentiel on peut agir soit sur la source de danger (par exemple en substituant un produit dangereux par un autre moins dangereux ou en modifiant le processus de fabrication par exemple), soit sur le flux, en installant des barrières qui permettent de protéger les cibles (personnes et /ou environnement) et de diminuer les effets de l'ENS.

Ce modèle de phénomène de danger sert à identifier et classer les nombreuses techniques de danger disponibles pour la maîtrise de ces phénomènes, suivant le métier et le point de vue des acteurs intervenants en cas de danger.

Notion de point de vue

1. Quatre types de systèmes peuvent être considérés, tour à tour, comme source de danger ou cible du danger :

- l'individu (l'opérateur par exemple);
- la population;
- l'écosystème;
- l'installation.

2. Le point de vue est défini par le type de système cible que l'on cherche à protéger des effets d'un système source.

Tab.I.6: le point de vue des techniques de danger. [16]

Système source	Système cible	Points de vue
Installation	installation	Sécurité des installations, Sûreté de fonctionnement, sécurité des biens.
Installation	opérateur	Ergonomie, sécurité de travail, sécurité des installations.
Opérateur	installation	Fiabilité humaine, Malveillance interne.
Installation	population	Hygiène et santé publique, génie sanitaire. Hygiène et sécurité de l'environnement, médecine des catastrophes.
Population	installation	Malveillance externe
Installation	écosystème	Génie sanitaire, Ecologie, Hygiène et sécurité de l'environnement.
Ecosystème	installation	Risques naturels, médecine des catastrophes, urbanisme

L'examen du **tableau I.6** montre que chaque point de vue peut être représenté par différentes disciplines.

Ces points de vue montrent le positionnement de la source et la cible, elles peuvent être tour à tour source et cible et vis vers ça. Comme on peut le voir dans l'exemple de l'opérateur et installation :

- Quand l'opérateur est la cible, le système de protection utilisé est la science de l'ergonomie.
- Quand l'installation est la cible, le système de protection est la fiabilité humaine, ou bien la malveillance interne.
- Le point de vue est défini par le type de système cible que l'on cherche à protéger des effets d'un système source.

Tab.I.7: le point de vue des techniques de danger. [16]

Système source	Système cible	Points de vue
Installation	installation	Sécurité des installations, Sûreté de fonctionnement, sécurité des biens.
Installation	opérateur	Ergonomie, sécurité de travail, sécurité des installations.
Opérateur	installation	Fiabilité humaine. Malveillance interne
Installation	population	Hygiène et santé publique, génie sanitaire. Hygiène et sécurité de l'environnement, médecine des catastrophes.

Population	installation	Malveillance externe
Installation	écosystème	Génie sanitaire, Ecologie, Hygiène et sécurité de l'environnement.
Ecosystème	installation	Risques naturels, médecine des catastrophes, urbanisme.

L'examen du **tableau I.7** montre que chaque point de vue peut être représenté par différentes disciplines.

Ces points de vue montrent le positionnement de la source et la cible, elles peuvent être tour à tour source et cible et vis vers ça. Comme on peut le voir dans l'exemple de l'opérateur et installation :

- Quand l'opérateur est la cible, le système de protection utilisé est la science de l'ergonomie.
- Quand l'installation est la cible, le système de protection est la fiabilité humaine, ou bien la malveillance interne. [16]

La méthode MOSAR

La présentation du modèle MADS de processus de danger a montré que ce modèle général constituait le fondement d'une méthode générale d'analyse des risques en indiquant l'enchaînement des événements qui induit les effets du flux de danger sur la cible. La méthode MOSAR (Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques) résulte directement du modèle MADS. Les objectifs de la méthode MOSAR consistent d'une part à rechercher les dysfonctionnements techniques et opératoires d'un système dans son environnement, dont l'enchaînement peut conduire à des événements non souhaités ou à des accidents potentiels et d'autre part à mettre en évidence les scénarios possibles d'accidents et à définir les barrières de prévention, protection et mitigation à mettre en place pour neutraliser les événements générateurs de ces scénarios. Sa démarche générale propose de décrire le terme étudié, d'identifier les dangers et les risques, d'évaluer les risques, de négocier les objectifs et de définir les barrières. La méthode est structurée, exhaustive. Quantitative si nécessaire et progressive. C'est une méthode participative, comme la plupart des méthodes d'analyse des risques, associant dans le groupe de travail tous les exploitants et intervenants de l'installation considérée. Le schéma général de la méthode MOSAR comprend deux modules (Pérlhion, 1990), (Edf. 1996) Pérlhion 1999b), (Pérlhion, 1999), (Pérlhion, 2000), (Pérlhion et al, 2001), (Pérlhion and Laurent, 2001a), (Pérlhion, 2002a). (Pérlhion, 2003) et (Pérlhion, 2007). Le module A constitue le support d'une analyse macroscopique des risques d'un système.

Le module B permet d'examiner le fonctionnement microscopique du système en recherchant. L'origine des risques principaux et fonctionnels mis en évidence avec le module A. [17]

A- Analyse macroscopique : module A

Ce module A s'appuie sur le modèle MADS pour identifier les sources de danger les flux, les cibles et les différents événements. L'objectif est de savoir, par exemple si le flux atteint la cible, quelles sont les probabilités de l'impact et des différents événements liés au processus de danger. Une fois ces probabilités déterminées, il est important de connaître la gravité des accidents Potentiels identifiés. En fonction de la limite d'acceptabilité fixée par la réglementation ou par l'entreprise, le risque est considéré comme acceptable ou non. S'il ne l'est pas, le module propose de définir des barrières de prévention, protection et mitigation pour réduire les effets inacceptable. La structure du module A constituée de cinq étapes présentées dans la figure I.10.

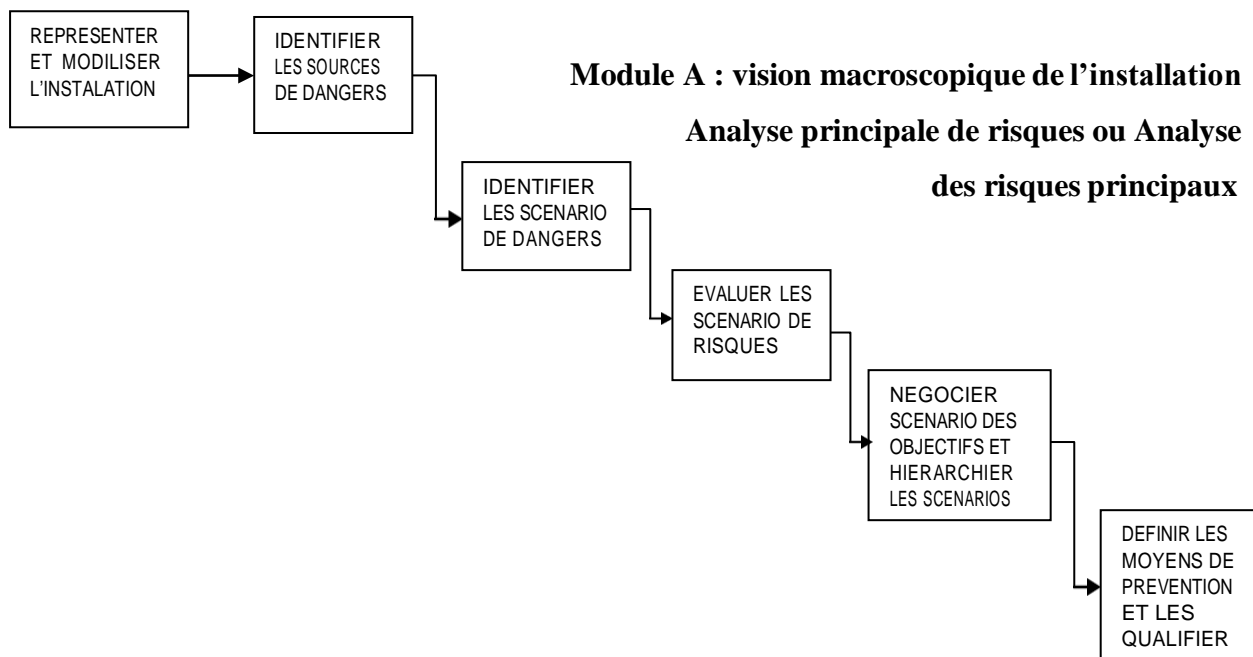


Fig.I.8: Structure simplifiée du module MOSAR A - d'après Périlhon et al (2001). [17]

Examinons dans les paragraphes suivants le contenu de chacune des étapes à mettre en œuvre :

a- Représenter l'installation

Une installation industrielle est un système complexe interconnectant des composantes techniques, humaines et organisationnelles. Malgré cette complexité, la première étape consiste à préciser l'environnement du système défini par l'installation et à découper le système installation en divers sous-systèmes. La condition impérative à respecter est évidemment de retrouver dans la somme des sous-systèmes l'intégralité de l'installation. Il existe plusieurs possibilités de découpage en sous-systèmes en utilisant des décompositions géographiques, hiérarchiques, topologiques, fonctionnelles. En fonction des critères de la systémique, chaque sous-système ainsi déterminé doit avoir un but, une

structure, une évolution, une activité et un environnement afin de garder une homogénéité dans la nature des sous-systèmes. Tous les schémas, plans, descriptifs et dossiers disponibles sont nécessaires pour cette étape. Il est recommandé de prendre en compte dans la mesure du possible les phases de vie de l'installation comme par exemple sa conception, son exploitation, sa maintenance [17]

- **Le système en sous-système pour faciliter à l'étude.**

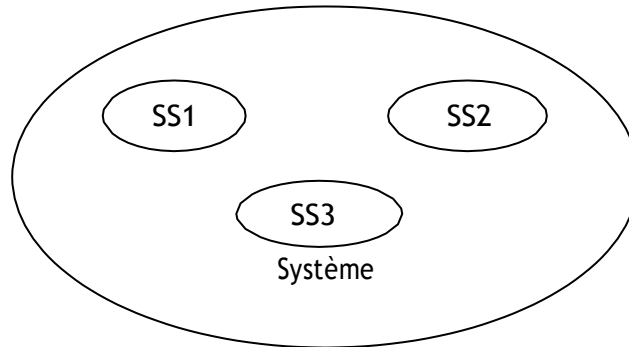


Fig.I.9: Décomposition du système en sous-système. [18]

b- Identifier les dangers et les scénarios d'accidents principaux

Le but de cette seconde étape est d'identifier les dangers, les risques et leur mécanisme d'apparition pour chacun des sous-systèmes. Pour effectuer ce travail la méthode MOSAR propose d'utiliser la grille "1" typologique des systèmes source de dangers, déjà indiquée dans la méthode d'analyse préliminaire des risques, mais à nouveau présentée ici en raison de son importance. [17]

Grille "1" : Typologie des systèmes sources de dangers.

- A- Systèmes sources de dangers d'origine mécanique :**
- A1 - Appareils sous pression ;
 - Gaz ;
 - vapeur diphasique ;
 - liquide ou hydraulique.
 - A2 - Eléments sous contrainte mécanique ;
 - A3 - Eléments en mouvement ;
 - Solide ;
 - Gaz ;
 - Liquide;
 - A4- Eléments nécessitant une manutention:
 - Manuelle ;
 - Mécanique.
 - A5- Sources al us d'origine physique autres que les appareils sous pression ;
 - A6 – Sources de chute de hauteur ;
 - A7-sources de chute de plein hauteur pied;
 - A8-Autre sources de blessures;
 - A9-sources de bruit et de vibrations.

B- Système sources de dangers d'origine chimique:

- B1- Sources de réactions chimiques;
- B2- Sources d'explosions des produits entre eux ou avec les matériaux;
 - en milieu condensé ;
 - en phase gazeuse.
- B3- Sources de toxicité et d'agressivité;

- B4- Sources de pollution de l'atmosphère et d'odeurs;
- B5- Sources de manque d'oxygène.

C- Systèmes sources de dangers d'origine électrique:

- C1- Electricité à courant continu ou alternatif;
- C2- Electricité statique ;
- C3- Condensateurs de puissance;
- C4- Courants hautes fréquences.

D- Systèmes sources de dangers de développement d'incendie:

- D1 - Sources d'allumage ;
- D2- Sources liées aux cloisonnements;
- D3- Sources liées aux matériaux;
- D4- Sources liées à la ventilation;
- D5- Sources liées à l'extinction.

E- Systèmes sources de dangers de rayonnements:

- E1- Ionisants;
 - rayons α , β , γ et x;
 - neutrons ;
 - contamination;
 - criticité.
- E2- UV, IR et visible;
- E3- Lasers;
- E4- Microondes ;
- E5- Champs magnétiques.

F- Systèmes sources de dangers de nature biologique:

- F1- Microorganismes (virus et bactéries) et prions ;
- F2- Modifications génétiques animales et végétales;
- F3- Sources liées aux animaux ;
- F4- Sources liées aux végétaux.

G- Systèmes sources de dangers liées au comportement humain :

- G1- Situation normale ;
- G2- Malveillance.

H- Systèmes sources de dangers liées à l'environnement :

- H1- Environnement actif artificiel:
 - installations industrielles;
 - modes de transport (circulations routière, ferrée, aérienne, maritime).
 - barrage.

H2- Environnement naturel;

- situation géologique (séismes, glissement de terrain...);

- conditions climatiques (gel, brouillard, pluie, foudre...);
- déséquilibres écologiques (inondation, tempête, sécheresse...);
- foudre ;
- épidémies et pandémies.

I-Systèmes sources de dangers d'origine économique et sociale :

- finances;
- migration;
- conflits et Grèves;
- criminalité ;
- violence ;
- grands rassemblements.

Cette grille de typologie des systèmes sources de dangers permet surtout d'identifier les dysfonctionnements techniques, malgré la présence des sources de dangers d'origine économique et sociale.

Dassens (2007) a proposé des grilles plus étendues permettant la prise en compte supplémentaire des dysfonctionnements organisationnels et sociaux. Elle définit deux familles respectives de sources de dangers internes et externes susceptibles d'impacter le système complexe étudié. La famille des sources de dangers internes comporte cinq systèmes :

A - Système économique :

- sources de dangers liées aux ressources financières ;
- sources de dangers liées aux choix financiers.

B- Système social :

- sources de dangers liées aux individus ;
- sources de dangers liées aux groupes d'individus.

C- Système organisationnel :

- sources de dangers liées à la stratégie;
- sources de dangers liées au management ;
- sources de dangers liées aux méthodes;
- sources de dangers liées aux instructions.

D-Système technique ;

E-Système environnemental de travail:

- sources de dangers liées aux conditions de travail;
- sources de dangers liées aux infrastructures;
- sources de dangers liées aux lieux de travail.

La famille des sources de dangers externes est distribuée dans cinq sphères:

A- Sphère économique :

- sources de dangers liées au marché et aux clients;
- sources de dangers liées aux autres acteurs économiques;
- sources de dangers liées aux risques financiers primaires.

B- Sphère sociale :

- sources de dangers liées à la société ;
- sources de dangers liées à la population.

C- Sphère politico-juridique:

- sources de dangers liées au contexte national ;
- sources de dangers liées au contexte local ;
- sources de dangers liées au contexte législatif et normatif ;
- sources de dangers liées au contexte professionnel.

D-Sphère technique;

phère environnementale;

Ces grilles permettent donc d'inventorier systématiquement les entités sources potentielles de danger et d'en dresser la liste pour chaque sous-système, ce qui constitue un guide de la recherche des flux de danger. il faut ensuite déterminer les différents processus de danger en examinant l'enchaînement des événements issus des sources de danger pouvant conduire à des événements nom souhaités constituant les scénarios d'accidents. La méthode propose l'outil du tableau A pour composer les scénarios courts d'accidents (**tableau I.5**). [17]

Tab.I.8: En-tête du canevas du tableau A de la méthode MOSAR. [17]

Type de système source de danger	Phase de Vie	Evénement Initiateur	Evénement Initial	Evénement Principal

❖ **Les mots clés:** [19]

- **De système source de danger:** système à l' origine des flux de danger.
- **D'événement initial:** événement qui caractérise le changement d'un système qui passe d'un état ou d'une situation normale a un état ou une situation défailante.
- **D'événement initiateur (interne ou externe) :** événement qui peut initier l'occurrence de l'événement initial.
- **D'événement non souhaite (ENS):** ensemble de dysfonctionnements susceptibles de provoquer des effets non souhaités sur les systèmes cibles. [19]

Pour chaque sous-système, le travail s'effectue ligne par ligne en commençant par les événements initiaux, puis en recherchant les événements initiateurs engendrant les événements initiaux et enfin en

répertoriant les événements principaux du flux de danger. il est recommandé d'une part de ne pas noter dans ce tableau les interférences avec les autres sous-systèmes pour éviter la construction confuse de scénarios et d'autre part de ne pas tenir compte des barrières de neutralisation déjà en place, ceci afin de permettre de juger ultérieurement de leur pertinence. Chaque sous-système peut alors être représenté par un scénario court sous forme **d'une boîte noire**, dont les entrées sont les événements initiateurs et les sorties les événements principaux ou flux de danger ou événements non souhaités (**Figure I.12**). [17]

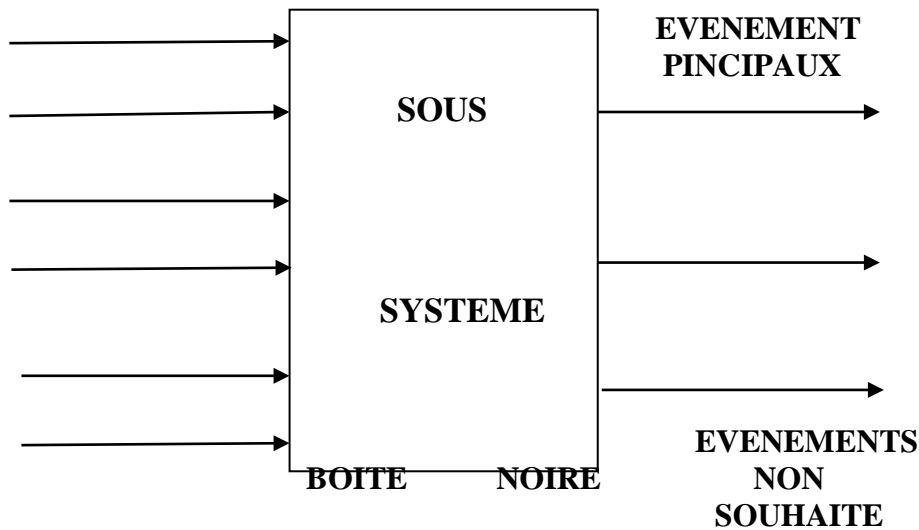


Fig. I.10: Schéma par boîte noire d'un scénario court. [17]

L'examen de chacune des boîtes noires par identification des entrées et des sorties montre l'existence d'une part de vrais scénarios courts et d'autre part la présence de scénarios d'autodestruction quand les sorties se bouclent sur des entrées de même nature. Les scénarios d'enchaînement d'événements non souhaités appelés scénarios longs sont alors générés en reliant les sorties des boîtes noires qui sont de même nature que les entrées des autres boîtes noires des scénarios courts élaborés auparavant. Cette concaténation de tous les enchaînements devient rapidement complexe ; aussi est-il conseillé de ne garder que des événements majeurs apparaissant en sortie des boîtes noires. Il est alors conseillé de représenter les scénarios longs plausibles aboutissant aux mêmes événements finaux sous forme de pré-arbres logiques.

c- Evaluer les risques principaux

L'objectif de cette troisième étape est d'évaluer pour les scénarios longs l'importance des accidents redoutés et leur impact sur les cibles potentielles. Cette évaluation peut être quantitative à partir par exemple des connaissances de base sur les explosions, les incendies, les débits à la brèche, les effets de

la dispersion toxiques, etc. En l'absence d'éléments de calculs disponibles, une évaluation qualitative est mise en œuvre sur la base du jugement et de l'expérience du groupe d'analyse, sur la prise en compte des dires d'experts et sur l'exploitation du retour d'expérience.

d- Négocier les objectifs globaux

Le but de cette quatrième étape consiste à positionner le travail précédent d'analyse par rapport à des objectifs, à la fois en hiérarchisant les scénarios et en discutant leur acceptabilité. L'outil mis en œuvre est constitué par des grilles gravité-probabilité-acceptabilité. Pour chaque cible, la grille simple gravité-probabilité est construite en adoptant deux axes comportant chacun un nombre pair de niveaux pour éviter la tendance naturelle à se placer à un niveau médian (**figure I.11**). L'ensemble des scénarios

évalués auparavant est alors mis en place dans la grille, où leur hiérarchisation en fonction du niveau de risque apparaît clairement.

L'acceptabilité est définie par une concertation et une négociation entre tous les acteurs du groupe de travail. La frontière entre l'acceptable et l'inacceptable. Limite à partir de laquelle le groupe estime le risque comme trop important pour le tolérer, est située pour obtenir la grille complète gravité - probabilité- acceptabilités (**figure I.12**).

L'examen de synthèse de la grille complète dédiée par exemple à une cible permet de définir des ordres de priorités pour les actions de neutralisation à envisager.

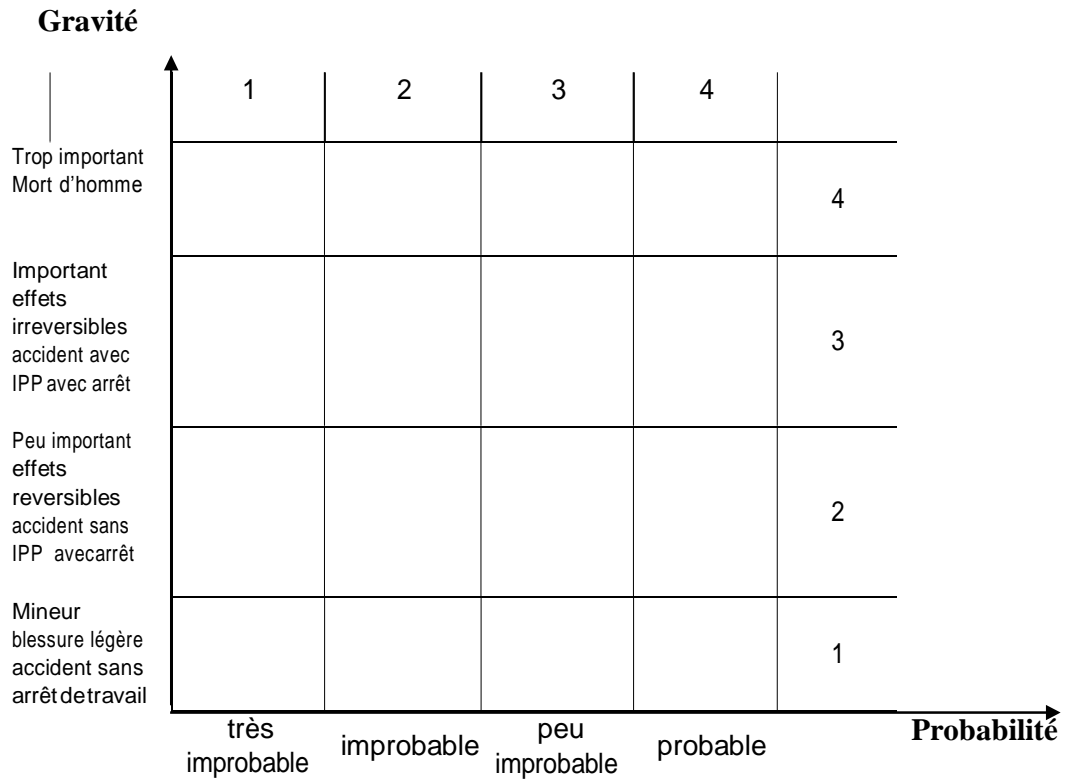


Fig.I.11: Schéma d'une grille gravité-probabilité dédiée à une cible. [17]

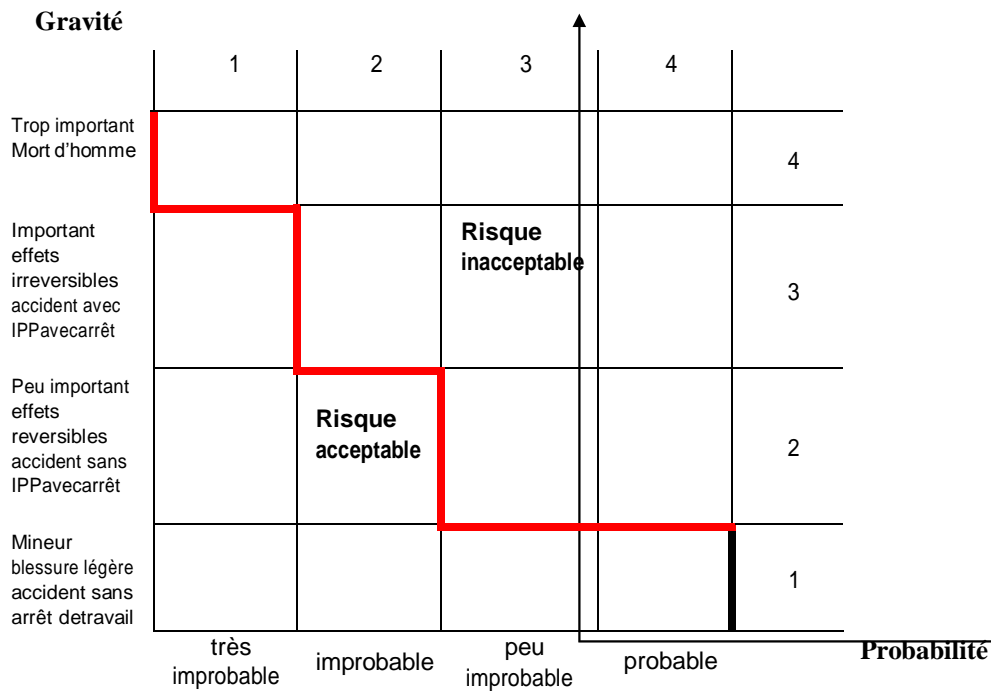


Fig.I.12: Schéma d'une grille gravité-probabilité-acceptabilité dédiée à une cible. [17]

e- Définir et qualifier les barrières principales

L'approche déterministe du modèle MADRS du processus de danger (Figure I.13) a montré le positionnement potentiel des barrières de prévention, protection et mitigation. Rappelons que la mise en œuvre des mesures de prévention consiste à identifier les barrières à placer au niveau du système source.de l'événement principal et des effets induits pour réduire la probabilité d'occurrence de l'événement non souhaité. Les moyens de protection consistent à envisager les barrières au niveau de système cible pour diminuer la gravité des dommages. Enfin la mise en place des barrières ultimes de mitigation doit atténuer et limiter les conséquences en cas d'accident. Cette étape de la méthode MOSAR distingue deux types de barrières :

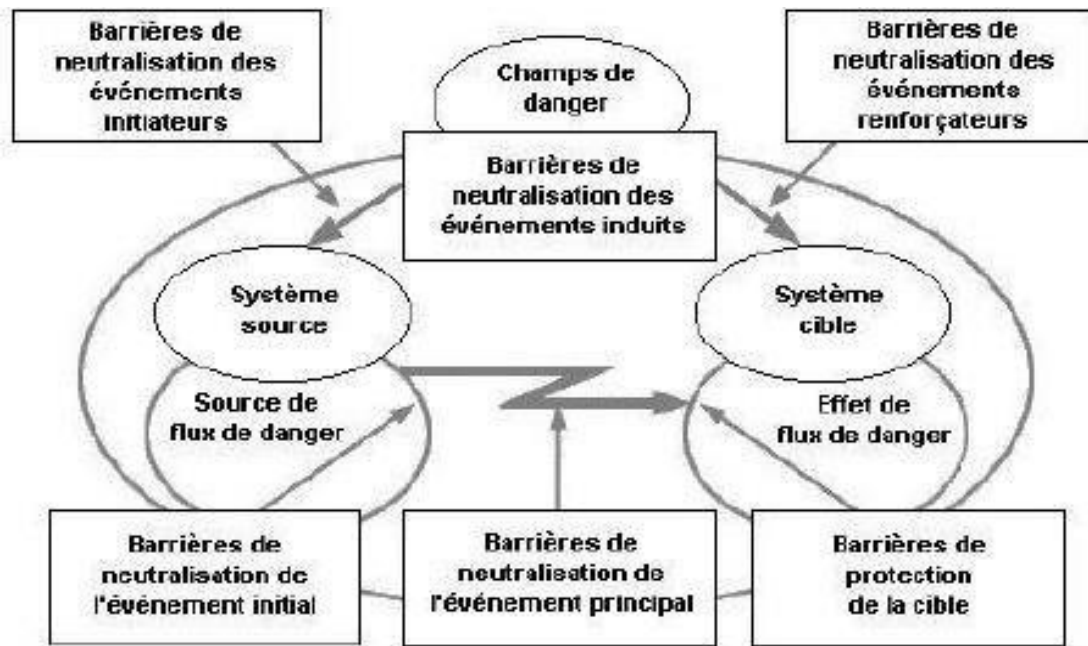


Fig.I.13 : L'approche déterministe du modèle MADS- d'après périlhon et al. (2001). [17]

Les barrières technologiques (BT), éléments ou ensembles technologiques faisant partie intégrante de l'installation et s'opposant automatiquement à l'apparition d'un événement préjudiciable à la sécurité et ne nécessitant pas d'intervention humaine.

Les barrières d'utilisation (BU), éléments nécessitant une action d'un opérateur humain reposant sur une consigne précise activée par un élément ou un ensemble technologique de détection ou par l'observation du procédé ; les barrières d'utilisation sont le plus souvent considérées comme étant plus faibles ou moins fiables que les barrières technologiques.

L'identification des barrières de neutralisation est réalisée à l'aide du tableau B pour chaque scénario **Tableau I.9** Ce tableau est construit à l'aide de la grille "2", qui constitue un guide adaptable et modulable en fonction du contexte Périlhon (1999 b).

Grille"2": Recherche des solutions pour éliminer les sources de danger ou en diminuer les risques :

- Module de conception :
 - recherche des principales solutions quant à la conception de construction ;
 - étude de protection collective.
 - climatisation et ventilation ;
 - élément important une installation en matière de prévention ;
 - recherche de son adéquation aux sources de danger (diagnostic) ;
 - recherche de sa conception pour répondre aux sources de danger.

- Module concernant le personnel :
 - protection individuelle du personnel ;
 - surveillance médicale ;
 - formation du personnel et habilitation ;
 - facteur d'ambiance ;
 - comportement humain.

- Module technique et règlementaire :
 - consignes, consignations et procédures ;
 - réglementation applicable ;
 - contrôles et vérifications techniques
 - télésurveillance, télédétection, télémessure et réseaux de communication ;
 - maintenance.

- Module des postes de travail :
 - définition et étude des postes de travail.

- Module concernant le champ spécifique et l'environnement :
 - implantation, Balisage, accès et circulations interne et externe ;
 - influence de l'installation en fonctionnement normal (étude d'impact) et lors d'un incident (étude de danger) sur l'environnement ;
 - eau ;
 - air ;
 - déchets ;
 - flore ;
 - faune ;
 - population.

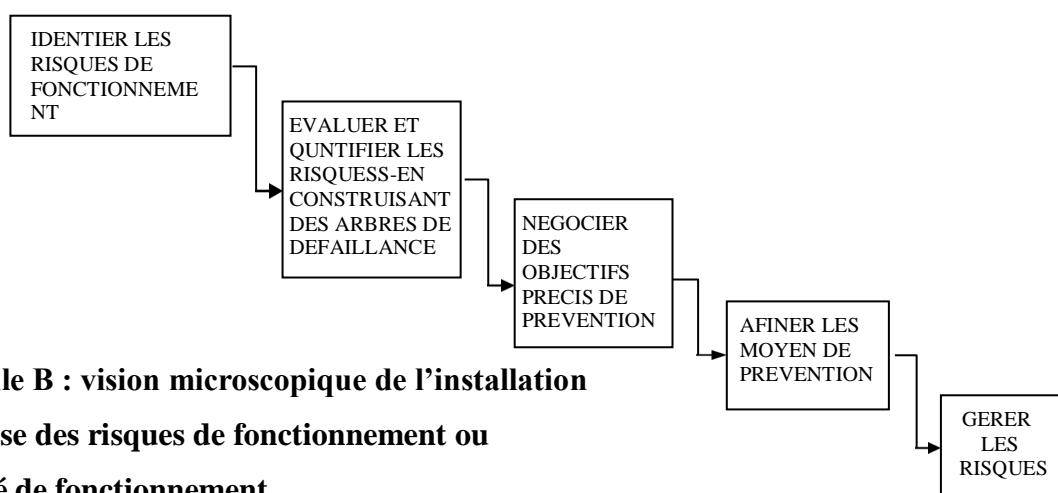
Tab.I.9: canevas du tableau B de la méthode MOSAR. [17]

Tableau B : identification des barrières			
Scénario	Scénario1	Scénario2	Scénario3
Phase de vie			
Conception			
Ventilation			
Protection individuel du personnel			
Surveillance médicale			
Formation du personnel			
Habilitation			
Facteur d'ambiance			
Comportement humain			
Consignes			
Consignations			
Procédures			
Règlementation applicable			
Contrôles et vérifications techniques			
Télésurveillances			
Maintenance			
Implantation			

Balisage, accès et circulations			
Influence sur l'environnement			
Fonctionnement normal			
Situation accidentelle			

B- Analyse microscopique: module B

Ce module B permet de réaliser une analyse détaillée de l'installation. Il s'intéresse essentiellement à la recherche des dysfonctionnements techniques des équipements, machines et appareillages d'une part, mais aussi à ceux des dysfonctionnements opératoires d'autre part. Globalement, la mise en œuvre du module B s'appuie sur les différents outils des méthodes d'analyse de risques. A partir des événements primaires des arbres logiques construits dans le module A, il est par exemple possible de rechercher l'origine des événements de nature technique en construisant des **AMDEC** sur les dispositifs concernés et de pratiquer la méthode **HAZOP** et/ou l'analyse d'opérations pour établir l'origine des événements de nature opératoire. La structure du module B est constituée de cinq étapes présentes dans **la figure I.14**



Module B : vision microscopique de l'installation

Analyse des risques de fonctionnement ou
Sûreté de fonctionnement

Fig.I.14: Structure simplifiée du module MOSAR B – d'après pérignon et al. (2001).

a- Identifier de manière détaillée les risques de fonctionnement

En reprenant les arbres logiques de la deuxième étape du module A, cette première étape du module B s'intéresse aux détails des dysfonctionnements techniques et opératoires constituant par les événements primaires de ces arbres. L'objectif consiste à préciser les événements initiateurs de ces événements. Le travail est effectué sur les éléments techniques en utilisant les outils tels que l'**AMDEC** et la méthode **HAZOP** par exemple.

La prise en compte du facteur humain intervient à part entière aussi dans cette étape en comparant les activités prescrites et réelles des opérateurs. La construction des arbres de défaillance illustre

l'enchaînement des événements identifiés conduisant au dysfonctionnement pour chaque élément concerné.

b- Evaluer les risques en construisant des arbres logiques du type arbres des défaillances et en les qualifiant

Cette deuxième étape a pour objet d'identifier et dévaluer les risques principaux. La synthèse des arbres logiques établis dans la deuxième étape du module A et des arbres de défaillances construits sur les dysfonctionnements techniques et opératoires dans la première étape du module B fournissent des arbres généraux de défaillances sur les risques principaux. L'intérêt de cette étape est manifeste car elle permet de :

- visualiser tout l'enchaînement combinatoire des événements générant les événements non souhaités ;
- mettre en évidence les possibilités de neutraliser ces événements en inhibant les événements primaires ;
- Identifier les modes communs ;
- Transcrire éventuellement l'équation d'un arbre en algèbre de Boole ;
- déterminer les coupes de l'arbre ;
- quantifier l'arbre en calculant la probabilité d'événement non souhaité.

c-Négocier des objectifs précis de prévention, protection et mitigation

La troisième étape s'intéresse à l'allocation et à la répartition des différentes barrières de prévention, protection et mitigation relatives aux événements non souhaités en utilisant les propriétés des arbres de défaillances. Une négociation entre les acteurs concernés est nécessaire pour fixer le nombre de barrières en fonction de la gravité des impacts.

La difficulté de cette phase est évidente en raison du choix potentiel entre les barrières technologiques et d'utilisation et de l'existence de plusieurs configurations possibles de répartition des barrières.

d- Définir les moyens complémentaires de prévention, protection et mitigation

Cette quatrième étape vise à affiner les moyens de prévention, protection et mitigation en essayant de résoudre la difficulté signalée dans l'étape précédente en examinant plusieurs critères possibles de répartition des barrières. Le critère recommandé est défini par le rapport coût-efficacité. Le coût des barrières peut être calculé ou au moins évalué. L'avantage en matière de sûreté et de sécurité des nombres et des configurations des barrières est apprécié. Un arbitrage décision s'impose quand les résultats s'avèrent contradictoires.

e- Gérer les risques : [17]

La dernière étape regroupe le récapitulatif des scénarios identifiés et recense les moyens d'intervention

organisationnelle mis en œuvre afin d'établir les plans d'intervention en cas d'accident, comme par exemple le Plan d'Opération interne (POD), afin de montrer qu'il est possible de faire face aux événements non souhaités et qu'il est possible d'en limiter les effets si les événements surviennent.

Avantages de la méthode MADS MOSAR

La méthode ainsi décrite : [20]

- Procède à une approche déterministe complétée par une approche probabiliste dans la mesure où l'on a pu quantifier les probabilités de scénarios d'accidents majeurs mis en évidence ;
- Introduit une phase de négociation sur les objectifs à atteindre impliquant si possible tous les acteurs concernés et faciliter ainsi la communication à tous les niveaux ;
- Intègre la réglementation applicable mais va plus loin en identifiant des moyens de prévention et de protection pour des événements qui ne sont pas pris en compte par cette dernière ;
- Intègre le retour d'expérience dans la genèse de scénarios et dans la recherche de barrières permettant de les neutraliser ;
- Construit une forme de démonstration de la sécurité qui permet d'établir une confiance aussi bien des acteurs internes que des acteurs externes ;
- Permet de disposer d'un document de référence qu'il est possible de tenir à jour en cas de modification et qui constitue un suivi de performance à travers l'assurance de la pérennité des barrières par leur qualification dans le temps ;
- Fait apparaître les modalités de management et d'organisation nécessaires pour le choix des barrières et l'assurance de leur pérennité. [20]

Conclusion

L'objectif du présent chapitre est de présenter les outils et les méthodes d'analyse des risques. Nous avons défini alors la notion du risque tout en mettant en évidence le processus d'analyse et de gestion des différents types de risques. Ensuite nous avons classifié les différentes méthodes d'analyse des risques en méthodes qualitatives et quantitatives. Les méthodes d'analyse qualitatives de risque sont développées où on a mis en évidence leurs principes de fonctionnement, leurs limite d'utilisation ainsi que leurs avantages et inconvénients de chaque méthode.

II. Introduction

Pour l'analyse des risques dans le centre GPL de Batna, on peut utiliser plusieurs méthodes disponibles d'analyse des risques comme outils de base. Ces dernières permettent, à travers l'étude des systèmes, d'identifier les principaux scénarios d'accident probables. Les résultats de ces études permettent de hiérarchiser les risques et facilitent la mise en place des moyens de protection et/ou de prévention nécessaires à la maîtrise des risques.

Pour cette raison, nous proposons d'utiliser l'approche MADS/MOSAR (méthodes organisée et systémique d'analyse de risques) parmi d'autres, qui est une méthode globale d'analyse de risques, et qui s'inspire largement des concepts de la Systémique.

La méthode MADS MOSAR a permis de proposer des mesures de prévention et de protection destinées à accroître la maîtrise du risque sur le site.

La méthode MOSAR d'analyse globale de risques se compose de deux modules A et B complémentaires.

Le premier a pour but d'identifier les dysfonctionnements de nature technique ou opératoire et leurs interactions, dont l'enchaînement peut conduire à des événements non souhaités, des accidents par exemple. Ce module A va permettre de générer les scénarios d'accidents pouvant mettre en jeu des dysfonctionnements de natures différentes, en ayant une vision macroscopique ne rentrant pas dans le détail du fonctionnement de l'installation.

Le deuxième niveau, le module B, va rechercher, à partir des résultats du module A, l'origine des événements, événements apparaissant comme événements primaires dans les arbres logiques fournis par le module A. Ce module fait entrer dans le fonctionnement de l'installation.

Les événements considérés sont de nature technique principalement.

Pour chacun des deux modules, MOSAR se compose de cinq étapes successives pour chaque module décomposables en sous étapes et basées avant tout sur le modèle d'accident MADS.

Section 01 : Présentation de l'entreprise NAFTAL et de sa branche GPL

II.2.1.Historique [21]

L'entreprise **NAFTAL** est la première entreprise algérienne spécialisée dans la distribution et la commercialisation des produits pétroliers. Filiale à 100% de **SONATRACH**, elle a été créée en 1987. Il faut noter qu'après 1971, la distribution des produits pétroliers en Algérie, était confiée à la division « **Marché Intérieur** » relevant de **SONATRACH**.

Le décret N°80-101 du 06 avril 1980 crée L'ERDP pour prendre en charge les activités de raffinage et de distribution des produits pétroliers sur le marché national, elle entre en activité le 01 janvier 1982.

Le décret N°87-189 du 27 août 1987 restructure ERDP en deux entreprises publiques économiques : **NAFTEC** : chargée du raffinage du pétrole.

NAFTAL : chargée de la distribution et commercialisation des produits pétroliers.

En 1998, NAFTAL et suite à l'exécution d'un plan de redressement interne change son statut en SPA. Par la signature du contrat avec le bureau international Accenture France, l'entreprise affiche sa détermination de parachever les réformes structurelles au cours de l'année 2005 à travers la séparation des activités logistique de la fonction commercialisation : elle opte pour une organisation segmentée par activité.

En effet les cinq domaines d'activité de **NAFTAL** sont organisés en 05 branches :

1. Carburants,
2. Lubrifiants,
3. Commercial,
4. International,
5. GPL.

Présentation de l'unité

Le district GPL Batna est composé d'un centre enfûteur Batna, mini centre enfûteur Biskra, trois dépôts relais situés au niveau des communes Barika, Merouana et Arris. Ce dernier a été converti à un micro centre enfûteur pour satisfaire les besoins de la région en gaz butane. Revenant au centre enfûteur GPL Batna qui est le sujet de notre stage pratique, alors le centre se situe à l'est de la zone industrielle de Batna, a été réalisé en date du 11 novembre 1977 sur une surface 68 215 m², avec deux sphères butane d'une capacité de 1000 m³ et deux cigares propane d'une capacité de 150 m³ et un carrousel SAETRAM de 24 bascules d'emplissage des bouteilles.



Fig. II.1: deux cigares propane. [21]

En 1986 le centre a connu l'extension d'une troisième sphère mixte d'une capacité de 2000m³, et l'installation d'un deuxième carrousel de 24 bascules d'emplissage PAM, ceci pour Satisfaire les fortes demandes en gaz butane à l'époque.

En 2007, le centre a connu la rénovation du carrousel d'emplissage SAETRAM anciennes bascules mécaniques d'emplissage B13 Kg par un carrousel d'emplissage à débitmètres massiques CRISPLAN, des équipements de contrôle d'étanchéité et des équipements de contrôle de poids modernes, des détecteurs de gaz et flamme, un extracteur de gaz ont été installés au niveau du hall d'emplissage, des capacités de stockage vrac, zone de Chargement et déchargement des citernes et de la pomperie GPL.

En 2015, le centre a connu la rénovation des trois bascules d'emplissage du P35Kg, B03 Kg qui peut être utilisée pour l'emplissage des nouvelles bouteilles B06KG à valves. Le centre enfûteur de Batna travail en régime de deux équipes de production par quart matin et soir, une troisième équipe est installée en période hivernale, la production journalière moyenne est de 14000 bouteilles par jour.



Fig. II.2: sphère de butane. [21]

Les activités de l'unité

Les activités essentielles au niveau du centre enfûteur Batna sont réparties en quatre activités :

L'activité de transport

Le centre enfûteur de Batna dispose d'une flotte de transport composées de :

- 18 citernes butane, propane et Sirgaz
- 16semi- remorque tracteurs
- 04 camions livreurs B13kg

L'opération de transport est régie par le décret exécutif N°03-452 fixant les conditions particulières relatives au transport de matières dangereuses, cette activité est assurée par

un chauffeur CA, avant de sortir du centre, le Chauffeur doit effectuer la pesée de son camion-citerne à vide au niveau du pont bascule ceci après avoir contrôlé toutes défaillances apparentes de son attelage, puis il prend la route pour le ravitaillement en gaz butane ou propane vrac à partir de Skikda ou Khroub, en tenant compte de respecter le code de la route le nombre de rotations varie d'une à deux rotations par jour.

Activité de chargement –déchargement et stockage GPL

Une fois le produit butane et propane vrac arrivé au centre enfûteur Batna, le camion-citerne sera dirigé vers un pont bascule pour pesage de la quantité ravitaillée, ensuite vers la zone de déchargement ou de dépotage ou le produit sera transvasé de la citerne vers les capacités de stockages zone réservée à cet usage, le butane vers les sphères et le propane vers les cigares l'aide d'un compresseur à gaz à travers la tuyauterie, et inversement pour le mélange butane et propane connu par Sirgaz. Cette opération est assurée par un ouvrier mouvement produit extérieur en présence du chauffeur et un API en tenant en compte le respect des consignes de Sécurité.

Activité conditionnement des bouteilles butane et propane

Au niveau du hall d'emplissage s'effectue l'opération de conditionnement des bouteilles de gaz ,il s'agit de remplir du gaz butane et propane liquide dans des bouteilles à savoir :

- Bouteilles B13 Kg remplies 13kg de butane.
- Bouteilles B03 Kg remplies 03Kg de butane.
- Bouteilles B06 Kg remplies 06Kg de butane.
- Bouteilles P11 Kg remplies 11Kg de propane.
- Bouteilles P35 Kg remplies 35Kg de propane.

L'opération s'effectue à partir des capacités de stockage butane ou propane vers le hall d'emplissage à l'aide des pompes à gaz à travers la tuyauterie au niveau des deux carrousels de 24 bascules d'emplissage, une ligne B03Kg et B06Kg de 03 bascules d'emplissage et une ligne P35Kg de 03 bascules d'emplissage et enfin une bascule stationnaire de P 11Kg.

Activité de commercialisation des bouteilles GPL

Une fois le produit butane et propane est conditionné selon les critères de qualité et sécurité les bouteilles seront passées sur un convoyeur vers la zone de palettisation ou ils seront injectées dans des palettes de 35 bouteilles B13kgs, un chariot élévateur conduit par un cariste est utilisé pour la manutention de levage sur un camion de livraison B13Kg, une fois le camion est chargé, le chauffeur CR prend sa destination au niveau des points de vente, dépôts Naftal ou stations GD

pour la commercialisation et vente. En tenant compte de respecter le Code de la route. [21]

Présentation de sous -système 01 " la sphère stockage " A-

Description générale

La sphère est installée en 1986, elle est composée du plaques métalliques assembler par soudure (forme d'un sphérique), supporter par neuf pieds métallique enrober par ignifugeag (couche peinture,

bitume et béton) avec une échelle d'exploitation à laquelle soudé plusieurs tubulures (sorties) dans laquelle soudé en mente tous les accessoires de sécurité et d'exploitation

- Spécification de la sphère:

- Fluide à stocker : propane ou butane de type commercial;
- Volume de la sphère :2000 m³ ;
- Poids: 450T vides;
- Niveau max de liquide : 85 %;
- P_{max}:7.33 bars (pression de tarage);
- P_{min}:1 bars ;
- T°= -5° C ; T°= 45 °C (variable);
- commence à T°= 45 °C (thermostat réglée à 45 °C);
- Pressostat (compresseur)= 19 bars
- Soupape de sécurité (compression= 21 bar);
- Soupape de ligne (extension thermique)= 25 bar.

B- Accessoire de la sphère:

La sphère de GPL est équipée de quatre types d'accessoires répartis selon leur fonctionnement: accessoire d'accès, de contrôle, d'exploitation et de sécurité.

• Accessoire d'accès

- **Escalier** : Equipe d'un garde-corps penné l'accès au point haut de réservoir pour la vérification et la lecture des différentes valeurs indiquées par les accessoires de contrôle.

- **Trous d'homme**: Chaque sphère doit contient deux trous d'homme l'un en haut et autre en bas du réservoir permettant l'accès à l'intérieur de la sphère en cas de nettoyage ou de vérification de l'état du métal.

- **Une échelle intérieure**: Lie les deux trous, et pennés la visite de toute la sphère et de surface intérieur.

- **Accessoire de contrôle**

- **Indicateur de pression:** Situé en haut de la sphère permet de donner la pression de la partie gazeuse de produit stocké.

- **Indicateur de température:** Il existe deux indicateurs de température, pour indiquer la température du liquide stocké, l'un situé en haut et l'autre en bas de la sphère.

- **Indicateur de niveau:** Chaque sphère équipée par trois indicateurs de niveau: indicateur de niveau très bas; indicateur de niveau bas et indicateur de niveau haut. ces indicateurs indiquent les niveaux de remplissage et de vidange de la sphère pour éviter les surpressions et les dépressions dans cette dernière pendant ces deux opérations.

- **Accessoire d'exploitation:**

Ce sont les différents tubulaires placés sur les parties inférieures et supérieures de la sphère qui communiquent avec l'intérieur de la sphère telle que les vannes automatiques et les soupapes d'exploitation.

- **Accessoire de sécurité:**

Ce sont les organes et les équipements qui assurent la protection de la sphère contre les surpressions, les fuites, les incendies, les explosions, etc. Parmi ces accessoires citons : les soupapes de sécurité, les détecteurs de gaz et de flamme, les courants de refroidissements

-**Sur la calotte supérieure :** il existe 3 tubulures de dimensions 4 supportant trois batteries de soupape de sécurité, thermostat, manomètre, détecteur de niveau de liquide 85 %, purge manuel.

-**Sur la calotte inférieure:** Tubulure supporte une sonde température pour l'indication locale à distance (thermomètre), tubulure pour purge inférieure et prise d'échantillon.

La sphère dotée d'un système anti-incendie et de refroidissement composé de tuyauteries, couronne sur laquelle sont montés des pulvérisateurs d'eau avec un champignon disposé sur la calotte supérieure.

C- Fonctionnement du système (Le chargement de la sphère)

L'approvisionnement en gaz s'effectue par camion-citerne celui-ci après avoir pesé sur une bascule stationne au niveau de la zone de déchargement.

Le déchargement de la citerne vers les capacités de stockage s'effectue de la manière suivante:

- ✓ Un compresseur à gaz aspire la phase gazeuse de la sphère (P1=2 à 3 bars), la comprime au passage (P2=5 à 6 bars) et le refoule par la tuyauterie vers la citerne au niveau de poste de déchargement.
- ✓ Sous l'effet de la pression de gaz, le liquide est refoulé par l'intermédiaire d'une tuyauterie vers les capacités de stockage (sphère ou cigare).

- ✓ L'indicateur de niveau sonore déclenche pour stopper cette opération quand le liquide arrive à un niveau de 85 % du volume total de sphère.

D- Description détaillée des sous systèmes 01 (sphère de stockage):

On peut décomposer notre sous-système 01 (sphère de stockage) en quatre équipements :

Equipement 01 : sphère et son accessoires

- Corps de la sphère
- Pieds de la sphère
- La soupape de sûreté S
- La mise à la terre
- Thermomètres
- Indicateur de niveau sonore LAH
- Télé jaugeur et transmetteur
- Purge manuel
- Prise d'échantillon P
- Vanne d'isolement de la sphère
- Manomètre P₁

Equipement 02 : circuit de dépotage

- Tuyauterie
- Soupape d'extension ST
- Clapet hydraulique W
- Vannes manuelles B
- Compresseur à gaz

Equipement 03 : circuit d'emplissage

- Tuyauterie
- Soupape d'extension ST

- Clapet hydraulique W
- Vannes manuelles B
- Vanne différentielle
- Pompe à gaz
- Clapet anti-retour

Equipement 04 : circuit d'arrosage "de refroidissement de la sphère

- Tuyauterie d'eau (courant de refroidissement)
- Thermostat

- Vanne motorisée
- Pompes jockey électrique

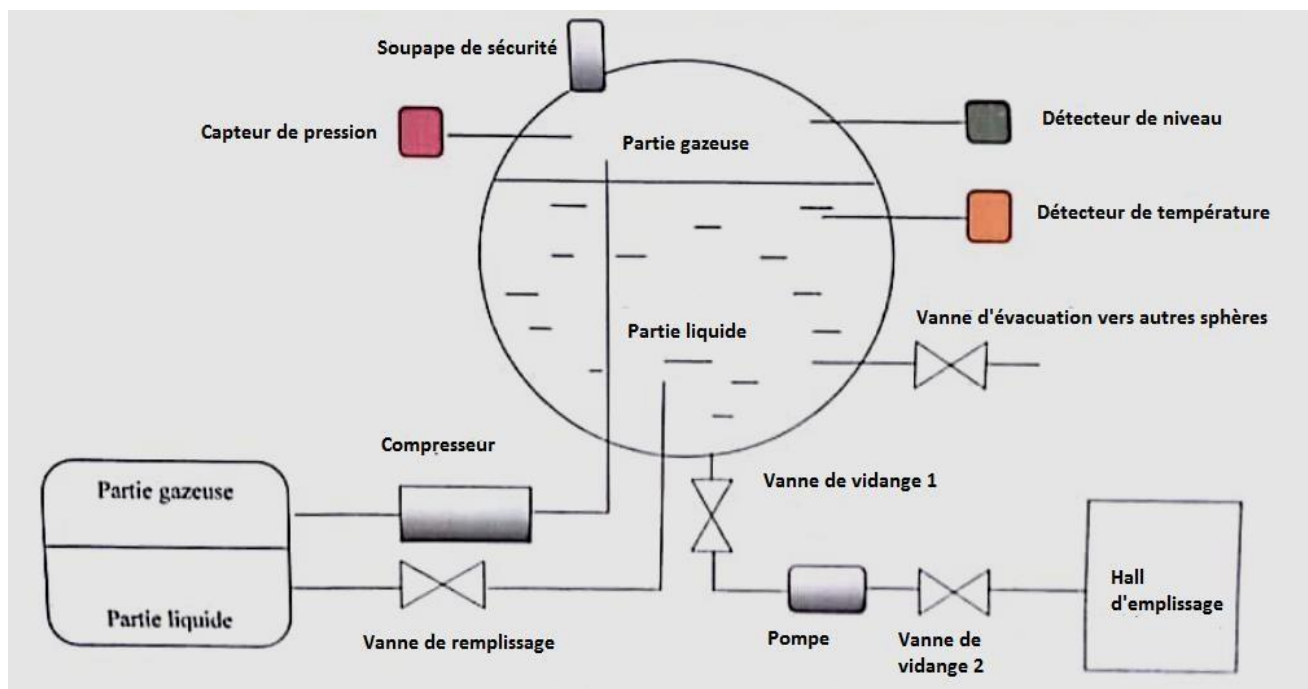


Fig.II.3: modèle d'une sphère de GPL. [21]

Présentation de sous-système 02 Hall d'emplissage

A- Les activités de l'atelier :

Le conditionnement des bouteilles butane s'effectue au niveau d'un atelier dit Hall d'emplissage dans lequel les bouteilles entrent dans une chaîne de convoyeur jusqu'au carrousel équipé de 24 bascules d'emplissage (qui contiennent des pinces d'emplissage), après le recharge des bouteilles (à 13 Kg), elles passent pour la mise en place des joints et des écrous de sécurité puis le contrôle de l'étanchéité des robinets. Toute bouteille présentant une anomalie est alors éjectée. Les bouteilles sont prêtes à être livrées à la commercialisation.

B- Structures existantes (machines et activités de postes):

Il existe des installations qui assurent le fonctionnement de conditionnement des bouteilles de telle que :

- Convoyeur des bouteilles
- Tableau électrique
- Chaîne d'emplissage des bouteilles

- Bascules de contrôle des bouteilles
- Pincés d'emplissages des bouteilles
- Système de détection de gaz (14 détecteurs de gaz)
- Détecteurs de feu (9 détecteurs de flamme)
- Extincteur à poudre sèche
- Affichage des consignes d'exploitation
- Affichage des consignes de sécurité générales (interdiction et obligatoire)
- Poste incendie Alarmes Extincteur CO₂

- Les activités de postes dans le Hall d'emplissage composent de :

- Un chef d'équipe
- Un trieur des bouteilles
- 01 O.S chaine (ouverture de robinet)
- Un ouvrier d'emplisseur
- 01O.S chaine (fermeture de robinet)
- 01 O.S chaine (mise en place jointe)
- 01O.S chaine (mise en place écrous de sécurité)
- 01 O.S chaine (contrôle de l'étanchéité robinet)
- Un agent technique de prévention (contrôle de production)
- Un électricien industriel
- Un mécanicien industriel

C- Organisation de sécurité dans la Hall d'emplissage:

Lorsqu'un dysfonctionnement survenue, une section de sécurité industrielle intervient au niveau des sections d'exploitations, de maintenance et d'administration pour assurer à sécurité les installations fixes et La sécurité des travailleurs.

- La sensibilisation de tous les opérateurs qui manipulent les équipements de productions pouvant provoque des risques liées au produit 'butane', ce sensibilisation incluse:

- Une formation continue des opérateurs
- Organisation des cumulations de lutte contre l'incendie
- Affichage des consignes d'exploitation pour tous les travailleurs
- Affichage des consignes de sécurité et de signalisation
- Projection des films des cas des sinistres...etc.

- Gestion des postes de travail par une fiche de poste de travail soit affichée pour déterminer les consignes d'exploitations à savoir:

- Le port obligatoire de terme de travail

- Le port obligatoire des gants et chaussures de sécurité
- Interdiction de fumer
- Interdiction de d'utiliser des matériels étincelant
- Interdiction d'utiliser le portable ou autre source d'énergie
- Interdiction de jeter les bouteilles sur terre...etc.

- Le contrôle des machines et des moyens de préventions:

- Le contrôle de reprouver des bouteilles.
- Le contrôle annuel des installations électriques
- Le contrôle semestriel des extincteurs par les services de Naftal maintenance
- Un control visuel journalier des postes d'incendie
- Un essai mensuel des moyens d'alertes: alarme, sirène, arrêt d'urgence, détecteur de feu et de flamme
- Essais journaliers des pompes anti-incendie...etc.

D- Description détaillée de sous-système: On peut le décomposé en principaux composants qui sont:

- Poste de chargement / déchargement
- Palettiseuse
- Moteur électrique
- Réducteur
- Mise à la terre
- Vanne auto-pneumatique
- Pince d'emplissage
- Débit mètre massique
- Vérin pneumatique
- Bascule de contrôle
- La tête de détection Moteur électrique +extracteur de gaz
- Détecteur de gaz ou de flamme
- Tuyauterie gaz
- Opérateur et Habillement. [21]

Les Risques associés au centre emplisseur [22]

Sur le centre GPL de Batna ne sont présents que des gaz inflammables liquéfiés butane et propane, il n'y a pas de produit toxique. Du fait du caractère très inflammable de ces gaz, les phénomènes accidentels les plus probables sont des explosions et/ou des incendies. Ces accidents ont tous une cinétique rapide, c'est à dire qu'ils surviennent et se développent instantanément. Tous les accidents

susceptibles de se produire sont décrits ci-dessous, regroupés par type. Ils génèrent des effets de surpression et des effets thermiques simultanément ou non: feux ou explosions de gaz et éclatements de réservoir.

Feux de gaz (ou jets enflammés)

- **Origine:** rupture de tuyauterie ou de bras de chargement déchargement de camion citerne et inflammation de la fuite de gaz ainsi générée.
- **Effet:** thermique (brûlures).

Explosion de gaz (ou UVCE)

- **Origine:** fuite de gaz suite à la rupture d'un élément de tuyauterie, formation d'un nuage puis inflammation de celui-ci générant une explosion plus ou moins violente selon le niveau de confinement de la zone.
- **Effet:** onde de surpression (effet de souffle), projections de débris.

Eclatement d'un réservoir (ou BLEVE)

- **Origine:** explosion complète d'un réservoir sous pression contenant un liquide dont la température est très supérieur à sa température d'ébullition.
- **Effet :** thermique (brûlures), surpression (effet de souffle) et projections de débris.

Ces accidents peuvent se produiraient à différents endroits de l'installation où sont stockés ou manipulés les gaz à savoir:

- ✓ les zones de stockage (sphères, cigare, et bouteilles) ;
- ✓ les canalisations (tuyauteries, pipeline) ;
- ✓ les zones de remplissage (remplissage des bouteilles, des camions et des sphères elles mêmes). [22]

III. Section 02 : Application de la méthode MADS-MOSAR au centre GPL:

III.1. Etape préliminaire : modélisation du système et décomposition en sous-systèmes

SS 1: les sphères de stockage.

SS 2: Hall d'emplissage.

SS 3: Station chargement et déchargement.

SS 4: canalisation pour produits

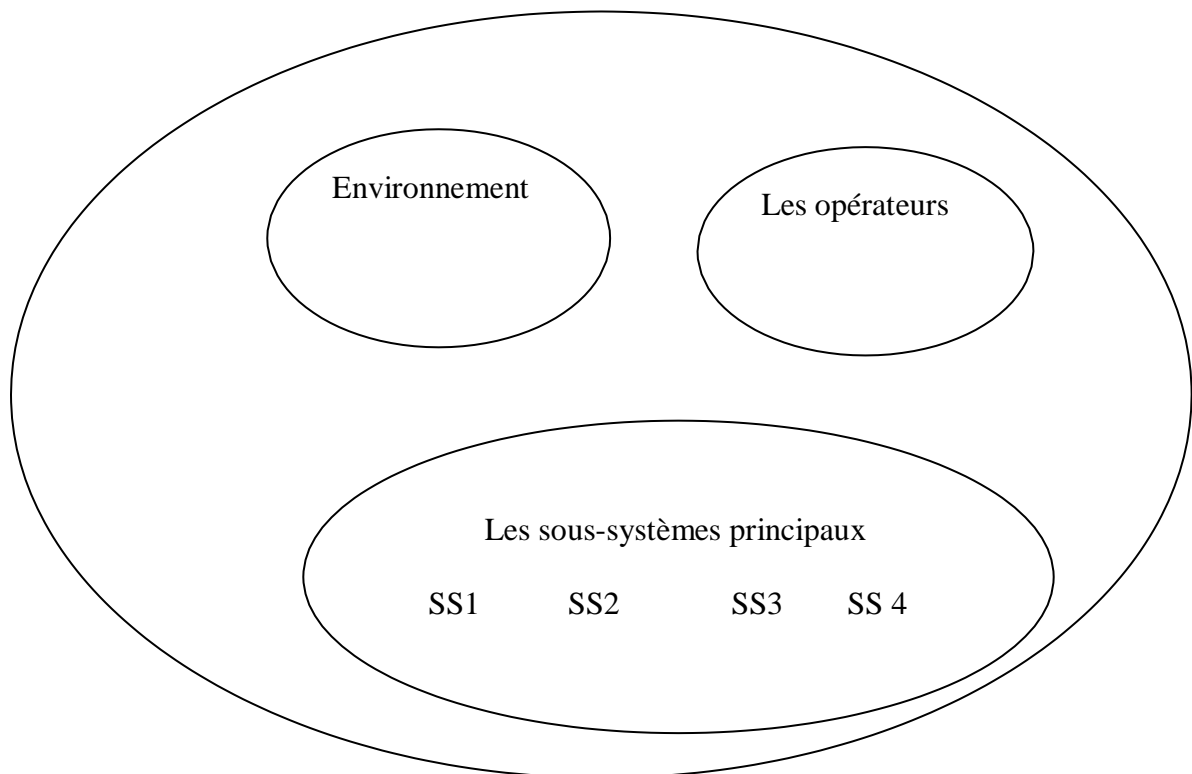


Fig.III.1: modélisation du système et décomposition en sous-systèmes.

Pour cela, on utilise le modèle **MADS** (Méthodologie de dysfonctionnement des Systèmes) qui modélise le processus de danger de la manière suivante :

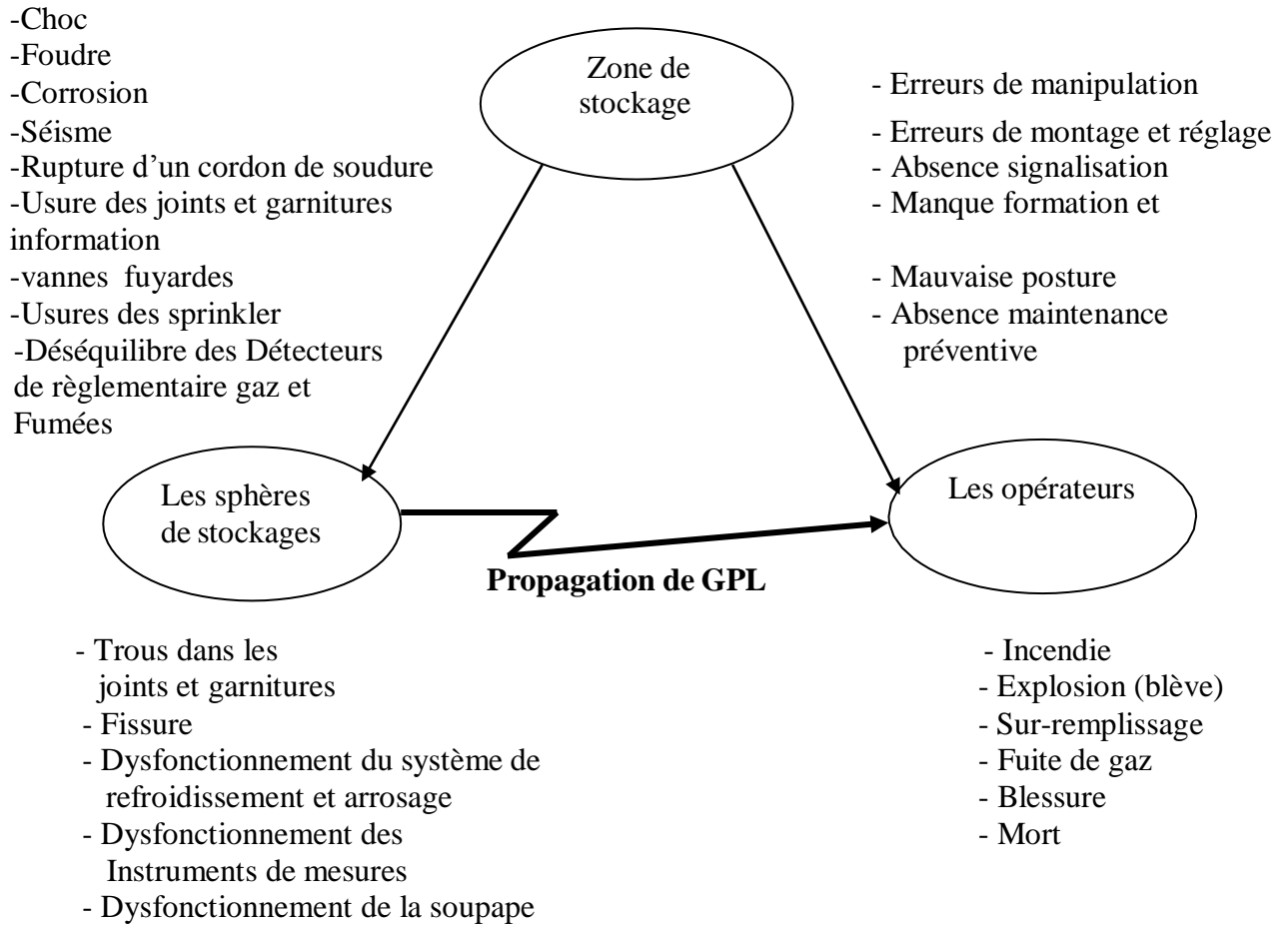


Fig.III.2: Modèle MADS pour l'événement non souhaité cas de propagation de GPL.

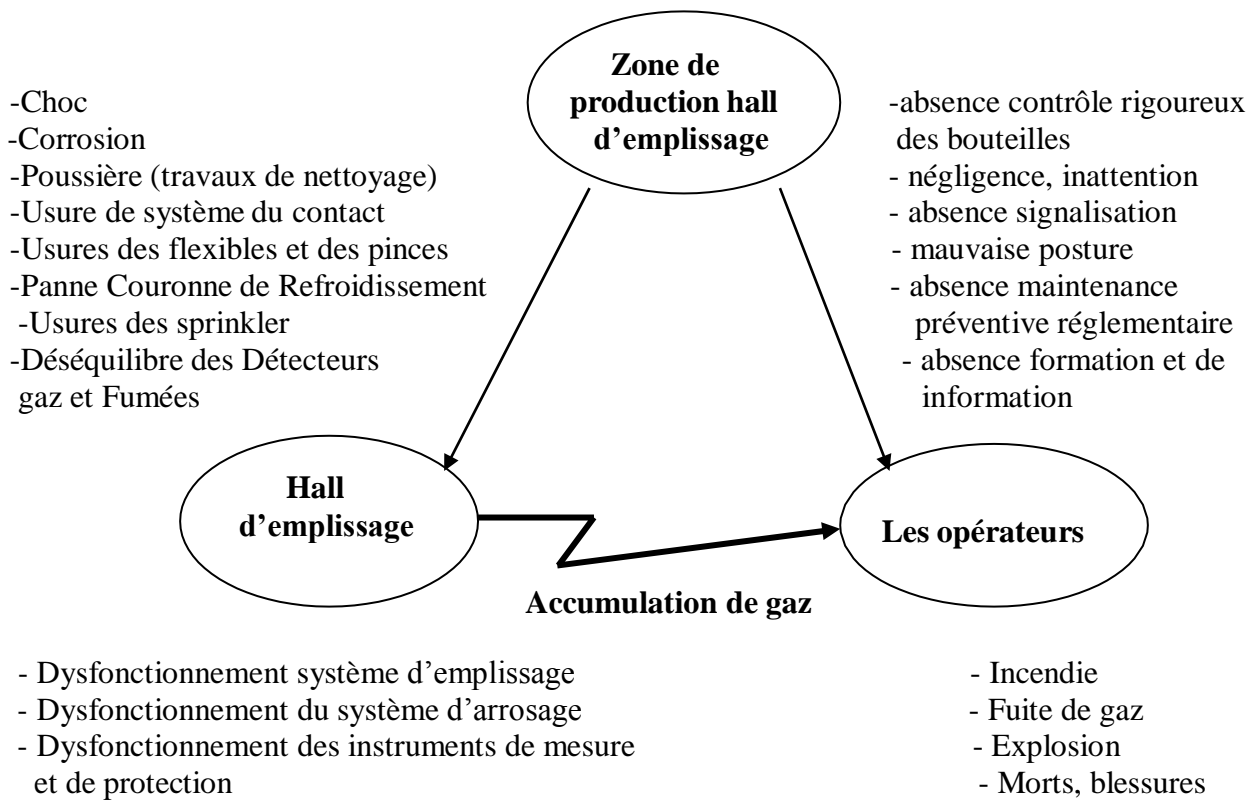


Fig.III.3: Modèle MADS pour l'événement non souhaité cas d'accumulation.

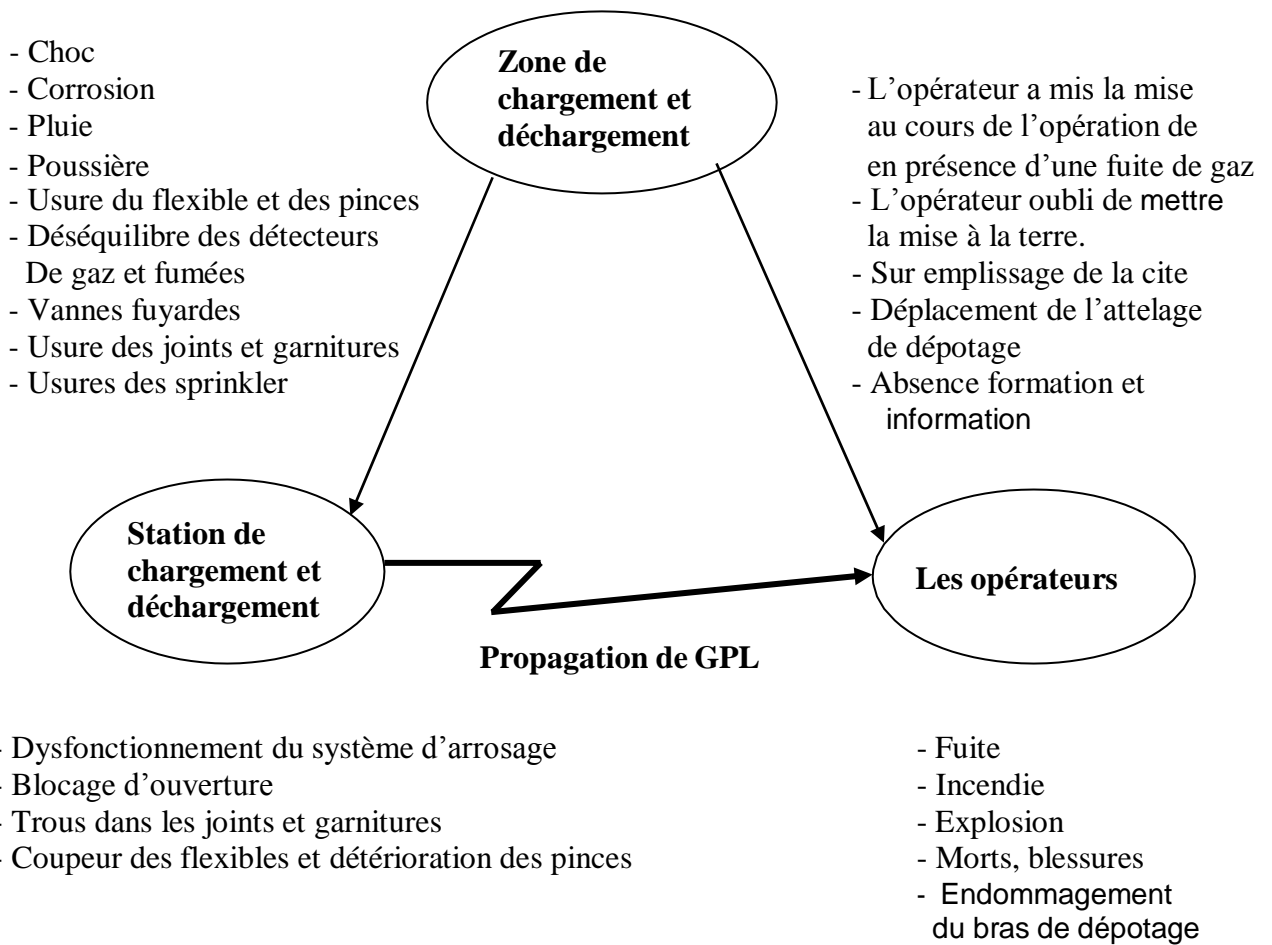


Fig.III.4: Modèle MADS pour l'événement non souhaité cas de propagation de GPL.

Une première étape du MADS MOSAR module A : analyse macroscopique des risques :

identification des sources de dangers :

Le premier travail est d'identifier les sources de danger de chaque sous-système ou d'identifier en quoi chaque sous-système peut être source de danger. On remplit alors la première colonne du **tableau III.1**: ci-dessous.

Tab. III.1: identification des sources de dangers

Types de Systems sources de danger	Phase de vie	Evénements Initiateurs		Evénements initiaux		Evénements principaux
		Externe	Interne	Liés au Contenant	Liés au contenu	
Système SS2 : les sphères de stockage						
Le corps et les pieds de la sphère	exploitation	-Foudre -Corrosion -Séisme -Vent -Gel	-Rupture d'un cordon de soudure	-Fissure -Ecrasement -Rupture -Détérioration -Perte d'équilibrage -Elévation de la température du métal	-Elévation de la température et la pression	Fuite Explosion (BLEVE) Incendie Morts Blessures
Instruments de mesures	exploitation	Choc Corrosion Erreur de Manipulation	Usure de système du contact et Signal Alarme	Dysfonctionnement des instruments de mesures	Indication erroné	Sur remplissage Excès de Pression Fuite Explosion (BLEVE) Incendie Morts Blessures
Les vannes	exploitation	-Choc -Corrosion des Joints -vannes fuyardes -mauvaise maintenance	La qualité de choix Usure des joints et garnitures	-Blocage d'ouverture	Trous dans Les joints et garnitures	Fuite Blessures Incendie Morts Blessures Explosion

Système de refroidissement et arrosage	Exploitation	-Choc -Corrosion - Pluie -Poussière (travaux de nettoyage)	-Usures des sprinkler -Déséquilibre des détecteurs de gaz et Fumées -Signale non Adéquate	Dysfonctionnement du système de refroidissement et arrosage fonctionnement retard de système d'arrosage	Dysfonctionnement du système de refroidissement et arrosage fonctionnement retard de système d'arrosage	Fausse alerte Fuite Explosion Incendie Morts Blessures
Les soupapes	Exploitation	- Erreurs de montage et réglage -corrosion	--Perte d'élasticité du ressort	Dysfonctionnement De la soupape -panne au niveau de soupapes -blocage	-Crachement Continu et évacuation de gaz vers l'atmosphère Dysfonctionnement De la soupape	- SUR Remplissage Excès de Pression Fuite Explosion (BLEVE) Incendie Morts Blessures
Mise à la terre	Exploitation	-Choc -Maladresse	Mauvaise choix des câbles	-Dénueement du Câble Pas de liaison à la terre	Accumulation des charges statiques causer étincelle	Explosion

Types de Systems sources de danger	Phase de vie	Evénements initiateurs		Evénements initiaux		Evénements principaux
		Externe	Interne	Liés au contenant	Liés au contenu	
<i>Système SS3: Hall d'emplissage</i>						
<i>Système d'arrosage</i>	Exploitation	Choc Corrosion Poussière (travaux de nettoyage)	Usures des sprinkler Déséquilibre des détecteurs de gaz et Fumées	Dysfonctionnement du système d'arrosage	Dysfonctionnement système d'arrosage	Fausse alerte Fuite Explosion (UVCE) Incendie Morts Blessures
Détecteur de Fuite	Exploitation	Choc Corrosion	Usure de système du contact	Dysfonctionnement des instruments de mesures et de protection	Dysfonctionnement des instruments de mesures et de protection	Fuite Explosion (UVCE) Incendie

Manège d'Emplissage	Exploitation	Choc Corrosion Poussière	Usures des flexibles et des pinces	Dysfonctionnement système d'emplissage	Dysfonctionnement système d'emplissage	Fuite Explosion (UVCE) Incendie
Couronne de Refroidissement	Exploitation	Choc Sur-utilisation Mauvaise maintenance	Panne	Immobilisation		Arrêt Augmentation de la Température

Types de Systems sources de danger	Phase de vie	Evénements initiateurs		Evénements initiaux		Evénements principaux
		Externe	Interne	Liés au contenant	Liés au contenu	
<i>Système SS4 : station de chargement et déchargement</i>						
Système d'arrosage	Exploitation	Choc Corrosion Pluie Poussière	Usures des sprinkler Déséquilibre des détecteurs de gaz et fumées	Dysfonctionnement du système d'arrosage	Dysfonctionnement système d'arrosage	-Fausse alerte -Fuite - Explosion - Incendie -Morts -Blessures
Les Vannes	Exploitation	-Choc -Corrosion -vannes fuyardes	Usure des joints et garnitures	-Blocage d'ouverture	-Trous dans les joints et Garnitures	-Fuite -Blessures
Articulations des bras de chargement	Exploitation	Choc Corrosion des joints	Usure des joints et garnitures	Trous dans les joints et garnitures	Trous dans les joints et garnitures	-Fuite -Blessures Explosion -Incendie en présence d'une source d'activation
Système de la mise à la terre	Exploitation	Choc Malveillance	Usure du flexible et des pinces	Coupeur des flexibles et détérioration des pinces	Accumulation de l'électricité statique	Arrêt

Types de Systems sources de danger	Phase de vie	Evénements initiateurs		Evénements initiaux		Evénements principaux
		Externe	Interne	Liés au contenant	Liés au contenu	
Système SS5: canalisation pour produits						
Les Vannes	Exploitation	-Choc -Corrosion des Joints -vannes fuyardes -mauvaise maintenance	Usure des joints et Garnitures	-Blocage d'ouverture	Trous dans les joints et Garnitures	Fuite Blessures
Les Filtres	Exploitation	Choc Corrosion	Usure du filtre	Usure du filtre		Arrêt des Pompes
Les Pipes	Exploitation	Choc Corrosion Mauvaise maintenance	Obstruction	Fissuration	Surpression	Fuite Explosion Morts Blessures

identification des scénarios de danger

Ce travail est une simple compilation du tableau III.1. On obtient les différentes boites noires suivante :

Choc (impact d'un projectile)
 Trous
 Séism
 Foudre
 Rupture d'un cordon de soudure
 Corrosion des joints
 Choc
 Usure des joints et garnitures
 Erreur de manipulation
 Maladresse
 Usure de système du contact et signal alarme
 Erreur de montage et réglage
 Corrosion
 Perte d'élasticité de ressort
 Pluie
 Poussière
 Déséquilibre des détecteurs de gaz et fumée

**Ss1 : Sphère de
 Stockage**

Explosions
 Incendie

 Blessures
 Morts
 Fuite
 Excès de pression

 sur remplissage

 Fausse alerte

Immobilisation
 Choc

 Corrosion

 Sur utilisation
 Mauvaise maintenance
 Usures des flexibles et des pinces

 Usures des sprinkler

 Panne
 Dysfonctionnement système d'arrosage
 Poussière

 Déséquilibre des détecteurs de gaz et fumées
 Dysfonctionnement système d'emplissage

**Ss2 : Hall
 D'emplissage**

Fausse alerte

 Fuite

 Explosion

 Incendie

 Morts

 Blessures

 Arrêt

 Augmentation de
 température

Pluie
Poussière

Choc

Corrosion des joints et des garnitures
Corrosion
Malveillance
Usures des sprinkler
Déséquilibre des détecteurs de gaz et fumées
Usure des joints et garnitures

Ss 3 :
Stationnement
Chargement et
déchargement

Arrêt
Fuite
Explosion
(BLEVE)
Fausse alerte
Incendie

Blessure
Morts

Choc

Corrosion

Corrosion des joints et des garnitures

Obstruction

Usures du filtre

Ss4 :
Canalisation
Pour
Produit

Explosion

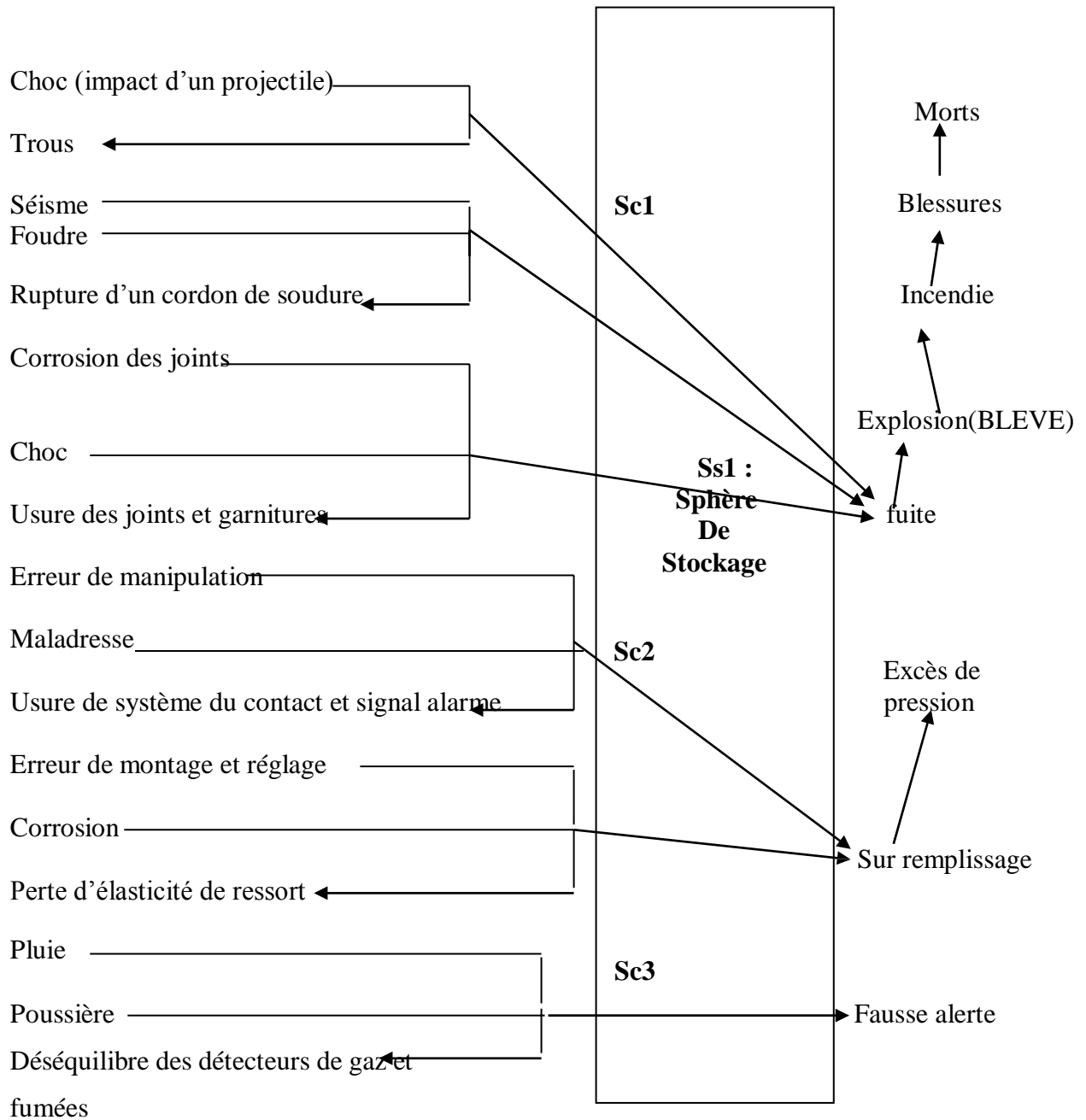
Incendie

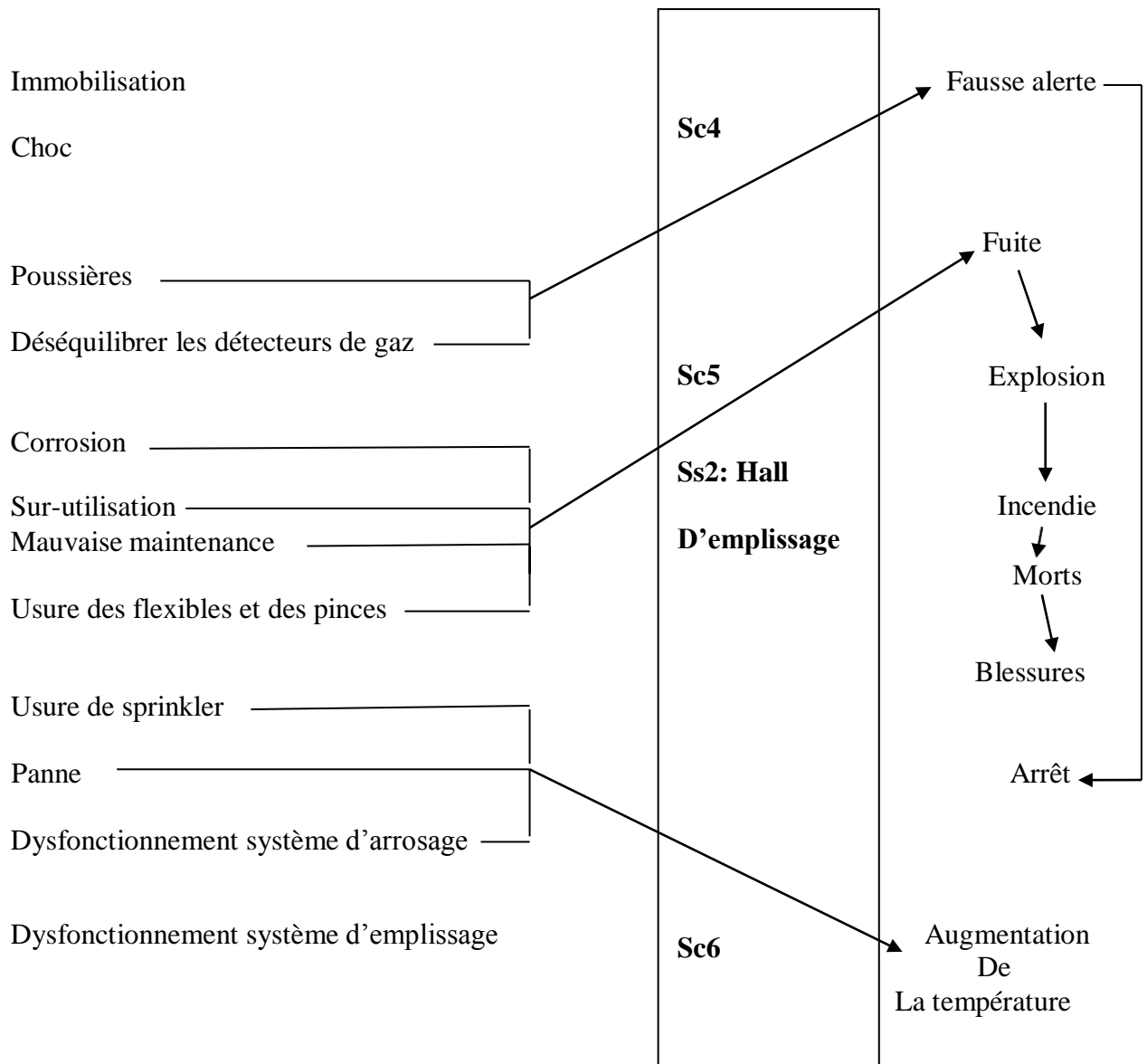
Morts
Blessures

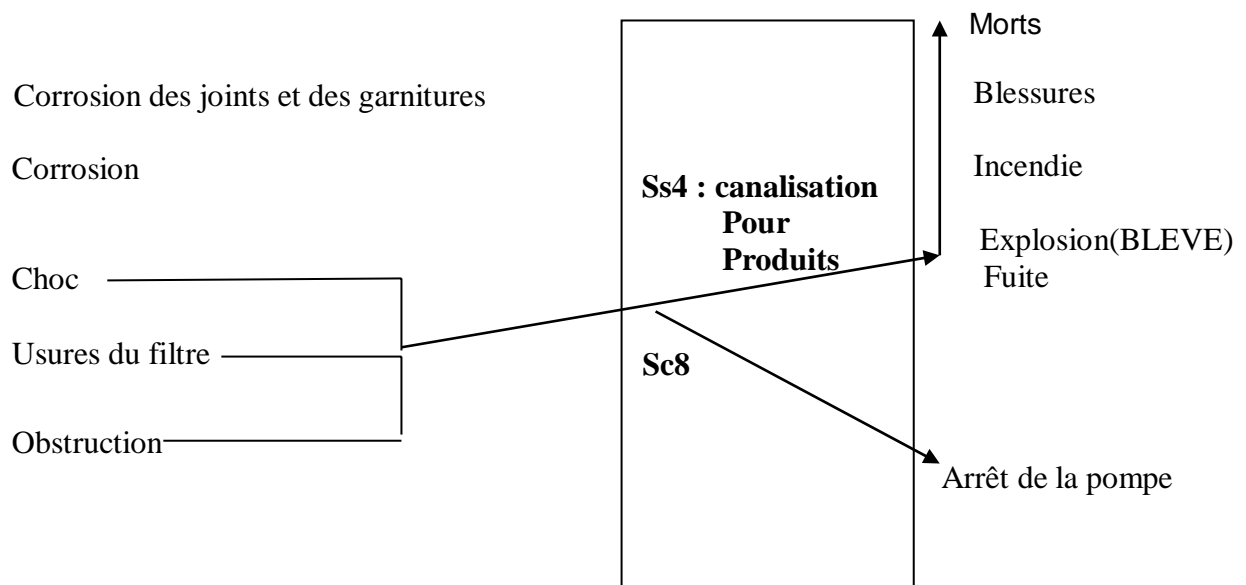
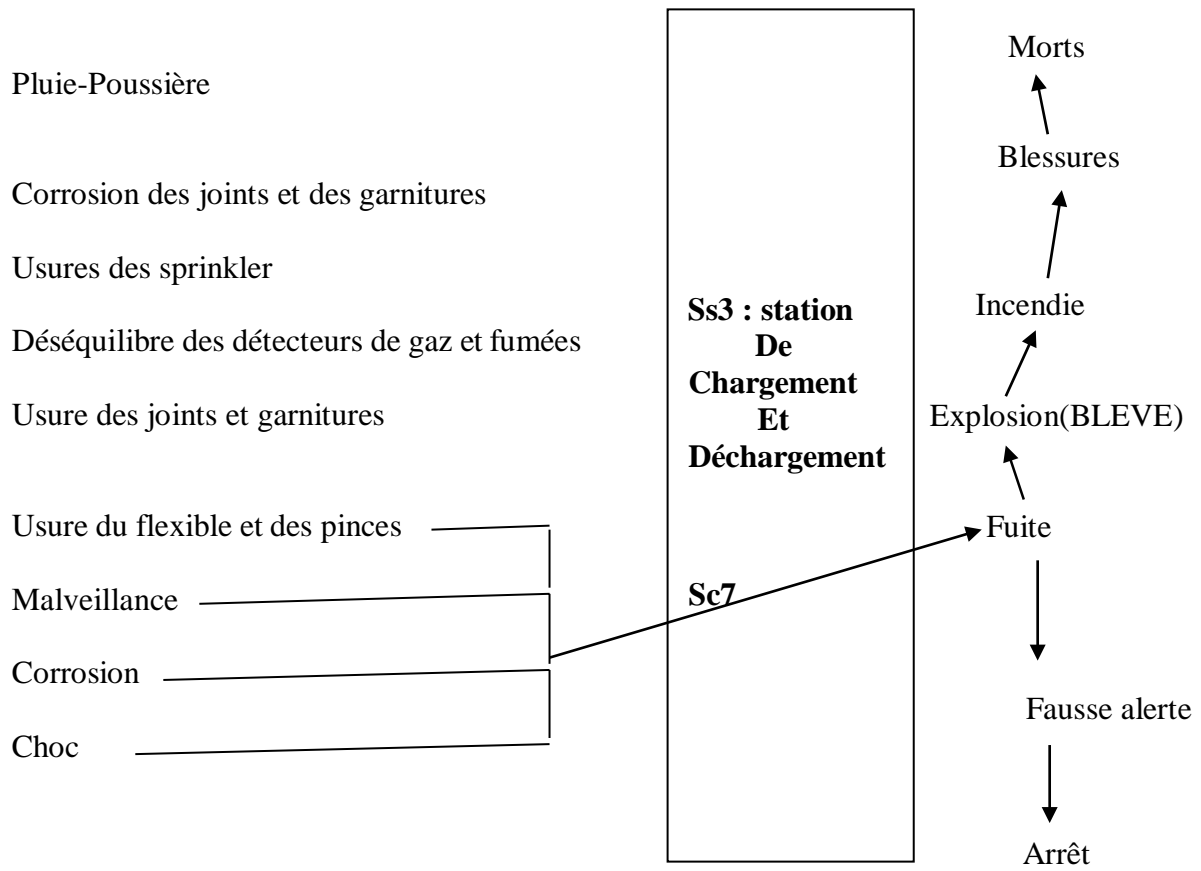
Fuite

Pour chaque sous système on peut générer plusieurs scénarios suivant le nombre es évènements d'entrée de chaque sous système, donc on peut obtenir une centaine de scénarios pour tous le système.

Mais a fin de simplifier et d'éviter les répétitions des scénarios, nous allons regrouper les scénarios qui conduise aux mêmes événements de sortie dans un scénario qui donne le même processus.

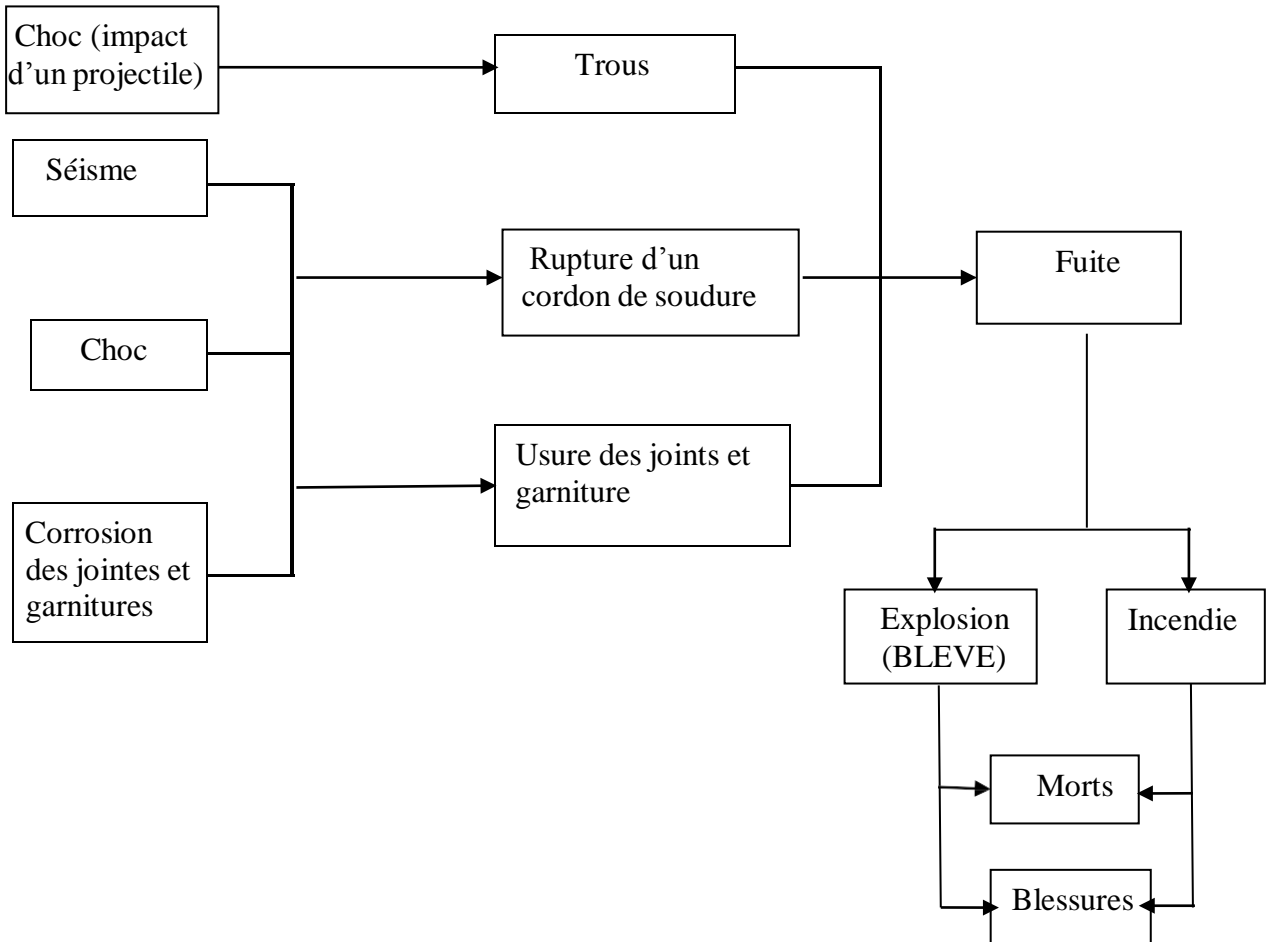




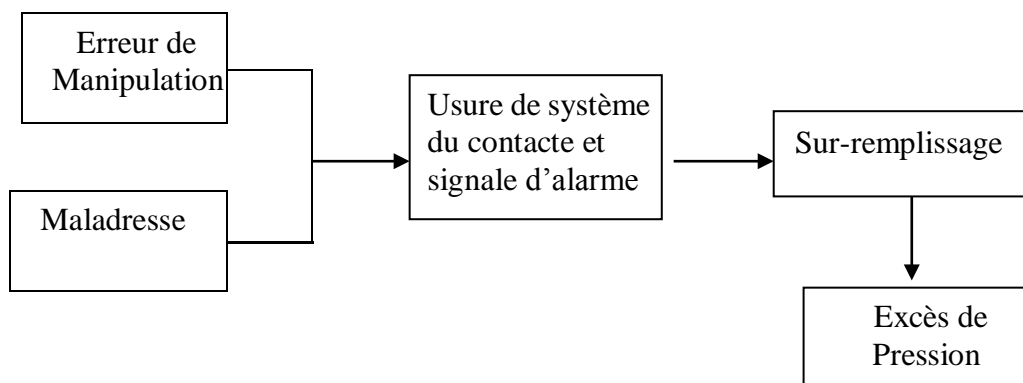


➤ **Etablir les scénarios d'enchaînement d'ENS**

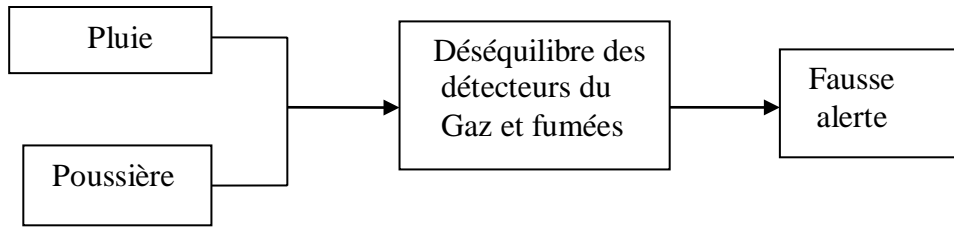
Sc1 :



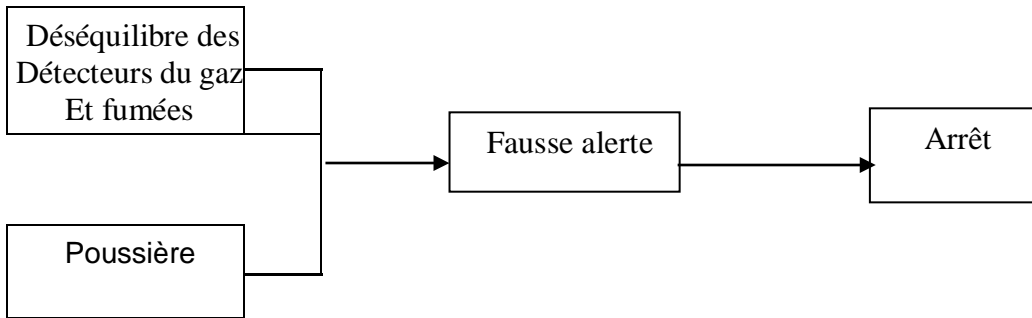
Sc2 :



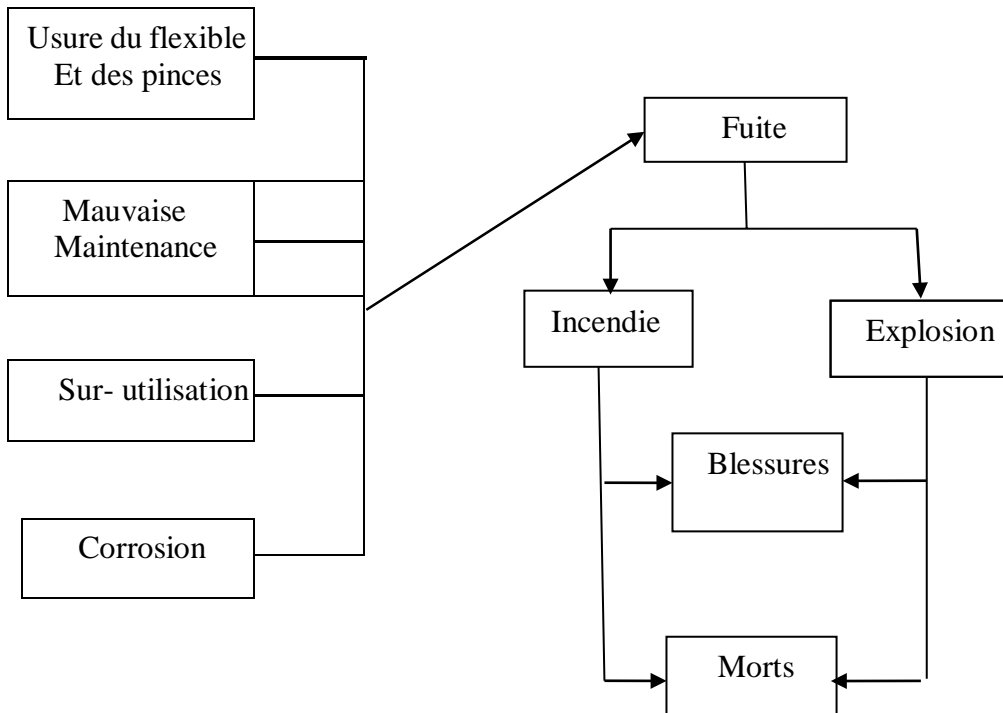
Sc3 :



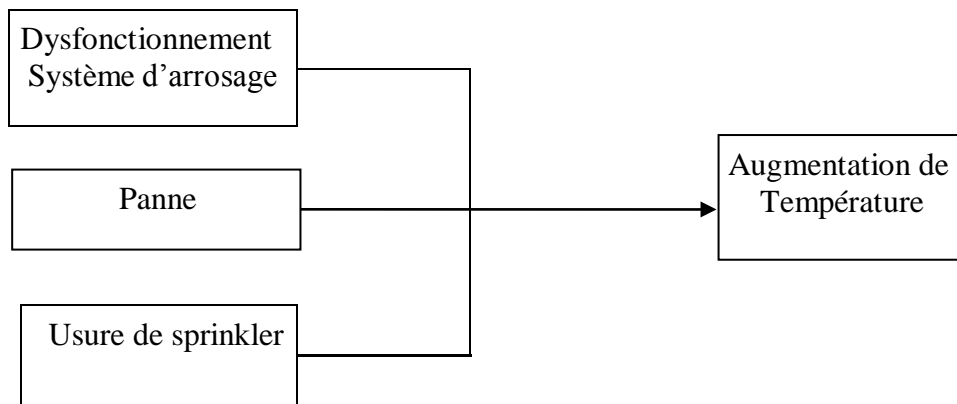
Sc4 :



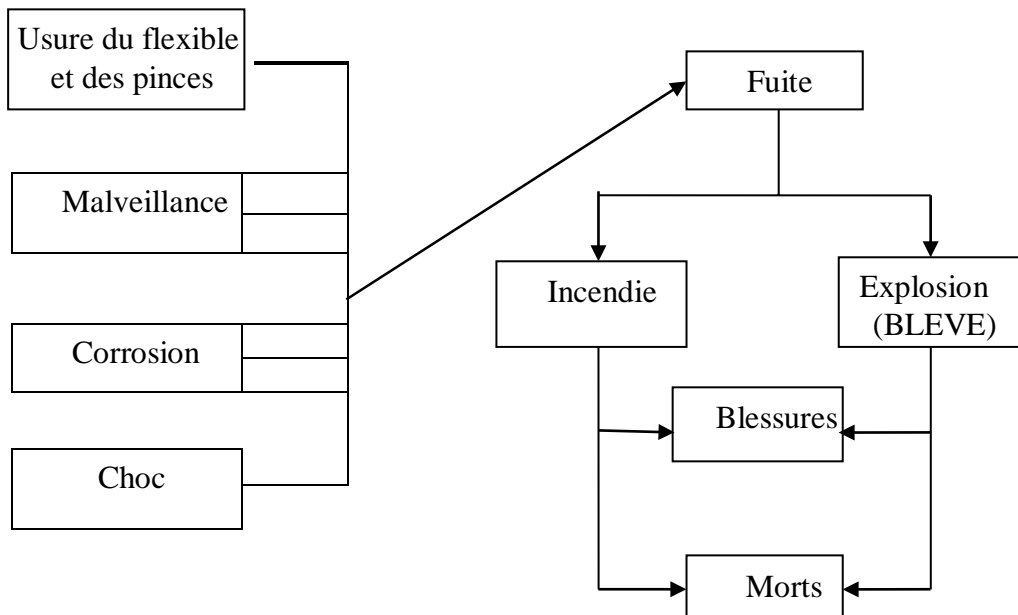
Sc5 :

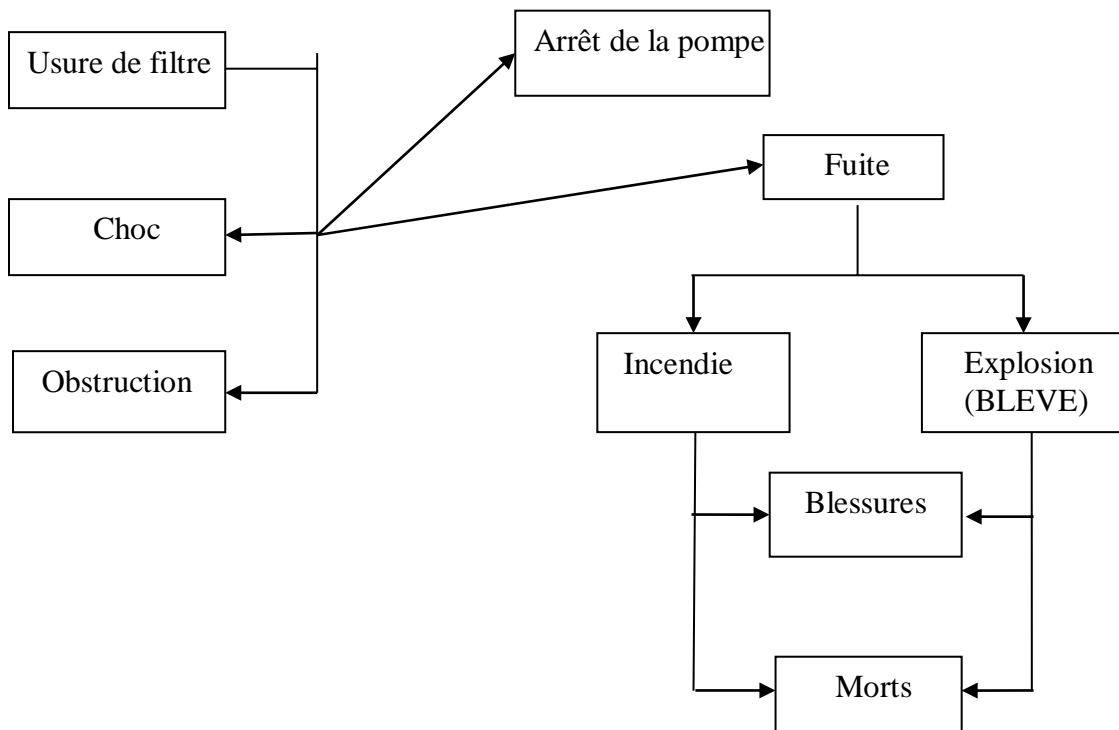


Sc6 :



Sc7 :



Sc8 :

Durant la deuxième phase, on a pu identifier huit (08) scénarios, source possible de danger pour nos quatre sous systèmes. Certains scénarios sont courts et d'autodestruction.

On peut aussi envisager des scénarios dits longs, si on met toutes les boîtes sur une même page, et en reliant les sorties de certaines de ces boîtes qui sont de même nature que les entrées d'autres boîtes. On obtient ainsi des scénarios longs d'enchaînements d'évènements, des scénarios de proximité ou aussi scénarios principaux d'ENS.

III.2.3.évaluation des scénarios de risque:

Cette étape permet d'évaluer les risques quantitativement. Pour cela, nous avons utilisé les tableaux ci-dessous donnant les niveaux de probabilité et les niveaux de gravité.

Evaluation de la fréquence

Tab.III.2: Indice de fréquence. [22]

Probabilité d'occurrence	Fréquence et survenance	Retour d'expérience
4	Très fréquente	Evènement très probable dans la vie d'une installation. S'est déjà produit sur le site ou de nombreuses fois sur d'autres sites.
3	Fréquente	Evènement probable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site mais a été observé de façon récurrente sur d'autres sites.
2	Occasionnel	Evènement peu probable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site, mais quelques fois sur d'autres sites.
1	Rare ou jamais	Evènement improbable dans la vie d'une installation. Ne s'est jamais produit de façon rapprochée sur le site, mais très rarement sur d'autres sites.

Evaluation de la gravité

Tab.III.3: Indice de gravité. [22]

Niveau de gravité	Gravité du risque		
4	Très grave	Au personnel de la branche GPL ou entreprise extérieur	Décès ou maladie professionnelle
3	Grave	Au personnel de la branche GPL ou entreprise extérieur	Blessures graves ou maladies professionnelles entraînant une incapacité permanente partielle (arrêt de travail > 21 jours).
2	Moyen	Au personnel de la branche GPL ou entreprise extérieur	Blessures ou maladies professionnelles avec arrêt de travail (\leq 21 jours).
1	Faible	Au personnel de la branche GPL ou entreprise extérieur	Blessures légères ou maladie professionnelle sans arrêt de travail.

Négociation d'objectifs et hiérarchisation des scénarios :

Jusqu'ici nous n'avons pas situé le travail d'analyse par rapport à des objectifs. Dans un premier temps, il est nécessaire de construire un outil qui permettra de concrétiser ces objectifs. Celui choisi est la grille de criticité (niveau de probabilité x niveau de gravité)

Nous allons maintenant faire une situation des scénarios dans la grille de criticité et une hiérarchisation de ces derniers. Au vu des définitions des niveaux de gravité et de probabilité, on classe les différents scénarios de la manière suivante :

Tab.III.4: classification des scenarios. [Domaine de terrain]

Scénarios	Niveau de probabilité	Niveau de gravité
SC1	P3	G3
SC2	P2	G1
SC3	P2	G2
SC4	P3	G1
SC5	P2	G2
SC6	P3	G1
SC7	P2	G3
SC8	P2	G3

On peut ainsi les situer dans la grille de criticité afin de voir s'ils sont dans le domaine de l'acceptabilité ou de l'inacceptabilité.

Probabilité					
Très fréquente(P4)					→ Domaine des risques jugés inacceptable
Fréquente (P3)	SC4 SC6		SC1		
Occasionnel (P2)	SC2	SC3 SC5	SC8 SC7		→ Domaine des risques jugés acceptable
Rare ou jamais(P1)					
	Faible (G1)	Moyen(G2)	Grave(G3)	Très grave(G4)	

Définition des moyens de prévention et de protection et qualification de ces moyens

Nous allons maintenant essayer d'identifier des barrières de prévention et de protection. Ces barrières vont permettre de neutraliser les scénarios de risques, de les réduire en terme de gravité ou de fréquence ou des deux. Ainsi, ils passeront peut être du coté acceptable de la frontière. Elles sont de deux ordres :

- Barrières technologiques BT
- Barrières opératoires ou d'utilisation BU

Tableau .III.5: identification des barrières.			
Scénario	Scénario 1	Scénario 7	Scénario 8
Conception	revêtement isolant thermique pour limiter l'échauffement des sphères (BT)	Choix du flexible et des pinces de bonne qualité (BT)	Extincteurs (BT) Système vidéo de surveillance(BT)
Ventilation			
individuelle du personnel	Respect des consignes de sécurité (BU) L'équipement de protection individuelle : les gants, lunettes, casque, la tenu etc	Respect des consignes de sécurité (BU) L'équipement de protection individuelle : les gants, lunettes, casque, la tenu etc	Respect des consignes de sécurité (BU) L'équipement de protection individuelle : les gants, lunettes, casque, la tenu etc
Surveillance médicale	Suivie médicale (une fois par an).	Suivie médicale (une fois par an).	Suivie médicale (une fois par an).
Formation du personnel	Formation au risque d'incendie et à l'extinction (BU)	Formation au risque d'incendie et à l'extinction (BU)	Formation et sensibilisation spécifique des opérateurs
Habilitations	respecter le délai d'habilitation	respecter le délai d'habilitation	respecter le délai d'habilitation
Identification des facteurs d'ambiance.			
Comportement humain	Agents en bonne forme physique (BU) La vigilance	Agents en bonne forme physique (BU) La vigilance	Agents en bonne forme physique (BU) La vigilance
Consigne	Consignes de sécurité et d'évacuation (BU)		Consignes de sécurité et d'évacuation (BU) Afficher une cartographie de la canalisation GPL (BU)
Consignation	Procédures de consignation en phase incidentelle (BU)	Procédures de consignation en phase incidentelle (BU)	Procédures de consignation en phase incidentais (BU)
Procédure	Procédures d'évacuation		Procédures d'évacuation
Réglementation applicable	Respect de la réglementation		Respect de la réglementation

Contrôles et vérifications Techniques	Contrôle ENACT MINES	Contrôle ENACT (BU) Contrôle périodique des flexibles(BT)	
Télesurveillance	Pression et la température des produits (BT)		Télémetrie (BT)
Maintenance	Maintenance préventive et Corrective - assurer la bonne protection contre la corrosion (BT)	Maintenance préventive et Corrective - assurer la bonne protection contre la corrosion (BT)	Maintenance préventive et Corrective - assurer la bonne protection contre la corrosion (BT)
Implantation			
Balisage- accès Circulation	Interdit au publique	Interdit au publique	Interdit au publique
Influence sur l'environnement	Risque de pollution (Fumée)		

Nous venons de définir des barrières sensées limiter la fréquence ou la gravite de nouveaux risques. Pour- cela. Nous allons réaliser une qualification des barrières de prévention et de protection. Ainsi on introduit chaque élément du **tableau III.5** dans **le tableau III.6** pour valider ces solutions.

Tableau III.6: validation des barrières.

Barrières de conception	Scénario	Type	Élément de conception de ces barrières	Contrôle et vérification technique	Maintenance
revêtement isolant thermique pour limiter l'échauffement des sphère	Sc1	BT	Élément fiable	- Contrôle ENACT MINES -Vérification périodique de système d'alarme	Préventive
Choix du flexible et des pinces de bonne qualité	Sc7	BT	Élément fiable	- Contrôle ENACT (BU) -Contrôle périodique des flexibles (BT) -Vérification périodique de système d'alarme	Préventive
Extincteurs Système vidéo de surveillance	Sc8	BT	-Élément fiable -Caméras fiables, archivage des enregistrements.	- Vérification périodique de système d'alarme	Préventive

La dernière chose à faire maintenant est de déterminer si les scénarios considérés présentent un risque acceptable ou non lorsqu'on tient compte des barrières mises en place. Pour cela. Nous allons examiner la nouvelle situation des scénarios dans les grilles G x P :

Probabilité					
Très fréquente (P4)					→ Domaine des risques jugés inacceptable
Fréquente (P3)	SC4 SC6				
Occasionnel (P2)	SC2	SC3 SC5	SC1		→ Domaine des risques jugés acceptable
Rare ou jamais(P1)			SC8 SC7		
	Faible (G1)	Moyen(G2)	Grave(G3)	Très grave(G4)	
	Gavité				

Fig.III.6: Domaine d’acceptabilité et d’inaccessibilité des scénarios après la mise en place des barrières. [Domaine de terrain]

On constate qu'un scenario reste du coté des risques juges inacceptables. C'est ce que 'on appelle un risque résiduel. Ce risque reste encore trop important car il devient très difficile de construire une barrière efficace.

Conclusion sur le module A

Le module A représente la partie la plus originale de la méthode MOSAR. En analysant cette partie, on peut ressortir ce qui suit.

Notre projet est découpé en quatre (04) sous-systèmes source de danger à savoir le sous système **sphère de Stockage**, le sous système **Hall d’emplissage**, le sous système **Stationnement, Chargement et Déchargement**, le sous système **Canalisation Pour Produit**.

En utilisant la technique des boîtes noires, les sous-systèmes source de danger et leurs processus de danger sont recombinaés entre eux pour faire apparaître les différents types de scénarios. Huit (08) scenarios possibles ont été identifiés durant cette étape.

L’utilisation de la technique des boîtes noires permet aussi de générer des scénarios de risques d’interférence entre les sous-systèmes qui, rassemblés sur un même événement constituent un arbre logique ou arbre d’événements.

La négociation d’objectifs entre les acteurs concernés, par construction de graphes probabilités-

gravité permet de hiérarchiser les scénarios identifiés.

Dans notre cas, on a pu identifier trois (03) scénarios jugés inacceptable, à savoir :

- **Scénario 1** : Fuite au niveau de sphère de stockage
- **Scénario 7** : Fuite au niveau de station de chargement et déchargement de produit
- **Scénario 8** : Fuite de produit au niveau des canalisations

En observant ces scénarios identifiés, on constate que tous les scénarios convergent vers les mêmes événements non souhaité à savoir l'explosion (le BLEVE), l'incendie et les accidents mortels.

La recherche des moyens de prévention (barrières techniques et barrières opératoires) est nécessaire pour neutraliser les scénarios et prévenir contre les risques. Ce premier module se termine par la qualification dans le temps des barrières identifiées.

On a pu baisser la fréquence et la gravité des deux scénarios (Scenario 7 et 8), et cela par la mise en œuvre des actions suivantes :

- En phase de conception, le revêtement de l'isolant thermique pour limiter l'échauffement des sphères (BT)
- Le Respect des consignes de sécurité (BU) et le porté de L'équipement de protection individuelle
- La Formation au risque d'incendie et à l'extinction (BU)
- Le respect du délai d'habilitation
- Le Comportement humain de vigilance et la bonne forme physique (BU) des agents
- La mise en œuvre des Procédures de consignation en phase incidentelle (BU).
- La Maintenance préventive et Corrective.
- Le Respect de la réglementation et le Contrôle ENACT MINES.

Une deuxième étape du MADS MOSAR module B: analyse microscopique des risques :

Identifier les risques de fonctionnement

Cette étape d'analyse consiste à identifier les dysfonctionnements par l'AMDEC pouvant affecter le système, afin de dégager les éléments les plus sensibles, de connaître leurs causes, leurs effets et leur criticité.

Les résultats obtenus à ce niveau sont illustrés dans le tableau suivant :

Tab.III.7 : Application de la méthode AMDEC sur la sphère de stockage.

Centre enfûteur GPL NAFTAL	Analyse des modes de défaillance et de leurs effets et de leur criticité								
	Système : la sphère de stockage Sous système : sphère et son accessoires			Phase de fonctionnement :		Date d'analyse : Mai 2019			
Eléments	Fonctions	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité			
						F	G	C	Action Corrective
Corps de la sphère	Stockage de GPL	Fissure	-Corrosion interne et/ou externe -Effets externes	-Fuite -Endommagement De la sphère	-DéTECTEURS de niveau et de pression	1	4	4	-Détection des fissures -Inspection périodique -Peinture de type thermologie -Nettoyage périodique de la sphère -Injection d'inhibiteur de corrosion
		Ecrasement	-Détérioration des pieds -Dépression rapide	-BLEVE possible -Ouverture des soupapes de sécurité	-Détection visuelle	1	3	3	
		Rupture	-surpression	-Perte de produit et matériels -Atteinte humain -Incendie -Explosion (BLEVE)		1	4	4	
Pieds de la sphère	Supporté le corps de la sphère	détérioration	-Corrosion Séisme Erreurs de construction	-Déformation de la sphère	-Bruit anormal	1	2	2	-Protection cathodique Pour éviter l'oxydation -Teste chaque 3 ans
		Perte d'équilibrage	-Glissement de terrain	-Fissure de la sphère peut conduire à un BLEVE	-Contrôle par les experts				

La soupape De sureté vers atmosphère	-Fonction : Evacuation de gaz vers l'atmosphère -Etat fermé en fonction Normal	Ne s'ouvre pas	-Perte d'élasticité Du ressort de la soupape -corrosion et érosion des éléments de la soupape	-Défaillance de la soupape -Surpression de la sphère - Surpression des tuyauteries de pressurisation	Manomètre	2	4	8	-Etalonnage et Vérification chaque 3ans -tarage après chaque crachement -Maintenance, vérification et remplacement en cas échéant
		Ne se ferme pas	-Défaillance de clapet -Coincement de ressort -Blocage	-Dépression de la sphère -fuite important de GPL -incendie et BLEVE possible		2	3	6	
		Ouverture intempestive	-Corrosion -erreur humaine (erreur en étalonnage)	-Perte de GPL -Mauvaise qualité de GPL		2	2	4	
Thermomètre	Mesure de la température	Pas indication	-bouchage -perçement de la membrane de thermomètre	-Elévation ou bassement de la température de produit sans indication	Détection sur Site DCS	2	2	4	-contrôle et visite Périodique -changement en cas de défaillance
		Indication erronée	-Défaillance de transmetteur	-Pression inconnue	Détection sur Site				

Manomètre	Indicateur de la Pression	Pas D'indication	-bouchage -perçement de la -- membrane de thermomètre -Défaillance de transmetteur	-Pression inconnue -Surpression ou dépression de la Sphère non détecté	Détection sur Site DC	2	2	4	-changement en cas de défaillance
		Indication erronée	-Défaillance de transmetteur -Mauvaise réglage (erreur humain)	-Pression inconnue		2	3	6	
Purge manuel	Evacuation de gaz en cas de surpression Etat : -fermé en fonctionnement normal - ouverture en cas de surpression	Ne s'ouvre Pas	-blocage		Détection visuel	1	2	2	-Changement en cas de défaillance
		Ne se ferme Pas	-blocage						

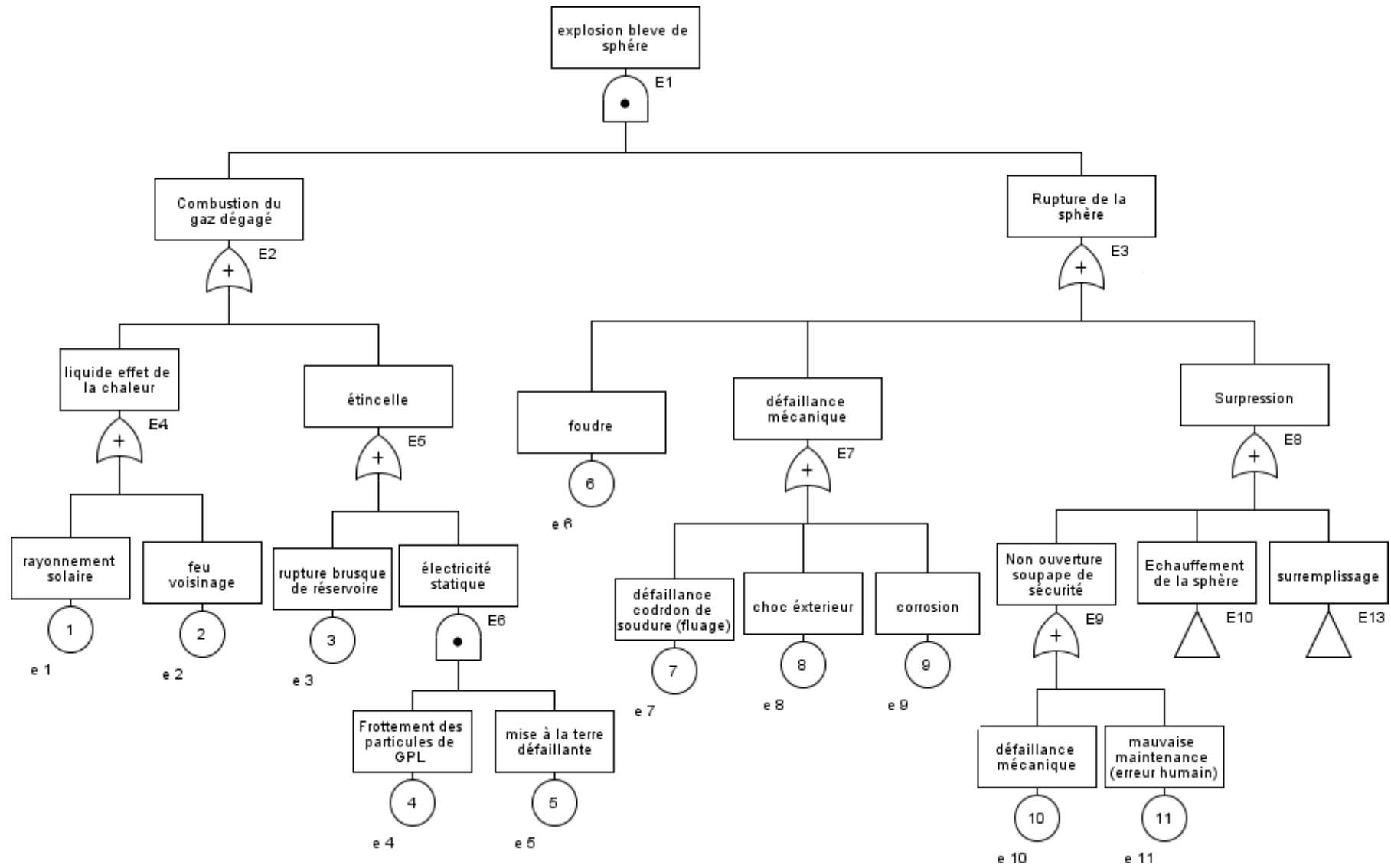
Indicateur de Niveau LSH et LSHH	Afficher le niveau de GPL Dans la sphère : -si le niveau de produit est de 80 donne un signe à la salle de control LSH -Si le niveau de GPL est Embrayé à 85 donne un autre signe LSHH	Ne fonction pas	-perte d'alimentation électrique -défaut mécanique (défaillance de capteur ou transmetteur ou d'indicateur	-Supression de la sphère -BLEVE possible -Remplissage excessif de la sphère	Télé jaugeur	2	3	6	-mettre un autre détecteur de niveau visuel Maintenance en cas de panne : -Contrôle et vérification périodique -Remplacement en cas de défaillance
		-Indication erronée	-Mauvaise Réglage	-Pas de connaissance de niveau de GPL					
Télé jaugeur + Transmetteur	Indication et contrôle du niveau /pression et de liquide	Ne fonction pas	-Coincement du palpeur	-Niveau de liquide GPL inconnue -Supression de la sphère	Indication de niveau LSH, LSHH	2	2	4	-Changement en cas de défaillance
		Indication erronée	-Perte d'alimentation électrique -Corrosion du guide de palpeur	-Déclenchement de l'unité -Supression dans la sphère					
		Pas d'affichage	-Mauvaise réglage (erreur humain) Endommagement de l'écran	-Niveau de liquide GPL inconnue -Arrêt de production de GPL	2	2	4		
		Ne se ferme pas	-Défaut mécanique (coincement)	-Dépression de la sphère	2	1	2		

Détecteur de gaz	Détection de gaz	Défaillance des équipements	-Corrosion	-Perturbation du système	Détection visuelle	3	2	6	-Changement en cas de défaillance -Maintenance -Choix de modèle
		Indication erronée	-Haut température	-Incendie -BLEVE possible	DCS	3	3	9	
		Rupture	-Erreur humaine	-Incendie possible		2	3	6	
Détecteur de flamme	-Il détecte les rayons ultraviolets et infrarouge UV/IR et reconnaît aussi les fausses alarmes	-Défaillance des équipements	- corrosion -Erreur humaine	- perturber le système	Détection visuelle DCS	2	3	6	--Changement en cas de défaillance -Choix de modèle
		-Indication erronée	-Haut température	-BLEVE possible		3	3	9	

Évaluer les risques en construisant d'arbres de défaillance et en les quantifiant :

À ce niveau de l'analyse, nous avons déterminé les causes les plus critiques qui peuvent engendrer le phénomène qui en découlera est connu sous le nom de BLEVE.

Nous avons toutes les informations pour construire l'arbre de défaillance sur l'explosion BLEVE de sphère.



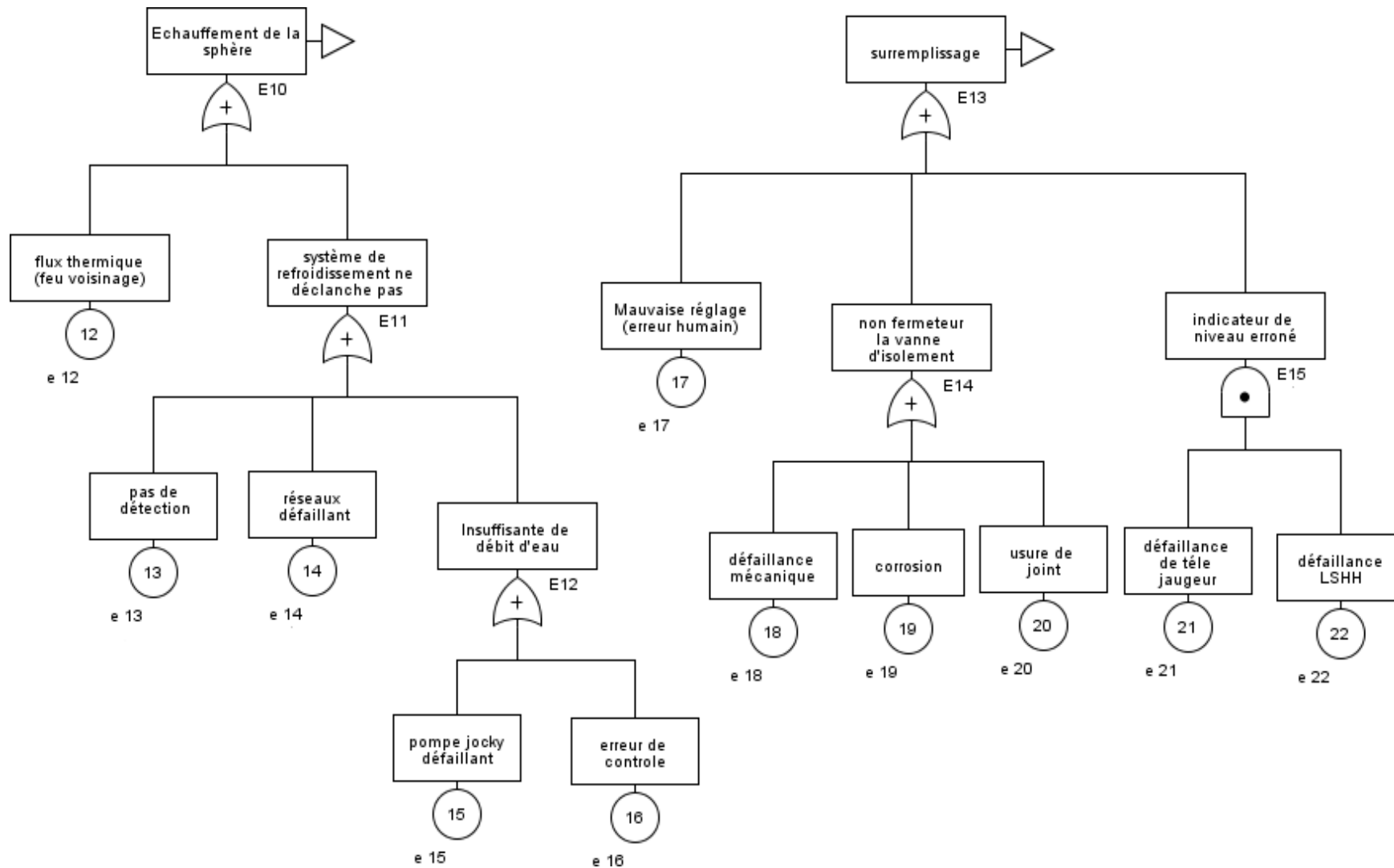


Fig.III.7: Une AdD pour l'explosion BLEVE de sphère.

➤ **L'exploitation de l'arbre :**

L'objectif principale de cette partie est de déterminer les diverses combinaisons possibles d'événements qui entraînent la réalisation de l'événement redouté (BLEVE), et aussi de calculer la probabilité de cet événement redouté ainsi que les probabilités des événements intermédiaires.

• **Analyse qualitative :**

A pour but de définir les combinaisons des événements (les coupes minimales) qui peuvent conduire, à une BLEVE à l'aide d'un logiciel GRIF on constate que le nombre de coupes globales soient :

On a constitué un nombre de coupe minimale 64 coupes :

0 nombre de coupe d'ordre 1 ;

45 nombre de coupe d'ordre 2 ;

18 nombre de coupe d'ordre 3 ;

1 nombre de coupe d'ordre 4.

Les différentes coupes et leurs ordres sont représentés dans le tableau.

Tab.III.8: Liste des coupes minimales qui peuvent conduire à une BLEVE.

Ordres	Les coupes	Ordres	Les coupes	Ordres	Les coupes
2	e 3, e6	2	e2, e16	3	e4, e 5, e6
2	e 3, e20	2	e2, e14	3	e4, e 5, e20
2	e 3, e19	2	e2, e13	3	e4, e 5, e19
2	e 3, e18	2	e2, e12	3	e4, e 5, e18
2	e 3, e17	2	e2, e9	3	e4, e 5, e17
2	e 3, e11	2	e2, e8	3	e4, e 5, e11
2	e 3, e10	2	e2, e7	3	e4, e 5, e10
2	e 3, e15	2	e1, e6	3	e4, e 5, e15
2	e 3, e16	2	e1, e20	3	e4, e 5, e16
2	e 3, e14	2	e1, e19	3	e4, e 5, e14
2	e 3, e13	2	e1, e18	3	e4, e 5, e13
2	e 3, e12	2	e1, e17	3	e4, e 5, e12
2	e 3, e9	2	e1, e11	3	e4, e 5, e9
2	e 3, e8	2	e1, e10	3	e4, e 5, e8
2	e 3, e7	2	e1, e15	3	e4, e 5, e7
2	e2, e6	2	e1, e16	3	e2, e21, e22
2	e2, e20	2	e1, e14	3	e1, e21, e22
2	e2, e19	2	e1, e13	4	e4, e5, e21, e22
2	e , e18	2	e1, e12		
2	e2, e17	2	e1, e9		
2	e2, e11	2	e1, e8		
2	e2, e10	2	e1, e7		
2	e2, e15	3	e3, e21, e22		

- **Analyse quantitative :**

Visé à estimer, à probabilités d'occurrence des événements de base, la Probabilité d'apparition de l'événement indésirable ainsi que des événements intermédiaires.

D'après le calcul fait par GRIF, la probabilité d'occurrence d'une BLEVE est de **0.1372952414063**.

- **L'analyse d'importance :**

Lors de l'analyse de fiabilité des systèmes. Il est essentiel de pouvoir identifier les composants qui jouent un rôle plus important que d'autres en termes de fiabilité. En pratique, cette identification se fait au moyen des facteurs d'importance, qui cherchent à mesurer l'effet du fonctionnement ou de la défaillance d'un composant sur la défaillance ou le fonctionnement du système complet, plusieurs facteurs d'importance ont été créés, **Birnbaum** est le facteur utilisé dans notre calcul. L'objectif principal de cette analyse d'importance étant de hiérarchiser les propriétés de modification du système pour la prévention de l'événement redouté, en identifiant les causes les plus vraisemblables de cet événement indésirable.

Le tableau suivant donne des coupes minimales en prend en compte leurs facteurs d'importances :

Tab.III.9: Les coupes minimales selon leurs facteurs d'importances.

Composants	Valeurs	Composants	Valeurs
e1	0.8749	e12	1.4018 E-5
e2	0.9631	e13	8.0032E-2
e3	0.8829	e14	1.2683 E-5
e4	8.6277 E-3	e15	1.2902 E-5
e5	1.553 E-2	e16	1.3951 E-5
e6	1.2573 E-5	e17	1.3951 E-5
e7	1.2812 E-5	e18	1.2944 E-5
e8	1.3079 E-5	e19	1.2619 E-5
e9	1.3339 E-5	e20	1.2683 E-5
e10	1.2683 E-5	e21	2.5603 E-7
e11	1.2557 E-5	e22	2.7924 E-6

Négocier des objectifs précis de prévention

À partir de l'allocation des barrières choisie sur l'ENS, on utilise la logique de l'arbre pour remonter à une allocation sur les événements primaires de ce dernier. L'objectif, dans ce cas, c'est de trouver au moins deux configurations possibles.

a- Les barrières de Technologiques :

BT1: revêtement isolant thermique pour limiter l'échauffement des sphères.

BT2: systèmes vidéo de surveillance.

BT3: assurer la bonne protection contre la corrosion.

BT4: maintenance préventive et corrective avec contrôle réguliers des équipements.

BT5 : rideau d'eau extinction (intervention de secours).

BT6: sonde pression avec alarme.

BT7: verrouillage automatique.

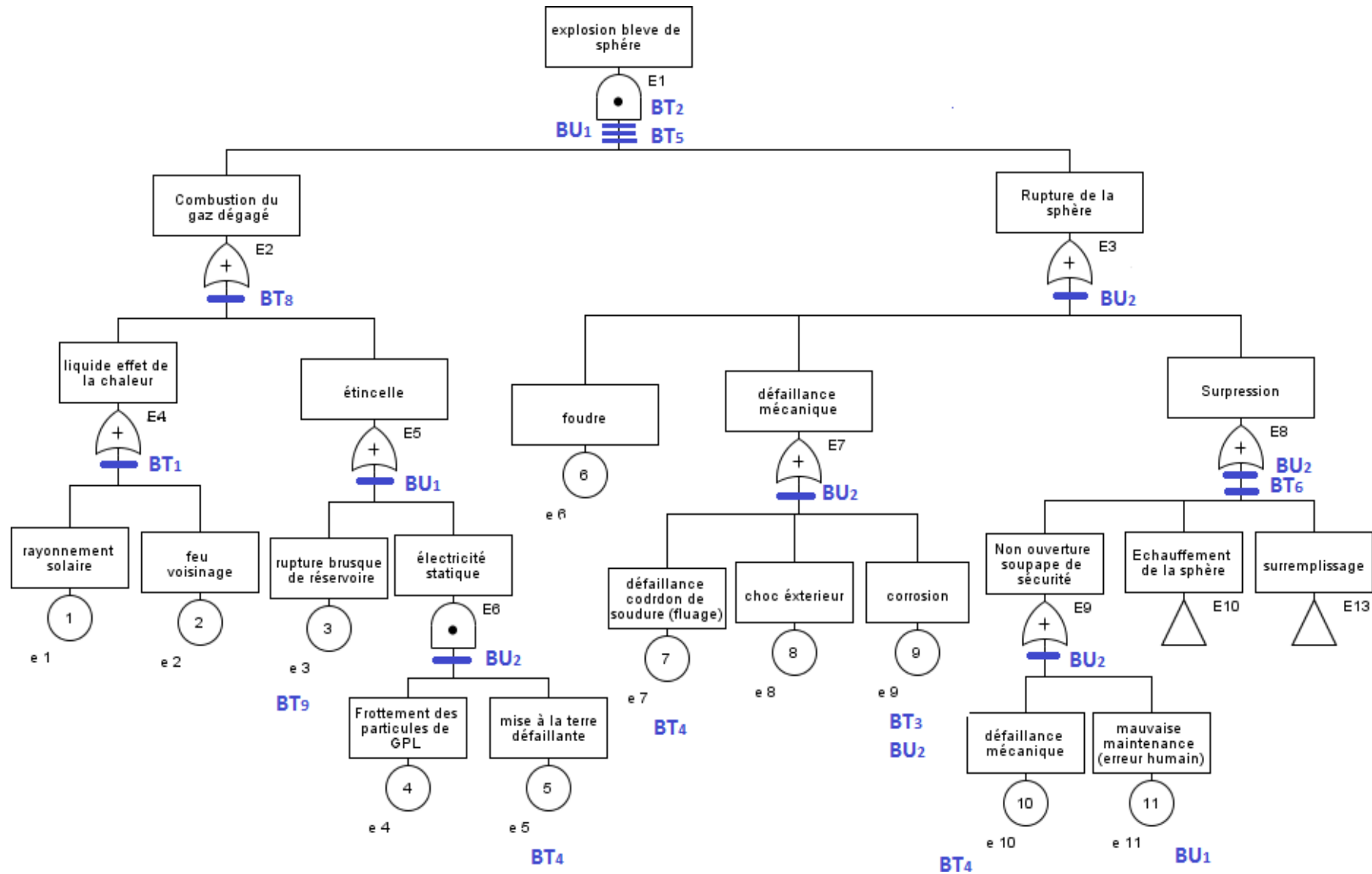
BT8: détection de fumer.

BT9: détection des fissures par des rayons ultrason.

b- Les barrières d'utilisation:

BU1 : formation et sensibilisation.

BU2 : contrôle ENACT et programme d'inspection.



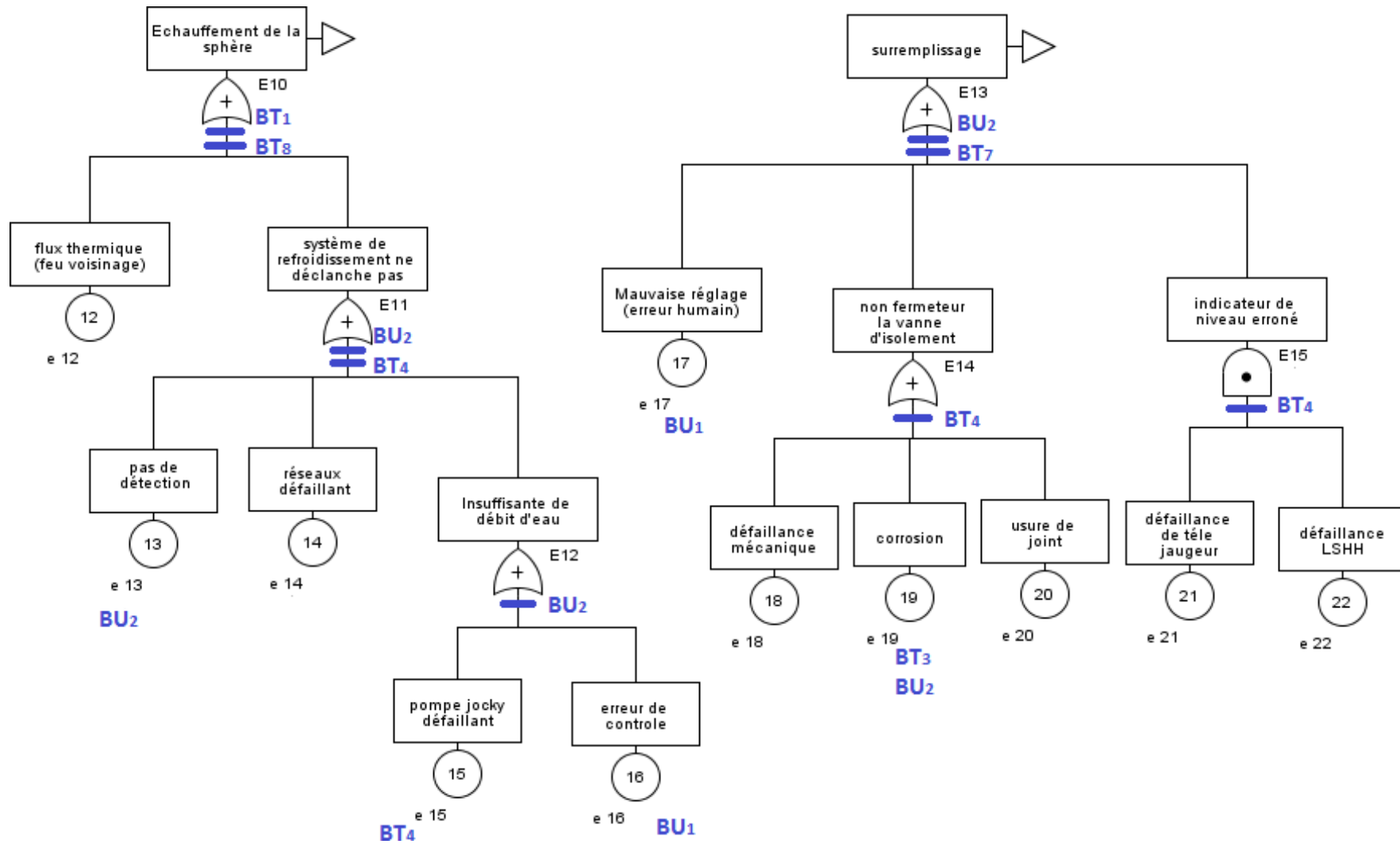


Fig.III.8: Une AdD pour l'explosion BLEVE de sphère avec allocation de barrières configuration.

Définir les moyens complémentaires de prévention, protection et mitigation

Après recensement de toutes les barrières qu'il est possible de mettre sur les événements primaires (module A / module B), ainsi que les différents modes de répartition des barrières, on évalue l'avantage de ces barrières en matière de sécurité des configurations, en nombre de barrières et leur avantage en matière de coût.

Le nombre de barrières à chaque niveau de gravité défini dans la quatrième étape du module A. Le tableau **III**. Ci-dessous montre le nombre de barrière par niveau de gravité.

Tab.III.10: Montre le nombre de barrière par niveau de gravité.

Gravité G	Objectifs en nombre des barrières	
	Technologique	utilisation
1	0 à 1	0 à 1
2	1 à 2	1 à 2
3	1 à 3	1 à 2
4	1 à 4	1 à 3

À chaque niveau, le choix entre les deux possibilités n'est pas innocent. L'un privilégie les BT et considère donc qu'on ne peut pas trop faire confiance aux opérateurs ; l'autrement une égale confiance dans la technique et dans les opérateurs, ce qui sous-entend que ces derniers sont bien formés notamment à la connaissance et à la maîtrise des risques.

Conclusion sur le module B

Le module B est à présent terminé. Synthétisons maintenant cette partie de l'analyse:

- On va tout d'abord identifier les dysfonctionnements techniques sont fait à partir de tableau AMDEC
- L'analyse d'activités et les tableaux AMDEC vont nous donner les arbres de défaillances
- Après ça, on quantifie l'arbre de défaillance
- On négocie des objectifs précis de prévention en négociant les allocations de barrières et en les répartissant sur l'arbre de défaillance, suivant au moins deux configurations différentes pour finir, le On crée le tableau nombre de barrière par niveau de gravité Après une analyse et qualification des barrières de prévention et protection, plusieurs actions on été recommandé, que se soit technique ou bien d'utilisation pour palier à ces différents scénarios de danger.

La sphère de stockage a fait l'objet d'une analyse microscopique durant la deuxième étape de la méthode MOSAR (module B) par le biais de la méthode AMDEC.

On a fait ressortir tout les modes de défaillance critique au niveau de la sphère à titre d'indication les fissures du corps de sphère, les indications erronées des différents instruments de mesure (manomètre, thermomètre, l'Indicateur de Niveau LSH et LSHH, et plus particulièrement le détecteur de gaz et de flamme.

On a modélisé le phénomène BLEVE survenu au niveau de sphère de stockage on construisant l'arbre de défaillance à l'aide du logiciel GRIF.

- on a constitué un nombre de coupe minimale 64 coupes, 0 nombre de coupe d'ordre 1, 45 nombre de coupe d'ordre 2, 18 nombre de coupe d'ordre 3, 1 nombre de coupe d'ordre 4
- on a estimé une probabilité d'apparition de l'évènement indésirable BLEVE d'après le calcul la probabilité d'occurrence est de **0.1372952414063**.

Conclusion

L'objectif de la méthode MOSAR d'analyse des risques est :

- De modéliser le danger comme un ensemble de processus au sens systémique de terme.
- D'identifier a priori les dangers d'un élément d'installation et par conséquent, les risques si l'on connaitre les cible, dans un contexte donné et de définir des barrières de prévention et de protection.
- L'analyse des risques par la méthode MADS MOSAR a permis de recenser les principales situations de danger suivantes :
 - Potentiels de dangers associés aux réservoirs de stockage GPL
 - Potentiels de dangers associés aux canalisations de GPL

Au terme de chapitre on voit bien que les principes de la systémique nous démontrent que quel que soit le projet (industrie), il est tout à fait possible d'utiliser la méthode MOSAR (ou MADS-MOSAR) en y apportant les modifications nécessaires. En effet le module A nous donne une vision macroscopique, ce qui nous permet de définir les sources de danger, les interactions entre les scénarios et l'identification des barrières pour neutraliser les scénarios identifiés.

Le module B affine notre analyse en y ajoutant les autres outils de maîtrise des risques tels que l'AMDEC et l'arbres de défaillance pour donner une liste exhaustifs des barrières à mettre en place pour prévenir le risque du phénomène BLEVE.

Recommandation

Dans ce cas en va proposer des solutions et des recommandations pour diminuer la criticité des risques, qui sont :

➤ **Opérateur humain:**

- Appliquer et respecter les exigences des normes et les réglementations concerne le stockage GPL.
- Respecter les consignes de sécurité et d'évacuation.
- Utilisation des matériaux de bonne qualité.
- Respecter les procédures de travail.
- Formation et sensibilisation des personnels sur tous les risques.

➤ **Sphère et cigares de stockage:**

- Distances d'isolement entre les différents sphères et cigares.
- Emplacement d'un mur coupe-feu entre les sphères ou délocalisation de ce dernier.
- Le contrôle périodique de sphère peut détecter la moindre fissure pouvant engendrer le phénomène de BLEVE.
- Prévoir une cuvette de rétention en pente avec réceptacle déporté, pour éviter l'accumulation de gaz sous la capacité de stockage.
- Renforcement du réseau d'incendie et augmentation du débit de refroidissement des sphères pour limiter le risque d'un BLEVE et protéger les sphères contre l'effet thermique et l'agression externe, nous proposons la mise sous talus des sphères aériennes.
- Les opérations de remplissage ou vidange des sphères et cigares, doivent être respecté rigoureusement les consignes de sécurités pour éviter tous les risques.
- Assurer la bonne protection contre la corrosion.

➤ **Poste chargement / déchargement (dépotage)**

- Inspecter périodiquement l'état des canalisations des vannes et les clapets
- Suivre régulièrement l'Inspection de tous les équipements d'emplisseur
- Le nettoyage fréquent des détecteurs de gaz et de fumées
- En cas d'un risque majeure (incendie, explosion) il faut protéger les camions citernes et les installations voisins (canalisation des produits, les sphères)
- Maintenance et contrôler périodique pour tous les équipements.
- Vérification les câble de la mise à la terre.

➤ **Hall d'emplissage :**

- Tout travail potentiellement dangereux dans le hall sera subordonné à la surveillance de la sécurité et avec l'arrêt du système.
- Tout type de dysfonctionnement technique (échauffement, bruit) et tout panne ou incident doit être immédiatement signalé au responsable concerné par le travailleur qui fait le premier constat.
- Il est interdit de jeter les bouteilles par terre
- Il est interdit de stocker les bouteilles dans le hall.
- Faire des simulations pour vérifier le système anti incendie.
- Surveiller l'opération de purge.
- En cas d'incendie sur le centre d'emplisseur GPL il est insuffisant de seulement maîtriser le feu mais il est obligatoire de protéger les installations voisines.

Conclusion générale

Le choix de la méthode ou des méthodes nécessaires pour réaliser l'analyse des risques est primordial. Il n'existe pas une méthode unique qui permettrait à toutes les entreprises de toutes tailles et de tous secteurs d'analyser leurs risques afin de déterminer les mesures de prévention.

Dans notre présent travail, nous avons opté pour la méthode MOSAR qui constitue une des plus complètes puisqu'elle aborde l'ensemble des étapes classiques de l'analyse : de la définition du système à la mise en place de barrières de prévention. C'est aussi une des plus structurées. Elle s'appuie sur le modèle d'accident MADS dont le caractère générique permet a priori d'envisager l'analyse de tout type de danger, dans tout type de contexte. C'est donc la méthode MOSAR que nous avons expérimentée dans l'entreprise **NAFTAL** de sa branche **GPL**.

Dans le but de tester la méthode choisie, nous avons défini en premier lieu le domaine d'activité de l'entreprise présentant des risques importants pour l'homme et son environnement.

L'application de la méthode MOSAR nous a permis de :

- modéliser le danger comme un ensemble de processus au sens systémique de terme.
- identifier a priori les dangers d'un élément d'installation et par conséquent, les risques si l'on connaît les cibles, dans un contexte donné et de définir des barrières de prévention et de protection.
- recenser les principales situations de danger suivantes :
 - ✓ Potentiels de dangers associés aux réservoirs de stockage GPL.
 - ✓ Potentiels de dangers associés aux canalisations de GPL.

Les principes de la systémique nous démontrent que quel que soit le projet (industrie), il est tout à fait possible d'utiliser la méthode MOSAR (ou MADS-MOSAR) en y apportant les modifications nécessaires. En effet le module A nous donne une vision macroscopique, ce qui nous permet de définir les sources de danger, les interactions entre les scénarios et l'identification des barrières pour neutraliser les scénarios identifiés.

Le module B affine notre analyse en y ajoutant les autres outils de maîtrise des risques tels que l'AMDEC et l'arbre de défaillance pour donner une liste exhaustive des barrières à mettre en place pour prévenir le risque du phénomène BLEVE.

Références Bibliographiques

- [1] : **[Flanagan & Norman, 93]** Flanagan.R, Norman.G, «risk management and construction», Edition Blackwell Science Ltd, 1993.
- [2] : **[AFNOR, 00]** «Application ferroviaires : Spécification et démonstration de la fiabilité, de la disponibilité, de la maintenabilité et de la sécurité (FMDS)», FN EN 50126, Paris, janvier 2000.
- [3] : **[ISO, 02]** « Management du risque – vocabulaire – principes directeurs pour les inclure dans les normes ISO», ISO/CEI Guide 73,2002.
- [4] : **[GT Méthodologie, 03]** “principes généraux pour l’élaboration et la lecture des études de danger”, INERIS, 2003.
- [5] : Pas à pas l’évaluation et la gestion des risques, ministère de la santé, le gouvernement du grand duché de Luxembourg.
- [6] : **[GT Aspects sémantiques du risque, 97]** « Vocabulaire lié au risque à travers une analyse bibliographique», Institut de protection et de sûreté Nucléaire (IPSN) ,1997.
- [8] : **Mémoire de magister thème** « Maitrise du risque par la mise en place d’une culture de sécurité au sein de l’activité Aval/Sonatrach » présenté par Rachid Chafi, Novembre 2010, école doctorale, gestion des risques industriels et environnement université d’Oran.
- [9] : **Mémoire de master thème** « Gestion des risques par l’analyse préliminaire au sein de complexe GL1/K-Sonatrach-Wilaya de SKIKDA» présenté par Berrar Abderraouf, Novembre 2010, école doctorale, gestion des risques industriels et environnement université d’Oran.
- [7] : **Thèse de docteur thème** « Pour une Meilleure Approche du Management des Risques : De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d’Aide à la Décision» présenté par Mohamed-Habib MAZOUNI, 13 novembre 2018, L’institut national polytechnique de Lorraine Spécialité : Automatique, Traitement du Signal et Génie Informatique. Page 46-47-48

[10] : Méthode d'analyse des risques générés par une installation industrielle, INERIS-DRA-2006-P46055-CL47569 réalisé par Bruno Debray, Nelson Rodrigues, Didier Gaston.

[11] : [Debray, Chaumette, Descouriere, Trommeter, 06] B. Debray, S. Chaumette, S. Descouriere, V. Trommeter, «*Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs* », Rapport d'étude N° INERIS-DRA-2006-p46055-cl47569. Octobre 2006.

[12] : Institut français du pétrole, 2005 ENSPM Formation industrie- IFP training. Sécurité des systèmes – analyse des risques. PDF

[13] : **Thèse de docteur thème** « Méthode d'Evaluation des Risques Agrégés : application au choix des investissements De renouvellement d'installations » présenté par Marc Fumey, 5 janvier 2001, L'institut national polytechnique de Toulouse spécialité : systèmes industriels. Page 83

[14] : **Thèse de docteur thème** « Qualité en conception de produits nouveaux" Proposition d'une méthode de fiabilisation Du processus de management de l'information" » présenté par **Rémy GAUTIER**, 5 avril 2004, **page 153-155**

[15] : **Mémoire Master Thème** « Apport des techniques floues et possibilistes à l'analyse semi- quantitatives des risques industriels » présenté par Mr Mouloud Bourareche, 2009, institut d'Hygiène et sécurité industrielle-LRPI-Université El Hadj Lakhdar- Batna

[16] : **Mémoire de magister thème** « Transport routier de matières dangereuses agglomération oranaise » Présenté par Melle Fatima BENOMAR Soutenu le 17 octobre 2010, école doctorale, gestion des risques industriels et environnement université d'Oran. Page 32-33-34.

[17] : **Titre de livre** : Sécurité des procédés chimiques « connaissances de base et méthodes d'analyse de risques » **l'auteur** : André Laurent. Page 478- 490.

[18] : **Thèse de magister thème** « étude des risques liés au bac souterrain de complexe GNL4Z, l'Algérie l'année » présenté par AMEUR SOUMIA soutenu 17-03-2009, université d'Oran. page 51.

[19][DJOUTE IMANE]: méthode d'analyse des risques dans les entreprises généraux des produits à risque. A master recherche génie industrielle, le 05/03/2009.

[20] : Mémoire Master Thème « Management des risques géotechniques dans un projet routière par la méthode AMDEC et MADS-MOSAR ; cas de bretelle principale« A» de l'échangeur de la RN02» présenté par Lakermi Anis, juin 2013, Département Génie civil, Université Aboubekr Belakaid Tlemcen.

[21] : Documentation de NAFTAL, GPL Batna plan d'intervention interne (PPI).

[22]: Documentation de NAFTAL, GPL Batna.

Les Annexes

ANNEXE N° 1

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion)

Définitions : Explosion de vapeur en expansion par ébullition d'un liquide est le scénario d'accident majeur le plus redouté pour les réservoirs de gaz liquéfiés, Les causes principales identifiées d'un BLEVE sont multiples. On distingue notamment :

- Fuite sur une tuyauterie
- Rupture de tuyauterie
- Sur-remplissage
- Accident maritime
- Erreur humaine
- Erreur de conception, matériau non adapté
- Incendie extérieur

Le BLEVE peut être défini comme la vaporisation violente à caractère explosif consécutive à la rupture d'un réservoir contenant un liquide à une température significativement supérieure à sa température d'ébullition à la pression atmosphérique.

Comme le cas de stockage de GPL dans les sphères sous pression, C'est un accident très redouté surtout lorsqu'il s'agit d'un gaz liquéfié ; en effet, dans ce cas-là, il peut s'accompagner d'une boule de feu produisant une chaleur extrême.

❖ **Effets d'un BLEVE:**

Ils se manifestent généralement de trois manières :

- **Effets thermiques** : dans le cas d'un BLEVE de gaz liquéfié inflammable, rayonnement de la boule de feu.
- **Effets de pression** : propagation d'une onde de surpression.
- **Effets missiles** : projection de fragments à des distances parfois très importantes.

❖ **Les causes d'un BLEVE :**

Les principales causes d'un BLEVE ont été identifiées, dont deux sont liées à des agressions externes :

- **Agression mécanique** : Un réservoir ayant subi une corrosion est plus faible qu'un réservoir neuf, il suffit que la température excède les 35°C pour qu'elle survienne
- **Agression thermique** : le feu de torche, feu de nappe ou hausse de la température durant l'été peut causer un "BLEVE" si votre réservoir de GPL est mal entretenu
- **Sur-remplissage du réservoir**

Nature du réservoir	Impact mécanique	Agression thermique	Sur -remplissage du réservoir
Sphère	BLEVE « froid »	BLEVE « chaud»	BLEVE « froid »
Wagon citerne		BLEVE « chaud»	
Camion-citerne		BLEVE « chaud»	
Réservoir petit vrac		BLEVE « chaud » »ou« froid »	
Bouteille		BLEVE « chaud»	

Tableau A.1 : Les différents types de BLEVE à différentes natures de réservoir.

❖ **Différents Types De BLEVE:**

➤ **BLEVE « Froid » :**

Le BLEVE se produit avec un réservoir qui contient un liquide sous pression, liquide qui, s'il n'était pas sous pression, serait à l'état gazeux ; le réservoir n'est jamais complètement rempli, il y a un «ciel gazeux» qui maintient cette pression. C'est par exemple le cas du dioxyde de carbone liquide, des GPL ou de l'oxygène liquide à température ambiante (environ 20 °C).

Le BLEVE survient lorsque le réservoir qui contient le liquide se rompt. Cette rupture peut être due à un choc (accident de la circulation d'un camion-citerne, déraillement d'un wagon-citerne, impact), à une mauvaise manipulation (sur-remplissage du réservoir), ou à une fragilisation (corrosion, gel).

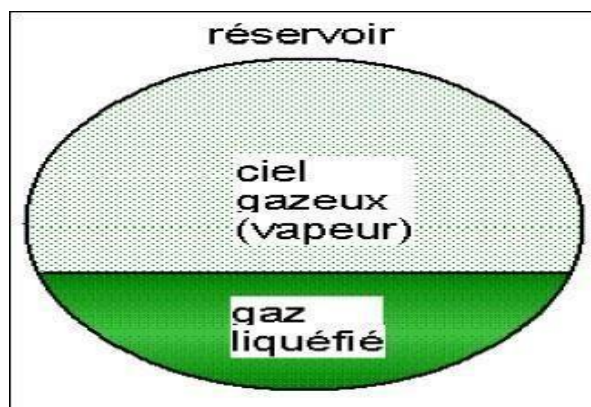


Figure A.1 : Réservoir rempli d'un gaz liquéfié avec un ciel gazeux sous pression

➤ BLEVE « Chaud » :

Dans les cas les plus graves, la rupture du réservoir est due à un échauffement par un feu extérieur, par exemple lorsqu'une mare de produit enflammé se prend sous le réservoir, par un jet de feu provenant d'un réservoir voisin, ou bien lorsque des flammes viennent lécher les parois du réservoir. Sous l'effet de la chaleur, le liquide dans le réservoir se met à bouillir, la pression dans le réservoir augmente ; le gaz s'échappe alors par une valve de surpression (soupape de sécurité), pouvant produire à cette occasion un jet de feu. Le niveau de liquide baisse donc dans le réservoir.

Le gaz conduisant bien moins la chaleur que le liquide, la partie de la paroi du réservoir qui se trouve au-dessus du liquide s'échauffe de manière très importante (dans la partie basse, la chaleur de la paroi est évacuée de l'autre côté par la convection du liquide). La paroi surchauffée s'affaiblit, puis finit par se rompre, provoquant l'accident.

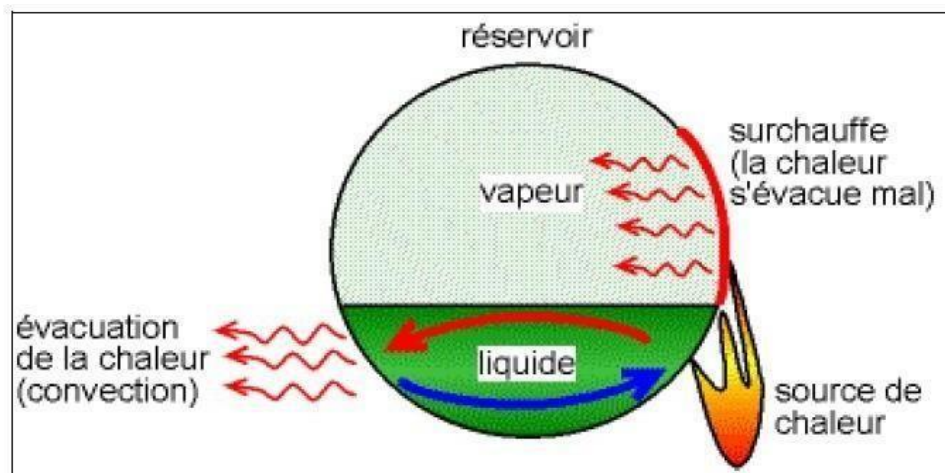


Figure A.2: Mécanisme de surchauffe et de rupture du réservoir.

❖ Les conséquences du BLEVE :

Le BLEVE produit les conséquences suivantes:

- **Une Boule de Feu:**

Si le contenu du réservoir est inflammable, il y a alors ignition de la substance lors du BLEVE et une boule de feu en résulte, des essais effectués sur des réservoirs contenant du liquide inflammable sous pression ont créés des boules de feu.

- **Rayonnement thermique :**

Si une boule de feu est générée par le BLEVE, un important rayonnement thermique en découlera. Les intervenants devront donc respecter une certaine distance minimale face au réservoir afin d'être épargnés par la radiation. Cette distance a été établie à 4 fois le rayon de la boule de feu.

- **Onde de Choc (Détonation):**

Le BLEVE étant une explosion, il est accompagné d'une détonation et d'un important déplacement d'air. Le seul moyen de ne pas être affecté par ce soufflé à distance. En respectant les normes minimales d'approche, les intervenants demeurent hors portée des effets d'une détonation.

L'U.V.C.E. : "Unconfined Vapor Cloud Explosion"

C'est-à-dire explosion d'un nuage de gaz en milieu non confiné (**cas de Flixborough, en 1947, 28 morts**). Suite à une fuite de gaz combustible, le mélange du gaz et de l'air peut former un nuage inflammable qui rencontrant une source d'allumage peut exploser.

Les effets sont essentiellement des effets de pression

L'incendie d'un stock de produits

Avec risque d'explosion (cas d'AZF à Toulouse, en 2001, 30 morts).

L'émission et la diffusion de produits toxiques, suite à un incendie ou une fuite accidentelle, avec risque de pollution de l'air, de l'eau, du sol (cas de Seveso en 1976 et Bhopal en 1984).

Annexe N° 2

Evénements /Composants	probabilités	Sources de données
Foudre	1E-7	HSE : safty report assessment guide (chlore et GPL).ET HSE : Planning case assessment guide.
Mauvais maintenance (Erreur humain)	1E-4	INERIS , Intégration de a dimension probabiliste dans l'analyse des risques-partie : Données quantifiées, EATDRA 34.27-03-2006
Feu voisinage	10.43E-2	DNV , (Risk Assement Equipment Failure Data Handbook), prepared by technica's Houston Office,May 1990
Rayonnement solaire	1.4E-2	N, W Hurst , 1991
Mise à la terre défaillante	1E-2	N, W Hurst , 1991
Défaillance mécanique (vanne)	3E-2	N, W Hurst , 1991
Défaillance cordon de soudure	2E-2	ARIA, MHIDAS
Choc extérieur	4E-2	ARIA, MHIDAS
Corrosion (défaillance mécanique)	5.87E-2	DNV 'Risk Assessment Equipement failure data handbook',prepared by Thechnica's Houston Office,May 1990.
Pas détection de système refroidissement	1E-2	GPL ,hazard analysis for a storage sphère of pressurized liquefied flammable gas-drysdale and David ,1979-80
Rupture brusque de réservoir	2.3E-2	N, W Hurst , 1991
Usure de joint de la vanne d'isolement.	E-2	INERIS , Intégration de la dimension probabiliste dans l'analyse des risques-partie 2 : données quantifiées, EAT DRA 34.27-03-2006.
Défaillance de télé jaugeur	0.2214	Résulta obtenu par le calcul de GRIF (AdD de BLEVE).
Défaillance de LSHH	2.03E-2	EIREDA , annexe 6 (valeurs génériques).
Pompe jocky défaillant	2.68E-2	-Rasmussen repport, AEC , 1975. - ICSI , l'analyse de risque, fréquence des évènements initiateurs d'accidents, 09.2009.
Défaillance de réseaux (système de refroidissement)	1.00198E-2	Résultat obtenu par le calcul de GRIF (AdD de BLEVE)
Frottement des particules de GPL	1.8E-2	N, W Hurst , 1991

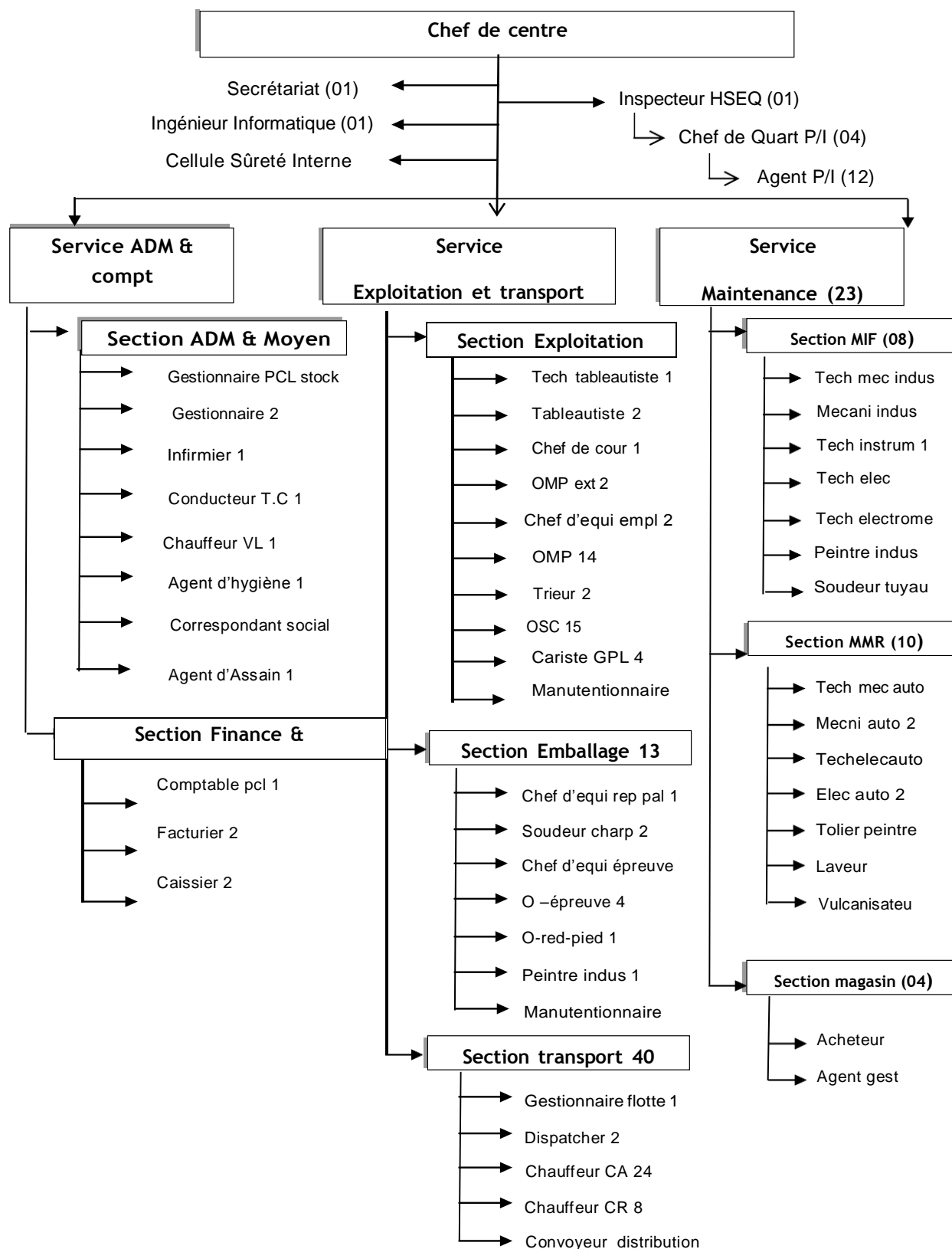
Erreur de contrôle	1E-1	CPR-18-purple book, 2005.
Défaillance mécanique (soupape)	1E-2	-ICSI, l'analyse de risque, fréquence des événements initiateurs d'accidents, 09.2009.
Corrosion (vanne)	0.5E-2	N, W Hurst, 1991

ANNEXE N° 3

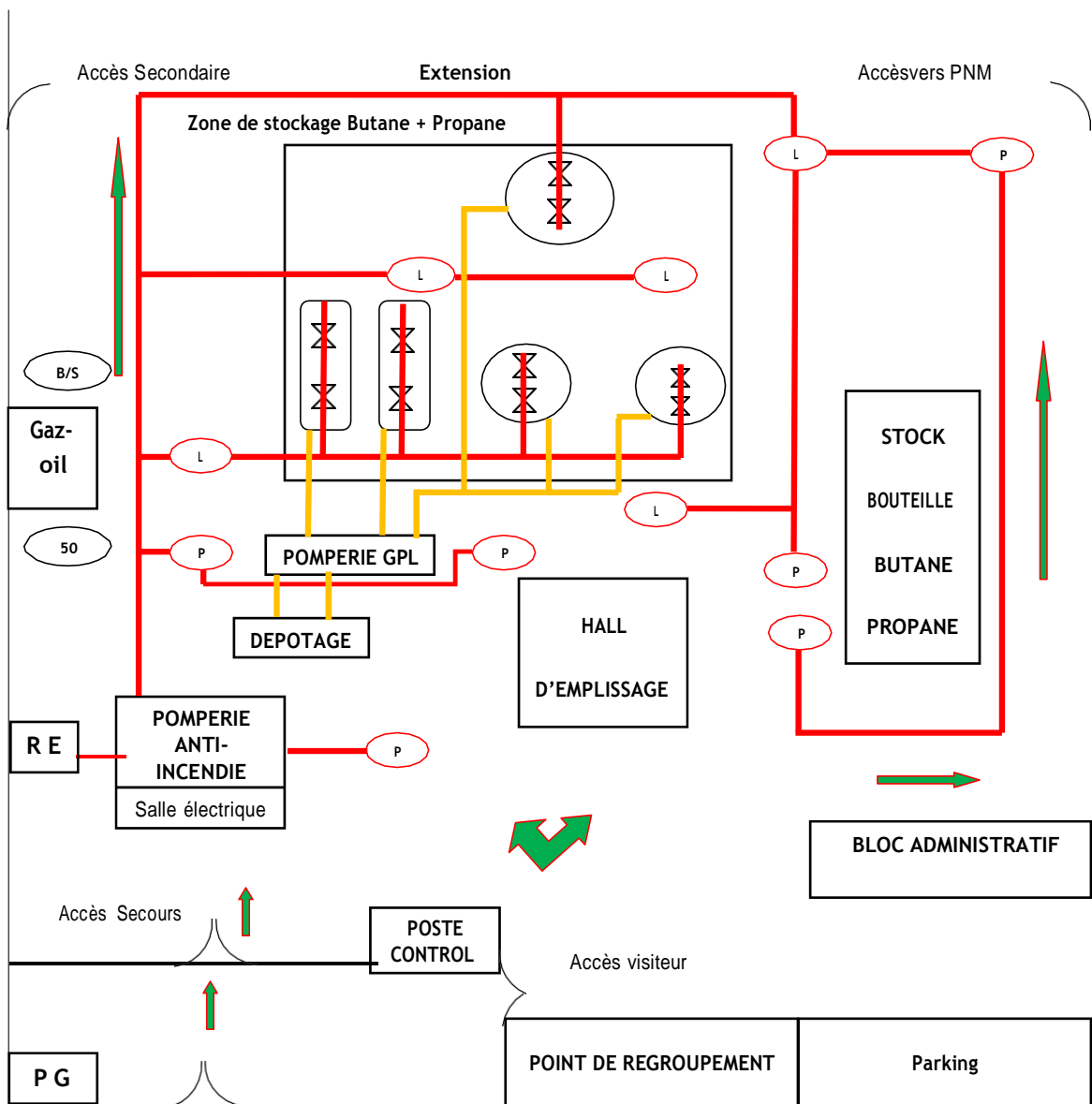
Moyens matériels

NATURE	NOMBRES	LOCALISATION
Tuyau Pompier 45mm	05	C.E
Tuyau pompier 70 mm	10	C.E
Dévidoir mobile	01	C.E
Lance à eau 45mm	07	C.E
Lance à eau 70mm	05	C.E
Division	05	C.E
Extincteur P/S(2-50kg)	60	C.E
Extincteurs CO2	11	C.E
Explosimètre	01	C.E
Ceinture de sécurité	04	C.E
Couverture anti feu	03	C.E
Poteaux d'incendie	06	C.E
Armoires d'incendie	06	C.E
Arrosage sprinklers	10	C.E
Groupe électrogène	01	C.E
Compresseur à air	04	C.E
Transformateur	01	C.E
Compresseur à gaz	02	C.E
Pompes à gaz	07	C.E
Electro pompe	02	C.E
Moto pompe diesel	01	C.E
Pompe jokey	01	C.E
Poste à souder	01	C.E
Ballon d'air	03	C.E
outillage	DIVERS	C.E
Alimentation eau	01	C.E
Lances monitors	05	C.E
Bâche à eau 1000m3	01	C.E
Alimentation eau	01	C.E
CAMION TRACTEUR	10	C.E
CAMION HYUNDAI	04	C.E
CITERNES GPL	20	C.E
CHARIOT ELEVATEUR	03	C.E

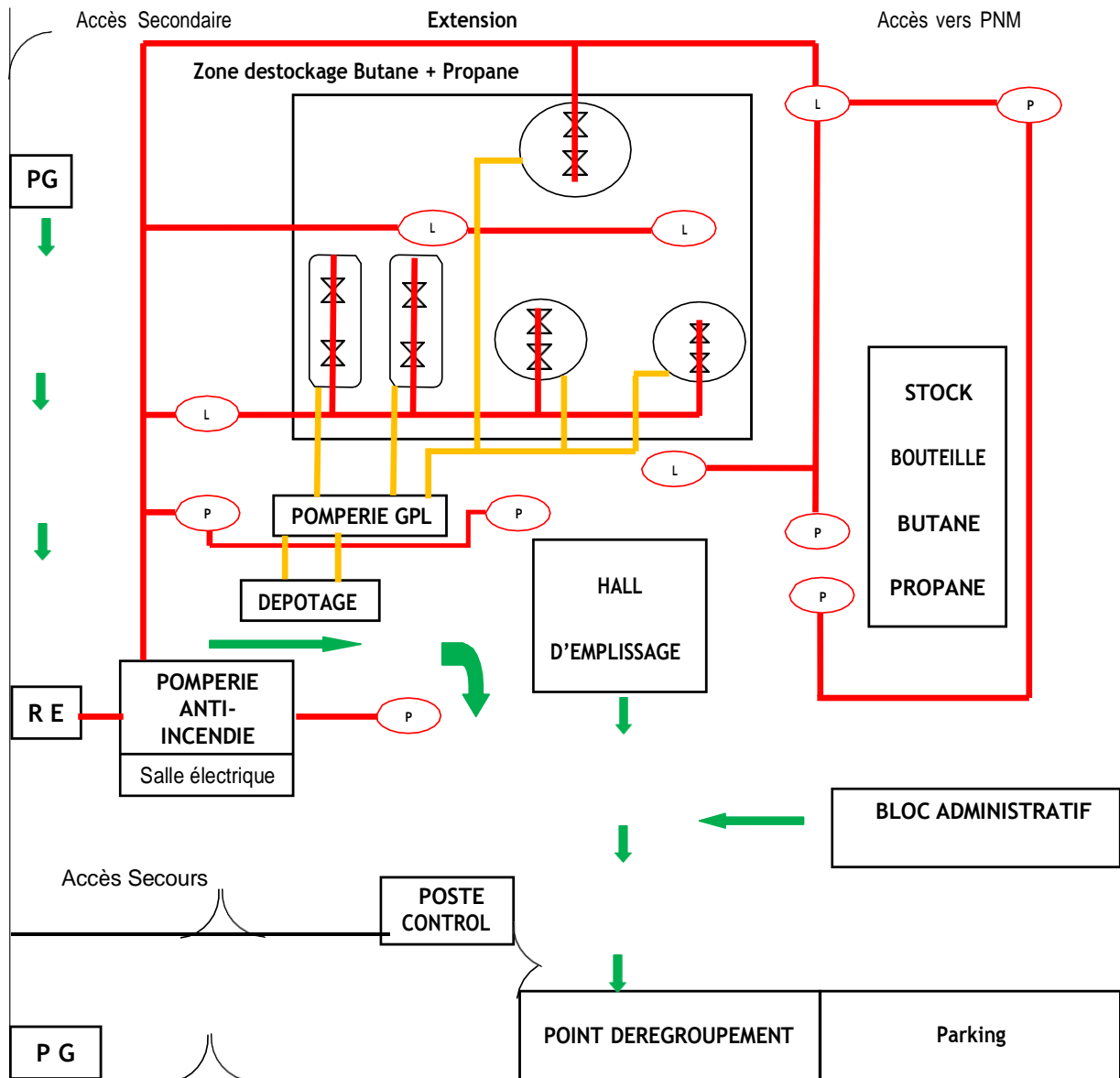
Organigramme de l'unité

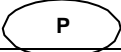
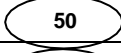
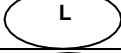








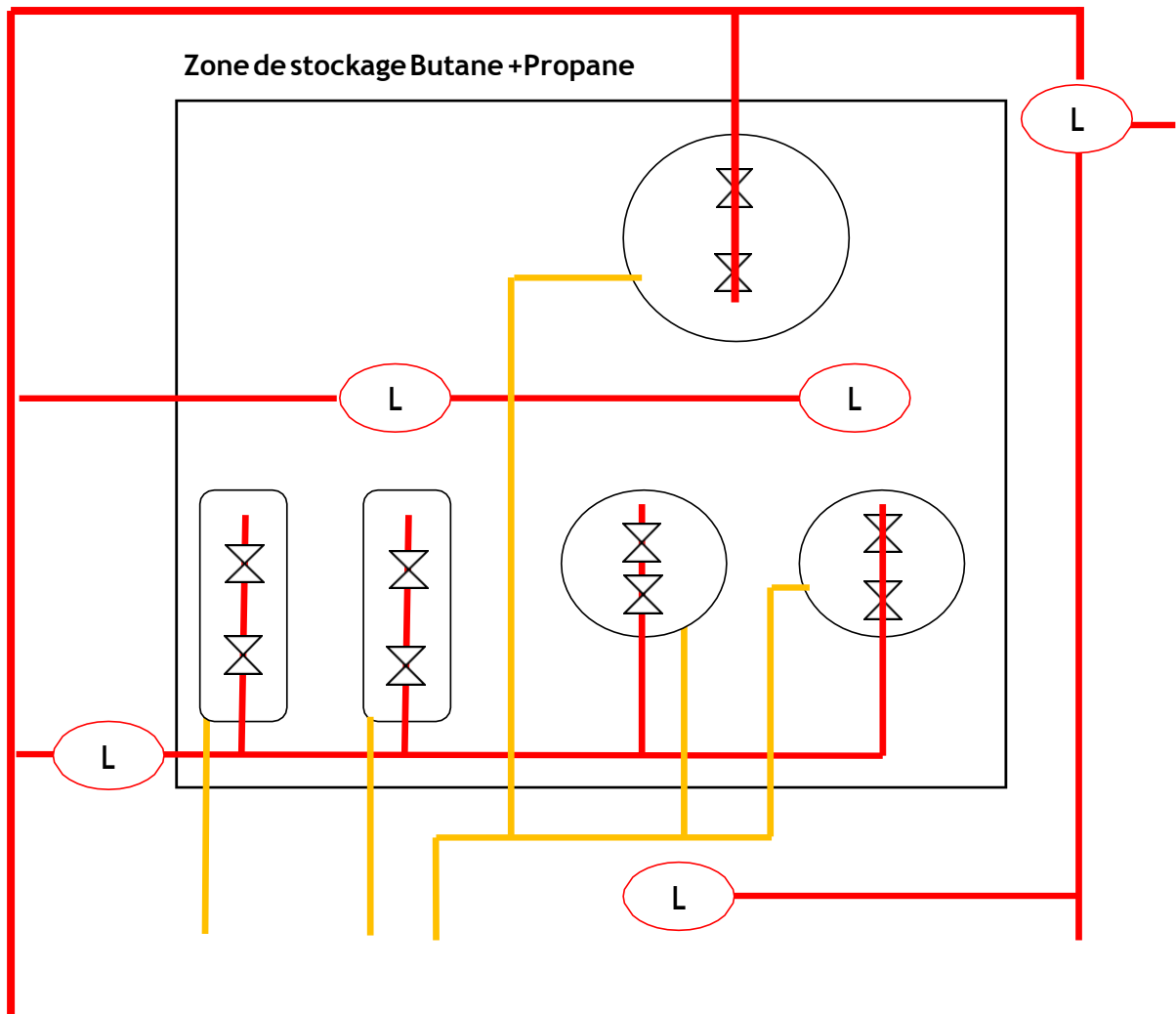
RE	Reserve d'eau
P	Poteau d'incendie
50	Extincteur 50 kg
CO2	Extincteur CO2
L	Lance monitor
	Bac de sable
—	Tuyauterie gaz
—	Tuyauterie d'eau incendie



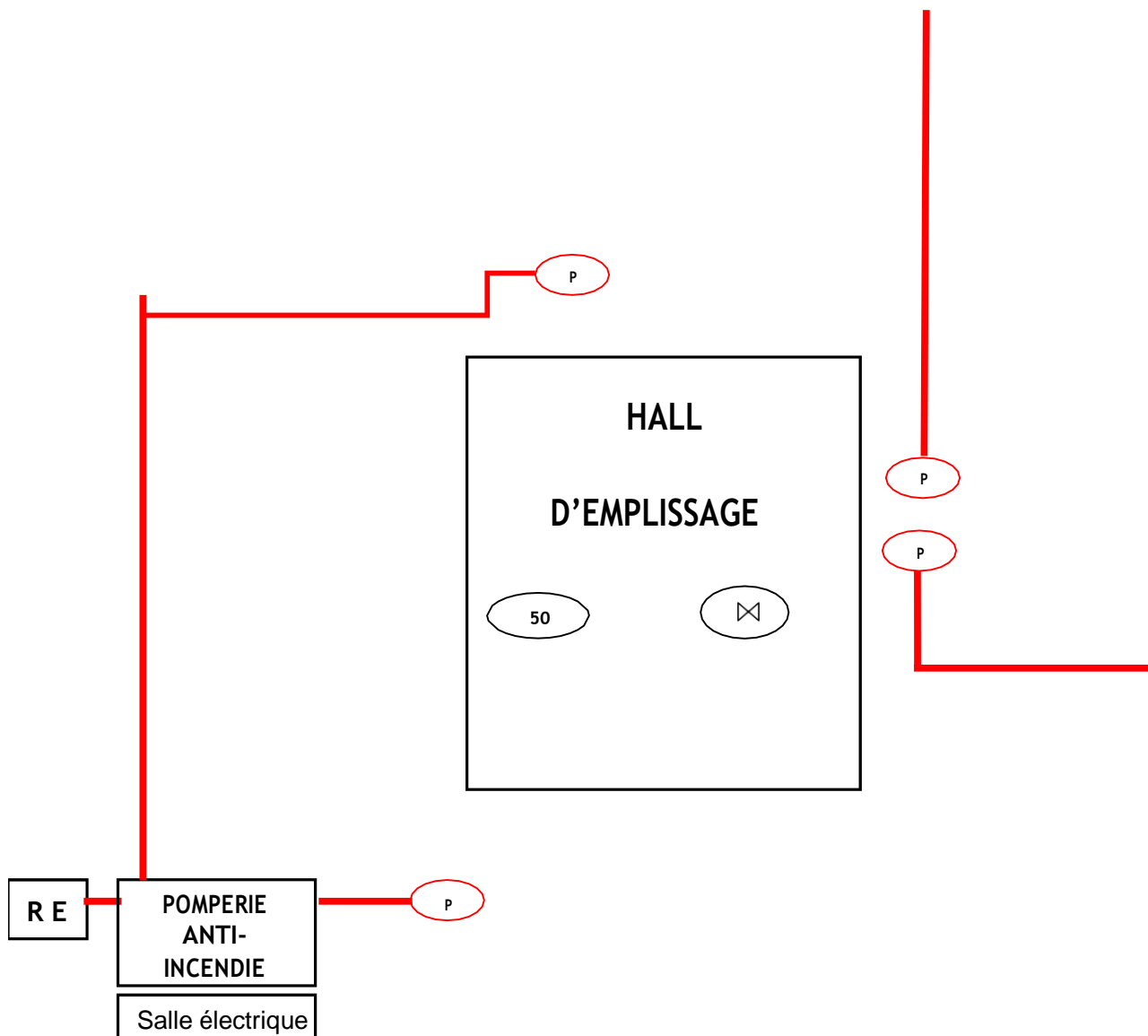
RE	Reserve d'eau
P	Poteau d'incendie
50	Extincteur 50 kg
CO2	Extincteur CO2
L	Lance monitor
...	Arrosage sprinkler
—	Tuyauterie gaz
—	Tuyauterie d'eau incendie



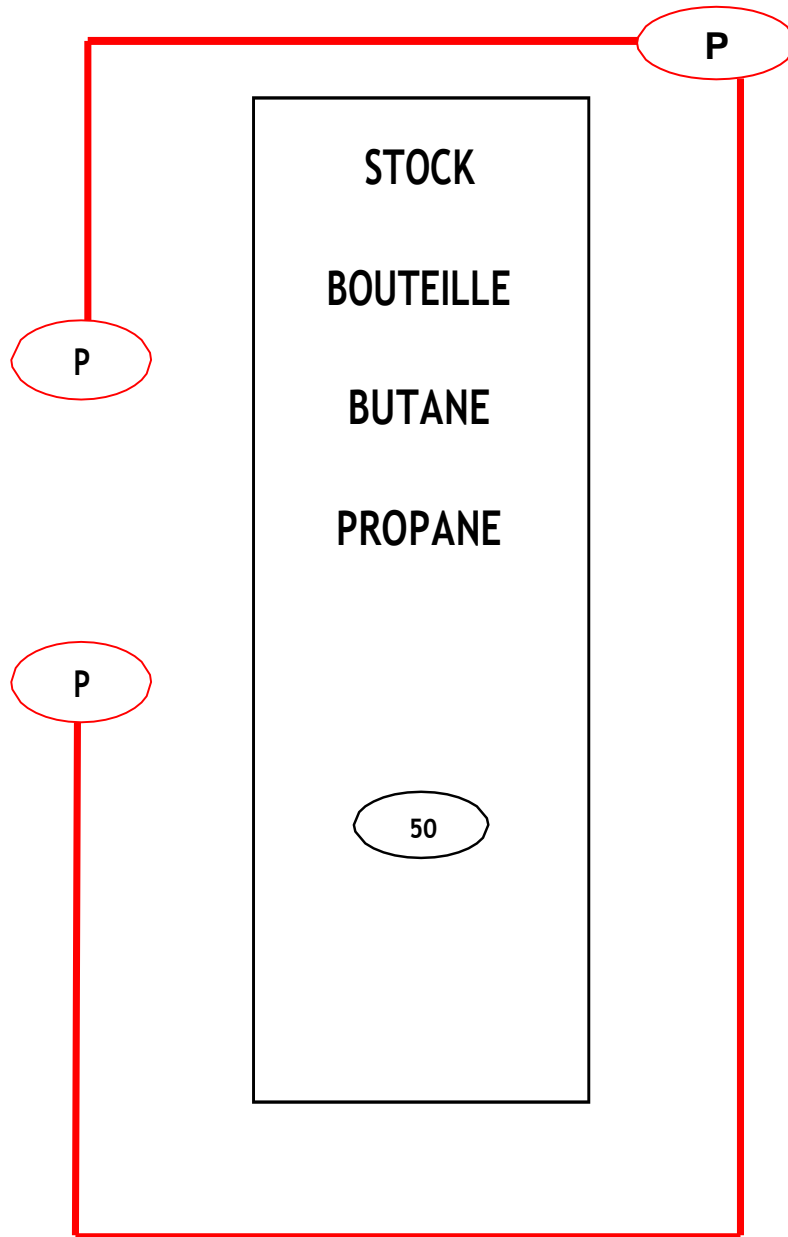
	Poteau d'incendie
	Extincteur 50 kg
	Lance monitor
	Arrosage sprinkler
	Tuyauterie gaz
	Tuyauterie d'eau incendie
	Arrosage sprinkler
	Tuyauterie gaz
	Tuyauterie d'eau incendie



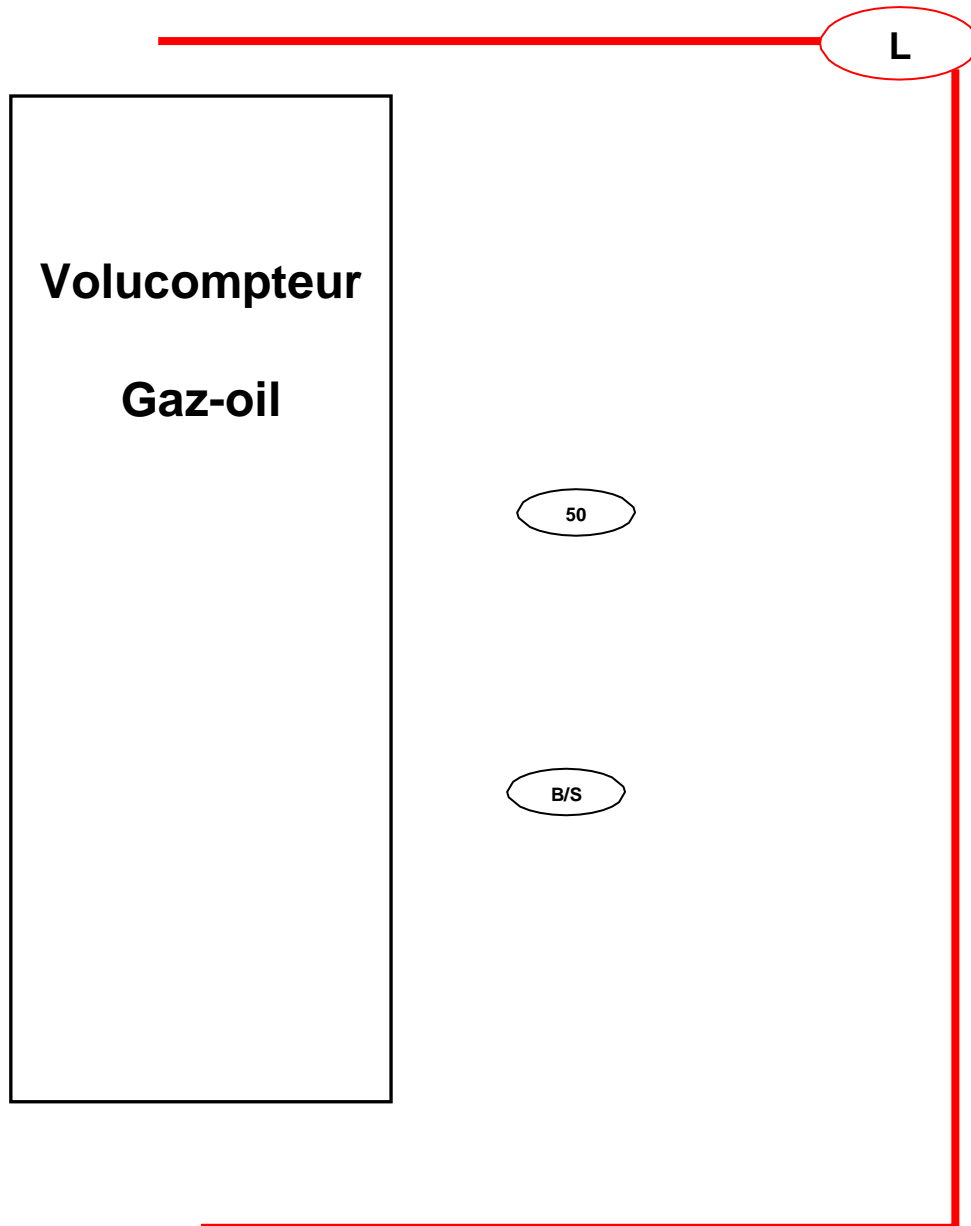
RE	Reserve d'eau
P	Poteau d'incendie
50	Extincteur 50 kg
CO2	Extincteur CO2
⊠	Arrosage sprinkler
—	Tuyauterie d'eau incendie



P	Poteau d'incendie
50	Extincteur 50 kg
—	Tuyauterie d'eau incendie



L	Lance monitor
50	Extincteur 50 kg
—	Tuyauterie d'eau incendie
B/S	Bac de sable



Abstract :

This study was carried out at the level of Batna GPL extract center located in the batna industrial zone .It deals with the risk analyis related to gpl storage and distribution activities .In order to achieve this objective ,we use the MADS-MOSAR methode (Organized systemic risk analysis method) .

Résumé :

Cette étude a été effectuée au niveau de centre enfuter GPL de Batna sis a la zone industrielle de Batna .Elle traite l analyse des risques liés aux activités de stockage et de distribution du GPL.

Afin de réaliser cet objectif nous avons recours à la méthode MADS-MOSAR (Méthode organisée systémique d analyse des risques).

ملخص :

أجريت هذه الدراسة على مستوى مركز استخراج غاز البترول المسال الموجود في منطقة صناعية باتنة , وهو يتعامل مع تحليل المخاطر المتعلقة بأنشطة تخزين و توزيع غاز البترول المسال. و من أجل MADS-MOSAR تحقيق هذا الهدف نستخدم طريقة (طريقة تحليل المخاطر النظامية المنظمة).