

Université Kasdi Merbah Ouargla
Institut de technologie



Département : Génie appliqué

Mémoire de licence

Pour l'obtention d'une licence professionnelle

Filière Hygiène et Sécurité Industrielle,

Spécialité Hygiène, Sécurité et Environnement.

Thème :

*Adaptation de la méthode ARAMIS pour intégrer la sécurité des
Installations dangereuse : étude de cas (ballon tampon d'alimentation
v-401)*

Réalisé par l'étudiant : ALLAM Bilal

Encadré par :

Mr : HADF HAFAID (MAITRE-ASSISTANT B, université DE BATNA)

Mr : Co-encadreur : BEMAZOUZI Yacine

Composition du jury :

Président: Mr. SIBOUKER Hichem

Rapporteur: Mr. HADF Hafaid

Examineurs: Mr. KADRI Mahdi

Année universitaire 2016-2017

A ma famille

Et surtout à mes parents pour tout ce qu'ils ont

fait et pour le

Soutien qu'ils m'ont apporté durant toutes mes

études, et à qui je dois tout.

A mes frères et sœurs

REMERCIEMENTS

Je remercie, avant tout, ALLAH le tout puissant de m'avoir Donné la volonté, le courage et la patience pour réaliser ce travail.

Je tiens à remercier, tout particulièrement, mon encadreur MR. HADEF HEFAID de m'avoir supervisé si consciencieusement. Son Aide, ses précieux conseils et surtout son encouragement étaient Pour moi un solide appui sans quoi, je n'aurais pu réaliser ce Travail. Sa disponibilité, sa générosité et son soutien tout au long De mon travail lui valent toute ma reconnaissance. J'exprime aussi mes plus vifs remerciements au TRAVAILLEURS DE MPPD Pour LA disponibilité, LES conseils et surtout pour Le temps qu'il m'a accordé, malgré ses nombreuses activités, Durant mon stage à HASSI ARAMEL qui a été très Bénéfique et d'un grand apport à mon travail.

Je remercie le DC. Directrice AMINA BEN KCHALFI de l'institut de technologie et TOUT LE STAF PEDEGOIQUE ainsi que tous les enseignants et le personnel administratif et technique de l'Institut de technologie pour leur assistance et leurs encouragements.

Je présente, également, mes remerciements les plus sincères Aux membres du jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à mes travaux

SIBOUKER Hicham D'avoir .accepté de présider mon jury De soutenance.

KADRI Mahdi d'avoir, également, accepté de faire partie du jury de soutenance.

Finalement, je ne saurais clore cette liste sans avoir à Remercier ma famille, qui m'a encouragée, pour que ce travail Puisse voir le jour.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|--|------------|
| DEDICACE | III |
| REMERCIEMENT | III |
| RESUME | III |
| LISTE DE FIGURE | III |
| LISTE DES TABLEAU | III |
| ABREVIATION ET ACRONYMES | III |
| CHAPITRE I : A propos de la methode ARAMIS | |
| 1. Maitrise des accidents majeurs | 3 |
| 1.1. A propos des accidents majeurs | 3 |
| 1.2. Détermination de la probabilité d'occurrence, de la gravite et de la cinétique des accidents majeurs | 6 |
| 1.2.1. Détermination de la probabilité d'occurrence et de la gravité d'un accident majeur: | 6 |
| II. A propos de la méthode ARAMIS | 7 |
| II.1- Présentation de la méthode ARAMIS | 8 |
| a.Présentation, objectifs du projet | 8 |
| b.Principaux résultats du projet ARAMIS | 9 |
| CHAPITRE II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel | |
| II.1- Description succincte du champ industriel Hassi R'mel | 16 |
| II.2- Presentation de MPP0 | 16 |
| II.2.1 Description de MPP0 | 16 |
| II.2.2-Organigramme MPP0 | 17 |
| II.2.3-Description générale du processus | 18 |
| II.3-Opération A-0 : Sélection des équipements critiques sur un site | 19 |
| II.3.1-1Identification des produits Dangereux | 19 |
| II.3.1.2-Sélection des équipements critiques | 19 |
| II.4-Opération A-1 : Méthode MIMAH | 23 |
| II.4.1-L'application de la méthode HAZOP | 24 |
| . II.4.2 Etape A1a : Identifier par équipement les évènements critiques ou ERC | 36 |
| II.4.3- Etape A1b : Elaborer un arbre de défaillances pour chaque ERC | 37 |

| | |
|--|-----------|
| II.4.4 Elaboration un arbre des évènements | 38 |
| II.4.5 Etape A2 a : Fréquence d'occurrence d'un phénomène dangereux | 41 |
| II.4.5.1- Identification des barrières | 41 |
| II.4.5.1.1-L'implantation des barrières de sécurité dans l'AdD | 41 |
| II.4.5.1.2- L'implantation des barrières de sécurité dans AdE | 42 |
| II.4.6-Evaluation de la performance des barrières | 44 |
| II.4.7-Choix des scénarios de référence par la matrice de risques | 44 |
| II.4.7.1-Grille de criticité | 45 |
| II.5-OPERATION B : Cartographie de la severite d'un site industriel | 48 |
| II.6- OPERATION C : Indice M influence du management de la securite | 51 |
| II.6.1.Typologie des barrières: | 51 |
| II.6.2.Evaluation de l'organisation structurelle | 52 |
| II.6.3.Protocole d'audit | 53 |
| II.7-OPERATION D : INDICE V CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE DES ENJEUX | 55 |
| II.7.1.Objectifs | 55 |
| II.7.2Description de l'environnement (intérieur et extérieur) du site | 56 |
| a. Description de l'environnement intérieur de notre site | 56 |
| b. Description de l'environnement extérieure de notre site | 58 |
| II.8-Analyse et synthèse | 58 |
| Conclusion generale | 59 |
| Recommandation | 60 |
| Références bibliographiques | 62 |

Annexes

| | |
|-----------------|------------|
| Annexe 1 | i |
| Annexe 2 | iii |
| Annexe 3 | iv |
| Annexe 4 | vi |
| Annexe 5 | IV |

ABRÉVIATIONS, ACRONYMES

| | |
|------------------|---|
| Add | Arbre de Défaillance. |
| AdE | Arbre d'Evénement. |
| ALARP | As Low As Reasonably Practicable. |
| AMDEC | Analyse des Modes de Défaillance; de leurs Effets et de leurs Criticité. |
| APR | Analyse Préliminaire des Risques. |
| ARAMIS: | Accidental Risk Assessment Methodology for IndustrieS. |
| ASSURANCE | ASSessment of the Uncertainties in Risk Analysis of Chemical Establishments |
| CEI | Commission Electrotechnique Internationale |
| EI | Evénement Initiateur. |
| Ein | Evénement indésirable. |
| EM | Evénement Majeur. |
| ERC | Evénement Redouté Centrale. |
| ERP | Etablissement Recevant du Public. |
| ERS | Evénement Redouté Secondaire. |
| GPL | Gaz Pétrolier Liquéfié. |
| HAZOP | Hazard and Operability study. |
| HSE | Health; Safety and Environment. |
| ICPE | Installation Classé Protection d'Environnement. |
| INERIS | Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques |
| IPS | Important Pour la Sécurité. |
| ISO | International Standard Organization. |
| PCRD | Programme Commission de Recherche et Développement. |
| PFD | Probabilty of Failure on Demand. |
| PhD | Phénomène Dangereux. |
| PPAM | Politique de la Prévention des Accidents Majeurs. |
| PPRT | Plan de Prévention des Risques Technologiques. |
| SGS | Système de Gestion de Sécurité. |
| SMS | Système de Management de Sécurité. |
| SONATRACH | Société Nationale de Transport et Commercialisation des Hydrocarbures |

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| Figure I.1 | Les composantes du risque et les éléments à analyser | 10 |
| Figure I.2 | La représentation des scénarios d'accident sous forme de nœud papillon est au cœur de la méthodologie ARAMIS. | 11 |

CHAPITRE II

| | | |
|----------------------|--|-----------|
| Figure II.1 | Organigramme de module MMP0 | 17 |
| Figure II.2 | Zone séparation du condensat | 18 |
| Figure II.3 | logigramme des étapes de la méthode MIMAH | 23 |
| Figure II.4 | Application de la méthode AdD (AdD réduite) | 37 |
| Figure II.5 | Application de la méthode AdE. | 38 |
| Figure II.6 | Combinaison entre les deux méthodes AdD & AdE | 40 |
| Figure II.7 | L'implantation des barrières de sécurité dans l'AdD | 41 |
| Figure II.8 | implémentation des barrières de sécurité au niveau de AdE & AdD. | 43 |
| Figure II.9 | La matrice de risque simplifier de SONATRACH /Activité Amont/ Division Production. | 45 |
| Figure II.10 | La matrice de risque SONATRACH / Activité Amont/ Division Production. | 47 |
| Figure II.11. | représentation d'effet de surpression et de sévérité en cas de phénomène vce | 50 |
| Figure II.12 | Cycle de vie des barrières de sécurité et processus du système de management Concernés par l'audit du système de management | 55 |
| Figure II.13 | Caractérisation de la vulnérabilité de l'environnement | 57 |

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I

| | | |
|-------------|--|---|
| Tableau 1.1 | Extrait d'accidents majeurs survenus dans le monde | 3 |
| Tableau 1.2 | Principaux accidents technologiques survenus au sein du groupe Sonatrach | 4 |

CHAPITRE II

| | | |
|----------------|---|----|
| Tableaux II.1 | substances dangereuse utilisé au niveau de module MPP0 | 19 |
| Tableau II.2 | Description de possibilité d'effet domino pour les équipements Voisinant le ballon de V-401 | 21 |
| Tableau II.3 | description de l'équipement à étudier. | 22 |
| Tableau II.4 | Application de la méthode HAZOP | 24 |
| Tableau II.5 | Une matrice croisant l'équipement critique avec l'état se substance. | 36 |
| Tableau II.6 | Une matrice croisant l'équipement critique avec l'évènement redouté central | 36 |
| Tableau II.7 : | Probabilité d'occurrence de l'évènement. | 37 |
| Tableau II.8 | les fréquences d'occurrence des évènements redoutés | 39 |
| Tableau II.9 | grille de criticité | 45 |
| Tableau II.10 | Liens entre phénomènes dangereux et évènements majeurs | 48 |
| Tableau II.11 | Entre les classes et les valeurs de l'indice S | 48 |
| Tableau II.12 | Définition des niveaux d'effet | 49 |
| Tableau II.13 | La relation entre "S" et le niveau de surpression | 50 |
| Tableau II.14 | Classification des barrières préalablement à l'audit. | 52 |

| | | |
|----------------------|--|-----------|
| Tableau II.15 | équipements au niveau de l'environnement intérieurs de site étudié. | 56 |
|----------------------|--|-----------|

ANNEXES

| | | |
|------------------|--|-------------|
| Annexe01 | Typologie des substances dangereuses | i |
| Annexe02 | Typologie d'équipements considérée dans ARAMIS. | iii |
| Annexe03 | Une matrice croisant le type d'équipement avec les 12 évènements redouté centraux | iv |
| Annexe04 | Liste des événements redoutés centraux | vi |
| Annexe 05 | Tableau représente les caractéristiques des barrières existantes | VIII |

RESUME

La méthodologie ARAMIS a été développée dans un projet européen cofinancé dans le cinquième programme-cadre de la commission européenne dans le but de répondre aux exigences de la directive SEVESO II. Il offre une alternative aux approches purement déterministe et probabiliste pour l'évaluation des risques pour l'utilisation des terres ou la planification d'urgence, l'exécution ou, plus généralement, la décision publique. La méthodologie est divisée en les étapes principales suivantes : identification des risques d'accidents majeurs, l'identification des barrières de sécurité et de l'évaluation de leur performances, l'évaluation de l'efficacité de gestion de la sécurité à la fiabilité barrière, l'identification des scénarios d'accidents de référence et de la vulnérabilité de l'environnement des plantes. La méthodologie a été testée au cours de cinq études de cas, qui ont des informations utiles sur l'applicabilité de la méthode et en identifiant les parties les plus sensibles de celui-ci a ouvert la voie à la nouvelle activité de recherche pour une amélioration de la sécurité industrielle .

Selon l'application de la méthode ARAMIS et suivent la démarche de l'analyse des risques Effectuée, l'évènement majeur **VCE** peut avoir des conséquences très graves sur les êtres humaines, les équipements et le environnement au tour du leur rayons d'impact du site. Malgré les barrières utilisées au niveau de site. Et d'autre part, il faut installer des plans d'urgence plus efficace pour maîtriser ce genre des accidents majeurs.

Mot clés : ARAMIS, analyse des risques, évènement initiateur, étude de danger, phénomène dangereux...

ABSTRACT

The ARAMIS methodology was developed in a European project co-financed in the fifth framework program of the European Commission in order to meet the requirements of the SEVESO II Directive. It offers an alternative to purely deterministic and probabilistic approaches to risk assessment for land use or emergency planning, implementation or, more generally, public decision-making. The methodology is divided into the following major steps: identification of major accident hazards, identification of safety barriers and assessment of their performance, assessment of safety management effectiveness to barrier reliability , The identification of reference accident scenarios and the vulnerability of the plant environment. The methodology has been tested in five case studies, which have useful information on the applicability of the method and identifying the most sensitive parts of it has paved the way for the new research activity for improvement Of industrial safety.

Depending on the application of the ARAMIS method and following the risk analysis approach carried out, the VCE major event can have very serious consequences on human beings, equipment and the environment around their impact rays. site. Despite the barriers used at site level. On the other hand, it is necessary to install more effective emergency plans to control this type of major accidents.

Key words: ARAMIS, risk analysis, initiating event, hazard study, dangerous phenomenon ...

Introduction général

Les conditions qui ont prévalu dans le monde et dans notre pays en matière d'aggravation de survenance des catastrophes et de leurs conséquences néfastes sur les populations et les économies ont amené le pouvoir public à décider la prise en charge adaptée et intégrée de cette problématique dans notre pays.

L'étude de danger est devenue un document réglementaire clé dans la gestion des établissements dangereux et la communication sur les risques majeurs dans les quelles l'exploitant doit démontrer que tous ces risques sont identifiés et maîtrisés. D'ailleurs acquérir les informations nécessaires à l'élaboration des plans de maîtrise de l'urbanisation et des plans d'urgence.

Chercher de la performance de la politique de prévention, faire une démonstration plus explicite de la maîtrise des risques, tous cela fondés sur un principe de gestion de risque selon lequel « vous ne pouvez pas gérer si vous ne pouvez pas mesurer ».

A ce effet, et dans le cadre de notre mémoire nous allons choisir une méthode s'orienter vers une approche par barrières qui permettra d'évaluer le niveau de risque d'une installation industrielle en tenant compte des mesures de sécurité destinées à prévenir les risques d'accident majeurs.

La problématique de cette mémoire consiste sur les questions clés suivantes:

- Connaissez-vous vos scénarios d'accident et l'étendue de leurs conséquences sur la population et l'environnement ?
- Prennent-ils en compte l'ensemble des facteurs d'aléas (erreur humaine, défaillance matérielle, ...) ?
- Pouvez-vous démontrer l'efficacité et la fiabilité des mesures de sécurité de son site ?

Afin d'atteindre notre objectif, nous allons retenir la méthode ARAMIS qui proposait d'engager plusieurs composantes, ces dernières étaient :

- La sévérité des scénarios d'accident retenus
- l'efficacité du management des risques par l'industrie
- la vulnérabilité de l'environnement du site concerné.

Le présent mémoire est organisé en deux grandes parties :

- ❖ Une partie théorique réservée, d'une manière générale à la méthode retenue (contexte, fondement,...) et
- ❖ Une partie pratique consacrée, entièrement, à l'application de la méthode ARAMIS sur un système industriel réel au niveau Hassi R'mel.

1. Maitrise des accidents majeurs :

L'industrialisation a contribué à l'amélioration des conditions de vie notamment par L'utilisation et la fabrication de produits chimiques. Mais de tout temps, les êtres humains ont été en permanence confrontés à des accidents corporels ou non, légers ou graves, à des événements et Phénomènes de grande ampleur qui les ont profondément marqués par suite de la gravité de leurs Conséquences sur les hommes et l'environnement.

1.1. A propos des accidents majeurs

À l'origine de tout accident, même mineur, il existe un risque qui, sous certaines conditions,

Conduit aux accidents. Les risques majeurs ou hauts risques sont à l'origine des accidents majeurs. Parmi ces accidents majeurs, un grand nombre est d'origine industrielle et a pour origines, les usines et Les ateliers de fabrication et de stockage.

Les accidents les plus importants connues dans le monde, qui ont été les plus importants par le nombre de victimes et les dégâts causés, sont appelés majeurs et sont souvent restés dans la mémoire de l'humanité.

Dans ce contexte, nous rappelons ci-dessous quelques accidents survenus dans le monde et en Algérie et nous nous limitons, évidemment, au domaine de l'industrie pétrochimique.

a) Extrait d'accidents survenus dans le monde :

Tableau 1.1: Extrait d'accidents majeurs survenus dans le monde

| | |
|--------------------------------|---|
| Feyzin (4 /01/1966) | Dix-huit personnes ont été tuées et quatre-vingt-quatre autres blessées et 1475 immeubles de 21 communes ont été endommagés.à Feyzin (Rhône), lors de l'incendie qui a ravagé la raffinerie Rhône-Alpes |
| Seveso (10/07/1976) | Un nuage toxique de Dioxine se propage au-dessus de la ville italienne de Seveso près de Milan. Plus de 200 personnes sont victimes de lésions, des centaines d'animaux sont tués |
| Bhopal (03/12/1984) | L'usine de Bhopal fabriquait des pesticides il en résulté de 2000 morts, sur une population de quelque 100 000 habitants dans une surface de 40 km ² . |

| | |
|----------------------------|--|
| AZF (21/9/2001) | Une explosion à l'usine chimique AZF, à l'origine encore indéterminée, a fait 30 morts et 2 200 blessés. Cette catastrophe s'est produite dans un quartier fortement urbanisé. |
|----------------------------|--|

b) Accidents de SONATRACH:

Le groupe SONATRACH a vécu des accidents technologiques majeurs dans les dix dernières années les plus importants sont cités dans le tableau suivant.

Tableau 1.2: Principaux accidents technologiques survenus au sein du groupe Sonatrach.

| Incident / accidents | Date | Lieu | Dégât humains et/ou matériels |
|---|------------------|---|--|
| Eruption non contrôlée du puits de gaz HR 64 | Janvier 2000 | SH/DP/HRM | Puits abandonnée |
| Incident et GP2Z sur le four rebouilleur | 15 Novembre 2003 | GP2Z, SH/Activité aval, Skikda | four rebouilleur totalement détruit et un autre partiellement |
| Accident de GL1K, forte explosion de gaz sur unité de liquéfaction | 19 Janvier 2004 | Complexe GL1K. SH/activité Aval Skikda | -27 morts. Plusieurs blessés -destruction totale de l'unité 6 du complexe (3 modules indisponibles) |
| Accident de RTE. Incendie sue les deux bacs de stockage de brut S105. S106 | 04 Octobre 2005 | Terminal Arrivée RTE. SH/Activité TRC. Skikda | -02 morts. -les deux bacs S105/S106 furent totalement détruits |

c) Terminologie:

- **Le risque:**

Est défini comme la possibilité de survenance d'un dommage résultant d'une exposition à un

Phénomène dangereux. Il est la combinaison de la probabilité d'un événement et de ses conséquences (ISO/CEI).

Dans les analyses de risques et les études de dangers, le risque est généralement qualifié en

Gravité * Probabilité, alors que pour les plans de prévention des risques technologiques (PPRT), il l'est selon les deux composantes Aléa*Vulnérabilité (par type d'effet : thermique, toxique, surpression et projection).

- **L'aléa:**

C'est la probabilité qu'un phénomène accidentel produise en un point donné des effets d'une intensité donnée, au cours d'une période déterminée. L'aléa est donc l'expression, pour un type d'accident donné, du couple (Probabilité d'occurrence * Intensité des effets).

- **Enjeux :**

Ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par le phénomène accidentel.

- **Vulnérabilité :**

Exprime et mesure le niveau de conséquences prévisibles de l'aléa sur les enjeux.

- **Accident majeur:**

Événement tel d'importance majeure résultant de développements incontrôlés survenus au cours de l'exploitation d'un établissement, entraînant pour la santé humaine, à l'intérieur ou à l'extérieur de l'établissement, et/ou pour l'environnement, un danger grave, immédiat ou différé, et faisant intervenir une ou plusieurs substances dangereuses.

- **Scénario d'accident (majeur):**

Enchaînement d'événements conduisant d'un événement initiateur à un accident (majeur), dont la séquence et les liens logiques découlent de l'analyse de risques.

- **Directive « Seveso II » 96/82 :**

C'est la directive n°96/82/CE du Conseil du 9 décembre 1996, dite SEVESO II. Avec cette directive, l'Union européenne a créé un instrument visant à «maîtriser les dangers suscités par des accidents graves impliquant des substances dangereuses». Cette directive formule en outre des principes importants permettant de maîtriser l'urbanisation dans le champ d'action d'entreprises fixes présentant un grand danger potentiel. Cette directive a pour objet la prévention des accidents majeurs impliquant des substances dangereuses et la limitation de leurs conséquences pour l'homme et l'environnement, afin d'assurer de façon cohérente et efficace dans toute la communauté des niveaux de protection élevés.

- **Une Installation Classée pour la Protection de l'Environnement (ICPE):**

Est d'une manière générale, toute installation exploitée ou détenue par une personne physique ou morale, publique ou privée qui peut présenter des dangers ou des inconvénients pour :

- La santé, la sécurité, la salubrité publiques.
- L'agriculture.
- La protection de la nature et de l'environnement.

1.2. Détermination de la probabilité d'occurrence, de la gravité et de la cinétique des accidents majeurs :

1.2.1. Détermination de la probabilité d'occurrence et de la gravité d'un accident majeur:

Selon la définition précédente, l'estimation de la probabilité et de la gravité des effets associées à un risque permet d'en déduire sa criticité, c'est-à-dire une échelle d'importance par rapport à son acceptabilité. Dans le dernier chapitre nous allons voir un développement d'approche permet de visualiser les séquences accidentelles (par la réalisation de nœud de papillon permet de déterminer de façon qualitative et quantitative la probabilité à partir des séquences identifiées).

a. Détermination de la probabilité d'occurrence des accidents majeurs:

A l'issue de l'analyse de risques, la liste des phénomènes dangereux et de leur probabilité d'occurrence a été établie.

Pour bien appréhender le passage de l'occurrence d'un phénomène dangereux à la probabilité d'accident, Nous suggérons les définitions suivantes:

- **Probabilité d'occurrence d'un phénomène dangereux :**

Cette probabilité est obtenue par agrégation des probabilités des scénarios conduisant à un même phénomène, ce qui correspond à la combinaison des probabilités de ces scénarios selon des règles logiques (ET/OU).

- **Probabilité conditionnelle d'exposition d'une cible à un effet donné:**

Probabilité que la cible soit atteinte par l'effet à l'intensité considéré, compte tenu des mesures de mise à l'abri éventuelles, considérant que le phénomène s'est produit.

b. Détermination de la gravité des conséquences des accidents majeurs:

Il s'agit de traduire l'atteinte potentielle des personnes par les effets d'un phénomène dangereux. Il s'agit en quelque sorte pour l'exploitant de combiner:

L'intensité des effets du phénomène dangereux, celle-ci associe une distance d'effets à un effet donné, en fonction des seuils définis réglementairement;

- la vulnérabilité de la zone potentiellement exposée à ces effets, c'est-à-dire l'appréciation du nombre et de la sensibilité des personnes présentes dans la zone à un type d'effet donné.

C. Détermination de la cinétique des accidents majeurs:

La notion de cinétique est notamment importante pour la sûreté de fonctionnement des installations, où les mesures de maîtrise des risques doivent remplir leur fonction de sécurité dans des délais compatibles avec la cinétique de développement et d'apparition des événements redoutés conduisant au phénomène dangereux étudié;

Son appréciation et sa prise en compte peuvent parfois poser des difficultés, puisqu'elles nécessitent notamment des données techniques sur les temps de détection, réaction ou réponse des dispositifs d'une part, mais aussi une estimation du délai d'occurrence ou de la dynamique d'évolution d'un phénomène accidentel (par exemple la montée en puissance d'un incendie).

La caractérisation de la cinétique de déroulement d'un accident entend la prise en compte :

- la cinétique d'apparition et d'évolution du phénomène dangereux d'une part
- la cinétique d'atteinte des personnes, puis de la durée d'exposition au niveau d'intensité des effets correspondants, en lien direct avec les conditions d'exposition et notamment de leur possibilité de fuite ou de protection.

Pour ce dernier critère, il s'agit de vérifier que la mise en œuvre des mesures de sécurité pour la protection des personnes exposées est compatible avec la cinétique de déroulement de l'accident majeur.

II. A propos de la méthode ARAMIS

Dans une optique préventive, La nouvelle vision de la politique HSE du Groupe SONATRACH, exige que des études de dangers soient élaborées pour toute installation industrielle susceptible d'être source d'accident majeur. Cependant, les sites pétrochimiques

comportent souvent un enchaînement d'installations qui peuvent, toutes, entraîner des accidents majeurs. La coexistence d'installations dangereuses évoque un problème important, celui de l'effet domino. Celui-ci permet d'étudier l'effet et l'effet réciproque d'une installation dangereuse et les installations voisines dans les scénarios d'accidents majeurs.

En outre, les résultats du projet européen ARAMIS coordonné par l'INERIS permettent de faire évoluer certaines étapes du processus d'évaluation des risques de l'étude de dangers. En particulier, les résultats du projet donnent des outils et des méthodes pour réaliser la démonstration du niveau de maîtrise des risques selon les exigences de la Directive SEVESO II.

L'objet de cette partie est de fournir l'apport théorique nécessaire à la compréhension et à l'application de la méthode ARAMIS.

II.1- Présentation de la méthode ARAMIS:

a. Présentation, objectifs du projet:

ARAMIS est un projet européen de recherche réalisé dans le cadre du 5eme PCRD entre janvier 2002 et décembre 2004. ARAMIS signifie *Accidental Risk Assessment Methodology for Industries*. L'objectif du projet était de développer une nouvelle méthodologie d'évaluation des risques répondant aux exigences de la directive SEVESO II et constituant une solution alternative aux approches purement déterministe ou purement probabilistes de l'évaluation des risques alors en vigueur en Europe.

A l'origine du projet il y avait le constat, renforcé par l'accident de Toulouse en décembre 2001, que les méthodes d'évaluation des risques disponibles n'étaient plus adaptées aux exigences de la directive et aux attentes qui émergeaient au niveau des décideurs publics et des populations.

Les pays ayant une approche purement déterministe se trouvaient confrontés à la difficulté de prendre des décisions publiques sur la base d'évaluations faisant ressortir systématiquement les scénarios majorants. Les résultats d'une estimation déterministe étaient facilement communicables au public mais donnaient une vision erronée du risque. Les méthodes d'évaluation associées n'étaient pas non plus un bon support pour la démonstration de la maîtrise du risque par l'industriel.

Pour les pays ayant une approche probabiliste le problème se posait autrement. Le résultat de l'estimation, libellé en terme de risque sociétal était peu communicable car peu compréhensible par la population. Par ailleurs, il 'appuyait généralement sur des données statistiques. Il ne reflétait donc pas la réalité locale ni les efforts de maîtrise du risque entrepris par l'exploitant.

Le projet ASSURANCE (Hourtolou 2002) avait par ailleurs montré que les méthodes d'évaluation des risques pratiquées par des experts de différents pays européens pouvaient donner des résultats très dispersés. Ce projet avait fait ressortir les sources d'incertitudes qui étaient notamment liées au choix des scénarios à prendre en compte à l'issue de l'évaluation et pour lesquels s'opposaient finalement les approches des pays ayant une vision probabiliste ou les scénarios les plus probables étaient considérés les scénarios les plus graves.

Le projet ARAMIS avait donc pour objectif d'aboutir à une méthode qui permettrait d'estimer le risque en résolvant les difficultés exposées plus haut dans le contexte de la directive SEVESO II. Cette méthode devait fournir des résultats exploitables par les décideurs publics et les industriels, communicables à un public de non spécialistes. L'estimation du risque produite devait aussi tenir compte des mesures de réduction du risque mises en place par l'industriel et de l'influence du facteur humain et de l'organisation sur l'efficacité de ces mesures de réduction du risque.

b. Principaux résultats du projet ARAMIS:

i. Concepts de base:

Pour atteindre ces objectifs, la première étape a consisté à s'entendre sur les composantes des risques et sur les éléments à identifier et mesurer pour les estimer. Il faut rappeler qu'il n'existait pas à l'époque de définition du risque partagée par les pays de l'union européenne. **La figure 2.2.** illustre la définition retenue. Le risque y est défini comme une combinaison de la probabilité de survenance d'un phénomène dangereux, et d'en estimer la fréquence. Elle implique aussi d'identifier et de qualifier les barrières de sécurité qui s'opposent au déroulement du scénario accidentel depuis un événement initiateur jusqu'à un phénomène dangereux.

La performance de ces barrières dépend non seulement de leurs caractéristiques intrinsèques mais aussi de la qualité de l'organisation mise en place pour en assurer la conception,

l'installation, l'utilisation, la maintenance, et l'amélioration. La qualité de cette organisation est elle-même directement influencée par la culture de sécurité de l'entreprise.

L'évaluation de l'intensité des phénomènes dangereux dépend certes des modèles employés mais aussi beaucoup, voire principalement, des hypothèses retenues pour caractériser le terme source de ces phénomènes. Ainsi, est-il essentiel de préciser le mode de sélection de scénarios (c'est-à-dire l'ensemble des hypothèses de calcul) à modéliser pour estimer l'intensité de l'accident majeur redouté. Un nombre important de scénarios peuvent être sélectionnés par ce processus. Il faut donc aussi se doter d'un moyen de représenter le risque résultant de l'agrégation de ces scénarios d'accident. Un indice de sévérité, associant intensité et fréquence a été proposée à cet effet.

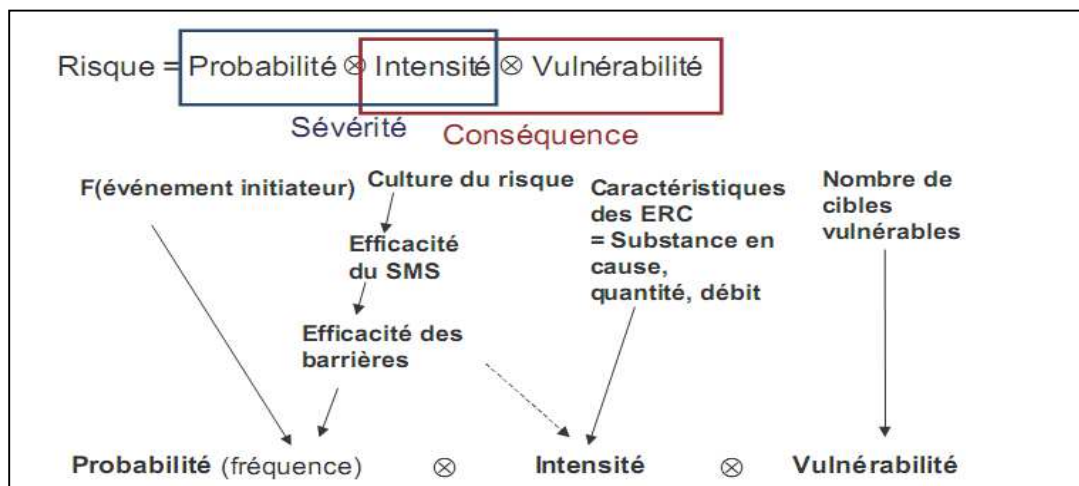


Figure I.1. Les composantes du risque et les éléments à analyser.

Enfin, la vulnérabilité du territoire est un sujet complexe qui peut être abordé suivant de nombreuses dimensions. En première approche, la vulnérabilité peut être considérée comme le facteur permettant d'estimer l'impact global d'un accident majeur.

ii. Des outils et méthodes pour l'évaluation des risques:

A partir de ces définitions, le consortium d'ARAMIS a développé des méthodes et des outils pour:

- l'identification et la sélection des équipements dangereux en fonction des quantités de substances dangereuses qu'ils contiennent.

- L'identification des événements redoutés centraux et la construction des scénarios d'accidentels. ARAMIS utilise pour cela les nœuds papillon (**figure 2.3**), association d'un arbre de défaillance et d'un arbre d'événement. Pour faciliter cette analyse, des nœuds papillons génériques ont aussi été construits. Ils constituent un support de départ pour l'analyse d'une installation spécifique.
- L'identification des barrières de sécurité.
- L'évaluation des performances des barrières de sécurité. Les outils proposés à cet effet par ARAMIS sont volontairement inspirés des normes CEI 61508 et CEI 61511.
- L'estimation de la probabilité du scénario à partir de la prise en compte des fréquences d'événements initiateurs et des niveaux de confiance des barrières, qualifiée d'approche barrière.
- La qualification du système de management de la sécurité et son influence sur le niveau de confiance des barrières.
- La qualification de la culture de sécurité.
- La sélection des scénarios de référence: ceux qui doivent être modélisés pour établir l'indice de sévérité.
- Le calcul et la cartographie de l'indice de sévérité.
- Le calcul et la cartographie de la vulnérabilité.

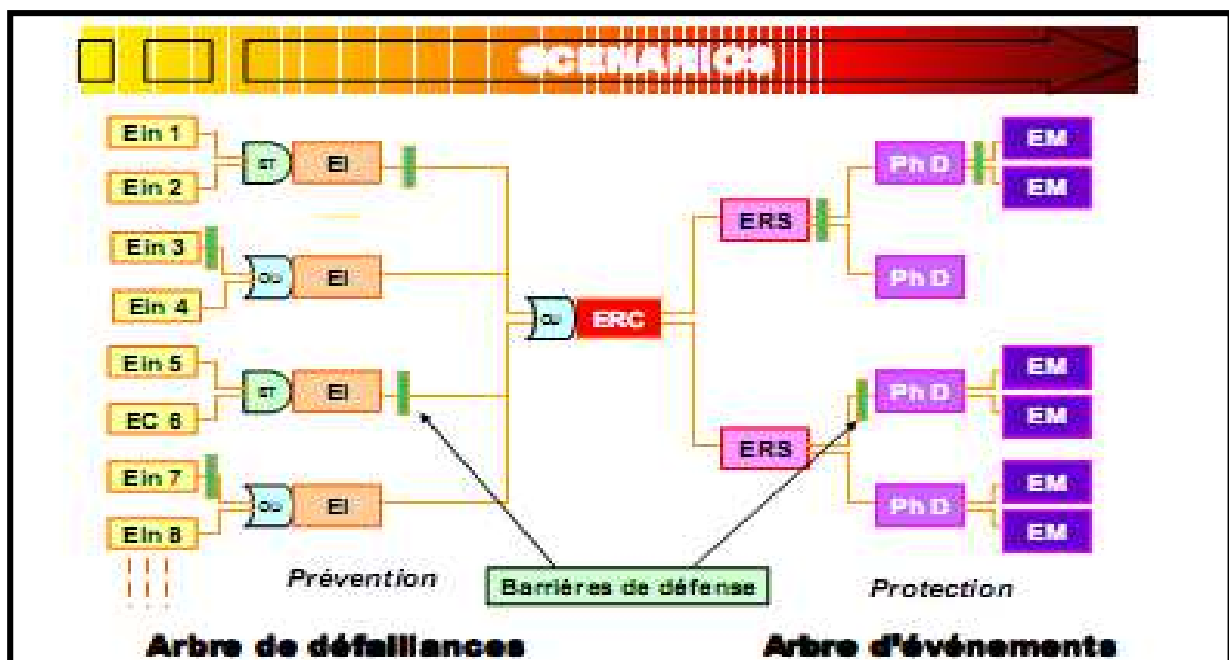


Figure I.2. *La représentation des scénarios d'accident sous forme de nœud papillon est au cœur de la méthodologie ARAMIS.*

iii. Une appropriation par différents acteurs de la sécurité industrielle:

Les concepts, outils et méthodes d'ARAMIS ont été évalués dans le cadre d'études de cas qui ont permis de mettre en évidence leur pertinence et d'identifier les éléments d'amélioration possible. Depuis la fin du projet, chacun des partenaires a eu l'occasion de continuer à tester et améliorer ses résultats, contribuant ainsi à les diffuser dans son propre pays. ARAMIS a été identifié par de nombreuses autorités compétentes des pays de l'union européenne et a commencé à inspirer des évolutions réglementaires, prémices d'une convergence européenne en matière d'évaluation des risques. En France, les résultats d'ARAMIS ont en partie inspiré les autorités pour l'élaboration de la réglementation en vue de la mise en œuvre des PPRT et l'évolution des exigences en matière d'étude de danger. L'évaluation séparée de l'aléa et de la vulnérabilité, la référence à l'approche barrière sont autant d'éléments qui font maintenant partie du cadre réglementaire français de l'évaluation des risques technologiques majeurs. La représentation des scénarios d'accident à l'aide du nœud papillon est maintenant largement adoptée pour répondre aux nouveaux objectifs de l'étude de dangers.

iv. Déroulement de la méthode:

La méthode ARAMIS est structurée en six étapes (**figure 2.4**)

- **Première étape:** *Identification des scénarios potentiels d'accident majeur:*

L'identification des scénarios d'accident repose sur l'utilisation d'une série d'arbres de défaillance et d'arbres d'événement génériques correspondant aux différents types d'équipements utilisés régulièrement dans l'industrie chimique, pétrolière....

L'identification des scénarios est précédée par une étape permettant de sélectionner les équipements, de l'installation étudiée, qui doivent faire l'objet d'une analyse. Cette sélection est réalisée en tenant compte de la nature et de la quantité des substances ainsi que des conditions dans lesquelles elles sont mises en œuvre.

Pour chaque couple formé d'un équipement et de la substance qu'il contient, la méthode permet de définir la liste des événements critiques, perte de confinement ou perte d'intégrité physique, qu'il est susceptible de générer. Chaque événement critique associe un arbre de

défaillance et un arbre d'événement pour former un nœud papillon représentatif de plusieurs scénarios d'accident.

- **Deuxième étape:** *Identification des barrières de sécurité et évaluation de leurs performances:*

Une fois les scénarios d'accident potentiels identifiés, la méthode ARAMIS prévoit d'identifier les barrières de sécurité permettant de réduire la probabilité de l'accident ou d'en réduire la gravité potentielle. Des listes de barrières sont proposées pour aider l'utilisateur dans sa démarche.

En parallèle, un grave de risque inspiré de la norme CEI 61508 permet de définir les exigences de sécurité associées à un scénario donné et de définir ainsi le niveau de confiance global que doivent avoir les barrières de sécurité pour que le scénario soit acceptable.

- **Troisième étape:** *Evaluation de l'efficacité du management et de son influence sur les performances des barrières de sécurité:*

Deux questionnaires d'audit permettent de prendre en compte les performances du management de l'usine et de la sécurité sur le site. Les niveaux de confiance des barrières de sécurité sont affectés par le management et la culture de sécurité et sont donc recalculés à l'issue de cette évaluation.

- **Quatrième étape:** *Identification des scénarios de référence:*

Une matrice de criticité est utilisée ensuite pour déterminer les scénarios de référence qui vont faire l'objet d'une modélisation des effets.

- **Cinquième étape:** *Estimation et cartographie de la sévérité des scénarios de référence:*

La sévérité des scénarios est alors évaluée. Plusieurs indices de sévérité ont été définis. Un premier indice permet de représenter les effets potentiels d'un scénario d'accident. Il repose sur une normalisation des effets dans une échelle unique. L'indice 100 correspondant au début des effets létaux et l'indice 0 à des effets nuls. L'évaluation des effets du scénario considéré conduit à calculer cinq distances d'effets correspondant à cinq seuils auxquels sont

affectés les indices 100, 75, 50, 25 et 0. Entre ces distances seuils, l'indice de sévérité décroît de façon linéaire.

Un indice de sévérité global a aussi été défini. Il permet de représenter le cumul des sévérités de l'ensemble des scénarios d'accident sur le site pondéré par les probabilités associées à chaque scénario. A l'issue de ce calcul, il est donc possible de tracer une carte de sévérité autour du site.

- ***Sixième étape: Cartographie de la vulnérabilité:***

La vulnérabilité est estimée en faisant inventaire des éléments vulnérables potentiels (ou enjeux) autour du site industriel. Chaque type d'enjeu (humain, matériel, environnemental) est décomposé en différentes catégories dont la vulnérabilité relative à différents types d'effets a été évaluée sur la base d'un jugement d'expert. La vulnérabilité globale d'une zone est donc obtenue en effectuant une somme des différents types d'enjeux pondérée par leur vulnérabilité relative au type d'effet considéré.

La méthode ARAMIS a donc pour objectif de produire, in fine des résultats utiles à la décision en matière de maîtrise de l'urbanisation puisqu'elle permet de représenter de façon synthétique le risque sous forme d'une carte de sévérité couplée à une carte de vulnérabilité. Elle vise aussi à apporter des informations utiles relatives à la maîtrise du risque à la source, en identifiant les scénarios potentiels et les barrières qui permettent de les maîtriser. Enfin, elle constitue une approche innovante de la quantification de l'influence du management sur la sécurité du site.

Les études de cas réalisées au cours du projet ARAMIS ainsi que les applications qui ont été faites de la méthode depuis la fin du projet ont montré son intérêt mais aussi certaines limites ou difficultés d'application. Une partie de ces limites est liée à l'absence de critères de décision permettant d'exploiter la représentation de la sévérité et de la vulnérabilité. Cette difficulté a été en partie levée en France par l'adoption des critères de d'appréciation de la maîtrise de risques et de critère de définition des zones de maîtrise de l'urbanisation dans le cadre des PPRT, sur base desquels l'indice de sévérité peut être réinterprété. De même, l'évaluation de performance des barrières de sécurité faite dans ARAMIS correspondait à une première approche.

Conclusion:

Ce chapitre est consacré à décrire en général la méthode ARAMIS, cet outil fera l'objet d'une étude d'application sur un système industriel (ballon tampon D'alimentation de v-401).

II.1- Description succincte du champ industriel Hassi R'mel:

La région de Hassi-R'mel possède environs 10 % des ressources mondiales en gaz naturel, l'Algérie se place en cinquième rang des pays producteurs de gaz ; Elle satisfait ses besoins et ceux d'une partie de l'EUROPE en gaz sec, le GPL et le condensat qui sont des produits de qualité.

Hassi-R'mel, porte du désert se trouve à 550 Km au sud de la capitale a une altitude moyenne de 760 m, le paysage est constitué d'un vaste plateau rocailleux ou ne pousse qu'une faible végétation composée essentiellement de buissons.

II.2- Présentation de MPP0 :

II.2.1 Description de MPP0 :

Le module 0 est le premier module installé dans la région de HASSI R'MEL pour le traitement du gaz et la stabilisation du condensat avec le procédé qui se base lors du traitement sur détente de la vanne JOUL-THOMSON et la boucle de propane.

Le MPP(0) est alimenté par 16 puits qui sont situés dans zone centrale de Hassi R'mel et regroupés dans trois collecteurs : E4(HR :11,16,12,23 et 57), E5(HR : 53,54,32,33,10 et 43) et W7(HR : 15,18,19 et 20). A l'entrée du Module les collecteurs sont regroupés dans un MANIFOLD qui va aller vers le Boosting pour une augmentation de la pression jusqu'à 100 bars en moyenne. **Le MPP(0)** est contient les sections suivantes :

- Zone de séparation de condensat.
- Zone de stabilisation de condensat et récupération du GPL.
- Zone de régénération du glycol (DEG).
- Zone de stockage intermédiaire du condensat et du brut des CTH.
- Zone des eaux huileuses (bourbier) et fosse de brûlage et torche.

Les utilités du MPP (0) viennent de la phase B (les communs) telles que : le propane liquide (HP et MP), l'eau de refroidissement, le Fuel gaz azote et l'air instrument et l'air service.

II.2.2-Organigramme MMP0 :

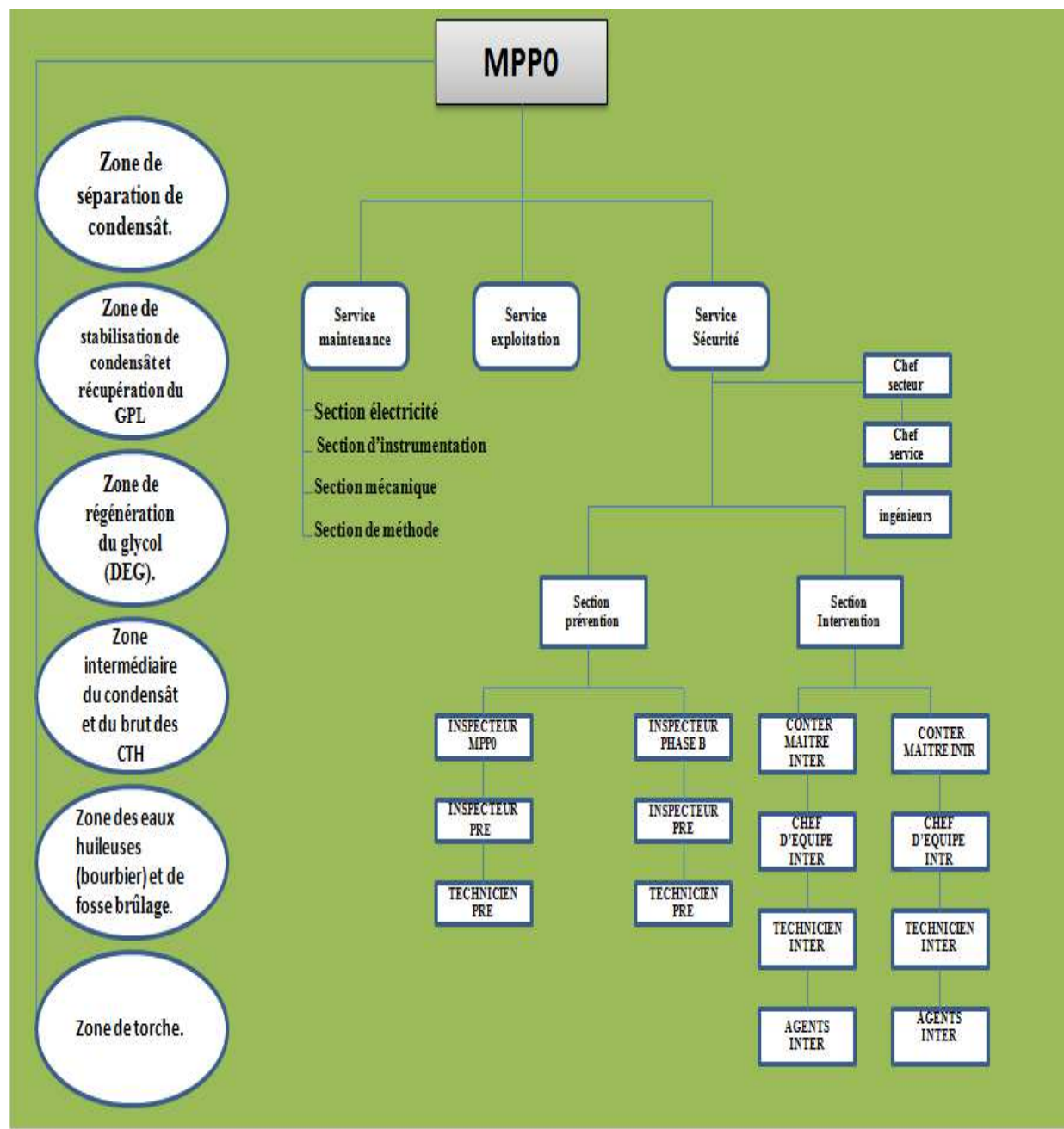


Figure II.1: Organigramme de module MMP0

II.2.3-Description générale du processus :

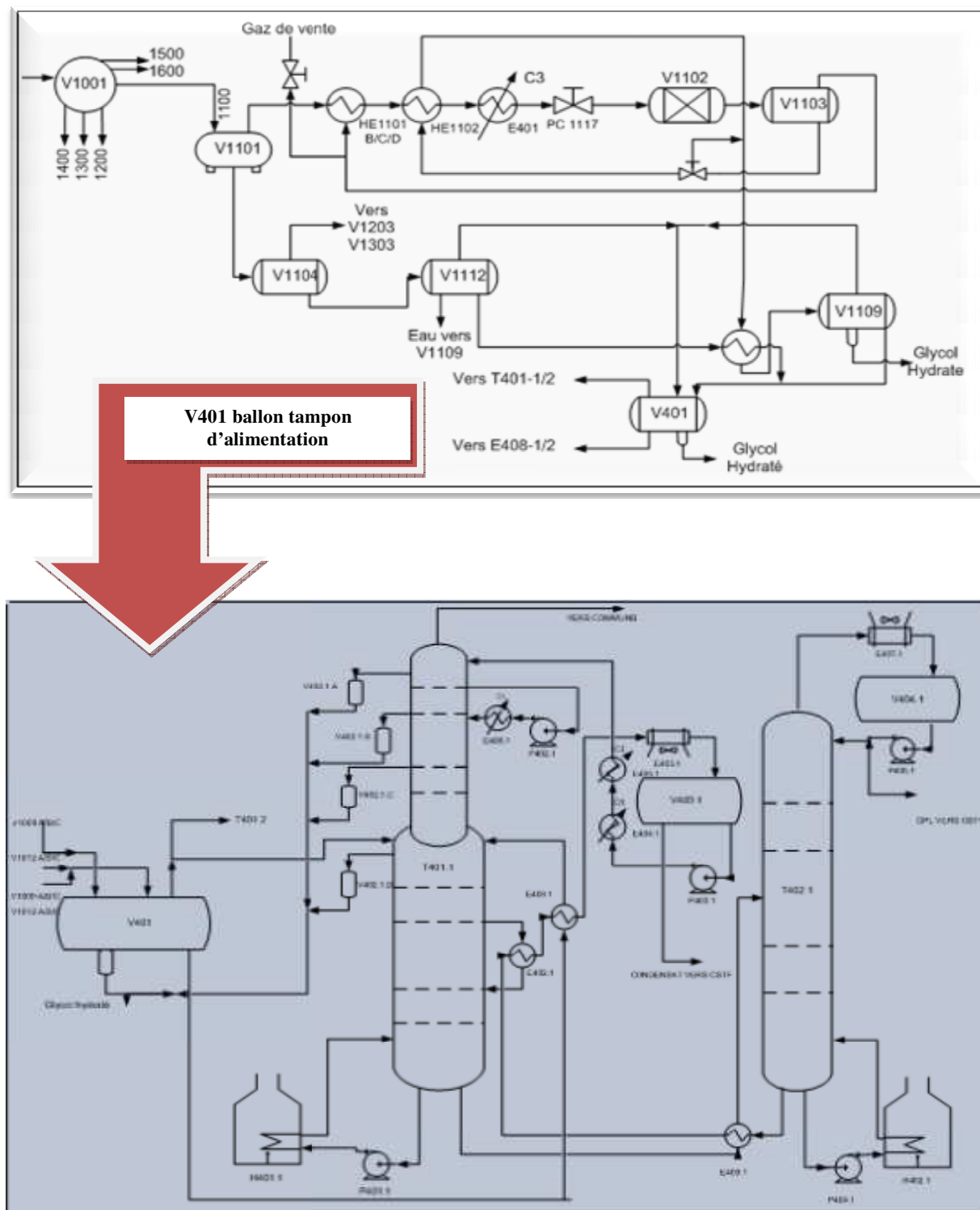


Figure II.2 : Zone séparation du condensat.

II.3-Opération A-0 : Sélection des équipements critiques sur un site.

II.3.1-1 Identification des produits Dangereux :

Tableaux II.1 : substances dangereuse utilisé au niveau de module MPP0

| substances dangereux | Formule chimique | |
|---------------------------------|---|-----------------------------------|
| Méthane | CH ₄ | Gaz sec |
| Éthane | C ₂ H ₆ | |
| Propane | C ₃ H ₈ | GPL (Gaz Pétrolier Liquéfié |
| Butane | C ₄ H ₁₀ | |
| Condensât | C ₅ H ₁₂ et plus(+) | Condensât |

II.3.1.2-Sélection des équipements critiques :

La méthode sélectionne parmi les équipements listés dans la zone de séparation de condensât. (Zone de stabilisation de condensât et récupération du GPL).

Ceux qui contiennent une quantité de produits dangereux supérieure à une valeur seuil (sert de comparaison avec la quantité de produits dangereux) dont la valeur dépend de la nature et de la phase du produit. Puis une deuxième étape de sélection permet de retenir des équipements qui peuvent avoir des effets domino sur ceux précédemment sélectionnés.

- une première quantité **Ma** est définie en fonction des caractéristiques des produits de v4001 (liquide Très Inflammable)

Ma = 1000 kg....

Définition de la quantité seuil Mb : pour les liquides dont l'évaporation conduit à une Aggravation des risques. Donc :

$$Mb = \frac{M_a}{S}$$

S est la somme de deux coefficients S1 et S2. S remplit les conditions suivantes :

$$0.1 \geq S \geq 10$$

$$\text{Si } S < 0.1 \text{ alors } S = 0.1$$

$$\text{Si } S > 10 \text{ alors } S = 10$$

Sachant que, nous avons :

$$T_{eb} = 218 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$TP = 22$$

Sur la base des données ci-dessous, on peut calculer S₁ et S₂ :

- Calcul S₁ :

$$S_1 = 10^{(Tp - T_{eb})/100}$$

$$S_1 = 69.18$$

- Calcul S₂ : S₂ ne s'applique que lorsque la température de service est inférieure à 0° et En cas de température de service positive :

$$S_2 = \frac{T_{eb}}{50}$$

$$\text{On a } TP = 22 > 0 \text{ donc: } S_2 = 0$$

$$S = S_1 + S_2 = 69.18 > 10$$

$$\text{Donc : } S = 10 / M_a \text{ (de référence)} = 10000$$

$$Mb = \frac{M_a}{S} = 1000 \text{ kg}$$

$$M = d * v = 1000 * 0.6128 = 612.8 \text{ Kg}$$

$$m_t = 612.8 * 86 = 52\,700.2 \text{ kg} > Mb$$

Une première sélection d'équipements est alors réalisée : l'équipement (V401) dont la masse de produit dangereux est supérieure à la masse seuil Mb est sélectionné.

Deuxième étape:

Pour les autres équipements non précédemment sélectionnés, la possibilité d'effet domino est prise en compte. Ainsi, pour les équipements contenant des produits explosifs ou inflammables ET situés à moins de 50 m d'un équipement dangereux précédemment Sélectionné, une nouvelle quantité seuil est déterminée M_c :

$$M_c = S_3 * M_b$$

Sachant que : $0.1 \leq S \leq 1$

Où D est la distance entre les deux équipements.

S_3 doit remplir les conditions suivantes :

$$0.1 \leq S \leq 10 : \begin{cases} \text{Si: } 0.1 < S_3 \text{ alors, } S_3 = 0.1 \\ \text{Si: } 10 > S_3 \text{ alors, } S_3 = 10 \end{cases}$$

Une deuxième sélection d'équipements peut alors être réalisée : les équipements Contenant des produits explosifs ou inflammables, situés à moins de 50 m d'un Équipement sélectionné à la première étape et dont la masse de produit dangereux est Supérieure à la masse seuil M_c sont également sélectionnés.

Tableau II.2- : Description de possibilité d'effet domino pour les équipements

Voisinant le ballon de V-401.

| L'équipement | Distance entre l'équipement et V401 (m) | S_3 $S_3 = (0.02.D)^{1/3}$ | M_c $M_c = S_3.M_b$ | Masse de CONDENSAT de V401 | Observation |
|---------------------|--|---|--|-----------------------------------|----------------------------|
| V408 | 30 | 0.216 | 11383.2 | 52700.2 | Masse de CONDENSAT > M_c |
| T402 | 40 | 0.512 | 26982.5 | 52700.2 | Masse de CONDENSAT > M_c |
| LES UNITES | 46 | 0.778 | 41036.8 | 52700.2 | Masse de CONDENSAT > M_c |

***Résultat: on observe qu'il ya la possibilité d'effet domino pour le ballon tampon de v401**

II.3.2-Description de l'équipement étudié :

Le séparateur d'entrée réceptionne le flux gaz venant du ballon diffuseur (répartissant la charge entre les six trains). Dans ce séparateur, le gaz de charge subit une détente. La séparation du gaz et des condensats se fait par différence de densité. Le gaz et le condensat sont traités par la suite par d'autres procédés pour produire du gaz de vente, du GPL et du condensat.

Tableau II.3: description de l'équipement à étudier.

| Type d'installation | Ballon tampon d'alimentation |
|----------------------------|-------------------------------------|
| Substance | Gaz de charge |
| T service (C°) | 15 |
| Pservice (bar) | 24.5 |
| Pdesin (bar) | 27 |
| Volume (m ³) | 172 |

II.4-Opération A-1 : Méthode MIMAH

Permet d'identifier de façon systématique l'ensemble des scénarios d'accidents physiquement envisageables à partir de la typologie d'équipement et des dangers associés à la substance impliquée. De façon très schématique, la méthode MIMAH peut être décrite selon le logigramme suivant. Elle s'applique à équipement sélectionné lors de l'étape précédente.

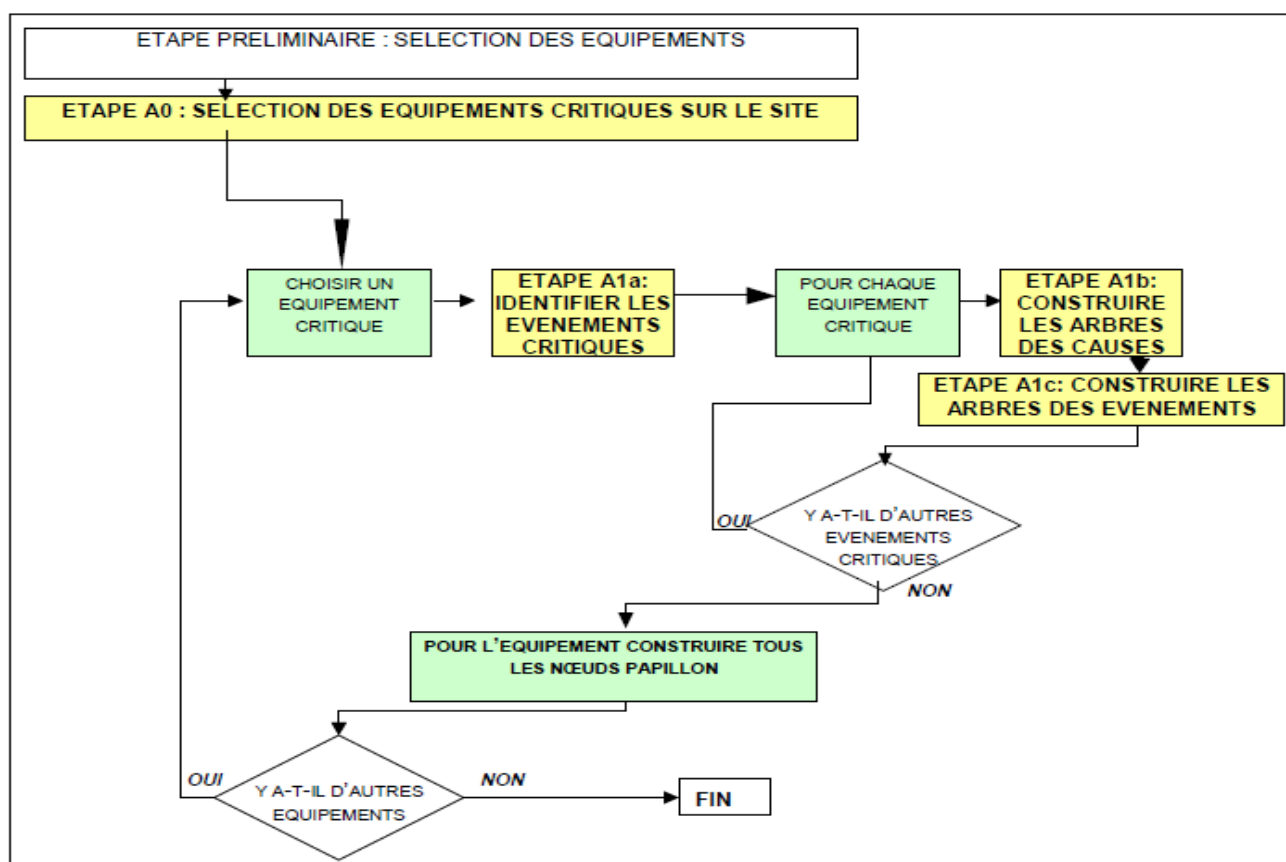


Figure II.3 : logigramme des étapes de la méthode MIMAH

II.4.1-L'application de la méthode HAZOP

Tableau II.4 : Application de la méthode HAZOP

| Nœud 1 : Ce nœud inclut l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via PV1022A/B/C et l'alimentation par V1009A/B/C via PV1023A/B/C, la régulation de pression vers torche HP via PV4001B et l'alimentation de T401-1 via FV4101, la vanne HV4012 et la soupape de sécurité PSV4001 vers torche HP | | | | | Paramètre 1 : Débit |
|---|--|--|---|--|---|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| Pas assez de débit | La vanne PV1022A défaillante fermée (alimentation par V1012A) | .Augmentation de pression au V1012A de plus de sa pression de design .Rupture au ballon et perte de confinement .VCE, feu de flaque, feu de chalumeau, flash feu | Alarme de pression haute au V1012 .Possibilité d'utiliser la vanne manuel bypass de la PV1022A .Soupape de sécurité PSV1022A | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |
| | .Vanne PV1023A défaillante fermé (Alimentation par V1009A) | .Augmentation de pression au V1009A de plus de sa pression de design .Rupture au ballon et perte de confinement .VCE, feu de flaque, feu de chalumeau, flash feu | .Alarme de pression haute au V1012 .Possibilité d'utiliser la vanne manuel bypass de la PV1022A .Soupape de sécurité PSV1022A | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |
| .Trop de débit | La vanne PV1022A défaillante ouverte (alimentation par V1012A) | .Chute de pression au V1012A .Augmentation du niveau au V1012 jusqu'au débordement vers la sortie de gaz .Coup de bélier sur la ligne de gaz et risque de rupture .Chute de niveau au V401 | .alarme de pression basse au V1012A .Possibilité d'utiliser la vanne manuel bypass de .Alarme de niveau élevé LAH1008A au V1012A .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |
| | .Vanne PV1023A défaillante ouverte (Alimentation par V1009A) | .Chute de pression au V1009A .Augmentation du niveau au V1012A jusqu'au débordement vers la sortie de gaz .Coup de bélier sur la ligne de gaz et risque de rupture .Chute de niveau au V401 | .alarme de pression basse au V1009A .Possibilité d'utiliser la vanne manuel by-pass de la PV .Alarme de niveau élevé LAH1007A au V1009A .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |

| Nœud 1 : Ce nœud inclus l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via PV1022A/B/C et l'alimentation par V1009A/B/C via PV1023A/B/C, la régulation de pression vers torche HP via PV4001B et l'alimentation de T401-1 via FV4101, la vanne HV4012 et la soupape de sécurité PSV4001 vers torche HP | | | | | Paramètre 2 : Pression |
|--|---|--|--|--|--|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| Trop de pression | .Trop de débit en provenance des V1012A/B/C et V1009A/B/C | Augmentation de pression au V401 de plus de sa pression de design .Rupture au ballon et perte de confinement .VCE, feu de flaque, flash feu, | .Régulation de pression vers T401-1 .Alarme de pression haute PRC4001H et régulation de pression vers Torche HP .Alarme de pression très haute PAHH4002 ouvre la vanne de sécurité HV4012 vers torche HP .Soupape de sécurité PSV4001 | .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | |
| | .Incendie proche du V401 | .Augmentation de pression au V401 de plus de sa pression de design .Augmentation de température et fragilisations thermique du ballon .Rupture au ballon et perte de confinement .Boule de feu, feu de chalumeau, feu de flaque | .Régulation de pression vers T401-1 .Alarme de pression haute PRC4001H et régulation de pression vers Torche HP .Alarme de pression très haute PAHH4002 ouvre la vanne de sécurité HV4012 vers torche HP .Soupape de sécurité PSV4001 | .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Veiller au respect du système permis de travail |

Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

| Nœud 1 : Ce noeud inclut l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via PV1022A/B/C et l'alimentation par V1009A/B/C via PV1023A/B/C, la régulation de pression vers torche HP via PV4001B et l'alimentation de T401-1 via FV4101, la vanne HV4012 et la soupape de sécurité PSV4001 vers torche HP | | | | | Paramètre 2 : Pression |
|--|---|---|--|--|---|
| DEVIATIO | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Trop de pression | .Vanne FV4101 défaillante fermé (vers T401-1) | .Augmentation de pression au V401 de plus de sa pression de design .Rupture au ballon et perte de confinement .VCE, feu de flaque, flash feu, feu e chalumeau | .Alarme de pression haute PRC4001H et régulation de pression vers Torche HP .Alarme de pression très haute PAHH4002 ouvre la vanne de sécurité HV4012 vers torche HP .Soupape de sécurité PSV4001 vers torche HP | .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |

| Nœud 1 : Ce noeud inclut l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via PV1022A/B/C et l'alimentation par V1009A/B/C via PV1023A/B/C, la régulation de pression vers torche HP via PV4001B et l'alimentation de T401-1 via FV4101, la vanne HV4012 et la soupape de sécurité PSV4001 vers torche HP | | | | | Paramètre 2 : Pression |
|--|---|---|--|--|---|
| DEVIATIO | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Trop de pression | .Vanne FV4101 défaillante fermé (vers T401-1) | .Augmentation de pression au V401 de plus de sa pression de design .Rupture au ballon et perte de confinement .VCE, feu de flaque, flash feu, feu e chalumeau | .Alarme de pression haute PRC4001H et régulation de pression vers Torche HP .Alarme de pression très haute PAHH4002 ouvre la vanne de sécurité HV4012 vers torche HP .Soupape de sécurité PSV4001 vers torche HP | .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |

| | | | | | |
|---|-----------------|--|--|--|-----------------------------|
| Nœud 01 : Ce nœud inclut l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via PV1022A/B/C et l'alimentation par V1009A/B/C via PV1023A/B/C, la régulation de pression vers torche HP via PV4001B et l'alimentation de T401-1 via FV4101, la vanne HV4012 et la soupape de sécurité PSV4001 vers torche HP | | | | | Paramètre 4 : Niveau |
| .Niveau élevé | Non applicable | | | | |
| .Pas assez de niveau | .Non applicable | | | | |

Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

| Nœud 2 : Ce nœud inclus l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via LV1008A/B/C et V1009A/B/C via LV1007A/B/C, la régulation de niveau vers V409 via LV4005 et l'alimentation de T401 via FV4100 | | | | | Paramètre 1 : Débit |
|--|--|--|---|--|---|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Pas assez de débit | .La vanne LV1008A défaillante fermée (alimentation par V1012A) | .Chute de niveau au V401 .Augmentation du niveau au V1012A jusqu'au envoi de liquide vers la sortie de gaz .Coup de bélier sur la ligne et rupture aux points faibles .perte de confinement et incendie | .Alarme de niveau élevé LAH1008A au V1012A .Possibilité d'utiliser la vanne manuel bypass de la LV1008A .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |
| | .Vanne LV1007A défaillante fermée (Alimentation par V1009A) | .Chute de niveau au V401 .Augmentation du niveau au V1009A jusqu'au envoi de liquide vers la sortie de gaz .Coup de bélier sur la ligne et rupture aux points faibles .perte de confinement et incendie | .Alarme de niveau élevé LAH1007A au V1009A .Possibilité d'utiliser la vanne manuel by-pass de la LV1007A .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |

Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

| Nœud 10 : Ce nœud inclus l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via LV1008A/B/C et V1009A/B/C via LV1007A/B/C, la régulation de niveau vers V409 via LV4005 et l'alimentation de T401 via FV4100 | | | | | Paramètre 1 : Débit |
|--|--|---|---|--|---|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Trop de débit | .La vanne LV1008A défailante ouverte (alimentation par V1012A) | .Chute de niveau au V1012A jusqu'au envoi de gaz vers la sortie de liquide .Coup de bélier sur la ligne et rupture aux points faibles .Perte de confinement et incendie | .Alarme de niveau bas LAL1008A au V1012A .Possibilité d'utiliser la vanne manuel by-pass de la LV1008A | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |
| | .Vanne LV1007A défailante ouverte (Alimentation par V1009A) | .Chute de niveau au V1009A jusqu'au envoi de gaz vers la sortie de liquide .Coup de bélier sur la ligne et rupture aux points faibles .Perte de confinement et incendie | .Alarme de niveau bas LAL1007A au V1009A .Possibilité d'utiliser la vanne manuel bypass de la LV1008A | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |

Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

| Nœud 02 : Ce nœud inclut l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via LV1008A/B/C et V1009A/B/C via LV1007A/B/C, la régulation de niveau vers V409 via LV4005 et l'alimentation de T401 via FV4100 | | | | | Paramètre 2 : Pression |
|--|------------------|--------------|-------------|------------|-------------------------------|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Trop de pression | Non applicable | | | | |
| .Pas assez de pression | Non applicable | | | | |

| Nœud 02 : Ce nœud inclus l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via LV1008A/B/C et V1009A/B/C via LV1007A/B/C, la régulation de niveau vers V409 via LV4005 et l'alimentation de T401 via FV4100 | | | | | Paramètre 3 : température |
|--|--|---|--|--|-------------------------------------|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Température basse | Température basse en provenance du V1009 par vanne by-pass de l'échangeur ouverte par erreur | .Chocs thermiques au V401 entre condensat froide du V1009 et l'autre chaude Du V1012 . Endommagement du Ballon .Givrage aux tubes vers V401 | .Formation des opérateurs XP .Injection de méthanol | | .Formation des opérateurs XP |
| | Température hivernal | .Givrage aux tubes vers V401 .augmentation de niveau au V1012A et V1009A jusqu'au débordement de liquide vers la sortie de gaz .Coup de bélier et rupture aux points faibles .perte de confinement et incendie | .Alarme de niveau haut LAH1008A au V1012A . Alarme de niveau haut LAH1007A au V1009A .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 .Possibilité d'injecter le méthanol aux pipes pour le dégivrage | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | |

| Noeud 2 : Ce noeud inclus l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via LV1008A/B/C et V1009A/B/C via LV1007A/B/C, la régulation de niveau vers V409 via LV4005 et l'alimentation de T401 via FV4100 | | | | | Paramètre 3 : température |
|---|---|--------------|-------------|------------|-------------------------------------|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Température élevée | Pas de cause significative pour cette déviation | | | | |

Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

| Nœud 2 : Ce nœud inclus l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via LV1008A/B/C et V1009A/B/C via LV1007A/B/C, la régulation de niveau vers V409 via LV4005 et l'alimentation de T401 via FV4100 | | | | | Paramètre 4 : niveau |
|---|---|--|--|--|---|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Pas assez de niveau | La vanne LV1008A défaillante fermée (alimentation par V1012A) | .Chute de niveau au V401 .Augmentation du niveau au V1012A jusqu'au envoi de liquide vers la sortie de gaz .Coup de bélier sur la ligne et rupture aux points faibles .perte de confinement et incendie | .Alarme de niveau élevé LAH1008A au V1012A .Possibilité d'utiliser la vanne manuel bypass de la LV1008A .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |
| | .Vanne LV1007A défaillante fermée (Alimentation par V1009A) | .Chute de niveau au V401 .Augmentation du niveau au V1009A jusqu'au envoi de liquide vers la sortie de gaz .Coup de bélier sur la ligne et rupture aux points faibles .perte de confinement et incendie | Alarme de niveau élevé LAH1007A au V1009A .Possibilité d'utiliser la vanne manuel bypass de la LV1007A .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 | Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |

Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

| Nœud 2 : Ce nœud inclus l'alimentation de V401 par V1012A/B/C via LV1008A/B/C et V1009A/B/C via LV1007A/B/C, la régulation de niveau vers V409 via LV4005 et l'alimentation de T401 via FV4100 | | | | | Paramètre 4 : niveau |
|--|--|---|--|--|---|
| DEVIATION | CAUSES POSSIBLES | CONSEQUENCES | PREVENTIONS | PROTECTION | RECOMMANDATIONS |
| .Pas assez de niveau | .La vanne FV4100 défaillante ouverte (Vers T401-1) | .Chute de niveau au V401 jusqu'envoi de gaz vers la sortie de liquide .Coup de bélier sur la ligne et risque de rupture aux points faibles .perte de confinement et incendie .Déstabilisation des paramètres au T401-1 .Condensat OFF-SPEC | .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 .Chute de température au T401-1 indiqué par TI4100-2, TI4100-4 .Alarme de niveau haut LIC4101H au T401-1 .FRC4100 indique un débit élevé vers T401 .Possibilité d'utiliser la vanne manuel by-pass de la FV4100 | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |
| | .Vanne LV4005 défaillante ouverte (vers V409) | Chute de niveau au V401 jusqu'envoi de gaz vers la sortie de liquide .Coup de bélier sur la ligne et risque de rupture aux points faibles .perte de confinement et incendie .Déstabilisation des paramètres au T401-1 .Condensat OFF-SPEC | .Alarme de niveau bas LIC4005L au V401 .Alarme de niveau haut LIC4008H au 409 .Alarme de niveau très haut LAHH4009 au V409 ouvre la vanne LV4009 vers Z401 .Possibilité d'utiliser la vanne manuel bypass de la LV4005 | .Zone ATEX .Plan d'intervention interne PII .Moyens fixes et mobiles anti incendie | .Respecter le plan de la maintenance préventive et curative des équipements |

II.4.2 Etape A1a : Identifier par équipement les évènements critiques ou ERC

A partir de chaque type d'équipement, sont identifiés les évènements redoutés centraux Potentiels. La méthode est s'appuie sur l'utilisation de deux matrices :

- une matrice croisant le type d'équipement avec les 12 évènements critiques potentiels
- une matrice croisant les évènements critiques avec l'état physique des substances.

Tableau II.5 : Une matrice croisant l'équipement critique avec l'état se substance.

| L'équipement | Type d'équipement | Description | l'état physique de substance |
|---------------------|--------------------------|--|-------------------------------------|
| V4001 | Equipements process | Stockage intermédiaire dans le procédé | <i>Deux phases: liquide- gaz</i> |

Tableau II.6: Une matrice croisant l'équipement critique avec l'évènement redouté central.

| L'équipement | Type d'équipement | Description | l'évènement redouté central. |
|---------------------|--------------------------|--|---|
| V4001 | Equipements process | Stockage intermédiaire dans le procédé | <i>ERC10</i> <i>Rupture catastrophique</i> |

- ❖ L'évènement redouté est une rupture catastrophique du BALLON TOMPON V401
- ❖ Le scénario étudié est la DEFAILLANCE D'UN SEPARATEUR
- ❖ Les phénomènes dangereux redoutés sont:
 - ✓ Un feu de chalumeau,
 - ✓ Un BLEVE,
 - ✓ Une boule de feu,
 - ✓ Une explosion retardée VCE
 - ✓ Un feu de flash

II.4.3- Etape A1b : Elaborer un arbre de défaillances pour chaque ERC

| | | | | | |
|--------------------|---------------------------|----|----------------------|----|----------------------------|
| Occurrence e/an | | OU | Agression externe | OU | La perte de confinement |
| 0.1E-03 | Impact externe | | 0.3E-03/an | | 4.2E-03/an |
| 0.2E-3 | Agression thermique | | | | |
| 1.24E-03 | Sur remplissage du V- 401 | OU | Agression interne | | |
| | | | 3.9E-03/an | | |
| 1.56 E-03 | Surpression interne | | | | |
| 1.1E-03 | Corrosion, érosion | | | | |

Figure II.4 : Application de la méthode AdD (AdD réduite)

II.4.4 Elaboration un arbre des évènements:

Tableau II.7 : Probabilité d'occurrence de l'événement.

| Type de défaillance | Fréquence de défaillance /an |
|---|---------------------------------------|
| | Installation de procédé et autres |
| Petite fuite $0.1 < d \leq 10 \text{ mm}$ $d_{eq} = 10 \text{ mm}$ | 3.4E-03 |
| Fuite moyenne $10 < d \leq 50 \text{ mm}$ $d_{eq} = 25 \text{ mm}$ | 3.1E-04 |
| Grande fuite $50 < d \leq D_{max}$ $d_{eq} = D_{L max}$ | 3.1E-04 |
| Rupture | 1.8E-4 |
| Total | $4.2 \cdot 10^{-3}$ |

Alors en procédé à l'application de la méthode AdE.

Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

| | | Détection Immédiate | Ignition Retardée | Explosion | Les conséquences | Occurrence/ an |
|---|--------------------------|------------------------|----------------------|------------|-------------------------|-------------------------|
| Perte de confinement De v-401 P = 4.2E-03/an | Rupture | | | | Boule de feu | 1.26E-04 |
| | 1.8E-04 | 0.7 | | | | Feu de flaque |
| | | 0.3 | 4.7 | 0.4 | VCE | 1.0152E-04 |
| | | | | | Feu de flaque | |
| | | | | 0.6 | Feu de flashe | 1.52 0E-04 |
| | | | | | Feu de flaque | |
| | | | 4.3 | | | Pollution |
| | | | | | | 2.32E-04 |
| | Grande fuite | | | | Feu de chalumeau | 2.17E-04 |
| | 3.1E-04 | 0.7 | | | | Feu de flaque |
| | | 0.3 | 4.7 | 0.3 | VCE | 1.31E-04 |
| | | | | | Feu de chalumeau | |
| | | | | | Feu de flaque | |
| | | | | 0.7 | Feu de flashe | 3.05E-04 |
| | | | | | Feu de chalumeau | |
| | | | | | Feu de flaque | |
| | | | 4.3 | | | Pollution |
| | | | | | | 4E-04 |
| | Fuite moyenne | 0.5 | | | | Feu de chalumeau |
| | 3.1E-04 | | | | Feu de flaque | 1.55E-04 |
| | | 0.5 | 0.2 | 0.3 | VCE | 9.3E-06 |
| | | | | | Feu de chalumeau | |
| | | | | | Feu de flaque | |
| | | | | 0.7 | Feu de flashe | 2.17 E-05 |
| | | | | | Feu de chalumeau | |
| | | | | | Feu de flaque | |
| | | | 0.8 | | | Pollution |
| | | | | | | 1.24E-04 |
| | Petite fuite | | | | Feu de chalumeau | 6.8 E-04 |
| | 3.4E -03 | 0.2 | | | | Feu de flaque |
| | | 0.8 | 0.06 | 0.2 | VCE | 3.264E-04 |
| | | | | | Feu de chalumeau | |
| | | | | | Feu de flaque | |
| | | | | 0.8 | Feu de flashe | 1.3E -04 |
| | | | | | Feu de chalumeau | |
| | | | | | Feu de flaque | |
| | | | 0.94 | | | Pollution |
| | | | | | | 2.5E -03 |

Figure II.5 : Application de la méthode AdE.

- **Fréquence d'occurrence des conséquences**

L'arbre des conséquences repris ci-après donne les probabilités d'occurrence de chaque conséquence liée à l'événement. Ces fréquences d'occurrences d'événements sont basées sur les fréquences de fuites calculées ci-dessus et sur les probabilités d'ignition et d'explosion tirées du Handbook Failure Frequencies 2009. Ces probabilités d'ignition et d'explosion dépendent de la nature du produit libéré et de l'ampleur de la perte de confinement.

En excluant les événements non redoutés car ayant une occurrence trop rare, c'est-à-dire ayant une fréquence d'occurrence inférieure à 10^{-6} défaillance par an, il ressort de cet arbre le tableau des événements redoutés suivants.

Tableau II.8 : les fréquences d'occurrence des évènements redoutés

| | |
|----------------------|----------------|
| VCE | 8,2E-05 |
| Boule de feu | 1,8E-04 |
| Feu de flaque | 1,3E-03 |
| Jet enflammé | 1,3E-03 |
| Feu Flash | 2,1E-04 |
| Pollution | 2,7E-03 |

Tous les phénomènes ont une fréquence supérieure au seuil d'acceptabilité de 10^{-6} /an, il est dès lors nécessaire d'en analyser les conséquences. Le scénario de pollution fera l'objet d'un chapitre à part.

Le scénario de l'accident majeur

| Occurrence/an | OU | Agression externe | OU | Perte de confinement De v-401 P = 4.2E-03/an | Rupture 1.8E-04 | Détection Immédiate | Ignition Retardée | Explosion | Les conséquences | Occurrence/an |
|-----------------------------------|----|---------------------------------|----|---|--------------------------|---------------------|-------------------|-----------|--|---------------|
| 0.1E-03 Impact externe | | 0.3E-03/an | | | | 0.7 | | | Boule de feu Feu de flaque | 1.26E-04 |
| | | | | | | 0.3 | 4.7 | 0.4 | VCE Feu de flaque | 1.0152E-04 |
| 0.2E-3 Agression thermique | | | | | | | 4.3 | 0.6 | Feu de flaque Feu de flaque | 1.52 0E-04 |
| | | | | | | | | | Pollution | 2.32E-04 |
| | | | | | Grande fuite 3.1E-04 | 0.7 | | | Feu de chalumeau Feu de flaque | 2.17E-04 |
| | | | | | | 0.3 | 4.7 | 0.3 | VCE Feu de chalumeau Feu de flaque | 1.31E-04 |
| 1.24E-03 Surremplissage du V- 401 | OU | Agression interne 3.9E-03/an | | | | | | 0.7 | Feu de flaque Feu de chalumeau Feu de flaque | 3.05E-04 |
| | | | | | | | 4.3 | | Pollution | 4E-04 |
| 1.56E-03 Supression interne | | | | | Fuite moyenne 3.1E-04 | 0.5 | | | Feu de chalumeau Feu de flaque | 1.55E-04 |
| | | | | | | 0.5 | 0.2 | 0.3 | VCE Feu de chalumeau Feu de flaque | 9.3E-06 |
| 1.1E-03 Corrosion, érosion | | | | | | | | 0.7 | Feu de flaque Feu de chalumeau Feu de flaque | 2.17 E-05 |
| | | | | | | | 0.8 | | Pollution | 1.24E-04 |
| | | | | | Petite fuite 3.4E-03 | 0.2 | | | Feu de chalumeau Feu de flaque | 6.8 E-04 |
| | | | | | | 0.8 | 0.06 | 0.2 | VCE Feu de chalumeau Feu de flaque | 3.264E-04 |
| | | | | | | | | 0.8 | Feu de flaque Feu de chalumeau Feu de flaque | 1.3E-04 |
| | | | | | | | 0.94 | | Pollution | 2.5E-03 |

Arbre de défaillance

Arbre des événements

Figure II.6 : Combinaison entre les deux méthodes AdD & AdE

II.4.5 Etape A2 a : Fréquence d'occurrence d'un phénomène dangereux :

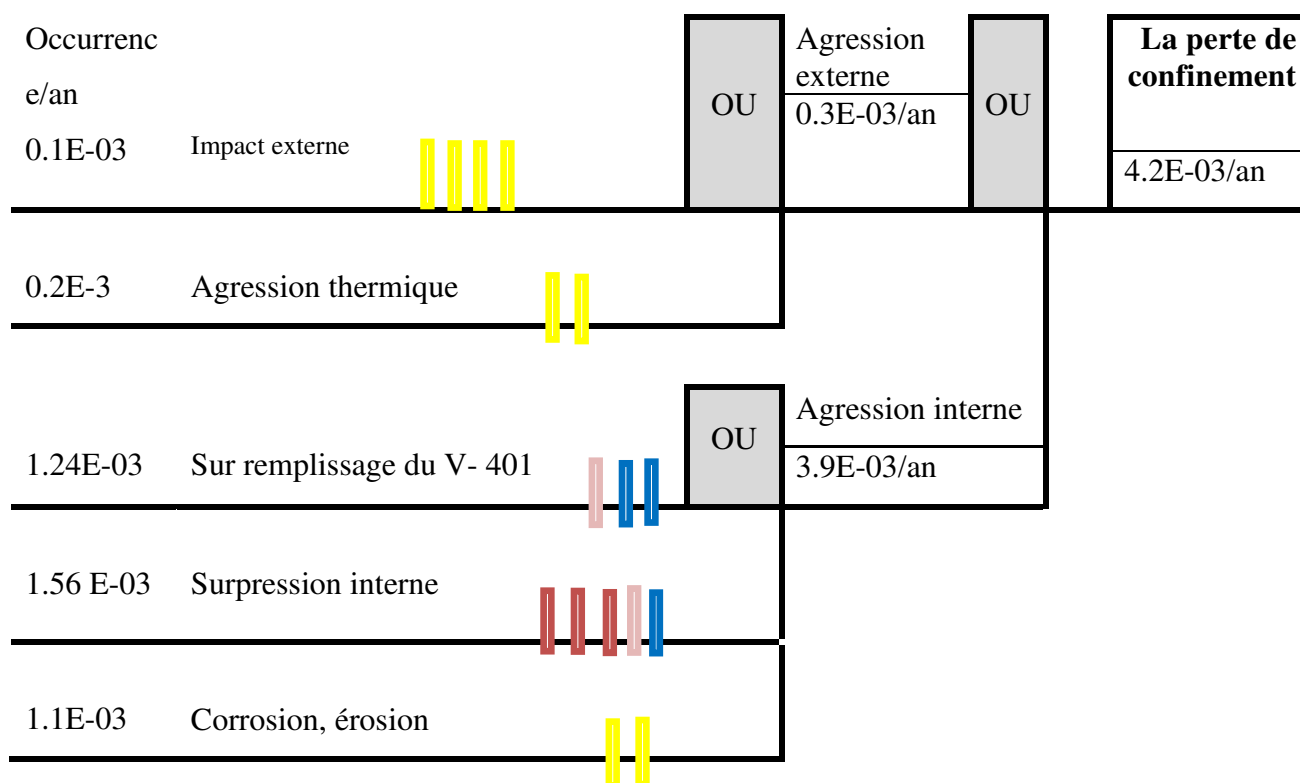
II.4.5.1- Identification des barrières :

Pour le scénario identifié, les barrières de sécurité techniques ou organisationnelles pouvant limiter la probabilité d'un accident ou en limiter les effets sont identifiées et reportées sur le nœud-papillon.

L'identification des barrières pourra être poussée si le nombre de barrières en place conduit à un scénario insuffisamment maîtrisé.

La méthode d'identification des barrières est fondée sur la définition de fonctions de sécurité Génériques. Ces fonctions de sécurité sont traduites par un verbe d'action suivi d'une Intention à accomplir. Cinq verbes d'action permettent ainsi de couvrir l'ensemble des Fonctions qu'il convient d'assurer pour maîtriser les risques d'accidents :

II.4.5.1.1-L'implantation des barrières de sécurité dans l'AdD



Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

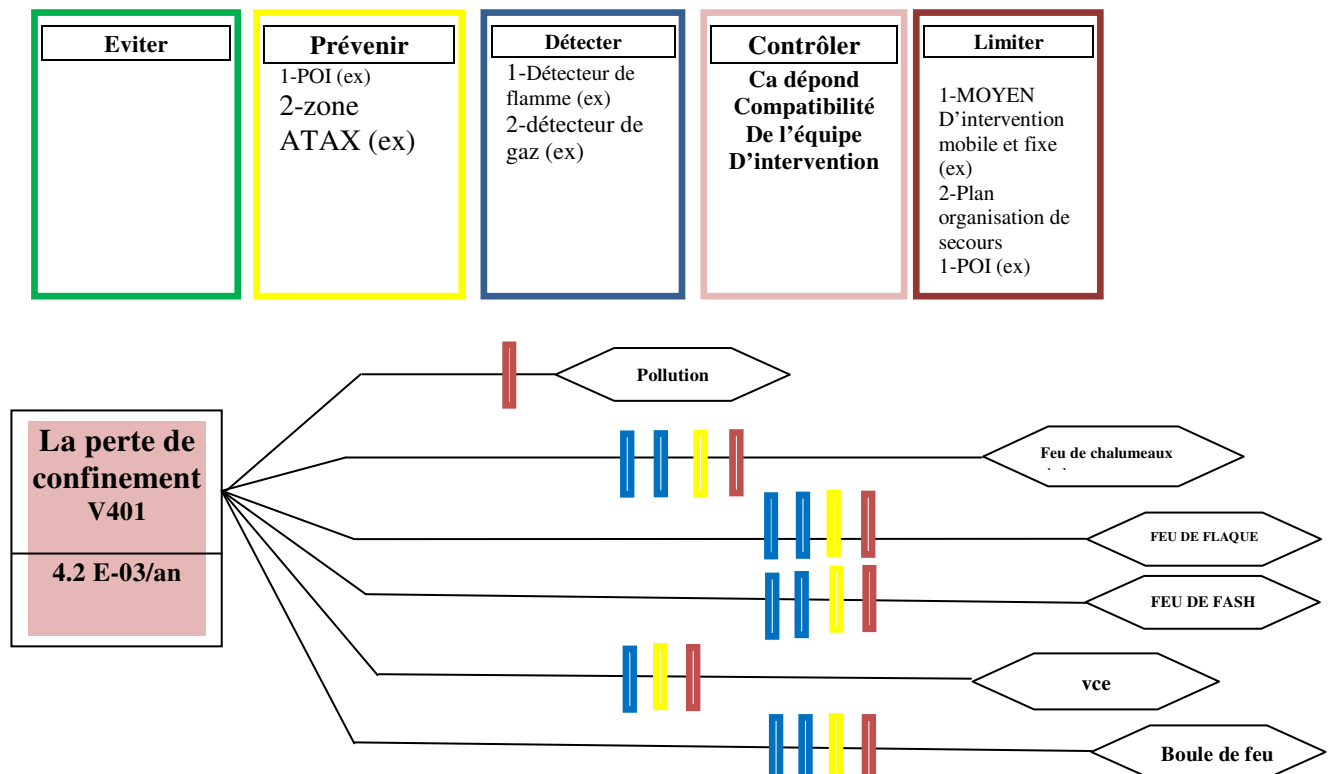
| Eviter | Prévenir | Détecter | Contrôler | Limiter |
|--------|--|---|---|---|
| | <u>Impact externe</u> 1- Autorisation de travail et circulation (ex) 2- Plans d'urgences POI, ORSEC 3- Exercices de simulation périodique (ex) 4- Plan de prévention (ex) <u>Aggression thermique</u> 1- Ignifuge âge Du ballon V401 2- Autorisation de travail et de Circulation <u>Corrosion, Érosion</u> 1- Programme d'inspection (ex) 2- Inhibiteur de corrosion (ex) | <u>Suppression</u> 1- Sonde de pression avec alarme de salle de contrôle (H, HH) <u>Sur remplissage</u> 1- sonde de niveau avec alarme haute de salle de contrôle (ex) 2- sonde de niveau avec alarme basse et interlock des pompes | <u>Suppression</u> <u>Sur remplissage</u> TOUT LES ACTION SONT EXPLIQUER PAR L'application de la méthode HAZOP | <u>Suppression</u> 1- Soupapes de sécurité PSV.. (Ex) 2- Vanne automatique TOR tout ou rien (HXV4012) reliée à la ligne de torches HP (ex) 4- Disque de rupture |

★ **Barrière de sécurité existante (ex) ou à mettre en place**
 Les caractéristiques des barrières existantes.

Figure II.7 : L'implantation des barrières de sécurité dans l'AdD

II.4.5.1.2- L'implantation des barrières de sécurité dans AdE :

En prenant compte les différentes barrières existantes (ex) ou mis en place



Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel

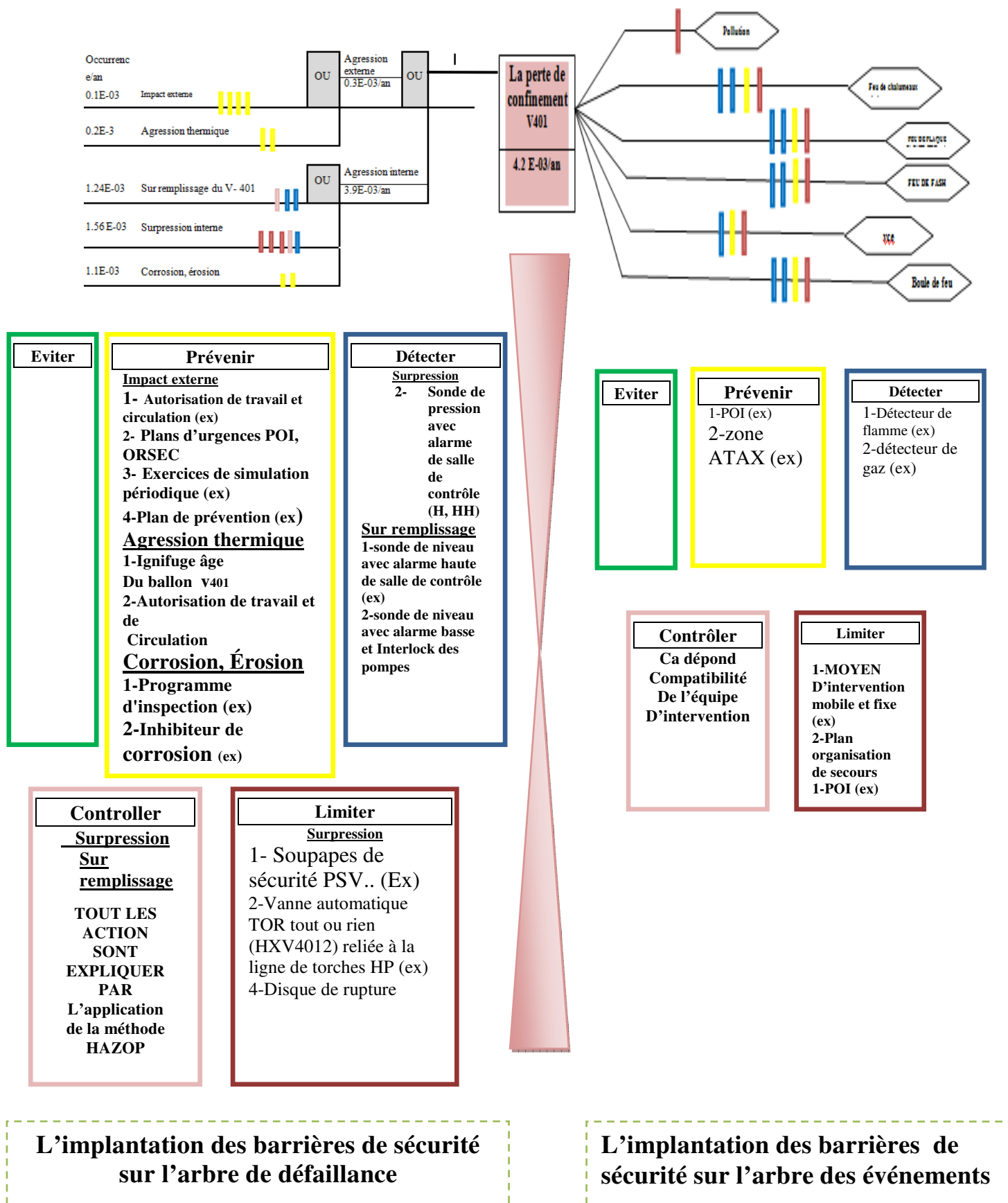


Figure II.8 : implémentation des barrières de sécurité au niveau de AdE & AdD.

II.4.6-Evaluation de la performance des barrières :

Suite manque d'une base de données fiable sur site, concernant la probabilité d'occurrence des événements indésirables et les facteurs de réduction des risques des barrières de sécurité, pour calculer la probabilité conditionnelle et utiliser le Graph de risque on a utilisé les bases de données suivantes :

- *OREDA Offshore Reliability Data Handbook 4th Edition*, (OREDA 2002), *Det Norske Veritas*
- *DNV 2002*.
- *Weibull Reliability Database For Failure Data for Various Components 7/15/2004*.
- LOPA (Layer of protection analysis).

L'analyse détaillée des risques nous permet de construire l'arbre de défaillance et l'arbre des Événements pour l'ERC retenu (perte de confinement de ballon tampon de V-401 (voire ANNEX...)).

II.4.7-Choix des scénarios de référence par la matrice de risques :

A l'issue du travail réalisé dans MIMAH, l'ensemble des phénomènes dangereux a été Identifié et caractérisé par :

- ❖ l'évaluation de la fréquence d'occurrence (incluant la probabilité de défaillance des barrières mises en place),
- ❖ l'estimation a priori de leur classe de gravité.

Les scénarios peuvent donc à ce stade être placés sur une matrice de risques, qui définit des Critères d'acceptabilité et de sélection des scénarios en fonction de cette caractérisation en Gravité / fréquence.

La matrice de risques comporte en abscisse la classe de gravité des phénomènes dangereux et En ordonnée la fréquence d'occurrence des phénomènes dangereux. La matrice est proposée Comme un exemple ; ARAMIS s'est attaché à définir une méthodologie mais les valeurs Seuils doivent être considérés comme des valeurs adaptables à chaque site étudié.

La zone verte (effets négligeables) correspond aux phénomènes dangereux avec une

Fréquence d'occurrence et/ou des conséquences suffisamment faibles pour ne pas être Considéré comme représentatif du risque d'un établissement.

La zone jaune (effets moyens) correspond aux phénomènes dangereux dont la probabilité est Tolérable et qui représente le niveau de risque moyen d'un établissement. Les phénomènes Dans cette zone sont retenus pour la modélisation et constituent les scénarios de référence. La zone rouge (effets importants) correspond à des phénomènes dangereux dont la Probabilité d'occurrence n'est pas satisfaisant en l'état : des barrières complémentaires de Sécurité doivent être rajoutées. Les phénomènes dans cette zone sont retenus pour la Modélisation et font également partie des scénarios de référence.

II.4.7.1-Grille de criticité :

II.9 : Tableau de grille de criticité.

| N° | phénomène | Probabilité | Gravité | Criticité |
|----|---------------|-------------|---------|-----------|
| 1 | vce | P1 | G4 | ALARP |
| 2 | boule de feu | P2 | G3 | ALARP |
| 3 | feu de flaque | P2 | G3 | ALARP |
| 4 | jet enflammé | P2 | G2 | ALARP |
| 5 | feu flash | P2 | G3 | ALARP |

| | | | | | |
|---------|---|-------------|-------------|---|---|
| GRAVITE | 1 | | | | |
| | 2 | | 4 | | |
| | 3 | | 2 3 5 | | |
| | 4 | 1 | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| | | PROBABILITE | | | |

Figure II.9 : La matrice de risque simplifier de SONATRACH / Activité Amont/ Division Production.

Tous les phénomènes dangereux définis par les arbres génériques et issus de la prise en
Compte des barrières sont donc placés dans la matrice de risques : les scénarios retenus
Comme scénarios de référence sont ceux situés dans les zones jaune ou rouge.

Chapitre II : Application de la méthode ARAMIS : étude de cas module MMP0 au niveau Hassi R'Mel


|  | | Conséquences | | | | Probabilité | | | |
|--|------------------------------------|----------------------------------|--|--------------------------|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Augmentation de la probabilité | | | |
| | | Personnel | Environnement | Public | Production/ biens | <i>P1</i> <i>Improbable</i> $<10^{-4}/an$ | <i>P2</i> <i>Peu probable</i> $10^{-4} \text{ à } 10^{-2}/an$ | <i>P3</i> <i>Probable</i> $10^{-2} \text{ à } 10^{-1}/an$ | <i>P4</i> <i>Très probable</i> $1/an$ |
| Gravité | | | | | | | | | |
| Augmentation de la gravité | <i>G1</i> <i>Mineure</i> | Blessure mineures (ASA) | Mineure | Pas d'incidence | Pas de dommage, pas d'arrêt de production | | | | |
| | <i>G2</i> <i>Sérieux</i> | Blessures significatives (AAA) | Pollution interne maîtrisée | Blessures mineures | Dommages mineurs et arrêt bref de la production | | 4 | | |
| | <i>G3</i> <i>Grave</i> | Incapacité permanente ou 1 décès | Pollution interne non maîtrisée ou pollution hors limite maîtrisée | Blessures Significatives | Dommage localisé et arrêt partiel d'unité | | 2 3 5 | | |
| | <i>G4</i> <i>Catastrophique</i> | Plusieurs décès | Pollution hors limites de longue durée | Décès | Dommage important et arrêt total de la Production | 1 | | | |

Figure II.10 : La matrice de risque SONATRACH / Activité Amont/ Division Production.

AAA: Accident Avec Arrêt / ASA: Accident Sans Arrêt

Pour les scénarios retenus, les informations nécessaires à leur modélisation sont

Précisées dans le cadre de l'opération B. en choisi le scénario de VCE pour l'étape suivante :

II.5-OPERATION B : cartographie de la sévérité d'un site industriel :

Les Phénomènes dangereux et les événements majeurs considérés Pour la construction de l'indice de sévérité S, sont pris en compte des phénomènes dangereux (Feu de nappe, VCE, nuage toxique...) et leurs événements majeurs correspondants identifiés Suite à l'application des méthodes développées dans l'opération A.

Tableau II.10. Liens entre phénomènes dangereux et événements majeurs.

| Phénomènes dangereux | Evènements majeurs | |
|----------------------|--------------------|-----------------------|
| | Effets thermique | Effets de surpression |
| VCE | | X |
| BLEVE | | X |
| Boule de feu | X | X |
| Feu de flaque | X | |
| Feu de chalumeau | X | |
| Feu de flash | X | |
| Pollution | | |

❖ Analyse des niveaux d'effets:

Pour chaque type d'événement, il a été convenu de définir 4 catégories de niveaux d'effets, qui seront mis en correspondance avec des intervalles de valeurs de l'indice de sévérité S, comme explicité dans le tableau suivant :

Tableau II.11. Correspondance entre les classes et les valeurs de l'indice S [7].

| Classes | Indice de Sévérité | Description |
|---------|----------------------|-------------------------|
| 01 | $S < 25$ | Peu ou pas d'effets |
| 02 | $25 \leq S < 50$ | Effets réversibles |
| 03 | $50 \leq S < 75$ | Effets irréversibles |
| 04 | $75 \leq S \leq 100$ | Début des effets létaux |

La zone définie au-delà de la valeur de sévérité 100 représente soit la possibilité d'effets dominos soit un seuil de grande létalité notamment pour les substances toxiques.

Chaque classe de sévérité a été mise en relation avec des seuils d'effets thermiques, de surpression, toxiques et missiles, dans une première tentative d'extrapolation des seuils recensés et utilisés dans les différents pays européens.

Tableau II.12 : Définition des niveaux d'effet.

| Valeur de S | Effets thermiques (stationnaire et non-stationnaire) | Flash-fire (% LIE) | Effets de surpression (mbar) | Missiles | Effets toxiques |
|-------------|---|-----------------------|---------------------------------|----------|-----------------|
| | t = 60 s | | | | t = 1 h |
| 0 | 1 kW/m ² | 1/60 LIE | 10 | N/A | 0,1 TEEL1 |
| 25 | 1.8 kW/m ² | 1/6 LIE | 30 | | TEEL1 |
| 50 | 3 kW/m ² | 1/3 LIE | 50 | | TEEL2 |
| 75 | 5 kW/m ² | 1/2 LIE | 140 | | TEEL3 |
| 100 | 8 kW/m ² | LIE | 250 | | |

❖ Interpolation de l'indice S en dehors des valeurs seuils

Le tableau suivant reprend les distances d'effets de surpression associées au phénomène de VCE suite à une rupture d'un ballon v401. Les contours d'effets sur l'homme sont illustrés sur la carte satellite.

La météo conduisant aux distances d'effet les plus critiques est Jour Eté.

Tableau II.13 : La relation entre "S" et le niveau de surpression [9].

| Niveau de surpression (mbar) | Distance d'effet en mètres (Jour été) | Relation entre S et la surpression | Indice de sévérité (S) | Description |
|------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|------------------------|---------------------|
| 25 | 645 | $S = 0,833 \cdot \Delta P$ | 20.825 | Peu ou pas d'effets |
| 50 | 425 | $S = 1,25 \cdot \Delta P - 12,5$ | 50 | Effets réversibles |

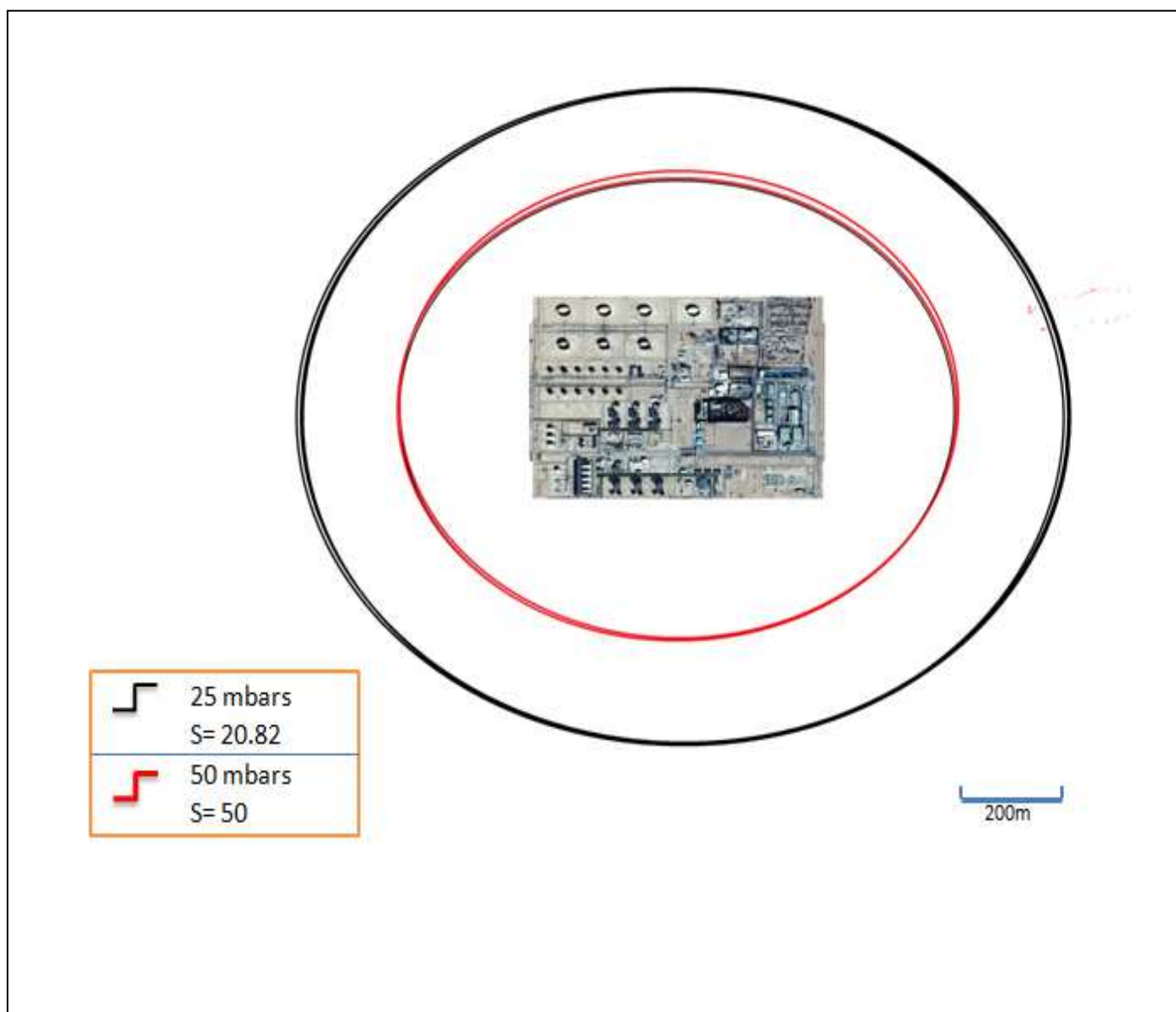


Figure II.11. représentation d'effet de surpression et de sévérité en cas de phénomène vce

II.6- OPERATION C : INDICE M INFLUENCE DU MANAGEMENT DE LA SECURITE

Dans le cadre du projet ARAMIS, l'opération C a pour objet d'évaluer l'influence du Management de la sécurité sur la maîtrise des risques d'accidents majeurs sur site. Il s'agit :

- d'effectuer le lien entre le management et les performances attendues des barrières

Caractérisées pendant l'analyse de risque,

- d'évaluer l'influence de l'organisation mise en place sur un site sur le niveau de Confiance attendu des différentes barrières.

II.6.1. Typologie des barrières:

Les barrières de défense sont soit des barrières techniques de sécurité (matériel), soit des Barrières humaines soit une combinaison de ces deux types de barrières. Sommairement, les Barrières sont regroupées en trois catégories pouvant se décliner en sous-catégorie suivant les Combinaisons possibles. Les trois catégories de barrières sont les suivantes:

- A. Barrières passives** : barrières en fonctionnement permanent ne demandant pas d'actions Humaines, de sources d'énergie (hormis quelques exceptions : p.ex. protection anticorrosion Catalytique) et de diagnostic préalablement à leur action.
- B. Barrières actives** : ce type de barrières demande un diagnostic préalable de la situation pour Une action proportionnée. Ce type de barrière demande une source d'énergie pour en assurer le Fonctionnement et son fonctionnement met en œuvre du matériel (fonctionnement mécanique, Électrique ou électronique).
- C. Barrières humaines** : l'efficacité de ce type de barrière est liée aux mécanismes de l'agir Humain (détection, observation, décision, réalisation d'une tâche, ...).

Les différentes combinaisons possibles de ces trois catégories sont listées ci-dessous.

Tableau II.14. Classification des barrières préalablement à l'audit.

| Evénement indésirable | Barrière de sécurité existante (ex) ou à mettre en place | Type des barrières | Action |
|---------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|
| Impact mécanique (choc externe) | Plan de prévention (ex) | Active – avertissement passif | Humain |
| | Autorisation de travail et circulation (ex) | | |
| | Plans d'urgences POI, ORSEC (ex) | Active – situations d'urgence | Humain / système de régulation |
| | Exercices de simulation périodique (ex) | Active – procédure | Humain / système de régulation |
| Effets thermique | Ignifuge âge du ballon v401 | Permanente – passive | Matériel |
| | Autorisation de travail et de circulation (ex) | Active – avertissement passif | Humain |
| Corrosion, érosion | Programme d'inspection (ex) | Active – procédure | Humain |
| | Inhibiteur de corrosion (ex) | Permanente – active | Matériel |
| Surpression interne | Soupapes de sécurité (ex) Vanne automatique TOR tout ou rien (HXCv) reliée à la ligne de torches Sonde de pression avec alarme de salle de contrôle PIC | Active – matériel | Matériel |
| Sur remplissage du ballon v401 | - sonde de niveau avec alarme haute de salle de contrôle (ex). -sonde de niveau avec alarme basse et interlock des pompes | Active – matériel | Matériel |

II.6.2.Evaluation de l'organisation structurelle :

Principe :

La maîtrise des risques doivent être assurée dans tous les cycles de vie Complet de l'installation à savoir la conception, l'installation, L'utilisation, la maintenance en mettant les barrières de sécurité appropriée dans chaque cycle de vie.

La maîtrise de ces cycles de vie est dans la dépendance d'activités de management qui doivent Être structurées afin d'assurer la gestion des risques.

Ces activités peuvent être classées selon Les trois fonctions principales suivantes :

1. L'identification des risques pour toutes les phases de vie de l'installation qui a réalisé dans l'opération A
2. L'ensemble des processus managériaux nécessaires au bon fonctionnement des barrières Dans leur cycle de vie (de la conception à la maintenance)
3. L'ensemble des processus managériaux nécessaires au maintien ou à l'amélioration du Niveau de sécurité de l'installation. Ainsi, des ressources doivent définies et mises en Place en vue de :

- Maîtriser les dérives du système de management mis en place,
- Contrôler et piloter le fonctionnement de l'entreprise en situation de changement (Changement technique, conjoncturel ou organisationnel),
- Capitaliser sur les incidents ou accidents susceptibles de survenir.

🚦 Les objectifs visés par l'audit de la structure d'organisation sont :

- A. D'abord de déterminer si les processus managériaux nécessaires au bon fonctionnement Des barrières sont effectives et permettent de conserver le niveau de confiance déterminé en Analyse des risques (opération A).
- B. Ensuite d'évaluer la capacité d'une organisation à ne pas dériver et à s'adapter aux Différents événements susceptibles de se produire. Cet objectif est fondamentalement Difficile à quantifier car il consisterait à prédire le fonctionnement ou la réponse d'une Organisation dans le futur en fonction de sollicitations difficilement prévisibles. Ainsi, la Partie de l'audit correspondant à cet objectif et traitée de façon qualitative.

II.6.3. Protocole d'audit

Le protocole d'audit est reporté dans son ensemble en annexe 1. Il s'agit dans ce paragraphe de présenter les principes d'audit retenus pour l'évaluation de l'organisation structurelle. Les processus managériaux liés au cycle de vie des barrières sont les suivants :

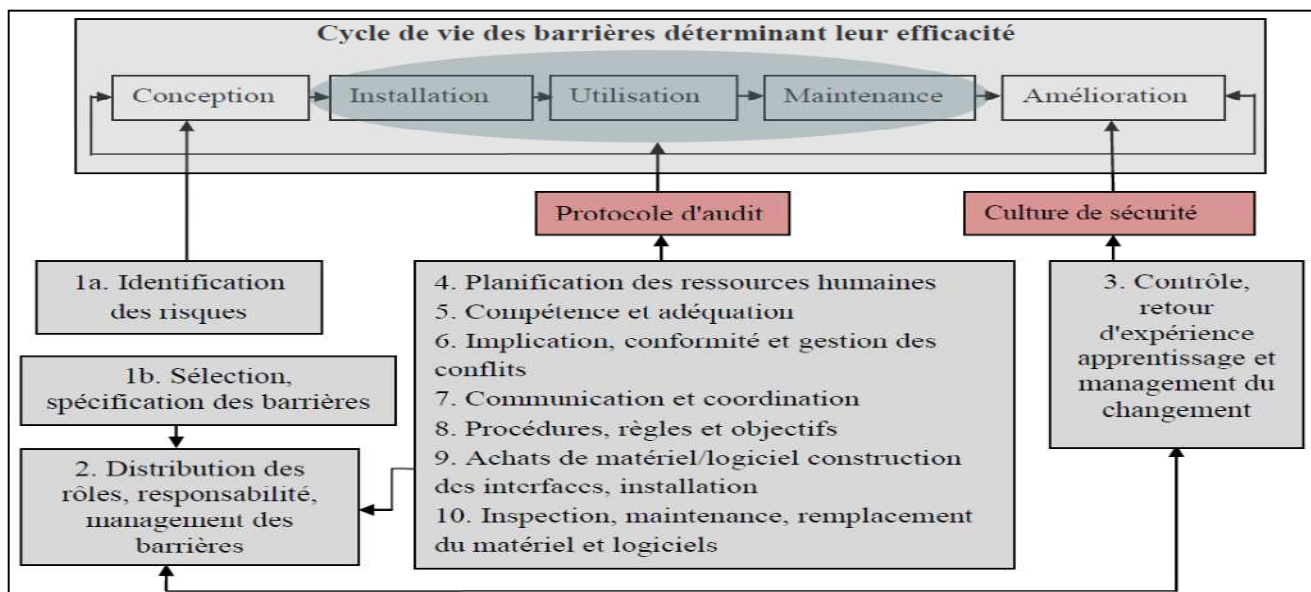
• Pour les barrières humaines :

1. Disponibilité du personnel : Il s'agit de s'assurer que l'on disposera du personnel nécessaire à la réalisation des différentes activités suivant les conditions de fonctionnement pouvant être rencontrées (congé, pics d'activité...),
2. Compétence du personnel : L'objet est ici de s'assurer que le personnel en place dispose du niveau de compétence souhaité, cela inclut notamment la sélection du personnel et sa formation,

3. Implication du personnel et résolution des conflits : Il s'agit de s'assurer du bon Comportement des acteurs face à leurs tâches, cela prend en compte notamment la Façon dont les arbitrages sont effectués en vue de diminuer la charge de ces derniers,
4. Communication et coordination : L'objet de ces activités est d'assurer d'une bonne Communication entre les acteurs (par exemple en situation d'urgence) et de la bonne Coordination des activités (par exemple en phase de travaux),
5. Procédure, modes opératoires et objectifs : Il s'agit enfin de s'assurer que les règles Seront suivies, cela prend en compte la vérification de l'adéquation des règles avec les Activités à effectuer, la formation à ces règles et l'évaluation de ces dernières.

• ***Pour les barrières techniques :***

6. Détermination des spécifications de conception (incluant l'interface homme/machine), Achat, construction, installation, et gestion des pièces : Cela correspond aux activités Permettant d'assurer que les objectifs de sécurité seront correctement remplis,
7. Gestion des inspections, des contrôles et de la maintenance : Il s'agit enfin de suivre Dans le temps la performance des barrières, y compris leur (ré) étalonnage.
- Pour chaque processus identifié ci-avant, un sous-protocole d'audit est développé. Ce sous Protocole correspond au référentiel des activités de gestion à réaliser pour assurer un bon Système de management des barrières (voir figure ci-dessous).



*Figure II.12 : Cycle de vie des barrières de sécurité et processus du système de management
Concernés par l'audit du système de management*

II.7-OPERATION D : INDICE V CARTOGRAPHIE DE LA VULNERABILITE DES ENJEUX

II.7.1.Objectifs :

L'opération D avait pour objet de caractériser la vulnérabilité de l'environnement d'une Installation industrielle donnée. En effet, si on s'intéresse au niveau de risque global d'une Installation, non seulement il est utile de connaître le potentiel de danger de celle-ci (objectif de l'indice S) mais aussi de caractériser l'atteinte potentielle des cibles et de connaître leurs Sensibilités au potentiel de danger (indice V).

L'objectif de cette étape consistait donc à :

- ✓ Caractériser l'environnement d'installations industrielles dangereuses;
- ✓ Estimer la vulnérabilité (ou le degré de sensibilité) de cet environnement aux risques Industriels, indépendamment de l'installation dangereuse concernée.
- ✓ Élaborer des cartes de vulnérabilité de l'environnement d'un site

II.7.2 Description de l'environnement (intérieur et extérieur) du site:

a. Description de l'environnement intérieur de notre site:

Tableau II.15 : équipements au niveau de l'environnement intérieurs de site étudié.

| | |
|---|--|
| 1 : le bac de stockage de condensats (T3001) | 17 : train 1(T401) |
| 2 : le bac de stockage de condensats (T3002) | 18 : post de gard PD |
| 3 : le bac de stockage de condensats (T3003) | 19 : garage sécurité |
| 4 : le bac de stockage de condensats (T3004) | 20 : le bac d'eau d'incendie T1 |
| 5 : le bac de stockage de condensats (T3005) | 21 : le bac d'eau d'incendie T2 |
| 6 : le bac de stockage de condensats (T3006) | 22 : le bac d'eau d'incendie T3 |
| 7 : la pomperie d'expédition | 23 : départ 24 |
| 8 : régénération de glycol | 24 : bloc sécurité |
| 9 : la sous-station BD432 | 25 : bloc mécanique |
| 10 : la sous-station BD433 | 26 : LABORATOIRE |
| 11 : la sous-stationBD452 | 27 : réseau torche MPP0 |
| 12 : ballon tompon de stockage de condensat off spec v409 | 28 : manifold sud |
| 13 : la salle de control SDC BD 431 | 29 : réseau torche MPP1 |
| 14 : générateur électrique | 30 : manifold West |
| 15 : administration de maintenance | 31 : ligne 20 |
| 16 : train 2 (T402) | 32 : communs (phase B) |
| | 33 : CNDG |
| | 34 : ballon tampon d'alimentation v401 |
| | 35 : les unités |

b. Description de l'environnement extérieure de notre site

Remarque : il n'a pas des enjeux humains ou techniques près de site MMP0

II.8-Analyse et synthèse:

Selon l'application de la méthode ARAMIS et suivent la démarche de l'analyse des risques effectuée, l'évènement majeur **VCE** peut avoir des conséquences très graves sur les êtres humaines, les équipements et le environnement au tour du leur rayons d'impact du site. Ce rayon d'impact peut s'étendre sur plusieurs mètres.

Il découle de la matrice de risques la conclusion suivante :

Le risque lié au phénomène de **VCE** est jugé **ALARP**. La zone d'effets des dommages irréversibles ou létaux recouvre une grande partie du site et par conséquent les nombreuses salles de contrôle, le bureau direction maintenance et bloc maintenance, néanmoins le niveau de risque est abaissé par la faible fréquence d'occurrence ($8.2 \cdot 10^{-5}/\text{an}$). Les détecteurs de gaz installés à divers endroits sur le site devraient permettre de détecter la formation d'un nuage de gaz et d'agir en conséquence afin de réduire l'ampleur de la fuite.

Conclusion général :

En guise de conclusion générale, nous récapitulons le travail concrétisé dans le cadre de ce Mémoire de fin d'études.

Nous sommes penchés sur l'étude d'un problème crucial qui s'impose dans le cas des scénarios D'accidents majeurs, Ceci se manifeste spécialement dans le cas d'installations pétrolières et chimiques.

En vue de traiter ce problème sur terrain, nous avons choisir une installation des champs gazier HRM qui constitue l'une des filiales de la SONATRACH.

D'autre part, étudier ce problème nécessite le choix d'un outil d'analyse, en conséquence de Quoi, nous avons utilisé la méthode ARAMIS conçue essentiellement pour aboutir à la caractérisation du niveau de risque par la détermination les scénarios d'accidents de références. Pour cela Cette étude nous a permis en premier lieu à aboutir à des résultats sur l'état de sécurité du ballon tampon V-401 ainsi que, les mesures à prendre pour empêcher la survenance des évènements indésirables dans la section de stockage et les sections avoisinantes afin d'en limiter ces conséquences. En second lieu, elle nous a aidés à prendre des décisions en ce qui concerne le niveau de sécurité du système de section lui-même.

Ainsi de juger les performances des barrières destinées à prévenir et à protéger le système. L'application de ce genre de méthode s'avère délicate, beaucoup de difficultés ont été soulevées à savoir le manque de données sur l'état de fonctionnement du système (retour D'expériences). Mais il était censé que les utilisateurs finals de la méthode sont à la fois les entreprises Industrielles et les autorités compétentes chargées de la mise en œuvre de la directive SEVESO II (96/82/CE) et par conséquent, nous avons eu des difficultés en l'utilisation de logiciel SIG (système d'information géographique).

Nous suggérons donc que d'autres études sur les données feront l'objet d'un travail de futur.

Recommandations:

Dans le cadre de cette amélioration, diverses actions ont été recommandées dans le présent rapport. Les principales recommandations pouvant diminuer le niveau de risques sont reprises ci-après :

- ❖ S'assurer que les salles de contrôles, poste de garde et autres bâtiments à l'intérieur ou à Proximité du site soient blast proof et fireproof ; et le cas échéant, prendre les mesures Nécessaires afin de mettre ces bâtiments à niveau. Cette recommandation permettra aux Personnes à l'intérieur des bâtiments d'avoir le temps de mettre en place les mesures d'intervention nécessaires en cas d'accident et de pouvoir évacuer de manière sécurisée si Nécessaire. Il sera ainsi possible de diminuer la gravité importante de certains phénomènes D'explosion (VCE) ou d'incendie (feu chalumeau, feu de flaque, feu flash, boule de feu).
- ❖ Les différentes canalisations, leurs accessoires et les pompes/compresseurs restent un point critique. En effet, de par les longueurs importantes et le nombre d'équipements, la fréquence de fuite estimée est élevée. Il est dès lors primordial d'agir de manière préventive afin d'éviter toute fuite de produit inflammable. Pour ce faire, la mise en place d'un planning d'inspection établissant des critères de priorités est une solution intéressante pour garantir l'intégrité des lignes, vannes et équipements. De même pour l'ensemble des capacités pouvant contenir de l'eau (séparateurs, bacs de stockage, bacs tampon...), ce type de planning sera mise en place pour limiter la fréquence de fuite sur ce type d'équipement. Envisager l'installation de vannes de sécurité à fermeture automatique aux bornes des pompes dites à risques pour limiter la gravité de certains accidents majeurs.
- ❖ Prévoir l'installation de rétention sous les capacités et un système de récupération en cas d'épanchement au sein des unités pour recueillir et contenir les produits qui peuvent accidentellement s'y répandre et de réduire les conséquences d'une éventuelle pollution ou d'un incendie.
- ❖ Vérifier l'implantation des systèmes de lutte incendie autour des équipements à protéger en fonction des effets thermiques ou de surpression pou rassurer qu'ils seront exploitable en cas d'accident majeur.
- ❖ Etudier la pertinence d'enrichir certaines zones critiques du site en détecteurs de gaz et

D'incendie pour détecter rapidement toute fuite éventuelle et de coupler certains de ces détecteurs avec des moyens d'interventions automatiques (type déluge, ESD, ...) en cas d'alarme. Il est également important d'assurer un système efficace de maintenance et d'inspection des détecteurs de gaz et d'incendie existants.

- ❖ L'application de la méthode ARAMIS donne des résultats aide dans l'élaboration de la plan générale de la prévention des risques majeurs (**PGPRM**) qui annoncée dans la loi 04-20.

Références bibliographiques :

- [1]: Evaluation des barrières de sécurité d'un procédé industriel au module de L'MPP3 HASSI R'MEL; Mémoire d'ingénieur hygiène et sécurité industrielle - UNIV de Batna 2008.
- [2]: INERIS œ DRA œ 2006-P46055-CL47569 : Ω7 : Méthodes d'analyse des risques générés par une installation industrielle
- [3] : INERIS – DRA – EVAL - 46055 - Ω9 : l'étude dangers d'une installation classée.
- [4]: INERIS DRA-04-35132 ARAMIS - Développement d'une méthode intégrée d'analyse des risques pour la prévention des accidents majeurs
- [5] : Le site internet: <http://aramis.jrc.it>
- [6]: Le site internet: inrs.fr
- [7]: Document SONATRACH (Direction Régionale de Hassi R'mel) Division Sécurité
- [8]: ALEXANDERE ROJET, le gaz Natural production traitement transport, TECHNIP EDITION, Paris, 1994
- [9]: DNV ENERGY, Rapport Etude de danger, Région d'Hassi R'mel ,2010
- [10] : UFIP, Guide méthodologique étude de dangers, juillet 02

Annexe01: Typologie des substances dangereuses.

| Catégorie | Phrase de risque | |
|---|--|--|
| Très toxiques | R26 R100(3) | Très toxique par inhalation Emet des vapeurs très toxique en cas de feu (*) |
| Toxique | R23 R101(3) | Toxique par inhalation Emet des vapeurs toxique en cas de feu (*) |
| Oxydant | R7 R8 R9 | Peut provoquer un incendie (peroxyde organique) Favorise l'inflammation des matières combustibles Peut exploser en mélange avec des matières combustibles |
| Explosif | R1 R2 R3 R4 R5 R6 R16 R19 R44 R102(3) | Explosif à l'état sec (*) Risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition Grand risque d'explosion par le choc, la friction, le feu ou d'autres sources d'ignition Forme des composés métalliques très sensibles. (*) Danger d'explosion sous l'action de la chaleur. (*) Danger d'explosion en contact ou sans contact avec l'air. (*) Peut exploser en mélange avec des substances comburantes. (*) Peut former des peroxydes explosifs. (*) Risque d'explosion si chauffé en ambiance combinée. (*) Substance pyrotechnique |
| Inflammable | R10 R18 | Inflammable Lors de l'utilisation, formation possible de mélange vapeur / air inflammable / explosif. (*) |
| Très inflammable | R10 R11 R17 R30 | Inflammable (dans des conditions particulières de pression et température) (1) Facilement inflammable Spontanément inflammable à l'air Peut devenir facilement inflammable pendant l'utilisation. (*) |
| Extrêmement inflammable | R10 R11 R12 | Inflammable (T > Té _b) (2) Facilement inflammable (T > Té _b) (2) extrêmement inflammable |
| Réagit violemment avec l'eau | R14 R15 R29 R14/15 R15/29 | Réagit violemment au contact de l'eau Au contact de l'eau dégage des gaz extrêmement inflammables Au contact de l'eau dégage des gaz toxiques Réagit violemment avec l'eau, dégageant des gaz extrêmement inflammables Au contact de l'eau dégage des gaz toxiques, extrêmement inflammables |
| Régait violemment avec d'autres substances | R103(3) R104(3) R105(3) R106(3) | Au contact d'autres substances, dégage des gaz toxiques (*) Au contact d'autres substances, dégage des gaz très toxiques (*) Au contact d'autres substances, dégage des gaz inflammables (*) Au contact d'autres substances, peut exploser (*) |
| Dangereux pour l'environnement (environnement aquatique) | R 50 R51 | Très toxique pour les organismes aquatiques: (96h CL50 (poisson) _ 1 mg/l ou 48h CE50 (daphné) _ 1 mg/l ou 72 h CL50 (algue) _ 1 mg/l) Toxique pour les organismes aquatiques (96h CL50 (poisson): 1mg/l < CL50 _ 10 mg/l ou 48h CE50 (daphné): 1mg/l < CE50 _ 10 mg/l ou 72 h CL50 (algues): 1mg/l < CI50 _ 10 mg/l). |

| | | |
|---|-----|---|
| Dangereux pour l'environnement (non aquatique) | R54 | Toxique pour la flore. (*) |
| | R55 | Toxique pour la faune. (*) |
| | R56 | Toxique pour les organismes du sol. (*) |
| | R57 | Toxique pour les abeilles. (*) |
| | R59 | Dangereux pour la couche d'ozone. (*) |

Notes:

- (1) Pour tenir compte de la définition "substance très inflammable" de la directive SEVESO II, les substances ayant un point éclair inférieur à 55°C et liquides sous pression, mais qui sous certaines conditions, par exemple haute température et haute pression, peuvent générer des accidents majeurs, pourront être considérées (bien que seulement R10) comme très inflammables (phrase R11), sous conditions.
- (2) Pour tenir compte de la définition "d'extrêmement inflammable" de la directive Seveso II, les substances inflammables (R10) ou très inflammables (R11) utilisées à une température supérieure à leur température d'ébullition seront considérées comme extrêmement inflammables (R12).
- (3) Certaines phrases de risques n'ont pas de numéro "officiel". Pour une utilisation plus facile dans le projet, un numéro a été créé, reconnaissable à ce qu'il est supérieur à 100.
- (*) L'astérisque indique les phrases de risques non retenues dans la directive Seveso II mais qui sont quand même retenues pour l'application de la méthode ARAMIS.

Annexe02: Typologie d'équipements considérée dans ARAMIS.

| N | Type d'équipements | Définition |
|---------------------------------|--|---|
| Unités de stockage | | |
| EQ1 | Stockage en vrac solide | Stockage de substances sous forme solide (poudres ou billes). Les substances y sont stockées en vrac ou en siols (les stockages en sous forme de sacs ne font pas partie de cette catégorie) |
| EQ2 | Stockage de solides en petits Contenants | Stockage de solides sous forme de petits contenants ou réservoirs de capacité inférieure à 1 m ³ . |
| EQ3 | Stockage de liquides en petits contenants | Stockage de liquides sous forme de petits contenants ou réservoirs de capacité inférieure à 1 m ³ |
| EQ4 | Stockage sous pression | Réservoirs de stockage à température ambiante et à une pression supérieure à 1 bar. La pression est celle du fluide à saturation ou peut être celle d'un gaz inerte. La substance peut être un gaz liquéfié sous pression (deux phases en équilibre) ou un gaz sous pression (une phase gaz). |
| EQ5 | Stockage à pression supérieure à la pression de saturation | Réservoirs de stockage fonctionnant à température ambiante à une pression supérieure à 1 bar. La pression est exercée par un gaz inerte par exemple et maintient le stockage à une pression supérieure à sa pression de saturation. Le stockage contient une substance en phase liquide. |
| EQ6 | Stockage atmosphérique | Stockage à pression et température ambiante, contenant un liquide. La substance peut être un gaz liquéfié sous pression (deux phases en équilibre) ou un gaz sous pression (une phase gaz). |
| EQ7 | Stockage cryogénique | Stockage fonctionnant à pression atmosphérique (ou moins) et basse température La substance est un gaz liquéfié réfrigéré. |
| Unités de (dé)chargement | | |
| EQ8 | Equipement de transport sous pression | Equipement de transport à température ambiante et pression supérieure à 1 bar (pression exercée par la substance elle-même). |
| EQ9 | Equipement de transport atmosphérique | Equipement de transport à pression et température ambiante comportant une substance liquide. |
| Réseaux de canalisations | | |
| EQ10 | Canalisation | Canalisations entre deux unités, les canalisations dans l'unité sont liées aux divers équipements |
| Equipements process | | |
| EQ 11 | Stockage intermédiaire dans le procédé | Equipement de stockage dans l'unité (peut être stockage sous pression, cryogénique..) |
| EQ12 | Equipement avec réactions chimiques | Equipement avec réaction chimique, par exemple réacteur. |
| EQ13 | Equipement séparation physique ou Chimique | Equipement séparation physique ou chimique (par exemple colonne de distillation, filtres, sécheurs..) |
| EQ14 | Equipement de production et fourniture d'énergie | Equipement de production et fourniture d'énergie (par exemple fours, chaudières..) |
| EQ15 | Equipement de conditionnement | Equipement dédiés au packaging des substances (exclut les packages eux-mêmes) |
| EQ16 | Autres équipements | Autres équipements (pompes...) |

| | Décomposition ERC1 | Explosion ERC2 | Mise en mouvement (entraînement par l'air) ERC3 | Mise en mouvement (entraînement par un liquide) ERC4 | Inflammation – départ de feu ERC5 | Brèche en phase Gaz ERC6 | Brèche en phase liquide ERC7 | Fuite sur canalisation en phase liquide ERC8 | Fuite su canalisation en phase gaz ERC9 | Rupture catastrophique ERC10 | Effondrement de réservoir ERC11 | Effondrement du toit de réservoir ERC12 |
|---|------------------------------|--------------------------|--|---|---|------------------------------------|--|--|---|--|---|---|
| Stockage en vrac solide EQ1 | X | X | X | X | X | | | | | | | |
| Stockage de solides en petits Contenants EQ2 | | | | | X | | | | | X | | |
| Stockage de liquides en petits contenants EQ3 | | | | | X | X | X | | | X | | |
| Stockage sous pression EQ4 | | | | | X | X | X | X | X | X | | |
| Stockage à pression supérieure à la pression de saturation EQ5 | | | | | X | | X | X | | X | X | |
| Stockage atmosphérique EQ6 | | | | | X | | X | X | | X | X | X |
| Stockage cryogénique EQ7 | | | | | X | X | X | X | X | X | X | |
| Equipement de transport sous pression EQ8 | | | | | X | X | X | X | X | X | | |
| Equipement de transport atmosphérique EQ9 | | | | | X | | X | X | | X | X | |
| Canalisation EQ10 | | | | | X | | | X | X | X | | |
| Stockage intermédiaire dans le procédé EQ11 | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X |
| Equipement avec réactions chimiques EQ12 | | | | | X | X | X | X | X | X | | |
| Equipement séparation physique ou Chimique EQ13 | | | | | X | X | X | X | X | X | | |
| Equipement de production et fourniture d'énergie EQ14 | | | | | X | X | X | X | X | X | | |
| Equipement de conditionnement EQ15 | | | X | X | X | | | X | X | X | | |
| Autres équipements EQ16 | | | | | X | X | X | X | X | X | | |

Une matrice croisant le type d'équipement avec les 12 évènements redouté centraux.

Suite à l'annexe03:

| | | Solide | liquide | Deux phases | Gaz / vapeur |
|-------|--|--------|---------|-------------|--------------|
| EQ1 | Stockage en vrac solide | X | | | |
| EQ2 | Stockage de solides en petits Contenants | X | | | |
| EQ3 | Stockage de liquides en petits contenants | | X | X | X |
| EQ4 | Stockage sous pression | | | X | X |
| EQ5 | Stockage à pression supérieure à la pression de saturation | | X | | |
| EQ6 | Stockage atmosphérique | | X | | |
| EQ7 | Stockage cryogénique | | X | X | |
| EQ8 | Equipement de transport sous pression | | | X | X |
| EQ9 | Equipement de transport atmosphérique | | X | | |
| EQ10 | Canalisation | | X | X | X |
| EQ 11 | Stockage intermédiaire dans le procédé | X | X | X | X |
| EQ12 | Equipement avec réactions chimiques | X | X | X | X |
| EQ13 | Equipement séparation physique ou Chimique | X | X | X | X |
| EQ14 | Equipement de production et fourniture d'énergie | | X | X | X |
| EQ15 | Equipement de conditionnement | X | X | X | X |
| EQ16 | Autres équipements | X | X | X | X |

Une matrice croisant les équipements critiques avec l'état physique des substances.

Annexe04 : Liste des événements redoutés centraux.

| <i>Evénements redoutés critiques</i> | | <i>Commentaires</i> |
|--------------------------------------|---|---|
| ERC1 | Décomposition | Cet événement critique ne concerne que les substances solides . Il correspond à un changement d'état physique de la substance par apport d'énergie/chaleur ou par réaction avec une substance chimique incompatible. La décomposition de la substance conduit à une émission de gaz toxiques ou à l'explosion retardée des gaz inflammables formés (la réaction n'est pas spontanée mais peut être violente). Cet ERC ne concerne que les stockages vrac de produits solides. |
| ERC2 | Explosion | Cet ERC ne concerne que les stockages vrac de produits solides explosifs (phrases R2, R3, R6..). Il correspond à un changement d'état physique de la substance par apport d'énergie/chaleur ou par réaction avec une substance chimique incompatible. Le changement d'état entraîne une combustion solide avec effets de surpression (ou explosion) due à une réaction violente et spontanée. Dans le cas d'un solide stocké dans un récipient fermé, l'explosion est considérée comme une cause de surpression interne pouvant conduire à une perte de confinement (rupture catastrophique ou brèche). |
| ERC3 | Mise en mouvement (entraînement par l'air) | Cet ERC est réservé aux poussières et pulvérulents exposés à l'atmosphère (stockage ouvert ou convoyeurs..). L'événement se produit par déplacement d'air (par exemple trop forte ventilation). |
| ERC4 | Mise en mouvement (entraînement par un liquide) | Cet ERC est réservé aux poussières et pulvérulents exposés à l'atmosphère (stockage ouvert ou convoyeurs..). L'événement se produit par déplacement de liquide (par exemple inondation ou débordement d'un liquide d'un autre équipement). |
| ERC5 | Inflammation – départ de feu | Cet ERC correspond à une réaction entre un produit oxydant et un produit inflammable ou combustible ou à une décomposition d'un peroxyde organique conduisant à un feu. Cet ERC concerne les substances dont une perte d'intégrité physique (décomposition, contamination) conduit à un incendie. Cet ERC peut être associé aux substances pyrotechniques. |
| ERC6 | Brèche en phase Gaz | Cet ERC correspond à un trou de diamètre donné dans la paroi en phase gaz d'un équipement, conduisant à un rejet continu. Cet ERC s'applique aussi aux équipements contenant un solide en suspension dans une phase gazeuse. |
| ERC7 | Brèche en phase liquide | Cet ERC correspond à un trou de diamètre donné dans la paroi en phase liquide d'un équipement, conduisant à un rejet continu. |
| ERC8 | Fuite sur canalisation en phase liquide | Cet ERC correspond à un trou de diamètre égal à un certain pourcentage du diamètre nominal d'une canalisation véhiculant un liquide. L'ERC peut être une ouverture « fonctionnelle » sur la canalisation : fuites de joints sur pompes, sur vannes, sur bouchons pleins, etc. |
| ERC9 | Fuite su canalisation en phase gaz | Cet ERC correspond à un trou de diamètre égal à un certain pourcentage du diamètre nominal d'une canalisation véhiculant un gaz. L'ERC peut être une ouverture « fonctionnelle » sur la canalisation : fuites de joints sur pompes, sur vannes, sur bouchons pleins, etc. Cet ERC s'applique aussi aux canalisations véhiculant un solide en suspension dans une phase gazeuse. |

| <i>Evénements redoutés critiques</i> | | <i>Commentaires</i> |
|--------------------------------------|-----------------------------------|---|
| ERC 10 | Rupture catastrophique | La rupture catastrophique correspond à la perte complète de l'équipement conduisant à un rejet complet et instantané de la substance. Le BLEVE est aussi considéré comme une rupture catastrophique particulière. Dans certains cas, la rupture catastrophique peut conduire à l'éjection de missiles et une onde de surpression. |
| ERC 11 | Effondrement de réservoir | L'effondrement de réservoir correspond à la perte complète de l'équipement conduisant à un rejet complet et instantané de la substance. L'ERC est dû à une réduction de pression du réservoir, conduisant à son effondrement par action de la pression atmosphérique. Cet ERC ne conduit pas à l'éjection de missiles ou la production d'une onde de surpression. |
| ERC 12 | Effondrement du toit de réservoir | L'effondrement du toit peut être dû à une réduction de la pression interne conduisant à l'effondrement du toit mobile sous l'effet de la pression atmosphérique. Cas spécifique des stockages atmosphériques aériens. |

Annexe 05 : Tableau représente les caractéristiques des barrières existantes.

| Événement indésirable | Barrière de sécurité existante (ex) ou à mettre en place | Facteur de réduction des risques | Niveau de confiance | PFD |
|--|---|----------------------------------|---------------------|------------------------------------|
| Impact mécanique (choc externe) | Plan de prévention (ex) | 1 | 0 | $\geq 10^{-1} \text{ a} < 1$ |
| | Autorisation de travail et circulation (ex) | 1 | 0 | $\geq 10^{-1} \text{ a} < 1$ |
| | Plans d'urgences POI, ORSEC (ex) | 1 | 0 | $\geq 10^{-1} \text{ a} < 1$ |
| | Exercices de simulation périodique (ex) | 1 | 0 | $\geq 10^{-1} \text{ a} < 1$ |
| Effets thermique | Ignifuge âge du ballon v401 | 1.10^2 | 2 | $\geq 10^{-3} \text{ a} < 10^{-2}$ |
| | Autorisation de travail et de circulation (ex) | 1.10^2 | 2 | $\geq 10^{-3} \text{ a} < 10^{-2}$ |
| Corrosion, érosion | Programme d'inspection (ex) | 1 | 0 | $\geq 10^{-1} \text{ a} < 1$ |
| | Inhibiteur de corrosion (ex) | 1.10^2 | 2 | $\geq 10^{-3} \text{ a} < 10^{-2}$ |
| Surpression interne | Soupapes de sécurité PSV003 (ex) | 1.10^2 | 1 | $\geq 10^{-2} \text{ a} < 10^{-1}$ |
| | Vanne automatique TOR tout ou rien (HXCV) reliée à la ligne de torches | 1.10^1 | 1 | $\geq 10^{-2} \text{ a} < 10^{-1}$ |
| | Sonde de pression avec alarme de salle de contrôle | 1.10^1 | 1 | $\geq 10^{-2} \text{ a} < 10^{-1}$ |
| Sur remplissage du ballon v401 | sonde de niveau avec alarme haute de salle de contrôle (ex). | 1.10^1 | 1 | $\geq 10^{-2} \text{ a} < 10^{-1}$ |
| | sonde de niveau avec alarme basse et interlock des pompes | 1.10^1 | 1 | $\geq 10^{-2} \text{ a} < 10^{-1}$ |