



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
La république algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et les Recherches Scientifiques

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohammed Ben Ahmed

معهد الصيانة والأمن الصناعي
Institut de maintenance et sécurité industrielle

Département Maintenance en Instrumentation

Mémoire de fin d'étude

Pour l'obtention de diplôme Master

Filière : Hygiène et Sécurité industrielle

Spécialité : Sécurité Prévention et Intervention

Thème

**Evaluation et gestion des risques industriels
(Etude de cas)**

Préparé par :

BENSALEM ABDELKADER et BEDIA NOUREDDINE

Devant le jury composé de :

Nom et prénom	Grade	Etablissement	Qualité
Mdm MIMOUNI	MCB	IMSI-Univ .D'Oran 2	Encadrante
Mdm CHAHMANA Safia	MCB	IMSI-Univ .D'Oran 2	Présidente
Mdm LABAIR Hakima	MCB	IMSI-Univ .D'Oran 2	Examinatrice

2022 / 2023

Remerciements

*Tout d'abords, nous remercions **Allah** de nous avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout de nos études.*

*Nous tenons à remercier de tous nos cœurs **Mme MIMOUNI CHAHINEZ** notre encadreur du mémoire pour sa compétence, sa patience ainsi que ses conseils judicieux qui ont permis la réalisation de notre projet.*

Nous n'oublierons pas nos parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience. Nous tenons à exprimer notre reconnaissance envers eux.

Enfin nous remercions tous les gens qui ont participé de près ou de loin pour la réalisation de ce modeste travail.

Merci à toutes et à tous.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes frères, mes sœurs et A Toute ma famille.

A mon Binôme Bedia Noureddine dédie ce travail par

A mes amies 'Oussama, Mohamed, khalil, saifeddine, aissa, Fares, en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréable que nous avons passé ensemble.

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude à mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mes frères, mes sœurs et A Toute ma famille.

A mon Binôme Bensalem Abdekader dédie ce travail par

A mes amies 'Oussama, walid, sid ali, zakaria, chamseddine, ' en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréable que nous avons passé ensemble.

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur

Résume

L'objectif principal de notre étude est l'analyse des risques industriels au terminal arrivé GZ2/3/4 (SONATRACH) afin de cerner les risques, les dangers et les dommages. Nous avons opté pour la méthode (APR analyse préliminaire des risques). C'est une méthode qui nous a permis d'analyser et de visualiser le rapport existant entre un problème et toutes ses causes possibles. L'étude que nous avons réalisée dans les services de l'entreprise, pour identifier les risques spécifiques, permet de minimiser et de prévenir ces risques à travers des recommandations qui donnent des instructions pour leur mise en œuvre face aux différents risques.

Mots clés : Terminal arrivé GZ2/3/4 (SONATRACH), Risques, Fuites, méthode APR.

Abstract

The main objective of our study is the analysis of industrial risks at the terminal GZ2/3/4 (SONATRACH) to identify risks, hazards and damages. We opted for the method (APR preliminary risk analysis). It is a method that has allowed us to analyze and visualize the relationship between a problem and all its possible causes. The study that we carried out in the departments of the enterprise, to identify specific risks, helps to minimize and prevent these risks through recommendations that give instructions for their implementation in the face of different risks.

Keywords: Terminal arrived GZ2/3/4 (SONATRACH), Risks, Leaks, APR method.

ملخص

الهدف الرئيسي لدراستنا هو تحليل المخاطر الصناعية في GZ2/3/4 النهائي (SONATRACH) لتحديد المخاطر والمخاطر والأضرار. اخترنا الطريقة تحليل المخاطر الأولية. (APR) إنها طريقة سمحت لنا بتحليل وتصور العلاقة بين المشكلة وجميع أسبابها المحتملة. تساعد الدراسة التي أجريناها في أقسام المؤسسة، لتحديد مخاطر محددة، على تقليل ومنع هذه المخاطر من خلال التوصيات التي تعطي تعليمات لتنفيذها في مواجهة المخاطر المختلفة

الكلمات الرئيسية: وصلت المحطة (SONATRACH) GZ2/3/4، المخاطر، التسريبات، طريقة APR.

LISTE DES FIGURES :

Figure 1. Différence entre risque et danger [F1]	3
Figure 2. Explosion et incendie dans une usine de production d'oléfines[F2].....	5
Figure 3. Incendie et explosion [F3].....	6
Figure 4. Exemples d'exposition aux risques [F4].....	8
Figure 5. Gestion des produits chimiques. [F5].....	9
Figure 6. Un risque biologique. [F6]	10
Figure 7. Zonage radioprotection. [F7]	11
Figure 8. Exemples des risques industriels. [F8].....	13
Figure 9. Le risque mécanique. [F9].....	14
Figure 10. Identifier les risques environnementaux. [F10].....	17
Figure 11. La démarche AMDEC.....	20
Figure 12. Arbre de défaillance.	23
Figure 13. Exemple de la méthode Nœud Papillon. [F13]	25
Figure 14. Schéma fonctionnelle du Terminal Arrivé- GZ2/GZ3/GZ4. [F21].....	34
Figure 15. Schéma de principe du terminal arrivée. [F21]	34
Figure 16. Le terminale arrivée GZ2/3 /4. [F21]	35
Figure 17. Gares de Racleurs. [F21].....	36
Figure 18. Piston racleur.[F21].....	36
Figure 19. Manifold D'interconnexion. [F21]	37
Figure 20. SKID Gaz Motorisation. [F20]	38
Figure 21. Les Filtres de la terminale arrivée. [F21]	39
Figure 24. La régulationsGZ4. [F21].....	40
Figure 25. Comptage GZ2 (06 rampes de diamètre de 20). [F21]	41
Figure 26. Comptage GZ3(06 rampes de diamètre de 20). [F21]	41
Figure 27. Comptage GZ4 (02 rampes de diamètre de 24). [F21]	41
Figure 28. SKID (E.S.D). [F21]	42
Figure 29. SKID (E.S.D) schéma. [F21]	43
Figure 30. Soupape sécurité « Entrée ». [F21]	44
Figure 31. Soupape sécurité « Sortie ». [F21]	44
Figure 32. Les onduleurs. [F21]	45
Figure 33. Les Alternateurs. [F21]	45
Figure 34. Plan Google MAP des terminaux Gaz GZ2/3/4.....	46
Figure 35. Tableau de matrice de risque.....	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Zonage radioprotection.....	47
Tableau 2. Retour d'expérience.....	50
Tableau 3. Application de l'analyse préliminaire des risques APR.....	54

Sommaire

Résumé	iv
Abstract	iv
ملخص.....	iv
LISTE DES FIGURES :	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
Introduction générale.....	1
Chapitr1 : Présentation des risques industriels	
1 Introduction.....	3
2 Les définitions initiales	3
2.1 Risque industriel.....	3
2.2 Les facteurs de risque industriel	3
2.2.1 Danger.....	3
2.2.2 Risque	4
2.2.3 Exposition	4
2.2.4 Facteur des risques	4
2.3 Typologie des risques industriels	4
2.3.1 Risques d'explosion.....	5
2.3.2 Risques d'incendie	6
2.3.3 Risque chimique.....	8
2.3.4 Risque biologique	9
2.3.5 Risques radiologiques	11
2.3.6 Risque électrique.....	12
2.3.7 Risque mécanique	14
2.3.8 Risque ergonomique	15
2.3.8.1 Modalité d'exposition au risque ergonomique [10]	15
2.3.9 Risque ergonomique	16
2.3.10 Risques environnementaux	17
Conclusion.....	18
Chapitr2 : Méthode D'analyse des risques industriels	
1 Introduction	19
2 Les méthodes d'analyses des risques	19

2.1 L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC).....	19
2.1.1 Historique et domaine d'application	19
2.1.2 Le principe de la méthode AMDEC	19
2.1.3 Les avantages et les limites de la méthode AMDEC [17]	20
2.2 La méthode HAZOP [18]	21
2.2.1 L'objectif La méthode HAZOP	21
2.2.2 Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse HAZOP	21
2.2.3 Les avantages de la méthode HAZOP	22
2.2.4 Les limites de la méthode HAZOP	22
2.3 L'Analyse des risques par arbre de défaillance [19]	22
2.3.1 L'historique et la définition de la méthode d'analyse par arbre de défaillance	22
2.3.2 Le principe et le déroulement de la méthode d'analyse par arbre de défaillance	22
2.3.3Le déroulement de la méthode d'analyse par arbre de défaillance se fait selon les étapes suivantes.....	23
2.3.4 Les avantages de la méthode d'analyse par arbre de défaillance.....	24
2.4 L'Analyse des risques par Nœud Papillon	25
2.4.1 Le principe de l'analyse par Nœud Papillon.....	25
2.4.2 Le déroulement de la méthode d'analyse par Nœud Papillon [20].....	25
2.4.3 Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse par Nœud Papillon [20] 25	
2.4.4 Les avantages et les limites de la méthode d'analyse par Nœud Papillon [13]	26
2.5 L'Analyse des risques par la méthode HIRA [21]	27
2.5.1 Le principe de l'analyse par HIRA	27
2.5.2 Le déroulement de la méthode d'analyse par HIRA	27
2.5.3 Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse par HIRA	28
2.5.4 Les avantages et les limites de la méthode d'analyse par HIRA	28
2.6 L'Analyse des risques par la méthode APR [13]	29
2.6.1 L'historique et la définition de la méthode d'analyse par la méthode APR	29
2.6.2 Le principe de l'analyse par la méthode APR	30
2.6.3 Le déroulement de la méthode d'analyse par la méthode APR	30
2.6.4 Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse par la méthode APR	31
2.6.5 Les avantages et les limites de la méthode d'analyse par la méthode APR.....	32
Conclusion.....	33

Chapitr3 : Présentation du Terminal arrivée GZ2/GZ3/GZ4-RTO

1 Introduction	33
2 Description du processus.....	33
3 Rôle du Terminal arrivée.....	34
4 Identification du site.....	34
5 Principales installations de terminale arrivée.....	35
5.1 Les Gares de racleur	35
5.2 Le manifold d'interconnexion	37
5.3 Le SKID Gaz Motorisation.....	37
5.4 Banc de Filtration	38
5.5 Banc de Détente.....	39
5.6 Rampe De Comptage.....	40
5.7 Le SKID Emergency Shut-Down (E.S.D).....	42
5.7.1 Le déclenchement du système peut avoir lieu	42
5.7.2 Les vannes de sécurités commandées à la fermeture.....	42
5.7.3 Les vannes de sécurités commandées à l'ouverture.....	42
5.8 Les Soupapes de Sécurité	43
5.9 Le système Electrique de Secours	44
5.10 Système de parafoudre.....	45
5.11 Système de protection cathodique	45
Conclusion.....	46
Chapitre 4 : Analyse Préliminaire des Risques (APR) du TA GZ2/3/4	
1 Introduction	46
2 Initialisation.....	46
3 Matrice de risque.....	47
4 Retour d'expérience	47
5 Application de l'analyse préliminaire des risques APR	50
6 Résultat et discussion	54
7 Mesures générales en matière de maîtrise des risques	54
7.1 Personnel	54
7.2 Installation	54
7.3 L'environnement	55
Conclusion.....	55
Bibliographie.....	57

Introduction générale

Introduction générale

Le travail joue un rôle important dans la vie professionnelle, car la plupart des travailleurs passent ou moins 08 heures sur les lieux de travail donc, le milieu de travail doit être saint et sûr. Malheureusement ce n'est pas le cas pour plusieurs travailleurs exposés à plusieurs menaces pour leur santé (poussières, gaz, bruits, vibration, température extrême...).

Un risque industriel est un événement accidentel qui se produit sur un site industriel et entraîne des conséquences immédiates graves pour le personnel, les riverains, et l'environnement. Plusieurs secteurs sont concernés, comme la pétrochimie, le secteur minier, l'agroalimentaire ou le nucléaire. Leur fonctionnement implique en effet des activités à risques majeurs, mais aussi la manipulation et/ou le stockage de matières dangereuses, répertoriées à haut risque de toxicité, comme les hydrocarbures, les produits inflammables, les engrais, etc. Mais les installations elles-mêmes sont aussi sujettes à défaillance, qu'il s'agisse d'une tuyauterie industrielle, d'un équipement sous pression, ou d'une cuverie, et requièrent un contrôle régulier.

Par conséquent, ces sites industriels sont soumis à des réglementations spécifiques et à des contrôles réguliers. En somme, les risques industriels sont rares, mais leur gravité est importante.

L'analyse du risque est une étape essentielle dans le milieu industriel. Elle participe notamment à la maîtrise de la sécurité des installations. Il existe différents niveaux de détail dans l'analyse du risque, et plusieurs méthodes. Parmi ces méthodes l'Analyse Préliminaire des Risques (APR) qui est une méthode d'évaluation qualitative des risques qui vise à identifier les dangers potentiels, à évaluer les conséquences et la probabilité de survenue des événements indésirables, et à déterminer la criticité des risques associés.

Elle repose sur l'expertise et l'expérience des professionnels impliqués dans l'évaluation des risques. Il est recommandé d'impliquer des experts qualifiés et de recueillir des données spécifiques sur le terminal d'arrivée GZ2/3/4 pour réaliser une évaluation précise des risques industriels.

L'objectif principal de notre étude est l'analyse des risques industriels au sein du terminal d'arrivée GZ2/3/4- RTO (SONATRACH), afin de cerner les risques, les dangers et les dommages. Notre travail s'articule sur 4 chapitres :

Le premier chapitre : Présentation des risques industriel.

Le deuxième chapitre : Méthodes d'analyse des risques industrielles.

Le troisième chapitre. Présentation du terminal arrivée GZ2/3/4 (SONATRACH).

Le quatrième chapitre : Analyse préliminaire des risques(APR) du terminal arrivée GZ2/3/4- RTO.

Enfin nous terminons notre travail par une conclusion générale

Chapitre 1

*Présentation des risques
industriels*

1 Introduction

Les risques industriels sont des événements accidentels qui se produisent sur des sites industriels mettant en jeu des produits ou des procédés dangereux et qui ont des conséquences graves pour le personnel, les riverains, les biens et l'environnement. Ils se distinguent des risques naturels, qui sont indépendants des activités humaines, et des risques professionnels, qui concernent uniquement les salariés.[1]

Dans le cadre de ce chapitre nous allons voir les différents risques industriels qui repose sur des notions communes (danger, risque, accident), les principes de prévention (éviter, réduire, maîtriser) et les démarches et outils d'évaluation des risques et des acteurs impliqués (industriels, autorités, salariés, riverains, etc.) [1]

2 Les définitions initiales

2.1 Risque industriel

Le terme "risque industriel" désigne un incident accidentel qui se produit sur un site industriel et qui implique des produits et/ou des processus dangereux, entraînant des conséquences graves immédiates pour le personnel, les habitants locaux, les biens et l'environnement [2]

2.2 Les facteurs de risque industriel



Figure 1. Différence entre risque et danger [F1]

2.2.1 Danger

Un danger est une propriété ou une capacité d'un objet, d'une personne, d'un Processus, pouvant entraîner des conséquences néfastes, aussi appelés dommages. Un danger est donc une source possible d'accident [3].

2.2.2 Risque

Le risque est la probabilité que les conséquences néfastes, les dommages, se matérialise en effectivement. Un danger ne devient un risque que lorsqu'il y a exposition et donc, possibilité de conséquences néfastes [3].

2.2.3 Exposition

Dans le présent contexte, quand on parle d'exposition, il s'agit du contact Entre le danger et une personne, pouvant dès lors entraîner un dommage. Sans exposition, pas de possibilité de dommage. Le risque est donc la probabilité que Quelqu'un soit atteint par un danger [3].

2.2.4 Facteur des risques

Les facteurs de risques sont des éléments qui peuvent Augmenter Ou diminuer la probabilité de survenance d'un accident ou la gravité d'un événement les facteurs de risques complètent l'équation : $RISQUE = DANGER \times EXPOSITION$ [3].

2.3 Typologie des risques industriels

Ce manuel vise à fournir un cadre de travail et ne prétend pas couvrir tous les risques possibles sur les lieux de travail. Il existe de nombreux autres risques qui peuvent survenir. Les catégories de risques présentées dans les pages suivantes sont données à titre d'exemple.

2.3.1 Risques d'explosion



Figure 2. Explosion et incendie dans une usine de production d'oléfines[F2]

2.3.1.1 Les facteurs clés liés aux risques d'explosion

- Substances inflammables : Les liquides, les gaz et les poussières inflammables sont des éléments essentiels dans la survenue d'une explosion.
- Atmosphères explosives : Une atmosphère explosive se forme lorsque la concentration de substances inflammables atteint un niveau où une étincelle ou une source d'ignition peut provoquer une explosion.
- Sources d'ignition : Les sources d'ignition peuvent être de différentes natures, telles que des flammes nues, des étincelles électriques, des arcs électriques, des surfaces chaudes, des réactions chimiques, etc.
- Confinement : Dans certains cas, la présence d'une enceinte ou d'un espace confiné peut aggraver les risques d'explosion. Les espaces confinés peuvent piéger les gaz inflammables, augmentant ainsi la pression et l'intensité de l'explosion.
- Effets de surpression : Lorsqu'une explosion se produit, elle génère une onde de choc qui peut provoquer des dommages matériels importants aux infrastructures, aux équipements et aux structures environnantes.
- Effets thermiques : Les explosions produisent également une libération rapide d'énergie thermique, générant des températures élevées. Ces températures peuvent causer des incendies, des brûlures, voire la combustion d'autres substances inflammables.

2.3.1.2 La prévention des risques d'explosion

La prévention des risques d'explosion repose sur des mesures telles que l'identification et l'évaluation des dangers, la mise en place de mesures de contrôle des sources d'ignition, la ventilation appropriée des espaces de travail, le stockage sécurisé des substances inflammables, la formation et la sensibilisation des travailleurs aux risques liés aux atmosphères explosives, ainsi que la mise en place de procédures d'urgence et de plans d'évacuation en cas d'explosion.

2.3.2 Risques d'incendie



Figure 3. Incendie et explosion [F3]

2.3.2.1 Les facteurs clés liés aux risques d'incendie

Ils peuvent varier en fonction de l'environnement spécifique, mais voici quelques éléments importants à considérer :

- Sources d'ignition : Les sources d'ignition, telles que les flammes nues, les étincelles électriques, les appareils électriques défectueux, les cigarettes mal éteintes, les appareils de chauffage, les équipements de cuisson, etc., peuvent déclencher un incendie.
- Matériaux combustibles : Certains matériaux sont plus inflammables que d'autres, ce qui augmente le risque d'incendie. Par exemple, les liquides inflammables tels que l'essence, les solvants, les produits chimiques, les gaz combustibles.
- Systèmes électriques défectueux : Les court-circuit, les surcharges électriques, les câbles mal isolés ou endommagés peuvent provoquer un incendie d'origine électrique.
- Manque ou dysfonctionnement des dispositifs de détection et de suppression : Les détecteurs de fumée, les extincteurs, les systèmes d'alarme incendie, les sprinklers (systèmes d'extinction automatique), les systèmes d'extinction par gaz, etc.

- Encombrement et mauvaise gestion des espaces : Un espace encombré avec des matériaux, des déchets ou des obstacles peut entraver l'évacuation en cas d'incendie et favoriser sa propagation.
- Négligence et comportements à risque : La négligence humaine, telle que la manipulation imprudente de sources de chaleur, l'utilisation incorrecte d'appareils électriques, le non-respect des procédures de sécurité incendie, le stockage inapproprié de produits inflammables, etc. [4].

2.3.2.2 La prévention des risques d'incendie

- Sensibilisation : Informez les personnes sur les risques d'incendie et l'importance des mesures de prévention.
- Évaluation des risques : Effectuez une évaluation approfondie des risques d'incendie dans votre environnement. Identifiez les sources potentielles d'incendie.
- Installation de dispositifs de détection : Installez des détecteurs de fumée dans les zones appropriées, tels que les chambres.
- Équipement de lutte contre l'incendie : Assurez-vous que des extincteurs d'incendie adaptés sont présents et facilement accessibles.
- Aménagement de l'espace : Maintenez les espaces de travail et les zones résidentielles propres et dégagées de tout encombrement.
- Formation en matière d'évacuation : Élaborez et communiquez des plans d'évacuation clairs à tous les occupants des lieux. Organisez des exercices réguliers d'évacuation pour s'assurer que chacun connaît les procédures et les itinéraires d'évacuation.
- Bonnes pratiques de sécurité : Encouragez les bonnes pratiques de sécurité telles que l'extinction des cigarettes de manière appropriée, l'utilisation prudente des appareils de cuisson, l'extinction des appareils électriques lorsqu'ils ne sont pas utilisés, etc.
- Maintenance régulière : Assurez-vous que les systèmes électriques, les installations de chauffage et de climatisation, ainsi que les équipements électriques, sont régulièrement entretenus et inspectés par des professionnels qualifiés.
- Stockage sécurisé : Rangez correctement les produits inflammables et les produits chimiques dans des endroits spécifiques, conformément aux recommandations du fabricant. Utilisez des armoires ignifuges si nécessaire.
- Collaboration avec les autorités compétentes : Respectez les réglementations en matière de sécurité incendie et collaborez avec les autorités locales pour vous assurer que les normes de sécurité sont respectées. [4]

2.3.3 Risque chimique



Figure 4. Exemples d'exposition aux risques [F4]

2.3.3.1 Les facteurs clés liés aux risques chimiques [4]

- Nature des produits chimiques : Les caractéristiques intrinsèques des produits chimiques tels que leur toxicité, leur inflammabilité, leur réactivité et leur volatilité peuvent influencer les risques chimiques Manipulation et entreposage : La manière dont les produits chimiques sont manipulés et stockés peut contribuer aux risques chimiques. Cela inclut des facteurs tels que l'utilisation de contenants appropriés, l'étiquetage adéquat, la séparation et la ventilation adéquates des zones de stockage, et le respect des bonnes pratiques de manipulation des produits chimiques.
- Exposition humaine : Les risques chimiques sont étroitement liés à l'exposition des personnes aux substances dangereuses. Cela peut se produire par inhalation de vapeurs ou de poussières chimiques, contact cutané, ingestion accidentelle ou projection dans les yeux.
- Évaluation des risques : Une évaluation complète des risques chimiques doit être réalisée pour identifier les dangers potentiels associés aux produits chimiques utilisés dans un environnement de travail spécifique.
- Équipement de protection individuelle (EPI) : Le port adéquat d'équipements de protection individuelle, tels que des gants, des lunettes de protection, des masques respiratoires et des combinaisons de protection, est essentiel pour minimiser les risques chimiques.
- Formation et sensibilisation : Une formation adéquate des travailleurs sur les risques chimiques, les procédures de sécurité, les bonnes pratiques de manipulation des produits chimiques et l'utilisation des EPI sont essentielles pour réduire les risques.

- Réglementations et normes de sécurité : Les réglementations et les normes de sécurité établies par les autorités compétentes fournissent des directives et des exigences pour la manipulation, le stockage et l'élimination des produits chimiques.

2.3.3.2 La prévention des risques chimique

- Identification des produits chimiques.
- Substitution des produits dangereux.
- Évaluation des risques.
- Mesures de protection.
- Équipements de protection individuelle (EPI).
- Formation et sensibilisation.
- Stockage sécurisé.
- Gestion des déchets chimiques.
- Plan d'urgence.
- Suivi et évaluation.

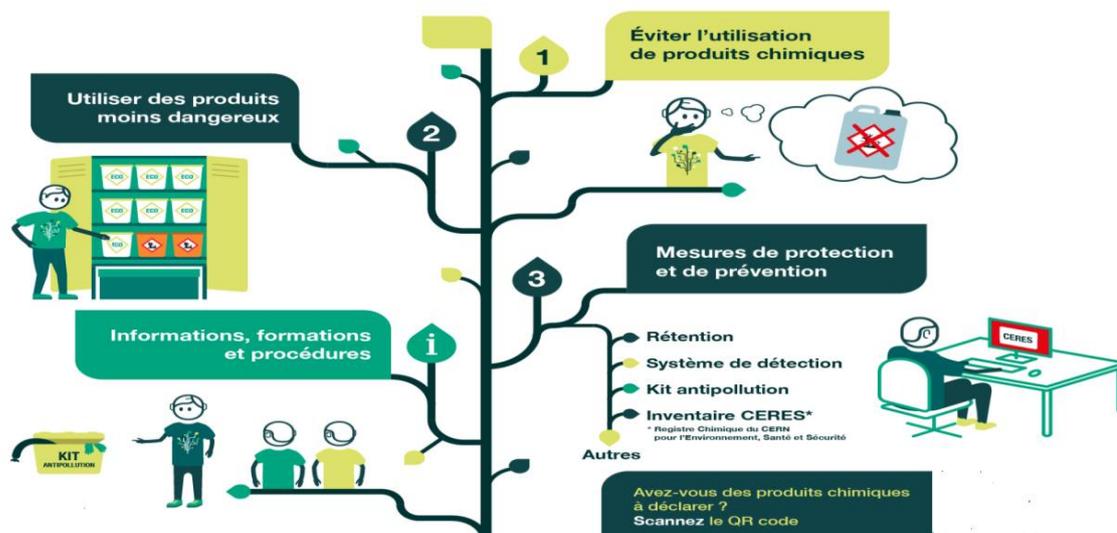


Figure 5. Gestion des produits chimiques. [F5]

2.3.4 Risque biologique

Le risque biologique est le risque lié à l'exposition à des agents biologiques qui peuvent provoquer des maladies chez l'homme, comme des infections, des intoxications, des allergies ou des cancers. Les agents biologiques sont des micro-organismes vivants, tels que des bactéries, des virus, des champignons ou des parasites.



Figure 6. *Un risque biologique.* [F6]

2.3.4.1 Modalité d'exposition au risque biologique [4]

- Inhalation : L'inhalation d'aérosols contenant des agents biologiques est l'une des voies les plus courantes d'exposition.
- Contact cutané : Le contact direct de la peau avec des agents biologiques peut également entraîner une exposition.
- Contact avec les muqueuses : Les muqueuses, telles que les yeux, le nez et la bouche, peuvent être des portes d'entrée pour les agents biologiques.
- Ingestion : L'ingestion d'aliments, d'eau ou d'autres substances contaminées peut également exposer une personne à des agents biologiques.
- Piqûres d'aiguilles ou coupures : Les blessures par piqûre d'aiguille ou coupures avec des objets contaminés peuvent entraîner une exposition directe aux agents biologiques présents dans le sang ou les fluides corporels de la personne infectée.

2.3.4.2 La prévention des risques biologique [5]

- Évaluation des risques.
- Bonnes pratiques d'hygiène.
- Utilisation d'équipements de protection individuelle (EPI).
- Vaccinations : Encouragez les vaccinations appropriées pour les agents biologiques.

- Contrôle des infections : Mettez en place des mesures de contrôle des infections appropriées, telles que l'isolement des personnes infectées, la désinfection des surfaces contaminées, la gestion des déchets biomédicaux, etc.
- Formation et sensibilisation.
- Surveillance et suivi : Mettez en place un système de surveillance pour détecter rapidement les cas d'infection ou les situations à risque.
- Gestion des situations d'urgence : Élaborez des plans d'urgence pour faire face aux situations impliquant des risques biologiques.

2.3.5 Risques radiologiques

Les risques radiologiques font référence aux dangers associés à l'exposition aux radiations ionisantes. Les radiations ionisantes sont des particules ou des ondes électromagnétiques capables de libérer suffisamment d'énergie pour ioniser les atomes ou les molécules avec lesquels elles interagissent.

					
Zone	Zone surveillée	Zone contrôlée verte	Zone jaune	Zone orange	Zone rouge
Dose efficace pour l'organisme entier	< 7,5 μ Sv sur une heure d'exposition	< 25 μ Sv sur une heure d'exposition	< 2 mSv sur une heure d'exposition max 2mSv/h	< 100 mSv sur une heure d'exposition max 100 mSv/h	> 100 mSv sur une heure d'exposition > 100 mSv/h
Dose équivalente pour les extrémités ou doses	< 0,2 mSv sur une heure d'exposition	< 0,65 mSv sur une heure d'exposition	< 50 mSv sur une heure d'exposition	< 2500 mSv sur une heure d'exposition	> 2500 mSv sur une heure d'exposition
				Interdit CDD intérim	Interdit CDD intérim

Figure 7. Zonage radioprotection. [F7]

2.3.5.1 Modalité d'exposition au risque radiologique

2.3.5.1.1 Exposition professionnelle

Les travailleurs dans des secteurs tels que la médecine nucléaire, la radiologie, l'industrie nucléaire et la recherche peuvent être exposés aux radiations ionisantes dans le cadre de leurs activités professionnelles.

2.3.5.1.2 Exposition médicale

Les patients subissent souvent des examens médicaux utilisant des rayonnements ionisants, tels que les radiographies, les scanners CT (tomodensitométrie), les radiographies dentaires, les examens de médecine nucléaire, etc.

2.3.5.1.3 Exposition environnementale

Les individus peuvent être exposés aux radiations ionisantes à partir de sources naturelles présentes dans l'environnement, telles que les rayonnements cosmiques et les matériaux radioactifs présents dans le sol, l'eau et l'air.

2.3.5.1.4 Exposition accidentelle

Les accidents radiologiques peuvent se produire dans des installations nucléaires, des laboratoires de recherche ou d'autres contextes où des matériaux radioactifs sont manipulés.

2.3.5.2 La prévention des risques radiologique

- Évaluation des risques
- Radioprotection : La radioprotection vise à protéger les individus contre les effets nocifs des radiations ionisantes. Cela implique l'utilisation d'équipements de protection individuelle, tels que les tabliers plombés, les lunettes de protection et les gants.
- Réglementation et normes de sécurité : Les activités impliquant des radiations ionisantes sont réglementées dans de nombreux pays. Des organismes de réglementation, tels que les autorités de sûreté nucléaire, établissent des normes et des directives pour garantir une utilisation sûre des radiations.
- Formation et sensibilisation : La sensibilisation et la formation des travailleurs, du personnel médical et du public sont essentielles pour une prévention efficace des risques radiologiques.
- Gestion des déchets radioactifs : La gestion appropriée des déchets radioactifs est une composante importante de la prévention des risques radiologiques. Les déchets radioactifs doivent être collectés, manipulés, entreposés et éliminés conformément aux réglementations et aux normes de sécurité en vigueur pour éviter toute contamination de l'environnement et des populations.

2.3.6 Risque électrique

Le risque électrique est la possibilité qu'une personne soit exposée à des dangers ou à des blessures liées à l'électricité. Il est présent lorsque des sources d'électricité sont utilisées, manipulées ou entretenues de manière incorrecte ou dangereuse. [6]

2.3.6.1 Modalité d'exposition au risque électrique

- Contact direct.
- Contact indirect : Une exposition indirecte au risque électrique peut survenir lorsque quelqu'un touche un objet conducteur qui est sous tension en raison d'une défaillance du système électrique.
- Arc électrique : L'exposition au risque électrique peut se produire lorsqu'un arc électrique se forme entre deux points de contact ou à travers un conducteur endommagé.
- Surcharge électrique : Une surcharge électrique se produit lorsque la demande en courant dépasse la capacité du système électrique.
- Manipulation inappropriée : L'exposition au risque électrique peut également résulter d'une manipulation inappropriée des équipements électriques.
- Environnement humide : Travailler dans un environnement humide ou mouillé.

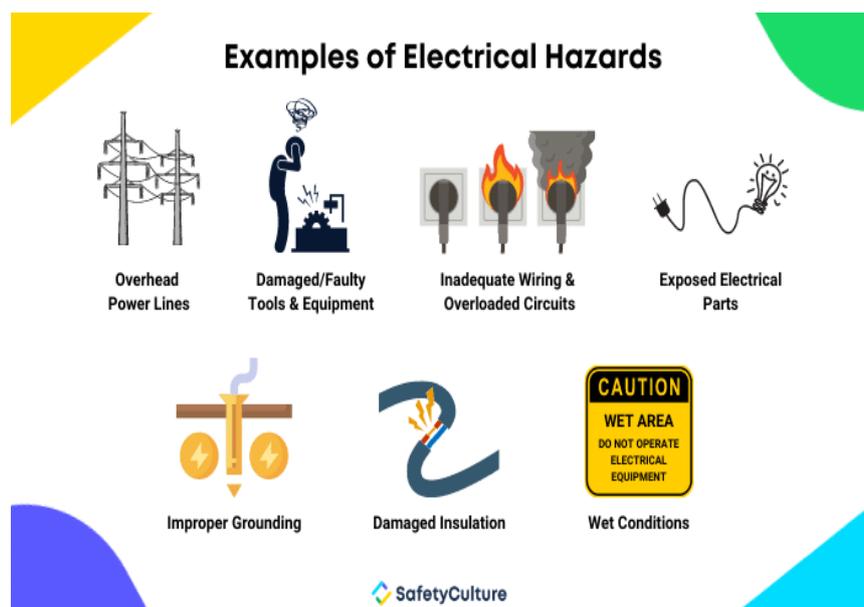


Figure 8. Exemples des risques industriels. [F8]

2.3.6.2 La prévention des risques électrique [7]

- Respecter les normes de sécurité.
- Engager des professionnels qualifiés.
- Inspection régulière des installations électriques.
- Utilisation d'équipements conformes.
- Utilisation de dispositifs de protection.
- Formation et sensibilisation.
- Dispositifs de coupure d'urgence.

- Matériel à double isolation.
- Signalisation appropriée.
- Prévention des surcharges électriques.
- Protection contre l'humidité.
- Respect des procédures de travail sécuritaires : Suivez les procédures de travail sécuritaires lors

2.3.7 Risque mécanique

Le risque mécanique se réfère aux dangers potentiels qui peuvent survenir lors de l'utilisation, de l'entretien ou de l'interaction avec des machines, des équipements ou des outils. Ces risques sont généralement associés à des mouvements mécaniques, des pièces en mouvement, des forces, des chocs, des coupures, des écrasements, des projections ou des éjections d'objets.



Figure 9. Le risque mécanique. [F9]

2.3.7.1 Modalité d'exposition au risque mécanique

- Contact direct avec les pièces en mouvement.
- Projection d'objets.
- Chutes d'objets.
- Écrasement : Les risques d'écrasement peuvent survenir dans des espaces confinés, sous des charges suspendues ou lors de la manipulation de charges lourdes.
- Coupures et perforations.
- Bruit et vibrations.

2.3.7.2 La prévention des risques mécanique

- Formation et sensibilisation.
- Évaluation des risques.
- Conception et installation sécuritaires.
- Équipements de protection individuelle (EPI).
- Dispositifs de sécurité.

-
- Procédures de travail sécuritaires : Établissez des procédures de travail sécuritaires pour chaque tâche impliquant des machines ou des équipements. Incluez des instructions claires sur l'utilisation sécuritaire.
 - Maintenance régulière.
 - Communication et signalement.
 - Supervision et surveillance : Assurez-vous qu'il y a une supervision adéquate des travaux impliquant des machines ou des équipements.
 - Analyse des incidents

2.3.8 Risque ergonomique

Un risque ergonomique fait référence à une situation ou à une condition qui peut causer des problèmes de santé, des blessures ou des malaises liés à la manière dont les tâches sont conçues, organisées ou exécutées. Ces risques sont généralement associés à des activités professionnelles ou à des environnements de travail spécifiques. [9]

2.3.8.1 Modalité d'exposition au risque ergonomique [10]

- Postures contraignantes : Les postures inconfortables ou contraignantes.
- Mouvements répétitifs : Les activités qui nécessitent des mouvements répétitifs.
- Manipulation de charges : Soulever, transporter ou déplacer des objets lourds sans utiliser les techniques de levage appropriées.
- Vibrations : Les travailleurs exposés à des vibrations régulières.
- Contraintes physiques : Les espaces de travail restreints, les postes de travail mal ajustés, les outils et équipements inadaptés,
- Charge mentale : Les tâches qui nécessitent une concentration prolongée, des efforts cognitifs importants ou une charge mentale élevée.

2.3.8.2 La prévention des risques ergonomique [11]

- Évaluation des risques.
- Conception ergonomique : Une conception ergonomique des postes de travail, des équipements, des outils et des espaces de travail est essentielle.
- Formation et sensibilisation.
- Rotation des tâches : La rotation des tâches permet de réduire l'exposition continue aux mêmes mouvements répétitifs et aux mêmes postures.
- Organisation du travail.
- Surveillance et suivi.
- Aménagement du poste de travail : Assurez-vous que le poste de travail est adapté à l'individu qui l'occupe.

-
- Exercices et étirements : Encouragez les travailleurs à effectuer des exercices et des étirements réguliers pour réduire la tension musculaire, améliorer la circulation sanguine et maintenir la flexibilité. Des pauses actives et des programmes d'exercices sur le lieu de travail peuvent être mis en place.
 - Utilisation d'équipements et d'outils ergonomiques.
 - Politiques de gestion du temps et de charge de travail.
 - Suivi médical régulier : Proposez des examens médicaux réguliers pour les travailleurs exposés à des risques ergonomiques. Cela permet de détecter précocement les problèmes de santé éventuels et de prendre des mesures correctives appropriées.
 - L'échange d'expériences et de bonnes pratiques.

2.3.9 Risque ergonomique

Un risque ergonomique fait référence à une situation ou à une condition qui peut causer des problèmes de santé, des blessures ou des malaises liés à la manière dont les tâches sont conçues, organisées ou exécutées. Ces risques sont généralement associés à des activités professionnelles ou à des environnements de travail spécifiques. [9]

2.3.9.1 Modalité d'exposition au risque ergonomique [10]

- Postures contraignantes : Les postures inconfortables ou contraignantes.
- Mouvements répétitifs : Les activités qui nécessitent des mouvements répétitifs.
- Manipulation de charges : Soulever, transporter ou déplacer des objets lourds sans utiliser les techniques de levage appropriées.
- Vibrations : Les travailleurs exposés à des vibrations régulières.
- Contraintes physiques : Les espaces de travail restreints, les postes de travail mal ajustés, les outils et équipements inadaptés,
- Charge mentale : Les tâches qui nécessitent une concentration prolongée, des efforts cognitifs importants ou une charge mentale élevée.

2.3.9.2 La prévention des risques ergonomique [11]

- Évaluation des risques.
- Conception ergonomique : Une conception ergonomique des postes de travail, des équipements, des outils et des espaces de travail est essentielle.
- Formation et sensibilisation.
- Rotation des tâches : La rotation des tâches permet de réduire l'exposition continue aux mêmes mouvements répétitifs et aux mêmes postures.
- Organisation du travail.
- Surveillance et suivi.

- Aménagement du poste de travail : Assurez-vous que le poste de travail est adapté à l'individu qui l'occupe.
- Exercices et étirements : Encouragez les travailleurs à effectuer des exercices et des étirements réguliers pour réduire la tension musculaire, améliorer la circulation sanguine et maintenir la flexibilité. Des pauses actives et des programmes d'exercices sur le lieu de travail peuvent être mis en place.
- Utilisation d'équipements et d'outils ergonomiques.
- Politiques de gestion du temps et de charge de travail.
- Suivi médical régulier : Proposez des examens médicaux réguliers pour les travailleurs exposés à des risques ergonomiques. Cela permet de détecter précocement les problèmes de santé éventuels et de prendre des mesures correctives appropriées.
- L'échange d'expérience et de bonnes pratiques

2.3.10 Risques environnementaux

Les risques environnementaux font référence aux dangers ou aux menaces pour la santé humaine et l'environnement résultant de facteurs ou de conditions présents dans l'environnement. Ces risques peuvent être d'origine naturelle ou d'origine humaine et peuvent avoir des effets à court terme ou à long terme.

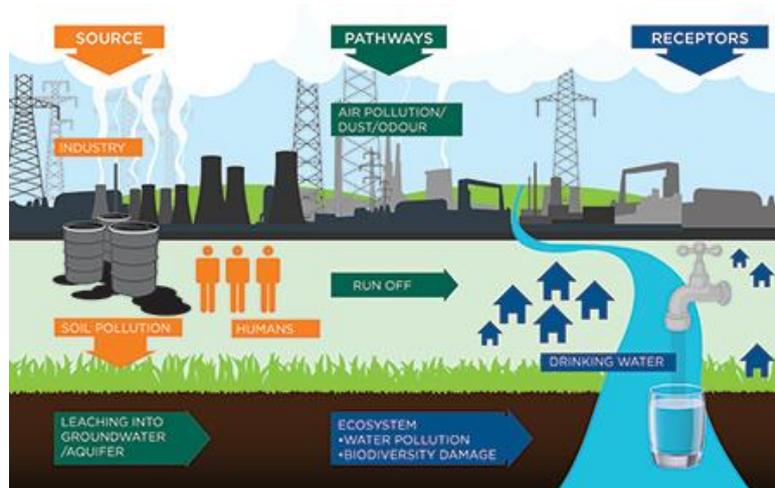


Figure 10. Identifier les risques environnementaux. [F10]

2.3.10.1 Modalité d'exposition aux Risques environnementaux [12]

- Inhalation de substances polluantes
- Contact cutané : Certains risques environnementaux peuvent être liés à un contact direct avec des substances nocives par la peau.

- Ingestion de contaminants.
- Exposition aux rayonnements.
- Contamination de l'environnement.
- Exposition aux catastrophes naturelles.

2.3.10.2 La prévention des Risques environnementaux

- Évaluation des risques.
- Réglementation et normes.
- Promotion de pratiques durables : Encouragez l'adoption de pratiques durables dans tous les secteurs de la société, y compris l'industrie, l'agriculture, les transports et les ménages. Cela peut inclure la promotion de sources d'énergie renouvelables, la réduction de la consommation d'eau et d'énergie, la gestion efficace des déchets et la promotion de l'économie circulaire.
- Sensibilisation du public.
- Surveillance environnementale : Mettez en place des systèmes de surveillance environnementale pour détecter et évaluer les niveaux de pollution et les contaminants dans l'air, l'eau et le sol.
- Gestion des déchets : Établissez des programmes de gestion des déchets solides et dangereux pour réduire la quantité de déchets produits, promouvoir le recyclage et l'élimination appropriée des déchets toxiques.
- Promotion de technologies propres : Soutenez la recherche et le développement de technologies propres qui réduisent les émissions polluantes, améliorent l'efficacité énergétique et favorisent la durabilité.

Conclusion

La gestion des risques industriels est essentielle pour assurer la sécurité des travailleurs, des installations et de l'environnement dans le secteur industriel. Cela nécessite une approche intégrée comprenant l'identification, l'évaluation et la réduction des risques. Les mesures de prévention et de protection, les systèmes de gestion de la sécurité, la formation des travailleurs et le respect des réglementations sont des éléments clés de cette gestion. La prise en compte des risques spécifiques à chaque entreprise, la coordination entre les parties prenantes et la promotion d'une culture de sécurité sont également essentielles. La responsabilité de la gestion des risques industriels incombe à tous les acteurs, et la coopération est nécessaire pour garantir une gestion efficace et réduire les risques de manière significative.

Chapitre 2

*Méthode D'analyse des
risques industriels*

1 Introduction

Le choix de la méthode ou des méthodes nécessaires pour réaliser l'analyse des risques est primordial. Il n'existe pas une méthode unique miraculeuse qui permettrait à toutes les entreprises de toutes tailles et de tous secteurs d'analyser leurs risques afin de déterminer les mesures de prévention. Il existe donc des méthodes avec des objectifs différents, selon le besoin de l'entreprise dans la mise en place de son système dynamique de gestion des risques. [13]

2 Les méthodes d'analyses des risques

Les principales méthodes d'analyse les risques [14] :

- ❖ L'analyse des risques sur schémas type HAZOP.
- ❖ L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC).
- ❖ L'analyse par arbres des défaillances (ADD).
- ❖ L'analyse par Nœud Papillon.
- ❖ L'analyse par la méthode HIRA
- ❖ L'analyse préliminaire des risques (APR).

2.1 L'analyse des modes de défaillance de leur effet et de leur criticité (AMDEC)

2.1.1 Historique et domaine d'application

L'Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets (AMDE) a été employée pour la première fois dans le domaine de l'industrie aéronautique durant les années 1960. Son utilisation s'est depuis largement répandue à d'autres secteurs d'activités tels que l'industrie chimique, pétrolière ou le nucléaire. De fait, elle est essentiellement adaptée à l'étude des défaillances de matériaux et d'équipements et peut s'appliquer aussi bien à des systèmes de technologies différentes (systèmes électriques, mécaniques, hydrauliques...) qu'à des systèmes alliant plusieurs techniques. [14]

2.1.2 Le principe de la méthode AMDEC

Le principe de la méthode AMDEC est d'analyser les modes de défaillance, leurs causes, leurs effets et leur criticité pour un produit, un procédé ou un service. Il s'agit d'identifier les risques potentiels et de proposer des actions correctives ou préventives pour les réduire ou les éliminer. [15]

2.1.3 Les étapes de la méthode AMDEC

La méthode s'inscrit dans une démarche en huit étapes : [16]

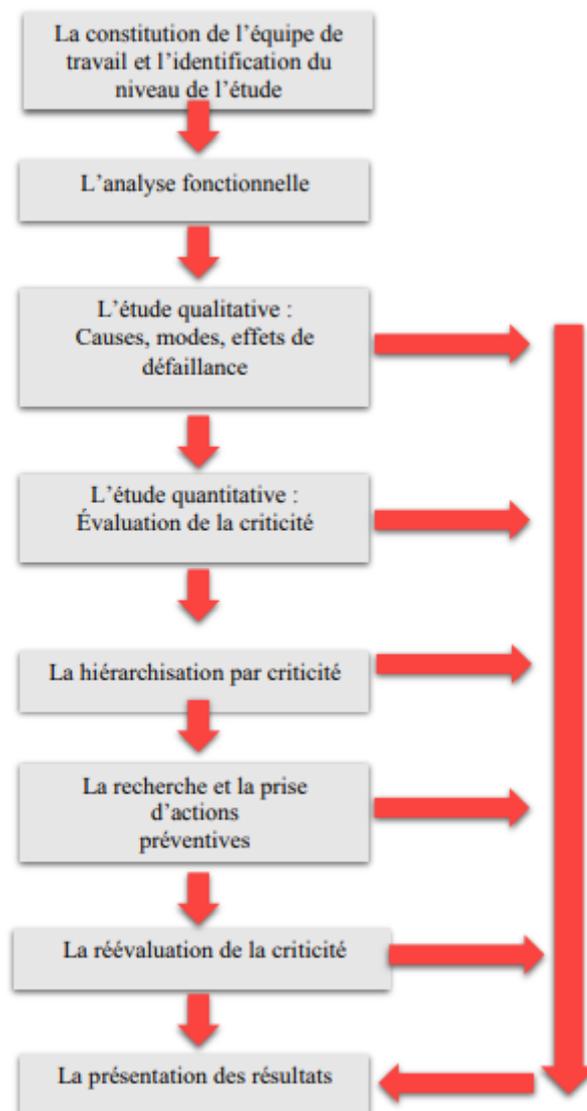


Figure 11. La démarche AMDEC.

2.1.3 Les avantages et les limites de la méthode AMDEC [17]

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

- ✚ Elle permet d'identifier et de prévenir les défaillances potentielles d'un produit, d'un procédé ou d'un service, et d'évaluer leurs risques en termes de fréquence, de gravité et de détection.
- ✚ Elle contribue à améliorer la qualité, la fiabilité et la performance des systèmes, et à assurer la satisfaction des clients en réglant les problèmes avant même qu'ils ne se présentent.

- ✚ Elle aide à anticiper les attentes du marché et à innover dans la conception des produits ou des procédés.
- ✚ Elle favorise la collaboration et la communication entre les différents acteurs impliqués dans le système, tels que les concepteurs, les ingénieurs, les opérateurs, les fournisseurs, etc.
- ✚ Elle crée des habitudes méthodologiques utiles du point de vue de la sécurité et de la gestion des risques.

Par contre :

- ✚ Elle est potentiellement longue, coûteuse et fastidieuse, car elle nécessite une documentation détaillée et une revue complète de tous les aspects du système.
- ✚ Elle dépend de la qualité et de la fiabilité des données utilisées pour l'analyse, qui peuvent être incomplètes, imprécises ou obsolètes.
- ✚ Elle dépend de la compétence et de l'expérience des membres de l'équipe AMDEC, qui doivent être pluridisciplinaires et maîtriser le domaine concerné.
- ✚ Elle peut être difficile à appliquer à des systèmes dynamiques, non linéaires ou fortement interactifs, qui nécessitent des modèles plus complexes ou des simulations.
- ✚ Elle peut ne pas couvrir tous les scénarios possibles ou négliger certains aspects qualitatifs ou humains, tels que l'ergonomie, le confort, l'esthétique, etc.

2.2 La méthode HAZOP [18]

2.2.1 L'objectif La méthode HAZOP

S'intègre dans une démarche d'amélioration de la sécurité et des procédés pour une installation existante ou en projet, avec ses avantages :

- ✓ Réalisation de l'étude au sein d'un groupe de travail rassemblant différents métiers : sécurité, ingénierie, exploitation, maintenance...
- ✓ Méthode d'analyse systématique liée aux installations avec circuits fluides
- ✓ Contribution au respect des normes en matière de sécurité.

2.2.2 Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse HAZOP

- Des logiciels spécialisés qui facilitent la documentation, la communication et la traçabilité des résultats de l'analyse HAZOP, tels que PHA-Pro, PHAWorks, HAZOP Manager, etc.
- Des diagrammes de flux ou schémas PID (Piping and Instrumentation Diagram) qui représentent le fonctionnement du procédé et permettent de le diviser en nœuds et en paramètres.
- Des matrices de risques qui permettent d'évaluer la gravité et la fréquence des conséquences des dérives et de définir des niveaux d'acceptabilité.

- Des arbres des causes ou des conséquences qui permettent d'identifier les causes ou les effets en cascade des dérives et de proposer des mesures de prévention ou de correction.
- Des mots-clés ou guide-words qui sont utilisés pour générer des scénarios d'écart par rapport à l'intention de conception ou aux objectifs de l'entreprise. Les mots-clés les plus courants sont : « pas de », « plus de », « moins de », « aussi », « autre que », « partie de », « inverse de », « tôt », « tard.

2.2.3 Les avantages de la méthode HAZOP

- Elle permet d'identifier les dangers et les risques potentiels dans des processus complexes et de proposer des mesures de prévention ou de correction.
- Elle contribue à améliorer la sécurité, la fiabilité et la performance des systèmes.
- Elle aide à détecter les problèmes de conception ou de fonctionnement à un stade précoce du développement du projet ou lors de modifications des processus existants.
- Elle favorise la confrontation de différents points de vue et la collaboration d'une équipe pluridisciplinaire.
- Elle crée des habitudes méthodologiques utiles du point de vue de la sécurité.

2.2.4 Les limites de la méthode HAZOP

- Elle est potentiellement longue, coûteuse et fastidieuse, car elle nécessite une documentation détaillée et une revue complète de tous les aspects du système.
- Elle dépend de la compétence et de l'expérience des membres de l'équipe HAZOP.
- Elle peut être difficile à appliquer à des systèmes dynamiques, non linéaires ou fortement interactifs.
- Elle peut ne pas couvrir tous les scénarios possibles ou négliger certains aspects qualitatifs ou humains.

2.3 L'Analyse des risques par arbre de défaillance [19]

2.3.1 L'historique et la définition de la méthode d'analyse par arbre de défaillance

La méthode d'analyse par arbre de défaillance remonte aux années 1960, lorsque la société américaine Bell Téléphone l'a créée pour évaluer la sécurité des systèmes de tir de missiles. Elle a ensuite été développée pour la sûreté nucléaire (rapport Rasmusse) et chez Boeing, etc. Il s'agit d'appliquer une logique déductive (allant des effets vers les causes) et booléenne pour remonter d'effets en causes jusqu'à des événements de base, indépendants entre eux et probabilisables. La méthode permet ainsi de quantifier la probabilité d'occurrence d'un événement redouté et de proposer des solutions pour le prévenir ou le réduire.

2.3.2 Le principe et le déroulement de la méthode d'analyse par arbre de défaillance

Le principe de la méthode d'analyse par arbre de défaillance est de représenter graphiquement les combinaisons possibles d'événements qui permettent la réalisation d'un événement

indésirable prédéfini. Il s'agit d'appliquer une logique déductive (allant des effets vers les causes) et booléenne pour remonter d'effets en causes jusqu'à des événements de base, indépendants entre eux et probabilisables. La méthode permet ainsi de quantifier la probabilité d'occurrence d'un événement indésirable et de proposer des solutions pour le prévenir ou le réduire.

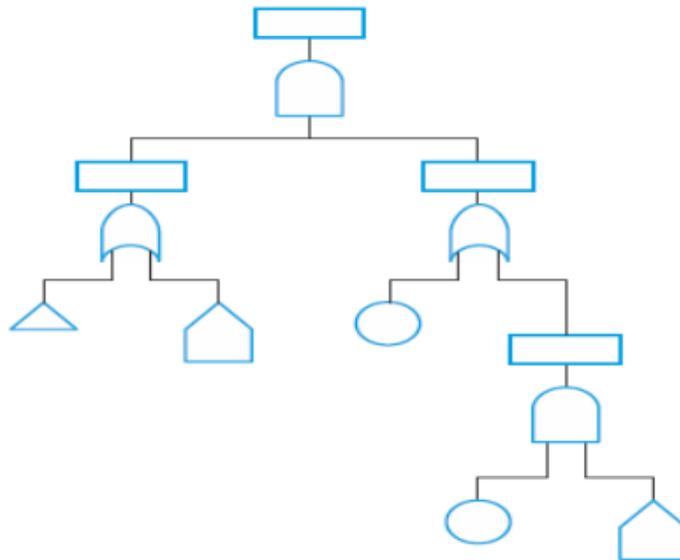


Figure 12. Arbre de défaillance.

2.3.3 Le déroulement de la méthode d'analyse par arbre de défaillance se fait selon les étapes suivantes

Étape 1 : Définir l'événement indésirable de haut niveau (l'événement redouté) qui constitue la racine de l'arbre.

Étape 2 : Identifier les conditions ou événements causant directement l'événement redouté, appelés événements intermédiaires, et les placer comme descendants de l'événement redouté.

Étape 3 : Représenter la relation entre les événements intermédiaires par une porte logique, qui peut être une porte ET, une porte OU, une porte NON, etc.

Étape 4 : Répéter les étapes 2 et 3 pour chaque événement intermédiaire jusqu'à atteindre des événements de base, qui sont les causes élémentaires des défaillances, telles que la défaillance de composants, l'erreur humaine ou l'agression de l'environnement.

Étape 5 : Attribuer une probabilité à chaque événement de base, en se basant sur des données historiques, des tests ou des estimations.

Étape 6 : Calculer la probabilité de l'événement redouté en utilisant les règles du calcul booléen et les probabilités des événements de base.

Étape 7 : Identifier les coupes minimales, qui sont les plus petites combinaisons d'événements de base entraînant l'événement redouté, et évaluer leur contribution à la probabilité globale.

Étape 8 : Proposer des solutions pour réduire ou éliminer les événements de base critiques ou les coupes minimales critiques, en tenant compte des coûts, des bénéfices et de la faisabilité des actions correctives ou préventives

2.3.4 Les avantages de la méthode d'analyse par arbre de défaillance

- ✓ Elle permet d'identifier et de quantifier les causes et les probabilités des événements indésirables d'un système, et d'évaluer leurs risques en termes de fréquence, de gravité et de détection.
- ✓ Elle contribue à améliorer la sécurité, la fiabilité et la performance des systèmes, et à assurer la satisfaction des clients en réglant les problèmes avant même qu'ils ne se présentent.
- ✓ Elle aide à anticiper les attentes du marché et à innover dans la conception des produits ou des procédés.
- ✓ Elle favorise la collaboration et la communication entre les différents acteurs impliqués dans le système, tels que les concepteurs, les ingénieurs, les opérateurs, les fournisseurs, etc.
- ✓ Elle crée des habitudes méthodologiques utiles du point de vue de la sécurité et de la gestion des risques.

2.3.5 Les limites de la méthode d'analyse par arbre de défaillance

- ✓ Elle est potentiellement longue, coûteuse et fastidieuse, car elle nécessite une documentation détaillée et une revue complète de tous les aspects du système.
- ✓ Elle dépend de la qualité et de la fiabilité des données utilisées pour l'analyse, qui peuvent être incomplètes, imprécises ou obsolètes.
- ✓ Elle dépend de la compétence et de l'expérience des membres de l'équipe ADF, qui doivent être pluridisciplinaires et maîtriser le domaine concerné.
- ✓ Elle peut être difficile à appliquer à des systèmes dynamiques, non linéaires ou fortement interactifs, qui nécessitent des modèles plus complexes ou des simulations.
- ✓ Elle peut ne pas couvrir tous les scénarios possibles ou négliger certains aspects qualitatifs ou humains, tels que l'ergonomie, le confort, l'esthétique, etc

2.4 L'Analyse des risques par Nœud Papillon

2.4.1 Le principe de l'analyse par Nœud Papillon

Le nœud papillon utilisé dans de nombreux secteurs industriels a été développé par la compagnie Shell. L'approche est de type dit arborescente ce qui permet de visualiser en un coup d'œil les causes possibles d'un accident, ses conséquences et les barrières mises en place. L'accident non désiré (au centre) peut être le résultat de plusieurs causes possibles telles que la perte de confinement d'une substance toxique, une explosion, une rupture de canalisation, un emballement de réaction, une brèche dans un réservoir, une décomposition d'une substance, etc. Cet outil permet d'illustrer le résultat d'une analyse de risque détaillée (de type AMDEC, HAZOP ou What-if par exemple) donc plus complexe qu'une analyse préliminaire de risques. [20]

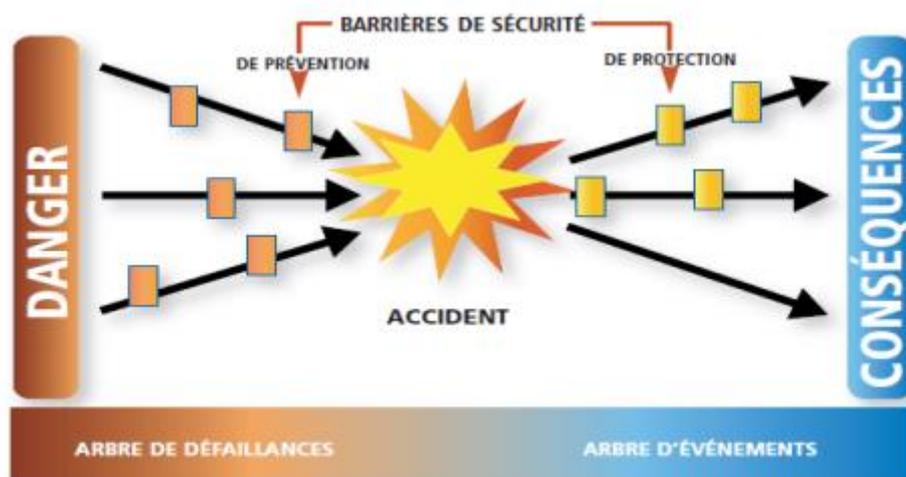


Figure 13. Exemple de la méthode Nœud Papillon. [F13]

2.4.2 Le déroulement de la méthode d'analyse par Nœud Papillon [20]

- ✓ Définition de la portée et des objectifs de l'analyse, et constitution d'une équipe pluridisciplinaire. Identification des dangers, pouvant potentiellement avoir des effets majeurs sur leur environnement.
- ✓ Réduction des dangers ayant un niveau de risque élevé en leur trouvant des substituts ou des barrières de prévention.
- ✓ Analyse et qualification des risques selon leur importance et leur gravité.
- ✓ Études de réduction des risques à partir de scénarios. Définir quelles barrières de prévention ou de protection doivent être construites.
- ✓ Analyse d'acceptation des risques compte tenu du handicap utilisé.

2.4.3 Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse par Nœud Papillon [20]

Pour réaliser une analyse par Nœud Papillon, il faut utiliser des outils et des techniques adaptés à chaque étape de la méthode. Voici quelques exemples :

- ✓ Pour identifier les dangers, on peut utiliser des outils comme l'analyse préliminaire des risques (APR), le brainstorming, les retours d'expérience, les normes et réglementations, etc.
- ✓ Pour construire l'arbre de défaillances, on peut utiliser des outils comme les diagrammes de causes et effets (Ishikawa), les arbres logiques de panne (ALP), les arbres de défaillance (AD), etc.
- ✓ Pour construire l'arbre d'événements, on peut utiliser des outils comme les arbres logiques d'événements (ALE), les arbres d'événements (AE), etc.
- ✓ Pour évaluer la criticité et la gravité des risques, on peut utiliser des outils comme les matrices de criticité, les grilles d'évaluation des défaillances, les courbes F-N, etc.
- ✓ Pour choisir les barrières de prévention et de protection, on peut utiliser des outils comme le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable), le principe ALARP (As Low As Reasonably Practicable), la hiérarchie des mesures de maîtrise du risque (élimination, réduction, protection collective, protection individuelle, information), etc.

Ces outils et techniques ne sont pas exhaustifs ni exclusifs. Il faut choisir ceux qui sont les plus adaptés au contexte et aux objectifs de l'analyse.

2.4.4 Les avantages et les limites de la méthode d'analyse par Nœud Papillon [13]

La méthode d'analyse par Nœud Papillon présente des avantages et des limites qu'il faut connaître avant de l'utiliser. Voici quelques exemples :

Parmi les avantages, on peut citer :

- La méthode permet de visualiser de manière synthétique et exhaustive les scénarios d'accidents possibles et les barrières associées.
- La méthode facilite la communication et la sensibilisation sur les risques et les mesures de maîtrise.
- La méthode permet d'identifier les causes communes, les défaillances multiples et les effets dominos.
- La méthode permet d'évaluer la probabilité et la gravité des risques, ainsi que leur acceptabilité.
- La méthode permet de définir des actions correctives et préventives pour réduire les risques.

Parmi les limites, on peut citer :

- La méthode nécessite une équipe pluridisciplinaire et des compétences techniques spécifiques.
- La méthode peut être complexe et longue à mettre en œuvre, surtout pour les événements redoutés multiples ou les systèmes dynamiques.

- La méthode repose sur des hypothèses et des données qui peuvent être incertaines ou imprécises.
- La méthode peut être difficile à actualiser en cas de changement de contexte ou de paramètres.

2.5 L'Analyse des risques par la méthode HIRA [21]

2.5.1 Le principe de l'analyse par HIRA

Le principe de l'analyse par HIRA est de suivre une démarche systématique pour identifier les dangers et évaluer les risques liés à une activité, et de proposer des mesures de prévention pour les réduire ou les éliminer. Voici les étapes générales de l'analyse par HIRA :

- Définir le périmètre de l'analyse : quel est l'objectif, le contexte, le champ d'application et les critères de l'analyse ?
- Identifier les dangers potentiels : quels sont les éléments ou les situations qui peuvent causer un dommage ou une perte ?
- Évaluer les risques associés : quelle est la probabilité et la gravité des conséquences possibles ?
- Classer les risques par ordre de priorité : quels sont les risques les plus importants à traiter en premier ?
- Proposer des mesures de prévention : comment réduire ou éliminer les risques identifiés ?
- Mettre en œuvre les mesures de prévention et suivre leur efficacité : comment vérifier que les risques sont effectivement maîtrisés ?

2.5.2 Le déroulement de la méthode d'analyse par HIRA

Le déroulement de la méthode d'analyse par HIRA peut varier selon le domaine d'application, le type d'activité et le niveau de détail souhaité. Toutefois, voici un exemple de déroulement possible :

- ✓ Constituer une équipe pluridisciplinaire, impliquant les personnes concernées par l'activité à analyser (opérateurs, superviseurs, experts, etc.).
- ✓ Décrire l'activité à analyser, en précisant les tâches, les étapes, les équipements, les matériaux, les procédures, etc.
- ✓ Identifier les dangers potentiels, en utilisant des outils ou des techniques appropriés (brainstorming, check-lists, arbres des causes, etc.).
- ✓ Évaluer les risques associés, en estimant la probabilité et la gravité des conséquences possibles, selon des critères définis au préalable (fréquence, exposition, vulnérabilité, etc.).

- ✓ Classer les risques par ordre de priorité, en utilisant une matrice ou un tableau de cotation des risques (risque acceptable, tolérable ou intolérable).
- ✓ Proposer des mesures de prévention, en suivant le principe de la hiérarchie du contrôle des risques (élimination, substitution, ingénierie, administration ou équipement de protection individuelle).
- ✓ Mettre en œuvre les mesures de prévention et suivre leur efficacité, en vérifiant que les risques sont effectivement maîtrisés et en révisant l'analyse si nécessaire.
- ✓ Documenter et communiquer l'analyse par HIRA, en rédigeant un rapport ou une fiche synthétique qui présente les résultats et les recommandations de l'analyse.

2.5.3 Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse par HIRA

Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse par HIRA dépendent du type de projet ou d'activité à évaluer. Il existe différentes étapes pour mener une analyse par HIRA, telles que :

- ✓ Identifier les dangers potentiels liés au projet ou à l'activité, en tenant compte des sources d'énergie, des matériaux, des équipements, des procédures, de l'environnement, etc.
- ✓ Évaluer les risques associés à chaque danger, en estimant la probabilité et la gravité des conséquences possibles sur les personnes, les biens ou l'environnement.
- ✓ Classer les risques selon leur niveau de criticité, en utilisant une matrice ou une échelle de cotation.
- ✓ Proposer des mesures de prévention ou de protection pour réduire ou éliminer les risques, en respectant la hiérarchie du contrôle (élimination, substitution, ingénierie, administration, équipement de protection individuelle).
- ✓ Suivre et réviser l'analyse par HIRA tout au long du cycle de vie du projet ou de l'activité, en tenant compte des changements ou des incidents survenus.

2.5.4 Les avantages et les limites de la méthode d'analyse par HIRA

La méthode d'analyse par HIRA présente des avantages et des limites. Voici quelques exemples :

Avantage :

- ✓ Elle permet d'identifier les dangers et les risques liés à un projet ou une activité avant qu'ils ne se produisent, et de prendre des mesures pour les prévenir ou les réduire.
- ✓ Elle contribue à améliorer la sécurité et la santé des travailleurs, des usagers ou du public, ainsi qu'à protéger l'environnement et les biens.
- ✓ Elle favorise la conformité aux exigences légales ou réglementaires en matière de gestion des risques.

- ✓ Elle aide à optimiser les ressources et les coûts en évitant les pertes, les dommages ou les litiges liés aux accidents ou aux incidents.
- ✓ Elle renforce la confiance et la satisfaction des parties prenantes internes ou externes impliquées dans le projet ou l'activité.

Limite :

- ✓ Elle nécessite du temps, des compétences et des moyens pour être réalisée de manière efficace et rigoureuse.
- ✓ Elle peut être influencée par des biais ou des subjectivités dans l'identification, l'évaluation ou le classement des risques.
- ✓ Elle peut être incomplète ou obsolète si elle n'est pas mise à jour régulièrement ou si elle ne tient pas compte de tous les scénarios possibles.
- ✓ Elle peut être difficile à communiquer ou à partager avec les différents acteurs concernés par le projet ou l'activité.
- ✓ Elle ne garantit pas l'élimination totale des risques ni l'absence d'accidents ou d'incidents.

2.6 L'Analyse des risques par la méthode APR [13]

2.6.1 L'historique et la définition de la méthode d'analyse par la méthode APR

La méthode d'analyse par la méthode APR (Analyse Préliminaire des Risques) est une méthode qui permet d'identifier et d'évaluer les risques potentiels liés à un projet, un processus ou une activité. Elle consiste à décrire le système étudié, à identifier les événements redoutés, à analyser les causes et les conséquences possibles, à estimer la probabilité et la gravité des risques, et à proposer des mesures de prévention ou de protection.

L'origine de cette méthode remonte aux années 1960, lorsque l'armée américaine a développé la technique du HAZOP (Hazard and Operability Study) pour analyser les risques des installations chimiques et nucléaires. Cette technique a ensuite été adaptée et généralisée à d'autres domaines, tels que l'industrie, le transport, la santé ou l'environnement.

La méthode APR fait partie des méthodes d'analyse a priori des risques, c'est-à-dire qu'elle intervient avant la réalisation du système ou du projet, afin d'anticiper les problèmes potentiels et de les éviter ou de les réduire. Elle se distingue des méthodes d'analyse a posteriori des risques, qui consistent à analyser les accidents ou les incidents survenus pour en tirer des enseignements et éviter qu'ils ne se reproduisent.

2.6.2 Le principe de l'analyse par la méthode APR

Le principe de l'analyse par la méthode APR est de suivre les étapes suivantes :

- ✓ Décrire le système étudié, ses fonctions, ses limites et ses interfaces avec son environnement.
- ✓ Identifier les dangers potentiels liés au système, c'est-à-dire les sources de dommages possibles pour les personnes, les biens ou l'environnement.
- ✓ Identifier les événements redoutés, c'est-à-dire les situations dans lesquelles le danger se manifeste et entraîne des conséquences néfastes.
- ✓ Analyser les causes possibles des événements redoutés, en remontant la chaîne des événements qui peuvent conduire à la situation dangereuse.
- ✓ Analyser les conséquences possibles des événements redoutés, en tenant compte de la gravité et de l'étendue des dommages potentiels.
- ✓ Estimer la probabilité et la gravité des risques, en utilisant des échelles qualitatives ou quantitatives, et en tenant compte des mesures de prévention ou de protection existantes ou envisageables.
- ✓ Proposer des mesures de maîtrise des risques, en visant à réduire la probabilité ou la gravité des risques, ou à limiter leurs conséquences, en respectant le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable).
- ✓ Documenter l'analyse et ses résultats, en utilisant des tableaux synthétiques et des diagrammes explicatifs.

L'analyse par la méthode APR repose sur une approche systémique et exhaustive du système étudié, qui prend en compte tous les aspects techniques, organisationnels et humains. Elle permet d'anticiper les risques potentiels et de proposer des solutions pour les maîtriser. Elle nécessite une bonne connaissance du système et de son contexte, ainsi qu'une participation active des acteurs concernés par le système. Elle peut être complétée par d'autres méthodes d'analyse plus détaillées ou plus spécifiques selon les besoins.

2.6.3 Le déroulement de la méthode d'analyse par la méthode APR

Le déroulement de la méthode d'analyse par la méthode APR peut se résumer en neuf étapes :

- ✓ Définir le périmètre et les objectifs de l'analyse, ainsi que les acteurs impliqués et les sources d'information disponibles.
- ✓ Décrire le système étudié, ses fonctions, ses limites et ses interfaces avec son environnement, en utilisant des outils tels que le diagramme fonctionnel ou le diagramme des flux.

- ✓ Identifier les dangers potentiels liés au système, c'est-à-dire les sources de dommages possibles pour les personnes, les biens ou l'environnement, en utilisant des listes de dangers génériques ou spécifiques au domaine d'application.
- ✓ Identifier les événements redoutés, c'est-à-dire les situations dans lesquelles le danger se manifeste et entraîne des conséquences néfastes, en utilisant des outils tels que le diagramme des causes et effets ou le diagramme des arbres de défaillances.
- ✓ Analyser les causes possibles des événements redoutés, en remontant la chaîne des événements qui peuvent conduire à la situation dangereuse, en utilisant des outils tels que l'arbre des causes ou le diagramme d'Ishikawa.
- ✓ Analyser les conséquences possibles des événements redoutés, en tenant compte de la gravité et de l'étendue des dommages potentiels, en utilisant des outils tels que la matrice de criticité ou le diagramme de Pareto.
- ✓ Estimer la probabilité et la gravité des risques, en utilisant des échelles qualitatives ou quantitatives, et en tenant compte des mesures de prévention ou de protection existantes ou envisageables, en utilisant des outils tels que la matrice de cotation ou le diagramme de Farmer.
- ✓ Proposer des mesures de maîtrise des risques, en visant à réduire la probabilité ou la gravité des risques, ou à limiter leurs conséquences, en respectant le principe ALARA (As Low As Reasonably Achievable), en utilisant des outils tels que le plan d'action ou le tableau de bord.
- ✓ Documenter l'analyse et ses résultats, en utilisant des tableaux synthétiques et des diagrammes explicatifs, en respectant les normes et les règles de traçabilité.

L'analyse par la méthode APR doit être réalisée avec rigueur et exhaustivité, en impliquant tous les acteurs concernés par le système et en s'appuyant sur des sources d'information fiables. Elle doit être également révisée régulièrement pour tenir compte des évolutions du système ou de son contexte.

2.6.4 Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse par la méthode APR

Les outils et les techniques utilisés pour réaliser une analyse par la méthode APR dépendent du type de données à collecter et à analyser. Il existe des outils et des techniques pour les données quantitatives et pour les données qualitatives. Les données quantitatives sont des données objectives, souvent sous forme numérique, qui peuvent être mesurées et analysées statistiquement. Les outils et les techniques utilisés pour les données quantitatives sont :

- Les questionnaires, qui sont des instruments de collecte de données composés de questions fermées ou ouvertes, adressés à un échantillon représentatif de la population étudiée.
- Les tests, qui sont des instruments de mesure des aptitudes, des connaissances, des attitudes ou des comportements des individus ou des groupes, selon des normes ou des critères préétablis.

- Les échelles, qui sont des instruments de mesure du degré d'intensité ou de fréquence d'un phénomène, d'une opinion ou d'une attitude, selon une gradation allant du plus faible au plus fort, ou du plus rare au plus fréquent.
- Les indicateurs, qui sont des variables quantifiables qui permettent de mesurer l'état, l'évolution ou la performance d'un phénomène, d'un processus ou d'un système.
- Les tableaux et les graphiques, qui sont des outils de présentation et de visualisation des données quantitatives, sous forme de chiffres, de pourcentages, de fréquences ou de proportions.
- Les statistiques descriptives, qui sont des outils d'analyse des données quantitatives, qui permettent de calculer des mesures de tendance centrale (moyenne, médiane, mode), de dispersion (écart-type, variance, intervalle) ou de position (percentile, quartile).
- Les données qualitatives sont des données subjectives, souvent sous forme verbale ou textuelle, qui peuvent être interprétées et analysées thématiquement. Les outils et les techniques utilisés pour les données qualitatives sont :
 - Les entretiens, qui sont des techniques de collecte de données basées sur un échange verbal entre un interviewer et un interviewé, selon un guide d'entretien plus ou moins structuré.
 - Les observations, qui sont des techniques de collecte de données basées sur une observation directe ou indirecte du comportement, des interactions ou du contexte des individus ou des groupes étudiés.
 - Les discussions, qui sont des techniques de collecte de données basées sur une discussion collective entre plusieurs participants autour d'un thème ou d'une question prédéfinis, animée par un modérateur.
 - Les documents, qui sont des sources secondaires de données qualitatives, qui peuvent être analysées pour compléter ou vérifier les données primaires collectées par les autres techniques. Il peut s'agir de documents officiels (lois, rapports), de documents personnels (journaux intimes, lettres) ou de documents médiatiques (articles de presse, émissions télévisées).
 - La transcription, qui est une technique de transformation des données qualitatives verbales en données textuelles écrites, en respectant les règles de fidélité et de lisibilité.

2.6.5 Les avantages et les limites de la méthode d'analyse par la méthode APR

Les avantages de cette méthode sont :

- ✓ Elle est simple d'application, rapide, économique et systématique.
- ✓ Elle permet d'évaluer l'abandon ou le maintien d'un projet par rapport à des risques inacceptables et irréductibles, de dimensionner les efforts d'études et de réduction de risques, et de localiser les domaines du système qui nécessiteront davantage d'efforts et de compétences en matière de maîtrise des risques.

-
- ✓ Elle permet de définir les priorités d'intervention par l'utilisation d'une démarche structurée et d'adopter une démarche plus objective, qui minimise les jugements de valeur.

Les limites de cette méthode sont :

- ✓ Elle nécessite une bonne connaissance des éléments dangereux du système et des situations de dangers potentielles.
- ✓ Elle peut être incomplète ou imprécise si le niveau de description du système étudié est trop faible ou si le groupe de travail n'est pas suffisamment représentatif ou compétent.
- ✓ Elle ne permet pas d'analyser les causes des dysfonctionnements ni les conséquences sur les cibles potentielles.
- ✓ Elle peut nécessiter l'utilisation de méthodes complémentaires plus détaillées pour approfondir certains aspects du système ou certains risques identifiés.

Conclusion

Nous avons vu dans ce chapitre les méthodes de management des risques, celles-ci permettent une identification systématique des composantes du risque. Les différentes situations dangereuses, événements redoutés, causes, conséquences, ou accidents potentiels, tous ces éléments sont identifiés d'une manière méthodologique et présentés dans une forme tabulaire à l'image de l'APR et l'AMDEC et HIRA, ou arborescente à l'image de l'Arbre de Défaillances ou d'Événements.

Chapitre 3

*Présentation du Terminal
arrivée GZ2/GZ3/GZ4-RTO*

1 Introduction

Ce chapitre comporte une description structurelle et fonctionnelle approfondie du terminal arrivée GZ2/3/4, qui nous a permis par la suite de connaître et d'identifier d'une manière efficace les risques auxquels les canalisations sont exposées durant leur service.

2 Description du processus

La SONATRACH a développé un ensemble de canalisations de transport de gaz naturel des lieux de forage de la région d'Hassi R'MEL vers le terminal d'arrivée d'Arzew. Le réseau actuel se compose des gazoducs suivants :

- **GZ-2de40"** mise en service en 1982.
- **GZ-3e42"** mise en service en 1987.
- **GZ-4/de48"** mise en service en 2009.

Le terminal GZ2/3/4 est une station de cumul de gaz pour alimenter les complexes de liquéfaction de gaz se trouvant dans la zone industrielle d'Arzew tel que le GNL2 qui est alimenté par un cumul journalier de 40.000,000 m³ de gaz naturel avec une pression réglée à 45 bars et une température de 47°C, à partir de la vanne sortie terminal GZ2/GZ3 la GOV 628.

Le gaz naturel venant de HASSI-R'MEL et arrivant au terminal GZ2-GZ3-GZ4 jusqu'à la GOV 601 et interconnecté au manifold d'interconnexion avant de passer directement au FDC. En sortant du manifold le gaz naturel se dirige vers le FDC via la GOV 605 pour qu'il soit filtré et réglé et compté, ce soit le rôle du FDC.

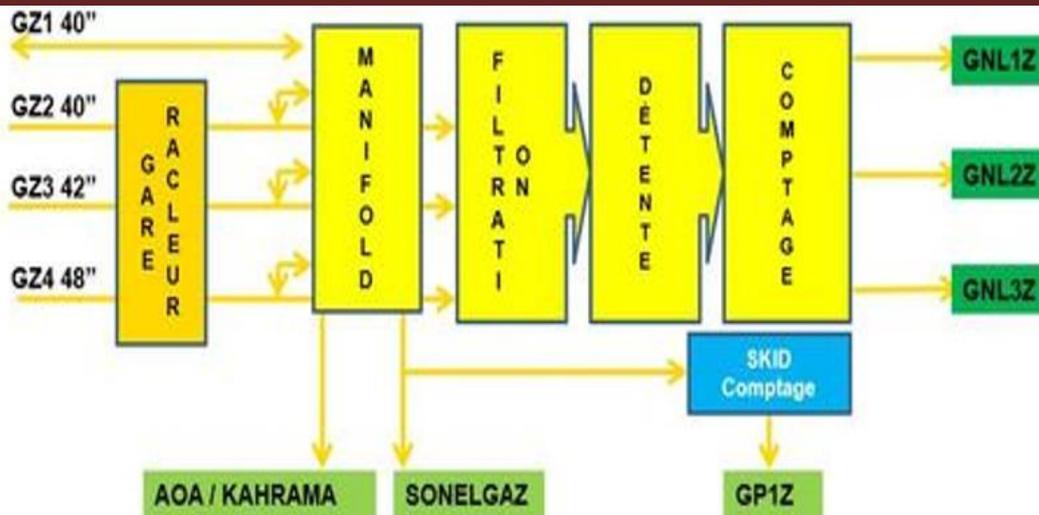


Figure 14. Schéma fonctionnelle du Terminal Arrivée- GZ2/GZ3/GZ4. [F21]

3 Rôle du Terminal arrivée

Le terminal permet :

- Filtrer, détendre et comptabiliser les quantités de gaz livrées aux clients.
- Réduire ou augmenter les paramètres techniques d'exploitation.
- Isoler en cas de nécessité le tronçon amont et aval du gazoduc.
- Éviter le gaz contenu en amont et en aval du gazoduc.
- Analyser le gaz livré aux clients.
- Réceptionner les pistons racleurs sans interrompre l'écoulement du gaz.
- Alimenter les complexes de liquéfaction et les unités industrielles d'Arzew.

4 Identification du site

Le site comprend trois terminaux gazoduc le TA GZ2 le TA GZ3 et le TA GZ4, et un manifold d'interconnexion qui alimente les trois terminaux de ce site et le TA GZ1.

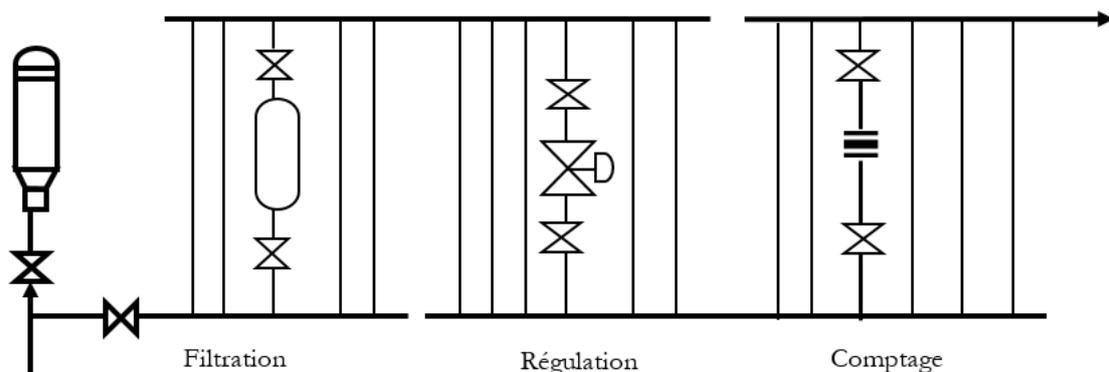


Figure 15. Schéma de principe du terminal arrivée. [F21]

5 Principales installations de terminale arrivée

- Une gare racleur d'arrivée.
- Banc de filtration.
- Banc de régulation.
- Rampes de comptage.
- Manifold d'interconnexion la nourrice (commun entre les 4 terminaux).
- Circuit Gaz Auxiliaire à chacun sa capacité.
- Système de protection du terminal. (**SKID ESD**) (commun entre les terminaux TA2 TA3).
- Soupape de sécurité.
- Système de parafoudre.
- Alimentation électrique du terminal. Commun entre les deux terminaux TA2 et TA3, par un onduleur un redresseur et un chargeur, mais le TA4 est autonome à son énergie.
- Système de Protection Cathodique (commun entre les 2 terminaux).



Figure 16. *Le terminale arrivée GZ2/3 /4.* [F21]

5.1 Les Gares de racleur

La gare racleur permet de réceptionner les pistons racleurs sans interrompre l'écoulement. Le gaz, lui, poursuit sa course dans une autre canalisation dérivée de chaque ligne, contrôlée par des vannes d'entrées du « TA » GZ2 (GOV601), GZ3 (GOV701) et GZ4 (GOV801).

La gare d'arrivée racleur est équipée des éléments suivants :

- Une vanne d'isolement à l'entrée, elle-même munie d'un by-pass de pressurisation.
- Une vanne de mise en dépression de la gare pour amener le Piston Racleur.

- Un ensemble de vannes manuelles et tuyauteries de mise à l'évent pour la dépressurisation.
- Un jeu de vannes manuelles et tuyauteries de purge et d'évacuation vers le bourbier du « TA ».
- Instruments indicateurs de pression et de passage du racleur.



Figure 17. Gares de Racleurs. [F21]

Le piston racleur peut prendre plusieurs formes et aussi plusieurs fonctions tel le racleur de calibrage, de séparation, de nettoyage, et intelligent munis de détecteurs pour contrôler l'état de la ligne.



Figure 18. Piston racleur.[F21]

5.2 Le manifold d'interconnexion

Avant d'atteindre la rampe d'interconnexion, la canalisation GZ1, GZ2, GZ3 sont reliées à des pots de purge permettant la décantation éventuelle des condensats. Sauf pour le GZ1, on trouve aussi avant d'arrivée à l'interconnexion, (03) trois vannes d'anti-retour (Check Valves) sur les lignes. Cela bloque le retour des flux gazeux et le mélange.

Cette nourrisse été érigé au site TA2/3/4 pour permettre une sécurité de livraison du gaz vers les clients prives (AOA, Sonelgaz et Kahrama), et à travers les F.D.C (Les GNL). Ce manifold commun aux réseaux GZ1, GZ2, GZ3 et GZ4 permet plusieurs modes de passage de gaz dans le cas d'une rupture de l'une des lignes ou en cas de maintenance. Ces modes sont en fonction de la position fermée ou ouverte des vannes entrée manifold.



Figure 19. *Manifold D'interconnexion.* [F21]

5.3 Le SKID Gaz Motorisation

Le SKID Gaz Motorisation est alimenté par un piquage sur la ligne du gazoduc qui y correspond. Cette alimentation est coupée par une vanne de sécurité en cas d'E.S.D.



Figure 20. SKID Gaz Motorisation. [F20]

Le gaz prélevé (entre 40 et 60 bars) passe au travers de filtre' d'un jeu de vanne de contrôle (PCV) qui ramène la pression à 20 Bars effectifs dans un réservoir tampon. Ce réservoir a équipé des accessoires suivants :

- Une mise à l'atmosphère contrôlée par une vanne de sécurité (VS).
- Une soupape de sureté empêchant la surpression.
- Une alimentation à 20 Bars.
- Une ligne de purge conduisant au bourbier.
- Une sortie vers la motorisation des vannes (GOV, PCV) du « FDC » du GZ3.

Les SKID motorisation du GZ2 et GZ3 peuvent aussi être alimentés par une circuiterie venant du Manifold d'interconnexion.

5.4 Banc de Filtration

La première opération de traitement du gaz des lignes allant vers les complexes GNL est la filtration d'éventuelles particules solides et liquides. Pour assurer celle-ci, des filtres sont placés en dérivation pour chaque ligne commue suit :

- 06 batteries de Filtre à cartouches, d'une capacité de 420 000 m³/h pour le GZ2-TA.
- 06 batteries de Filtre à cartouches, d'une capacité de 525 000 m³/h pour le GZ3-TA.
- 02 Filtre séparateur à cyclone d'une capacité de 820 000 m³/h pour le GZ4-TA.



Figure 21. Les Filtres de la terminale arrivée. [F21]

5.5 Banc de Détente

Le Gaz Naturel filtre arrive sur le collecteur d'entrée des Bancs de Détente. Celui-ci distribue le gaz sur des rampes identiques pour chaque ouvrage, chaque équipée d'un système de détente comprenant principalement les équipements suivants :

- Une vanne d'isolement d'entrée, commandée à distance avec fin de course.
- La PCV appelée vanne de contrôle, qui amène la pression de ligne entre 43 au 45 Bars.
- Les manomètres indicateurs de pression à l'entrée et à la sortie de la vanne.
- Mise à l'évent de la branche de détente.
- Une vanne d'isolement sortie, commandée aussi à distance avec fin de course (Manuelle).

Le déplacement de la tige des vannes PCV est assuré par des positionneurs après réception du signal de commande de régulateur. Ce dernier compare la consigne et la pression mesurée sur le tronçon aval, du côté collecteur d'entrée des rampes de comptage. Le principe de la régulation est à action Proportionnelle Intégrale (P.I).



Figure 22. La régulationsGZA. [F21]

5.6 Rampe De Comptage

La zone de comptage sert à comptabiliser la consommation en gaz du client GNL. Elle est constituée de rampe identique sur chaque ouvrage. Elles comportent chacun les équipements suivants :

- Une vanne d'entrée manuelle avec fins de course.
- Un manomètre indiquant la pression avant le répartiteur de flux.
- Un tranquilliser répartiteur de flux tubulaire (élimination des turbulences).
- Un orifice de mesure de débit avec transmetteur de pression différentielle.
- Une sonde de température pour le calcul des valeurs réelles instantanées du débit.
- Un évent de ligne avec vanne d'arrêt.
- Une vanne d'isolement en sortie commandée à distance et avec fins de course.

La répartition du gaz sur les différentes rampes de comptage se fera en fonction du débit admis au collecteur d'alimentation du banc de comptage. Le débit maximum envisagé est de 2.100.000 Cm³/h. La mesure Pression, Pression Différentielle et Températures, est transmise au calculateur de débit volumique dédié à chaque rampe, puis affiché en débit instantané et en cumulé calculé, sur la HMI en salle de contrôle.



Figure 23. *Comptage GZ2 (06 rampes de diamètre de 20).* [F21]



Figure 24. *Comptage GZ3(06 rampes de diamètre de 20).* [F21]



Figure 25. *Comptage GZ4 (02 rampes de diamètre de 24).* [F21]

5.7 Le SKID Emergency Shut-Down (E.S.D)

Le système ESD permet l'isolement de terminal de la ligne et du GNL ainsi que la mise à l'atmosphère de toutes les canalisations et appareils à l'intérieur du « TA ». Ceci afin de réduire les risques d'explosion due au gaz sous pression qui resterait confiné dans les canalisations.

Sur le même piquage de ligne que celui du réseau gaz auxiliaire se trouve le raccordement de la rampe du SKID de protection Emergency Shut-Down. Ce système alimente les vannes qui se mettent en position de sécurité, soit ouvert ou fermé en cas d'actionnement.



Figure 26. SKID (E.S.D). [F21]

5.7.1 Le déclenchement du système peut avoir lieu

- Électriquement par boutons poussoirs d'urgence HS601 et HS602 du « Bâtiment Technique ».
- Manuellement en ouvrant un des robinets de mise à l'évent de la ligne pilote située aux postes CAU 601, 602, 603, 703 et 704, qui feront tomber la pression dans la ligne.
- Automatique par baisse de pression en dessous de 40 bars dans la ligne pilote (Ouverture de la SOV 602 et Fermeture de la SOV 601).

5.7.2 Les vannes de sécurités commandées à la fermeture

- Les vannes d'isolement du « TA ».
- Les vannes d'alimentation du réseau gaz auxiliaire.
- Les vannes d'alimentation du réseau GNL.

5.7.3 Les vannes de sécurités commandées à l'ouverture

- La vanne de mise à l'évent du manifold.
- Les vannes de mise à l'évent des réservoirs gaz auxiliaire.
- Les vannes de mise à l'évent du complexe « FDC ».
- La vanne de mise à l'évent de l'alimentation GNL.

La mise en service de la ligne pilote doit se faire manuellement par réarmement « R » de l'électrovanne SOV 601 en position ouverte.

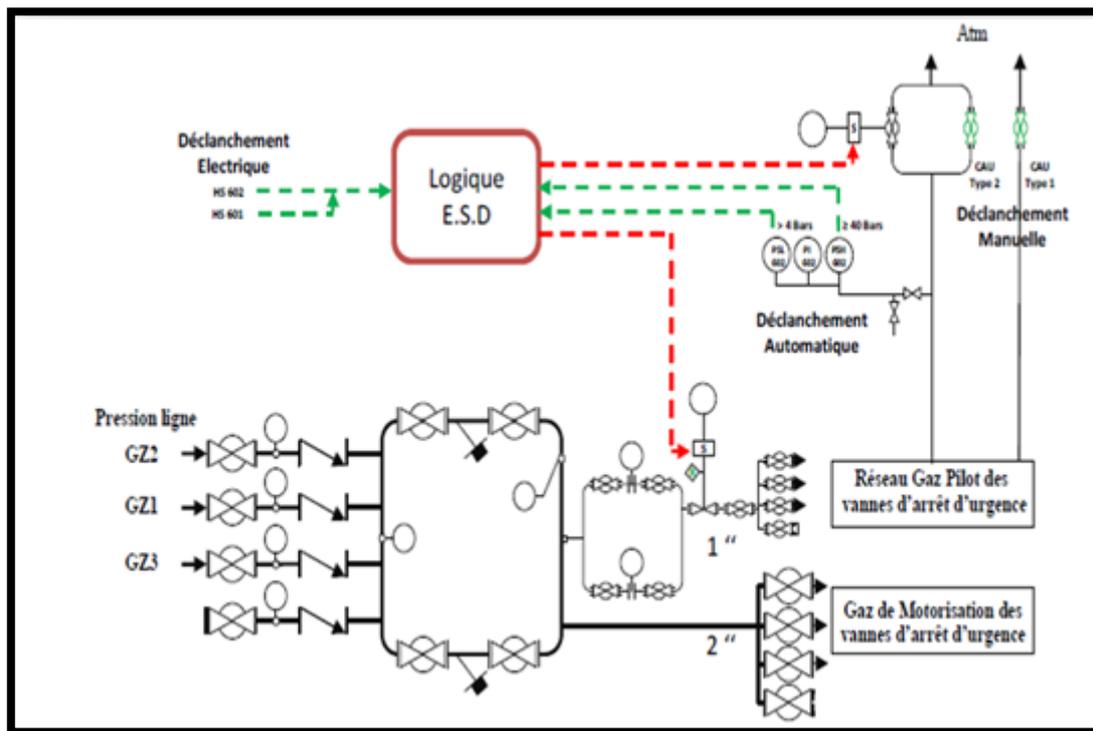


Figure 27. SKID (E.S.D) schéma. [F21]

5.8 Les Soupapes de Sécurité

Les canalisations et équipements des terminaux arrivées se trouvent avant l'entrée de zone de détente et sont protégés contre les surpressions éventuelles de la ligne, par une ou plusieurs vannes PSV (Pressure Safety Valves).

- 03 soupapes de sécurité (PSV) pour GZ2, tarées à des pressions voisines de 0,5 bar l'une de l'autre à partir de 59 Bars.
- 03 soupapes de sécurité (PSV) pour GZ3, tarées à des pressions voisines de 0,5 bar l'une de l'autre à partir de 68 Bars.
- 03 soupapes de sécurité (PSV) pour GZ4, tarées à des pressions voisines de 0,5 bar l'une de l'autre à partir de 68 Bars.



Figure 28. Soupape sécurité « Entrée ». [F21]

Aussi en sortie détente, l'installation est protégée contre les surpressions éventuelles cause par un déclenchement GNL, par un jeu de :

- 03 soupapes de sécurité (PSV) pour GZ2/3, tarées à des pressions voisines de 0,5 bar l'une de l'autre à partir de 48 Bars.
- 04 soupapes de sécurité (PSV) pour GZ4, tarées à des pressions voisines de 0,5 bar l'une de l'autre à partir de 48 Bars.



Figure 29. Soupape sécurité « Sortie ». [F21]

5.9 Le système Electrique de Secours

Le terminal Arrive est alimente par deux lignes parallèles du réseau 30 KV triphasé Sonelgaz. Cette tension est abaissée à 400V par transformateur abaisseur avant d'attaquer le disjoncteur basse tension. En cas de coupure d'énergie Sonelgaz, l'alimentation est assurée par :

- Un jeu d'accumulateurs (Batteries), Qui assurent une réserve d'énergie destinée à alimenter les onduleurs afin de fournir l'électricité aux différents équipements électriques de commande et le réseau d'éclairage de secours.



Figure 30. Les onduleurs. [F21]

- Deux groupes électrogènes pour reprendre la charge qui est soutenue par les batteries. Si le premier ne démarre pas au bout de 07 minutes ou est en défaut, le deuxième prend le relais à la 10 minute et maintien la charge jusqu’au retour du réseau Sonelgaz.



Figure 31. Les Alternateurs. [F21]

5.10 Système de parafoudre

Le terminal GZ2/3/4 est sécurisé par un système de parafoudre. C’est un dispositif de protection des appareillages électriques ou électronique contre les surtensions électriques transitoires générées par la foudre ou certains équipements industriels.

5.11 Système de protection cathodique

Le but de la protection cathodique est de protéger les canalisations enterrées contre la corrosion. Pour cela il faut éviter la réaction anodique de corrosion du fer rapport d’électrons. La corrosion provoque une modification des paramètres physico-chimique.

Conclusion

En conclusion, la description approfondie du terminal arrivée GZ2/3/4 a été essentielle pour une gestion efficace des risques liés aux canalisations. Elle a permis d'identifier et de comprendre les facteurs de risque, ce qui a facilité la mise en place de mesures appropriées pour garantir la sécurité et la durabilité des canalisations tout au long de leur service.

Chapitre 4

*Analyse Préliminaire des
Risques (APR) du TA GZ2/3/4*

1 Introduction

Ce chapitre est conçu afin d'exposer un scénario dangereux et très fréquent dans n'importe quelles canalisations qui est « la fuite indésirable », leur nature, leurs causes, leurs conséquences, leur criticité et la démarche sécuritaire qu'on doit appliquer dans le cadre de diminuer la gravité et la probabilité d'avoir ce scénario dangereux, et afin d'optimiser l'état de confiance et assurer une réflexion corrective très efficace.

2 Initialisation

Une présentation de la situation géographique du Terminal Arrivée dans un premier temps. Par la suite nous avons choisis la méthode APR afin d'établir une étude générale de phénomène de fuite au niveau du processus triphasé FDC (filtration – Détente – Comptage). Finalement notre analyse est clôturée par une synthèse sur les résultats obtenus et des mesures générales en matière de maîtrise des risques.



Figure 32. Plan Google MAP des terminaux Gaz GZ2/3/4

Les gazoducs GZ1, GZ2, GZ3 et GZ4 transportent le gaz naturel de Hassi-R'mel et le gaz du sud aboutissent avant d'être reliés aux clients à des Terminaux Arrivées Gazoducs. Ces terminaux sont dotés d'ouvrages dont le principal rôle est la filtration, la détente et le comptage du gaz livré aux complexes de la Zone industrielle d'Arzew.

3 Matrice de risque

La matrice de risque qu'on va exploiter est utilisée dans le référentiel d'identification des dangers et d'évaluation des risques du SONATRACH. Les niveaux de risque identifié par cette matrice sont déterminés par 3 zones principales :

- Zone en vert « LOW » : les événements dans cette zones sont bien maîtrisé et acceptables, autrement dit, ils ne demandent aucune démarche corrective.
- Zone en jaune « ALARP » : la réduction des événements dans cette zone nécessite une amélioration continue, qui doit être effectué dans un cadre opérationnel faisable et acceptable, économiquement.
- Zone en rouge « HIGH » : zone de risque inacceptable qui peut engendre des dégâts humains et matériels graves au voisinage de site.

Très fréquent	5	10	15	20	25
Fréquent	4	8	12	16	20
Possible	3	6	9	12	15
Rare	2	4	6	8	10
Très rare	1	2	3	4	5
	négligeable	Marginal	critiques	Sévère	catastrophique

Figure 33. Tableau de matrice de risque

4 Retour d'expérience

Le tableau suivant comporte une aperçue sur l'échelle nationale et internationale des phénomènes catastrophiques qui sont déjà dérouler dans le les zones gazoduc à cause des fuites ou des ruptures.

Tableau 1. Retour d'expérience

Pays	Année	Désignation d'évènement	Cause	Conséquence
Algérie	2006 : Irara (Hassi-Messaoud).	Rupture	Fuite maîtrisée.	Aucune victime.
	2006 : Djirou (Mascara).	Rupture. Explosion	Suite à une fuite	Quarantaine de blessés
	2008 : Zammora (.Relizane).	Rupture de gazoduc GZ3 (de diamètre 42)	Due à une corrosion externe.	Aucune victime.

Mexique	1994 : Villahermosa Tabasco, Mexique,	Explosion	Nettoyage du gazoduc Dans des conditions non secrétaire	9 personnes tuées et 30 blessées. Des maisons et des véhicules ont été détruits
	1998 : Magalannes, Tabasco, Mexique	Fuite de gaz	Inflammation de cette fuite	11 personnes tuées, 2 blessées ; détérioration de 5 hectares des forêts suite à l'incendie
Europe	1985 : Brain-sur- Longuenée (France)	Rupture d'un gazoduc.	Suite à des travaux de terrassement.	1 mort
	2004 : Belgique (Ghislenghien) ;	Explosion suite à une rupture	Traces de griffures- fragilisation.	18 morts
USA	2000: Pecos River, près de Carlsbad, New Mexico, USA	Rupture	Corrosion (usure significative de la paroi intérieure du gazoduc âgé de 50 ans)	Explosion du gazoduc. Le gaz déversé s'est enflammé pendant 55 minutes, 12 personnes ont été tuées leurs trois véhicules détruits. Ainsi que deux ponts suspendus en acier enjambant la rivière ont subi des dégâts.
	2003: Converse County, Wyoming, USA	Explosion	Travaux de Dépressurisation du gazoduc.	1 personne a été tuée et une autre a souffert de blessures graves.
Venezuela	1993 : Tejerias - Corpoven (VENEZUELA).	Explosion, produisant une forte onde de choc puis un incendie.	Percé par une excavatrice	Seize véhicules dont un autocar sont pris dans l'incendie ; plus 53 morts et de 35 blessés.
Canada	1985: Oshawa Canada	Fuite de gaz qui s'est enflammée par la suite.	Travaux par une n. Machine de Perforation	1 personne tuée, 3 blessées.

	2002: Brookdale, Manitoba, Canada.	Rupture d'un gazoduc.	Un gazoduc s'est rompu dans une zone de fissuration par corrosion sous tension presque neutre (à pH faible) le gaz naturel s'est enflammé, l'incendie s'est éteint de lui-même.	Personne n'a été blessé
URSS	1989 : Acha Ufa (RUSSIE)	Explosion	Rupture à proximité croisement de 2 trains de voyageurs.	462 morts ou disparus, 706 blessés ; ainsi que les arbres sont couchés sur 4 km de rayon, et les vitres sont cassées jusqu'à 15 km.
	2007 : Saint- Pétersbourg (Russie),	Un incendie générer après une explosion	Travaux de réparations effectuées sur le gazoduc.	Pas de victime.

5 Application de l'analyse préliminaire des risques APR

Tableau 2. Analyse Préliminaire des Risques de FDC

N°	EVENEMENT REDOUTE	Cause	Conséquence/Effets	RISQUE INITIALE		BARRIERE DE SECURITE EXISTANT	RISQUE RESIDUEL			RECOMMANDATION/OBSERVATION
				P	G		P	G	C	
Processus FDC										
1	Fuite de gaz	Colmatage de séparateur Surpression de gaz entre deux vannes fermées	Effet Surpression	4	4	-Mise en alarme de L'instrument -Séchage et vérification Hygrométrique - Contrôle teneur en gaz lors des travaux	3	4	12	Assurer que la phase de filtration de produit transporter est déroulé bien comme il faut
2	Fuite de gaz	Agression mécanique (Travaux de maintenance)	-Effets thermiques - Incendie	4	4	Indication d'emplacement des canalisations enterrées avec des filets de protection	2	4	8	Etablir les plans de circulation et de levage

		Corrosion								-Assurer la protection d'ouvrage en utilisant un revêtement anti-corrosion.
		Dégradation et fragilisation des parois				-Vérification périodique / Protection cathodique				Utilisation des techniques avancées de l'inspection structurelle des pipes
		Perte d'épaisseur								Prévoir des systèmes de surveillance dynamique afin de détecter et diagnostiquer la cinétique de la corrosion.
3	Fuite de gaz	Rupture catastrophique de ligne	- Effet pneumatique.	4	4	-Mise en place du contrôleur pneumatique	3	4	12	-renforcer les procédures d'inspections.

			Surpression			Vérification périodique des installations (Maintenance périodique)				- Remise en cause de la planification d'entretien périodique.
			Explosion.							- Implantation des murs anti-explosion
4	Fuite de gaz	Choc externe	Effets thermique	4	4	Vérification périodique Protection cathodique Présence des extincteurs adaptés	1	4	4	Former et informer le personnel en matière d'intervention
		Incendie à proximité de l'installation	Incendie			Vérification périodique des installations (suivi de la conformité des installations)				Assurer que tous les travaux sont effectués par un personnel habilité
						Assurer le bon état de réseau anti-incendie				
5	Fuite de gaz	Condition naturelles (séisme : foudre vents violents-tempêtes)	Effets thermique	2	5	Présence des moyens d'extinction adaptés	2	3	6	Assurer que la conception des installations industrielles doit être conforme aux critères et techniques
			Incendie			Vérification périodique des installations (suivi de la conformité des installations)				

			-Effet domino suite à un risque interconnecté			Fournir des équipements de prévision des risques naturels				antisismiques
--	--	--	---	--	--	--	--	--	--	---------------

6 Résultat et discussion

D'après le tableau **APR** nous avons obtenus :

Tableau 3. *Tableau de résultat*

Zone	Inacceptable	ALARP	Acceptable
Évènements redoutés	0	4	1

L'analyse des risques par la méthode **APR** nous a permis de découvrir la classification des événements redoutés et quels sont les risques qu'il faut maîtriser dans les brefs délais selon un ordre chronologique bien défini. Cela est inclus dans le cadre de minimiser la probabilité d'occurrence de ces événements ; qui représentent des points critiques pour notre système et qu'ils nécessitent en priorité une implantation des mesures de sécurité dans le champ de « prévention et intervention » afin d'aller vers une échelle plus basse de criticité, cela est prescrit déjà comme des recommandations sur le tableau **APR**.

Finalement, il est noté également que les résultats de cette analyse doivent être communiqués à tous les intervenants du site actuellement ou bien éventuellement, qui sont appelés à effectuer des tâches en cause.

7 Mesures générales en matière de maîtrise des risques

7.1 Personnel

- Il est obligé de former le personnel dans les différents parcours : l'habilitation électrique, le secourisme, les consignes relatives à la mise en marche de chaque.
- Équipement, communication en cas des dommages ...etc.
- Assurer qu'aucune opération n'est effectuée au sein de site sans un permis de travail.
- Elaborer un document spécifique afin d'identifier les situations dans lesquelles le personnel peut être exposés à un risque.
- Les voies de circulation doivent être tout le temps accessibles. Assurer la conformité des EPI.
- Il est essentiel de prendre en considération les facteurs destinés à créer un milieu de travail ergonomique : les postures de travail, l'éclairage, réduction des sources de bruit ...etc.

7.2 Installation

- L'appareillage de la salle de contrôle doit rester toujours en bon fonctionnement afin de détecter toutes anomalies (fuite, rupture, variation de pression...etc.)
- La mise en service de chaque équipement se fait par les étapes suivantes : vérification des conditions initiales, démarrage, contrôle en marche normale, arrêt normale, arrêt d'urgence. Cette mise en place doit être réalisée selon les consignes désignées afin d'assurer une exploitation sécurisée.

- Assuré que toutes les conduites (eau, gaz, air instrument, vapeur, électricité) sont disponibles selon les besoins de service, et prévoir en parallèle des conduites de secours en cas d'une perturbation ou une défaillance.
- Favoriser l'entretien périodique, car il est l'un des mesures essentielles qui permet de garantir la sûreté de fonctionnement de l'installation et d'éviter les événements indésirables.
- L'état de système de purges nécessite un suivi spécifique, car il est l'un des premières barrières sécuritaires destinés à réduire la probabilité d'avoir des scénarios catastrophiques des surpressions.
- L'épreuve hydraulique, le traitement d'air, le traitement des eaux, le contrôle non destructif et la protection des ouvrages sont des procédés quand doit appliquer d'une manière efficace, afin de garantir le bon état des canalisations.

7.3 L'environnement

- Les cuvettes de rétentions doivent être en bon état, dans le but de réduire l'impact environnemental de tous diversement survenu de produit transporter.
- Faire maintenir l'opération des purges des boues vers l'égout.
- Assurer que l'audit environnemental sera élaboré régulièrement selon les normes relatives, afin de maîtriser le champ « impact et environnement »

Conclusion

Au cours de notre stage, nous avons identifié divers risques potentiels au terminal GZ2/3/4-RTO, qui représentent une menace pour la sécurité du personnel et l'environnement. Il est essentiel de contrôler et de gérer ces risques conformément aux normes de sécurité en vigueur. Nous avons compris que la compréhension des fuites indésirables et l'identification de leurs sources potentielles sont cruciales pour mettre en place des mesures préventives efficaces. Grâce à la méthode APR, nous avons évalué le niveau de risque dans chaque zone dangereuse et déterminé un niveau de risque acceptable principalement entre les niveaux 1 et 2. Nous avons également classifié les événements redoutés et identifié les risques nécessitant une maîtrise rapide, afin de réduire la probabilité de leur occurrence. Ces recommandations sont consignées dans le tableau APR pour progresser vers une échelle de criticité plus basse. Enfin, il est important de communiquer les résultats de cette analyse à tous les acteurs impliqués sur le site, actuellement ou potentiellement liés à ces risques.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Les risques industriels représentent une menace significative pour la sécurité du personnel, l'environnement au site du terminal GZ2/3/4-RTO. Au cours de notre stage, nous avons identifié divers risques potentiels. Il est essentiel de contrôler et de gérer ces risques en accord avec les normes de sécurité du personnel et de l'environnement.

La compréhension de la nature des fuites indésirables, qu'elles soient liées à des défauts structurels, des erreurs de conception, des problèmes opérationnels ou d'autres facteurs, est essentielle pour mettre en place des mesures préventives efficaces. Ce travail a permis d'identifier les différentes sources potentielles de fuites et d'évaluer leur probabilité d'occurrence, ce qui est crucial pour établir des stratégies de gestion des risques appropriées.

Dans l'ensemble, la direction de la station respecte les normes de sécurité et de protection de l'environnement et du personnel. Grâce à la méthode APR, nous avons pu évaluer le niveau de risque dans chaque zone présentant des dangers potentiels et des dommages pouvant survenir à l'intérieur de la station. Cette méthode nous a permis de déterminer un niveau de risque acceptable, situé principalement entre les niveaux 1 et 2, pour la plupart des zones étudiées.

L'utilisation de la méthode APR pour l'analyse des risques au terminal GZ2/3/4-RTO nous a permis de classer les événements redoutés et d'identifier les risques qui nécessitent une maîtrise rapide, en suivant un ordre chronologique précis. L'objectif est de réduire au minimum la probabilité d'occurrence de ces événements, qui sont des points critiques pour notre système, en mettant en place des mesures de sécurité prioritaires dans les domaines de la prévention et de l'intervention. Ces recommandations sont déjà consignées dans le tableau APR, afin de progresser vers une échelle de criticité plus basse.

Il est également important de noter que les résultats de cette analyse doivent être communiqués à tous les acteurs impliqués sur le site, qu'ils soient présents actuellement ou qu'ils puissent être amenés à effectuer des tâches liées à ces risques.

Bibliographie

- [1] <https://www.inrs.fr/demarche/risques-industriels/definition-risque-industriel.html>
- [2] Bennedjai Nouh, Mémoire Etude et analyse des risques industriels,2019
- [3] www.itm.lu
- [4] Le risque biologique dans les laboratoires d'analyses médicales - Santé et Sécurité au Travail en Paca (sante-securite-paca.org)
- [5] Le risque biologique – Identification, caractérisation et évaluation - Bivi - Qualité (afnor.org)
- [6] Risques électriques (ihsa.ca).
- [7] Risques électriques. Prévention du risque électrique - Risques - INRS.
- [8] <http://jemconsulting.fr/jemconsulting/news/news/risque-mecanique-jemconsulting-alsace>
- [9] risque ergonomique | Safety and health at work EU-OSHA (europa.eu)
- [10] Identifier les risques dans le milieu de travail | Commission des normes de l'équité de la santé et de la sécurité du travail - CNESST (gouv.qc.ca)
- [11] Types de risques ergonomiques au travail | Intervention Prévention inc. (interventionprevention.com)
- [12] Guide relatif aux risques liés au climat et à l'environnement (europa.eu)
- [13] Bouzeria.N, Identification et évaluation des risques de l'activité de la manutention au sein de l'entreprise portuaire de Bejaïa (EPB) Cas des Dockers Professionnels 2012-2013.
- [14] DEBRAY.B, CHAUMETTE.S, DESCOURIERE.S, TROMMETER.V, Méthode d'analyse des risques générés par une installation industrielle.
- [15] <https://www.appvizer.fr/magazine/operations/gestion-de-projet/amdec>.
- [16] Boukhrissi.M, AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) appliquée à la STEP d'Ain El Houtz, 2014-2015.
- [17] <https://safetyculture.com/fr/themes/amdec/>.
- [18] Formation SF6 la Méthode HAZOP.
- [19] Jean-Pierre.D, François.F, Didier.G, Jean-Louis.G, André.L, Yves.M, Jean-Paul.P méthode danalyse des risques. Décembre 2017.
- [20] Formation SF6 la méthode HAZOP Les principes et la mise en œuvre.
- [21] Benarfa.A, Ghelima.T, évaluation des risques de pollution et accidents de travail au niveau des cimenteries et les mines dans le but de la prévention,2015-2016.

- [F1] Inforisque.fr auf LinkedIn: #webinaire #hse #danger #risque | 26 Kommentare
- [F2] Explosion et incendie dans une usine de production d'oléfines - YouTube
- [F3] Incendie et explosion. Incendie et explosion - Risques - INRS
- [F4] Risques chimiques. Exemples d'exposition aux risques - Risques - INRS
- [F5] <https://home.cern/fr/news/news/cern/environmental-awareness-managing-chemical-products>
- [F6] CCHST : Risques biologiques
- [F7] Radioprotection Cirkus - Analyse technique de l'Arrêté du 15 mai 2006 dit "Arrêté zonage" (rpcirkus.org)
- [F8] Sécurité électrique et exemples de risques électriques | SafetyCulture
- [F9] <http://www.e-learning.technoformat-dz.com/course/index.php?categoryid=52>
- [F10] Identifier les risques environnementaux (chubb.com)
- [F13] Le concept de barrières de sécurité (oiq.qc.ca)
- [F21] RTO Documents