



Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la
Recherche Scientifique

Université KASDI Merbah Ouargla

Institut de Technologie

Département : Génie Appliquée



**Projet de fin d'étude en vue de l'obtention d'une
Licence Professionnelle**

Domaine : Science et Technologie

Filière : hygiène et Sécurité Industrielle

Spécialité : Hygiène, Sécurité et Environnement

Thème

Analyse des risques d'un Four industriel

Etude sur le four H-1501 du Complexe GP1Z

ARZEW-ORAN

Préparée Par :

- MALKI Mohammed El Hadi
- KOUZZI EL Hadj Yagoub

Encadré par :

BEN AZZOUZ Faouzi

Année Universitaire : 2022 – 2023

Sommaire

Remerciement	5
Dédicace	6
Dédicace	7
Liste des Abréviations :	8
Résumé :	9
Introduction.....	10
CHAPITRE I : Notions de base	11
Définition	12
1.1 La Prévention :	12
1.2 La santé :	12
1.3 La sécurité :	12
1.4 Notion de Danger :	12
1.5 Notion de risque :	13
1.6 Barrière de sécurité :	14
1.7 L'accidentologie :	14
1.8 Environnement :	16
1.9 Réglementation HSE en Algérie :	18
CHAPITRE II : Présentation des fours Industriels.....	19
1 Historique :	20
2 Définition du four :	20
3 Classification des fours :	20
3.1 Par source de chaleur :	20
3.2 Par mode de chargement :	20
3.2.1 Par recirculation :	21
3.2.2 Par type de feu (direct ou indirect) :	21
3.2.3 Feu direct :	21
3.2.4 Feu indirect :	21
4 Les différents phénomènes réalisés au niveau des fours :	21
4.1 La combustion (production de la chaleur) :	21
4.1.1 Composants Du Système De Combustion :	21
4.2 Le transfert de chaleur :	22
5 Les elements de base d'un four:.....	22
6 La Construction des Fours :	22
6.1 Le revêtement réfractaire :	22
6.1.1 Revêtement monolithique :	23
6.1.2 Les fibres céramiques réfractaires :	23
7 Le Contrôle du process réalisé au niveau des fours :	23
8 Le bruleur :	24

8.1	Composants des Bruleurs :	24
9	Déchets et émissions générés par les fours :	25
9.1	Formation de monoxyde de carbone :	25
9.2	Formation d'oxydes d'azote :	25
9.3	Formation d'oxydes de soufre :	25
9.4	Formation de suie :	26
9.5	Formation et composition des cendres de combustible :	26
CHAPITRE III : Notion sur la gestion des risques.....		27
1	Définitions :	28
1.1	La gestion des risques :	28
1.2	L'analyse des risques :	28
1.3	L'évaluation des risques :	28
1.4	Matrice de criticité des risques :	28
1.5	La réduction des risques :	29
1.6	Démarches d'analyse :	29
1.6.1	Démarche inductive :	29
1.6.2	Démarche déductive :	29
1.7	Type d'Analyse :	30
1.7.1	Analyse quantitative :	30
1.7.2	Analyse qualitative :	30
1.8	Outils d'analyse des risques	30
1.8.1	Définition de quelques méthodes.....	30
2	Présentation de la méthode HAZOP :	31
2.1.1	Historique :	31
2.1.2	Définition :	31
2.1.3	Déroulement :	31
2.1.4	Usage :	32
2.1.5	Les avantages et les inconvénients de la méthode :	33
CHAPITRE IV : Présentation du Complexe GP1Z.....		34
1	Présentation de l'entreprise National SONATRACH :	35
1.1	L'activité Amont :	35
1.2	L'activité transport par canalisation :	35
1.3	L'activité Aval :	35
1.4	L'activité Commercialisation :	35
2	Présentation du complexe :	35
2.1.1	Historique :	35
2.2	Fiche Technique du Complexe :	36
2.3	Situation géographique :	36
2.4	Organisation de l'entreprise :	37

2.5	Organigramme du Département HSE :	38
2.6	Principales installations du Complexe :	39
2.7	Procédé de fabrication :	39
2.8	Procédé de stockage et de chargement :	41
2.9	La zone utilité	41
CHAPITRE V : Analyse et Discussion		43
1	Le FOUR : (02 H-N501).....	44
2	Caractéristiques techniques et description du four :	44
2.1	Les pipes :	44
3	Section huile chaud :	45
3.1	Propriétés du Fluide caloporteur :	45
3.2	Les différentes Installations de la section Huile Chaude.....	45
3.2.1	Pompes :	45
3.2.2	Aéro réfrigérant :	45
3.2.3	Ballon d'Expansion :(02 V- N501).....	45
3.2.4	Réservoir de Stockage d'Huile : (02 T- N501).....	45
3.2.5	6. Ballon Tampon de Gaz Combustible : (02 V- N531).	46
3.3	Description du procédé :	46
3.3.1	Circuit d'Huile :	46
3.3.2	Circuit de Gaz Combustible :	46
3.3.3	Instruments de mesures :	47
3.4	Schémas Descriptif de la section Huile Chaude :	48
4	Analyse des risques et évaluation :	49
4.1	L'application de la méthode APR	49
4.2	L'application la Méthode HAZOP :	51
4.2.1	Remarque :	56
4.3	Interprétation et Commentaires :	56
4.4	Présentation des effets d'une explosion du four par l'utilisation du logiciel PHAST :	57
Conclusion générale :		58
Bibliographie.....		59



Remerciement



Au terme de ce travail nous tenons à remercier en premier lieu " ALLAH "qui nous a donné la force pour mener à bien l'étude de ce projet

Nos sincères remerciements, à monsieur Ben Azzouz faouzi, votre rôle en tant qu'encadreur a été essentiel dans la direction que on a pu prendre tout au long de ce travail. Votre expertise, votre disponibilité et vos précieux conseils nous ont permis d'approfondir nos connaissances et de développer nos compétences. Votre implication et votre enthousiasme à l'égard de notre projet ont été une source de motivation constante.

On tient également à exprimer nos reconnaissances envers tous les ingénieurs, techniciens et personnes rencontrés pendant notre stage. Leurs conseils, leurs compétences et leur générosité dans le partage de leur expérience ont été des atouts précieux pour mener à bien ce projet. Leur collaboration a favorisé un environnement de travail stimulant et enrichissant.

Sans oublier chacun de Mr. Djabbar Abdel Karim, Chef division de la Sécurité Industrielle à la Direction Régionale de Haoud Berkoui ; Mr. Tliba Houcem, Chef du Service Sécurité à Guellala, et M. Benchehem Messaoud : Inspecteur Prévention service Sécurité Guellala, pour le soutien et l'assistance moral afin de continuer le parcours d'étude et dépouiller tous les obstacles qui s'opposent à la réalisation de l'objectif souhaité.

Enfin, on souhaite adresser nos remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné durant notre parcours universitaire. Leurs enseignements de qualité, leur engagement et leur dévouement nous ont permis d'acquérir les connaissances nécessaires pour réaliser cette mémoire.

Leur passion pour l'enseignement a été une source d'inspiration pour nous.

Dédicace

Chers parents et chères sœurs,

Il est difficile d'exprimer avec des mots toute ma gratitude envers vous. Tout au long de mon parcours d'études, votre amour, votre soutien et votre encouragement ont été mes plus grandes sources de motivation. Votre présence inconditionnelle dans ma vie a été un pilier solide sur lequel j'ai pu m'appuyer.

À vous, mes chers parents, vous m'avez toujours montré l'importance de l'éducation et de la persévérance. Votre dévouement et votre sacrifice ont fait de moi la personne que je suis aujourd'hui. Vos encouragements constants m'ont donné la force de surmonter les obstacles et de poursuivre mes rêves. Je ne pourrai jamais vous remercier assez pour tout ce que vous avez fait pour moi.

À mes sœurs bien-aimées, vous avez été mes compagnes de route tout au long de cette aventure. Votre amour inconditionnel, votre soutien et vos précieux conseils ont été d'une importance capitale pour moi. Vous avez toujours cru en moi et m'avez inspiré à aller plus loin. Je suis fier de partager cette réussite avec vous et je suis reconnaissant d'avoir des sœurs aussi merveilleuses.

MALKI Mohammed El hadi

Dédicace

À la mémoire de mon cher père, qui a été et restera toujours une source d'inspiration et de soutien inébranlable dans ma vie. Ta bienveillance, ta sagesse et ton amour indéfectible continuent de m'accompagner, même si tu n'es plus physiquement présent. Cette dédicace est un humble hommage à ton héritage, à tout ce que tu as représenté pour moi et à l'impact profond que tu as laissé dans mon cœur.

Je tiens également à exprimer ma gratitude à ma mère, la femme remarquable qui a dû faire face à d'innombrables défis ; Tu es ma confidente et mon exemple de persévérance ; Tes encouragements inconditionnels m'ont permis de réaliser mes rêves, et je suis fier de pouvoir te rendre fière aujourd'hui.

À ma famille, ma femme et mes enfants, vous êtes le moteur qui me pousse à donner le meilleur de moi-même ; Votre amour inépuisable et votre soutien constant ont été la source de ma force et de ma détermination tout au long de ce parcours d'études ; Vos sacrifices et votre compréhension ont rendu possible la réalisation de ce projet, et je vous en suis infiniment reconnaissant.

KOUZZI el hadj yagoub

Liste des Abréviations :

- HAZOP : Hazard and Opérability
- EPI : Equipement de Protection Individuelle
- LIE : Limite Inférieure d'Explosivité
- LSE : Limite Supérieure d'Explosivité
- ISO : L'organisation International de Standardisation
- INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité
- INERIS : Institut National de l'Environnement Industrielle et des risques
- DCS : Distributed Control System
- FCR : Fibre Céramique Réfractaire
- ADD : Arbre De Défaillance
- ADE : Arbre des Evènements
- AMDEC : L'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité
- ARAMIS : A Risk Assessment Methodology for Industries
- MOSAR : (Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques
- APR Analyse Préliminaire des Risques
- LOPA : Layer Of Protection Analysis
- QRA : Quantitative Risk Assesement
- ICI : Impérial Chemical Industry
- CIA : Chemical Industries Association
- GPL : Gaz de Pétrol Liquéfié
- LRP : Liquéfaction, Raffinage et Pétrochimie
- GNL : Gaz Naturel Liquéfiée
- LQS : Liquéfaction et Séparation
- HSE : Hygiène, Sécurité et Environnement
- BOG : Boil Of Gaz
- RTO : Région de Transport Ouest
- PKS : Process knowledge System
- SIDEM : Société International de Dessalement de l'Eau de Mer
- EVRP : Evaluation des Risques Professionnels
- DG : Draft Gage
- PV : Pressure Valve
- PCV : Pressure Control Valve

Résumé :

Nous avons entrepris un projet de recherche en tant que projet de fin d'étude, dans lequel nous appliquons l'outil d'analyse des risques HAZOP sur le four H-1501. Ce four est situé dans le train 100 parmi les neuf trains du complexe GP1Z, situé à la zone industrielle d'Arzew, Oran. Le complexe GP1Z est appartenant à l'entreprise national SONATRACH, spécialisée dans le traitement et la séparation du GPL. L'objectif principal de notre étude est d'identifier et évaluer les risques potentiels associés au fonctionnement de ce four, qui pourraient causer des dommages et des pertes. Nous cherchons également à déterminer la gravité de ces dommages.

Mots Clés :

Analyse des Risques, Four industriel, Complexe GP1Z, HAZOP.

Abstract :

Our End-of-Study project focuses on the application of the Hazard and Operability Study (HAZOP) risk analysis tool on furnace H-1501, located in train 100 from 9 train of the GP1Z complexe in Industrial zone of Arzew, Oran. This Complexe is belonging to the national company SONATRACH and is involved in the processing and séparation of LPG. The objective of this study is to identify and assess potential risks that could cause damages and losses through the operation of this furnace, as well as to determine the severity of this damages.

Key words :

Risk analysis, industrial Furnace, GP1Z Complex, HAZOP

الملخص:

تتمحور مذكرة تخرجنا حول موضوع تحليل المخاطر التي لها علاقة بالأفران اين تمت هذه الدراسة على الفرن H-1501 التابع للقطار 100 من ضمن 9 قطارات المتواجدة على مستوى المركب الصناعي GP1Z المتخصص في فصل ومعالجة غاز البترول المميع كما يعتبر هذا المركب من بين المركبات التابعة للشركة الوطنية سوناطراك والذي يقع بالمنطقة الصناعية لأرزويو ; هدف دراستنا هو تحديد وتقييم المخاطر النابعة من الفرن وأيضا تحديد مدى خطورة أثارها في حال تم وقوع حادث على مستوى هذا الفرن.

الكلمات المفتاحية:

تحليل المخاطر، فرن صناعي، مجمع GP1Z, HAZOP.

Introduction

Dans ce projet de fin d'étude on va élaborer une analyse des risques sur un four industriel par l'utilisation de la méthode HAZOP. Notre étude sur les fours était choisi car le four est classée parmi les installation thermique ainsi il est une source de chaleur et en matière de sécurité la chaleur et les effets thermique sont des menaces significative qui peut engendrer des dégâts catastrophiques quelques soit pour l'homme , les bien ou les installations et même pour l'environnement dont ces effets peuvent provoquer des brulures très graves au niveau du corps humain en plus peuvent endommager des pipes , des installation à base d'acier, ... Pour l'environnement la production de la chaleur génère des gaz à effets de serre comme le CO₂, le Nox, ...etc. donc le choix du four a pour objectif de connaitre le niveau de ces effets susceptibles d'être provoquée.

La méthode d'analyse choisi pour décrire les risques engendrés par ce dernier c'est l'HAZOP à cause de la multitude des systèmes installées au niveau du four ainsi cette méthode été élaborée pour être appliquée sur des installations thermo-hydrauliques dont le four fait partie.

Notre mémoire est divisé en 5 chapitres : le premier portant des notions de base et des définitions qui fait partie du domaine de la sécurité industrielle, le deuxième chapitre parle d'une façon générale sur les fours, leurs historiques, leurs rôles, leur construction, ...etc. le troisième chapitre porte une notion sur la gestion des risques et ses différentes étapes ainsi il contient une présentation détaillée sur la méthode d'analyse HAZOP. Dans le quatrième on a présenté le lieu où on a réalisé notre application ; le complexe GP1Z et ses différents activités, Services, ...etc. Pour le cinquième chapitre, il est destiné pour l'application de notre analyse des risques sur le four H-1501 qui est un élément de la section huile chaud du train 100 de traitement.

Le four d'une façon générale contient une variété de risques tels que l'explosion et l'incendie là nous a amené à s'intéresser à la découverte des causes et des effets ainsi le niveau de gravité de ces phénomènes dangereux afin de déterminer les mesures de prévention et d'intervention adaptées.

CHAPITRE I : Notions de base

Définition

1.1 La Prévention :

C'est l'ensemble de mesures prises en vue d'éviter les accidents de la route (prévention routière), les accidents du travail ou les maladies professionnelles (prévention des accidents du travail, médecine de travail). (1)

Aussi, il y a la prévention des risques professionnels qui est l'ensemble des dispositions à mettre en œuvre pour préserver la santé et la sécurité des salariés, améliorer les conditions de travail et tendre au bien-être au travail.

En terme professionnel et autant que cadre de prévention sur le lieu de travail on doit prendre en compte 9 principes généraux pour une démarche de prévention :

- ✓ Eviter les risques : Eliminer le danger si c'est possible.
- ✓ Évaluer les risques : Estimer le niveau de risque d'une façon qualitative ou quantitative afin de prioriser les actions de prévention à mener.
- ✓ Combattre les risques à la source : intégrer la prévention le plus en amont possible, notamment dès la conception des lieux de travail, des équipements ou des modes opératoires.
- ✓ Adapter le travail à l'Homme :
- ✓ Tenir compte de l'évolution de la technique : par la mise en place de nouvelles technologies qui augmentent le niveau de sécurité des installations et qui facilite les tâches pour les travailleurs.
- ✓ Remplacer ce qui est dangereux par ce qui l'est moins : Par l'utilisation de produits, de systèmes ou d'installations moins dangereux et qui conduisent au même objectif.
- ✓ Planifier la prévention : en programmant des contrôles, des inspections qui vise à vérifier les systèmes, l'états des travailleurs quelques soit moral ou physique, ...etc.
- ✓ Donner la priorité aux mesures de protection collective : n'utiliser les équipements de protection individuelle qu'en complément des protections collectives si elles se révèlent insuffisantes.
- ✓ Instructions appropriées aux salariés : former et informer les salariés par la planification des évènements de sensibilisation. (2)

1.2 La santé :

La santé est une notion de nature évolutive, c'est à la fois :

- ✓ L'absence de maladie.
- ✓ Un état biologique souhaitable.
- ✓ Un état complet de bien-être physique, mental et social. (3)

1.3 La sécurité :

Situation dans laquelle quelqu'un, quelque chose n'est exposé à aucun danger, à aucun risque, en particulier d'agression physique, d'accidents, de vol, de détérioration : Cette installation présente une sécurité totale. (4)

1.4 Notion de Danger :

Le danger : Propriété intrinsèque des produits, des équipements, des procédés...pouvant entraîner un dommage. (5)

Phénomène dangereux :

Libération d'énergie ou de substance produisant des effets susceptibles d'infliger un dommage à des cibles (ou éléments vulnérables) vivantes ou matérielles, sans préjuger l'existence de ces dernières. (4).

Événement initiateur : Événement qui initie le scénario conduisant à la conséquence indésirable.

Dompage : Effets néfastes d'un événement pour les personnes, la société, ou l'environnement. (4)

L'effet domino :

Peut être défini comme l'action d'un premier phénomène dangereux capable de générer un second accident sur une installation ou un établissement voisin, dont les effets seraient plus « graves » que ceux de l'accident premier. Les effets des phénomènes dangereux à prendre en compte dans le cadre de l'analyse des effets dominos sont principalement :

- ✓ Les effets thermiques ;
- ✓ Les effets mécaniques d'une onde de surpression ;
- ✓ Les effets mécaniques de projectiles issus d'une explosion ;
- ✓ Les effets toxiques.

1.5 Notion de risque :

Le risque :

Exposition d'une cible (salarié, entreprise, environnement y compris la population...) à un danger. Le risque est caractérisé par la combinaison de la probabilité d'occurrence d'un événement redouté (accident) et de la gravité de ses conséquences. (5)

La Fréquence :

La fréquence d'occurrence d'un événement est la mesure du nombre moyen d'occurrences attendues en un laps de temps donné dans des conditions connues. Cette fréquence est estimée sur une période de temps donnée (année, jour, heure, etc.). (2)

L'exposition :

Il s'agit du contact entre le danger et une personne, pouvant dès lors causer un dommage. (3)

Types des risques :

Risques liés à la sécurité :

- ✓ Les Chutes d'hauteur (3)
- ✓ Les Chutes d'objets (3)
- ✓ La Circulation ; Circulation interne et Circulation routière (externe) (3)
- ✓ Manutention manuelle et Manutention d'engins (3)

Risques Biologiques :

Risques d'Infections, d'allergie, de cancer...etc. résultant de la présence de micro-organismes ; bactéries, champignons microscopiques, virus, parasites et prions. (3)



Risques Chimiques :

Ensemble des situations dangereuses impliquant des produits chimiques (solide, poudre, liquide, gaz, poussière, fumée, brouillard, particules, fibres...) dans les conditions d'utilisation et/ou d'exposition qui peuvent causer des troubles sanitaires. (3)



Risques Physiques :

Risques liés au bruit, aux vibrations et aux rayonnements. (3)

Risques Electrique :

Les risques liés à l'électricité, pour l'homme, sont de différentes natures. Il s'agit principalement des risques d'électrisation, d'électrocution et de brûlure (3)



Risque mécanique :

Risque d'accidents causés par l'action mécanique. Il y a risque mécanique chaque fois qu'une machine ou une partie de cette dernière est en mouvement peut entrer en contact avec une partie du corps humain et provoquer une blessure. Inversement, une partie du corps humain en mouvement peut entrer en contact avec la machine. (3)

1.6 Barrière de sécurité :

Couche de protection :

Dispositif, système ou action capable d'empêcher qu'un scénario n'aboutisse à la conséquence indésirable. (Aussi connu sous le nom de barrière.)

Protection Collective :

Un équipement de protection est un dispositif, un mécanisme, un appareil ou une installation qui est capable d'assurer valablement la protection des salariés contre un ou plusieurs risques professionnels et diminuer ainsi la gravité. Il est dit de protection collective s'il assure la sécurité du salarié affecté au poste et celle des autres personnes présentes à proximité. (6)

Protection Individuelle :

Est souvent appelées Equipements de protection Individuelle (EPI) qui sont des dispositifs ou moyens destinés à être portés ou tenus par une personne en vue de la protéger contre un ou plusieurs risques susceptibles de causer des blessures, des maladies chroniques, ...etc.

Ces équipements peuvent prendre différentes formes, plus ou moins complexes : bouchons d'oreilles, appareils de protection respiratoire... (6)

Prévention médicale :

La prévention médicale est réalisée par une équipe pluridisciplinaire comprenant un ou des médecins du travail, des infirmiers, ...etc. Les services de santé au travail ont pour mission exclusive d'éviter toute altération de la santé des travailleurs du fait de leur travail. A cette fin, ils :

Conduisent les actions de santé au travail dans le but de préserver la santé physique et mentale.

Conseillent les employeurs, les travailleurs et leurs représentants sur les dispositions et mesures nécessaires afin d'éviter ou de diminuer les risques professionnels, d'améliorer les conditions de travail.

Assurent la surveillance de l'état de santé des travailleurs en fonction des risques concernant leur sécurité et leur santé au travail, de la pénibilité au travail et de leur âge. (6)

1.7 L'accidentologie :

Accident :

Evènement Malheureux ou dommageable, Événement au cours duquel des dommages matériels, des répercussions néfastes sur l'environnement ou des pertes humaines (blessures ou décès) se produisent. (1)

Anomalie :

Ensemble de circonstances inhabituelles, anormales ou irrégulières, non reconnues ou non corrigées, peuvent entraîner un incident.

Incident :

Événement inhabituel ou imprévu, qui a entraîné ou pourrait entraîner des blessures graves chez le personnel, des dommages matériels, un impact négatif sur l'environnement ou une interruption majeure des opérations de traitement.

Presque Accident :

Toute situation au cours de laquelle une séquence d'événements en cours a été empêchée de se développer davantage, empêchant donc l'occurrence de conséquences potentiellement graves.

Erreur humaine :

Toute action humaine (ou absence d'action) qui dépasse une certaine limite d'acceptabilité (c'est-à-dire une action hors tolérance) lorsque les limites de la performance humaine sont définies par le système. Des mesures prises par les concepteurs, les exploitants ou les gestionnaires qui peuvent contribuer à des accidents ou entraîner des accidents.

Blessure :

Dommage physique à une personne résultant d'un contact traumatique entre le corps et un organisme extérieur ou d'une exposition à des facteurs environnementaux.

Maladie Professionnelle :

Une maladie est dite professionnelle si elle est la conséquence directe de l'exposition d'un travailleur à un risque, ou résulte des conditions dans lesquelles il exerce son activité professionnelle et si elle figure dans des tableaux dénommés tableaux des maladies professionnelles.

Scénario :

Événement ou séquence d'événements entraînant des conséquences indésirables.

Cause :

Un événement, une situation ou une condition qui entraîne ou pourrait entraîner directement ou indirectement un accident / incident.

✓ Causes directes :

Causes ayant directement occasionné l'accident (par exemple : défaillance machine, collision engin/piéton)

✓ Causes profondes :

Causes plus en amont ayant favorisé la survenue de l'accident (par exemple : absence de maintenance de la machine, co-activité avec une mauvaise visibilité)

Ergonomie :

Ensemble d'études et des recherches sur l'organisation méthodique du travail et l'aménagement de l'équipement en fonction des possibilités de l'homme.

Explosion :

Action d'éclater violemment : l'explosion d'une bombe, libération très rapide sous forme de gaz à haute pression et à haute température. (1)

Incendie :

Grand feu qui se propage et fait des ravages. (1)

Extinction :

Action d'éteindre ce qui était allumé : l'extinction d'un incendie. (1)

Extincteur :

Qui sert à éteindre les incendies ou les commencements d'incendies. (1)

Evacuer :

Faire sortir d'un endroit ; évacuer un blessé, faire quitter en masse un lieu et cesser de l'occuper. (1)

Secours :

Moyens pour porter assistance à une victime ; secours aux blessés. (1)

Secourisme :

Méthodes de premiers secours et de sauvetage. (1)

Explosion non confinée :

Les explosions non confinées se produisent à l'air libre. Ce type d'explosion est généralement le résultat d'un déversement de gaz inflammable. Le gaz est dispersé et mélangé à l'air jusqu'à ce qu'il entre en contact avec une source d'inflammation. Les explosions non confinées sont plus rares que les explosions confinées car le matériau explosif est fréquemment dilué en dessous de la LIE par la dispersion du vent. Ces explosions sont destructrices car de grandes quantités de gaz et de grandes surfaces sont fréquemment impliquées.

Limites d'inflammabilité :

Les mélanges vapeur-air ne s'enflamment et ne brûlent que dans une plage de compositions bien spécifiée. Le mélange ne brûle pas lorsque la composition est inférieure à la limite inférieure d'inflammabilité ; le mélange est trop pauvre pour la combustion. Le mélange n'est également pas combustible lorsque la composition est trop riche ; c'est-à-dire lorsqu'il est au-dessus de la limite supérieure d'inflammabilité. Un mélange n'est inflammable que lorsque sa composition se situe entre les deux limites inférieurs et supérieurs. Les unités couramment utilisées sont le pourcentage de carburant en volume (pourcentage de carburant plus air).

Domaine d'explosivité :

Domaine de concentrations du combustible dans l'air à l'intérieur duquel le mélange est susceptible d'exploser en présence d'une source d'inflammation. Le domaine d'explosivité est encadré par la LIE (limite inférieure d'explosivité) et la LSE (limite supérieure d'explosivité)

Température d'inflammation :

Le point de feu est la température la plus basse à laquelle une vapeur au-dessus d'un liquide continuera à brûler une fois enflammée ; la température du point de feu est supérieure au point d'éclair.

Température d'auto-inflammation :

Une température fixe au-dessus de laquelle une énergie adéquate est disponible dans l'environnement pour fournir une source d'inflammation.

Point d'éclair :

Le point d'éclair d'un liquide est la température la plus basse à laquelle il dégage suffisamment de vapeur pour former un mélange inflammable avec l'air. Au point d'éclair, la vapeur brûlera mais seulement brièvement ; une vapeur insuffisante est produite pour maintenir la combustion. Le point d'éclair augmente généralement avec l'augmentation de la pression.

1.8 Environnement :

Ce qui entoure, ensemble des éléments naturels et artificiels où se déroule la vie humaine, ensemble des éléments du milieu qu'un animal peut percevoir. (1)

Ecosystème : Ensemble des êtres vivants et non vivants d'un même lieu qui sont liés vitalement à leurs environnements. (1)

Déchets :

Ce qui est perdu dans l'emploi d'une matière. Tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, et plus généralement toute substance ou produit et tout bien meuble dont le propriétaire ou le détenteur se défait, projette de se faire, ou dont il a l'obligation de se défaire ou de l'éliminer. Il se divise à plusieurs types ; déchets ménagers et assimilés, déchets encombrants, déchets spéciaux, déchets spéciaux dangereux, déchets d'activité de soin, déchets inertes.

Gestion des déchets :

Tout opération relative à la collecte, au tri, au transport, au stockage, à la valorisation et à l'élimination des déchets, y compris le contrôle de ces opérations.

Pollution :

Action de polluer qui veut dire rendre malsain ou dangereux en répandant des matières toxiques ; dégrader l'environnement humain. On distingue la pollution des sols, des eaux et de l'atmosphère.

Pollution de l'environnement :

Est définie comme "la contamination des composants physiques et biologiques du système terre/atmosphère à un point tel que les processus environnementaux normaux sont affectés de manière négative". Les polluants peuvent être des substances ou des énergies naturelles, mais ils sont considérés comme des contaminants lorsqu'ils dépassent les niveaux naturels. Toute utilisation des ressources naturelles à un rythme supérieur à la capacité de la nature à se restaurer peut entraîner une pollution de l'air, de l'eau et du sol. Généralement, la pollution de l'environnement se produit lorsque l'environnement ne peut pas traiter et neutraliser les sous-produits nocifs des activités humaines en temps voulu sans aucun dommage structurel ou fonctionnel à son système.

Aspect environnemental :

Elément des activités, produits ou services d'un organisme interagissant ou susceptible d'interactions avec l'environnement. (7)

Impact environnemental :

Modification de l'environnement négative ou bénéfique, résultant totalement ou partiellement des aspects environnementaux d'un organisme. (7)

1.9 Réglementation HSE en Algérie :

- ✓ **La loi mère c'est la loi 88-07** du 26 janvier 1988 relative à l'hygiène, à la sécurité et à la médecine au travail. Elle contient des règles générales en matière d'hygiène, de sécurité en milieu de travail et de médecine de travail en plus sur la formation et l'information et finalement sur l'organisation de la prévention. (8)
- ✓ **Décret exécutif n° 05-08** du 8 janvier 2005 relatif aux prescriptions particulières applicables aux substances, préparations ou produits dangereux en milieu de travail. (8)
- ✓ **Décret exécutif n° 05-09** du 8 janvier 2005 relatif aux commissions paritaires et aux préposés à l'hygiène et à la sécurité. (8)
- ✓ **Décret exécutif n° 05-10** du 8 janvier 2005 fixant les attributions, la composition, l'organisation et le fonctionnement du Comité inter-entreprises d'hygiène et de sécurité. (8)
- ✓ **Décret exécutif n°02-427** du 7 décembre 2002 relatif aux conditions d'organisation de l'instruction, de l'information et de la formation des travailleurs dans le domaine de la prévention des risques professionnels. (8)
- ✓ **Décret exécutif n° 93-120** du 15 mai 1993 relatif à l'organisation de la médecine du travail. (8)
- ✓ **Décret exécutif n° 91-05** du 19 janvier 1991 relatif aux prescriptions générales de protection applicables en matière d'hygiène et de sécurité en milieu de travail. (8)
- ✓ **Décret exécutif n°06-198** du 31 mai 2006 définissant la réglementation applicable aux établissements classés pour la protection de l'environnement. (8)
- ✓ **Décret exécutif n°07-145** du 19 mai 2007 déterminant le champ d'application, le contenu et les modalités d'approbation des études et des notices d'impact sur l'environnement. (8)
- ✓ **La loi n°04-20 du 25** décembre 2004 relative à la prévention des risques majeurs et à la gestion des catastrophes dans le cadre de développement durable (8)
- ✓ **La loi n°03-10** du 19 juillet 2003 relative à la protection de l'environnement dans le cadre de développement durable. (8)

CHAPITRE II : Présentation des fours Industriels

1 Historique :

Les premiers fours industriels ont été développés il y a plusieurs siècles, lorsque les êtres humains avaient besoin de cuire de la nourriture, en plus la découverte des avantages de la fusion des métaux pour fabriquer des outils et des armes.

Au fil du temps les fours ont évolué pour devenir plus efficaces, plus précis et plus automatisés où il y avait un développement dans les technologies de contrôle tels que : le contrôle de la température, l'isolation thermique, la circulation d'air et le recyclage de la chaleur, ces fonctionnalités ont permis d'améliorer l'efficacité énergétique et la productivité des fours industriels, tout en réduisant leur impact environnemental. (9)

2 Définition du four :

“le four est un ouvrage de maçonnerie vouté, qui sert à la cuisson de diverses substances ou à la production de températures très élevées. Ainsi, c'est un appareil dans lequel on chauffe une matière en vue de lui faire subir des transformations physiques ou chimiques”. (1)

Suivant le dictionnaire “Oxford English Dictionary” définit un four comme "une structure fermée pour un chauffage intense par le feu, en particulier des métaux ou de l'eau". (9)

3 Classification des fours :

Les fours d'une façon générale ont une grande importance dans l'industrie et dans des cas le four est considéré comme une unité principale ou la base de l'activité exercée par des entreprises comme ceux qui sont spécialisés dans le domaine de la métallurgie, la production des lingots de fer...etc. ainsi y a des activités de l'industrie pétrochimique et plus encore. Pour faire la différence entre les fours utilisées dans l'industrie pas mal d'experts ont proposé une classification et après les recherches qu'on a effectués la classification est basée sur 4 axes :

3.1 Par source de chaleur :

Dans ce cas de figure, on distingue 4 types de fours

- ✓ Four à gaz
- ✓ Four à gas-oil
- ✓ Four au charbon, au bois et multi-combustibles
- ✓ Four électrique (10)

3.2 Par mode de chargement :

✓ Chargement discontinus (par quantité) :

Les fours discontinus et les fours à entrer et sortie, également appelés fours périodiques, sont des types de fours qui sont couramment utilisés dans l'industrie manufacturière pour le traitement thermique des matériaux. Ils fonctionnent avec un point de consigne de température qui est maintenu via trois zones de contrôle. Cela est nécessaire pour maintenir une température uniforme tout au long du four, car les zones les plus éloignées de la porte peuvent nécessiter plus de chaleur. Ce type de four fait partie des processus de production dans lequel les matériaux sont traités en quantités limitées ou par lots. (10)

✓ Chargement Continue :

Un four de Chargement continu est une chambre de chauffage dans laquelle les charges sont déplacées à travers des zones de température d'une manière continue ou intermittente ; ce type de four industriel permet de traiter en continu une grande quantité de matériaux sans interruption, contrairement aux fours discontinus qui ne peuvent traiter qu'une quantité limitée de matériaux à la fois.

Les fours continus déplacent le matériau chargé, le stock ou la charge pendant qu'il est chauffé passe au-dessus d'un foyer fixe ou le foyer lui-même se déplace. (10)

3.2.1 Par recirculation :

Un four à recirculation ou un four à recirculation forcée offre une meilleure uniformité de température et économie de carburant. La recirculation peut se faire par un ventilateur et un agencement de conduits, par des ventilateurs de plafond ou par l'impulsion de jet des brûleurs. La classification des fours selon la recirculation se réfère à la manière dont l'air ou d'autres gaz de traitement sont recirculés à l'intérieur du four pour améliorer l'efficacité du processus thermique. (10)

3.2.2 Par type de feu (direct ou indirect) :

3.2.3 Feu direct :

Décrit un processus de chauffage par combustion dans lequel les produits de combustion entrent en contact avec les surfaces de la charge à chauffer. Si les flammes se développent dans la chambre de chauffage proprement dite ou si les produits de la combustion circulent sur la surface de la charge, le four est dit à feu direct. (10)

3.2.4 Feu indirect :

Décrit une configuration de four dans laquelle les produits de la combustion n'entrent pas en contact avec la charge, dans ce cas, le stock ou la charge peut être :

Soit chauffé dans un moufle enveloppant (récipient conducteur) qui est chauffé de l'extérieur par les produits de combustion des brûleurs ou chauffé par des tubes radiants qui enferment la flamme et les produits de combustion. (10)

4 Les différents phénomènes réalisés au niveau des fours :

4.1 La combustion (production de la chaleur) :

La combustion industrielle est définie comme l'oxydation rapide des hydrocarbures pour générer de grandes quantités d'énergie à utiliser dans les processus de chauffage et de fusion industrielles.

Le véritable chemin de création des produits dans un processus de combustion consiste généralement en de nombreuses réactions élémentaires intermédiaires au niveau moléculaire ou atomique : Mélange-Allumage- Réaction chimique -Dispersion des produits.

Trois éléments sont nécessaires pour entretenir les processus de combustion : le combustible, le comburant et une source d'inflammation (généralement sous forme de chaleur) Le combustible peut être un gaz (par exemple l'hydrogène, le gaz naturel), un liquide (par exemple le pétrole, l'alcool, le soufre) ou un solide (par exemple le charbon, le bois, la tourbe).

L'objectif de l'ingénieur en combustion et de l'opérateur de l'installation est d'obtenir un dégagement de chaleur constant au taux requis pour répondre aux objectifs du procédé. (11)

4.1.1 Composants Du Système De Combustion :

Six composants peuvent être importants dans les processus de combustion industriels :

L'un des composants est **le brûleur**, qui brûle le carburant avec un oxydant pour libérer de la chaleur.

Un autre composant est **la charge elle-même** qui peut grandement affecter la façon dont la chaleur est transférée de la flamme.

Dans la plupart des cas, la flamme et la charge sont situées à l'intérieur **d'une chambre de combustion** qui peut être un four, un réchauffeur ces derniers constitue le troisième composant du système.

Dans certains cas, il peut y avoir un certain type de **dispositif de récupération de chaleur** pour augmenter l'efficacité thermique du système de combustion global, qui est le quatrième composant du système.

Le cinquième composant est **le système de contrôle de débit** utilisé pour doser le combustible et l'oxydant vers les brûleurs.

Le sixième et dernier composant est **le système de contrôle de la pollution de l'air** utilisé pour minimiser les polluants émis par la cheminée d'échappement dans l'atmosphère. (11)

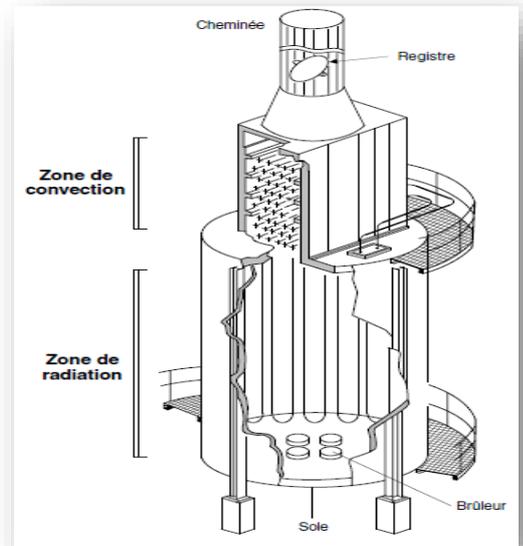
4.2 Le transfert de chaleur :

- ✓ **Par conduction** : transfert de chaleur au sein d'un même matériau
- ✓ **Par convection** : transfert de chaleur par mouvement ascendant d'air réchauffé (fumées, gaz chauds)
- ✓ **Par rayonnement** : transfert de chaleur aux matériaux voisins du foyer par rayonnement électromagnétique (infrarouges)

5 Les éléments de base d'un four:

Les éléments de base d'un four sont :

- ✓ Le revêtement résistant à la chaleur avec isolation.
- ✓ La structure portante en acier et le coffrage.
- ✓ Les équipements de dégagement, de distribution et de contrôle de la chaleur, via la combustion de carburant ou la conversion de l'énergie électrique en chaleur, et y compris la circulation des gaz chauds et les dispositions pour l'évacuation des gaz résiduels.
- ✓ Equipements de maintien et de manutention de charges, y compris piles, patins, supports de four plaques d'âtre, structures à balanciers et convoyeurs à rouleaux et autres. (10)



6 La Construction des Fours :

La charge dans un four ou une chambre de chauffage est entourée de parois latérales, d'un foyer et d'un toit constitués d'un revêtement réfractaire résistant à la chaleur, d'une isolation et d'un boîtier en acier étanche aux gaz. Tous sont soutenus par une structure en acier. (10)

Dans les fours continus, des alliages spéciaux résistants à la chaleur coulés ou forgés sont utilisés pour les patins, les plaques de sole, les structures à balancier, les convoyeurs à rouleaux et à chaînes.

Dans la plupart des fours, les charges à chauffer reposent sur la sole, sur des piliers pour les espacer au-dessus de la sole, ou sur des patins ou un convoyeur pour permettre le déplacement dans le four.

Pour protéger les fondations et empêcher le ramollissement du foyer, des espaces ouverts sont fréquemment prévus sous le foyer pour la circulation de l'air - un "foyer ventilé".

Le carburant et l'air pénètrent dans un four par des brûleurs qui s'allument à travers des « tuiles » réfractaires. Les produits de combustion circulent sur les surfaces intérieures des murs, du plafond, du foyer, des piliers et des charges, chauffant le tout par rayonnement et convection. Ils laissent les conduits du four aux cheminées.

L'état de l'intérieur du four, l'état des charges et les performances du système de combustion peuvent être observés à travers des judas ou des hublots étanches à l'air qui peuvent être fermés hermétiquement.

6.1 Le revêtement réfractaire :

Les premiers fours se composaient de structures en briques et en pierre telles que le four à poterie en forme de ruche. Au fur et à mesure que la production des fours augmentait et devenait physiquement plus grande, les structures en brique et en pierre devenaient vulnérables aux défaillances et des bandes de renforcement en acier étaient souvent ajoutées à l'extérieur pour renforcer la structure. Ensuite, l'armature en acier est devenue une partie de la conception initiale, mais la structure de base en briques est restée.

De nos jours, la plupart des fours sont constitués d'une structure extérieure en acier avec un revêtement résistant à la chaleur.

Cette structure a d'avantages parmi eux :

- ✓ Réduction des fuites de gaz et d'air – sortie de gaz ou entrée d'air.
- ✓ Maintenance plus facile et moins coûteuse – le regarnissage est moins cher que la reconstruction.
- ✓ Sécurité améliorée - les débris volants sont réduits en cas d'explosion.
- ✓ Une plus grande flexibilité de conception – en termes de forme, de taille et de type de doublure.

Réfractaire :

Matériau résistant à la chaleur utilisé pour revêtir les chambres de combustion et les fours. Peut être sous forme pré-cuite (briques). (1)

Briques :

Élément de construction artificiel de petites dimensions, de forme géométrique régulière à base d'argile. (1)

La plupart des fours, mais pas tous, sont aujourd'hui des coques en acier avec un revêtement réfractaire. Ce revêtement peut être deux types de base : **Un revêtement monolithique** maintenu à la coque par des ancrages ou un **revêtement en fibres céramiques**. (9)

6.1.1 Revêtement monolithique :

C'est un développement relativement récent et consiste à un matériau réfractaire gradué dans une gamme de tailles pour réduire les vides avec un agent de liaison. (9)

6.1.2 Les fibres céramiques réfractaires :

Les FCR sont des fibres (de silicate) vitreuse artificielles à orientation aléatoire, dont le pourcentage d'oxydes-alcalins et alcalino-terreux ($[Na_2O] + [K_2O] + [CaO] + [MgO] + [BaO]$) est inférieur à 18%. Elles sont élaborées par fusion à très haute température soit par une combinaison d'Alumine et de silice soit par fusion d'un mélange de kaolinite (argile).

Les FCR contiennent généralement entre 47 et 54 % de silice et entre 35 et 51 % d'alumine.

Ces FCR sont conçues pour des applications comprises entre 800 et 1 450 °C.

La masse vitreuse fondue est ensuite transformée en fibres par centrifugation ou par soufflage d'air. Le refroidissement rapide des fibres leur confère un caractère amorphe (qui manque de vivacité). (12)

7 Le Contrôle du process réalisé au niveau des fours :

Les systèmes pneumatiques sont obsolètes et tous les nouveaux fours et rénovations utilisent soit des automates programmables pour le contrôle individuel des fours, soit les fours sont contrôlés par le biais du système de contrôle distribué (DCS) de l'ensemble de l'usine. (9)

Quel que soit le matériel utilisé, le système de contrôle de processus doit répondre à un ou plusieurs objectifs suivants :

- ✓ Maximiser la capacité de production du four.
- ✓ Garantir une qualité de produit satisfaisante.
- ✓ Minimiser la consommation de carburant.
- ✓ Minimiser les émissions.
- ✓ Contrôler le préchauffage du four.
- ✓ Permettre un changement en douceur entre différents produits. (9)

Les systèmes de contrôle de four tentent généralement d'atteindre ces objectifs en contrôlant un ou plusieurs des paramètres suivants :

- ✓ Débit(s) de combustible ou apports de chaleur au four.
- ✓ Débit d'air de combustion ou rapport(s) air/carburant.

- ✓ Température de l'air comburant.
- ✓ Température(s) du four.
- ✓ Composition des gaz de sortie du four.
- ✓ Température des gaz de sortie du four.
- ✓ Taux d'alimentation de la matière première au four.
- ✓ Composition physique et chimique de la matière première au four.
- ✓ Température de sortie du produit. (9)

8 Le brûleur :

Un brûleur est un transducteur puisqu'il transforme une forme d'énergie en une autre forme.

Le brûleur est le dispositif utilisé pour brûler le carburant avec un oxydant afin de convertir l'énergie chimique du carburant en énergie thermique.

Un système de combustion donné peut avoir un seul brûleur ou plusieurs brûleurs, selon la taille et le type d'application.

L'objectif principal d'un brûleur de four est de brûler le combustible aussi efficacement que possible et de produire le flux de chaleur optimal vers le produit. (11)

8.1 Composants des Brûleurs :

Il y a des composants importants brièvement considérés ici qui ont un impact sur la conception du brûleur :

✓ Le système d'allumage :

Est un composant important du système de brûleur pour assurer un fonctionnement sûr et fiable.

Le système d'allumage est souvent intégré au brûleur, mais dans certains cas, il peut être séparé du brûleur.

Le système peut être entièrement automatique ou manuel.

Différents types d'allumeurs sont disponibles tels qu'une veilleuse est utilisée pour allumer la flamme principale ; cela peut être continu ou interruptible, selon la conception du système.

La veilleuse peut être permanente ou amovible et peut être allumée par un allumeur à étincelle ou par une torche externe.

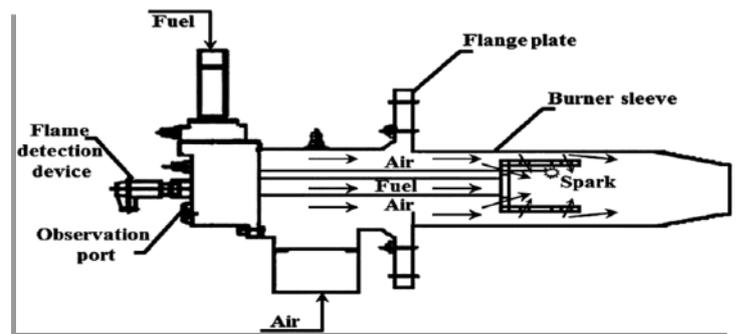
Les pilotes nécessitent une alimentation en carburant séparée et sont généralement pré-mélangées. (11)

✓ Les plenums :

Permettent d'homogénéiser les flux de gaz entrants pour les répartir uniformément à la sortie du brûleur ; Ceci est important pour garantir le bon fonctionnement du brûleur sur toute la plage des conditions de fonctionnement, en particulier lors de la variation de débit. (11)

✓ La tuile du brûleur :

Parfois appelée bloc ou ouvreau, est un élément important car elle aide à façonner la flamme et protège les pièces internes de la surchauffe. Dans la majorité des conceptions, le carreau du brûleur est constitué d'un certain type de céramique qui contient souvent de l'alumine et de la silice, en fonction des exigences de température. La tuile du brûleur peut également jouer un rôle important dans l'allumage et la dynamique des fluides du processus de combustion ; Le carreau peut avoir des composants de corps bluff qui améliorent la stabilité de la flamme. (11)



Source : ResearchGate site web

✓ **Les commandes :**

Ne font pas référence à l'équipement de contrôle des débits arrivant au brûleur, mais aux commandes qui peuvent se trouver sur le brûleur, par exemple un registre est souvent intégré aux brûleurs à tirage naturel pour contrôler le débit d'air entrant et le tirage de la fournaise. D'autres commandes sur un brûleur peuvent servir à ajuster la distribution des combustibles ou de l'air dans tout le brûleur. Par exemple, si un brûleur a plusieurs injecteurs de carburant, en particulier pour l'étagement du carburant, les commandes sur le brûleur peuvent être utilisées pour contrôler la quantité de carburant qui va à chaque injecteur. (11)

✓ **Le système de sécurité de la flamme :**

Est essentiel au fonctionnement sécuritaire du système de combustion. Cela peut inclure un certain type de détecteur de flamme ou de tige de flamme pour s'assurer que le brûleur ou la veilleuse est en fonctionnement. Ceux-ci sont connectés au système d'alimentation en carburant de sorte que le débit de carburant soit arrêté si la flamme s'éteint pour éviter une éventuelle explosion de gaz combustibles non enflammés entrant en contact avec une surface chaude quelque part dans la chambre de combustion. (11)

9 Déchets et émissions générés par les fours :

Les émissions potentielles des fours comprennent le CO₂, le CO, les NO_x, la poussière, les gaz acides (SO₂, SO₃ et H₂S) et les sous-produits toxiques de la combustion des combustibles résiduels. Les polluants attendus doivent être pris en compte dès la conception et lors de l'examen d'éventuelles évolutions de procédé. (9)

9.1 Formation de monoxyde de carbone :

Le monoxyde de carbone (CO) est hautement toxique et résulte d'une combustion incomplète. Il y a toujours du CO résiduel dans les fumées des fours car les processus de mélange ne sont pas parfaits.

Dans de bons systèmes de combustion, le CO doit être limité à quelques parties/million (ppm), normalement dans la plage de 20 à 50 ppm. Des niveaux légèrement plus élevés peuvent être tolérés dans des circonstances spécifiques, mais des niveaux de 1000 ppm ou plus résultent généralement d'un mauvais mélange carburant/air ou d'un manque d'air (rapport de carburant/air élevée) et sont les symptômes de problèmes graves dans le processus de combustion. (9)

9.2 Formation d'oxydes d'azote :

Les oxydes d'azote formés au cours du processus de combustion sont appelés émissions de NO_x. L'oxyde nitrique NO, est initialement formé, et la majeure partie est ensuite oxydée en dioxyde d'azote, NO₂, au contact avec de l'oxygène supplémentaire, soit dans le four, soit après évacuation dans les gaz de combustion dans l'atmosphère. (9)

9.3 Formation d'oxydes de soufre :

Des composés soufrés sont émis lorsque des combustibles soufrés (pétrole, charbon, etc.) sont brûlés ou lorsque des matériaux soufrés sont traités. Le dioxyde de soufre, SO₂, est le principal oxyde de soufre présent dans les gaz de combustion. Il est acide et corrosif et provoque des problèmes majeurs de corrosion des métaux et des réfractaires. Lorsque les conditions dans le four sont favorables (c'est-à-dire des concentrations élevées d'oxygène et une température modérée), du trioxyde de soufre, SO₃, peut se former. (9)

9.4 Formation de suie :

La suie peut se former dans tous les systèmes de combustion. Le temps nécessaire à la formation de suie est de l'ordre de la milliseconde. Il est formé à partir de combustible en phase gazeuse, brûlant en l'absence d'oxygène suffisant pour produire des hydrocarbures lourds, qui à leur tour se condensent sous forme de liquides, puis deviennent solides sous forme de suie. (9)

9.5 Formation et composition des cendres de combustible :

La cendre de combustible est le matériau résiduel incombustible restant après la combustion des particules de charbon. La matière minérale dans le carburant d'origine est généralement une combinaison de particules minérales discrètes et inhérentes (chimiquement liées à la structure organique du carburant). Cette matière minérale contient tout ou partie des éléments suivants : Al, Ba, Ca, Cr, Cu, Fe, Hg, K, Mg, Mn, Na, Ni, S, Si, Sr et Ti sous forme de sels ou de composés organiques complexes. (9)

CHAPITRE III : Notion sur la gestion des risques

1 Définitions :

1.1 La gestion des risques :

La gestion du risque ou le management des risques peut être définie comme l'ensemble des activités coordonnées en vue de réduire le risque à un niveau jugé tolérable ou acceptable à un moment donné et dans un contexte donné. Cette définition s'appuie ainsi sur un critère d'acceptabilité du risque. En résumé la gestion des risques inclut les étapes suivantes :

- ✓ Appréciation du risque (analyse et évaluation du risque)
- ✓ Acceptation du risque
- ✓ Maîtrise ou réduction du risque (13) (14)

1.2 L'analyse des risques :

L'analyse du risque est définie comme « l'utilisation des informations disponibles pour identifier les phénomènes dangereux et estimer le risque ». L'analyse des risques vise tout d'abord à identifier les sources de dangers et les situations associées qui peuvent conduire à des dommages sur les personnes, les biens ou l'environnement. Dans un second temps, l'analyse des risques permet de connaître si les barrières de sécurité existantes (barrières de prévention, barrières de protection) sont fiables et efficaces ou non. (13)

1.3 L'évaluation des risques :

Comme le nom l'indique, il s'agit d'un processus permettant d'évaluer les risques pour garantir la sécurité et la santé des salariés sur leur lieu de travail, évaluation qui permet de classer les risques selon un degré d'importance. (3)

La plupart du temps, il s'agit de décider si le risque est acceptable ou s'il doit faire l'objet de mesure supplémentaire de maîtrise. (14)

D'un autre terme l'évaluation du risque désigne une procédure fondée sur l'analyse du risque pour décider si le risque tolérable est atteint. (13)

En pratique, cette phase peut être accompagnée d'une quantification détaillée et précise des grandeurs qui caractérisent le risque. (13)

Comme précisé ci-avant, ce processus peut être plus ou moins complexe selon les critères retenus pour définir l'acceptation du risque. (13)

Lorsqu'un risque a pu être identifié, la première chose à faire est de voir si ce risque peut être éliminé. Si une élimination du risque s'avère impossible, le risque devra être maîtrisé, c'est-à-dire réduit à un minimum et gardé sous contrôle. (3)

1.4 Matrice de criticité des risques :

La définition de critères d'acceptabilité du risque est une étape-clé dans le processus de gestion du risque dans la mesure où elle va motiver la nécessité de considérer de nouvelles mesures de réduction du risque. Ainsi, l'acceptation du risque peut dépendre de facteurs éthiques, moraux, économiques ou politiques. Il est entendu que ces critères sont fonction du contexte de l'établissement concerné et des objectifs poursuivis dans la gestion des risques. (13)

Gravité		Probabilité			
		Augmentation de la probabilité			
		P1 Improbable	P2 Peu probable	P3 Probable	P4 Très probable
Augmentation de la gravité	G1 Blessure Bénin (accident sans arrêt de travail)				
	G2 Blessure corporel (accident avec arrêt de travail)				
	G3 Incapacité permanente				
	G4 décès				

Source : EVRP SONATRACH

- ✓ **Improbable** : jamais rencontré ou entendu mais c'est possible.
- ✓ **Peu probable** : ne s'est pas produit au niveau de l'entreprise mais déjà rencontré dans une organisation similaire.
- ✓ **Probable** : s'est produit ou pourrait se produire pendant la durée de vie de l'entreprise.
- ✓ **Très probable** : s'est produit fréquemment.

1.5 La réduction des risques :

La réduction du risque (ou maîtrise du risque) désigne l'ensemble des actions ou dispositions entreprises en vue de diminuer la probabilité ou la gravité des dommages associés à un risque particulier jugée inacceptable. De manière très générale, les mesures de maîtrise du risque concernent :

- ✓ **La prévention** : c'est-à-dire réduire la probabilité d'occurrence de la situation de danger.
- ✓ **La protection** : visant à limiter la gravité du dommage considéré.

Des mesures de réduction du risque doivent être envisagées et mises en œuvre tant que le risque est jugé inacceptable. (13)

Aussi, il y a lieu d'ajouter d'autres principes généraux pour déterminer les mesures afin d'éliminer les risques ou au moins à les maîtriser :

- ✓ Éviter / écarter le risque
- ✓ S'adapter au progrès technique
- ✓ Améliorer le niveau de protection. (3)

Ces étapes mentionnées et qui font partie de la gestion des risques doivent être réalisées d'une façon itérative.

1.6 Démarches d'analyse :

1.6.1 Démarche inductive :

Elle consiste à représenter les différentes séquences d'évènement susceptible de conduire, à partir de causes identifiées au préalable à un ou plusieurs effets préjudiciables au système la démarche inductive descend des causes vers les effets dont elle est appelée méthode directe. (15)

1.6.2 Démarche déductive :

Elle consiste à remonter aux causes premières d'un évènement redouté. La démarche déductive remonte des effets vers les causes ce qui justifie l'appellation équivalente de méthode indirecte.(15)

1.7 Type d'Analyse :

1.7.1 Analyse quantitative :

Analyse quantitative Le processus d'analyse quantitative vise à mesurer la probabilité et les conséquences des risques et à évaluer leur impact sur les objectifs du projet de manière numérique avec une plus grande précision. (15)

1.7.2 Analyse qualitative :

Analyse qualitative À cette étape, on analyse qualitativement les risques afin de les classer, les évaluer et les prioriser pour obtenir les risques les plus importants à traiter pour tenir les objectifs du projet. (15)

1.8 Outils d'analyse des risques

Les principaux outils d'analyse de risques

- ✓ L'Analyse Préliminaire des Risques (APR)
- ✓ L'Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité (AMDEC)
- ✓ L'Analyse par arbres des défaillances (ADD)
- ✓ L'Analyse par arbres d'évènements (ADE)
- ✓ ARAMIS (A Risk Assessment Methodology for Industries)
- ✓ LOPA (Layer of Protection Analysis)
- ✓ QRA (Quantitative Risk Assessment)
- ✓ MOSAR (Méthode Organisée Systémique d'Analyse des Risques)
- ✓ HAZOP (Hazard and Operability)

Parmi ces méthodes et pour notre étude on a choisi la méthode HAZOP.

1.8.1 Définition de quelques méthodes

1.8.1.1 L'analyse Préliminaire des Risques APR :

L'analyse préliminaire des risques (APR) est une méthode très générale couramment utilisée pour l'identification des risques au stade préliminaire de la conception d'une installation ou d'un projet. De ce fait, cette méthode ne nécessite généralement pas une connaissance approfondie et détaillée de l'installation étudiée. (14)

1.8.1.2 La méthode AMDEC :

L'AMDEC 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)

1.8.1.3 La méthode d'analyse par L'Arbre De Défaillance (ADD) :

Une méthode Visant à déterminer la séquence et la combinaison d'évènements pouvant conduire à un événement de référence redouté, elle sert également à l'analyse a posteriori des causes d'accidents survenus. Dans de tels cas, l'événement final que nous redoutons est généralement connu parce qu'il a été observé. C'est ce qu'on appelle une analyse des causes profondes, dont le but principal est de découvrir les causes réelles qui ont conduit à l'accident. (14)

2 Présentation de la méthode HAZOP :

2.1.1 Historique :

La méthode d'étude HAZOP a été développée par la société Imperial Chemical Industries (ICI) dans les années 1960 et son utilisation et son développement ont été encouragés par le Guide de Chemical Industries Association (CIA) publié en 1977. Depuis lors, elle est devenue la technique de choix pour de nombreuses personnes impliquées dans la conception de nouveaux processus et opérations. (16)

2.1.2 Définition :

La méthode HAZOP (Hazard and Operability) est une technique structurée et systématique d'examen du système et de gestion des risques. En particulier, HAZOP est souvent utilisé comme technique pour identifier les dangers potentiels dans un système et identifier les problèmes d'opérabilité susceptibles de conduire à des produits non conformes. HAZOP est basé sur une théorie qui suppose que les événements à risque sont causés par des écarts par rapport à la conception ou aux intentions d'exploitation. L'identification de ces déviations est facilitée par l'utilisation d'ensembles de « mots guides » et des paramètres. Cette méthodologie HAZOP aide à stimuler l'imagination des membres de l'équipe lors de l'exploration des déviations potentielles.

En tant qu'outil d'évaluation des risques, HAZOP est souvent décrit comme :

- ✓ Une technique de remue-méninges
- ✓ Un outil qualitatif d'évaluation des risques
- ✓ Un outil inductif d'évaluation des risques, ce qui signifie qu'on commence par la détermination des causes ensuite on conclut les conséquences.

2.1.3 Déroulement :

Une étude ne peut être effectuée que lorsqu'une description détaillée du processus et une conception complète sont disponibles. Des limites d'étude doivent être définies couvrant les éléments d'équipement à examiner et les modes de fonctionnement qui doivent être examinés. L'étude proprement dite est réalisée par une équipe de personnel expérimenté, principalement de l'usine elle-même, choisi pour sa connaissance de l'usine, du procédé et du site, des systèmes d'exploitation et de contrôle, des dangers potentiels et d'autres problèmes. (16)

Les éléments importants d'une étude HAZOP comprennent sa spécification, la composition de l'équipe, la préparation de l'étude, l'analyse détaillée lors des réunions d'équipe et la préparation du rapport. (16)

Pour réaliser une analyse par l'HAZOP il faut que cette méthode doive être structurée dans un tableau

Tableau de l'HAZOP :

Tableau n :		Titre de l'étude HAZOP :						
Equipement :		Paramètre :						
Déviation		Cause	Conséquence	Barrière		Cotation		Recommandation
Paramètre	Mot-clé			Prévention	Protection	P	G	

Explication du tableau :

- ✓ Dans un premier temps, choisir une ligne ou de la maille. Elle englobe généralement un équipement et ses connexions, l'ensemble réalisant une fonction dans le procédé identifiée au cours de la description fonctionnelle.
- ✓ Choisir un paramètre de fonctionnement.
- ✓ Retenir un mot-clé et générer une dérive.
- ✓ Vérifier que la dérive est crédible.
- ✓ Identifier les causes et les conséquences potentielles de cette dérive.
- ✓ Examiner les moyens visant à détecter cette dérive ainsi que ceux prévus pour en prévenir l'occurrence ou en limiter les effets.
- ✓ Proposer, le cas échéant, des recommandations et améliorations.
- ✓ Retenir un nouveau mot-clé pour le même paramètre et reprendre l'analyse au point 3.
- ✓ Lorsque tous les mots-clés ont été considérés, retenir un nouveau paramètre.
- ✓ Lorsque toutes les phases de fonctionnement ont été envisagées, retenir une nouvelle ligne et reprendre l'analyse. (14)

Exemple sur les paramètres : (16)

Débit	PH
Niveau	Composition
Pression	Vitesse
Viscosité	Volume de particule
Temps	Mesure

Exemple sur les mots Clés (16)

Pas de	Plus de
Avant	Moins de
Après	Inverse

2.1.4 Usage :

HAZOP est le mieux adapté pour évaluer les dangers dans les installations, les équipements et les processus et est capable d'évaluer les systèmes sous plusieurs angles :

En phase de Conception et de réalisation :

- ✓ Évaluer la capacité de conception du système à répondre aux spécifications des utilisateurs et aux normes de sécurité
- ✓ Identifier les faiblesses des systèmes Environnements physiques et opérationnels
- ✓ Évaluer l'environnement pour s'assurer que le système est correctement situé, pris en charge, entretenu, confiné, etc.

En phase d'exploitation et des Contrôles opérationnels :

- ✓ Évaluer les contrôles techniques (ex : automatisation), les séquences d'opérations, les contrôles procéduraux (ex : interactions humaines), etc.
- ✓ Évaluer différents modes de fonctionnement - démarrage, veille, fonctionnement normal, états stables et instables, arrêt normal, arrêt d'urgence, etc.

2.1.5 Les avantages et les inconvénients de la méthode :

Les avantages :

- A. Utile face à des dangers difficiles à quantifier :
- Dangers ancrés dans les performances et les comportements humains.
 - Dangers difficiles à détecter, analyser, isoler, compter, prévoir, etc.
 - La méthodologie ne vous oblige pas à évaluer ou à mesurer la probabilité d'occurrence de l'écart, la gravité de l'impact ou la capacité à détecter
- B. Méthodologie de brainstorming intégrée
- C. Méthodologie systématique et complète
- D. Plus simple et intuitif que les autres outils de gestion des risques couramment utilisés. (16)

Les inconvénients :

- A. Aucun moyen d'évaluer les dangers impliquant des interactions entre différentes parties d'un système ou d'un processus
- B. Aucune capacité de classement ou de priorisation des risques ; Les équipes peuvent éventuellement intégrer la capacité requise
- C. Aucun moyen d'évaluer l'efficacité des contrôles existants ou proposés (sauvegardes)
- D. Peut avoir besoin d'interfacer HAZOP avec d'autres outils de gestion des risques (ex : HACCP) à cette fin. (16)

CHAPITRE IV : Présentation du Complexe GP1Z

1 Présentation de l'entreprise National SONATRACH :

Le groupe SONATRACH est une société Algérienne de recherche, d'exploitation, de transport par canalisations, de transformation et de commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivées au niveau national et international, elle a été fondée en 1963, son siège social est situé à Alger. Elle emploie plus de 200 000 dans son groupe. Ce qui la place, aujourd'hui, première compagnie d'hydrocarbures en Afrique et en Méditerranée. Elle exerce ses activités dans quatre principaux domaines l'Amont, l'Aval, le Transport par Canalisations et la Commercialisation.

1.1 L'activité Amont :

Cette activité a pour mission l'exploration et la production des hydrocarbures brutes ; le gaz et l'huile(pétrole) situées dans des gisements géants, dans différentes régions du Sahara algérien, tels que Hassi Messaoud, Hassi R'Mel, Hassi Berkine, Ourhoud, Tin Fouyé Tabankort, Rhourde Nouss, In Salah et In Amenas.

1.2 L'activité transport par canalisation :

Le Réseau de Transport par canalisation assure le transport, au profit des Utilisateurs, de toute production d'Hydrocarbures des Points d'Entrée aux Points de Sortie. Il permet également d'alimenter le marché national, les complexes de GNL en Gaz, les complexes de séparation en GPL et les raffineries en pétrole brut et en Condensat.

1.3 L'activité Aval :

Cette activité est reconnue aussi par activité LRP qui veut dire : les activités de Liquéfaction, de raffinage et de la pétrochimie.

- L'Activité Liquéfaction-Séparation (LQS) a pour mission la transformation des hydrocarbures par la liquéfaction du gaz naturel et la séparation des GPL.
- L'Activité Raffinage & Pétrochimie a pour mission essentielle l'exploitation et la gestion de l'outil de production du Raffinage et de la Pétrochimie, pour répondre principalement à la demande du marché national en produits pétrolier.

1.4 L'activité Commercialisation :

L'Activité Commercialisation a pour mission de veiller aux approvisionnements énergétiques du marché national, sa première mission statutaire en tant que garant du service public, et à la valorisation des hydrocarbures liquides et gazeux, primaires et transformés, exportés sur les marchés internationaux. ainsi elle est chargée de l'élaboration et de l'application des politiques et stratégies en matière de commercialisation des hydrocarbures.

2 Présentation du complexe :

Le complexe GP1Z fait partie des six complexes de liquéfaction appartenant à l'activité (AVAL) de l'entreprise national SONATRACH. C'est un important complexe, construit dans la zone industrielle d'Arzew Le complexe a pour objectif, le traitement d'une charge GPL venant de plusieurs gisements du sud algérien (Hassi Messaoud, Hassi R'Mel, etc....) pour la production du PROPANE et du BUTANE liquéfiés. Les produits finis sont destinés à l'exportation et aux marchés nationaux.

2.1.1 Historique :

- ✓ 11/12/1978 Le contrat de construction passé avec IHI-ITOH JAPON.
- ✓ 11/10/1980 Ouverture du chantier.
- ✓ 10/11/1980 Démarrage des travaux.

- ✓ 12/12/1983 Mise en production de la phase 1 (04 trains de traitement GPL produisant au total 4,8 Mt/an).
- ✓ 31/12/1983 Inauguration officielle.
- ✓ 20/02/1984 Chargement du premier navire de propane réfrigéré.
- ✓ 24/02/1998 Extension phase 2 (02 trains de traitement GPL supplémentaires) permettant de passer à une production totale de 7,2 Mt/an pour (pour 6 trains).
- ✓ Avril 2010 Extension phase 3 (03 trains de traitement GPL) apportant une capacité de production de 3 Mt/an supplémentaire, permettant de passer à une production totale de 9 Mt/an pour 09 trains.

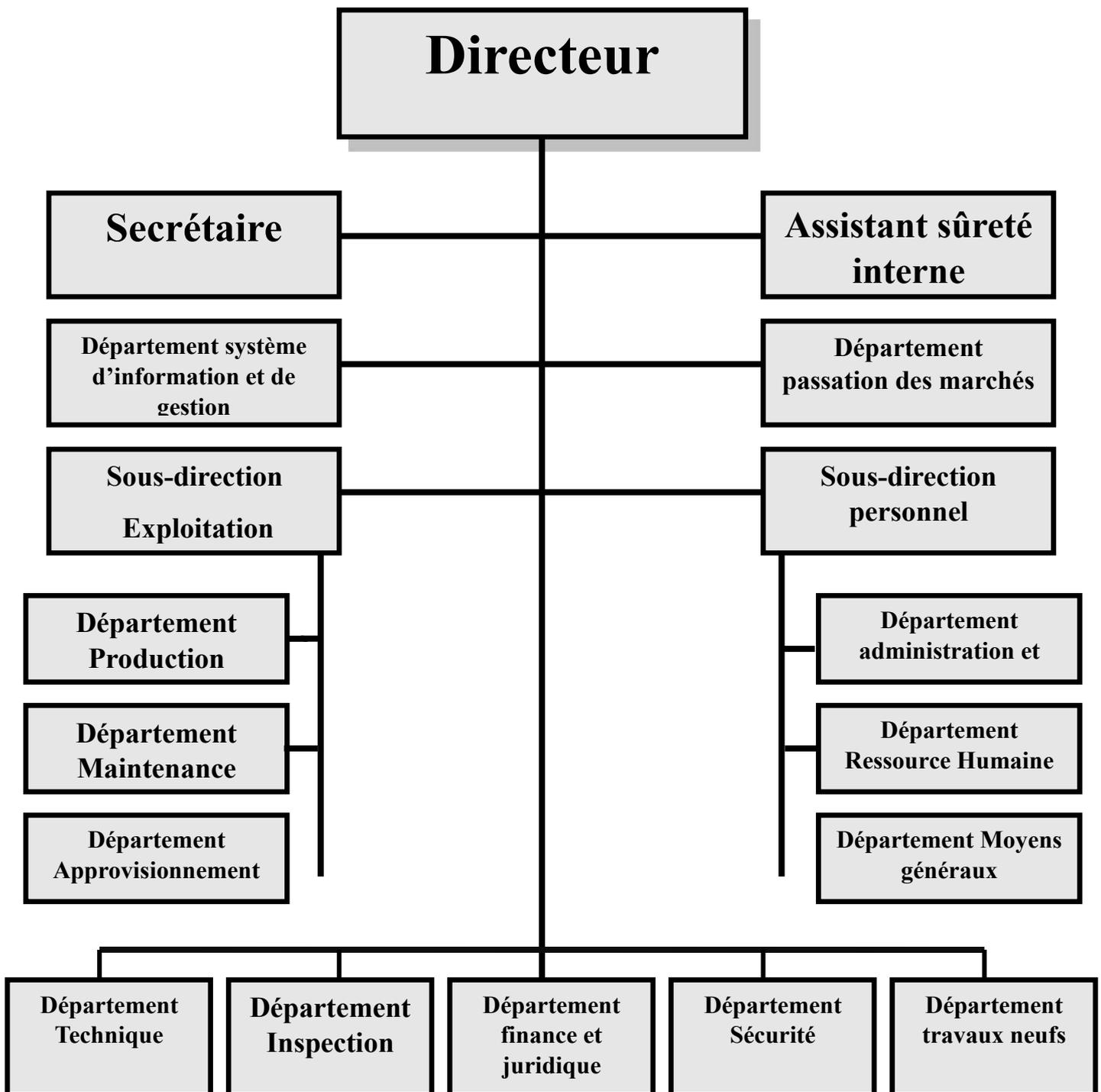
2.2 Fiche Technique du Complexe :

Localisation	Mers-El-Hadjadj.
Superficie	+120 hectares.
Objectif	10,8 Millions t/an de GPL.
Produits	Propane commercial. Butane commercial.
Nombre de Trains	Neuf (09) trains de 1,2 Mt/an chacun.
Constructeur	Consortium Japonais IHI (IshikawajimaHarima Heavy Industries) et C. ITOH Compagnies.
Date de démarrage des travaux	10 Novembre 1980.
Date de mise en production	12 Décembre 1983.
Date de mise en production de l'extension pour phase 02	24 Février 1998.
Date de mise en production de l'extension pour phase 03	Avril 2010.
Destination de la Production	Exportation et Marché local.
Source d'Approvisionnement	Gaz en provenance des champs gaziers et Pétroliers de Hassi R'Mel et Hassi Messaoud
Capacité de stockage	- Stockage de la charge : 22 000 m3. - Stockage de produits réfrigérés : 560 000 m3. - Stockage de produits ambiants : 2 500 m3

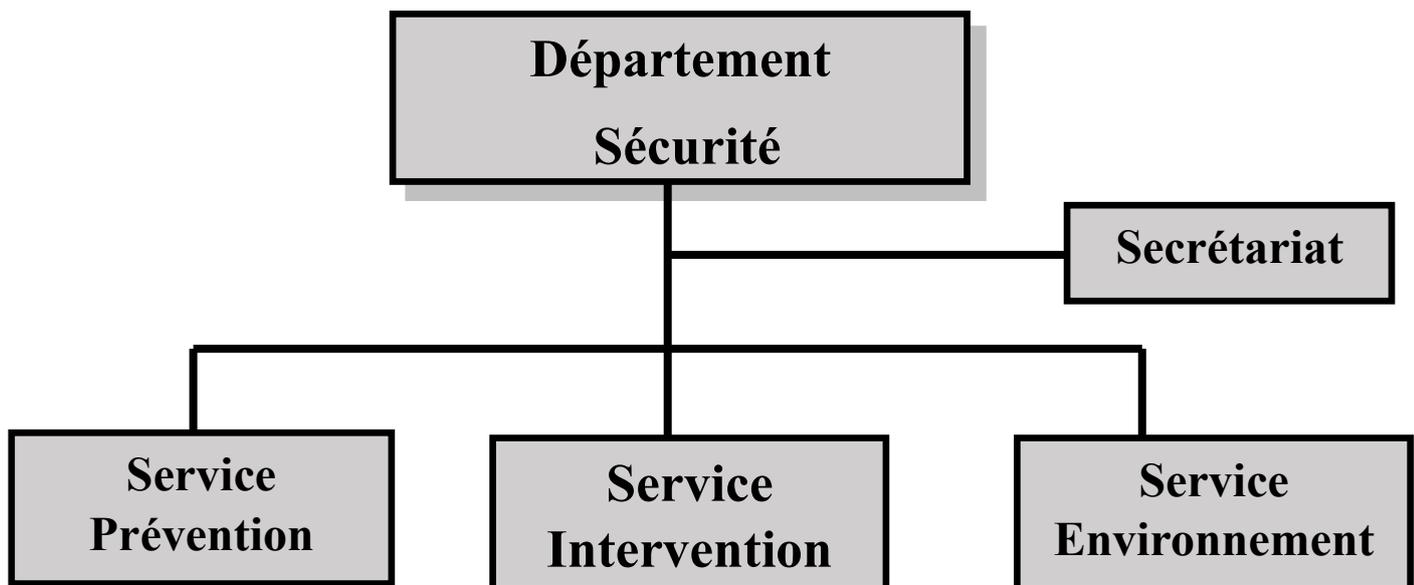
2.3 Situation géographique :

Le complexe GP1Z est entièrement inscrit dans la zone industrielle d'ARZEW. Il est situé entre la centrale thermoélectrique de Mers EL Hadjaj à l'Est et les complexes de GNL à l'Ouest, à 40 km de la ville d'Oran et à 8 km de la ville d'Arzew., entre la mer méditerranée et la route nationale N°1

2.4 Organisation de l'entreprise :



2.5 Organigramme du Département HSE :



➤ Service Prévention :

Ce service met les moyens dont il dispose pour assurer les meilleures conditions de travail et sécuriser toutes les interventions. Pour cela il est doté de deux sections :

- ✓ Section animation : La section animation est chargée d'informer et de sensibiliser tout le personnel sur les mesures de sécurité à prendre par des affiches, des messages et des formations.
- ✓ Section contrôle : Elle est constituée d'inspecteurs de sécurité afin d'assurer la sécurité lors des travaux effectués. Tous les travaux doivent passer par le département HSE pour leur attribuer un permis de travail (permis de travail à froid, permis de travail à chaud, permis de travail de pénétration).

➤ Service intervention :

Ce service intervient à n'importe quel moment en cas d'accident pour fournir de l'aide comme le secourisme, l'étouffement des débuts de feu ou les incendies...etc. à travers ces deux sections

- ✓ Section équipement : Elle s'occupe de tout ce qui est matériel de sécurité comme le réseau anti-incendie, les skid (à mousse ou à poudre), assure sa disponibilité pour toute intervention et le suivi en cas de réparation.
- ✓ Section intervention : Cette section intervient en cas d'urgence, elle regroupe quatre équipes de quart d'intervention. Munis d'une salle de contrôle pour la télésurveillance à l'aide des quarante caméras de surveillance avec six vidéos installées aux alentours du complexe pour l'enregistrement de tout événement, ainsi que d'un système de commande à distance (DCS et PKS).

➤ Service environnement :

Ce service lutte contre la pollution de l'air, de l'eau et du sol, les nuisances sonores ainsi que la gestion des déchets dans un cadre réglementaire afin de chercher les causes et proposer des solutions adéquates pour la protection de l'environnement.

2.6 Principales installations du Complexe :

- ✓ 22 sphères de stockage de la charge d'alimentation d'une capacité de 1000 m³ chacun.
- ✓ 08 bacs de 70.000 m³ de capacité unitaire pour le stockage des produits finis (propane et butane) à basse température.
- ✓ 04 sphères de 500 m³ de capacité unitaire pour le stockage des produits finis propane et butane à température ambiante
- ✓ 01 Sphère de 500 m³ de capacité pour le stockage du pentane.
- ✓ 09 trains de traitement du GPL. Chaque train comprend les sections suivantes :
 - ✓ *Section déshydratation.*
 - ✓ *Section séparation.*
 - ✓ *Section réfrigération.*
 - ✓ *Section huile chaude.* 02 unités de récupération du BOG
 - ✓ 01 Section dépentanisation pour les trois trains de la phase 3.
 - ✓ 01 Section démercurisation.
 - ✓ 02 stations électriques alimentées par SONELGAZ.
 - ✓ 05 salles de contrôle :
 - ✓ *Une salle de contrôle principale pour le contrôle des installations de production (MCR)*
 - ✓ *Une salle de contrôle locale pour le stockage (LCR)*
 - ✓ *Une salle de contrôle locale pour les expéditions par navires (JCR)*
 - ✓ *Une salle de contrôle locale pour les expéditions par camions (CCR)*
 - ✓ *Une salle de contrôle de sécurité (SCR).*
 - ✓ 06 générateurs assurant l'énergie de secours du complexe.
 - ✓ 02 quais de chargement (D1 et M6) pouvant recevoir des navires d'une capacité variant entre 4 000 et 45 000 tonnes de GPL.
 - ✓ 01 rampe de chargement pour camions.
 - ✓ 01 station pomperie d'eau de mer
 - ✓ 01 système de télésurveillance.
 - ✓ 02 unités SIDEM de dessalement d'eau de mer.
 - ✓ 02 stations de traitement des eaux de rejet (WWT phase I et WWT phase II).
 - ✓ 01 unité de déshuilage.
 - ✓ 01 unité de neutralisation des eaux de rejet chimiques

2.7 Procédé de fabrication :

a) Section d'arrivée et de stockage de la charge :

L'alimentation se fait à partir des champs gaziers et pétroliers de Hassi R'Mel et de Hassi -Messaoud par un Gazoduc 24 via le terminal RTO situé sur le plateau de Béthioua, La section de stockage d'alimentation comprend vingt-deux (22) sphères d'une capacité globale de 22000 m³. Les vingt-deux (22) sphères sont réparties en Cinq (05) blocs comportant chacun quatre (04) sphères et un bloc de deux sphères. Ensuite le GPL brut est acheminé vers les 9 trains identiques installés en parallèle par 14 pompes de charge (07 pompes pour la phase I, 03 pompes pour la phase II et 04 pompes pour la phase III).

b) Section déshydratation :

L'alimentation de la section se fait en GPL brut depuis la section de stockage de la charge. La charge arrive par un collecteur commun, à une pression de 30 bars aux neuf trains. Cette unité a pour objectif la réduction de l'eau dissoute dans la charge GPL de 100 PPM jusqu'à 5 PPM pour éviter la formation du givre. La section déshydratation en phase liquide de la charge comprend trois colonnes d'adsorption, contenant des tamis moléculaires et fonctionnant en période de 36 heures ; un en service, l'autre en régénération et la

dernière en stand-by Le GPL passe dans le sécheur du bas vers le haut, l'humidité est extraite lors du passage du GPL à travers les tamis moléculaires La durée d'adsorption est de 36 heures et la colonne qui était en service passe en régénération (avec un temps de 19 heures). Une fois les 36 heures dépassées le sécheur passe automatiquement en régénération, cette dernière comprend les séquences suivantes :

Drainage (01 heure) ; Dépressurisation (30 minutes) ; Réchauffage (11 heures) ; Refroidissement (05 heures) ; Pressurisation (30 minutes) ; Remplissage(1heure);

c) Section de séparation :

Le GPL provenant de la section déshydratation, passe tout d'abord par trois (03) préchauffeurs avant qu'il soit introduit dans la section de fractionnement (séparation) à une température de 71°C et à un débit nécessaire de telle manière à obtenir la quantité requise de produits.

✓ Fractionnateur :

Le GPL ainsi préchauffé à 71°C passe directement dans le Fractionnateur (il est constitué de 55 plateaux à clapets) où il est séparé en (propane + éthane) en tête de colonne et en (butane + pentane) au fond de la colonne. Les produits de tête de colonne sont condensés et récupérés au niveau du ballon de reflux. Les produits de fond de colonne sortent à une température de 110°C, préchauffent la charge GPL et passent vers le Dépentaniseur.

✓ Dé-éthaniseur :

C'est une colonne de fractionnement équipée de 25 plateaux à clapets. Cette colonne est utilisée pour l'élimination de l'éthane contenu dans le propane. L'éthane sort en tête colonne et le propane sort du fond de la colonne, l'éthane passe par des condenseurs de tête, puis, accumuler dans son ballon de reflux, les vapeurs d'éthane sont acheminées soit vers torche ou four selon les résultats des analyses du laboratoire, par contre l'éthane liquide est utilisé comme reflux de la colonne dé-éthaniseur. Le fond de la colonne est dirigé vers la section réfrigération.

✓ Dé-pentaniseur :

Il existe un seul dé-pentaniseur commun pour les neuf trains. Son rôle est d'éliminer les traces de pentane contenues dans le butane. Le dé-pentaniseur est une colonne constituée de 50 plateaux à clapets. Le butane sortant de la tête du dé-pentaniseur, mélangé au reste du butane non dépentanisé, et est envoyé à la section de réfrigération. Le pentane recueilli du fond du dé-pentaniseur sera refroidi par aéroréfrigérant, et envoyé vers le stockage ambiant.

d) Section de réfrigération :

Le but de cette section est de refroidir les produits finis à leur température de stockage (-42°C pour le propane et -9°C pour le butane). Les produits sont réfrigérés par trois (03) échangeurs suivant un cycle fermé formant une boucle de réfrigération au propane. Le propane est évaporé dans les échangeurs de chaleur, cette évaporation provoque l'abaissement de température du produit à réfrigérer. Une partie du propane réfrigéré sera comprimée et envoyée au Dééthaniseur de la section de séparation comme réfrigérant de tête de colonne. La vapeur de propane générée dans les ballons d'aspiration, les condenseurs de tête des dééthaniseur et les dispositifs de réfrigération du butane, sont comprimés par un compresseur centrifuge à trois (03) étages entraînés par une turbine à gaz soit par un moteur électrique. Elle est ensuite condensée dans les condenseurs de type aéroréfrigérant. Les produits finis sont ensuite canalisés vers les bacs de stockage.

e) Section huile chaud :

L'huile provenant de cette section est utilisée comme source de chaleur pour le troisième réchauffeur, les rebouilleurs et finalement pour le gaz naturel de régénération utilisé à la section de déshydratation. L'huile sort du four à une température de 180°C.

2.8 Procédé de stockage et de chargement :

a) Système de stockage :

Stockage à basse température :

Elle contient huit bacs de stockage à basse température, quatre pour le propane et quatre autres pour le butane d'une capacité de stockage de 70 000 m³ chacun. Les bacs sont en doubles parois qui permettent de maintenir les deux produits à une température de -40°C pour le propane, et de -6°C pour le Butane sauf de la phase 3 sont en béton Armé à la place de la double paroi. Chaque bac est muni de system de sécurité des soupapes, des casses vides et des lignes de GN en cas de chute de pression à l'intérieur des bacs.

Stockage à température ambiante :

Contient cinq sphères de 500 m³ chacun sont disponibles pour une température ambiante pour le chargement camion, une (1) sphère pour le propane, trois (3) pour le butane et une (1) pour le pentane

Le BOG : (Boil-Off-Gaz) :

C'est une unité comprend la reliquéfaction de propane et la reliquéfaction de butane. Le système de récupération a pour but de condenser les gaz évaporés et de les renvoyer au réservoir de stockage, de ce fait la pression dans le réservoir de stockage est maintenue dans la gamme de 300-800 mm H₂O. Sans perte de produit.

b) Système de Chargement :

Chargement de bateaux :

Deux systèmes de chargement sont respectivement installés au bout des jetées D1 et M6, Le débit de chargement est le suivant :

D1 débit maximum de chargement est de 4000 M³/HR

M6 débit maximum de chargement est de 10000 M³/HR

Les gaz produits par évaporation au moment du chargement sont dirigés vers la section de récupération des gaz évaporés (BOG).

Chargement de camions à température ambiante :

Le chargement simultané de cinq (05) camions de propane et butane commerciaux et un camion de pentane peut être effectué à température ambiante à partir de cinq (05) sphères de 500 m³.

2.9 La zone utilité

Est une étendue de terrain du GP1Z contenant tout le matériel nécessaire au bon fonctionnement du complexe. Elle est divisée en sections :

Section Azote (N₂) :

L'azote est chargé par des camions à partir d'autres sociétés telles que COGIZ à l'état liquide, il est transformé en vapeur et est transporté vers les installations pour travaux divers tels que chasser les gaz pour éviter le déclenchement d'étincelles.

Section gasoil :

Le gasoil est chargé par des camions dans un ballon de 81.5 m³. Il est utilisé dans les générateurs de sécurité, les turbines à gaz, les moteurs diesels, ...

Section méthanol :

Le méthanol est chargé par des camions dans un ballon de 22.5 m³, il est utilisé dans le dégivrage des conduites surtout pendant l'hiver.

Section GN :

Le GN est vendu au GP1Z par RTO, il arrive avec une pression de 50 bars et à la température ambiante. Il subit un réchauffement par la vapeur d'eau dans un échangeur. Deux vannes sont responsables de la distribution du GN aux différents équipements et doivent assurer une pression de **25 bars**. Le GN est conduit après vers un ballon tampon où il sera prêt à être utilisé dans différents domaines tels que déshydratation, chaudière, four, cuisine, turbine à gaz, compresseur.

Section eau distillée :

L'eau distillée est obtenue grâce à la société internationale de dessalement de l'eau de mer (SIDEM), elle est stockée dans un bac de 469 m³ et est utilisée pour alimenter les chaudières à l'aide de 02 pompes.

Section eau industrielle :

Cette eau est assurée par l'EPEOR et est utilisée dans les bâtiments et dans le refroidissement des bacs et des sphères en cas de feu (système de déluge). Le bac contenant cette eau a une capacité de 2424 m³.

Section eau de refroidissement :

On trouve dans cette section 03 pompes, un réservoir et des aéros. L'eau de refroidissement vient essentiellement du bac eau distillée et est utilisée dans le refroidissement des équipements tels que les compresseurs. Cette eau réalise un circuit fermé du réservoir où elle est aspirée puis refoulée par des pompes vers des aéros et est conduite pour refroidir l'équipement désiré et retourne chaude au réservoir.

Compresseur :

Il existe 05 compresseurs, 03 électriques et un diesel utilisé en cas de coupure d'électricité.

Chaudière :

Elle est composée de 02 ballons : un ballon inférieur rempli à 100 % d'eau et un ballon supérieur rempli à 50% d'eau. On fait passer de l'eau dans les tubes de la chaudière après avoir allumé les brûleurs (source de feu), l'échange de chaleur entre l'eau dans les tubes et celle qui existe dans les ballons fait évaporer celle de ces derniers. Ainsi cette vapeur sort vers les installations telles que le réchauffage du GN, ou vers la torche pour réduire la fumée noire.

CHAPITRE V : Analyse et Discussion

1 Le FOUR : (02 H-N501).

Four thermique de Capacité de **47.37 Kcal/h .10⁶** qui est nécessaire pour le réchauffage d'Huile et le Gaz Naturel de Régénération aux températures requises.

2 **Caractéristiques techniques et description du four** :

Deux chambres de Combustion appelées (Zones de Radiation) -transfert de chaleur par rayonnement - équipées chacune par **15 Pilotes** et **15 Brûleurs**,

DG-N305, DG-N306 en bas ; DG-N307, DG-N308 & TI-N353, TI-N354 au milieu.

Le combustible utilisé consiste en un Mélange de **Gaz Naturel**, d'**Ethane Vapeur** et les Incondensables du sommet du ballon de Reflux du **DC2**, le GN de régénération de la section de Déshydratation et les **Gaz** de récupération des **Gaz torchés** inter Trains.

Deux Cheminées munies Chacune d'un **Registre réglable**, d'un **indicateur de tirage du courant d'Air** de combustion ; Draft Gage (**DG-N309 & DG-N310**) et d'un indicateur de température (**TI-N351/N352**).

Une chambre Intermédiaire appelée (**Zone de Convection**) – transfert de chaleur dans un fluide par déplacement des molécules vers les zones de moindre densité - qui est alimentée par les Gaz Chauds récupérés de l'échappement de la turbine (**Phase -1**) et les Gaz Brûlés de la zone de Radiation servant à **Réchauffer l'Huile** circulant dans un serpentín de **8 passes de 8"** et le **Gaz Naturel de régénération** circulant dans un autre petit serpentín de **4"** (Entée Four **NG-N005** et Sortie **NG-N007**).

2.1 **Les pipes** :

Une pipe d'huile de **22"** **HO-N804 D1X** avec **8** passes d'entrées Four via un manifold de **24"**.

Une pipe de sortie d'Huile de **22"** **HO-N805 D1X** Via un manifold de **24"** → **Utilisateurs**.

Une conduite de **10"** **SL-N833 D1U** vapeur d'Eau pour **Décokage**.

Une conduite de **12"** **SL-N896 D1U** Sortie Vapeur d'Eau vers cheminée (**Atm**).

Une conduite de **6"** **SL-N876 D1U** vapeur d'Eau pour balayage et/ou étouffement de Flamme.

Une conduite d'alimentation **GN** pour Brûleurs **6"** **NG-N885 D1Y**.

Une conduite d'alimentation **GN** pour Pilotes **2"** **NG-N886 D1Y**.

Remarque :

Les 8 passes de sortie d'Huile chaude sont équipées par des indicateurs de température qui doivent transmettre la même valeur. S'il y a un grand écart entre les **TE** ça veut dire qu'il existe un **dépôt de Coke** ou une **perforation d'un Tube** ou l'indicateur (**TE**) en question est **défectueux**.

*Le Tirage d'Air à travers les Deux registres des Cheminées et les registres Individuels de chaque Brûleur ne doit pas excéder la valeur de **(2.5 mmH2O)** sous la voûte comme Indiqué par les (**DG- N307 & DG-N308**) qui se trouvent sur les côtés du Four.*



3 Section huile chaud :

Cette section a pour But de Réchauffer l'Huile TORADA T.C (Fluide Caloporteur) à une Température de **180°C** pour alimenter les Utilisateurs en Huile Chaude par des Pompes centrifuges fonctionnant (une en Marche et l'autre en Stand-by en position Auto).

Chaque Utilisateur reçoit l'apport calorifique nécessaire qu'il lui faut, suivant la demande du procédé de séparation de manière à maintenir la température voulue qui est fixée dans chaque section au plateau sensible de chaque colonne ; et éviter ainsi toute influence (perturbation) qui peut être causée par les Variations saisonnières de la température Ambiante.

Pour obtenir un fonctionnement stable du système et pour ne pas perturber les paramètres de températures des colonnes, il faut que le contrôleur de débit de circulation d'huile chaude (**FIC-N302**) soit majoré par rapport au débit total des utilisateurs de **(10 à 15%)**.

Les Utilisateurs sont :

Fractionnateur (**02-E-N003A/B**).

Déethaniseur (**02-E-N007**).

Préchauffer N°3 (**02-E-N013**).

Dépentaniser (**02-E-N009**).

En plus du réchauffage d'Huile, cette section sert aussi à réchauffer le Gaz Naturel à une Température de **380°C** afin de l'utiliser dans la section de déshydratation de Charge et de Garde pour la régénération des Tamis Moléculaires.

3.1 Propriétés du Fluide caloporteur :

1. densité = 0.804 à $T^{\circ} = 124^{\circ}\text{c}$
2. Point d'ébullition Inférieur = 367°c .
3. Point d'ébullition Final $> 462^{\circ}\text{c}$.
4. Point d'écoulement = -9°c .
5. Point d'éclair = 207°c .

3.2 Les différentes Installations de la section Huile Chaude

3.2.1 Pompes :

P-N501A/B : des pompes de circulation d'Huile Chaude débit = **1900 m3/h**.

P-N502 : des pompes d'Alimentation d'Huile débit = **30 m3/h**.

P-N505 des pompes de Vidange d'Huile = **5 m3/h**.

3.2.2 Aéro réfrigérant :

E-N501 : pour le refroidissement d'Huile de **180°C à 90°C** à un débit de **60 m3/h**.

3.2.3 Ballon d'Expansion :(02 V- N501).

C'est le ballon central de la section Huile Chaude d'un volume de 146 m3 servant à maintenir l'inventaire d'Huile circulant en circuit fermé dans la conduite de (**22"HO-N805 D1X**) départ et la conduite de retour (**22" HO-N801 D1X**).

3.2.4 Réservoir de Stockage d'Huile : (02 T- N501).

De capacité de **450 m3** qui est maintenu sous pression maximale (**de 120 mmH2O**) par une couverture d'Azote à l'aide d'un ensemble de **PCV** auto régulant et une soupape au sommet. Il sert à alimenter le ballon d'Expansion (**02 V-N501**) en Huile par la **P-N502** en cas de chute de niveau dans ce dernier.

3.2.5 6. Ballon Tampon de Gaz Combustible : (02 V- N531).

C'est un ballon qui sert à approvisionner le **Four** en gaz combustible en provenance des différentes sources citées ci dessus, à une Pression de **3.5 Kg/cm² (phase-1)** et **3 Kg/cm² (phase-2)**.

Cette pression est régulée en **Split Range** à l'aide du (**PIC-N310**) qui actionne l'ouverture de la **PV-N310 A** pour décharger le surplus de la pression vers **Torche HP** ou l'ouverture de la **PV-N310 B** pour l'admission du **Gaz Naturel**.

3.3 Description du procédé :

3.3.1 Circuit d'Huile :

L'huile Torada **TC** de densité (**0.804 à 124°C**) est pompée à partir du collecteur d'aspiration d'Huile chaude de **22"** par les Pompes centrifuges (**02-P- N501 A/B**) à une température d'un peu plus de **120°C**, une Pression d'aspiration minimale de (**1.6 Kg/cm²**) et une Pression de refoulement de (**7 Kg/cm²**). L'Huile est ensuite introduite dans la zone de (convection) du Four à Travers **8 passes** pour absorber la chaleur des Gaz d'échappement puis se dispatchent en deux ensembles de **4 lignes** chacune formant ainsi un serpentin pour atteindre la zone de (Radiation) des deux chambres de combustion en bas du four pour réchauffer l'Huile à la température requise de (**180°C**). Ensuite l'Huile ressorte d'en haut du four pour alimenter les rebouilleurs (**E-N003 A/B**), (**E-N007**), (**E-N009**) et le Préchauffeur final N°3 (**E-N013**).

Le collecteur d'aspiration des pompes de circulation est connecté au niveau de la sortie du Ballon d'Expansion avec la pipe de retour d'Huile chaude en provenance des Utilisateurs.

Ces pompes sont équipées à l'Aspiration par des **Filtres à Panier** pour retenir toutes les particules indésirables équipés d'un (**PDI-N320**) pour la **pompe A**, et un (**PDI-N321**) pour la **pompe B** afin de signaler l'encrassement des Filtres.

« Ces Pompes (Impulseur à double Aspiration) sont refroidies par de l'Eau Distillée ».

Le **Débit recyclé** vers le Ballon d'Expansion et /ou le collecteur d'aspiration est Contrôlé par le **FIC- N302** actionnant l'ouverture ou la fermeture de la **FV- N302**.

Les pompes sont commandées par le **FSL- N302** qui enclenche celle qui est en Stand-by sélectionnée en position auto et déclenche celle qui était en Marche en cas de chute de débit de cette dernière suite à un problème tel que (Cavitation ou autre).

Le **FSL- N303** à un débit de **600m³/h** Ferme par **Interlock** la vanne de Sécurité principale du **Gaz Naturel (XV- N302 « Brûleurs »)**.

Le maintien de la température à **180°C** « Constante » sortie du Four est contrôlée en **cascade** par le **TIC- N301** actionnant l'ouverture et /ou la fermeture de la vanne de contrôle du Fuel Gaz (**PV-N308**).

Le (**TSHH- N302**) à une température de **195°C** sortie Four Ferme par **Interlock** la vanne de sécurité principale du **Gaz Naturel (XV- N302 « Brûleurs »)**.

3.3.2 Circuit de Gaz Combustible :

Le Fuel Gaz après avoir réglé sa pression à l'entrée du ballon Tampon « **02-V-N531** » est livré ensuite aux Chambres de Combustion par une ligne de (**6"NG-N885 D1Y**) alimentant le collecteur distributeur en passant par la vanne de Sécurité (**XV-N302** vers **Brûleurs**) puis une vanne de contrôle de pression (**PV-N308**) qui sert à régler la pression de **1.6 Kg/cm²** en amont du Four au démarrage.

Un piquage d'une ligne de (2"NG-N886 D1Y) alimentant le collecteur distributeur des Pilotes en Fuel Gaz passant par la vanne de sécurité (XV-N30 vers Pilotes) suivie d'une (PCV-N303) afin de maintenir la pression de 1.6 Kg/cm² à l'entrée du Four.

L'ignition des pilotes est effectuée en premier lieu manuellement et les Brûleurs seront ensuite allumés spontanément chacun par le Pilote coexistant.

3.3.3 Instruments de mesures :

Température :

TAL- N301 (Huile) 170°c. affichée dans la MCR.

TAH- N301 (Huile)190°c. affichée dans la MCR.

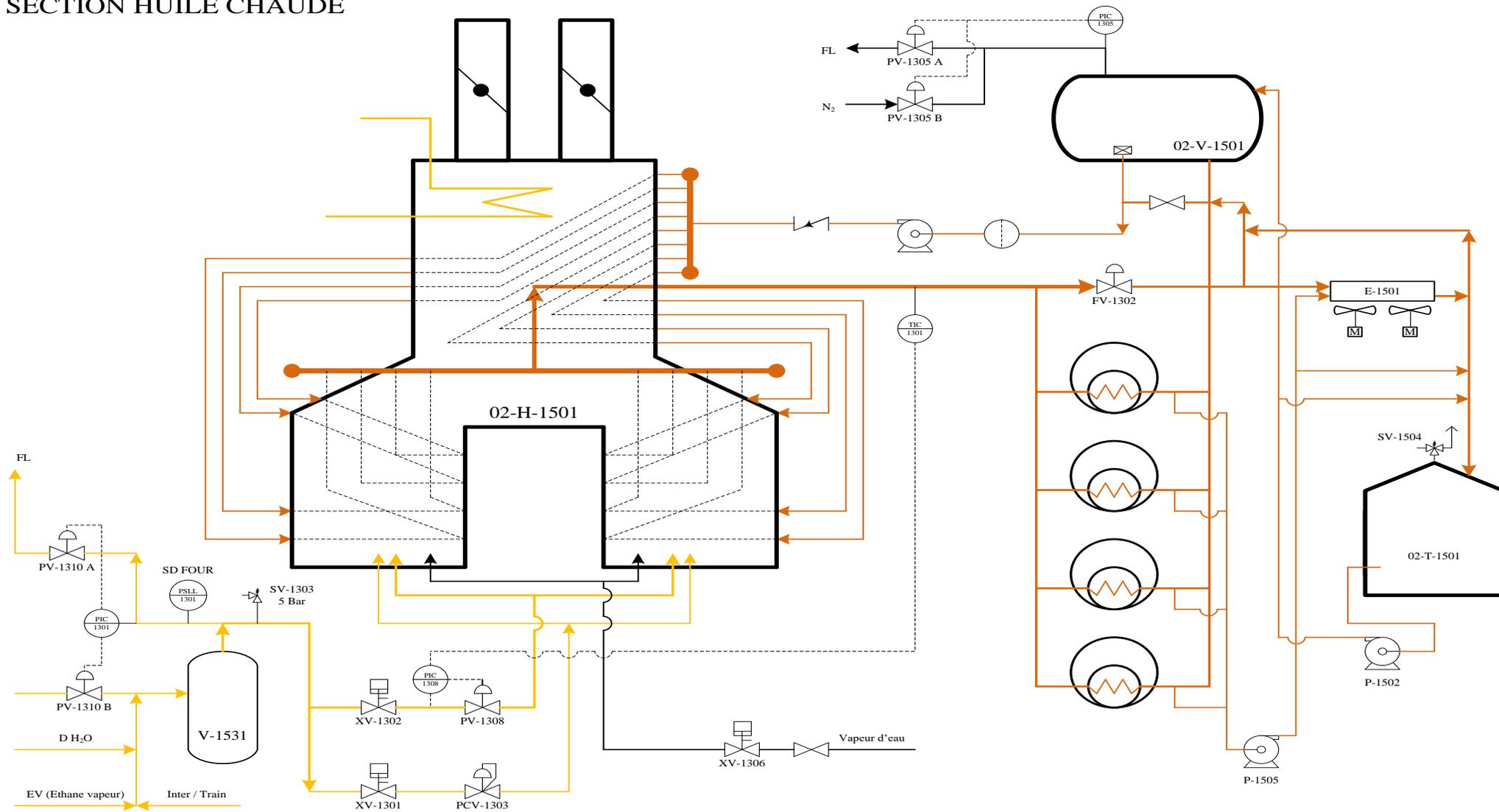
Pression:

PAL- N308 Brûleur 0.16 Kg/cm² affichée dans la MCR.

PAL- N312 Pilotes 0.2 Kg/cm² affichée dans la MCR

3.4 Schémas Descriptif de la section Huile Chaude :

SECTION HUILE CHAUDE



4 Analyse des risques et évaluation :

4.1 L'application de la méthode APR

Maille	Evénement redouté	Détail	Causes	Conséquences	Mesures de prévention	Mesures de protection	P	G	Actions/ Remarques
H-1501 Four	Perte d'étanchéité externe de l'enveloppe	Hausse de température	Entrainement C3 et GPL	Arrêt du four					
		Fatigue	Choc thermique	- Création de points chauds sur l'enveloppe du four. - Endommagement du four	Inspection et entretien périodique (3 ans)	Rideau d'eau	P 1	G 4	
		Corrosion externe	- Atmosphère saline. - Humidité élevée.	- Endommagement de l'enveloppe du four. - Réduction des performances du four	- Inspection visuelle. - Inspection périodique (3an. - Peinture anti-corrosion.		P 2	G 4	
		Agression externe (choc mécanique)	- Passage d'engins (Grue). - Incident dans une installation voisine (effet missile). - Co activité. - Effet domino. - Torchage.	- Création de points chauds sur l'enveloppe. - Endommagement de l'enveloppe du four.	- Permis de travail. - Plan de prévention. - Plan de levage. - Distance de sécurité entre les équipements et installation.	- Rideau d'eau. - Balisage. - Présence d'un agent de sécurité lors du déplacement des grues. - Caméra de surveillance.	P 1	G 4	
		Corrosion interne	Huile corrosive	- Percement des tubes. - Feu d'huile. - Augmentation de la température. - Endommagement du four.	Entretien et inspection périodique (3 ans)	Rideau d'eau. Réseau antiincendie	P 2	G 2	

	Perte d'étanchéité des tubes d'huile	Fatigue	Choque thermique (entraînement C3 et GPL)	- Percement des tubes. - Feu d'huile. - Augmentation de la température. - Endommagement du four.	Entretien et inspection périodique (3 ans)	Rideau d'eau. Réseau anti-incendie	P 1	G 4	
		Cokage	Décomposition de l'huile a cause de la température élevée.	- Percement des tubes. - Feu d'huile. - Augmentation de la température. Endommagement du four.		Décochage a la vapeur	P 1	G 4	
	Bouchage des bruleurs	Fatigue	Oxydation/choc thermique, (Entrainement C3et GPL)	Arrêt du four	Entretien et inspection périodique (3 ans)	Sablage	P 4	G 1	
	Perte d'étanchéité des tubes GN	Corrosion interne	GN Humide	- Percement des tubes. - Fuite de GN. - Augmentation de la température. - Endommagement du four.	Inspection périodique (3 ans)		P 2	G 4	
Fatigue		Choc thermique	- Percement des tubes. - Fuite de GN. - Augmentation de la température. - Endommagement du four.	Entretien et inspection périodique (3 ans)	Rideau d'eau. Réseau anti-incendie	P 1	G 4		

4.2 L'application la Méthode HAZOP :

Tableau n : 1				Titre de l'étude HAZOP : section d'huile chaude					
Equipement : four 02 H -1501				Paramètre : Débit GN					
Déviation		Cause	Conséquence	Barriere		Cotation			Recommandation
Paramètre	Mot-clé			Prévention	Protection	P	G	R	
Débit	Trop de GN	- Défaillance de la PV-1308 (Bloquée ouverte)	- Surchauffe. - Endommagement des tubes du four (partie radiation).			P1	G2		Utilisation de l'analyseur d'O ₂ afin de connaitre la quantité d'oxygène présente dans le foyer.
		- Mauvaise régulation de PCV-1303 (trop ouvert)	- Perte de confinement.			P1	G2		
	- Excès O ₂ provenant des gaz d'échappement de la turbine.	- Inflammation. - Fatalité.							
	- La PV-1308 Bloquée fermée.	Montée en pression dans le ballon tampon GN.		- Déclanchement du four. - (Fermeture XV pilotes/bruleur/Alimentation en GN.	P1	G1			
Pas assez de GN		- Mauvaise régulation du PCV-1303 (pas assez ouverte)							
		Défaut des utilités (encrassement des filtres)	Perturbation de la production		- Déclanchement du four. - Arrêt de la turbine donc arrêt de réfrigération. - Mettre la séparation en recyclage ou en reflux total.	P2	G1		
		Retour chaud (huile)	Sans conséquences			P4	G1		

Tableau n : 2				Titre de l'étude HAZOP : section d'huile chaude					
Equipement : four 02 H -1501				Paramètre : Débit huile					
Déviation		Cause	Conséquence	Barriere		Cotation			Recommandation
Paramètre	Mot-clé			Prévention	Protection	P	G	R	
Débit	Trop d'huile	<ul style="list-style-type: none"> - Défaillance de la vanne FV-1302 (Bouchage des prises d'impulsion) - Mauvaise régulation FSL-1302. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mauvaise chauffage de l'huile. - Mauvaise traitement. 	Programme d'inspection périodique (3 ans).		P 2	G 3		
	Pas assez de d'huile	<ul style="list-style-type: none"> - Défaillance de la FV-1302 (pas assez ouverte/bloquée fermée). - Mauvaise régulation FIC-1320. - Pompe de circulation d'huile défaillante. - Bouchage des filtres de la pompe de circulation. - Indicateur d'encrassement des filtres de la pompe défaillants (PDI 320A/B) 	<ul style="list-style-type: none"> - Endommagement /rupture des tubes d'huile. - Fuite d'huile depuis les tubes endommagés. - Inflammation. - Fatalité 	<ul style="list-style-type: none"> - FSL 1302 à 800 m3. - Programme d'inspection périodique (3 ans). - Entretien. - Maintenance . 	<ul style="list-style-type: none"> - FSLL 1303 à 600 m3, - Déclanchement du four : Fermeture des XV-1302 (bruleurs) alimentation en GN. - Arrêt de la pompe 1501 A/B par HS 1301. - Actionner l'ouverture de la XV-1306 (vapeur d'étouffement). - Vidange tout l'inventaire vers tank 	P 2	G 1		
		Rupture de la ligne d'alimentation 22" HO-N804 DIX du four en huile (corrosion/choc mécanique)	<ul style="list-style-type: none"> - Perte de confinement. - Feu de nappe. 	<ul style="list-style-type: none"> - Programme d'inspection périodique (3 ans). 		P 1	G 2		

Tableau n : 3				Titre de l'étude HAZOP : section d'huile chaude					
Equipement : four 02 H -1501				Paramètre : Pression					
Déviation		Cause	Conséquence	Barriere		Cotation			Recommandation
Paramètre	Mot-clé			Prévention	Protection	P	G	R	
Pression	Trop de GN	Idem pour Trop de débit GN				P1	G2		Mettre en place une alarme haute pression PAH
	Pas assez de GN	- La PV-1308 bloquée fermée. - Mauvaise régulation du PCV-1303 (pas assez ouverte)	Montée en pression dans le ballon tampon GN	- PAL -1308 (bruleurs) à 0.16 Kg/cm2. - PLA-1312 (pilotes) à 0.2 kg/cm2. - Programme d'inspection périodique (3 ans). - Maintenance.	- Déclanchement du four par : PSSL-1301 du V-1531 à P=1 kg/cm2. - Arrêt de la turbine donc arrêt de réfrigération. - Mettre la séparation en recyclage ou en reflux total.	P1	G1		
	Trop d'huile	Idem pour Trop de débit				P2	G3		
	Pas assez d'huile	Idem Pas assez d'huile				P2	G2		

Tableau n : 4		Titre de l'étude HAZOP : section d'huile chaude								
Equipement : four 02 H -1501		Paramètre : Température								
Déviation		Cause	Conséquence	Barriere		Cotation			Recommandation	
Paramètre	Mot-clé			Prévention	Protection	P	G	R		
Température	Haute	- Défaut de mesure du TIC-1301. - Défaillance de la PV-1308 alimentation GN (bloquée ouvert/trop ouverte)	Surchauffe							
			Endommagement des tubes du four (partie radiation)		- TSHH-1302 à 195 °C. arrêt d'urgence : Déclenchement du four.	P1	G2			
		- Entrainement C3 du ballon de reflux du d'éthaniseur. - Entrainement GPL de la déshydratation / phase de remplissage.	Perte de confinement	- Indicateur de TI zone de radiation : TI-1353/1354. - Indicateur de la TE de la peau des tubes :TE-1357/1385/1359/1360/1361/1362. - Indicateur de la TE des 8 passe sortie huile chaude : TE-1367-1371 TE-1364-1367. - TAH-1301 à 190 °C. - Inspection périodique. - Maintenance.	- Rideau d'eau. - Arrêt de la pompe 1501 A/B par HS-1301. - Actionner l'ouverture de la XV-1306 (vapeur d'étouffement). - Vidanger tout l'inventaire vers tank	P4	G1			
		- Entrainement GPL du déshydrateur de garde. - Entrainement C3 de la section BOG	Inflammation			P4	G1			
			Fatalité			P4	G2			
		Registres de la cheminée bloquée fermée.	Augmentation de la pression. Déclenchement du four.	Indicateur de TI au niveau de la cheminée : TI-1351/1352					- Revoir l'intégrité des instruments de mesure. LS de la section déshydratation inclus. - Remise en service du chromatographe du gaz à l'entrée du four.	
										- Entretien - Maintenance - Renouvellement.

Tableau n : 5				Titre de l'étude HAZOP : section d'huile chaude					
Equipement : four 02 H -1501				Paramètre : Température					
Déviation		Cause	Conséquence	Barriere		Cotation			Recommandation
Paramètre	Mot-clé			Prévention	Protection	P	G	R	
Température	BASSE	Défaillance de la PV-1308	Déclanchement de la séparation.	TAL-1301 à 170 C ⁰ . Indicateur de la T ⁰ des 8 passe sortie huile chaude : TE-1368/1371 TE-1364/1367		P1	G2		
		Fluide caloporteur non utilisé dans la séparation (le traitement n'est pas à 100%)	Perturbation de la production		Maintenance de la section huile chaude en circulation avec chauffe minimale en réagissant sur les bruleurs pour que T ⁰ de sortie du four soit inférieur à 180 C ⁰ (environs 130 C ⁰)	P4	G1		
		Extinction des bruleurs (coup de vent)	Accumulation du gaz. Explosion (VCE)			P2	G4		Mettre en place un détecteur d'absence de flamme.
		Bouchage des bruleurs	Arrêt de four		Inspection périodique. Maintenance.	P4	G1		

4.2.1 Remarque :

La matrice des risques utilisé dans cette étude est la matrice EVRP de SONATRACH :

Gravité		Probabilité			
		Augmentation de la probabilité			
		P1 Improbable	P2 Peu probable	P3 Probable	P4 Très probable
Augmentation de la	G1 Bénin (accident sans arrêt de travail)				
	G2 Blessure (corporel accident avec arrêt de travail)				
	G3 Incapacité permanente				
	G4 décès				

- ✓ P1 Improbable : jamais rencontré ou entendu mais c'est possible.
- ✓ P2 Peu probable : ne s'est pas produit au niveau de l'entreprise mais déjà rencontré dans une organisation similaire.
- ✓ P3 Probable : s'est produit ou pourrait se produire pendant la durée de vie de l'entreprise.
- ✓ P4 Très probable : s'est produit fréquemment.

	Risque acceptable
	Risque Tolérable
	Risque inacceptable

4.3 Interprétation et Commentaires :

D'après l'application de la méthode HAZOP et les résultats obtenus, on constate que les phénomènes dangereux ayant de graves conséquences sont les suivants : l'endommagement du four, la perte de confinement et l'explosion (VCE). Ces phénomènes dangereux sont causés par différents facteurs liés à la construction du four industriel, tels que son coffrage et ses revêtements susceptibles de présenter des fissures pouvant entraîner une perte de confinement. De plus, la fatigue et les ruptures des tuyaux et des conduites d'huile, de gaz combustible, etc peuvent provoquer des explosions, des incendies et des dommages graves au four. Il convient également de mentionner les moyens de contrôle et de régulation installés sur le four, tels que les indicateurs de température, les alarmes, qui peuvent être défectueux.

Enfin, les vannes de sécurité XV constituent une barrière de sécurité essentielle pour le four et leur défaillance a une influence significative sur l'apparition de ces phénomènes dangereux.

4.4 Présentation des effets d'une explosion du four par l'utilisation du logiciel PHAST :



Conclusion générale :

Le four H-1501 joue un rôle crucial dans la section huile en chauffant l'huile pour la séparation du GPL et en assurant le réchauffage du gaz de régénération. De manière indirecte, il contribue également à la déshydratation du GPL.

Notre étude approfondie sur ce four indique que le risque est jugé acceptable, en raison de la réduction de la probabilité d'occurrence des événements redoutés, suite à la mise en place d'une étude fiable qui a conduit à l'installation de dispositifs de détection tels que les indicateurs de température, ainsi que des moyens de protection tels que les vannes de sécurité XV.

Cependant, selon la modélisation des effets de l'explosion, la gravité d'un phénomène dangereux reste très élevée et peut potentiellement déclencher une réaction en chaîne en raison de la présence d'installations à proximité, telles que le ballon tampon, le bac d'huile et le ballon d'aspiration.

Cela peut entraîner d'autres événements indésirables et causer des pertes humaines ainsi que des dommages matériels significatifs pour l'entreprise.

Bibliographie

1. Larousse, Pierre. *Petit Larousse illustré*. Paris : Librairie Larousse, 1983.
2. Introduction à la prévention, PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA DÉMARCHE DE PRÉVENTION. *Institut National de Recherche et de Sécurité*. [En ligne] 26 Novembre 2014. [Citation : 20 avril 2023.] <https://www.inrs.fr/demarche/principes-generaux/introduction.html>.
3. *Pas à Pas vers L'évaluation et la Gestion des risques*. s.l. : Association d'Assurance contre les Accidents, Inspection du travail et des mines, Direction de la Santé – Division de la Santé au.
4. MAZOUNI, Mohamed-Habib. Thèse pour l'obtention de doctorat Pour une Meilleure Approche du Management des Risques : De la Modélisation Ontologique du Processus Accidentel au Système Interactif d'Aide à la Décision. Nancy : s.n., 2008.
5. INRS PRÉVENTION ET RISQUES INDUSTRIELS Qu'est-ce qu'un risque industriel ? *Institut National de Recherche et de Sécurité*. [En ligne] INRS, 2 décembre 2014. [Citation : 24 avril 2023.] <https://www.inrs.fr/demarche/risques-industriels/definition-risque-industriel.html>.
6. PRINCIPES GÉNÉRAUX DE LA DÉMARCHE DE PRÉVENTION. *Institut National de Recherche et de Sécurité*. [En ligne] 28 11 2014.
7. Système de Management de l'environnement ISO 14001. s.l. : Organisation internationale de normalisation, 2015.
8. Secrétariat Général du Gouvernement Journal Officiel. [En ligne] [Citation : 3 mai 2023.] <https://www.joradp.dz/HFR/Index.htm>.
9. Peter Mullinger, Barrie Jenkins. *Industrial furnaces and Process Principles, Design and Operation*. s.l. : ELSEVIER, 2008.
10. W. Trinks, M. H. Mawhinney, R. A. Shannon, R. J. Reed, J. R. Garvey. *Industrial Furnace*. New Jersey : John Wiley and Sons, 2004.
11. Charles E. Baukal, Jr. *Industrial Burners HANDBOOK*. s.l. : CRC PRESS, 2003.
12. *Fibres céramiques réfractaires Isolation et protection thermique en milieu industriel*. s.l. : Institut national de recherche et de sécurité, 2011.
13. Bernuchon, O. Salvi E. *Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs, Outils d'analyse des risques générés par une installation industrielle*. s.l. : Institut National de l'Environnement Industriel et des risques, Direction des risques Accidentels, 2003.
14. Debray, Bruno. *Formalisation du savoir et des outils dans le domaine des risques majeurs, méthode d'analyse des risques générés par une installation industrielle*. s.l. : Institut National de l'Environnement industriel et des Risques, Direction des Risques Accidentels, 2006.
15. Crawley, Frank. *A Guide to Hazard Identification Methods second edition*. s.l. : Elsevier, 2020.
16. Tyler, Frank Crawley and Brian. *HAZOP: Guide to Best Practice*. s.l. : Elsevier, 2015.
17. Monteau, M. Favaro et M. *Bilan des méthodes d'analyse à priori des risques*. Paris : Institut National de Recherche et de Sécurité, 1990.