
République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Ibn Khaldoun de Tiaret

Faculté des Sciences Appliquées

Département de Génie Mécanique



MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences et Technologie

Filière : Electromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

Thème

Etude de la disponibilité opérationnelle d'un compresseur alternatif

Préparé par :

MAACHOU Abdelhay Elkayoum et **AZZOUZ** Khaled

Soutenu publiquement le : 27 / 06 / 2024, devant le jury composé de :

M. DEBBIH Snoussi	Maître-assistant "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Président
M. MAZARI Djamel	Maître-assistant "A" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. ARARIA Rabeh	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Examineur
M. GUEMMOUR Mohamed	Maître de Conférences "B" (Univ. Ibn Khaldoun)	Encadreur

Année universitaire : 2023 – 2024

REMERCIEMENTS

On tiens avant tout à remercier chaleureusement Monsieur **GUEMMOUR Mohamed Boutkhal**, Maître de conférences classe "B" à l'université de Tiaret de nous avoir encadré et assuré le suivi de notre travail. En nous faisant confiance depuis le début de nos travaux, il a su diriger ce travail tout en nous laissant une complète autonomie. On le remercie non seulement pour la qualité de son encadrement mais également pour l'incalculable qualité humaine dont il a toujours fait preuve.

Je suis reconnaissant de l'honneur que m'ont fait Monsieur **MAZARI Djamel**, Maître-assistant classe "A" à l'université de Tiaret et Monsieur **ARARIA Rabah**, Maître de conférences classe "B" à l'université de Tiaret, pour avoir accepté de prendre part au jury. Je les remercie vivement d'avoir accepté la tâche d'évaluer mon mémoire en qualité d'examineur, en consacrant de leur précieux temps à l'examen, à l'évaluation de mon travail et pour l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail. Je les remercie aussi pour la patience et la pertinence dont ils ont fait preuve à la lecture de ce document afin de l'expertiser et estimer sa valeur scientifique.

Je remercie tout autant Monsieur **DEBBIH Senouci**, maître assistant classe "A" à l'université Ibn Khaldoun de tiaret, pour avoir accepté de prendre part au jury, de le présider et de proclamer le résultat de la délibérations du jury ma soutenance.

Enfin, je tiens aussi à remercier l'équipe pédagogique, constituée de l'ensemble des enseignants permanents et vacataires qui ont assurés notre formation durant notre cycle de master, ainsi que l'équipe de formation, constituée du responsable de filière et du responsable de la spécialité qui ont assurés la promotion de la spécialité maintenance industrielle, sans oublier le staff administratif du département de génie mécanique qui a veillé à l'organisation, la planification, le contrôle et le suivi des activités pédagogiques et à leur tête Monsieur le chef de département.

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Position d'In Amenas sur la carte	5
Figure 1.2 : Évacuation des produits vers Ohanet	5
Figure 1.3 : Vue extérieur des trois trains du CPF	7
Figure 1.4 : Chemin de gaz d'In Amenas Projet	8
Figure 1.5 : Structure organisationnelle des divisions	9
Figure 1.6 : Synoptique de l'installation VRU	10
Figure 1.7 : Vue extérieure du compresseur Peter Brotherhood Ltd.....	10
Figure 2.1 : Compresseur Peter Brotherhood Ltd.....	14
Figure 2.2 : Bloc cylindre.....	15
Figure 2.3 : Vilebrequin	16
Figure 2.4 : Bielle	16
Figure 2.5 : Piston.....	17
Figure 2.6 : Crosse	17
Figure 2.7 : Entretoise	18
Figure 2.8 : Clapet d'aspiration et de refoulement	18
Figure 2.9 : Segments.....	19
Figure 2.10 : Vue extérieure de la Garniture de gaz.....	19
Figure 2.11 : Coupe longitudinale de la Garniture gaz	19
Figure 2.12 : Vue extérieure de la Garniture d'huile.....	20
Figure 2.13 : Coupe longitudinale de la Garniture d'huile	20
Figure 2.14 : Vue extérieure de la Garniture intermédiaire	20
Figure 2.15 : Coupe longitudinale de la Garniture intermédiaire.....	20
Figure 2.16 : Circuit de refroidissement	21
Figure 2.17 : Vue extérieure de Circuit d'huile.....	21
Figure 2.18 : Vue extérieure du Carter.....	22
Figure 2.19 : Fumée de la torche	22
Figure 2.20 : Schéma de fonctionnement de piston.....	23
Figure 3.1 : Etapes d'analyse de l'ADD	29
Figure 3.2 : Arbre de défaillance partiel pour "fuite de gaz excessive sur la garniture gaz"	23

LISTE DES TABLEAUX

Tab 2.1: Spécification de compresseur	23
Tab 2.2: Modes de défaillances.....	24
Tab 3.1: Symboles des évènements dans les arbres de défaillances	28
Tab 3.2: Symboles des portes dans les arbres de défaillances	29
Tab 3.3: Liste des événements probables.....	32

ABREVIATIONS

Symbole	Désignation
ADD	Arbre de défaillance
APR	Analyse préliminaire des risques
BP	British petroleum
BS	British standard
CPF	Central processing facilities
DEP	Division exploitation puits
ESD	Emergency shutdown
GPL	Gaz de pétrole liquéfié
HC humide	Hydrocarbure humide
HSE	Hygiène, sécurité, et environnement
IACP	In Amenas compression project
ITC	Information technology and telecommunications
LT, (HH)	Level transmitter, (high-high)
LTD	Limited
NGL	Liquides de gaz naturel
PSV	Pressure safety valve
PV	Vanne de pression
SDV	Shut down valve
SONATRACH	Société Nationale de Transport, Transformation, et Commercialisation des Hydrocarbures
TAR	Turnaround
TG2	Tiguentourine 2
Torche HP	Torche haute pression
TS	Technique support
VRU	Vapor Recovery Unit

SOMMAIRE

Introduction générale	2
------------------------------------	---

Chapitre 01 : Installation VRU

1.1 Introduction	4
1.2 Site gazier de Tiguentourine	4
1.2.1 Présentation de l'entreprise	4
1.2.2 Situation géographique	4
1.2.3 Objectif de l'entreprise	5
1.2.4 Les sociétés exerçantes au CPF	6
1.2.4.1 Sonatrach Company	6
1.2.4.2 British Petroleum	6
1.2.4.3 Statoil	6
1.2.5 Unité central de traitement CPF	6
1.2.6 Les caractéristiques de fluide de production	8
1.2.7 Organisation de la direction du groupement de Tiguentourine	8
1.3 Installation VRU	10
1.3.1 Description.....	10
1.3.2 Process de l'unité récupération vapeur	11
1.3.2.1 Systèmes de contrôle.....	12
1.3.2.2 Systèmes de protection.....	12
1.3.2.3 Soupapes de sécurité	12
1.4 Conclusion	12

Chapitre 02 : Compresseur alternatif à pistons -PETER BROTHERHOOD

2.1 Introduction	15
2.2 Description	15
2.2.1 Bloc cylindre	16
2.2.2 Couvercle	16
2.2.3 Embiellage	16
2.2.3.1 Vilebrequin.....	16
2.2.3.2 Bielle	17
2.2.3.3 Piston.....	17
2.2.3.4 Coulisseau (ou crosse)	18
2.2.3.5 Entretoise	18

2.2.3.6 Pièces d'usure	19
1° Soupapes	19
2° Segments	19
3° Garnitures mécanique.....	20
2.2.4 Auxiliaires.....	21
2.2.4.1 Circuits de refroidissement	21
2.2.4.2 Circuits de lubrification	22
2.3 Fonctionnement	24
2.3.1 Principe de fonctionnement de compresseur à piston.....	24
2.3.2 Le fonctionnement	24
2.3.3 Analyse thermodynamique	24
2.3.4 Spécification de compresseur.....	24
2.4 Modes de défaillances	25
2.5 Conclusion	27

Chapitre 03 : Analyse dysfonctionnelle du compresseur

3.1 Introduction	29
3.2 Analyse dysfonctionnelle par arbre de défaillance	29
3.2.1 Historique et domaine d'application	29
3.2.2 Définition et objectives	29
3.2.2.1 Définition	29
3.2.2.2 Objectives.....	30
3.2.3 Représentation graphique.....	30
3.2.3.1 Événement.....	30
3.2.3.2 Portes logiques	31
3.2.4 Etapes de la mise en œuvre de l'ADD	31
3.2.5 Construction de l'ADD	32
3.2.5.1 Etapes de construction	32
1°. Événement redouté (évènement indésirable).....	32
2°. Événements intermédiaires.....	32
3°. Événements de base.....	32
3.2.5.2 Règles de construction	33
3.2.6 Avantages et Inconvénients	33
3.2.6.1 Avantages.....	33
3.2.6.2 Inconvénients	34

3.3 Arbre de défaillance garniture compresseur	34
3.3.1 Identification de l'évènement redouté.....	34
3.3.2 Construction de l'arbre de défaillance	35
3.4 Analyse de l'évènement redouté	36
3.4.1 Recherche des causes	36
3.4.1.1 Mauvais montages des anneaux de garniture.....	36
1. Dégradation des propriétés mécaniques.....	36
2. Surface du joint polluée.....	36
3.4.1.2 Usure des anneaux de garniture	36
1. Vibrations excessives	36
2. Surchauffe due à un mauvais refroidissement.....	36
3.4.1.3 Tiges de piston usées ou rayées	37
1. Mauvais alignement des tiges de piston	37
2. Frottement excessif	37
3.4.1.4 Orifice de garniture bouché.....	37
1. Corrosion ou oxydation	37
2. Accumulation de débris	37
3.4.2 Interprétation des résultats	37
3.4.2.1 Interprétations spécifiques	38
a. Interrelation entre causes.....	38
b. Influence des pratiques de maintenance.....	38
c. Facteurs environnementaux.....	38
3.4.2.2 Solutions et Recommandations	38
1. Planification et Fréquence	38
a. Inspections régulières	38
b. Calendrier de remplacement.....	38
2. Vérification des Composants	38
a. Anneaux de garniture	39
b. Tiges de piston	39
c. Orifices de garniture.....	39
3. Système de refroidissement.....	39
4. Traitements Préventifs.....	39
a. Traitement anti-corrosion	39
b. Revêtements de surface	39
5. Documentation et Suivi	39

a. Journal de maintenance	39
b. Analyse des données	39
3.5 Conclusion.....	39
Conclusion générale	41
Références bibliographiques	43

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Le présent travail s'inscrit dans un contexte technologique en relation avec l'industrie des hydrocarbures et en particulier le traitement du gaz naturel. Cette opération est menée dans les unités centrales de traitement. Dans ces installations se déroule le processus de récupération de vapeurs de gaz ainsi que leurs compressions. Cette dernière nécessite l'exploitation de compresseurs alternatifs à pistons.

Notre thème entre dans le cadre de la maintenance préventive en relation avec le diagnostic des machines à travers l'utilisation d'une méthode d'analyse dysfonctionnelle qui est l'arbre de défaillance appliquée au compresseur alternatif.

Le problème traité porte sur modes de défaillance du compresseur alternatif PETER BROTHERHOOD. Ce dernier est utilisé pour assurer la compression du gaz qui retourne vers l'unité de traitement. Le mode de fonctionnement du compresseur basé sur le mouvement de pièces mobiles qui nécessitent une étanchéité et une lubrification. Parmi les modes de défaillance qui peuvent perturber la production et la sécurité du site, il y a le problème de la fuite de gaz au niveau des garnitures.

L'objectif de notre travail consiste à diagnostiquer l'événement indésirable concernant la fuite de gaz au niveau des garnitures de gaz situées à l'intérieur du compresseur. Notre approche est basée sur l'utilisation de la technique de l'arbre de défaillance pour dégager les événements de base eux même considérées comme des causes à un événement lié au risque d'explosion et d'incendie. Le résultat obtenu peut être mis à la disposition des hommes de maintenances pour les aider à mener des actions de diagnostic pour prévoir les défaillances relatives du compresseur.

Notre mémoire est divisée en 3 chapitres. Le premier chapitre présente en premier lieu à la présentation du site industrielle, à l'installation VRU (compresseur alternatif, deux ballons d'aspiration, deux aéro-réfrigérant, quatre ballon anti-pulsation, moteur électrique), Le deuxième était consacrée en premier lieu description du compresseur et en deuxième lieu aux modes de défaillances du compresseur Peter Brotherhood. Le troisième chapitre a fait l'objet du traitement du mode «Fuite de gaz excessive sur la garniture gaz » on utilisant l'arbre de défaillance avec analyse qualitative (sans probabilité). Enfin une conclusion a été donné pour clôturer notre mémoire.

Chapitre 01

SITE GAZIER DE TIGUENTOUINE

INSTALLATION VRU

1.1 INTRODUCTION

Le site gazier de Tiguentourine, situé dans le sud-est de l'Algérie, est l'un des principaux complexes de production de gaz naturel du pays. Opéré par le consortium Sonatrach-BP-Statoil, ce site joue un rôle crucial dans l'économie énergétique nationale et internationale. Tiguentourine est réputé pour ses installations avancées et son engagement envers les technologies de pointe pour améliorer l'efficacité et la sécurité de ses opérations. Parmi ces installations, l'unité de récupération des vapeurs (VRU) occupe une place centrale.

L'unité de récupération des vapeurs (VRU) est une installation essentielle destinée à capturer et à traiter les vapeurs d'hydrocarbures qui se dégagent lors des opérations de stockage et de chargement du gaz. Cette technologie permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre, contribuant ainsi à la protection de l'environnement et à la conformité avec les réglementations internationales. La VRU de Tiguentourine permet de collecter et de réutiliser ces vapeurs qui seraient autrement perdus ou rejetés. Cette approche non seulement minimise les pertes de produits mais améliore également la sécurité du site en réduisant les risques de pollution atmosphérique. Dans ce chapitre, nous explorerons en détail les composants clés de l'unité VRU à Tiguentourine, et son impact sur l'efficacité opérationnelle et la durabilité environnementale du site.

1.2 SITE GAZIER DE TIGUENTOURINE

1.2.1 Présentation du site

In Amenas est un projet de développement de gaz humide en Algérie, le champ de Tiguentourine a été découvert en 1957 par les premiers puits d'exploration. Le puits TG 2, qui était l'un des premiers puits foré, suivi de plusieurs autres puits producteurs appartenant à la Sonatrach, à l'arrivée de l'association Sonatrach/ BP/ Statoil en 1998, cette dernière a transformée ces puits en monitoring et a commencé le développement du champ par le forage et la ré-complétion de nouveaux puits. Les produits finis à savoir, gaz sec, GPL et condensat sont évacués vers le réseau de Sonatrach à Ohanet qui se situe à 88 Km de centre de traitement de gaz (CPF). [1]

1.2.2 Situation géographique

La région d'In-Amenas est située à 1300 km au sud-est d'Alger, à 240 km au Nord-est de la wilaya d'Illizi et à 820 km d'Ouargla (**figure 1.1**). Géographiquement, Tiguentourine est limitée comme suite, Nord selon l'axe (d'Est Ouest) par Ouan-Taradjeli, Taouratine, Irlalène, West-Ihansatene et Tihigaline.

Au Sud (d'Est en Ouest) par Amenaned, In-teria, Tin-Mezoratine, Assekaifaf, Tihgaline et Couloir. A l'Est par la frontière Algéro-libyenne l'Ouest par l'Erg Issaouane. Le projet In Amenas est situé à 40 Km au sud-ouest de la ville d'In Amenas.[1]

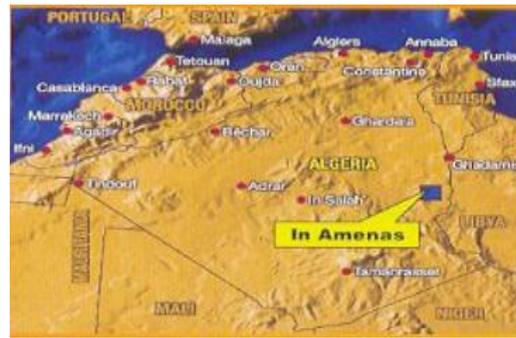


Figure 1.1: Position d’In Amenas sur la carte [1]

1.2.3 Objectif de l’entreprise

Le but du projet d’In Amenas est le développement et l’exploitation des gisements de gaz naturel situés dans la région d’In Amenas à 1300 Km au sud-est d’Alger et 40 Km au sud-ouest de la ville d’In Amenas. Le projet est composé d’un système de collecte, acheminant les fluides produits à partir des puits vers une unité centrale de traitement CPF. Les produits finis à savoir, gaz sec, GPL et condensat sont évacués vers le réseau de Sonatrach à l’aide de trois pipelines d’évacuation (**Figure 1.2**). La capacité de traitement de l’unité est de 30 Millions Sm^3/jour , et produira[1]:

- 25 Millions Sm^3/j de gaz sec
- 12000 m^3/j des liquides condensats et GPL

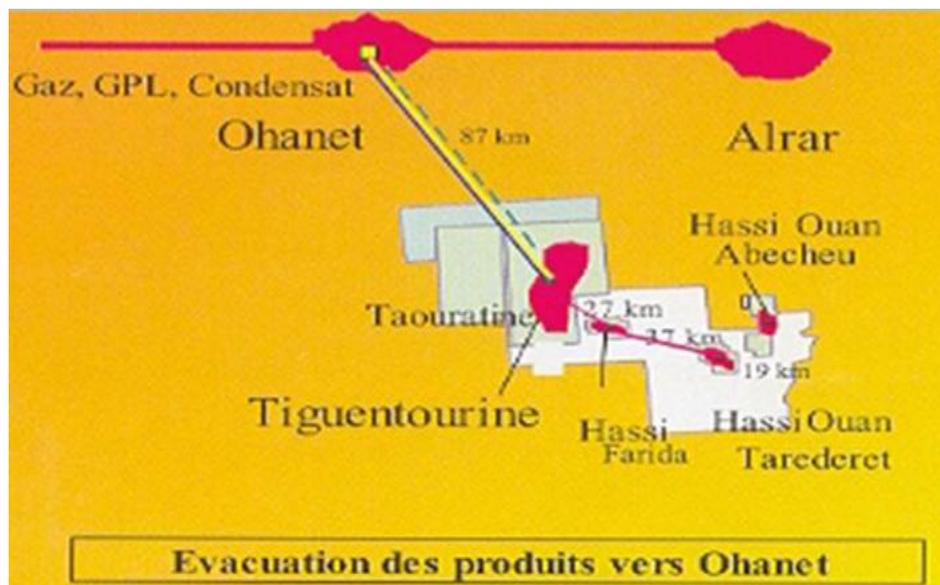


Figure 1.2: Évacuation des produits vers Ohanet [1]

1.2.4 Les sociétés exerçantes au CPF

Le projet est géré par l'association des trois sociétés: Sonatrach (51%), British Petroleum et Statoil par (49%).[2]

1.2.4.1 La société SONATRACH

SO: société / NA: Nationale / TRA: Transport / C : commercialisation / H : Hydrocarbures
« Société Nationale pour la Recherche, le Transport, la Transformation, et la Commercialisation Hydrocarbures» est une entreprise publique algérienne et un acteur majeur de l'industrie pétrolière, c'est la clé de voûte de l'économie algérienne. Le groupe pétrolier et gazier Sonatrach intervient dans l'exploration, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et de leurs dérivés. Sonatrach se développe également dans les activités de pétrochimie, de génération électrique, d'énergies nouvelles et renouvelables, de dessalement d'eau de mer et d'exploitation minière. [2]

1.2.4.2 British Petroleum

C'est une compagnie britannique de recherche, d'extraction, de raffinage et de vente de pétrole fondée en 1909, Anciennement nommée Anglo-Persian Oil Company (APOC, 1909), puis Anglo-Iranian Oil Company (AIOC, 1935), puis British Petroleum Company (BP, 1954), puis BP Amoco (2001). [2]

1.2.4.3 Statoil

C'est une compagnie pétrolière norvégienne fondée en 1972. C'est la plus grande entreprise de Norvège avec environ 29 000 employés. Le nom Statoil vient d'une contraction de « Statoil », ou Pétrole d'État. Le groupe est devenu l'un des plus grands vendeurs de pétrole brut au monde, ainsi qu'un important fournisseur de gaz naturel du continent européen. Statoil possède également un réseau de 2000 stations-service dans neuf pays. [3]

1.2.5 Unité central de traitement CPF

Le nom CPF désigne l'unité central de traitement (**Figure 1.3**), ce dernier représente un système complexe installer pour traiter un gaz bien spécifique qui est celui de Tigentourine, les fluides hydrocarbure diffère d'un endroit a un autre et leur traitement tient compte des conditions météorologiques à dire température, humidité relative, moyenne annuelle de pluviométrie, vitesse du vent. Enfin le produit final doit répondre aux exigences du l'acheteur. L'unité de traitement est alimenter par plusieurs puits qui sont situer aux alentours de CPF a des distance plus au moins grande. En compte pour le moment environ 46 puits en exploitation.

Le CPF est composé des sections suivantes qui permettent le traitement et l'expédition du produit finis[4]:

- 03 trains identiques, le CPF comprend trois trains parallèles de traitement, ayant chacun la capacité de traiter 33 du débit total entrant au CPF.
- Des installations communes d'exportation des gaz et des liquides fournissent les produits au système de transport de sonatrach à Ohanet. Chaque train est constitué de :
 - Unité de décarbonatation.
 - Unité de désulfurisation et de démercurisation.
 - Unité de déshydratation (sécheur, type tamis moléculaire).
 - Unité de fractionnement comprenant un Dééthaniseur et une colonne de stabilisation.
- Station de compression du gaz produit comprenant 03 turbocompresseurs, ou les turbines à gaz sont de type MS5002D avec deux arbres et MS5001D.
- 02 Unité de traitement de l'eau produite.
- Une unité de réception (Slug Catcher).
- Réseau de collecte de gaz humide composé de 06 conduites principales (Manifolds).
- 33 puits producteurs de gaz humide.
- Unité de projet de la compression IACP



Figure 1.3: Vue extérieure des trois trains du CPF

1.2.6 Les caractéristiques de fluide de production

Les fluides de production contenant du gaz résiduel, du GPL et des condensats sont des mélanges de phases gazeuse et liquide qui sont produits à partir des puits de gaz naturel.

Le gaz résiduel est principalement constitué de méthane et d'éthane, le GPL comprend des hydrocarbures plus lourds comme le propane et le butane, tandis que les condensats ce sont des hydrocarbures liquide léger contenant des composés tels que le pentane, l'hexane, le butane et l'heptanes.[1]

Le gaz brut produit est acheminé des puits vers le manifold, pour atteindre les installations centrales de traitement de CPF (Central Processing facility) qui séparent le gaz et les produits liquides et les livrent aux lignes d'exportation, un produit pré-raffiné peut donc être transporté jusqu'au point de livraison final au Nord du pays (Figure 1.4).

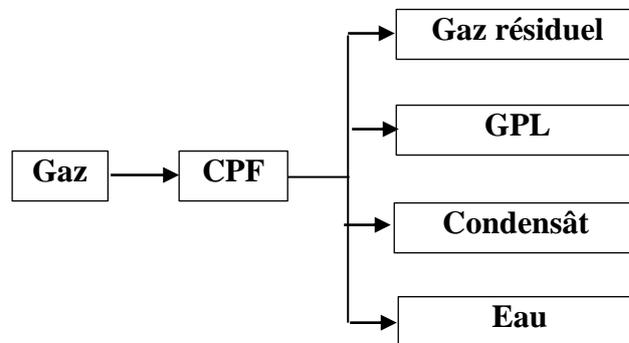


Figure 1.4 : Chemin de gaz d'In Amenas Projet [1]

1.2.7 Organisation de la direction du groupement de Tigentourine

Le développement et l'exploitation des hydrocarbures sont les objectifs principaux visés par la direction du groupement de Tigentourine. Afin de répondre à son plan de charge convenablement, elle s'est divisée en plusieurs structures (Figure 1.5):

- **Division exploitation** : Sa tâche principale est la réalisation des programmes de productions, de traitement est d'injection des hydrocarbures étaliers par la région
- **Division maintenance** : Elle a pour objectif la planification, le développement, l'organisation et la mise en œuvre des réservés de maintenance gazière lies aux besoins actuels et futurs de la région dans différentes activités : Mécanique, Electricité, Instrumentation, TAR, support, planification.
- **Division logistique** : Elle a pour objectif la réalisation des travaux non gazière et de génie civil, l'entretien de tous les locaux et logement, électricité, bâtiment, plomberies, menuiserie.

- **Division hygiène sécurité environnement** : Le control, l’organisation et maintien d’un haut niveau de sécurité du personnel et des biens, le développement de la sécurité, sont principaux tache la division sécurité.
- **Division de support technique TS**: Elle a comme mission la planification, le développement, l’organisation et la mise en œuvre d’une capacité de construction gazière répondant aux besoins de développement du champ d’In Aminas.
- **Division Informatique télécom ITC** : Elle a pour objectif la gestion, le développement et la maintenance de l’outil informatique dans tout le site.
- **Division Ressources Humaines** : L’organisation et le contrôle des activités de la région en matière de recrutement, formation gestion du personnel, prestation sociales, activités culturelles et administration générale.
- **Division Exploitation Puits** : La division exploitation est chargée d’exploiter les puits, le système de production et de collecte. Elle assure aussi l’acheminement du Gaz au CPF pour le traitement.

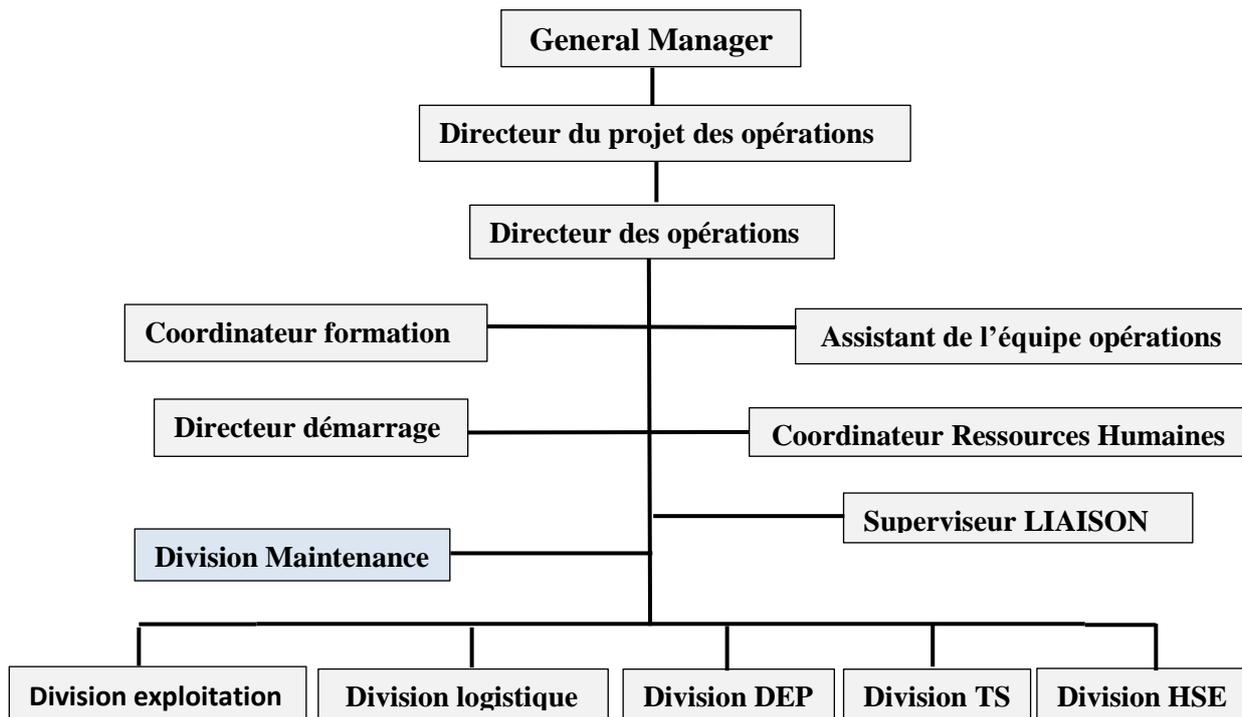


Figure 1.5 : Structure organisationnelle des divisions

1.3 INSTALLATION VRU

Une unité de récupération des vapeurs nocives est une installation industrielle dédiée au processus de gestion environnementale des émissions gazeuses industrielles. Cette technologie novatrice vise à capturer et à traiter efficacement les vapeurs nocives émises lors des processus industriels, contribuant ainsi à réduire l'impact environnemental des activités industrielles.

Cette installation spécialisée repose sur des principes de récupération et de compression des vapeurs, permettant non seulement de respecter les normes environnementales rigoureuses, mais aussi d'optimiser les processus industriels en minimisant les pertes de produits et en améliorant l'efficacité opérationnelle. Pour l'opération de compression des vapeurs, un compresseur alternatif à pistons est utilisé afin de garantir et d'assurer un débit constant avec une efficacité et productivité optimale.

1.3.1 Description

Les unités de récupération de vapeur pour chaque train de process sont placées à côté des équipements de traitement de gaz humide (**Figure 1.6**). [5]

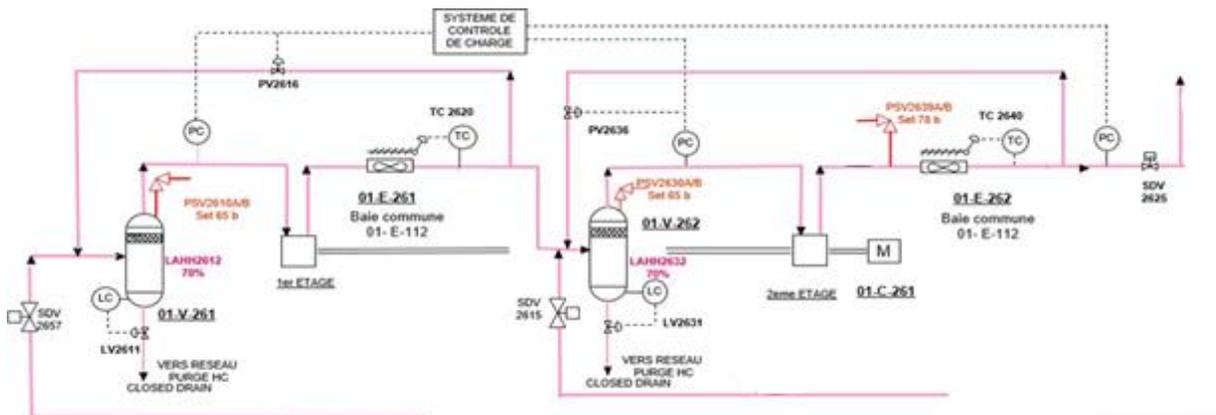


Figure 1.6: Synoptique de l'installation VRU [6]

L'installation de l'unité de récupération des vapeurs (VRU) est constituée des éléments suivants :

1. Un compresseur VRU 01-C-261. C'est un compresseur volumétrique à pistons à mouvement alternatif à double effet horizontal, entraîné par un moteur électrique (**Figure 1.7**).
2. Un ballon d'aspiration 01-V-261 du 1^{er} étage de compresseur VRU.
3. Un ballon d'aspiration 01-V-262 du 2^{ème} étage de compresseur VRU.

Ces ballons peuvent être vidangés dans le système fermé de vidange hydrocarbure humide (HC humide), lors de la préparation du compresseur pour l'entretien.

4. Deux ballons Anti-pulsation du 1^{er} étage de compresseur VRU.
5. Deux ballons Anti-pulsation du 2^{ème} étage de compresseur VRU.

Ces ballons assurent l'amortissement de la pulsation de pression et sont montés sur chaque cylindre, l'un est monté sur l'aspiration et l'autre sur le refoulement pour réduire les pulsations de l'écoulement de gaz, lors de déplacement du piston.

6. Un aéro-réfrigérant 01-E-261 du 1^{er} étage de compresseur VRU.
7. Un aéro-réfrigérant 01-E-262 du 2^{ème} étage de compresseur VRU.

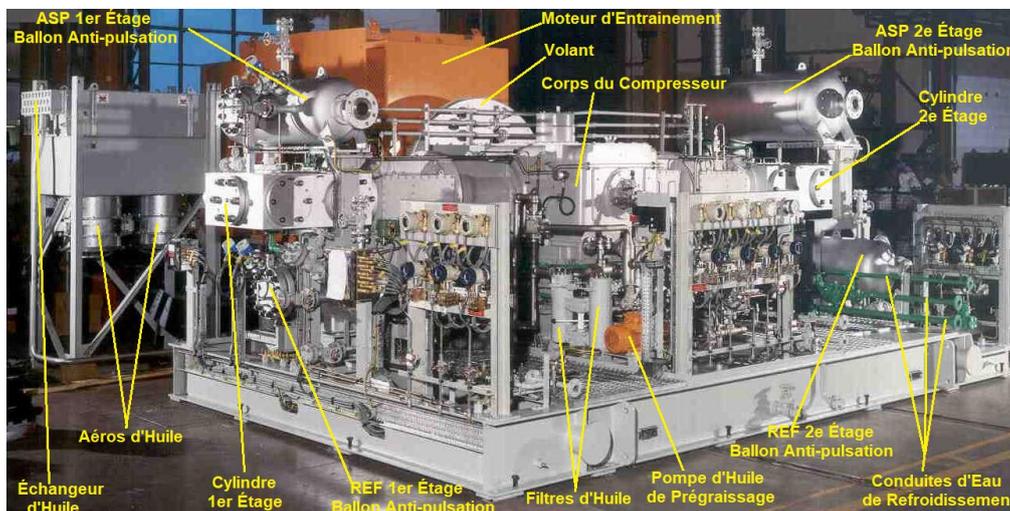


Figure 1.7: Vue extérieure du compresseur Peter Brotherhood Ltd

1.3.2 Process de l'unité récupération vapeur

La récupération des liquides NGL (Hydrocarbures liquides récupérables) est augmentée (d'environ 1,5%) par la récupération et le recyclage du gaz provenant du stabilisateur de condensât (01-V-221) et le séparateur de pré-flash de condensât (01-V-211). Le déroulement des opérations nécessaires à ce traitement est décrit comme suit :

1. Le gaz de tête provenant du (01-V-221) alimente sous le contrôle de la pression le ballon d'aspiration (01-V-261) du 1^{er} étage du compresseur VRU.
2. Les liquides piégés dans le 01-V-261 sont évacués sous le contrôle de niveau vers le système fermé de drainage d'hydrocarbures.
3. Le gaz est comprimé à une pression de 31 bars et est refroidi à une température de 56° C (36°C en hiver) dans l'aéro-réfrigérant (01-E-261).
4. Le gaz refroidi est ensuite mélangé au gaz provenant du séparateur (01-V-211) et alimente le ballon d'aspiration du 2^{ème} étage (01-V-262) pour être comprimé à une pression de 73 bars.
5. Le gaz qui est refroidi dans l'aéro-réfrigérant (01-E-262) à une température de 56° C (36°C en hiver) est renvoyé à l'entrée de l'unité, dans le séparateur (01-V-101). [5]

1.3.2.1 Systèmes de contrôle

Le niveau liquide du ballon d'aspiration 1er étage du compresseur VRU et la pression de service doit être commandée dans les marges désirées pour empêcher les perturbations de procès dans le système. La vanne s'ouvre lorsqu'il y a une chute de pression d'aspiration et se ferme lorsque la pression d'aspiration remonte au-dessus de la valeur désirée, c'est une vanne pneumatique de recyclage 01-PV-2616, située sur la ligne aval de l'aéro-réfrigérant du ballon d'aspiration de 1er étage et 01-PV-2636 pour 2em étage. [5]

1.3.2.2 Systèmes de protection

En cas de défaillance du système de commande, pour maintenir les paramètres de service dans la marge désirée, le ballon d'aspiration du compresseur est protégé contre les perturbations de procès par les dispositifs suivants, qui sont montés directement sur le ballon : 01-LT, (HH) Le niveau liquide très haut. Lorsque le niveau liquide atteind le seuil très élevé par 01-LT, le système d'arrêt d'urgence (ESD Emergency Shutdown) lance les actions suivantes :

- Décharge le compresseur VRU.
- La fermeture de la vanne d'arrêt 01-SDV-2657 de l'aspiration du 1er étage.
- La fermeture de la vanne d'arrêt 01-SDV-2615 de l'aspiration du 2em étage.
- La fermeture de la vanne d'arrêt 01-SDV-2625 de refoulement du 2ème étage.

Dans ce cas, les gaz provenant du procès de stabilisation du condensât sont renvoyés vers la torche. [5]

1.3.2.3 Soupapes de sécurité

En cas de défaillance du système de contrôle de la pression normale et le système d'arrêt d'urgence de protection, le ballon d'aspiration du compresseur VRU sera protégé contre la surpression par les soupapes de sécurité PSV qui sont tarées pour se décharger vers la torche HP : (PSV : 2610 A/B), (PSV : 2630 A/B), (PSV : 2639 A/B). [5]

1.4 CONCLUSION

Le chapitre consacré à l'installation de l'unité de récupération des vapeurs (VRU) sur le site gazier de Tiguentourine met en lumière l'importance cruciale de cette technologie pour la gestion environnementale et l'efficacité opérationnelle. La description détaillée du site gazier de Tiguentourine a permis de situer le contexte géographique et opérationnel, soulignant les défis spécifiques liés à la production et à la gestion des hydrocarbures dans cette région. L'installation de la VRU représente une avancée significative dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre, ce qui se traduit par des bénéfices économiques et écologiques.

Les étapes de mise en place de cette unité, depuis l'évaluation des besoins jusqu'à la mise en service, démontrent une approche méthodique et rigoureuse, essentielle pour garantir la fiabilité et l'efficacité du système.

En résumé, l'intégration de la VRU sur le site de Tiguentourine témoigne de l'engagement de l'industrie gazière à adopter des pratiques durables tout en optimisant ses processus. Cette initiative s'inscrit parfaitement dans une démarche globale de protection de l'environnement et de responsabilité industrielle, et constitue un modèle à suivre pour d'autres installations similaires.

Chapitre 02

COMPRESSEUR ALTERNATIF À PISTONS

- PETER BROTHERHOOD -

2.1 INTRODUCTION

Dans le domaine des équipements industriels, les compresseurs jouent un rôle crucial dans de nombreux processus de production. Parmi eux, le compresseur alternatif Peter Brotherhood se distingue par sa robustesse et son efficacité. Ce chapitre vise à offrir une vue d'ensemble approfondie de ce compresseur, en décrivant ses caractéristiques techniques et son mode de fonctionnement, ainsi que les principaux modes de défaillance auxquels il peut être sujet.

Le compresseur Peter Brotherhood est conçu pour comprimer les gaz en utilisant un mouvement alternatif. Il se compose de plusieurs composants clés : le carter, le vilebrequin, les bielles, les pistons et les soupapes. Son cycle de fonctionnement comprend quatre étapes : admission, compression, échappement, détente.

Comme tout équipement mécanique, ce compresseur peut connaître des défaillances affectant son fonctionnement et sa durée de vie. Les principales défaillances incluent l'usure des pistons et des cylindres, la défaillance des soupapes, des problèmes de lubrification et des fuites de gaz. Une compréhension approfondie de ces aspects est essentielle pour une gestion efficace de cet équipement critique dans les installations industrielles. Ce chapitre explore ces défaillances et propose des stratégies pour optimiser la maintenance et prévenir les pannes.

2.2 DESCRIPTION

C'est un compresseur volumétrique à mouvement alternatif à piston à double effet horizontal, entraîné par un moteur électrique afin de réduire au minimum les pulsations de l'écoulement de gaz à l'aspiration et au refoulement du compresseur durant le cycle de déplacement du piston (**Figure 2.1**). Le compresseur Peter Brotherhood est une machine complexe dont la performance repose sur l'intégration harmonieuse de divers composants essentiels, chacun contribuant au processus de compression du gaz.

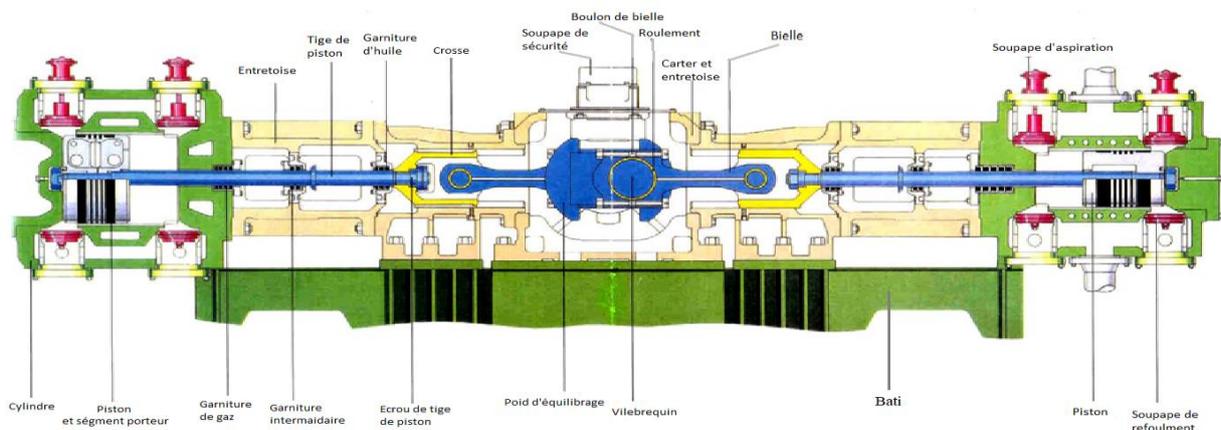


Figure 2.1: Compresseur Peter Brotherhood Ltd [7]

2.2.1 Bloc cylindre

Les cylindres sont connectés aux conduites d'aspiration et de refoulement, reçoivent le piston, les clapets et la garniture d'étanchéité. (Figure 2.2). Les cylindres sont fabriqués en divers matériaux soigneusement sélectionnés pour optimiser les performances et les services dans chaque application particulière. [7]



Figure 2.2: Bloc cylindre [7]

2.2.2 Couvercle

Le couvercle de tête de cylindre dans un compresseur alternatif est une pièce située à l'extrémité supérieure du cylindre. Il abrite les soupapes d'admission et d'échappement, régulant ainsi le flux de gaz entrant et sortant pendant le processus de compression. Utilisation des matériaux tels que l'aluminium moulé sous pression ou la fonte pour fabriquer ces composants en raison de leur résistance à la pression et de leur durabilité. [8]

2.2.3 Embiellage

2.2.3.1 Vilebrequin

Le vilebrequin est un dispositif mécanique qui permet, par l'intermédiaire d'une bielle. La bielle est montée d'un côté sur la partie du vilebrequin appelée maneton de l'autre sur l'axe de bielle fixée dans le coulisseau. Il n'y a qu'une bielle par maneton. Le vilebrequin est généralement percé d'un trou permettant d'amener l'huile de lubrification au maneton (tête de bielle) et en pied de bielle (Figure 2.3). Le Vilebrequin est une pièce forgée monobloc en acier au carbone conforme à la Norme Britannique BS 29 Grade 430/550. [7]

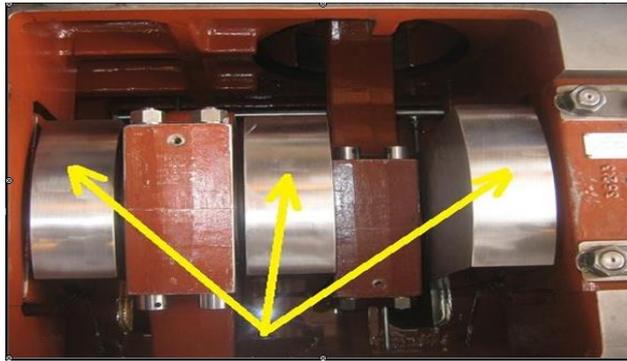


Figure 2.3: Vilebrequin

2.2.3.2 Bielle

La tête de bielle est articulée autour du maneton du vilebrequin, le pied de bielle est articulé autour de l'axe de la crosse, dans le but de transmettre une force, un mouvement ou une position (**Figure 2.4**). La bielle est une pièce forgée monobloc en acier au carbone conforme à la norme Britannique BS 29 grade 610/730. [7]



Figure 2.4: Bielle [7]

2.2.3.3 Piston

La tige de piston relie le piston et le coulisseau. Elle doit être conçue pour supporter un effort alternativement de compression et de traction dû à la poussée sur le gaz sur l'effet avant puis sur l'effet arrière. Elle doit donc avoir une section en relation avec la force transmise (**Figure 2.5**). Les tiges de piston sont fabriquées en divers matériaux, soigneusement sélectionnés pour optimiser les performances et les services dans chaque application particulière. [7]



Figure 2.5: Piston

2.2.3.4 Coulisseau (ou crosse)

Le coulisseau est d'une part lié au pied de bielle par l'axe de bielle et d'autre part à la tige de piston. Il se déplace dans une glissière (Figure 2.6). La crosse est une pièce moulée monobloc en acier au carbone conforme à la norme Britannique BS 3100 grade A1. [7]

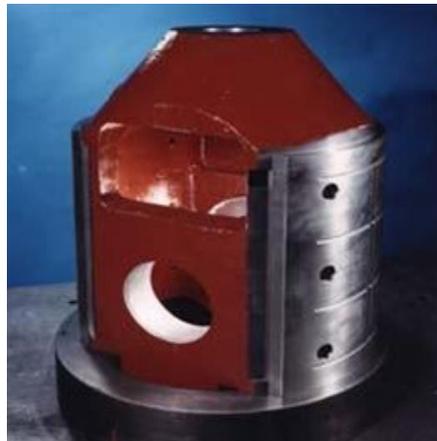


Figure 2.6: Crosse [7]

2.2.3.5 Entretoise

Elles séparent la partie mouvement de la partie compression. Le choix entre ces différentes dispositions dépend du gaz véhiculé et de la lubrification. Lorsqu'il s'agit de s'assurer que la tige de piston n'entraîne pas d'huile de la partie mouvement vers la partie garniture de tige ou cylindre, le choix se porte alors sur une entretoise longue dont la longueur est supérieure à la course du piston (cas des pistons secs) (Figure 2.7). L'entretoise est une pièce moulée monobloc en fonte conforme à la norme Britannique BS 1452 grade 250. [7]



Figure 2.7: Entretoise [7]

2.2.3.6 Pièces d'usure

1° Soupapes

Les soupapes sont équipées de clapets de conception très particulière car devant s'ouvrir ou se fermer entre 5 et 20 fois par seconde, le temps d'ouverture des clapets est souvent inférieur aux 1/100 secondes. Les soupapes évitent le retour du gaz vers les espaces de moindre pression. Elles sont placées dans le cylindre, tenues par une lanterne, elle-même fixée par un chapeau (ou couvercle) de soupape (Figure 2.8).



Figure 2.8: Clapet d'aspiration et de refoulement

2° Segments

a. Segments d'étanchéité

Le fonctionnement des segments d'étanchéité est basé sur les pertes de charge occasionnées par le passage du gaz à travers les coupes et les jeux de la segmentation.

La répartition du gradient de pression sur un piston à quatre segments ainsi que les pressions agissant sur le segment (Figure 2.9).

b. Segments porteur

Elle est utilisée sur les services secs. Son rôle est de supporter et de guider le piston dans le cylindre (Figure 2.9).

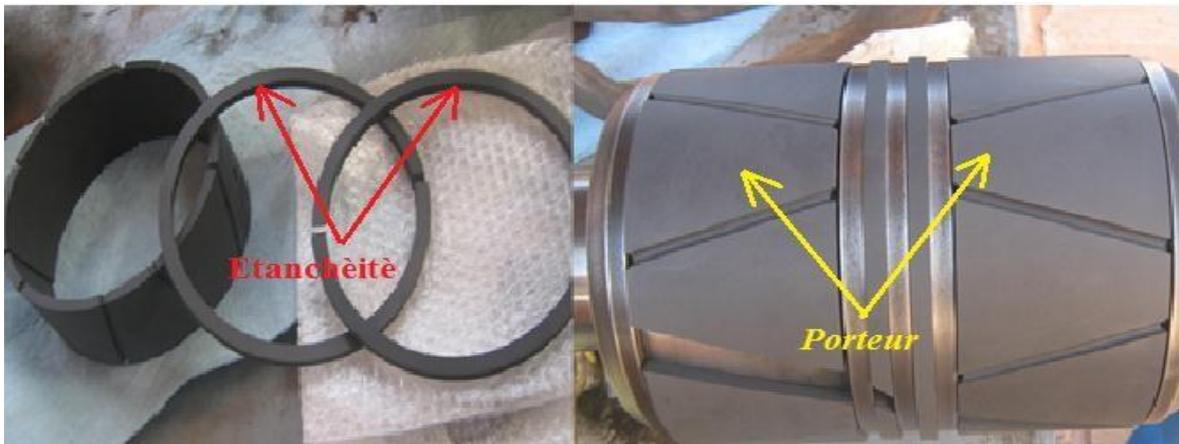


Figure 2.9: Segments

3° Garnitures mécanique

La compression à double effet nécessite la présence de trois garnitures mécaniques d'étanchéité au niveau de la tige de piston pour assurer le fonctionnement étanche et équilibré. Une garniture mécanique est un dispositif assurant l'étanchéité (Interdire l'entrée de la poussière et sortie (fuites) l'huile et du gaz de procès. On trouve :

- Garnitures gaz se situe du cote compression (clapets) (Figure 2.10), (Figure 2.11)
- Garniture de l'huile se situe côté central de compresseur (Figure 2.12), (Figure 2.13)
- Garniture intermédiaire situe entre les deux garnitures gaz et huile (Figure 2.14), (Figure 2.15)



Figure 2.10: Vue extérieure de la Garniture gaz

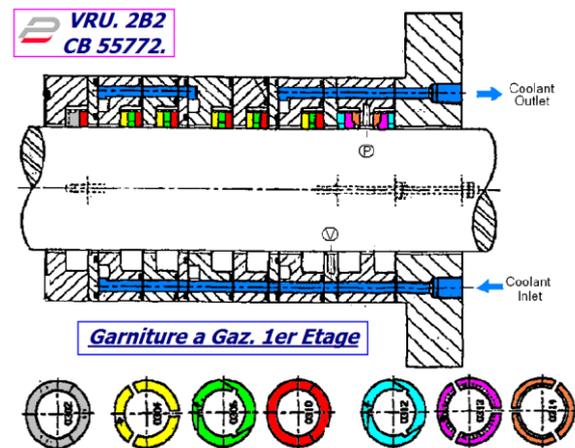


Figure 2.11: Coupe longitudinale de la Garniture gaz



Figure 2.12: Vue extérieure de la Garniture d'huile

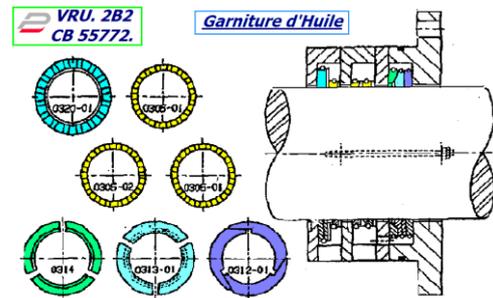


Figure 2.13: Coupe longitudinale de la Garniture d'huile



Figure 2.14: Vue extérieure de la Garniture intermédiaire

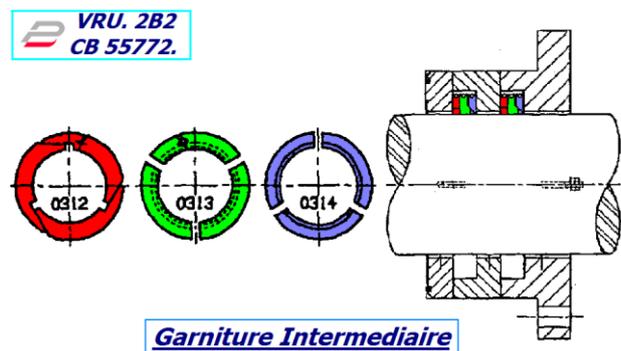


Figure 2.15: Coupe longitudinale de la Garniture intermédiaire

2.2.4 Auxiliaires

2.2.4.1 Circuits de refroidissement

Refroidissement c'est la transformation d'un corps ou d'un système par déperdition thermique vers un état subjectif ou physique de froid Pour évacuer la chaleur superflue des moteurs et éviter une déformation trop importante des éléments de compresseur. Les cylindres, les fonds de cylindre et les garnitures sont refroidis avec de l'eau, Cette eau peut provenir du circuit d'eau de refroidissement de l'usine avec échangeur pour la réchauffer. De plus en plus souvent, le système de refroidissement est réalisé en circuit fermé avec de l'eau, refroidi par aéroréfrigérant à eau (**Figure 2.16**). Les principaux équipements de ce circuit sont doublés (pompes de circulation, échangeurs, filtres,) Et des alarmes et sécurités sont prévues (pression basse, températures haute et basse, manomètre, niveau du ballon tampon,...). [8]

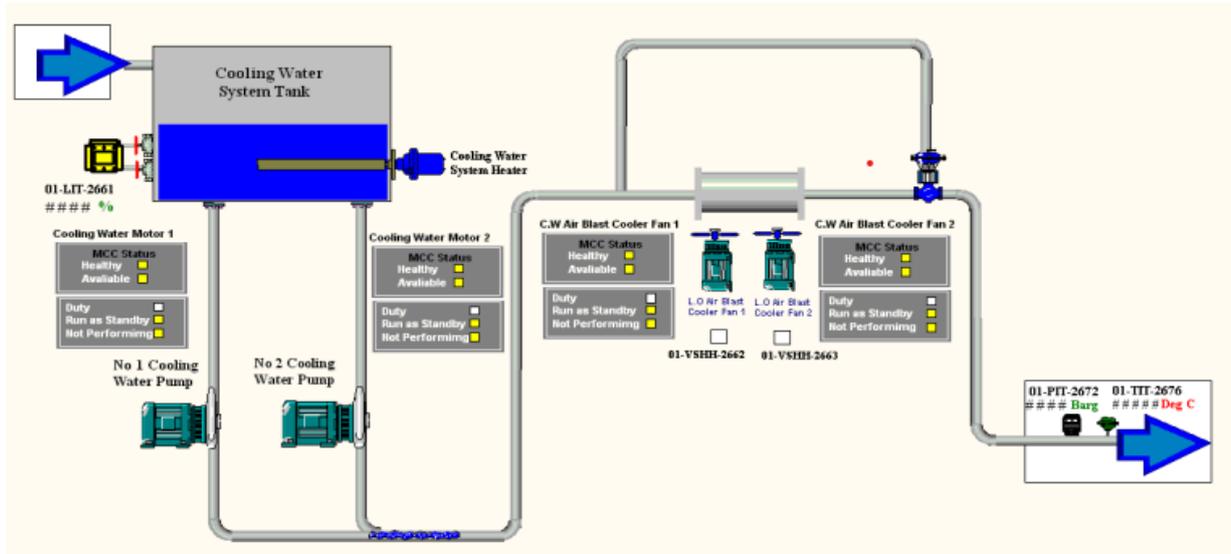


Figure 2.16: Circuit de refroidissement [9]

2.2.4.2 Circuits de lubrification

Lubrification est un ensemble de techniques permettant de réduire le frottement, l'usure entre deux éléments en contact et en mouvement l'un par rapport à l'autre. Le carter assure la réserve d'huile nécessaire en veillant à maintenir un niveau optimal de lubrification (Figure 2.18), il est indispensable de lubrifier les paliers du vilebrequin, les manetons et têtes de bielle, les axes de pied de bielle, les coulisseaux et leur glissière. Le débit doit être suffisant pour assurer d'une part le film d'huile qui sépare les pièces en mouvement et d'autre part pour évacuer la chaleur produite par le frottement de ces pièces. La pression d'huile est assurée par une pompe volumétrique et souvent attelée au vilebrequin et régulée par une soupape ou vanne de régulation.

Compte tenu de la sécurité de pression basse et surtout pour éviter un démarrage avec des pièces de frottement sans huile, et résistance pour préchauffage de l'huile, Thermostat pour haute température du collecteur des paliers, Manomètre différentiel sur les filtres (Figure 2.17). [8]



Figure 2.17: Vue extérieure de Circuit d'huile



Figure 2.18: Vue extérieure du Carter

- **Rôle de lubrification**

- Réduire le frottement.
- Diminuer l'usure.
- Évacuer la chaleur.
- Éviter le grippage.
- Protéger contre la corrosion.

Dégagement de fumées plus intenses lors d'un arrêt de train ou du VRU (pollution + perte d'argent)

(**Figure 2.19**).



Figure 2.19: Fumée de la torche

2.3 FONCTIONNEMENT

2.3.1 Principe de fonctionnement de compresseur à piston

Chaque piston présente un mouvement alternatif dans un cylindre, le piston aspire le fluide à une certaine pression puis le comprime au retour :

- piston descend.
- piston commence sa remontée.
- La pression du fluide atteint la pression volume.
- Le clapet d'échappement se ferme lorsque le piston arrive au point mort haut et un nouveau cycle se répète.

2.3.3 Analyse thermodynamique

Le cycle obtenu est représenté dans un diagramme de Watt (V-p). Le diagramme de Watt est aussi connu sous le nom de diagramme indiqué. (Figure 2.20)

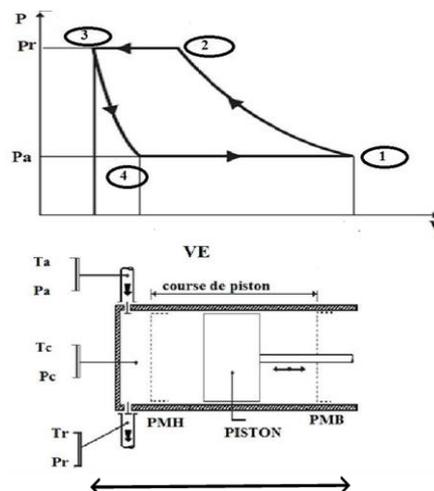


Figure 2.20 : Schéma de fonctionnement de piston

2.3.4 Spécification de compresseur

Ces spécifications fournissent une compréhension détaillée des performances et des caractéristiques du compresseur comprennent des détails techniques tels que la capacité requise, la pression de service, et la température d'aspiration et de refoulement (Tableau 2.1).

Tableau 2.1: Spécification de compresseur [7]

ETAGE	Premier	Deuxième
Capacité Requise	5 998Kg/h	11 280Kg/h
Pression Aspiration	20,63 bars	30,36 bars
Température Aspiration	51.1°C	42.4°C
Pression de Refoulement	31,11bars	73,01bars
Température de Refoulement	80°C	110°C

2.4 MODES DE DÉFAILLANCES

Les compresseurs alternatifs jouent un rôle important dans de nombreuses applications industrielles, notamment dans la compression de gaz et de fluides, Cependant, comme tout équipement mécanique, ces compresseurs sont sujets à divers modes de défaillances qui peuvent affecter leur performance et leur fiabilité.

Comprendre ces modes de défaillances permet aux opérateurs et aux ingénieurs de mettre en œuvre des stratégies de maintenance préventive efficaces, minimisant ainsi les temps d'arrêt non planifiés et optimisant la performance globale du système de compression (**Tableau 2.2**).

Tableau 2.2 : Modes de défaillances [8]

Défaut	Causes	Remèdes
1 Surchauffe du bloc cylindre	- Débit du liquide de refroidissement insuffisant.	Vérifiez le niveau dans le circuit de liquide de refroidissement du cylindre.
	- Segments de piston ou segments porteurs usés ou endommagés	Déposez l'ensemble piston et tige et remplacez les segments
	-Soupapes de cylindre encrassée ou cassées	Déposez les soupapes et inspectez-les. Nettoyez et remplacez les pièces comme nécessaire.
	Pression du liquide de refroidissement trop faible	
	-Manomètre défectueux	Vérifiez le manomètre et remplacez-le ou réparez-le.
	-Obstruction de tuyauterie d'eau de refroidissement	Vérifiez les différents objets du circuit
	-Tuyau de manomètre cassé	Remplacez le tuyau cassé
	-Haute température d'eau de refroidissement	Vérifiez le débit d'eau refroidissant Vérifiez le bon fonctionnement et le bon réglage de la soupape de régulation.
	-Manomètre isolé	Vérifiez la soupape d'instrument et réglez
	-Filtre d'aspiration bouchée	Inspectez et nettoyez
	-Pompe à eau défectueuse	Démontez et inspectez les roulements, le joint d'étanchéité et le rotor.
	-Niveau d'eau trop bas	Faites le plein comme nécessaire.
-Fuite du joint sur le tuyau	Vérifiez les joints et serrez-les. Si la fuite persiste, arrêtez le compresseur et refaites les joints.	
2 Fuite d'huile au niveau de la garniture huile du segment racleur	-Segments racleurs usés.	Remplacez les segments.
	-Segments racleurs mal installés	Assemblez correctement.
	-Tiges de piston usées ou rayées	Rectifiez la tige et installez des garnitures sous-dimensionnées ou appliquez un revêtement sur la tige ou remplacez la tige.

3 Pression d'huile trop faible	- Manomètre défectueux	Vérifiez le manomètre et remplacez-le ou réparez-le.
	- Manomètre isolé	Vérifiez la soupape de l'instrument et réglez
	- Tuyau de manomètre défectueux	Remplacez le tuyau défectueux
	- Mauvais réglage de la soupape de régulation	L'huile étant à la température de service, réglez la soupape de régulation
	-Filtre d'aspiration d'huile bouché	Inspectez et nettoyez.
	- Cartouche du filtre à huile bouchée	Remplacez la cartouche bouchée.
	- Jeu excessif de palier	Remplacez les paliers usés.
	-Niveau d'huile trop bas	Faites le plein comme nécessaire.
	-Pompe à huile défectueuse	Démontez et réparez.
	-Fuite sur un joint de tuyau	Vérifiez les joints et serrez-les. Si la fuite persiste, arrêtez le compresseur et refaites les joints.
	-Grade incorrect d'huile	Vérifiez le grade de l'huile. S'il est incorrect, vidangez l'huile, nettoyez le filtre et remplissez d'huile.
	Température d'huile trop élevée	Vérifiez l'écoulement d'eau de refroidissement.
4 Pression d'huile trop élevée	-Manomètre défectueux	Vérifiez le manomètre et remplacez-le ou réparez-le
	-Mauvais réglage de la soupape d'huile.	L'huile étant à la température de service, réglez la soupape.
	-Soupape de régulation de pression d'huile coincée	Nettoyez et dégagez la soupape.
	-Grade incorrect d'huile	Vérifiez le grade d'huile. S'il est incorrect, vidangez l'huile, nettoyez le filtre et remplissez d'huile.
5 Fuite de gaz excessive sur la garniture gaz	- Usure des anneaux de garniture	Remplacez les anneaux. Vérifiez la lubrification.
	-Mauvais montage des anneaux de garniture	Réassemblez correctement.
	-Tiges de piston usées ou rayées	Rectifiez la tige ou installez une garniture sous-dimensionnée.
	-Orifice de garniture bouché	Supprimez l'obstruction
	-Joint en fonte mal placé	Remettez en place ou remplacez si nécessaire.
6 Cognements dans le compresseur	- Jeu dans les soupapes de refoulement	Vérifiez le serrage des écrous fixant les couvercles de soupape
	-Soupapes ou plaques de soupape cassées.	Déposez la soupape défectueuse et inspectez-la. Récupérez les pièces manquantes dans le cylindre. Inspectez la chemise du cylindre et le piston. S'ils ne sont pas endommagés, installez des soupapes neuves
	-Matières étrangères dans le cylindre	Déposez les couvercles de soupape, les cages, les soupapes et la culasse, repérez et enlevez les matières étrangères. Inspectez la chemise du cylindre et le piston. S'ils ne sont pas endommagés, réinstallez les soupapes, etc.
	-Grippage partiel du pied de bielle	Mesurez en fonctionnement les jeux du coussinet de crosse de piston et du coussinet de pied de bielle. Réparez les composants endommagés
	-Jeu excessif du coussinet de pied de bielle.	Remplacez les pièces usées.

2.5 CONCLUSION

Dans ce chapitre, on a pris connaissance du compresseur marque Peter Brotherhood dédié pour le processus de compression dans une installation VRU. Le compresseur en question est un système technique multi-technologique, multi-énergétique et multi-technique conçu pour être robuste et efficace. Donc, il nécessite une maintenance de qualité pour garantir ses performances et prolonger sa durée de vie. Une compréhension de son fonctionnement et de son dysfonctionnement à travers ses modes de défaillance, est essentielle pour une gestion efficace de cet équipement critique dans les installations industrielles.

A cet effet, ce chapitre fournit des informations précieuses pour les ingénieurs et les techniciens responsables de l'exploitation et de la maintenance pour ce type de compresseurs. Dans ce qui suit, nous allons aborder l'un des modes des défaillances de ce compresseur à savoir fuite de gaz excessive sur la garniture gaz.

Chapitre 03

ANALYSE DYSFUNCTIONNELLE DU COMPRESSEUR

3.1 INTRODUCTION

L'analyse dysfonctionnelle des compresseurs alternatifs est un domaine essentiel dans la maintenance prédictive et la fiabilité industrielle. Les compresseurs alternatifs jouent un rôle crucial dans diverses applications industrielles, cependant, leur complexité et les conditions de fonctionnement exigeantes peuvent entraîner des défaillances susceptibles de perturber la production et d'entraîner des coûts élevés de réparation et d'arrêt, parmi les outils utilisés pour cette analyse, l'arbre de défaillance occupe une place prépondérante. Cet outil méthodique et graphique permet de modéliser les voies de défaillance possibles dans un système, en identifiant les causes et les effets des pannes potentielles. Ce chapitre met en œuvre l'application de l'arbre de défaillance dans l'analyse dysfonctionnelle du compresseur alternatif, une machine essentielle dans de nombreuses industries, en particulier dans les secteurs du pétrole, du gaz et de la chimie.

3.2 ANALYSE DYSFONCTIONNELLE PAR ARBRE DE DEFAILLANCE

3.2.1 Historique et domaine d'application

L'analyse par arbre des défaillances a été la première méthode systématique développée pour évaluer les risques. Cette technique a été mise au point par la compagnie américaine Bell Téléphone au début des années 1960 et a initialement servi à évaluer la sécurité des systèmes de lancement de missiles. L'objectif principal de cette analyse est de déterminer les enchaînements et les combinaisons d'événements pouvant conduire à un incident critique spécifique.

Aujourd'hui, l'analyse par arbre des défaillances est largement utilisée dans divers secteurs, notamment l'aéronautique, le nucléaire et l'industrie chimique. Elle est également employée pour analyser a posteriori les causes d'accidents déjà survenus. Dans ces cas, l'événement redouté est déjà connu, ayant été observé. On parle alors d'analyse par arbre des causes, où l'objectif est de déterminer les véritables causes ayant conduit à l'accident.[10]

3.2.2 Définition et objectives

3.2.2.1 Définition

L'analyse par Arbre de Défaillances (ADD) est une méthode qui, partant d'un événement indésirable identifié à l'aide d'une Analyse Préliminaire des Risques (APR), permet d'identifier les enchaînements et combinaisons d'événements pouvant mener à cet événement indésirable. Cette technique permet de remonter de cause en cause jusqu'aux événements de base susceptibles d'avoir déclenché l'incident redouté.[11]

3.2.2.2 Objectifs

L'objectif de l'Analyse par Arbre de Défaillances (ADD) est de fournir des informations précieuses pour faciliter la prise de décisions. Cet outil polyvalent génère des données utiles pour diverses tâches. Voici quelques objectifs spécifiques de l'ADD dans le processus décisionnel :

- Comprendre la logique qui conduit à l'évènement principal,
- Prévenir l'évènement critique en utilisant une approche proactive,
- Minimiser et optimiser les ressources exposées au danger,
- Contribuer à la conception et à l'amélioration du système,
- Identifier et corriger les causes de l'évènement principal, agissant ainsi comme un outil de diagnostic. [12]

3.2.3 Représentation graphique

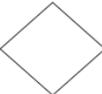
La représentation graphique est un outil précieux pour visualiser les relations complexes entre divers événements et pour identifier les causes principales d'une défaillance. Elle se réalise à travers une symbolisation graphique, qui se divise en deux catégories principales [13]:

- Evènements ;
- Portes logiques

3.2.3.1 Evènement

La symbolisation des événements a pour objectif de faciliter la distinction entre les différents types d'évènements (Tableau 3.1).

Tableau 3.1: Symboles des évènements dans les arbres de défaillances

Symbole	Nom	Description
	Evènement Intermédiaire ou final	Evènement du plus haut niveau: sommet d'arbre « évènement redouté », ou évènement intermédiaire résultant d'un évènement redouté.
	Evènement de base	Evènement du plus bas niveau pour lequel la probabilité d'apparition ou d'information est disponible.
	Evènement non développé	Le développement de cet évènement n'est pas terminé, soit parce que ses conséquences sont négligeables, soit par manque d'information.
	Evènement maison	Evènement qui doit se produire avec certitude lors de la production ou de la maintenance. On peut aussi le définir comme un évènement non-probabilisé ou (P=1).

3.2.3.2 Portes logiques

Les portes logiques (ou connecteurs logiques) servent de liaisons entre les différentes branches et/ou événements. Les plus courantes sont les portes ET et OU. Le fonctionnement de ces portes est le suivant (**Tableau 3.2**) :

- **OU** : L'événement de sortie (ou supérieur) survient si au moins un des événements d'entrée (ou inférieurs) survient ou est présent.
- **ET** : L'événement de sortie (ou supérieur) survient seulement si tous les événements d'entrée (ou inférieurs) surviennent ou sont présents.

Tableau 3.2: Symboles des portes dans les arbres de défaillances

Symbole	Nom	Description	Nombre d'entrées
	OU (OR)	L'évènement de sortie apparait si au moins un des évènements d'entrées apparait	>1
	ET (AND)	L'évènement de sortie apparait si tous les évènements apparaissent	>1
	SI (IF)	Sortie générée si l'évènement entrée est présent et si la condition X est réalisée	=1

3.2.4 Etapes de la mise en œuvre de l'ADD

Pour mettre en œuvre une analyse par arbre de défaillance (ADD), un nombre de huit étapes peut être adopté et la corrélation des huit étapes est représentée dans la **Figure 3.1**.

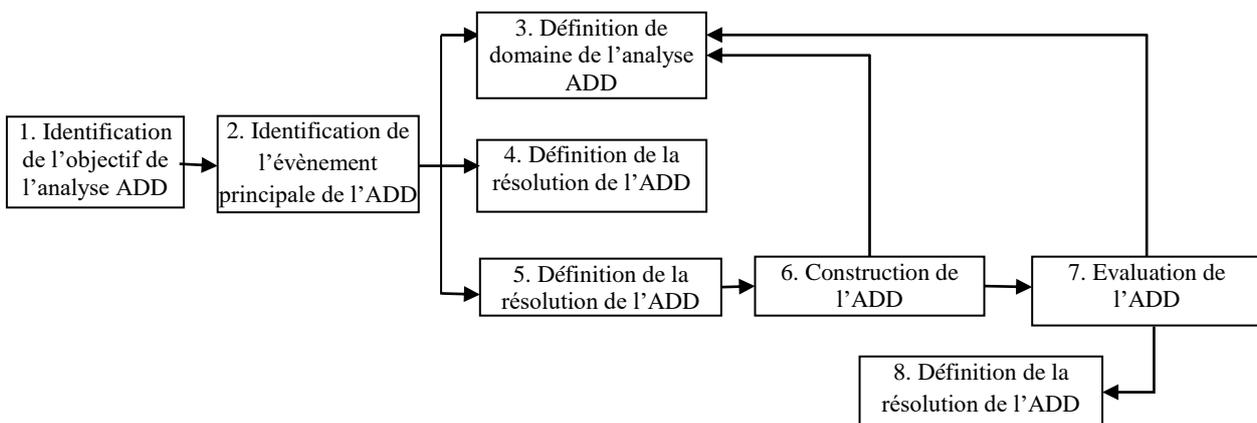


Figure 3.1: Etapes d'analyse de l' ADD [15]

Les cinq premières étapes se concentrent sur la formulation du problème dans le cadre de l'analyse par arbre de défaillance. Les étapes suivantes se focalisent sur la construction de l'arbre de défaillance et l'interprétation des résultats obtenus. Bien que ces étapes soient généralement réalisées de manière séquentielle, les étapes 3 à 5 peuvent être effectuées simultanément, et les étapes 4 et 5 sont souvent ajustées au cours des étapes 6 et 7. [14]

3.2.5 Construction de l'ADD

La tête de l'arbre de défaillance (qui, par analogie, correspond à la racine) représente la plupart du temps un événement unique mettant sérieusement en question la sécurité du système étudié. Afin de faciliter l'analyse, cet événement indésirable (top event) doit être précisément défini. L'arbre de défaillance lui-même est alors formé de niveaux successifs d'événements tels que chaque événement est généré à partir des événements du niveau inférieur par l'intermédiaire de divers opérateurs (ou portes) logiques. Ce processus déductif est poursuivi jusqu'à ce que l'on obtienne des événements dits événements de base : les feuilles de l'arbre [16].

3.2.5.1 Etapes de construction

1°. Événement redouté (événement indésirable)

L'événement redouté est le point de départ de l'arbre de défaillance. Il représente le problème principal ou la défaillance critique que l'on cherche à éviter ou à comprendre. Cet événement est souvent situé en haut de l'arbre de défaillance et constitue la cible de l'analyse.

2°. Événements intermédiaires

Les événements intermédiaires sont les événements qui contribuent à la survenue de l'événement redouté. Ils sont situés entre l'événement redouté et les événements de base dans l'arbre de défaillance. Ces événements peuvent être des défaillances de composants, des erreurs humaines, des conditions environnementales, etc. Ils sont souvent le résultat de la combinaison de plusieurs événements de base. Les événements intermédiaires sont généralement reliés par des portes logiques (AND, OR, etc.) qui indiquent comment les événements de base doivent se combiner pour provoquer l'événement intermédiaire.

3°. Événements de base

Les événements de base sont les causes fondamentales ou les défaillances élémentaires qui, lorsqu'elles se produisent, peuvent contribuer à un ou plusieurs événements intermédiaires, et éventuellement à l'événement redouté. Ces événements sont situés tout en bas de l'arbre de défaillance. Ils sont considérés comme des points de départ des analyses et sont souvent des défaillances spécifiques de composants ou des erreurs humaines. Les événements de base sont souvent identifiés par des analyses détaillées du système et peuvent inclure des composants défectueux, des erreurs de maintenance, des défauts de conception, des conditions environnementales extrêmes, etc. [14]

3.2.5.2 Règles de construction

Pour que l'arbre de défaillance soit exploitable, sa construction nécessite un certain nombre de règles à observer. Tel que:

1. Expliciter les faits et noter comment et quand ils se produisent :
 - a. Pour l'événement redouté,
 - b. Pour les événements intermédiaires.
2. Effectuer un classement des événements :
 - a. Evènement élémentaire représentant la défaillance d'un composant :
 - b. Défaillance première
 - c. Défaillance de commande.
 - d. Evènements intermédiaires provenant d'une défaillance de composant,
 - e. Evènements intermédiaires provenant du système indépendamment du composant
3. Rechercher les "causes immédiates" de l'apparition de chaque évènement intermédiaire afin d'éviter l'oubli d'une branche.
4. Eviter les connexions directes entre portes car elles sont en général dues à une mauvaise compréhension du système ou une analyse trop superficielle.
5. Supprimer les incohérences comme par exemple : un évènement qui est à la fois cause et conséquence d'un autre évènement. [12]

3.2.6 Avantage et Inconvénient

En tant que méthode déductive, l'arbre des défaillances possède des avantages qui le mettent dans une position favorable à son utilisation. Cependant, d'autre part étant assujetti à un certain nombre de contraintes il possède aussi des inconvénients.[17]

3.2.6.1 Avantage

Le principal avantage de cette méthode est de pouvoir visualiser l'ensemble des combinaisons d'événements élémentaires conduisant à une défaillance, c'est-à-dire qu'elle permet d'avoir une vision globale et logique du fonctionnement et des dysfonctionnements d'un système. La connaissance des coupes minimales permet d'identifier, en phase de conception, les composants d'un système à améliorer pour qu'un évènement ne se produise pas ; fiabiliser ces systèmes revient donc à essayer de supprimer les coupes minimales. [18]

3.2.6.2 Inconvénient

Les principales limites de cette méthode sont les suivantes :

- les événements intermédiaires doivent être indépendants les uns des autres pour que le calcul des probabilités d'occurrence soit correct,
- l'arbre des défaillances ne rend pas compte de l'aspect temporel des scénarios d'événements conduisant à la défaillance,
- cette méthode est binaire, un événement peut soit se produire, soit ne pas se produire. [18]

3.3 ARBRE DE DEFAILLANCE GARNITURE COMPRESSEUR

3.3.1 Identification de l'évènement redouté

L'identification de l'évènement redouté dans un arbre de défaillance est une étape cruciale dans l'analyse de la sécurité et de la fiabilité d'un système. L'évènement redouté est l'évènement le plus grave ou le plus indésirable que l'on souhaite éviter ou minimiser. Dans un arbre de défaillance, il est souvent représenté comme la racine de l'arbre, à partir de laquelle se ramifient les différentes causes potentielles de cet événement. Dans notre cas, d'après l'inventaire des modes de défaillance de compresseur alternatif on a recensé quatre évènements redoutés et qui sont :

- **ER₁ : Fuite de gaz excessive sur la garniture gaz**
- **ER₂ : Surchauffe du bloc cylindre**
- **ER₃ : Pression d'huile trop faible**
- **ER₄ : Cognements dans le compresseur**

Une fois que vous avez identifié l'évènement redouté, vous pouvez utiliser l'arbre de défaillance pour analyser les différentes voies potentielles menant à cet événement et concevoir des mesures de sécurité pour les prévenir ou les atténuer. Dans ce qui suit, on s'intéressera à ER₁.

Les différents évènements recensés pour l'évènement redouté "**Fuite de gaz excessive sur la garniture gaz**", sont regroupés dans le **Tableau 3.3**.

Tableau 3.3 Liste des événements probables

Évènement redouté	Événements probable
Fuite de gaz excessive sur la garniture gaz	Usure des anneaux de garniture
	Mauvais montage des anneaux de garniture
	Tiges de piston usées ou rayées
	Orifice de garniture bouché
	Joint en fonte mal placé

3.3.2 Construction de l'arbre de défaillance

La construction d'un arbre de défaillance implique l'identification de l'événement redouté, suivi par la décomposition systématique des causes possibles de cet événement en utilisant des opérations logiques telles que l'ET (ET logique) et le OU (OU logique).

Cette approche offre une vue détaillée des chemins critiques menant à l'événement redouté, ce qui permet aux ingénieurs et aux analystes de développer des stratégies efficaces pour prévenir ou atténuer les risques associés (Figure 3.2).

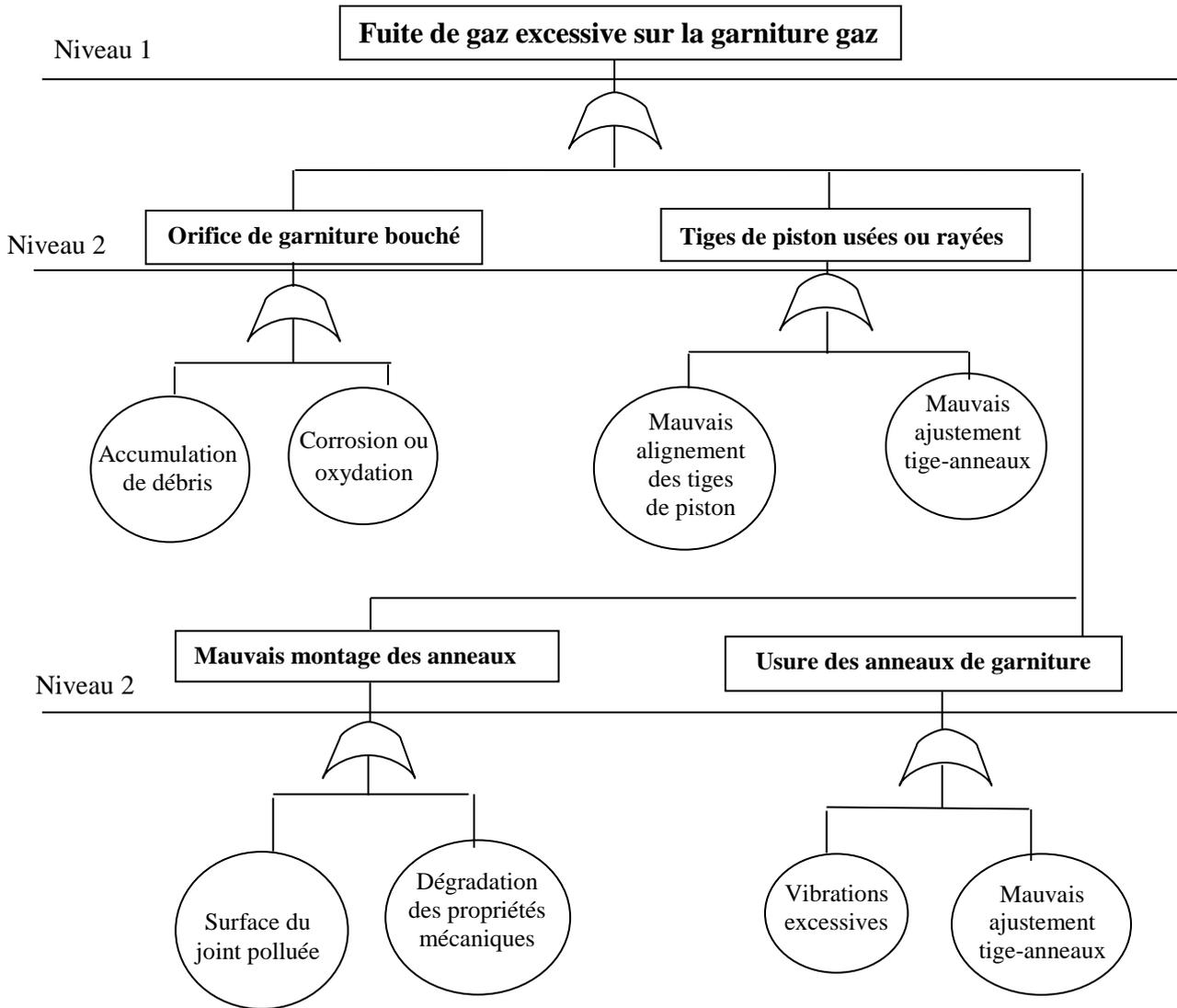


Figure 3.2 : Arbre de défaillance partiel pour "fuite de gaz excessive sur la garniture gaz"

3.4 ANALYSE DE L'ÉVÉNEMENT REDOUTE

3.4.1 Recherche des causes

3.4.1.1 Mauvais montages des anneaux de garniture

1. Dégradation des propriétés mécaniques

- a. **Description:** Les propriétés mécaniques des anneaux de garniture peuvent se dégrader à cause de l'usure, de la corrosion, ou de la fatigue des matériaux.
- b. **Facteurs contributifs :** Utilisation de matériaux inappropriés, vieillissement des composants, conditions environnementales défavorables.
- c. **Conséquences:** Inefficacité de l'étanchéité, augmentant le risque de fuite de gaz.

2. Surface du joint polluée

- a. **Description :** Les contaminants sur la surface du joint peuvent empêcher un bon contact entre les pièces, compromettant l'étanchéité.
- b. **Facteurs contributifs :** Mauvaises pratiques de nettoyage, environnement de travail contaminé.
- c. **Conséquences :** Fuites de gaz dues à une mauvaise étanchéité initiale.

3.4.1.2 Usure des anneaux de garniture

1. Vibrations excessives

- a. **Description:** Les vibrations peuvent provoquer une usure accélérée des anneaux de garniture, affectant leur performance.
- b. **Facteurs contributifs:** Déséquilibre du compresseur, défauts structurels, conditions de fonctionnement instables.
- c. **Conséquences :** Détérioration rapide des anneaux, perte d'étanchéité, et fuites de gaz.

2. Surchauffe due à un mauvais refroidissement

- a. **Description:** Un refroidissement insuffisant peut provoquer une surchauffe des anneaux de garniture, entraînant leur déformation ou leur dégradation.
- b. **Facteurs contributifs :** Système de refroidissement inefficace, obstructions dans les circuits de refroidissement.
- c. **Conséquences :** Usure prématurée des anneaux, perte d'étanchéité, et fuites de gaz.

3.4.1.3 Tiges de piston usées ou rayées

1. Mauvais alignement des tiges de piston

- a. **Description** : Un mauvais alignement peut provoquer un frottement excessif et une usure des tiges de piston
- b. **Facteurs contributifs** : Installation incorrecte, usure des guides, défauts structurels.
- c. **Conséquences** : Usure et rayures des tiges, compromettant l'étanchéité et provoquant des fuites de gaz.

2. Frottement excessif

- a. **Description** : Le frottement excessif entre les tiges de piston et les composants adjacents peut causer des dommages.
- b. **Facteurs contributifs** : Absence de lubrification adéquate, matériaux inappropriés, conditions de fonctionnement sévères.
- c. **Conséquences** : Dommages aux tiges de piston, perte d'étanchéité, et fuites de gaz.

3.4.1.4 Orifice de garniture bouché

1. Corrosion ou oxydation

- a. **Description** : La corrosion ou l'oxydation peut obstruer l'orifice de garniture, perturbant son fonctionnement.
- b. **Facteurs contributifs** : Exposition à l'humidité, matériaux inappropriés, absence de traitement anticorrosion.
- c. **Conséquences** : Obstruction de l'orifice, pression interne excessive, et fuites de gaz.

2. Accumulation de débris

- a. **Description** : Les débris peuvent s'accumuler et obstruer l'orifice de garniture, empêchant le bon fonctionnement du système.
- b. **Facteurs contributifs** : Maintenance insuffisante, absence de filtration efficace, environnement de travail pollué.
- c. **Conséquences** : Obstruction de l'orifice, perte d'étanchéité, et fuites de gaz.

3.4.2 Interprétation des résultats

- **Mauvais montage des anneaux de garniture** : Impact direct et fréquent, criticité élevée, pouvant entraîner des fuites importantes dès le départ.
- **Usure des anneaux de garniture** : Impact direct et criticité élevée, entraînant une dégradation continue de l'étanchéité et impacte la longévité et l'efficacité du système.

- **Tiges de piston usées ou rayées** : Impact indirect, Peut être grave si non détecté tôt, compromettant l'intégrité structurelle et l'étanchéité, criticité moyenne à élever dépendant de l'étendue des dommages.
- **Orifice de garniture bouché** : Impact direct sur la pression interne et l'efficacité du refroidissement, criticité moyenne car bien que significative, elle est généralement facilement détectable et rectifiable.

La priorisation des causes, permet de dégager ce qui suit

- **Haute priorité** : Usure et mauvais montage des anneaux de garniture.
- **Priorité moyenne** : Tiges de piston usées ou rayées.
- **Priorité basse** : Orifice de garniture bouché.

3.4.2.1 Interprétations spécifiques

- Interrelation entre causes** : Les causes ne sont pas isolées. Par exemple, une usure accélérée des anneaux de garniture peut être accentuée par des vibrations excessives dues à des tiges de piston mal alignées. De même, un mauvais montage peut conduire à une usure prématurée.
- Influence des pratiques de maintenance** : La qualité et la régularité de la maintenance jouent un rôle crucial. Des inspections régulières et un entretien préventif peuvent détecter et corriger des problèmes avant qu'ils ne provoquent des défaillances majeures.
- Facteurs environnementaux** : Les conditions opérationnelles, telles que les vibrations, la température, et la propreté de l'environnement, influencent grandement l'usure et les défaillances des composants.

3.4.2.2 Solutions et Recommandations

1. Planification et Fréquence

- Inspections régulières** : Effectuer des inspections visuelles hebdomadaires et des contrôles approfondis mensuels pour détecter toute usure ou anomalie.
- Calendrier de remplacement** : Établir un calendrier de remplacement des composants critiques basé sur les heures de fonctionnement et les recommandations du fabricant.

2. Vérification des Composants

- Anneaux de garniture** : Inspecter les anneaux de garniture pour détecter tout signe d'usure ou de déformation. Remplacer les anneaux usés avant qu'ils n'atteignent le seuil critique d'usure.

- b. **Tiges de piston** : Vérifier l'alignement et l'état des tiges de piston pour éviter les rayures et l'usure excessive. Effectuer des contrôles de tolérance pour s'assurer que les tiges sont correctement alignées.
- c. **Orifices de garniture** : Nettoyer les orifices pour prévenir l'accumulation de débris. Vérifier et traiter toute corrosion ou oxydation pour maintenir un flux de refroidissement efficace.

3. Système de refroidissement :

Vérifier et entretenir le système de refroidissement régulièrement. Assurer que le liquide de refroidissement est propre et que les niveaux sont adéquats.

4. Traitements Préventifs

- a. **Traitement anti-corrosion** : Appliquer des traitements anti-corrosion sur les composants exposés à l'humidité ou aux produits chimiques. Utiliser des additifs anticorrosion dans le liquide de refroidissement.
- b. **Revêtements de surface** : Utiliser des revêtements protecteurs pour augmenter la résistance des composants critiques.

5. Documentation et Suivi

- a. **Journal de maintenance** : Tenir un journal de maintenance détaillé pour documenter toutes les inspections, réparations et remplacements. Utiliser ces informations pour ajuster le calendrier de maintenance et identifier les tendances de défaillance.
- b. **Analyse des données** : Analyser régulièrement les données de maintenance pour anticiper les problèmes et planifier les interventions préventives.

3.5 CONCLUSION

Dans ce chapitre nous avons mis en œuvre l'arbre de défaillance en tant qu'outil pour l'analyse dysfonctionnelle du compresseur alternatif PETER BROTHERHOOD LTD. Suite aux modes de défaillances identifiés dans le chapitre précédent, le mode de défaillance "Fuite de gaz excessive sur la garniture gaz" a été retenu pour être l'objet de l'application et la mise en œuvre de l'arbre de défaillance car il présente un risque sur le processus du traitement du gaz et la sécurité de l'installation. Ainsi, cette analyse nous a permis d'une part d'identifier et de hiérarchiser les causes principales associées à l'événement fuite de gaz excessive sur la garniture gaz et d'autre part proposer des solutions préventives qui visent à améliorer la fiabilité et la durabilité du système de compression, assurant ainsi un fonctionnement sûr et efficace.

CONCLUSION
GENERALE

Au terme de ce mémoire, qui synthèse le projet de fin d'études de mon cursus universitaire au sein de département de génie mécanique de la faculté des sciences appliquées de l'université de Tiaret, le fait de traiter une problématique issue du milieu professionnel et industriel il m'a donné l'occasion d'acquérir et de renforcer mes connaissances sur les réalités de la maintenance industrielle. A ce propos, J'ai choisi le site gazier de Tiguentourine, situé dans le sud-est de l'Algérie et en particulier l'unité de récupération des vapeurs (VRU).

Au niveau de ce site gazier, j'ai traité un problème qui traite avec le diagnostic des défaillances du compresseur alternatif marque PETER BROTHERHOOD LTD utilisé pour la compression des vapeurs de gaz dans une installation. Le traitement des défaillances du compresseur alternatif a été abordé à travers son diagnostic par une méthode inductive à savoir l'arbre de défaillance (ADD). Cependant, le diagnostic des défaillances par l'arbre de défaillance à été effectué dans un cadre qualitative non probabilisé et cela à cause du manque de données chiffrables qui pouvaient nous fournir un cadre quantitatif.

L'objectif de l'analyse ADD a été atteint étant donné que l'ensemble des causes externes et internes pouvant mener à l'évènement redouté « Fuite de gaz excessive sur la garniture gaz » ont été identifiées. A partir de là, nous pouvons mettre en place un outil d'aide aux hommes de maintenance pour mener des activités de diagnostic de qualité.

En conclusion, l'identification des défaillances du compresseur alternatif est une tâche cruciale pour la fonction de compression. En investissant dans la maintenance préventive, la surveillance du compresseur, la formation des hommes de maintenances et en instaurant une culture de la sécurité et de la qualité, le site gazière peut réduire les perturbations du pompage du pétrole brute, et son incidence sur la production nationale.

En fin de compte, on espère que ce mémoire servira de références pour les hommes de maintenance, pour améliorer le niveau de qualité des activités techniques sur le site de la ligne de pompage.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **F. FALAHI**, « Aperçu sur les installations de traitement de gaz In-Amenas », In Amenas Algérie, 2023.
- [2] **A. ZABAR**, « Optimisation des paramètres de fonctionnement de l'unité de décarbonatation Tiguentourine pour réduire le problème de moussage », Mémoire de master, Université Mohammed Seddik Ben Yahia Jijel, 2022.
- [3] <https://www.techno-science.net/definition/7161.html> consulté le 14-05-2024.
- [4] **JGC et KBR**, « Description du procédé ». Projet In Amenas gas BP/STATOIL/SONATRACH Algérie.
- [5] **L. Pereira et E. Faulkner**, « Manuel d'exploitation des installations de réception, installations de traitement, compression du gaz export et stockage et expédition des liquides », In Amenas Algérie, 2004.
- [6] **F. FALAHI**, « Compresseur Peterbrotherhood », In Amenas Algérie, 2023.
- [7] **API 618** Reciprocating gas compressors: Norme API Standard 618 septième édition 2014 (American Petroleum Institute).
- [8] **W. M. Kellogg**, « Compresseur de gaz manuelle d'instruction », Werrington Parkway Peterborough PE4 5HG Angleterre.
- [9] **Peter Brotherhood Limited**, « Instrumentation et contrôle commande d'un des 3 compresseurs alternatifs », VRU projet gaz In Amenas Algérie.
- [10] <https://www.previnfo.net/sections.php?op=viewarticle&artid=40#:~:text=L'analyse par arbre des systèmes de tir de missiles,> consulté le 20-05-2024.
- [11] **L. GUERRIDA et D. BELMENGA**, « L'analyse des défaillances au niveau des Machines industrielles par les méthodes arbre de défaillance (Add) », Mémoire de master, Université de Kasdi Merbah Ouargla, 2020.
- [12] **Y. HORKOUS et A. KHOUIDMI**, « Diagnostic des pannes des machines par la technique de l'arbre de défaillance », Mémoire de master, Université Ibn-Khaldoun de Tiaret, 2021.
- [13] **M. ADDA et S. BENMEDJBER**, « Probabilités dans le diagnostic machine « cas d'un compresseur thermodyn RC 5s » », Mémoire de master, Université Ibn-Khaldoun de Tiaret, 2019.
- [14] **A. BELHEZIEL et M. MOUFFOK**, « Diagnostic de défaut d'un four électrique par la méthode de l'arbre de défaillance », Mémoire de master, Université Ibn-Khaldoun de Tiaret, 2023.
- [15] **M. STAMATELATOS, W. VESELY, J. DUGAN, J. FRAGOLA, J. MINARICK, ET J. RAILSBACK**, « Fault Tree Handbook with Aerospace Applications ». NASA Headquarters Washington, 2002.
- [16] **R. GUILLERM**, « Intégration de la Sûreté de Fonctionnement dans les Processus d'Ingénierie Système », Thèse Doctorat de l'université de Toulouse, 2011.

[17] **R. A. BENIDA et M. OSMANI**, « Arbre de défaillances des garnitures mécanique pour pompes centrifuges multicellulaires », Mémoire de master, Université Ibn-Khaldoun de Tiaret, 2020.

[18]http://ressources.unit.eu/cours/cyberrisques/etage_3_aurelie/co/Module_Etage_3_synthese_39.html, consulté le 23-05-2024.

ملخص

إن مراقبة الماكينة، التي تهدف إلى تحسين الوقت والتكاليف، تجعل التشخيص المبكر للأخطاء أولوية قصوى. تتيح هذه العملية اكتشاف الحالات الشاذة قبل أن تتحول إلى أعطال كبيرة، وذلك باستخدام تقنيات مختلفة. في دراستنا، نعتبر هذا النهج حلاً أساسياً لتحسين توفر التركيبات، من خلال التعرف بسرعة على أسباب الأعطال باستخدام شجرة الأخطاء.

الكلمات المفتاحية: الضاغط ، مراقبة الآلة ، التشخيص المبكر، شجرة الأخطاء ، إدارة الأخطاء.

Résumé

La surveillance des machines, visant à optimiser le temps et les coûts, fait du diagnostic précoce des défauts une priorité absolue. Ce processus permet de détecter les anomalies avant qu'elles ne se transforment en dysfonctionnements majeurs, utilisant pour cela diverses techniques. Dans notre étude, nous considérons cette approche comme une solution essentielle pour améliorer la disponibilité des installations, en identifiant rapidement les causes des pannes à l'aide de l'arbre de défaillances.

Mots-clés : compresseur, surveillance des machines, diagnostic, arbre de défaillance, gestion des défauts.

Abstract

Survey of machines, necessary to optimize the temperatures and coats, facilitates diagnostic testing of early deficiencies. This process allows to detect anomalies before they transform into major dysfunction, used for various diverse techniques. Nowadays, our considering will apply this essential solution to improve the availability of the installations, and quickly identify the causes of the panes in the aid of the failures.

Keywords: compressor, survey of machines, diagnostic preparation, fault tree, management of deficiencies.
