

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار عنابة

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Etude de la fonction maintenance dans l'Unité Production
d'Ammoniac : Analyse de l'historique des défaillances du
turbocompresseur 103-J et calculs FMD

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNOLOGIE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

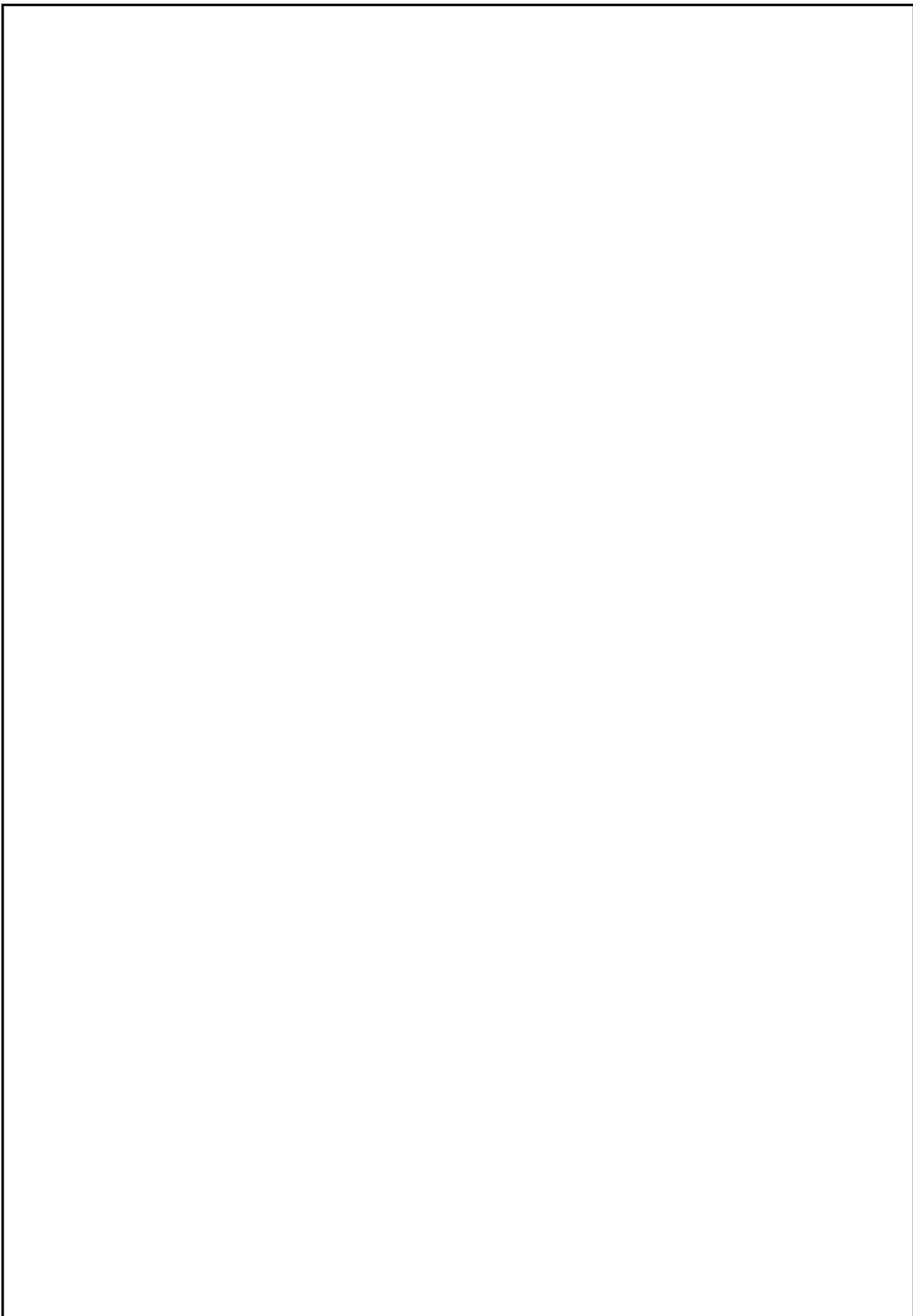
SPECIALITE : MAINTENANCE INDUSTRIELLE ET FIABILITE MECANIQUE

PRESENTE PAR : NEBBA WALID

DIRECTEUR DU MEMOIRE : Pr. Kamel CHAOUI

PRESIDENT: MR.KHELIF (M.C)
DEVANT LE JURY: MR.BOUDCHICHE
MR.GEZGOUZ
MR.LAISSAOUI
MR.MERABTINE

Ann é : 2014/2015



Dédicaces

Je dédie ce travail :

***A Mon Père Qui n'a cessé de m'encourager
et mon frère qui m'aider.***

A ma famille

A mes amis « HAJOU, SMHJT,

BECHJCHJ, LAKOU, TAREK ,COMPES»

A tous mes enseignants

NEBBA WALJD

Remerciements

**Je remercie tout d'abord « ALLAH » qui m'a
donné la force et la patience nécessaire pour
réaliser ce modeste travail.**

**Je remercie aussi, mon Encadreur « Pr. CHAOUJ
KAMEL»,**

**Je remercie aussi « CHOUBAJLA » pour son
support et sa patience,**

**Je remercie également tous les Enseignants du
Département de Génie Mécanique, et toute
l'équipe de service maintenance de l'entreprise
« FERETJAL » ; mes collègues ainsi que mes
amies « HAJOU, SMJTH, BECHJCHJ, LAKOU »,
Enfin, je remercie tous ceux qui m'ont aidé de à
réaliser ce travail**

Sommaire

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE I : La fonction maintenance et son rôle dans l'entreprise de production

I.1. Introduction.....	1
I.2. La fonction maintenance dans l'entreprise.....	1
I.3. Politique de maintenance.....	1
I.3.1 Pr évisions à long terme	1
I.3.2 Pr évisions à moyen terme	2
I.3.3 Pr évisions à courts termes.....	2
I.4 Les types de maintenance.....	2
I.4.1 Maintenance pr éventive	2
I.4.2 Maintenance corrective.....	3
I.4.3 La Maintenance am éliorative.....	4
I.5 Les objectifs de La maintenance	4
I.5.1 Les objectifs de co ûts.....	4
I.5.2 Les objectifs op érationnels.....	4
I.6 Développement et niveaux de la maintenance.....	5
I.6.1 Développement de la maintenance.....	5
I.6.2 Sous-traitance de la maintenance	5
I.6.3 Niveaux de maintenance.....	6
I.7 Probl èmes de la maintenance	6
I.7.1 La documentation.....	6
I.7.2 La formation.....	6
I.7.3 L'outillage	6
I.7.4 Probl ème de pi èce de rechanges.....	7
I.7.5 circulation de l'information.....	7
I.7.6 La manutention.....	7
I.8 Synth èse.....	7

Chapitre II : Présentation de l'unité de production d'Ammoniac NH₃-FERTIAL

II.1 Historique de l'entreprise.....	9
II.2 Pr ésentation de la plate-forme ANNABA.....	10
II.2.1 ZONE NORD (engrais azot és).....	10
II.2.2 ZONE SUD (engrais phosphat és).....	10
II.3 Principales activit és	10

II.4 Les objectifs de l'entreprise	10
II.5 Investissements	11
II.6 Différents division de FERTIAL	12
II.7 Structures principales de la division maintenance	13
II.8 Description de l'unité d'ammoniac.....	13
II.9 Description générale de l'unité	14
II.9.1 Principales étapes du procédé de fabrication	14
II.9.2 Purification du gaz.....	14
II.9.3 Synthèse d'ammoniac	14
II.10 Procède de fabrication d'ammoniac.....	14
II.11 L'ammoniac et l'environnement	15
II.12 Synthèse d'ammoniac	15

Chapitre III : Etude du fonctionnement compresseur 103J

III.1 INTRODUCTION	20
III.2 TYPES DE COMPRESSEURS.....	20
III.2.1 Compresseurs volumétriques.....	20
III.2.2Turbocompresseur.....	20
III.3 Description du turbocompresseur 103J.....	21
III.4 TURBINES.....	22
III.4.1 TURBINES 103JAT/JBT (103JBP ,103JHP)	22
III.5 LES COMPRESSEURS.....	24
III.5.1 Compresseurs : 103JBP/HP.....	24
Rotor du compresseur BP	27
Rotor du compresseur HP	27
III.6 Principe de fonctionnement du turbocompresseur 103-J.....	28
III.6.1 Fonctionnement de la turbine à vapeur.....	28
III.6.2 Fonctionnement du compresseur	28
III.6.3 Caractéristiques techniques du compresseur 103-JBP/HP	28
III.6.4 SYSTEME DE LUBRIFICATION.....	29
III.6.4.1 huile de graissage.....	29
III.6.4.2 Les Pompes de graissage.....	30
III.6.4.3 Huile d'étanchéité	32

Chapitre IV :Analyse FMD de l'historique des arrêts du compresseur 103J

IV .1. Introduction	36
IV .2. Analyse FMD	36
IV .2.1 Définition fiabilité	36
IV .2.2 La disponibilité.....	36
IV .2.3 Maintenabilité.....	36
IV.3 Défaillances.....	36
IV.4.Etude FMD du turbocompresseur 103J	39
IV .4.1 Historique des pannes	39
IV .4.2 Application du model de WEIBULL	39
IV .4.3 Détermination des paramètres	41
IV .5 Etude de la fiabilité	42
IV.5.1. Fonction de fiabilitéR(t).....	42
IV .5.2 La densité de probabilités des défaillances.....	43
IV.5.3 La fonction de répartition.....	44
IV.5.4 Taux de défaillance	44
IV.6 Etude de Disponibilité instantanée.....	45
IV.7 Etude de la Maintenabilité	46
Conclusion.....	48

Chapitre V : Analyse des recommandations de sécurité liées à l'exploitation d'une unité de production de NH3

V.1. Introduction	50
V.2 présentation service sécurité de l'unité	51
V.2.1 Equipement de protection	52
V.3 politique HSE (Hygiène Sécurité Entreprise)	52
V. 3.1 Nos objectifs.....	53
V. 3.2 Nos responsabilités	53
V. 3.3 Consignes Générales.....	53
V.4 Les risque de l'ammoniac	54
V.4.1 Effets sur l'environnement	54
V.4.2 Effets sur la santé humaine	54
V.4.3 Contact avec le peau	55
V.4.4 Contact avec les yeux	55
V.4.5 Les risques liés à l'ammoniac (toxicité et explosivité).....	55

V.4.6 Les risques majeurs les plus importants.....	56
V.5 Pollution de l'environnement.....	56
V.6 Disposition g é n é r a l e de s é c u r i t é.....	57
V.6.1 Équipements de Protection Individuelle (E P I)	57
V.6.2 Procédure d'urgence	57
V.6.3 Points de rassemblement	57
V.6.4ALARME / ALERTEEN SITUATION D'URGENCE	58
V.6.5 CODES D'ALARME / NIVEAUX D'URGENCE.....	58
V.6.6 L'EVACUATION	58
Conclusion.....	58

LISTE DES FIGURES ET TABLEAUX :

Figure I.1 : Les types de maintenance selon la norme NF EN 13306.....	2
Tableau I.1: Niveaux de la maintenance selon AFNOR.....	6
Tableau II.1 : Principales activités de l'entreprise FERTIAL.....	11
Figure II.1: l'investissement 2005 à 2008	11
Figure II.2 : Répartition de l'investissement en 2009.....	12
Figure II.3 : différentes divisions de FERTIAL.....	12
Figure II.4 : structures principales de la division.....	13
Figure II.5: Vue générale sur l'unité d'ammoniac.....	13
Figure II.6 : diagramme de fabrication de l'ammoniac.....	15
Figure III.1 : Classification des compresseurs	20
Figure III.2 : Les quatre unités du turbocompresseur 103j.....	21
Figure III.3 : Vue du turbocompresseur.....	21
Figure III.4 : Ensemble (turbine à vapeur + compresseur centrifuge).....	22
Figure III.5: Photos des turbines : (103jBP ,103jHP)	24
Figure III.6 : Image des compresseurs BP et HP.....	25
Figure III.7: Représentation en coupe d'un compresseur centrifuge.....	26
Figure III.8 : Rotor du compresseur BP.....	27
Figure III.9 : Rotor du compresseur HP.....	27
Figure III.10 : réservoir de stockage d'huile.....	30
Figure III.11 : pompe d'huile principale.....	30
Figure III.12: pompe d'huile auxiliaire.....	31
Figure III.13: filtres d'huile et refroidisseur.....	31
Figure III.15 : turbine à vapeur MP.....	32
Figure III.14 : pompes Huile d'étanchéité.	32
Figure III.16: filtres d'huile d'étanchéité.....	33
Figure III.17 : réservoir de retour d'huile HB et BP.....	34

Figure IV.1: Usure du palier du turbocompresseur.....	37
Figure IV.2: Accouplement	37
Figure IV.3: Moyeu plus manchon cote turbine.....	37
Figure IV.4: Manchon de l'accouplement cote turbine.....	38
Figure IV.5: moyeu de l'accouplement cote turbine.....	38
TableauIV.1: Historique des pannes, TBF et TTR.....	39
Tableau IV.2 : Détermination la fonction de répartition F(t).....	40
Figure IV.6: papier de Weibull.....	41
Tableau IV.3 : Tableau de FMD du turbocompresseur 103J.....	42
Figure IV.7: Fonction de fiabilité.....	43
Figure IV.8 : densité de probabilité.....	43
FigureIV.9 : Fonction de répartition.....	44
Figure IV.10 : représente taux de défaillance.....	45
Figure IV.11 : la Disponibilité.....	46
Figure IV.12 : la Maintenabilité.....	47
Figure V.1 : Organigramme du service sécurité de l'unité NH3.....	51

INTRODUCTION GENERALE

Ce travail de Master en Maintenance Industrielle et Fiabilité Mécanique (MIFM) a été réalisé durant le stage dans l'Entreprise FERTIAL (ANNABA). L'affectation à l'unité Ammoniac (NH₃) a permis de suivre les différentes activités de Maintenance dans cette unité et surtout de concentrer les efforts sur un équipement critique qui est le compresseur 103-J. Le thème général choisi en accord avec la spécialité est relatif à la problématique FMD (Fiabilité - Maintenabilité - Disponibilité) avec une application tirée de l'activité de l'entreprise (Analyse de l'historique).

Dans le premier chapitre, nous avons introduit la fonction Maintenance dans l'entreprise en illustrant ses types, ses objectifs et son développement. Dans l'approche qualité de la fonction Maintenance, qui reste l'exemple idéal pour les besoins en «services», nous avons traité du développement et de la conception comme éléments importants pour la fonction Maintenance. Le cas de la sous-traitance a été soulevé car c'est une approche qui reste rentable pour le cas de l'Entreprise FERTIAL (intervention de l'Entreprise de sous-traitance en Maintenance : SOMIAS qui est implanté sur le même site).

Dans le chapitre deux, nous présentons brièvement le complexe FERTIAL de la plateforme ANNABA et ses principales activités de production. Il s'agit notamment de l'ammoniac (NH₃), l'acide Nitrique (HNO₃), les engrais azotés et les engrais phosphatés. Une description de l'unité NH₃ et la position du compresseur 103-J sont données.

Le chapitre trois est dédié à l'équipement « compresseur 103-J ». Après une présentation des types de compresseur (dynamiques et volumétriques) et turbines, les différentes parties du compresseur 103-J sont exposées. Les caractéristiques techniques sont énumérées avec les parties BP et HP en incluant une série d'images prises sur le site montrant les équipements et leur position. Ces images ont permis de comprendre et d'avoir une idée sur la fonction de chaque équipement. La dernière partie concerne la lubrification.

Dans le chapitre quatre, les pannes (arrêts) du compresseur 103-J de mars 2014 à mars 2015 ont été passées en revue. Un total de 19 arrêts sont illustrés avec un temps d'arrêt maximal de 21.5h (une fois). L'application du modèle de WEIBULL a donné les paramètres suivants ($\gamma = 0$; $\beta = 0,70$; $\eta = 327,286$). L'étude a donné un MTBF de 413,62 h.

Enfin, le chapitre cinq traite une partie importante pour ce type d'installation qui la sécurité industrielle liée à l'exploitation. Des informations générales sont données sur les effets de sécurité et sur le produit ammoniac. Le problème de la sécurité dans notre cas peut être posé de plusieurs façons :

- Nocivité et toxicités des produits fabriqués (surtout NH₃)
- Dangers posés par l'exploitation d'équipements tournants (Turbocompresseurs)
- Risque chimique sur l'agglomération (Ville d'Annaba)
- Risques de pression
- Risque pollution marine
- Dégradation de l'environnement.

I.1. Introduction :

Une politique de maintenance a pour objectif de maintenir une installation de production dans un état permettant un fonctionnement sans défaillances et à moindre coût. En plus, elle doit assurer un travail de prévention afin de permettre des arrêts et les interventions sans incidents majeurs. La fonction maintenance dans l'entreprise joue un rôle prépondérant qui lie de manière étroite la production aux gains réalisés par tout organisme. Cette fonction a fait l'objet de plusieurs études sur les plans de la qualité, de l'efficacité, de la planification des tâches et surtout de la modélisation des comportements des installations critiques et même des procédés.

L'objectif de ce chapitre est de présenter quelques concepts de la fonction maintenance et en même temps montrer son rôle dans l'entreprise de production.

I.2. La fonction maintenance dans l'entreprise :

La fonction maintenance est essentielle pour toute entreprise. Elle représente un support technique et logistique important pour l'exploitation des installations de production. Son objectif sera de trouver les approches économiques, rapides et de qualité pour exécuter les opérations nécessaires afin de maintenir et rétablir toute installation après défaillance.

Son importance a fait que la norme AFNOR a consacré une partie de ses travaux à sa définition et à l'illustration de ses différentes formes d'intervention.

L'AFNOR, par la norme NFX60-010, a défini la maintenance comme :

L'ensemble des actions permettant de **maintenir** ou de **rétablir** un bien dans un **état spécifique** ou en mesure d'assurer un service déterminé

Cette approche de la maintenance fait donc apparaître 3 notions distinctives :

- **Maintenir** : qui implique une surveillance et un suivi continu.
- **Rétablir** : qui englobe l'idée d'une correction de défaut.
- **État spécifique** : qui indique la réalisation des objectifs attendus de la maintenance.

Dans une entreprise, quel que soit son type et son secteur d'activité le rôle de la fonction maintenance est donc de garantir la **disponibilité** des équipements pour la production prévue au moindre coût.

I.3. Politique de maintenance :

Le service maintenance de l'entreprise doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction. Cette politique sert à atteindre le rendement prévu des systèmes de production.

Comme tous les équipements n'ont pas la même importance dans le processus de production, le service devra donc, dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux diverses situations avec des priorités claires.

La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées :

I.3.1 Prévisions à long terme :

Elles concernent les investissements lourds ou les travaux durables. Ce sont des prévisions qui sont le plus souvent dictées par la politique globale de l'entreprise.

I.3.2 Prévisions à moyen terme :

La maintenance doit se faire la plus discrète possible dans le planning de charge de la production. Il lui est donc nécessaire d'anticiper, autant que faire se peut, ses interventions en fonction des programmes de production. La production doit elle aussi prendre en compte les impératifs de suivi des matériels.

I.3.3 Prévisions à courts termes :

Elles peuvent être de l'ordre de la semaine, de la journée, voire de quelques heures. Même dans ce cas, avec le souci de perturber le moins possible la production, les interventions devront elles aussi faire l'objet d'un minimum de préparation.

I.4 Les types de maintenance:

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise [1,2].

Pour choisir, il faut donc être informé des objectifs de la direction et de sa politique de maintenance. Il faut en plus, connaître les caractéristiques et le fonctionnement des matériels, le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts éventuels de perte de production.

La figure 1 synthétise les méthodes de maintenance selon la norme NF EN 13306.

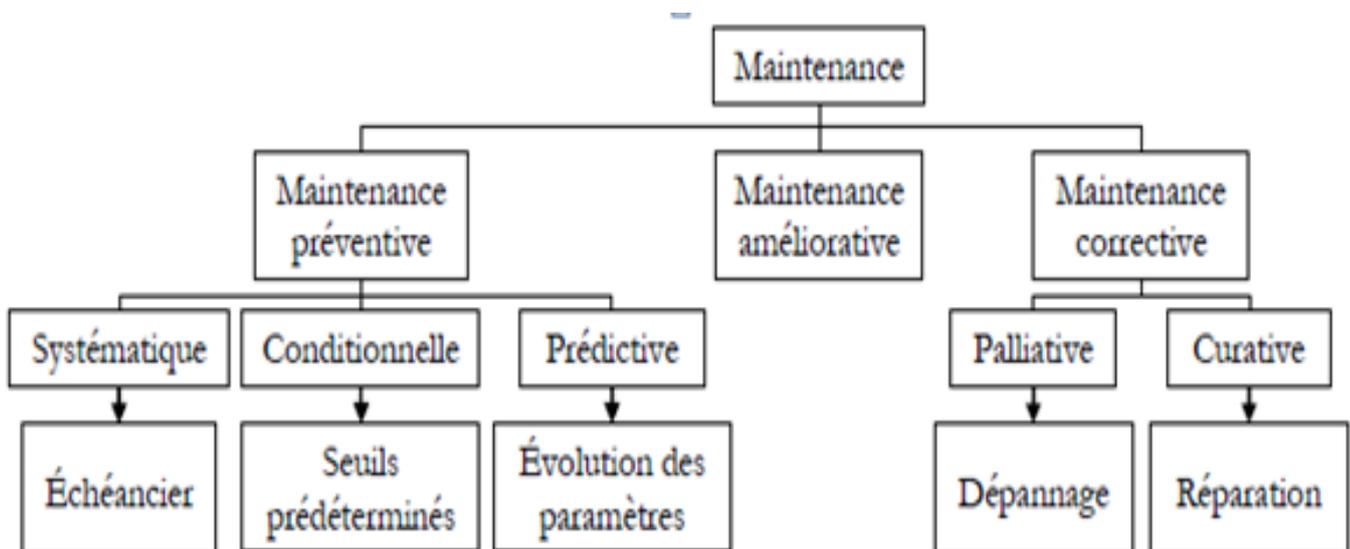


Figure I.1 : Les types de maintenance selon la norme NF EN 13306.

I.4.1 Maintenance préventive :

La norme définit la Maintenance Préventive comme étant une maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

Elle doit permettre d'éviter des défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter. Elle se décompose en 3 autres sans groupes :

a) Maintenance systématique :

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage.

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision partielle ou complète.

b) Maintenance conditionnelle :

C'est une forme de maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), révélateur de l'état de dégradation du bien.

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendant de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. On l'appelle parfois maintenance prédictive.

c) Maintenance prévisionnelle :

La maintenance prévisionnelle est: «une maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien permettant de retarder et de planifier les interventions. Elle est parfois improprement appelée maintenance prédictive ».

I.4.2 Maintenance corrective :

C'est une maintenance effectuée après défaillance. Elle a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés. Il est possible aussi d'avoir une dépréciation en quantité et en qualité des services rendus. Ses formes sont :

A) Maintenance palliative :

Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelée couramment «dépannage », la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

B) Maintenance curative :

Dans ce cas, le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent. Ces activités peuvent être des réparations, des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances.

I.4.3 La maintenance améliorative :

Elle vise à augmenter la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité d'un équipement ou d'un sous-ensemble. Ce type de maintenance fait partie des interventions de grande maintenance, avec les travaux de rénovation et de remise à neuf.

I.5 Les objectifs de la maintenance :

La vie des entreprises est caractérisée par des mutations technologiques profondes et accélérées. Ce qui implique la prise en charge de nouveaux problèmes et assigner des objectifs adaptés.

Ces changements technologiques créent également des besoins nouveaux, à satisfaire comme le besoin en formation de techniciens compétents dans les différents domaines d'activités tels que la logistique, la production et surtout la maintenance industrielle.

En outre, rien n'est plus pénalisant, pour une entreprise que de voir son parc de machine indisponible par suite et que les pertes s'accumulent : entraînant une réduction de la productivité, un manque à gagner, surcoûts variés (réparation, PDR, pénalités de retard,...)

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

I.5.1 Les objectifs de coûts :

- Minimiser les dépenses de maintenance.
- Assurer la maintenance dans les limites d'un budget.
- Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par l'installation en fonction de leur âge et de leur taux d'utilisation.
- Tolérer, à la discrétion du responsable de la maintenance, une certaine quantité de dépenses imprévues.

I.5.2 Les objectifs opérationnels :

- Maintenir le bien durable:
 - Dans un état acceptable
 - Dans de meilleures conditions
- Assurer la disponibilité maximale à un coût raisonnable.
- Éliminer les pannes à tout moment et aux meilleurs coûts.
- Maximiser la durée de vie des biens.
- Remplacer le bien ou des à des périodes prédéterminées.
- Assurer au bien des performances de haute qualité
- Assurer au bien un fonctionnement efficace.
- Maintenir le bien dans un état de propreté absolue.

I.6 Développement et niveaux de la maintenance :

I.6.1 Développement de la maintenance :

En général, on traite deux formes dans ce contexte : le premier cas correspond à une activité de service : Il s'agit des entreprises prestataires de service en MAINTENANCE donc le client est externe à l'entreprise. Dans le second cas, le service est interne à l'entreprise. Le client, est la production ou le service exploitation [3].

En se référant à la norme ISO 9000 (2005), la définition de l'expression (conception et développement) est relative à l'ensemble de processus qui transforme les exigences en caractéristiques spécifiées ou en spécification d'un produit, d'un processus ou d'un system). Le produit dans ce cas est représenté par le service rendu par la Maintenance et développé de façon maîtrisée.

Le processus de développement est décrit dans l'ISO 9001. Il s'agit de définir le processus qui précise les étapes (conception et développement) et les responsabilités ainsi que les différents intervenants avec leurs activités. Enfin, l'activité sous-traitance en Maintenance reste une approche généralement économique, plus rapide et de qualité

I.6.2 Sous-traitance de la maintenance :

Le client d'un prestataire de services en maintenance doit communiquer ses exigences et le fait souvent au travers d'un (contrat de sous-traitance de la maintenance). Ce contrat est constitué :

- du cahier des charges (intervention)
- des clauses administratives générales et spécifiques
- des conditions financières (sur lesquelles il y a accord).

L'organisme prestataire de services s'engage à respecter les obligations figurant dans le contrat. Ces dernières correspondant aux exigences du client dans le sens de la norme ISO 9000.

Aussi l'organisme prestataire de services doit dégager de ce document non seulement les objectifs définis, mais plus largement toutes les exigences du client pour les traduire en (entrants) de son processus de réalisation.

Dans le cas de FERTIAL, l'appel de l'entreprise SOMIAS pour la Maintenance est très fréquent surtout pour les niveaux 3, 4 et 5.

I.6.3 Niveaux de maintenance :

Le tableau 1 montre les niveaux de la maintenance selon AFNOR. Il y a 5 niveaux qui s'échelonnent du simple au plus compliqué :

Niveaux	Types de travaux	Personnel d'intervention	Moyens
1 ^{er} Niveau	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité	Pilote ou conducteur du système	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
2 ^{ème} Niveau	dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes)	technicien habilité	outillage léger défini dans les instructions d'utilisation et pièces de rechanges disponibles sans délai
3 ^{ème} Niveau	identification et pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	technicien spécialisé	outillage prévu et appareils de mesure, banc d'essai, contrôle...
4 ^{ème} Niveau	travaux importants de maintenance corrective ou préventive	équipe encadrée par un technicien spécialisé	outillage général et spécialisé matériels d'essais, de contrôle...
5 ^{ème} Niveau	travaux de rénovation, de reconstruction ou réparation importantes confiées à un atelier central	équipe complète et polyvalente	moyens proches de la fabrication

Tableau I. 1: Niveaux de la maintenance selon AFNOR

I.7 Problèmes de la maintenance :

Comme toute fonction d'entreprise, la maintenance est sujette à plusieurs difficultés qu'il faut étudier en vue de les réduire et de traiter de manière judicieuse. Ces difficultés sont variées et se présentent sous des formes techniques que généralement un bureau de méthodes peut régler avec l'expérience et la qualité de l'approche de la résolution des problèmes.

I.7.1 La documentation :

Le manque de la documentation laisse le technicien sans connaissance du matériel et le résultat est une mauvaise identification de la panne. On peut ajouter que la maintenance a aussi un autre problème très important c'est le peu d'attention attribué dans certain cas, par les directions à cette structure généralement pour des raisons financières.

I.7.2 La formation :

Les ressources humaines resteront toujours un facteur de base dans les domaines et très particulièrement dans les secteurs de maintenance parce qu'une main bien formée exécute un travail bien organisé avec un taux de rendement très élevé

I.7.3 L'outillage :

Le manque d'outillage ou bien un outillage de mauvaise qualité peuvent être un mauvais facteur pour le déroulement des travaux de maintenance.

I.7.4 Problème de pièce de rechanges :

C'est un argument que se soit dans la grande entreprise ou dans les ateliers de fabrication, se manque résulte de peu des pièces sont fournies avec les machines.

I.7.5 Circulation de l'information :

Le flot d'information doit être conçu pour être au service de flot des produits, il doit en favoriser l'écoulement et non de perturber:

- Ordonnance des ordres et ajustement de la capacité pour les réaliser.
- Lancement au niveau de la cellule.
- Constitution des charges de travail pour chaque cellule par période.

I.7.6 La manutention :

La mauvaise manutention se pose comme problème en cas de déplacement d'un organe ou lors d'une réparation sachant que cela influe sur le temps de réparation.

I.8 Synthèse :

La fonction maintenance est d'une grande importance dans toute sorte d'entreprises. Elle doit être perçue comme une fonction génératrice de richesses et de qualité pour les produits ou services réalisés. Ses formes indiquent qu'elle est toujours là pour répondre aux demandes variées des autres fonctions d'entreprise. Elle a un caractère technique qui être développe suivant la nature des activités de l'entreprise comme le cas de FERTIAL où les aspects économie, sécurité et environnement prédominent. Certains de ces aspects sont examinés ou mentionnés dans les chapitres qui suivent.

II.1 Historique et vocation de l'entreprise:

Le complexe FERTIAL, filiale du groupe ASMIDAL dont la stratégie globale de développement est connue à sa date de création (1972) sous le nom de complexe d'engrais phosphatés «SONATRACH » [4]. L'entreprise nationale des engrais et produits phytosanitaires sous l'appellation «ASMIDAL »(ASMIDAL DJAZAIRIA) a été créée par le décret N 84-258 du 01/09/1984 qui s'inscrit dans le cadre de la restructuration organique des sociétés nationales.

L'implantation du complexe a été choisie sur la base des considérations économiques suivantes :

- a- Existence d'une infrastructure importante caractérisée par la proximité des installations portuaires (trois kilomètres) et les moyens de communication rapides ;
- b- Des utilités proches (eau de mer, eau de barrages) ;
- c- Les centrales thermiques d'ELHADJAR d'ANNABA (énergie électrique) ;
- d- Proximité des gisements de minerais (phosphate) à 300 km au sud d'ANNABA (DJEBEL ONK).
- e- Alimentation en gaz naturel par pipeline.

Sa vocation principale est la production des engrais, la distribution et la commercialisation.

L'exportation de l'ammoniac a débuté en 1986, vers les pays arabes, les pays africains ainsi qu'à travers les pays méditerranéens. En 1996, ASMIDAL est devenue une entreprise publique économique (EPE). En 2001, elle a réalisé un chiffre d'affaires de 12 milliards de dinars dans l'exportation des engrais soit l'équivalent de 64 millions de dollars.

Elle est devenue parmi les sociétés les plus cotées à l'échelle nationale et internationale et elle est classée 7^{ème} mondiale dans l'exportation de l'ammoniac. ASMIDAL est organisé sous la forme de groupe dont le siège social est sis à Annaba.

Elle comprend entre autres :

- FERTIAL : Complexe fabriquant des engrais phosphatés, azotés et de l'ammoniac ;
- ALZOFERT : Complexe fabricant des engrais azotés et de l'ammoniac.
- KIMIAL : Entreprise fabriquant de la tripolyphosphate de sodium.
- ALCHEMTRAD : Importation et exportation des produits du groupe ASMIDAL.
- SOMIAS : Groupe Maintenance industrielle.
- ASFERTRADE : Entité autonome de disposition et de commercialisation des engrais.

II.2 Présentation de la plate-forme ANNABA :

FERTIAL en tant que EPE/SPA filiale du groupe ASMIDAL, a été créée le 01/03/2001. Elle est dirigée par un président directeur général (PDG) et elle emploie environ 804 travailleurs 2010.

Dans le complexe il y a deux zones :

II .2.1 ZONE NORD (engrais azotés) :

Cette zone comprend également 5 ensembles.

- ✓ Atelier acide nitrique (NI).
- ✓ Atelier nitrate d'ammoniac (NA).
- ✓ Atelier d'ammoniac (NH₃).
- ✓ L'installation de manutention et de stockage.
- ✓ Centrale utilités (CUII).

II.2.2 ZONE SUD (engrais phosphatés) :

Elle est composée de 3 ateliers principaux.

- ✓ Atelier d'engrais : NPK.
- ✓ Atelier super simple phosphate : SSP.
- ✓ Atelier UAN : engrais liquide.

II.3 Principales activités :

FERTIAL d'Annaba a plusieurs activités, nous pouvons citer les activités les plus importantes dans le Tableau II.1

II .4 Les objectifs de l'entreprise :

Dans le cadre national du développement économique et social du pays, l'entreprise est chargée de :

Promouvoir et développer l'industrie des engrais et produits phytosanitaires.

Exploiter, gérer et rentabiliser les moyens humains et matériels et financiers dont elle dispose en vue de satisfaire les besoins du marché national et l'exportation.

Favoriser l'épanouissement de l'imagination et l'initiative et faire appel aux moyens locaux.

Développer la coopération dans le cadre de la politique nationale en la matière.

L'exportation des produits porte sur :

NH₃ : Espagne, France, Italie, Grèce, Belgique, Cuba, Grande Bretagne, Turquie, Maroc.

Chapitre II : Présentation de l'unité de production d'Ammoniac NH₃-FERTIAL

Nitrate : Tunisie et Maroc.

UAN : France, Espagne et USA.

SSP : France, Maroc, Grèce, Italie, Brésil et autres.

Production	Capacité
Ammoniac (NH ₃)	1000 T/Jours
Nitrate d'ammonium	1000 (2 lignes de 500T/J chacune)
Acide nitrique	800 (2 lignes de 400 T/J chacune)
SSP (super simple phosphate)	1200 T/J
Engrais Phosphatés	2000 (2 lignes de 1000 T/J)
Des engrais azotés - Nitrique d'ammoniac. - UAN 32%. - Urée 46%(importée). Sulfate d'ammonium (importée).	2000T/j
UAN (urée acide nitrique)	600 j

Tableau II.1 : Principales activités de l'entreprise FERTIAL.

II.5 Investissements :

De 2005 à 2008 : L'usine d'Annaba a bénéficié d'un investissement de plus de 3,5 milliards de dinars, destiné à la réhabilitation et à la modernisation de ses installations notamment les unités de production qui ont bénéficié de 62% des investissements globaux.

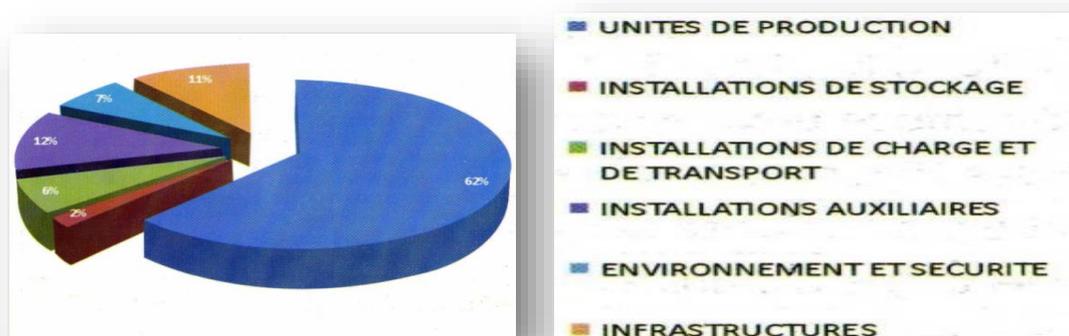


Figure II.1 : l'investissement 2005 a 2008

En 2009, FERTIAL poursuit sa politique engagée pour la modernisation de l'usine d'Annaba. Celle-ci a bénéficié d'investissements importants au cours de l'année 2009. La moitié de ces investissements a concerné les installations de production comme indiqué dans la figure II.2.

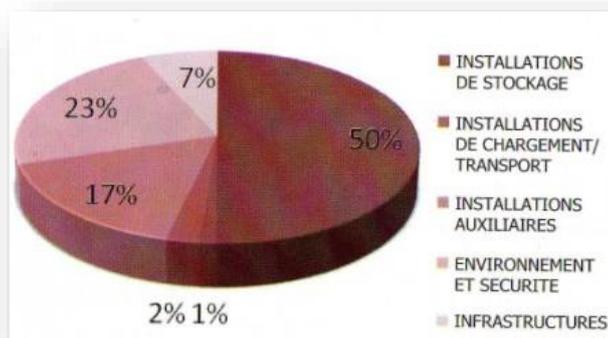


Figure II.2 : Répartition des investissements en 2009

II.6 Différentes divisions de FERTIAL :

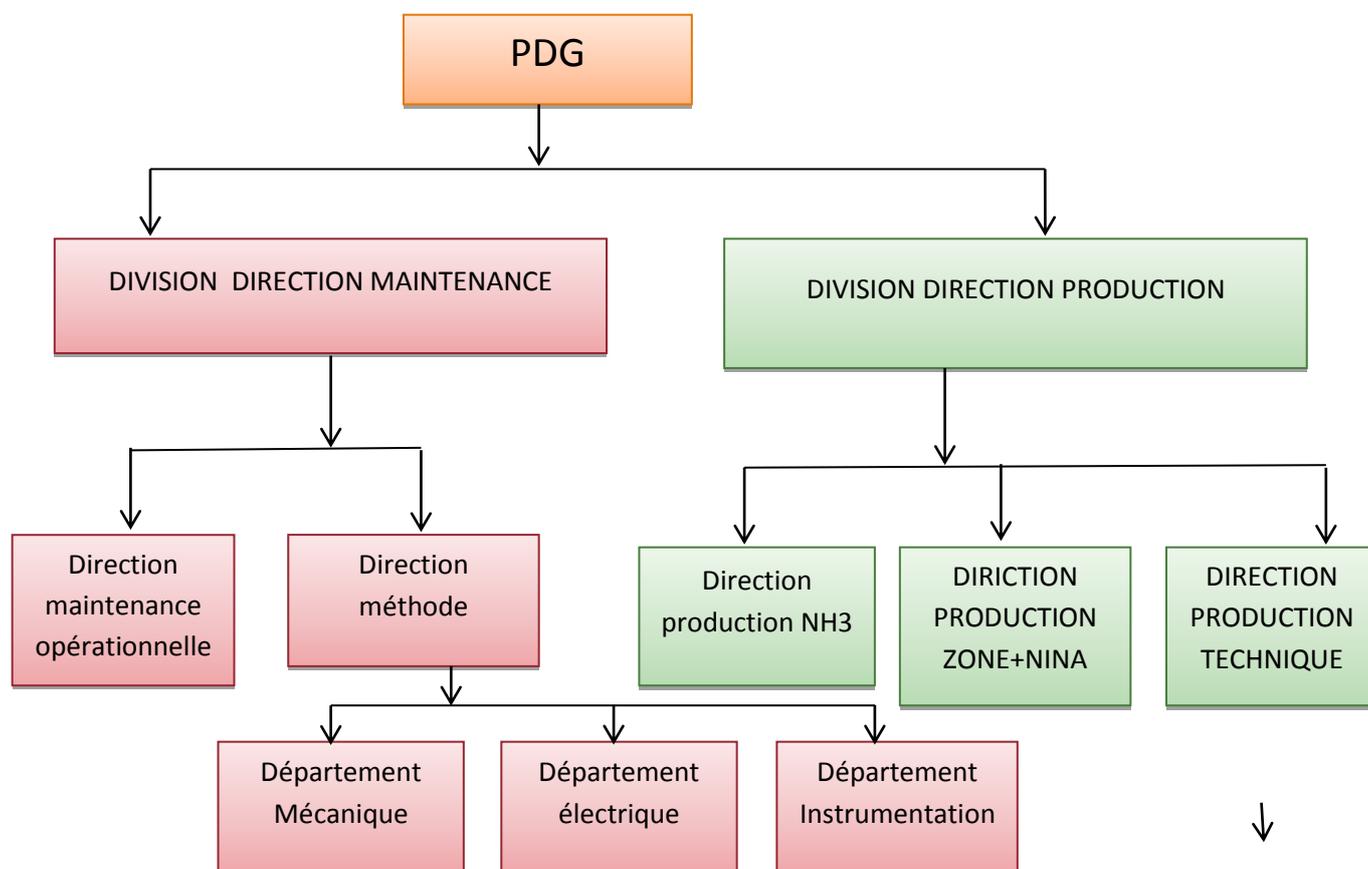


Figure II.3 : Différentes divisions de FERTIAL

II.7 Structures principales de la division maintenance :

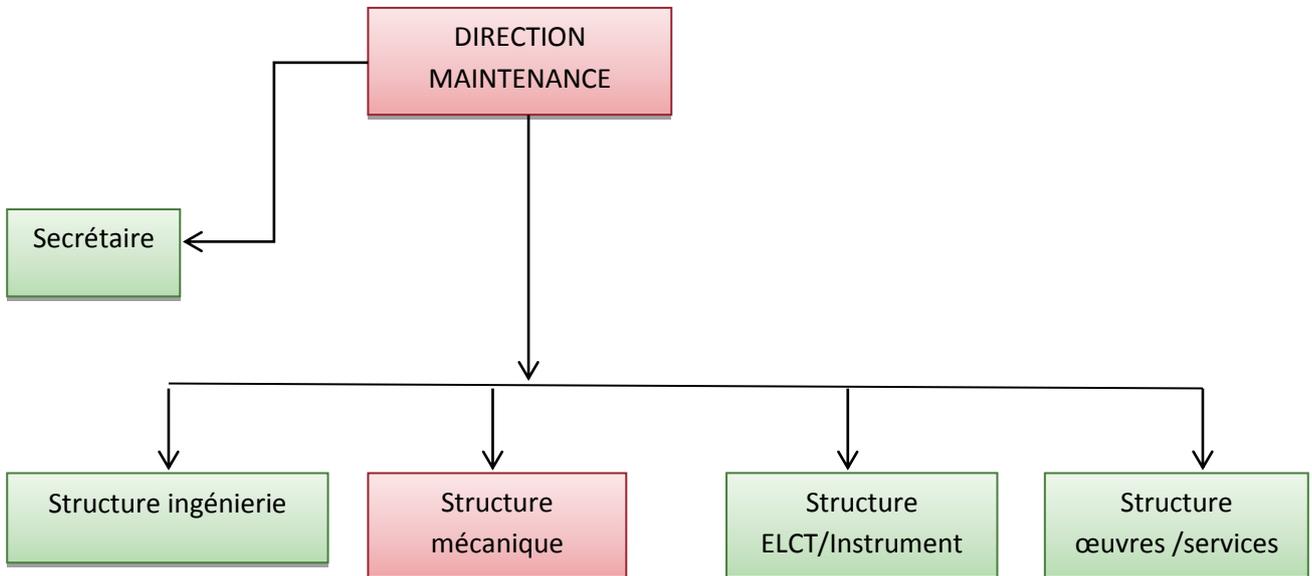


Figure II.4 : structures principales de la division

II.8 Description de l'unité d'ammoniac :

L'installation est calculée pour la production de 1000 tonnes / j d'ammoniac liquide, en partant des matières premières qui comprennent le gaz naturel, la vapeur d'eau et l'air. Ceci s'accomplit par la méthode de reforming Kellogg à haute pression.



Figure II.5: Vue générale sur l'unité d'ammoniac.

II.9 Description générale de l'unité :

L'installation est calculée pour la production de 1000 tonnes par journée de production d'ammoniac liquide, en partant des matières premières préliminaires qui comprennent le gaz naturel, la vapeur d'eau et l'air. Ceci s'accomplit par la méthode de reforming Kellogg à haute pression et dans l'ordre suivant :

II.9.1 Principales étapes du procédé de fabrication :

- a) Compression et désulfuration du gaz naturel.
- b) Reforming.
- c) Shift oxyde de carbone.

II.9.2 Purification du gaz :

- a) Extraction du gaz carbonique.
- b) Méthanisation.

II.9.3 Synthèse d'ammoniac :

- a) Compression du gaz de synthèse purifié
- b) Synthèse et réfrigération de l'ammoniac.
- c) Stockage et distribution des produits

II.10 Procédé de fabrication d'ammoniac :

L'ammoniac est fabriqué à partir d'eau, d'air et d'hydrocarbures. Les hydrocarbures et l'air sont les principales matières premières, qui fournissent respectivement l'hydrogène et l'azote, deux composants potentiels dans la réaction de synthèse de l'ammoniac [5].

Le procédé de fabrication mis en œuvre sera basé sur le reforming à la vapeur du gaz naturel. Le gaz naturel fourni à partir de Hassi-Rmal contient en effet plus de 83% de méthane (CH₄).

La Figure II.6 donne un diagramme détaillé de la fabrication de l'ammoniac

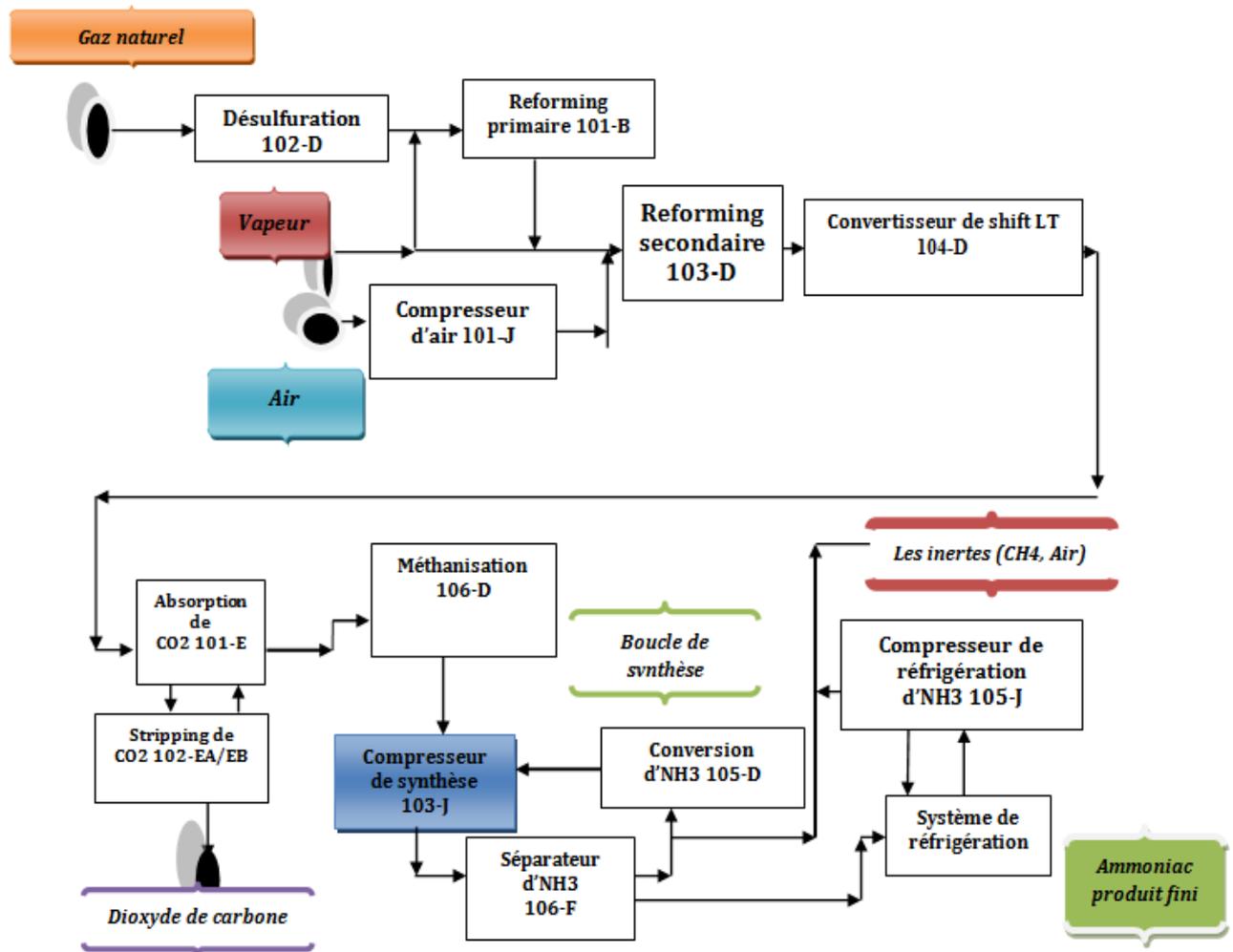


Figure II.6 : diagramme de fabrication de l'ammoniac

II.11 L'ammoniac et l'environnement :

L'ammoniac c'est un gaz incolore à odeur irritante et piquante. Ce gaz est toxique pour l'homme et pour l'environnement.

Dans des conditions particulières, il est capable de former un mélange explosif avec l'air.

L'ammoniac se présente sous forme gazeuse aux conditions usuelles de température et de pression mais il est généralement stocké et transporté sous forme de gaz liquéfié sous sa propre pression de vapeur saturante.

II.12 Synthèse d'ammoniac :

a-Compression du gaz de synthèse purifié :

Le gaz de synthèse brut venant de 102 F à 27 bars et à 63 °C est traité pour extraire le gaz carbonique et une faible quantité résiduelle d'oxyde de carbone et produire un gaz de synthèse hydrogène/azote très pur. La décarbonatation a pour but de réduire la teneur en CO₂ de 18,5%

à 0.01% dans l'absorbeur 101E en utilisant la MEA (Mono éthanolamine) à 20% en poids. Le gaz riche en CO₂ entre par le bas de la colonne garnie de 20 plateaux perforés où va s'effectuer l'absorption à contre-courant selon les réactions suivantes :

Le gaz de synthèse purifié venant du séparateur 104F, est introduit dans l'étage basse pression du compresseur gaz de synthèse 103J à 24,6 bars et 38°C où il est comprimé jusqu'à 63 bars et à 187 °C.

La chaleur créée par la compression est diminuée en faisant passer le gaz comprimé dans les échangeurs 136C, par la charge du méthane, dans le réfrigérant intermédiaire 116C, par la suite dans le réfrigérant intermédiaire du compresseur 129C, et le gaz de synthèse.

Le gaz refroidi à 8°C passe d'abord par le séparateur 105F, avant d'être aspiré par le deuxième étage du compresseur avec le gaz recyclé venant de la réaction de synthèse de l'ammoniac à une pression de 134 bars et une température de 43°C.

Le mélange des gaz refoulés du deuxième étage à 150 bars et à une température de 74 °C est refroidi à l'eau jusqu'à 35°C dans l'échangeur 124C, puis il est divisé en deux courants:

- Un courant est refroidi à -9°C dans l'échangeur 120C, et par le gaz qui sort du ballon de séparation 106F, à 23 °C.
- L'autre courant est refroidi jusqu'à 19°C dans l'échangeur 117C, par échange avec l'ammoniac à 13°C puis jusqu'à -2°C dans l'échangeur 118C, par échange avec l'ammoniac à -7 °C.

Le mélange des deux courants qui donne une température de -6 °C est soumis à un dernier refroidissement à -23°C dans l'échangeur 119C, par échange avec l'ammoniac à -33 °C.

b-Synthèse et réfrigération de l'ammoniac (105-D) :

Après une série de refroidissements et une séparation dans le séparateur 106F, le gaz de synthèse est chauffé dans deux échangeurs 120C et 121C jusqu'à 144°C et introduit par la partie inférieure du réacteur de synthèse.

Le réacteur de synthèse est formé d'une enveloppe à haute pression qui contient une section catalytique et un échangeur de chaleur.

Le gaz de synthèse entrant à une température de 144 °C et à une pression de 148 bars effectifs remonte par l'espace annulaire entre l'enveloppe du catalyseur et l'enveloppe extérieure de l'appareil, il passe ensuite par l'échangeur 122C pour être réchauffé par les gaz sortant du quatrième lit et redescend par les quatre lits catalytiques à base d'oxyde de fer (Fe₃O₄) de différents volumes:

- 1^{er} lit : 9,16 m³.
- 2^{ème} lit: 11,94 m³.
- 3^{ème} lit: 17,83 m³.
- 4^{ème} lit: 25,25 m³.

Où se déroule la réaction de synthèse. Une charge froide est injectée au niveau de chaque lit pour favoriser la réaction de synthèse, ensuite le gaz à 12% d'NH₃ remonte à travers une colonne placée au centre du réacteur et passe dans l'échangeur 122 °C.

Le gaz sortant du convertisseur est ensuite refroidi dans deux échangeurs 123 °C et 121 °C jusqu'à 24°C et divisé en deux parties:

La première partie est recyclée vers le deuxième étage du compresseurs 103J, la deuxième partie est refroidie dans les échangeurs 139C, 125C jusqu'à -23 °C et séparée dans les séparateurs 108F et 107F, les gaz incondensables sortants des deux séparateurs sont utilisés comme combustibles dans le reforming primaire, et le liquide est refroidi d'avantage jusqu'à -33,3°C avant d'être acheminé vers le bac de stockage T 101.

Les vapeurs d'ammoniac provenant du séparateur 112F sont comprimés dans le compresseur 105J ensuite condensés dans le condenseur 127 °C et accumulés dans le ballon 109F où les gaz inertes sont enlevés après passage à travers l'échangeur 126C, ensuite l'ammoniac liquide du fond de 109F est détendu dans le ballon de flash 110F jusqu'à 5,9 bars effectif et 13,3°C.

Le liquide du fond du ballon 110F traverse les échangeurs 117C, 126C et 129C pour refroidir les charges chaudes qui les traversent.

Les vapeurs produites dans 117C retournent au ballon 111F avec la charge liquide du ballon 110F où elles seront détendues jusqu'à 2,2 bars effectifs et -7,2 °C.

Les gaz issus de la détente passent dans le premier étage du compresseur 105J alors que le liquide est divisé en deux parties. Une partie refroidit les gaz de synthèse dans l'échangeur 118C et l'autre partie est détendue jusqu'à 0 bar effectif et -33,3 °C dans le ballon 112F avant d'être pompée vers le bac de stockage T- 101

c-Stockage de l'ammoniac :

Après une série de refroidissements et une séparation dans le séparateur 106F, le gaz de synthèse est chauffé dans deux échangeurs 120C et 121C jusqu'à 144°C et introduit par la partie inférieure du réacteur de synthèse.

Le réacteur de synthèse est formé d'une enveloppe à haute pression qui contient une section catalytique et un échangeur de chaleur.

Le gaz de synthèse entrant à une température de 144 °C et à une pression de 148 bars effectifs remonte par l'espace annulaire entre l'enveloppe du catalyseur et l'enveloppe extérieure de l'appareil, il passe ensuite par l'échangeur 122C pour être réchauffé par les gaz sortant du quatrième lit et redescend par les quatre lits catalytiques à base d'oxyde de fer (Fe₃O₄) de différents volumes:

L'NH₃ liquide arrivant de la section réfrigération avec une température de - 33.3 °C et une pression 0 bar effectif alimente le bac de stockage par sa partie supérieure sous forme de pluie pour liquéfier une partie des vapeurs dégagées, la partie non liquéfiée est comprimée dans le premier étage des compresseurs K101A, K101B et K101C jusqu'à 3,15 bars effectif ensuite refroidie jusqu'à -2°C dans le ballon d'aspiration 101V par contact avec l'NH₃ liquide.

Les gaz sortants de 101V sont comprimés dans le deuxième étage des compresseurs 101A, 101B et 101C puis condensés par l'eau de mer dans les condenseurs 103A et 103B, ensuite dirigés vers le réservoir de recette de l'NH₃ 102V avec 13,8 bars effectif et 38 °C avant de passer dans le ballon 101V où ils sont détendus jusqu'à 3 bars et -2 °C.

Chapitre II : Présentation de l'unité de production d'Ammoniac NH₃-FERTIAL

Le liquide dans le ballon 101V sera utilisé comme agent de refroidissement des gaz en provenance du premier étage des compresseurs 101A, 101B et 101C; après avoir été détendu l'NH₃ liquide est renvoyé vers le bac T101.

Le bac T101 a été construit par la société Japonaise T.K.K et possède les caractéristiques suivantes:

Capacité de stockage	: 20 000 tonnes.
Diamètre	: 52 220 mm
Hauteur	: 17220 mm
Hauteur de remplissage	: 14540 mm

La pression à l'intérieur du bac de stockage ne doit pas dépasser 68 m/bars

Dans le chapitre suivant, nous allons nous intéresser à l'équipement Turbocompresseur 103-J pour mener une étude de sa fiabilité et analyser son historique des défaillances. La connaissance du procédé et du rôle joué par cet équipement montre sa criticité pour l'ensemble de l'unité Ammoniac.

III.1 INTRODUCTION :

Les turbomachines industrielles, installées dans des unités de récupération d'énergie (turbines à vapeur), de traitement de gaz naturel (compresseurs centrifuges), ou de pétrochimie Turbocompresseur constituent les moteurs de ces unités. Sans elles, le fluide dit « moteur » ne circulerait pas et la production ne se ferait pas. Leur disponibilité et leur fiabilité sont des éléments clés de l'exploitation des unités de production.

III.2 TYPES DE COMPRESSEURS :

Les machines de compression reçoivent de nombreux noms qui sont liés à leur utilisation, qu'elle soit industrielle ou domestique : Ventilateurs, soufflantes, boosters, compresseurs. La littérature divise ces machines en deux grandes familles dynamiques et volumétriques :

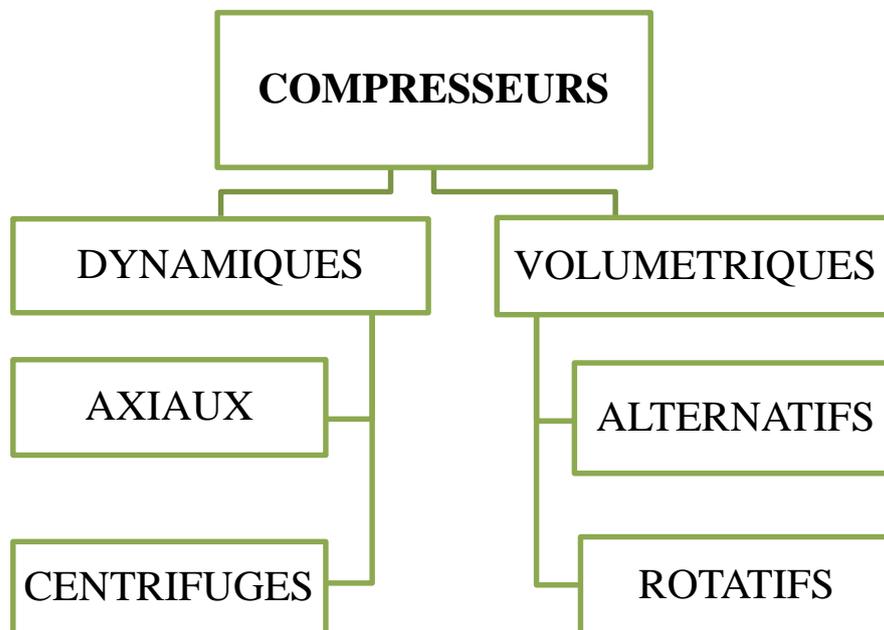


Figure III.1 : Classification des compresseurs

III.2.1 Compresseurs volumétriques :

Les Compresseurs volumétriques sont des machines réceptrices, ils peuvent être rotatifs (vis, palette etc.) ou bien alternatifs (à piston).

La transformation du travail reçu en énergie de pression en diminuant le volume du fluide qui traverse la machine.

III.2.2 Turbocompresseurs :

Les Turbocompresseurs sont des turbomachines dans lesquelles le fluide reçoit de l'énergie mécanique d'une ou plusieurs roues mobiles (monocellulaire ou multicellulaires).

Le turbocompresseur peut être axial ou centrifuge.

III.3 Description du turbocompresseur 103-J :

Le turbocompresseur de gaz de synthèse 103-J est composé de quatre parties :

- Une turbine Haute Pression «HP » pour entrainer en rotation le compresseur BP.
- Une turbine Basse Pression «BP » pour accélérer la rotation et atteindre la vitesse nécessaire du compresseur ; elle est alimentée par la turbine «HP ».
- Un Compresseur basse pression «BP » pour augmenter la pression de gaz de synthèse jusqu'à 63 bars «première niveau », et comportant 09 étages de compression entraînés par la turbine «HP ».
- Un Compresseur haute pression «HP » pour augmenter la pression du gaz jusqu'à 50 bars «Deuxième niveau », et comportant 8 étages de compression entraînés par le compresseur BP.

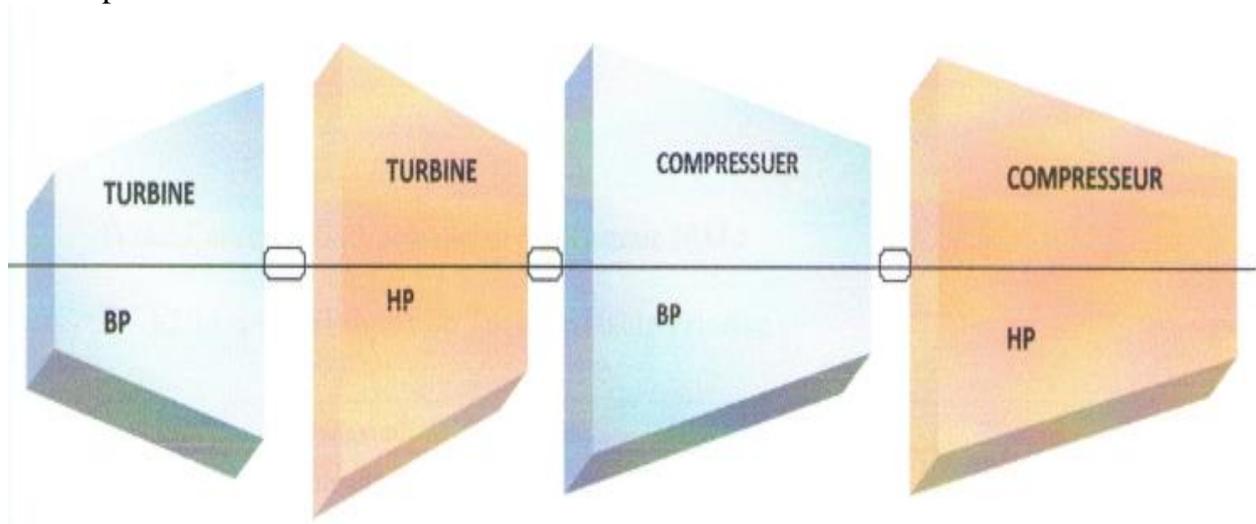


Figure III.2 : Les quatre parties du turbocompresseur 103-J



Figure III.3: Vue du turbocompresseur 103-J

Pour avoir une idée sur la grandeur de cet équipement, la figure III.4 donne un aperçu sur la taille par rapport à un technicien de maintenance sur le site. La figure montre l'installation en cours de maintenance avec ouverture des différentes parties et une vue sur les différents rotors mis en place.

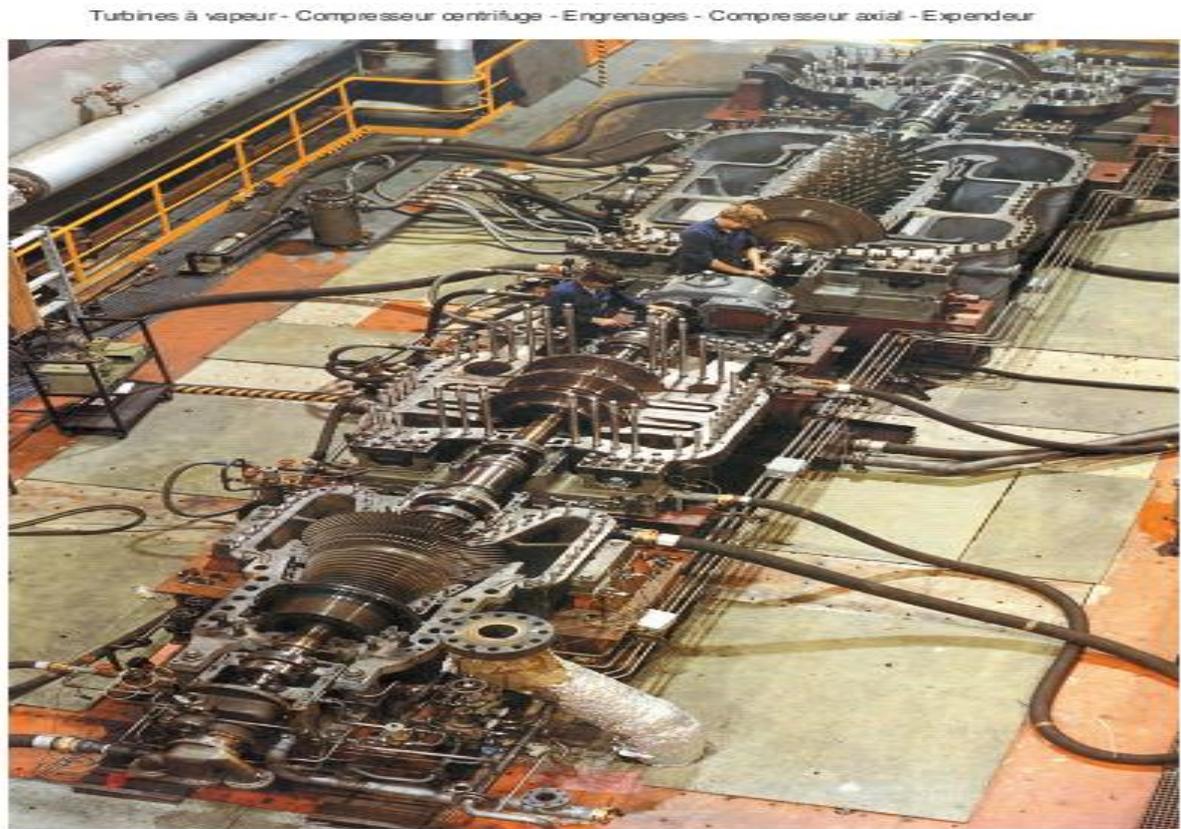


Figure III.4 : Ensemble (turbine à vapeur + compresseur centrifuge)

III.4 TURBINES :

Une turbine est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie cinétique d'un fluide liquide comme l'eau (T. hydraulique) ou le gaz (vapeur, air, gaz de combustion) pour faire tourner un arbre solidaire des pales de la turbine. Dans le cas de FERTIAL, les turbines sont le siège de la détente des gaz chauds et comprimés comme indiqué dans le manuel opératoire [6].

III.4.1 TURBINES (103-JBP ,103-JHP) :

Elles représentent la source d'énergie pour le compresseur 103-J. La détente de la vapeur **haute pression**, venant de la surchauffeur avec une pression de 101.2 bars et 440 °C provoque la rotation de la 1^{ère} turbine qui entraîne le compresseur du gaz de synthèse devant tourner à 10 343 tr/min.

Une partie de la vapeur s'échappant de cet étage est évacuée dans le collecteur de vapeur **moyenne pression**. L'autre partie de vapeur alimente la seconde turbine 103- JT-BP pour augmenter la puissance transmise au compresseur (la puissance totale des 2 étapes s'élève à 15,021 kW)



Figure III.5: Photos des turbines : (103-JBP ,103-JHP)

III.5 COMPRESSEURS :

Le compresseur a pour effet de comprimer de l'air à des pressions allant jusqu'à 300 bars, afin d'alimenter les bouteilles et les blocs tampons par exemple.

III.5.1 Compresseurs : 103-JBP/HP :

Le gaz de synthèse purifié venant du séparateur 104F, est introduit dans l'étage basse pression du compresseur gaz de synthèse 103-J à 24,6 bars et 38 °C où il est comprimé jusqu'à 63bars et 187 °C. La chaleur créée par la compression est éliminée en faisant passer le gaz comprimé dans les échangeurs 136C, par la charge du méthane, dans le réfrigérant intermédiaire 116C, par la suite dans le réfrigérant intermédiaire du compresseur 129C, et le gaz de synthèse.

Le gaz refroidi à 8 °C passe d'abord par le séparateur 105F, avant d'être aspiré par le deuxième étage du compresseur avec le gaz recyclé venant de la réaction de synthèse de l'ammoniac à une pression de 134 bars et une température de 43 °C.

Le mélange des gaz refoulés du deuxième étage à 150 bars et une température de 74 °C est refroidi à l'eau jusqu'à 35 °C dans l'échangeur 124C, puis il est divisé en deux courants:

- Un courant est refroidi à -9 °C dans l'échangeur 120C, et par le gaz qui sort du ballon de séparation 106F, à 23 °C.
- L'autre courant est refroidi jusqu'à 19°C dans l'échangeur 117C, par échange avec l'ammoniac à 13 °C puis jusqu'à -2 °C dans l'échangeur 118C, par échange avec l'ammoniac à -7 °C.

Le mélange des deux courants qui donne une température de $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$ est soumis à un dernier refroidissement à $-23\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans l'échangeur 119C, par échange avec l'ammoniac à $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$.

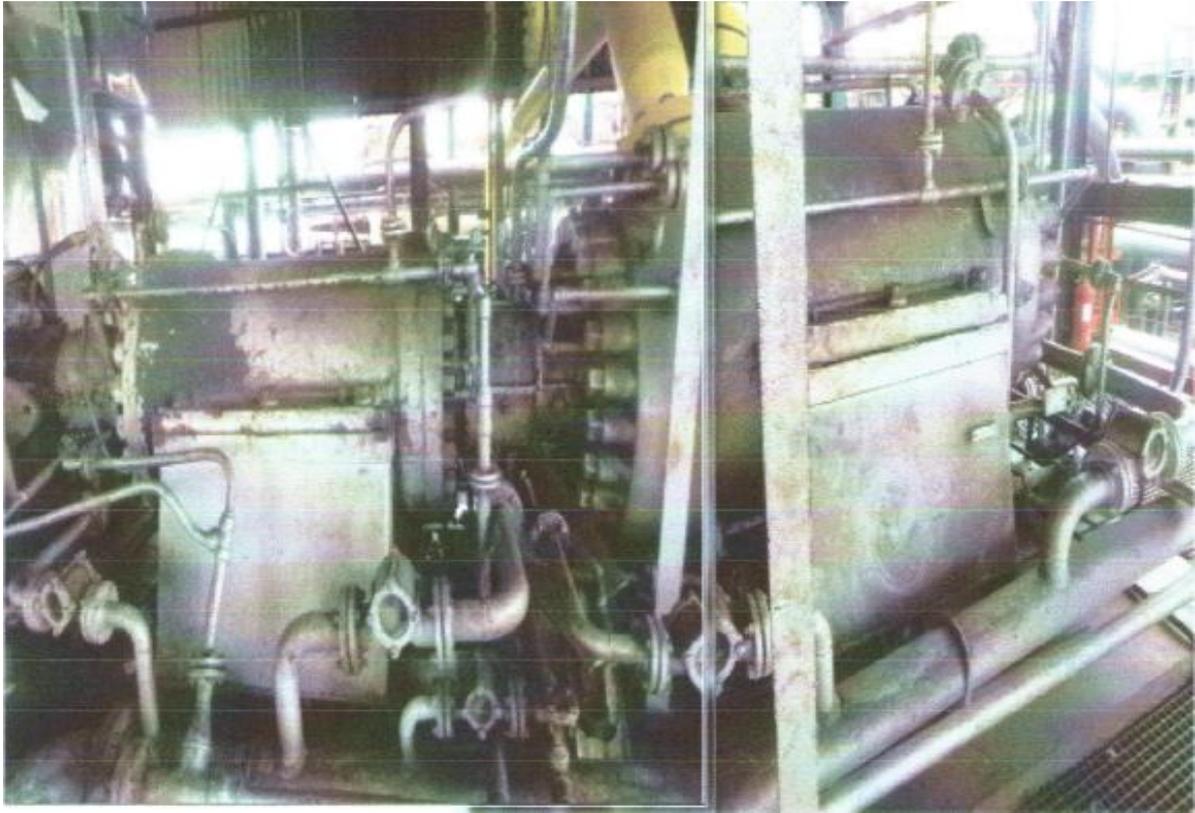


Figure III.6 : Photos des compresseurs BP et HP.

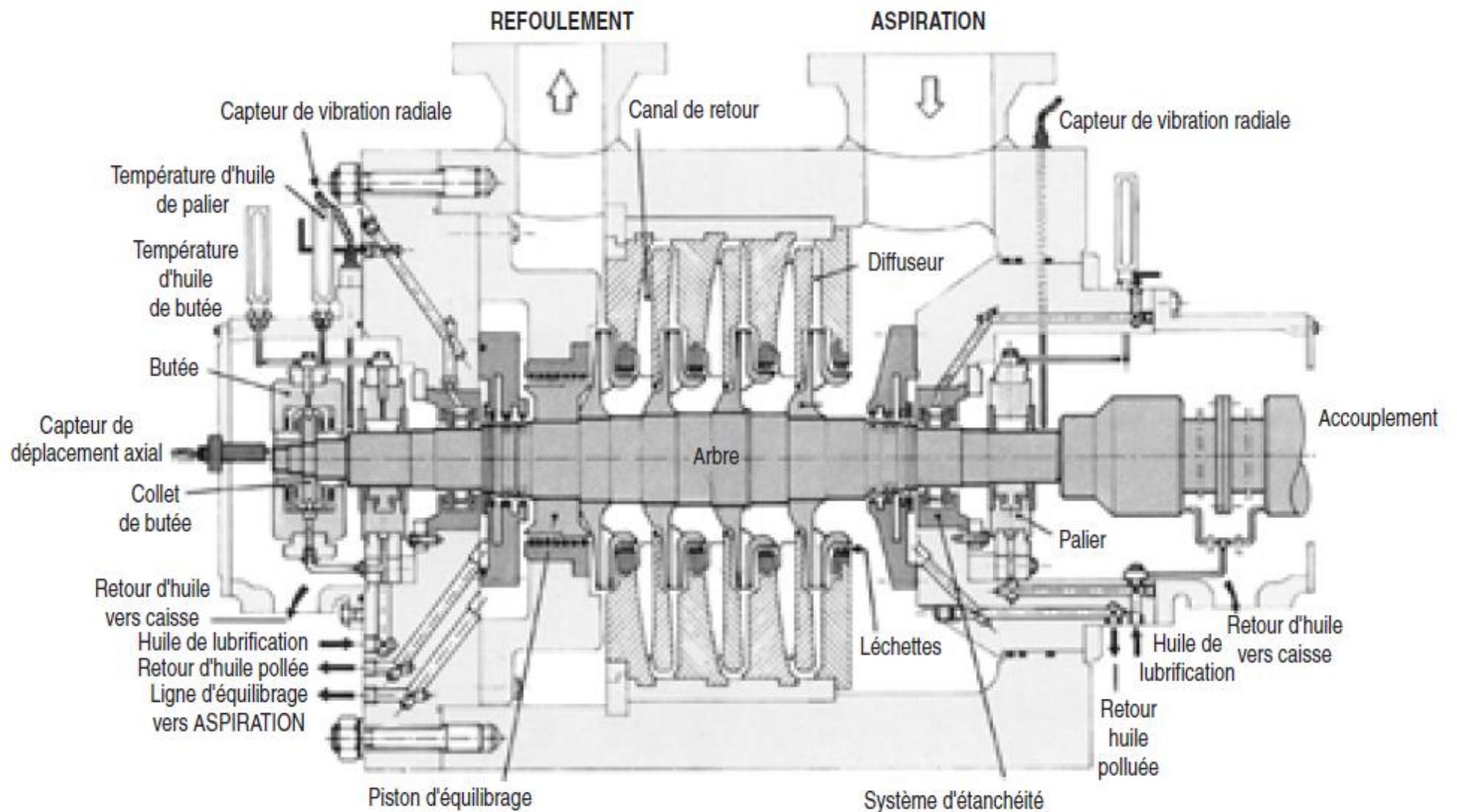


Figure III.7: Représentation en coupe d'un compresseur centrifuge.

- Rotor du compresseur BP :

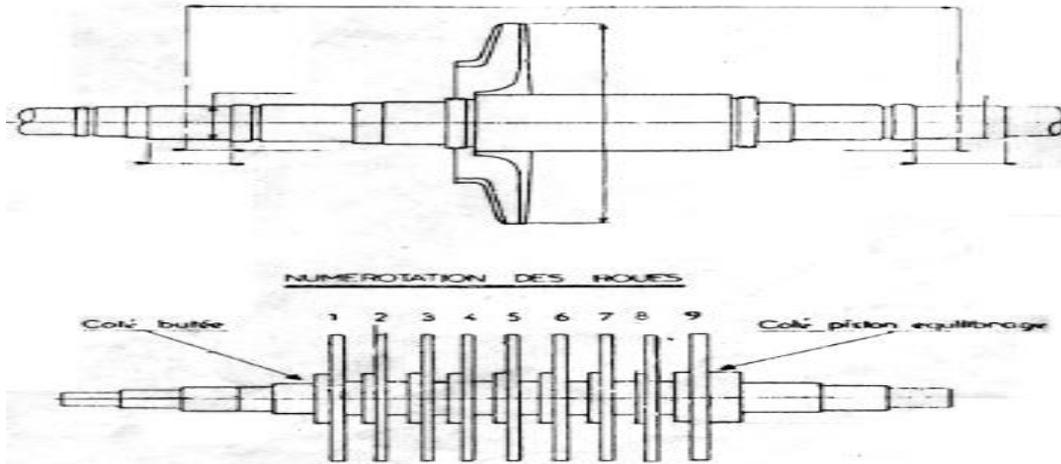


Figure III.8 : Rotor du compresseur BP

- Rotor du compresseur HP :

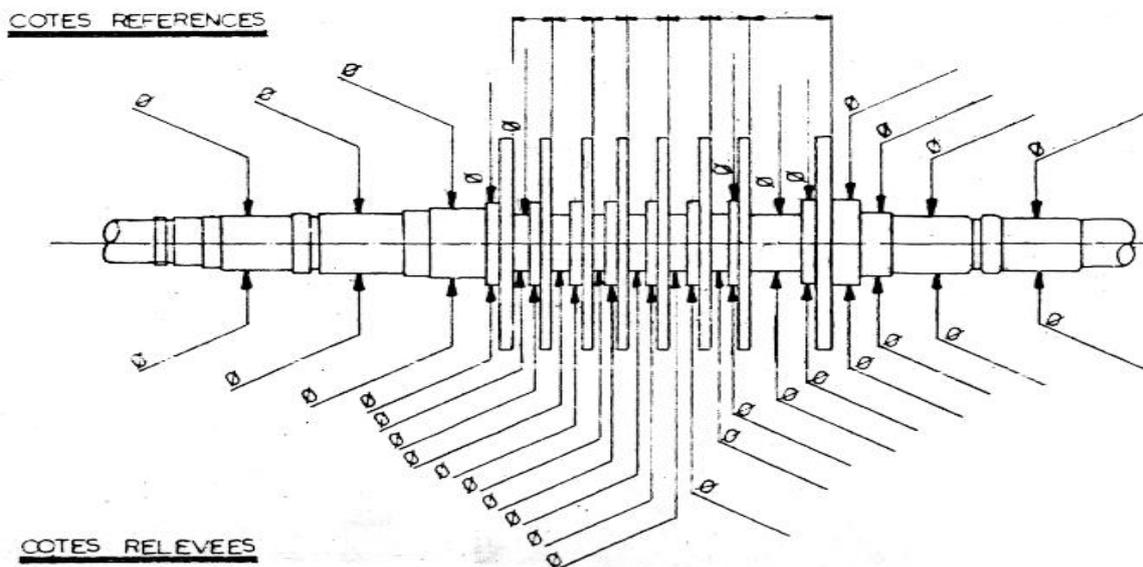


Figure III.9 : Rotor du compresseur HP

III.6 Principe de fonctionnement du turbocompresseur 103-J:

III.6.1 Fonctionnement de la turbine à vapeur :

La vapeur s'écoule dans les tuyères, vers la turbine dans laquelle les jets sont fixés sur la partie intérieure de l'enveloppe de la turbine, la première roue à action, dilate la vapeur et augmente sa vitesse vite, après la vapeur traverse le redresseur qui dirige leurs trajets vers la deuxième roue, la vapeur se dilate encore et sa vitesse devient plus grande, en suite après la vapeur s'écoule vers les autres roues faisant tourner l'arbre sur laquelle elles sont montées.

Lorsque la vapeur se dilate, sa température diminue et donc son énergie interne diminue, cette réduction de l'énergie interne s'accompagne d'une augmentation de l'énergie cinétique sous la forme d'une accélération des particules de vapeur. La turbine développe une poussée axiale du fait de la chute de pression sur les roues, cette poussée est généralement compensée par l'utilisateur d'un piston d'équilibrage. A la sortie de la turbine en fond d'échappement la vapeur se transforme en eau dans le condenseur au moyen de l'eau refroidissement, puis elle est récupérée dans une bêche à l'aide des pompes d'extraction de condensation.

Dans le condenseur règne presque le vide d'où la pression est inférieure à 0.1 bar.

III.6.2 Fonctionnement du compresseur :

L'air s'écoule par des tuyères d'aspiration vers le premier étage de la basse pression à 25.6 bar et 38°C est comprimé jusqu'à 64.9 bars et 173°C, ce gaz passe ensuite par les réfrigérant, la température diminue jusqu'à 8 °C.

La sortie du premier étage et l'entrée du deuxième étage sont liées par une petite tuyère qui sert à équilibrer la pression.

Le gaz comprimé parcouru vers le réfrigérant pour diminuer sa température, et réduire le besoin en puissance du compresseur, après la réfrigération, le gaz s'écoule vers l'entrée du deuxième étage, il se comprime encore avec un gaz de recyclage de la boucle de synthèse, et il doit sortir du deuxième étage avec une température et une pression de (T= 70 °C, P=150 bars).

III.6.3 Caractéristiques techniques du compresseur : 103-JBP/HP :

A. Caractéristiques du compresseur Basse Pression (BP) :

- Pression d'aspiration	24.6 bars
- Température d'aspiration	38 °C
- Pression air refoulement	63 bars
- Vitesse de rotation	10.343 tr/mn
- Puissance d'entraînement	17.709 kW
- Température de refoulement	187 °C
- Vitesse maxi	11000 tr/mn
- Nombre de roues	9
- Débit gaz normal	46.837 /h

B. Caractéristiques du compresseur Haute Pression :

- Pression d'aspiration	63.4 bars
- Température d'aspiration	8 °C
- Pression entre intermédiaire	134 bars
- Température entre intermédiaire	43.0 °C
- Pression air refoulement	150 bars
- Vitesse de rotation	10.343 tr/mn
- Puissance d'entraînement	17.709 kW
- Température de refoulement	74 °C
- Vitesse maxi	11000 tr/mn
- Nombre de roues	8
- Volume d'entrée	2107 à 2622 m ³ /h
- Poids	10800 kg
- Débit d'entrée normal gaz	46.837 kg/h
- Débit d'entrée entre étage gaz	282.552 kg/h
- Débit refoulement normal gaz	328.794 kg/h

III.6.4 SYSTEME DE LUBRIFICATION :

III.6.4.1 huile de graissage :

L'huile de graissage est stockée dans un réservoir sous atmosphère d'azote pour éviter toute oxydation.

Le réservoir est pourvu d'une vanne de purge, d'un niveau à glace, d'une jauge, d'un raccord de remplissage, d'un évent, d'une alarme de niveau bas LLA341 et d'un serpentin de réchauffage à vapeur.



Figure III.10 : réservoir de stockage d'huile

III.6.4.2 Les Pompes de graissage:

Les conduites d'aspiration alimentant les pompes d'huile de graissage ont chacune leurs filtre et vanne de sectionnement.

La pompe d'huile principale est entraînée par turbine à vapeur.



Figure III.11 : pompe d'huile principale

La pompe d'huile auxiliaire est entraînée par moteur électrique

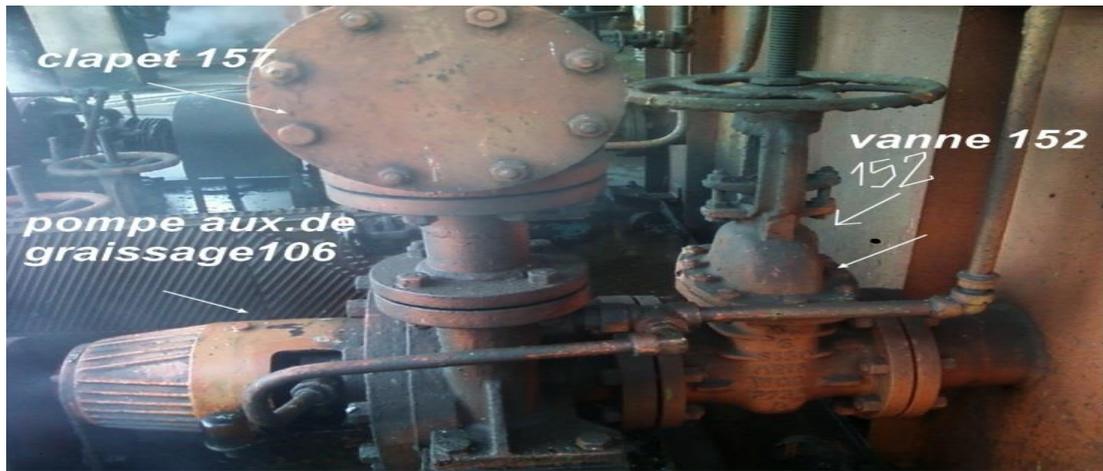


Figure III.12: pompe d'huile auxiliaire

Le refoulement des pompes d'huile de graissage est équipé d'un manomètre PI, d'un clapet anti retour et d'une vanne de sectionnement.

PA 341 (PS130) au refoulement, occasionne le démarrage automatique de la pompe d'huile auxiliaire lorsque la pression d'huile devient trop faible.

L'huile de graissage passe ensuite aux réfrigérants d'huile. Un TI indique la température d'entrée et une vanne à trois voies dirige l'écoulement. Un by-pass contourne cette vanne pour équilibrer avant la mise en service des réfrigérants.

L'huile de graissage arrive ensuite aux filtres d'huile passant par une vanne à trois voies. Un by-pass contourne cette vanne pour équilibrer la pression avant la mise en service des filtres.



Figure III.13: filtres d'huile et refroidisseur.

- HPDA343 (DPIS) mesure la pression différentielle des filtres pour indiquer leur état de colmatage et la nécessité de nettoyage.
- Le collecteur d'huile de graissage est pourvu d'un manomètre PI, de LLPA347 (PS256) et LLPA342(PS223) transmet un signal au circuit d'arrêt d'urgence lorsque la pression d'huile devient trop faible.
- Un by-pass de régulateur assure la circulation d'huile de graissage à la turbine lors du démarrage.
- Tous les paliers des compresseurs et des turbines sont alimentés en huile de graissage. Des thermomètres indiquent la température des paliers et des LG pour vérifier la circulation d'huile à travers les paliers.
- L'huile de graissage retourne vers le collecteur qui recueille également le retour d'huile de régulation avant d'être envoyée au réservoir.

III.6.4.3 Huile d'étanchéité :

Dans le procédé les opérations suivantes ont lieu :

- Huile d'étanchéité du compresseur provient directement du circuit d'huile de graissage. Huile d'étanchéité est prise en amont de régulateur de pression (du circuit graissage) qui contrôle la pression de collecteur d'huile de graissage. la conduite alimente l'aspiration des deux pompes Huile d'étanchéité. la pompe principale est entraînée par une turbine à vapeur MP
- La pompe auxiliaire du circuit d'huile d'étanchéité est entraînée par moteur électrique.
- Les conduites d'aspiration des pompes d'huile d'étanchéité sont équipées d'une vanne de sectionnement. Le refoulement des pompes comporte un manomètre PI, un clapet d'anti retour et une vanne de sectionnement. La tuyauterie et l'équipement en aval sont protégés par une soupape de sécurité dans chaque conduite de refoulement.



Figure III.14 : pompes Huile d'étanchéité. **Figure III.15 :** turbine à vapeur MP

- L'huile d'étanchéité parvient aux filtres d'huile, deux jeux de deux filtres sont prévus et une vanne à trois voies dirige l'écoulement vers un jeu ou l'autre. Un by-pass avec un régulateur contourne la vanne à trois voies pour équilibrer la pression à travers la vanne avant la mise en service des filtres et indique l'état de colmatage.



Figure III.16: filtres d'huile d'étanchéité

- La différence entre la pression de référence d'huile d'étanchéité et la pression en aval des vanne de réglage de circuit d'huile d'étanchéité contrôle le débit de fluide dans le circuit en ouvrant et fermant la vanne de contrôle automatique(124) de la ligne de recyclage qui renvoie l'huile au réservoir.
- L'huile d'étanchéité s'écoule dans les circuits d'huile haute et basse pression par des vannes de contrôle. Un clapet d'anti retour (238 et 239) empêche dans chaque ligne le retour d'huile d'étanchéité en cas de défaillance des pompes. Un manomètre mesure la pression de collecteur sur chaque circuit PI216 et 217.
- La pression des réservoirs supérieurs d'huile d'étanchéité est maintenue à la pression de refoulement des pompes. Le temps entre l'arrêt et l'évacuation totale d'huile est de 5 minutes. en cas de défaillance des pompes d'huile d'étanchéité le réservoir supérieur assure l'huile d'étanchéité d'urgence pendant au moins 20 secondes à l'étage BP et HP.
- Le circuit comprend des alarmes de haut niveau du circuit d'huile d'étanchéité haute pression et du circuit basse pression. du circuit HP et du circuit BP occasionne le démarrage automatique de la pompe auxiliaire lorsque la pression de refoulement de l'huile d'étanchéité devient trop faible. de circuit HP et du

circuit BP sont liées au circuit d'arrêt d'urgence. Chaque réservoir comporte un indicateur de niveau.

- L'huile d'étanchéité s'écoule des collecteurs d'alimentation vers les garnitures des sections HP et BP du compresseur, puis vers les collecteurs d'huile d'étanchéité. Chaque collecteur est pourvu de vanne de sectionnement, d'un indicateur de niveau et d'un régulateur évacuant vers l'atmosphère. les événements se rejoignent et traversent un autre régulateur et un clapet d'anti retour avant de refouler à l'atmosphère.
- Une vanne de niveau sur les collecteurs d'huile d'étanchéité haute pression d'étend l'huile allant au dégazeur. l'huile d'étanchéité corrosive arrive ensuite au dégazeur ou un serpentin à vapeur évacués les gaz dissous. Deux vannes de purge sont prévues sur le dégazeur et l'évent refoule les gaz à l'atmosphère.
- L'huile d'étanchéité débarrassée de ses gaz retourne au réservoir d'huile de graissage.

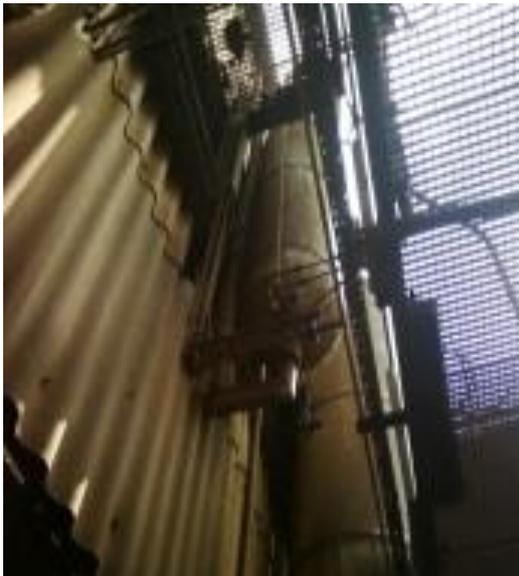


Figure III.17 : réservoir de retour d'huile HB et BP

- Une vanne de niveau sur les collecteurs d'huile d'étanchéité haute pression d'étend l'huile allant au dégazeur. l'huile d'étanchéité corrosive arrive ensuite au dégazeur ou un serpentin à vapeur évacués les gaz dissous. Deux vannes de purge sont prévues sur le dégazeur et l'évent refoule les gaz à l'atmosphère.
- L'huile d'étanchéité débarrassée de ses gaz retourne au réservoir d'huile de graissage.

IV.1. Introduction :

Dans ce chapitre, nous allons faire une étude des paramètres de maintenance connus sous le pseudonyme FMD (Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité). Ceci consiste comme dans ce qui suit à analyser l'historique des défaillances et les délais qui leur correspondent. Ce travail nécessite l'utilisation du modèle de WEIBULL à 3 paramètres et la détermination des 4 fonctions $f(t)$, $F(t)$, $R(t)$, $\lambda(t)$.

IV .2. Analyse FMD

IV .2.1 Définition de la fiabilité :

C'est la caractéristique d'un dispositif exprimé par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminée.

La complexité croissante des matériels et la miniaturisation rendent difficile les actions de maintenance corrective tout comme :

La mise en jeu d'investissement et le risque le plus élevé, les coûts de perte de production élevés [7].

IV .2.2 La disponibilité :

C'est l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires soit assurée (norme X60-500). Cela peut aussi se traduire par la caractéristique d'un matériel à être disponible pour assurer sa fonction de bonne production à la cadence nominale de fonctionnement.

Disponibilité instantanée :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

IV .2.3 Maintenabilité :

Dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits .

La fonction de la maintenabilité :

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

IV.3 Défaillances :

Suite à des vibrations inadmissibles, le personnel de maintenance a démonté les paliers du rotor ainsi que l'accouplement reliant le compresseur à la turbine à gaz. Il s'est avéré qu'il y a une usure avancée au niveau du palier situé à l'entrée du compresseur (figure IV.1) et une formation accrue de gomme au niveau de l'accouplement situé du même côté (2.18 mm jusqu'à 2.21 mm).



Figure IV.1: Usure du palier du turbocompresseur

L'accouplement flexible à denture a normalement un jeu fonctionnel qui s'élève à 7 mm. Sous l'effet de la gomme il est devenu complètement rigide; le jeu s'est bien sûr diminué comme indiqué par la flèche rouge.



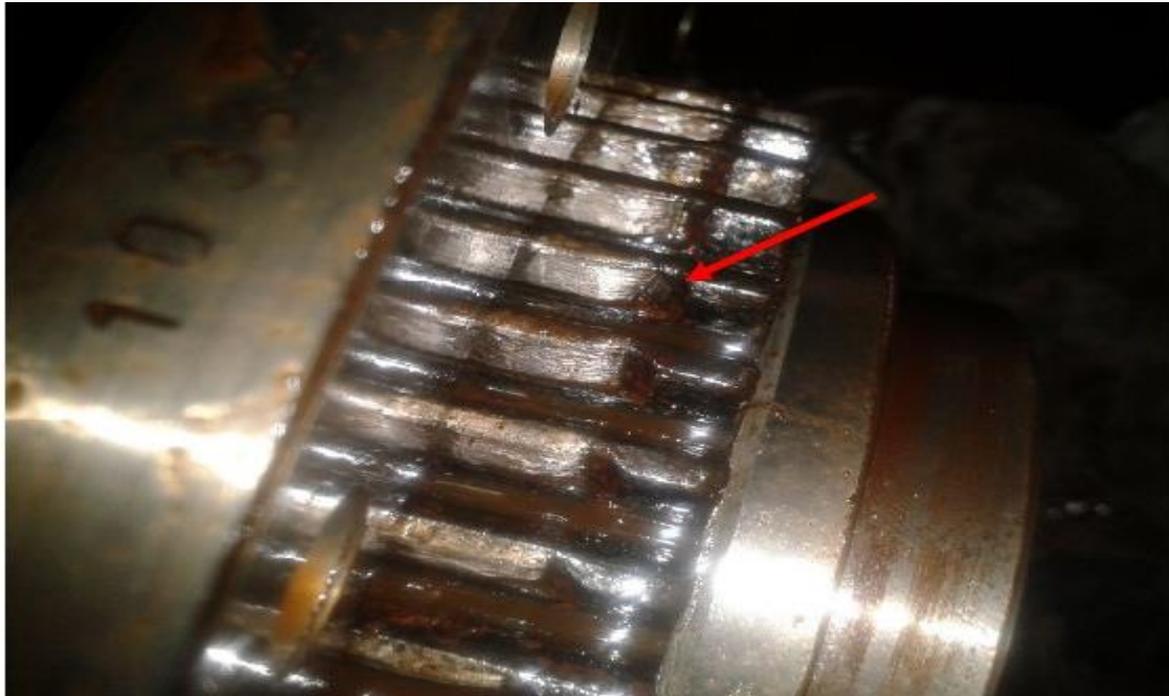
Figure IV.2: Accouplement flexible à denture.

La cause du blocage est la présence de la gomme entre les moyeux et les manchons d'après les différentes observations des experts de la maintenance de l'entreprise. .



Figure IV.3: Moyeu et manchon cote turbine

Dans la figure V.4, il est montré la présence de gomme au niveau des manchons de l'accouplement.



FigureIV.4: Manchon de l'accouplement cote turbine

La dégradation des dents au niveau du moyeu d'accouplement cote turbine est illustré dans la figure IV.5.



Figure IV.5: moyeu de l'accouplement cote turbine

IV.4. Etude FMD du turbocompresseur 103-J :

En se basant sur l'historique que nous avons récupéré au niveau de l'unité AMMONIAC au sein de FERTIAL, nous allons déterminer les indicateurs de maintenance nécessaires [7].

IV.4.1 Historique des pannes :

L'historique a été collecté au niveau de l'entreprise avec l'aide du responsable de la maintenance au niveau de l'Entreprise FERTIAL.

N	Date et heure du début d'arrêt	date et heure de fin d'arrêt	Panne	TTR (h)	TBF (h)
1	2/3/14 9:00	2/3/14 23:00	VIBRATION 103J	14,000	1449,000
2	3/3/14 7:30	3/3/14 22:30	VIBRATION 103J	15,000	8,500
3	4/3/14 13:20	5/3/14 13:20	CHANGEMENT HUILE 103J	24,000	14,833
4	6/3/14 11:00	6/3/14 13:00	VIBRATION 103J	2,000	21,667
5	7/3/14 10:00	7/3/14 23:00	VIBRATION 103J	13,000	21,000
6	8/3/14 22:00	8/3/14 23:00	VIBRATION 103J	1,000	23,000
7	9/3/14 23:50	10/3/14 0:50	TRX CLAPET 103J	1,000	24,833
8	10/3/14 1:30	10/3/14 22:30	TRX SONDES AXIALS 103J	21,000	0,667
9	15/3/14 3:30	15/3/14 20:30	TRX SONDES AXIAL 103J	17,000	101,000
10	26/3/14 11:30	27/3/14 5:30	TRX SONDES AXIALS 103J	18,000	255,000
11	1/4/14 13:30	2/4/14 2:30	Arrêt 103J (Vibration)	13,000	128,000
12	4/4/14 17:20	4/4/14 21:20	arrêt 103J (Vibration)	4,000	62,833
13	5/4/14 1:30	5/4/14 15:30	TRX sur 103J	14,000	4,167
14	24/4/14 9:45	24/4/14 12:45	déclanchement 103J (sans alarme)	3,000	450,250
15	12/8/14 9:45	13/8/14 6:45	Déclenchement 103J	21,000	2637,000
16	3/9/14 10:00	3/9/14 17:00	Vibration haute 103J	7,000	507,250
17	16/10/14 19:00	16/10/14 20:00	Déclenchement 103J (HXA341/342)	1,000	1034,000
18	17/10/14 19:25	17/10/14 23:25	Déclenchement 103J (HXA341/342)	4,000	23,417
19	3/3/15 5:35	3/3/15 6:35	Déclenchement 103J	1,000	3270,167

Tableau IV.1: Historique des pannes, TBF et TTR

IV.4.2 Application du model de WEIBULL :

C'est un modèle mathématique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances. La loi de Weibull est utilisée en fiabilité en particulier dans le domaine mécanique, cette loi à l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentations.

Weibull a donné au taux d'avarie $\lambda(t)$ une formule générale dépendant de trois paramètres η , β , γ qui rend compte avec une bonne précision dans une gamme étendue.

Les valeurs ascendantes du TBF nous permettent de déterminer la fonction de répartition $F(t)$ et utiliser le papier de Weibull pour déterminer les paramètres de Weibull : β , puis η et γ .

Rang	TBF	n_i	$\sum n_i$	F(ti) théorique
1	0,667	1	1	0,036
2	4,167	1	2	0,088
3	8,500	1	3	0,139
4	14,833	1	4	0,191
5	21,000	1	5	0,242
6	21,667	1	6	0,294
7	23,000	1	7	0,345
8	23,417	1	8	0,397
9	24,833	1	9	0,448
10	62,833	1	10	0,500
11	101,000	1	11	0,552
12	128,000	1	12	0,603
13	255,000	1	13	0,655
14	450,250	1	14	0,706
15	507,250	1	15	0,758
16	1034,000	1	16	0,809
17	1449,000	1	17	0,861
18	2637,000	1	18	0,912
19	3270,167	1	19	0,964

Tableau IV.2 : Détermination la fonction de répartition F(t).

IV .4.3 Détermination des paramètres : Après avoir trouvés les résultats des valeurs (TB(Fi), F (ti) %) on utilise le papier d'Allen plait (de Weibull) pour détermine γ , η , β .

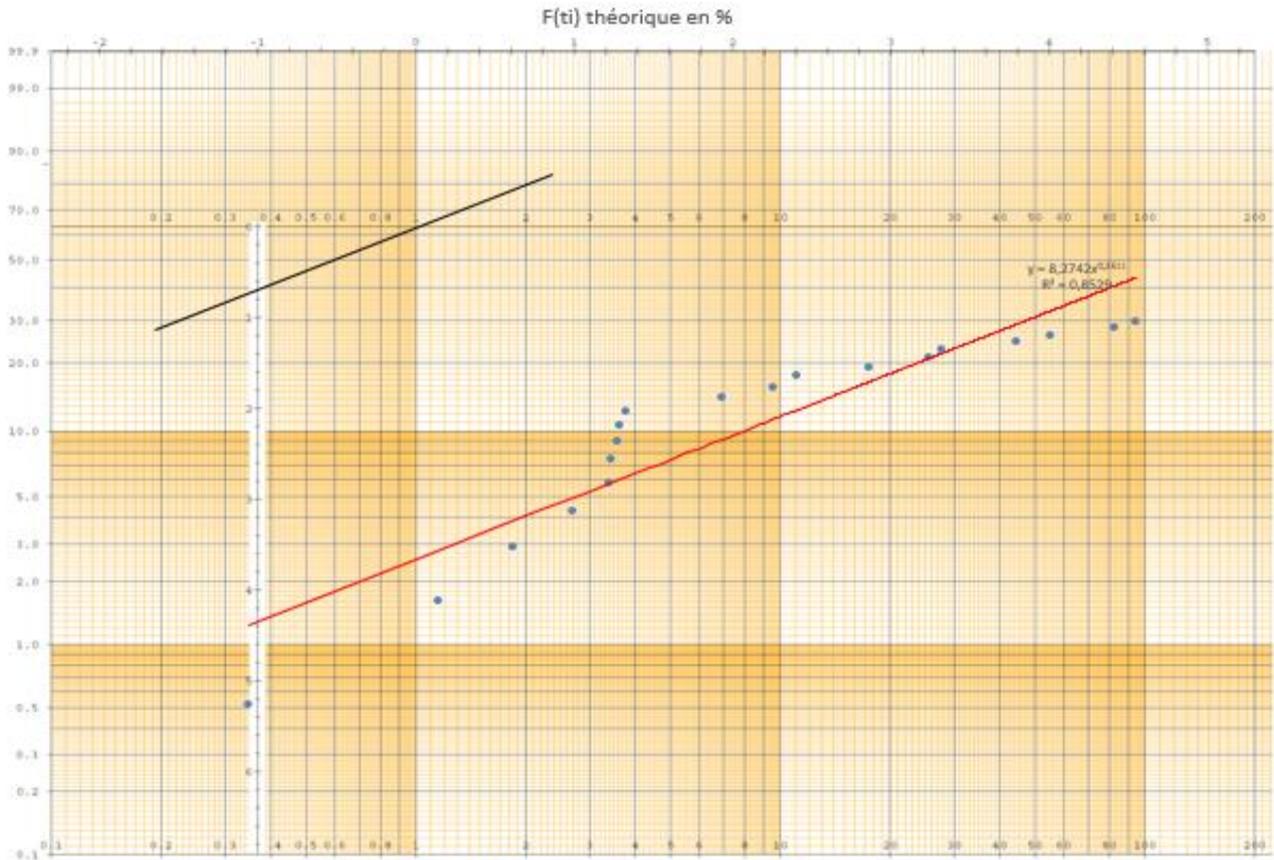


Figure IV.6: Graphique d'Allen Plait (ou de WEIBULL)

La valeur $\beta = 0,70$ tirée du diagramme de WEIBULL, nous permet d'obtenir les valeurs de A et B à partir du tableau de Weibull. Ces valeurs nous permettent à leur tour de déterminer celles de η et γ . On a en fin de compte :

- $\beta = 0,70$ **A=1.2638** **B=1.85** $\eta = 327,286$
- $\gamma = 0$

Le tableau suivant englobe les résultats obtenus :

Rang	TBF	TTR	R(t)	$\lambda(t)$	f(t)	F(t)	M(t)	D(t)
1	0,667	1	0,98701	0,0137239	0,0135456	0,01299	0,9870	0,4
2	4,167	1	0,95395	0,0079198	0,0075551	0,04605	0,9540	0,80645161
3	8,500	1	0,92529	0,0063947	0,0059170	0,07471	0,9253	0,89473684
4	14,833	1	0,89167	0,0054110	0,0048248	0,10833	0,8917	0,93684211
5	21,000	2	0,86394	0,0048751	0,0042118	0,13606	0,8639	0,91304348
6	21,667	3	0,86115	0,0048296	0,0041590	0,13885	0,8611	0,87837838
7	23,000	4	0,85567	0,0047438	0,0040592	0,14433	0,8557	0,85185185
8	23,417	4	0,85399	0,0047184	0,0040294	0,14601	0,8540	0,85410334
9	24,833	7	0,84835	0,0046359	0,0039329	0,15165	0,8483	0,78010471
10	62,833	13	0,72980	0,0035091	0,0025609	0,27020	0,7298	0,82857143
11	101,000	13	0,64461	0,0030434	0,0019618	0,35539	0,6446	0,88596491
12	128,000	14	0,59552	0,0028346	0,0016880	0,40448	0,5955	0,90140845
13	255,000	14	0,43184	0,0023051	0,0009954	0,56816	0,4318	0,94795539
14	450,250	15	0,28646	0,0019436	0,0005568	0,71354	0,2865	0,96775927
15	507,250	17	0,25693	0,0018753	0,0004818	0,74307	0,2569	0,96757272
16	1034,000	18	0,10675	0,0015146	0,0001617	0,89325	0,1068	0,98288973
17	1449,000	21	0,05882	0,0013688	0,0000805	0,94118	0,0588	0,98571429
18	2637,000	21	0,01345	0,0011437	0,0000154	0,98655	0,0135	0,99209932
19	3270,167	24	0,00668	0,0010722	0,0000072	0,99332	0,0067	0,99271439

Tableau IV.3:Tableau de FMD du turbocompresseur 103-J

IV .5 Etude de la fiabilité :

Calcul du MTBF:

MTBF est souvent considéré comme moyenne des temps de bon fonctionnement. Elle donnée par la formule suivante :

$$MTBF = A \cdot \eta + \gamma = (1,2638) \cdot (327,286) + 0 \quad \text{d'où :} \quad MTBF = 413.62 \text{ h}$$

IV.5.1. Fonction de fiabilité R(t) :

C'est la probabilité de non défaillance au-delà du temps t

$$R(MTBF) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = e^{-\left(\frac{413,624}{327,286}\right)^{0,70}} \Rightarrow R(MTBF) = 31\%$$

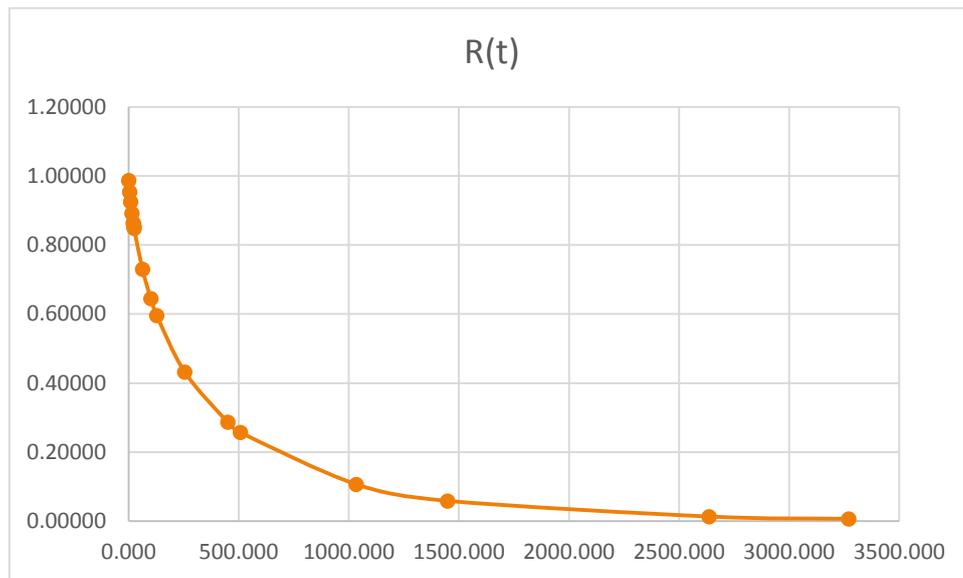


Figure IV.7 : représente fiabilité

Interprétation :

Dans cette courbe on a remarqué que la dégradation de la fiabilité (probabilité de bon fonctionnement) au cours du cumul de temps de bon fonctionnement signifie que le turbocompresseur subit plusieurs arrêts qui provoquent la rupture de production.

IV .5.2 La densité de probabilités de défaillances:

Probabilité d'avoir une seule défaillance au temps t.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

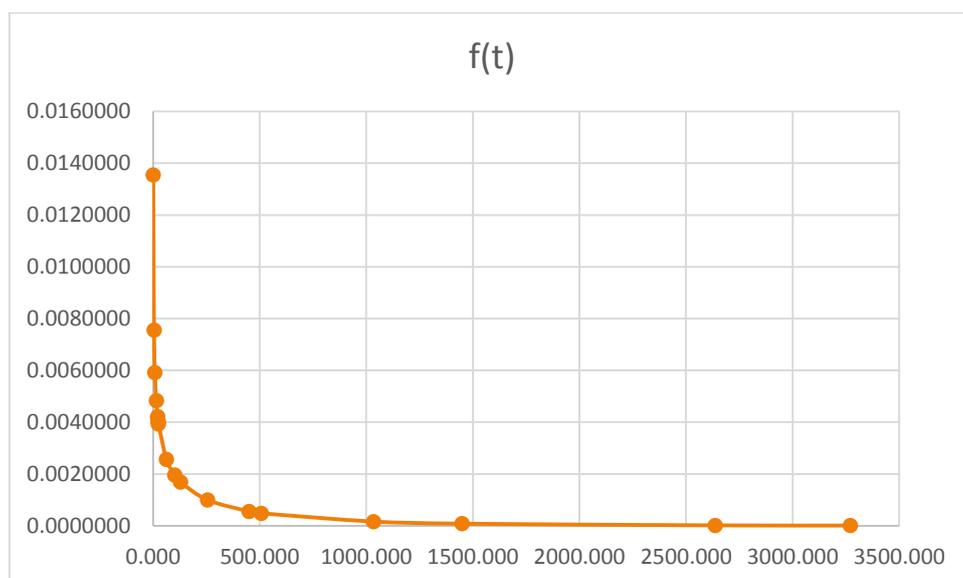


Figure IV.8 : densité de probabilité

Interprétation :

D'après l'allure de graphe $f(t)$ on distingue une fonction décroissante avec l'évolution des TBF la valeur de $f(t)$ devient maximale au temps $f(t) = 0,014$ ou une défaillance est plus probable.

IV.5.3 La fonction de répartition:

La formule : $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$

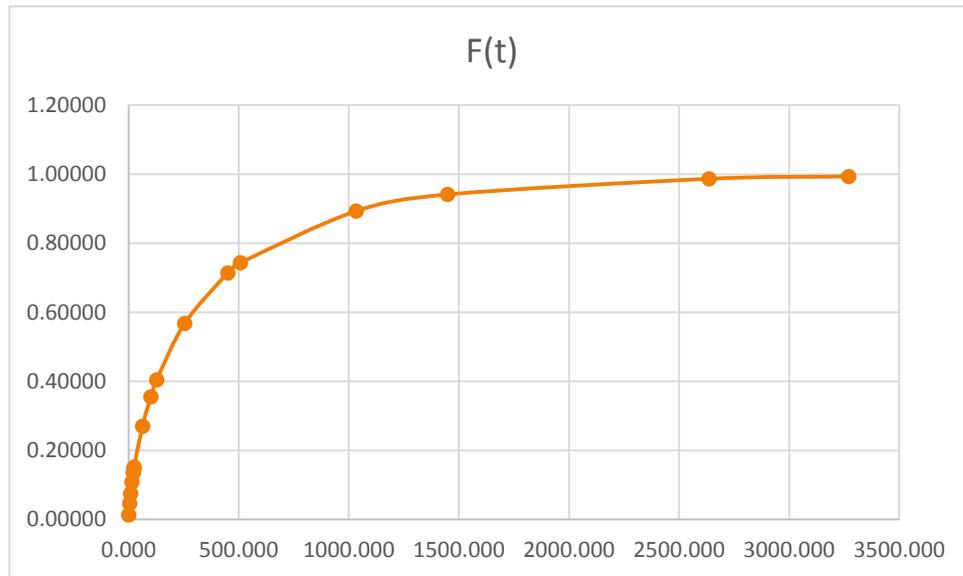


Figure IV.9 : fonction de répartition

Interprétation :

On remarque que la courbe de la fonction de répartition augmente avec le cumul de temps de bon fonctionnement, qui signifie que plus la fiabilité diminue et plus le risque de tomber en panne augmente ; puisque la fonction R et F sont complémentaires. $F(t) = 1 - R(t)$

IV.5.4 Taux de défaillance :

$$\text{Taux de défaillance } \lambda = \frac{1}{MTBF} = 0,0024\text{P/h}$$

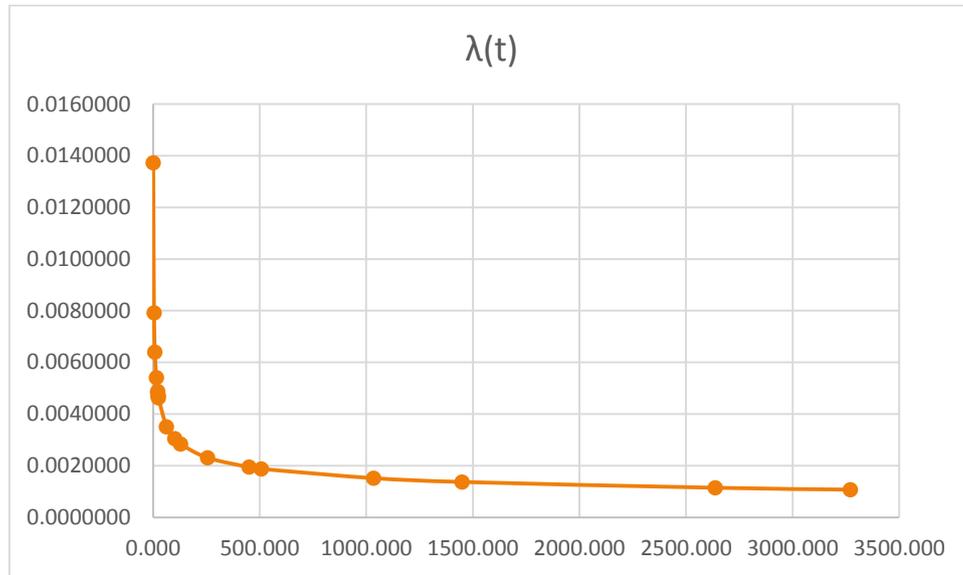


Figure IV.10 : représente taux de défaillance

IV.6 Etude de Disponibilité instantanée:

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et un taux de réparation μ constant, la disponibilité instantanée est

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t}$$

$$\text{Taux de défaillance } \lambda = \frac{1}{MTBF} = 0.0024 \text{ Panne/h}$$

$$\text{Taux de réparation } \mu = \frac{1}{MTTR} = 0.097 \text{ Inter/h}$$

$$D(MTBF) = 97\%$$

$$D(MTBF) = 97 \times 0,75 = 73\%$$

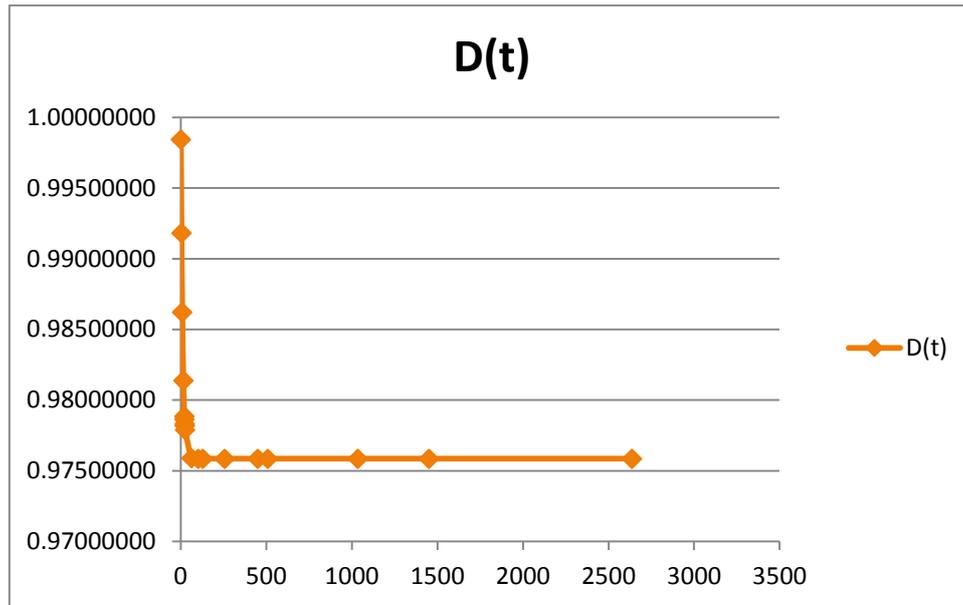


Figure IV.11: représente la Disponibilité

Interprétation :

Elle est décroissante avec le temps ce qui implique que la disponibilité du turbocompresseur 103-J décroît avec le temps. En plus la valeur de la disponibilité au temps $t=MTBF$ est égale à 73%, un taux assez faible ; relevant d'une faible fiabilité
 $R(MTBF) = 31 \%$

IV.7 Etude de la Maintenabilité

Calculer la Maintenabilité par la formule suivante:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}$$

$$\frac{\sum \text{Temps d'intervention pour n pannes}}{\text{Nombre de pannes}} \Rightarrow MTTR = 10,21 \text{ h}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{10,21} \Rightarrow \mu = 0.097 \frac{\text{intervention}}{\text{heure}}$$

$$M(MTTR) = 1 - e^{-0,097 \cdot 10,21} = 0.62 \Rightarrow M(MTTR) = 63\%$$

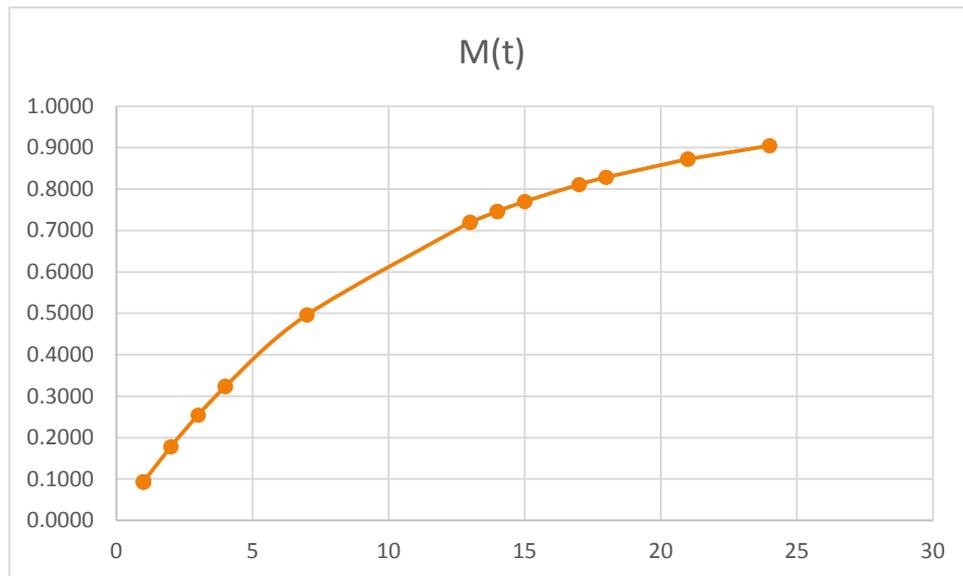


Figure IV.11 : la Maintenabilité

Interprétation :

Le graphique Maintenabilité (**Figure IV.11**) exprime l'allure croissante de cette fonction elle est normale, que plus le temps de réparation augmente et plus l'indicateur maintenabilité est meilleur. Mais le but recherché est de réparer à un minimum de temps pour un taux élevé de Maintenabilité

Conclusion :

Nous avons déterminé les principaux indicateurs de maintenance pour un la projection d'actions à mettre en pratique pour une éventuelle amélioration de la situation du compresseur en question.

A savoir principalement :

- L'augmentation de fiabilité
- La diminution du taux de défaillance
- La réduction des temps d'intervention
- L'amélioration des effets externes sur notre équipement (compétence RH, disponibilité de la PDR...)

V.1. Introduction :

De nos jours, l'aspect sécurité, représente une part non négligeable de la vie d'une entreprise. Il faut rappeler que pour obtenir la certification selon la norme 14001, il faudrait munir l'entreprise des moyens et outils pour prévoir tout incident ou accident ou atteinte à l'environnement, ou au personnel ou les équipements qui doivent répondre aux exigences internationales.

FERTIAL, doit se soumettre à ces exigences, de manière très rigoureuse de part les risques encourus et les exigences des certifications qu'elle doit entretenir comme ISO 9001 et l'ISO 14001.

V.2 présentation service sécurité de l'unité :

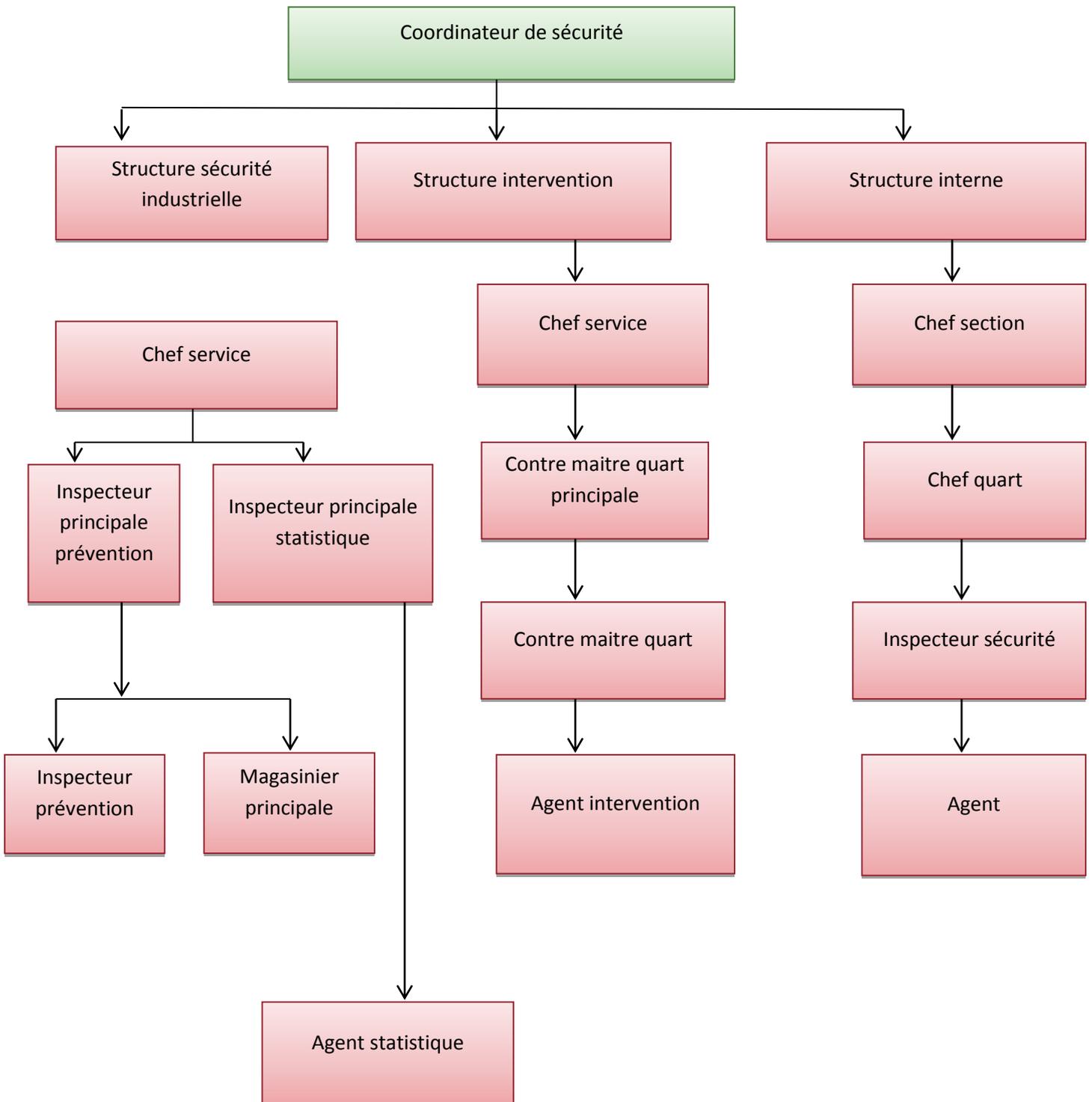


Figure V.1 : Organigramme du service sécurité de l'unité NH3.

V.2.1 Equipement de protection:

Dans le cas de l'Entreprise FERTIAL, les équipements de sécurité sont variés et proviennent de différentes sources pour des objectifs différents. L'objectif essentiel demeure la préservation des vies humaines et de l'environnement et son équilibre [9,8].

- Vêtements antiacides.
- Vêtements hermétiques.
- Protection oculaire (lunettes anti-projections, écrans, mono lunettes)
- Gants en PVC, de matière résistante à l'acide.
- Masque bucco-facial avec filtre B.
- Equipement autonome de respiration.
- Gants de production.
- Protection oculaire (lunettes anti-projections, mono lunettes)
- Eviter le contact avec ce produit.
- Casque, stop bruit chaussures de sécurité
- Ceinture sécurité
- Extincteurs chimiques à utiliser sur le feu en équipes.
- Sources d'eau et tuyaux pouvant atteindre tous les endroits de l'entrepôt.

V.3 Politique HSE (Hygiène Sécurité Entreprise) :

FERTIAL estime que la prévention des risques de travail et risques industriels associés à son activité est un élément clé de la gestion de l'entreprise auquel tous ses membres doivent accorder un intérêt maximal et accentuer les efforts dans le but d'obtenir un milieu de travail sûr et salubre pour tous ceux qui réalisent une prestation de service dans nos installations et en évitant d'éventuelles répercussions négatives à la communauté environnante.

Pour cela, chaque centre de travail devra établir un programme de santé au travail qui devra être accompli par la ligne de commandement en un laps de temps déterminé et sera orienté vers la diminution des dangers représentant des risques pour la santé

Ce programme devra envisager :

- L'analyse de la situation de départ.
- La formation et le recyclage des chefs et ouvriers pour obtenir des habitudes de travail adéquates.
- La normalisation des procédés et critères à utiliser qui permettent des résultats comparables entre Centres et homologables par l'Administration.
- Le contrôle des produits chimiques en ce qui concerne leur composition, étiquetage, stockage, utilisation et élimination de leurs résidus.

- L'information des employés sur les substances toxiques qu'ils manipulent et l'organisation du contrôle biologique de celles qu'il est possible de manipuler.
- L'évaluation environnementale et biologique de postes de travail et personnes exposés à des risques hygiéniques.
- La correction environnementale pour maintenir des conditions hygiéniques de travail acceptables.
- L'assignation des différentes parties du programme aux structures correspondantes (Service Médical, Laboratoire, Coordination de Sécurité entre autres) avec détermination des responsabilités.
- Le contrôle du programme par la Direction du Centre en ce qui concerne les résultats obtenus.
- L'établissement d'un programme de suivi des variations des conditions hygiéniques des postes.

V. 3.1 Objectifs :

L'entreprise a fixé les points essentiels suivants :

- Pas d'accident,
- Pas de blessures aux personnes
- et pas d'atteinte à l'environnement.

V. 3.2 Responsabilités :

L'entreprise a aussi fixé les points essentiels suivants :

- S'assurer que le système et l'environnement de travail sont sûrs
- D'évaluer les risques et de planifier/organiser le travail afin de les éradiquer ou de les maîtriser
- D'expliquer, à tous les acteurs, les méthodes et les procédures de travail

V. 3.3 Consignes Générales :

Elles sont regroupées comme suit :

- 1- Le visiteur doit être obligatoirement identifié à l'entrée et à la sortie de l'usine par le service de surveillance.

- 2-La circulation des piétons à gauche est obligatoire.
- 3-Respecter les indications des panneaux de signalisation (Les signaux de circulation, des rues et avenues).
- 4- Introduire ou porter des armes ou des explosifs dans les unités.
- 5- Manipuler les équipements de l'usine Vannes, boutons (marche/arrêt) des moteurs, équipements électriques sans autorisation.

V.4 Les risques de l'ammoniac :

V.4.1 Effets sur l'environnement :

L'ammoniac peut présenter divers effets néfastes pour l'environnement.

D'une part, après transformation (entre autres en nitrates), il contribue à l'acidification de l'environnement. Les émissions acidifiantes perturbent la composition de l'air, des eaux de surface et du sol.

Ainsi ces émissions portent préjudice aux écosystèmes et sont la cause, entre autre, du dépérissement forestier, de l'acidification des lacs d'eau douce et de perturbations dans les chaînes alimentaires aquatiques douce et marine. Elles contribuent également à la formation des pluies acides qui sont responsables de la dégradation des bâtiments et des monuments. En termes de phénomène d'acidification, l'importance relative des émissions de NH₃ augmente suite à la tendance à la baissées émissions de SO₂.

D'autre part, les émissions d'ammoniac participent à l'eutrophisation de l'environnement. Un apport excessif de substances nutritives (l'azote dans notre cas mais le phosphore peut aussi jouer un rôle) perturbe les processus et cycles écologiques. Des dépôts de grandes quantités d'azote attaquent la vitalité des forêts, peuvent influencer négativement la qualité des cultures, font diminuer la biodiversité et contribuent à la pollution des eaux de surface et des eaux souterraines.

Les émissions d'ammoniac à grande échelle jouent aussi un rôle dans la problématique des particules fines via la formation de particules secondaires (sels d'ammonium).

En quantité très élevée, la zone d'ammoniac peut avoir des conséquences dommageables pour l'environnement. Il contribue à l'acidification de l'environnement qui perturbe la composition de l'air, des eaux de surface et du sol. Ainsi, l'ozone porte préjudice aux écosystèmes (dépérissement forestier, acidification des lacs d'eau douce, atteinte à la chaîne alimentaire,...) et dégrade les bâtiments et les cultures.

Comme la zone NH₃ contribue à l'acidification de l'environnement.

V.4.2 Effets sur la santé humaine :

L'ammoniac présent dans l'air ambiant en faibles quantités n'a pas d'effet toxique sur la santé. Son intervention dans la formation de particules secondaires contribue aux effets de santé des particules fines.

Le NH₃ présent dans l'air n'a pas d'effet toxique sur la santé. Mais attention, sous forme liquide (NH₄OH), l'ammoniac se révèle très corrosif ! Mélangé avec de l'eau de Javel (chlore actif), il peut alors provoquer des dégagements gazeux toxiques (chlora mines).

C'est un gaz agressif qui provoque (à partir de concentration de 150 à 200 mg/m³) des migraines, des irritations des yeux et de la gorge, de la toux et une altération pulmonaire, surtout chez les personnes sensibles.

V.4.3 Contact avec le peu :

Ses vapeurs humides irritent la peau et peuvent provoquer, en entrant en contact avec la peau, des brûlures par froid.

V.4.4 Contact avec les yeux :

Les faibles concentrations causent des irritations et des larmoiements.

Les fortes concentrations (supérieures à 1000 ppm) causent de graves dégâts.

Les aspersion de liquide peuvent causer des dégâts irréversibles, bien que ces effets n'apparaissent qu'avec le temps.

V.4.5 Les risques liés à l'ammoniac (toxicité et explosivité):

L'ammoniac est toxique par inhalation (lésions caustiques des muqueuses, ulcérations des tissus, œdème pulmonaire) ; il provoque des brûlures aux yeux, à la peau et au système respiratoire. En cas d'accident, le seuil des effets irréversibles est atteint en 3 mn à une concentration de 1 000 ppm et le seuil des effets létaux en 30 mn à une concentration d'environ 5 000 ppm. Les valeurs limites d'exposition professionnelle imposées par le Code du Travail sont de 10 ppm sur une journée de travail (8h) et 20 ppm pour une exposition ponctuelle brève.

Inflammable, l'ammoniac peut former des mélanges explosifs avec l'air (lorsqu'il représente 15 à 28% du volume total d'une atmosphère). L'ammoniac présente aussi des risques compte tenu de sa forte réactivité en présence d'autres composés. Il réagit violemment et peut être à l'origine d'incendies ou d'explosions lorsqu'il est en contact avec des substances comme le mercure, les halogènes (fluor, chlore, brome, iode), le calcium, l'or, l'argent et plus généralement de nombreux acides, oxydes et peroxydes. En présence d'humidité, l'ammoniac est très corrosif (sur le cuivre notamment, le zinc, les alliages de métaux). Certaines catégories de plastiques, caoutchoucs, revêtements peuvent être attaqués par le NH₃ liquide. Il se dissout dans l'eau en dégageant de la chaleur pour former de l'ammoniac (NH₄OH).

V.4.6 Les risques majeurs les plus importants :

Il y a :

- Explosion
- Incendie
- Les Fuites (ammoniac, CH4)

V.5 Pollution de l'environnement :

Les polluants environnementaux de tous genres contaminent l'eau, l'air et la terre mettant en péril les humains et l'écosystème. De plus, ils sont souvent sources de conflit entre populations et industrie. En adoptant une approche éco systémique globale pour examiner les intérêts divergents et leurs conséquences, les approches éco santé s'efforcent de protéger la santé tout en assurant l'équilibre des besoins des divers intervenants et la préservation de l'écosystème.

FERTIAL est consciente de sa responsabilité dans la réussite d'un développement durable auprès de la société et le milieu dans lequel elle réalise ses activités et pour cela, elle décide d'établir et de certifier dans ses Usines un Système de Gestion Environnemental, conformément à la Norme ISO 14001: 2004.

La direction générale de FERTIAL, définit les principes de sa politique

Environnementale, en assumant les engagements définis dans la charte sécurité

Qualité environnement et ceux indiqués ci-après.

Garantir l'accomplissement de la législation applicable et d'autres exigences souscrites par FERTIAL.

Promouvoir l'amélioration continue du comportement environnemental et la prévention de la pollution.

Optimiser la consommation de ressources naturelles, énergétiques et de matières premières et auxiliaires nécessaires pour ses processus et réduire dans la mesure du possible la production des déchets.

Réviser et améliorer constamment le fonctionnement du système de gestion environnementale.

Former et sensibiliser tous les travailleurs sur l'importance de leur participation et leur responsabilité dans la conservation de l'environnement dans leur domaine d'action.

V.6 Disposition générale de sécurité :

V.6.1 Équipements de Protection Individuelle (E P I) :

Les EPI minimums obligatoires

- Casque de sécurité
 - Chaussures de sécurité
 - Vêtements de sécurité
 - Lunettes de sécurité
- Doivent être portés
Tous le temps

V.6.2 Procédure d'urgence :

a-Déclaration des Accidents & Incidents :

Déclarer ' IMMEDIATEMENT ' tout type d'accident quel que soit sa gravité (presque accident, superficiel, grave) ou son origine (personnel, environnemental, matériel)

b-Déclarer toute situation et/ou acte dangereux :

La déclaration nous permet d'identifier et d'analyser les causes racines afin de mieux les contrôler dans la future

Informez immédiatement la sécurité de tout incident ou accident qu'il a eu lieu :

1. Rester calme.
2. Protéger vous et Porter assistance aux personnes en danger immédiat.
3. Tout témoin oculaire d'un incident doit aviser : le responsable de la zone affectée.
4. Appeler le service INTERVENTION (Interne 3014 – 3016). Donner l'ensemble des informations utiles (Ne jamais raccrocher en premier).
5. Service d'INTERVENTION par les moyens les plus appropriés disponibles.

V.6.3 Points de rassemblement :

Ils sont prévus à plusieurs endroits des points de rassemblement dans des zones sûres dépendant des vents dominants.

Le point de rassemblement principal situé juste à la sortie de l'usine constitue l'emplacement principal pour toutes les personnes qui se trouvent sur le site.

V.6.4 Alarme/ Alerte en situation d'urgence :

Les moyens d'intercommunication disponibles dans l'usine de FERTIAL à Annaba en situation d'urgence sont:

- Téléphone
- Talkie-walkie
- Hauts parleurs
- Système d'alarme au moyen d'une sirène.

V.6.5 Codes d'alarme / niveaux d'urgence :

Une sirène d'alarme informe les travailleurs et les visiteurs selon un code d'alarme pour définir le niveau de l'urgence.

V.6.6 L'évacuation :

Lorsque vous êtes informé de l'état d'urgence :

1. Eviter de paniquer
2. Déconnecter toutes les machines avec moteur électrique ou à explosion qui sont utilisés et fermer les bouteilles de gaz.
3. Abandonner le travail de manière ordonnée.
4. Laisser le véhicule dans une situation sûre et hors de zones de passage.
5. Aller à pied au point de rassemblement le plus proche.
6. Se soumettre aux ordres du chef de la zone et ce en s'identifiant.

Conclusion :

1. L'unité d'ammoniac d'Annaba produit un gaz dangereux et mortel donc les procédures de sécurité sont très développées et doivent être assurées.
2. Les EPI (équipements de protection individuelle) et les moyens d'intervention sont constamment en alerte durant la production et les arrêts pour palliés à toute intervention.
3. Aussi toute fuite d'ammoniac doit être tout de suite maîtrisée car son effet sur l'environnement est très dangereux (pour ce qui est écosystème : la faune et la flore).
4. la politique HSE dans l'entreprise contribue à réduire les risques occasionnés lors de l'exploitation de cette unité (certification ISO 9001 et 14001).

Conclusion Générale

Cette étude a porté sur l'activité maintenance dans l'entreprise FERTIAL d'ANNABA. Les aspects examinés concernent un équipement stratégique dans la production de l'ammoniac. Il s'agit du turbocompresseur 103-J.

L'étude a examiné 3 volets :

- A.** La fonction maintenance dans l'entreprise : Ce qui a permis de comprendre le fonctionnement du service et de faire la liaison avec les fondements et les normes étudiés à l'université (chapitres 1 et 2).
- B.** Une analyse de l'historique des arrêts du Turbocompresseur 103-J suivie d'une étude FMD : Ce qui a conduit au calcul des paramètres de la loi de WEIBULL et d'analyser la disponibilité (chapitres 3 et 4).
- C.** Une initiation à la fonction sécurité de l'unité NH₃ : Il y eu surtout l'examen des pré-requis en prévision de la préservation de la sécurité du personnel et de l'environnement (chapitre 5).

Les principales conclusions à tirer de ce travail peuvent être résumées comme suit :

1. Le service maintenance de cette unité NH₃ est bien organisé et conserve les données essentielles pour l'étude et l'analyse des défaillances des équipements. Ceci est surtout imposé par le fait que l'entreprise soit certifiée ISO 9001, et ISO 14001. Donc, le suivi et l'application des procédures d'enregistrement a contribué à l'évolution vers cet état remarquable.
2. Il a été noté que les équipements d'intervention sont disponibles et le fait d'avoir externalisé certaines activités de maintenance ont donné plus d'efficacité au système. A cet effet, l'entreprise de sous-traitance de la maintenance, en l'occurrence SOMIAS effectue des interventions sur des problèmes spécifiques. Ceci a laissé le service exploitation s'occuper de ses activités de base. Il est possible de dire que cette organisation est rentable et réduit la part d'indisponibilité des équipements de production.
3. L'analyse de l'historique a permis de recenser des défaillances liées à l'usure (avancé dans certains cas) surtout pour les accouplements.
4. L'étude FMD a concerné une période étalée sur les années 2014 et 2015. Au total, 19 arrêts ont été enregistrés avec leurs causes et leurs durées.

Ensuite, les calculs de TBF et TTR montrent l'évolution de l'exploitation et des durées d'intervention. Par exemple de plus petit TBF noté est de 0,667 h ce qui est préjudiciable pour un tel équipement, alors que le TTR le plus grand noté est de 24 h.

Ces valeurs restent dans les limites d'exploitation de l'unité.

5. L'application du Modèle de Weibull a donné les valeurs suivantes :

A=1.2638 et **B=1.85**

$\gamma = 0$ et **$\beta = 0,70$**

$\eta = 327,286$

Ces paramètres ont permis de calculer :

- MTBF = 413.6240h
- R(MTBF)=31%

Il a été observé que la fiabilité à MTBF dépassé les 30%. Il est possible d'améliorer cette valeur avec l'amélioration des prestataires maintenance (réduction de l'usure, réduction des déclenchements, contrôles les vibrations,...).

MTTR= 10,21h

M(MTTR)= 63%

D(MTBF)= 73%

Ces valeurs doivent faire l'objet d'une étude plus rigoureuse en terme de collecte de données et de mesure des temps d'arrêts afin d'améliorer surtout la valeur de R(t) qui doit en principe tourner autour de 90% sinon plus.

6. Enfin, par rapport à la sécurité, l'unité est dotée des effets vestimentaires et équipements nécessaires. Comme le NH₃ peut causer des catastrophes vu la proximité de la ville d'ANNABA, les procédures doivent être renforcées par des campagnes de prélèvements et d'analyse des concentrations en NH₃ (air, eau, sol) et des détecteurs correspondants. Ceci contribuera à préserver les personnes et l'environnement.

R é f é r e n c e s B i b l i o g r a p h i q u e s

1. M é m o de Michel LEGRAND, http://www.maintenance-predictive.com/v1/public_dnc/contents/files/definition_maintenance_predictive.pdf
2. Cours de Licence, maintenance bas é e sur la fiabilit é R. Khelif, UBM Annaba 2012.
3. Fran ç ois MONCHY, Maintenance m é t h o d e s et organisation, Collection Techn. et Ing é n i e r i e, Editeur : Dunod Paris, 2012.
4. Documentations de l'entreprise FERTIAL ANNABA, «Historique de l'entreprise» et dossiers machines, Service Maintenance (Consult é e n 2015).
5. Zerigui Bouzaine et Roukh Djamel, M é m o i r e de Master, UMB Oran 2013. <http://www.univ-usto.dz/fac-chimie/images/biblio/CQ/ZeriguiBouzaine.pdf>
6. Manuel op é r a t o i r e du turbocompresseur 103-J, Complexe FERTIAL Annaba.
7. Cours de Licence, FMD (Fiabilit é , Maintenabilit é et Disponibilit é), A. Kallouch, UBM Annaba, 2012.
8. Mounir MOKADEM, Formation sur les Machines tournantes de FERTIAL-ANNABA 2005.
9. Documentation de s é c u r i t é de FERTIAL-ANNABA.

Webographie :

- <http://www.memoireonline.com>
- WWW.COMPAR.FR
- WWW.MEMBERS/CLIMAT

ANNEXE

Calcul de MTBF pour la loi de Weibull :

MTBF=A. $\eta + \gamma$

et

écart type = B. η

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,20	120	1901	1,65	0,8942	0,556	4,2	0,9089	0,244
0,25	24	199	1,70	0,8922	0,540	4,3	0,9102	0,239
0,30	9,2605	50,08	1,75	0,8906	0,525	4,4	0,9114	0,235
0,35	5,0731	19,98	1,80	0,8893	0,511	4,5	0,9126	0,230
0,40	3,3234	10,44	1,85	0,8882	0,498	4,6	0,9137	0,226
0,45	2,4786	6,44	1,90	0,8874	0,486	4,7	0,9149	0,222
0,50	2	4,47	1,95	0,8867	0,474	4,8	0,9160	0,218
0,55	1,7024	3,35	2	0,8862	0,463	4,9	0,9171	0,214
0,60	1,5046	2,65	2,1	0,8857	0,443	5	0,9182	0,210
0,65	1,3663	2,18	2,2	0,8856	0,425	5,1	0,9192	0,207
0,70	1,2638	1,85	2,3	0,8859	0,409	5,2	0,9202	0,203
0,75	1,1906	1,61	2,4	0,8865	0,393	5,3	0,9213	0,200
0,80	1,1330	1,43	2,5	0,8873	0,380	5,4	0,9222	0,197
0,85	1,0889	1,29	2,6	0,8882	0,367	5,5	0,9232	0,194
0,90	1,0522	1,17	2,7	0,8893	0,355	5,6	0,9241	0,191
0,95	1,0234	1,08	2,8	0,8905	0,344	5,7	0,9251	0,186
1	1	1	2,9	0,8917	0,334	5,8	0,9260	0,185
1,05	0,9803	0,934	3	0,8930	0,325	5,9	0,9269	0,183
1,10	0,9649	0,878	3,1	0,8943	0,316	6	0,9277	0,180
1,15	0,9517	0,830	3,2	0,8957	0,307	6,1	0,9286	0,177
1,20	0,9407	0,787	3,3	0,8970	0,299	6,2	0,9294	0,175
1,25	0,9314	0,780	3,4	0,8984	0,292	6,3	0,9302	0,172
1,30	0,9236	0,716	3,5	0,8997	0,285	6,4	0,9310	0,170
1,35	0,9170	0,687	3,6	0,9011	0,278	6,5	0,9316	0,168
1,40	0,9114	0,660	3,7	0,9035	0,272	6,6	0,9326	0,166
1,45	0,9067	0,635	3,8	0,9038	0,266	6,7	0,9333	0,163
1,50	1,9027	0,613	3,9	0,9051	0,260	6,8	0,9340	0,161
1,55	0,8994	0,593	4	0,9064	0,254	6,9	0,9347	0,156
1,60	0,8966	0,574	4,1	0,9077	0,249			