

**UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA**

**Faculte des Sciences Appliquées**

**Département de Génie Mécanique**

---



**Mémoire**

**MASTER PROFESSIONNEL**

Domaine : Sciences Techniques

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

Présenté par :

**DOUABA NADJI**

**BEROUBA SLIMANE**

**THEME**

***Analyse analytique FMD et AMDEC d'un  
compresseur à vis- ATLAS COPCO ZE3-***

Soutenue le: 29/05/2017

**Jury:**

Mr. KHAIR ALDDINE Abd al Aziz	Président	UKM Ouargla
Mr. KEREK Rabia	Encadreur	UKM Ouargla
M <sup>me</sup> . ALLOUI Imane	Examineur	UKM Ouargla

Année universitaire : 2016/2017



# *Remerciements*

*Toute la Gratitude, tout d'abord à Allah qui nous a donné la force Pour terminer ce modeste travail.*

*Toutes nos infinies gratitudes à notre promoteur, Monsieur **KAREK RABIA** pour son encadrement et ses aides précieuses.*

*Nous remercions aussi les membres de jury qui nous ont fait l'honneur d'accepter le jugement de notre travail.*

*Notre sincère reconnaissance à nos enseignants du département: Génie mécanique.*

*Nos remerciements s'adressent aussi, **KHELAD .B** et tous les travailleurs du **groupe GICA UNITE TOUGGOURI**.*

*Enfin nous remercions tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ici l'expression de notre profondes gratitudes et respects.*



# *Dédicace*

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail  
À ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et  
matériellement pendant les moments plus difficiles*

*Durant ma vie.*

*À ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de  
vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi*

*À mon très cher père*

*À mes très chers frères : AISSA- KASSEM- AAMER*

*À mes très chères sœurs*

*À toute ma grande famille : DOUABA*

*À mes très chers amis : MILOUD- HAMMID-  
HOSSINE- Med SEDIK- YUCEF- BOB - FARES.....*

*AMINA- LAILA- AMEL- IKHLES*

*À tous mes amis partout et en particuliers*

*Et sans doute, à mes très chers amis à l'Université  
d'Ouargla*

*À la fin je dédie très chaleureusement*

*Mr. Karek. R*

*\*Douaba Nadji\**



# *Dédicace*

*J'ai le grand honneur de dédier ce modeste travail :  
A ceux qui m'ont encouragé et soutenu moralement et  
matériellement pendant les moments plus difficiles  
Durant ma vie.*

*A ma très chère mère, qui me donne toujours l'espoir de  
vivre et qui n'a jamais cessé de prier pour moi*

*A mon très cher père*

*A mes très chers frères : Ali- MEHAMED- OMER*

*A toute ma grande famille : BEROUBA*

*A mes très chers amis : ZAINE EDDINE- HACANE-  
HOSSINE-Med SEDIK-BACHIRE\_ABD ALRAHMEN -  
ABD ALRAHMEN BEN S- SADAME\_HAKIM\_  
RAHMA\_HOUDA.....*

*Pour toutes la Famille de Scouts (Manar Bouamer) et  
fitiane alkheir ouargla.*

*A tous mes amis partout et en particuliers*

*Et sans doute, à mes très chers amis à l'Université  
d'Ouargla*

*A la fin je dédie très chaleureusement Mr : karek.R*

*\*SLIMANE BEROUBA\**

# Table des matières

## Matières

*Remerciements*

*Dédicace*

Table des matières

I.1	Introduction.....	1
I.2	Historique.....	3
I.3	Définition .....	3
I.4	But de la compression.....	3
I.5	Classification .....	3
I.6	Les compresseurs dynamiques.....	5
I.6.1	Les compresseurs axiaux.....	5
I.6.2	Les compresseurs centrifuges.....	6
I.7	Compresseur Volumétrique .....	7
I.7.1	Compresseurs alternatifs .....	8
I.7.2	Compresseur volumétrique rotatifs .....	8
I.8	Conclusion .....	15
II	Généralité sur la maintenance .....	16
II.1	Introduction.....	16
II.2	La maintenance .....	16
II.2.1	Définition de la maintenance.....	16
II.2.2	Importance et rôle de la maintenance.....	16
II.2.3	Les objectifs de la maintenance.....	16
II.2.4	Les cinq niveaux de maintenance.....	17
II.2.5	Les différentes formes de maintenance .....	17
II.2.6	La maintenance préventive.....	18
II.2.7	Maintenance corrective .....	19
II.2.8	Politiques de maintenance .....	20
II.2.9	Les opérations de maintenance.....	20
II.3	Etude de la fiabilité .....	21
II.3.1	Notion de fiabilité d'un système .....	21
II.3.2	Définition.....	21
II.3.3	Objectifs de la fiabilité .....	21
II.3.4	Les Principale lois de probabilité utilisée en fiabilité .....	21

II.3.5	Modèle de WEI BULL .....	21
II.3.6	Étude de paramétrique du modèle de WEI BULL .....	24
II.3.7	Estimation des paramètres du modèle de WEI BULL .....	24
II.4	La maintenabilité .....	25
II.4.1	Taux de réparation .....	26
II.5	La disponibilité .....	26
II.5.1	Les types de disponibilité .....	26
II.6	Loi de Pareto .....	27
II.6.1	Origine de la méthode .....	27
II.6.2	Définition et intérêt de la méthode .....	27
II.6.3	Méthodologie.....	27
II.8	Etude AMDEC.....	27
II.8.1	Présentation .....	27
II.8.2	Types d'AMDEC .....	28
II.8.3	Terminologie .....	28
II.8.4	La grille de AMDEC .....	30
II.8.5	Tableau les indices de défaillance .....	31
II.8.6	Démarche pratique de l'AMDEC.....	31
II.9	Conclusion .....	32
III	Exploitation de l'historique .....	33
III.1	Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto)» .....	34
III.1.1	Définition.....	34
III.1.2	La Courbe de Pareto .....	35
III.2	Calcul les paramètres de weibull :.....	36
III.2.1	La Courbe de Weibull .....	37
III.2.2	Test (KOLMOGOROV SMIRNOV) .....	37
III.2.3	Exploitation les paramètres de WEIBULL : .....	38
III.2.4	Étude de modèle de weibull : .....	40
III.2.5	Calcul la Maintenabilité du compresseur .....	44
III.2.6	Calcul la disponibilité de la compresseur.....	45
III.4	Etude AMDEC .....	46
III.5	Conclusion.....	47
	Conclusion générale.....	48

## Liste des figures

### Figure chapitre I

<b>Figure(I.01)</b> : Classification des compresseurs .....	4
<b>Figure (I.02)</b> : Les types des compresseurs dynamiques .....	5
<b>Figure (I.03)</b> : Compresseur axiaux du GE J79 .....	5
<b>Figure (I.04)</b> : compresseur centrifuge.....	6
<b>Figure (I.05)</b> : Les types des compresseurs volumétrique.....	7
<b>Figure(I.06)</b> : Compresseurs alternatifs .....	8
<b>Figure (I.07)</b> : Principe de Compresseurs rotatifs à palettes.....	9
<b>Figure (I.08)</b> : schéma de cycle de compresseurs à spirales .....	10
<b>Figure (I.09)</b> : Compresseurs rotatifs à lobes .....	11
<b>Figure (I.10)</b> : compresseurs à Vis.....	11
<b>Figure (I.11)</b> : Principe de fonctionnement des deux rotors du compresseur.....	12
<b>Figure (I.12)</b> : Composantes du compresseur à vis.....	13
<b>Figure (I.13)</b> : Schémas de la compresseur ATLAS-COPCO - ZE3 .....	14
<b>Figure (I.14)</b> : Types de compresseurs en fonction de débit et de la pression.....	15

### Figure chapitre II

<b>Figure (II.01)</b> : Les types des maintenances.....	18
<b>Figure (II.02)</b> : Politiques de maintenance.....	20
<b>Figure (II.03)</b> : Courbe en baignoire.....	23
<b>Figure (II.04)</b> : Représentation graphique d'Allan Plait.....	24
<b>Figure (II.05)</b> : redressement de la courbe par translation.....	25

### Figure chapitre III

<b>Figure (III.01)</b> : La Courbe d'ABC.....	34
<b>Figure (III.02)</b> : papier de Weibull en logiciel minitab17.....	36
<b>Figure (III.03)</b> : La Courbe Densité De Probabilité (logiciel matlab).....	39
<b>Figure (III.04)</b> : La Courbe De Fonction Répartition (logiciel matlab).....	40
<b>Figure (III.05)</b> : La Courbe De la Fonction Fiabilité (logiciel matlab).....	41
<b>Figure (III.06)</b> : Le courbe taux de défaillance (logiciel matlab).....	42
<b>Figure (III.07)</b> : La Courbe de Maintenabilité (logiciel matlab).....	43
<b>Figure (III.08)</b> : La Courbe de disponibilité (logiciel matlab).....	44

## Liste de tableaux

### Tableaux chapitre I

<b>Tableau(I.01)</b> : les différents types des compresseurs .....	14
--	----

### Tableaux chapitre II

<b>Tableau(II.01)</b> : les niveaux de maintenance .....	17
--	----

<b>Tableau (II.02)</b> : La grille AMDEC .....	30
--	----

<b>Tableau (II.03)</b> : les indices de défaillance .....	31
---	----

### Tableaux chapitre III

<b>Tableau (III.01)</b> : Dossier historique de compresseur ATLAS-COPCO ZE3 .....	32
---	----

<b>Tableau (III-02)</b> : L'analyse ABC (Pareto) .....	33
--	----

<b>Tableau (III-03)</b> : Fonction de réparation réelle .....	35
---	----

<b>Tableau (III-04)</b> : test <b>K-S</b> (kolmogrov-smirnov) .....	37
---	----

<b>Tableau (III-05)</b> : Calcul la fonction de la densité de probabilité .....	39
---	----

<b>Tableau (III.06)</b> : Fonction de répartition .....	40
---	----

<b>Tableau (III.07)</b> : Calcul de la fiabilité .....	41
--	----

<b>Tableau (III.08)</b> : Le taux de défaillance .....	42
--	----

<b>Tableau (III.09)</b> : La maintenabilité du compresseur .....	43
--	----

<b>Tableau (III.10)</b> : Tableau de disponibilité .....	44
--	----

<b>Tableau (III.11)</b> : Tableaux d'AMDEC .....	46
--	----

<b>Tableau (III.11)</b> : plan de maintenance préventive .....	47
--	----



**Notations utilisées**

**TTR** : Temps de réparation

**TBF** : Temps de bon fonctionnement

**UT** : Temps entre défaillances

**R(t)** : Fonction de fiabilité

**F(t)** : Fonction de défaillances

**f (t)** : Densité de probabilité

$\lambda$  (t) : Taux de défaillance

**MUT** : Moyenne temps entre défaillance

**MTTR** : Moyenne de temps de réparation

$\mu$  : temps de réparation

**MTBF** : Moyenne de Temps de bon fonctionnement

**F** : Fiabilité

**M** : Maintenabilité

**D** : Disponibilité

$\beta$  : Paramètre de forme

$\gamma$  : Paramètre de position

$\eta$  : Paramètre d'échelle

**AMDEC** : Analyse des Modes des Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité

**GICA** : Groupe industriel des ciments d'algerie

# Introduction générale

## **Introduction générale**

Actuellement l'Algérie se trouve en face de grands changements dans l'économie nationale. Le développement des différentes industries (lourde, légère, de l'énergie, de la chimie et de la pétrochimie,.....etc.) exigent un système d'appareillage qui permet d'améliorer le travail, accélérer les rythmes de productivité, augmenter le volume des produits finis.

Parmi les machines ayant un rôle primordial dans les domaines d'activité industrielle, on peut citer par exemple les compresseurs. Pour être en mesure de choisir des compresseurs selon les exigences technologiques et de les exploiter d'une façon compétente, un spécialiste doit parfaitement connaître les constructions de ces machines, leur principe de fonctionnement et la base théorique qui sert à expliquer leurs caractéristiques.

Les compresseurs sont des appareils qui transforment l'énergie mécanique fournie par une machine motrice en énergie de pression, en réalisant un accroissement de pression d'un fluide à l'état gazeux. Le mécanicien doit être en mesure de choisir des compresseurs selon les exigences technologiques, les paramètres principaux, les règles de l'entretien et la base théorique pour prévoir l'état de la machine dans les différentes conditions d'exploitation.

L'absence de données fiables et d'outils efficaces de traitement de ces données a réduit la fonction maintenance à des tâches de dépannage, et par le fait même, à une fonction dont les coûts ne cessent d'augmenter et dont la contribution à la performance de l'entreprise n'est pas évidente. Les responsables des services de maintenance dans les entreprises ne sont pas toujours en mesure de défendre rigoureusement leur budget d'opération et encore moins leur contribution à l'efficacité de l'entreprise.

L'application des méthodes prévisionnelles de maintenance à des matériels à haute production est moins coûteuse que la perte de production due un arrêt du matériel. L'arrêt d'une seule machine peut entraîner l'arrêt de toute la ligne.

Ces quelques considérations amènent à penser que, de plus en plus, la fonction maintenance prend une part importante dans la production, d'où la nécessité de lui donner au sein des autres fonctions de la production les responsabilités qui lui incombent et les moyens de les assurer. Toutefois, quels que soient le coût et l'importance de la maintenance, celle-ci n'est pas un but, mais un moyen pour réaliser la production et assure sa qualité.

Le but de ce travail est une analyse FMD, et AMDEC d'un compresseur à vis du type Atlas Copco ZE3, du groupe GICA de l'unité Touggourt.

Le mémoire présentant ce travail comporte trois chapitres, une introduction et une conclusion générale.

Le premier chapitre est consacré à l'étude bibliographique sur les turbomachines et aussi nous allons faire l'étude théorique des compresseurs "Généralité et description du compresseur à vis".

Le deuxième chapitre présente l'état de la maintenance en général sous nom "Généralité sur la maintenance", lui-même décrivant les principaux concepts qui éclairent notre mémoire: la définition et l'organisation de la maintenance des équipements de production, les concepts de maintenance.

Enfin, le troisième chapitre expose l'application analytique de cette technique sur l'équipement de production étudiée sous "étude FMD et AMDEC d'un compresseur.

# Chapitre I

## **Généralités sur les compresseurs**

## I.1 Introduction

Les turbomachines sont aujourd'hui utilisées dans des nombreux domaines, comme la production d'énergie, l'automobile, la propulsion aéronautique, ... Leur fonctionnement est basé sur le transfert d'énergie entre une partie mécanique tournante et un fluide. Cet échange peut être à la fois générateur (compresseur, pompe) comme réceptif (turbine).

## I.2 Historique

Les premiers compresseurs, qui découlaient de la construction des machines à vapeur, étaient en disposition horizontale avec une ou deux lignes de cylindres disposées de part et d'autre d'un volant ou d'un moteur. Vers le milieu du 19e siècle, la connaissance des grands principes de la thermodynamique permit de voir l'intérêt d'une compression multi-étage, avec refroidissement intermédiaire. À la fin du 19 siècle, les constructeurs souhaitaient augmenter les vitesses de rotation afin de diminuer l'encombrement et d'augmenter les performances de ces machines. On vit alors la nécessité d'utiliser des clapets automatiques. Hanns Hörbiger, en 1895, à Vienne, rendit possible le souhait des constructeurs en leur proposant les premiers clapets automatiques. L'augmentation de la vitesse de rotation du vilebrequin obligea à repenser la composition de la structure, pour des raisons d'équilibrages des efforts. [1]

## I.3 Définition

Un compresseur est une machine qui réduit le volume et accroît ainsi la pression d'une quantité d'air donnée par des moyens mécaniques. L'air ainsi comprimé possède une énergie potentielle élevée, lorsque l'on supprime la pression extérieure, l'air se dilate rapidement. La force d'expansion de l'air comprimé a de nombreuses applications.

## I.4 But de la compression

La compression en général, peut être imposée par la nécessité technique de déplacer une certaine quantité de gaz d'un système à une certaine pression, vers un autre système à une autre pression plus élevée.

Cette opération a pour but de:

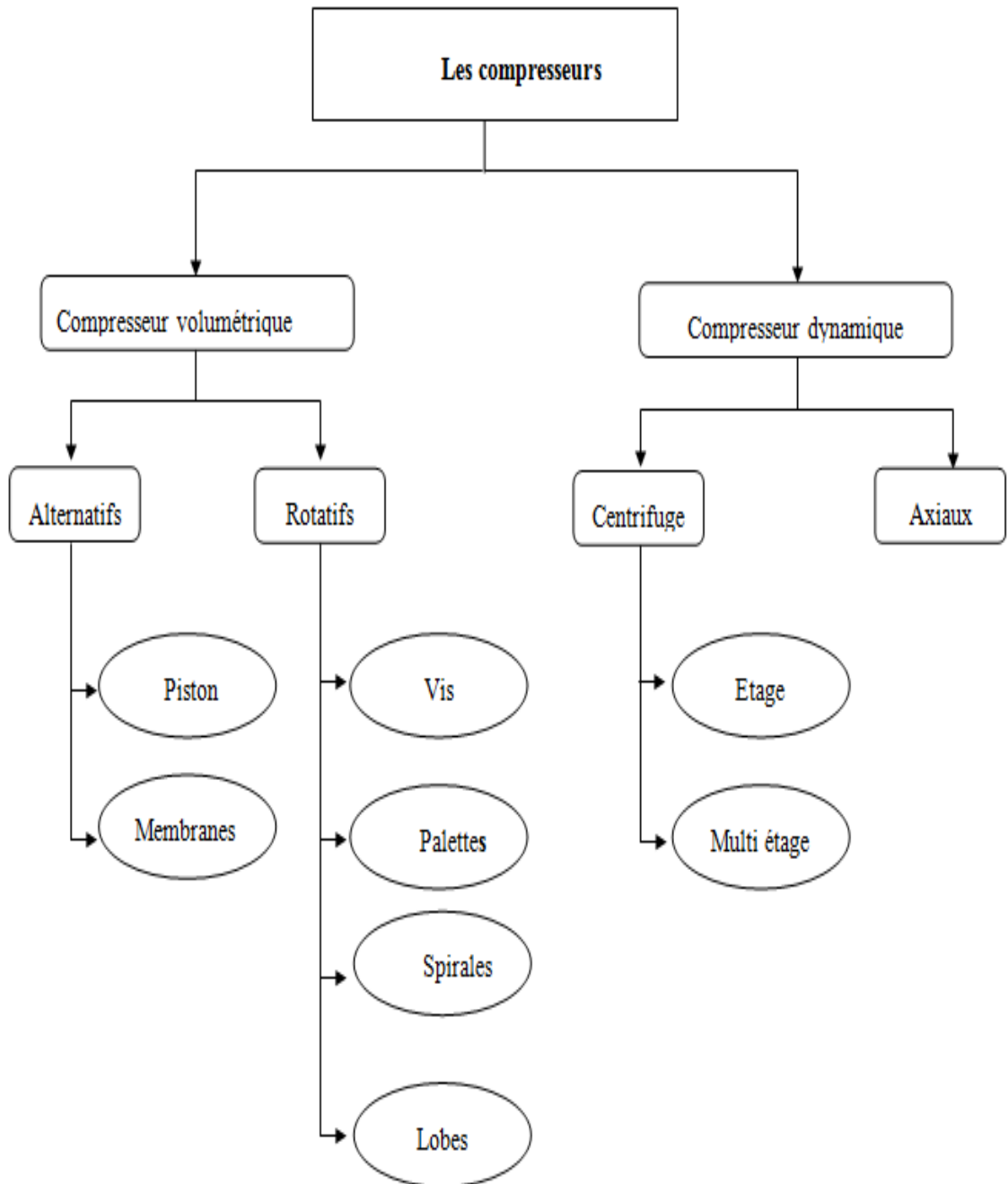
- Faire circuler un gaz dans un circuit fermé.
- Produire des conditions favorables (de pression) pour des réactions chimiques.
- Envoyer un gaz dans un pipe-line de la zone de production vers l'utilisateur.
- Obtenir de l'air comprimé pour la combustion. [4]

## I.5 Classification

Les compresseurs peuvent être classés selon plusieurs caractéristiques

- Mouvement des pièces mobiles (mouvement linéaire, rotatif).
- le principe de fonctionnement (volumétrique, dynamique).
- Les compresseurs d'air.
- les compresseurs des gaz. [4]

Il existe deux grandes familles de compresseurs, les compresseurs volumétriques et les turbocompresseurs ou dynamique. Dans les premiers, de beaucoup les plus importants en quantité, l'élévation de pression est obtenue en réduisant un certain volume de gaz par action mécanique. Dans les seconds, on élève la pression en convertissant, de façon continue, l'énergie cinétique communiquée au gaz énergie dépression, Cet échange d'énergie est dû à l'écoulement autour des aubages dans la roue.



**Figure (I.01) :** Classification des compresseurs

Il existe deux grandes catégories de compresseurs :

### I.6 Les compresseurs dynamiques

Au point de vue de l'écoulement du fluide, les compresseurs dynamiques se divisent en machines axiales et centrifuges

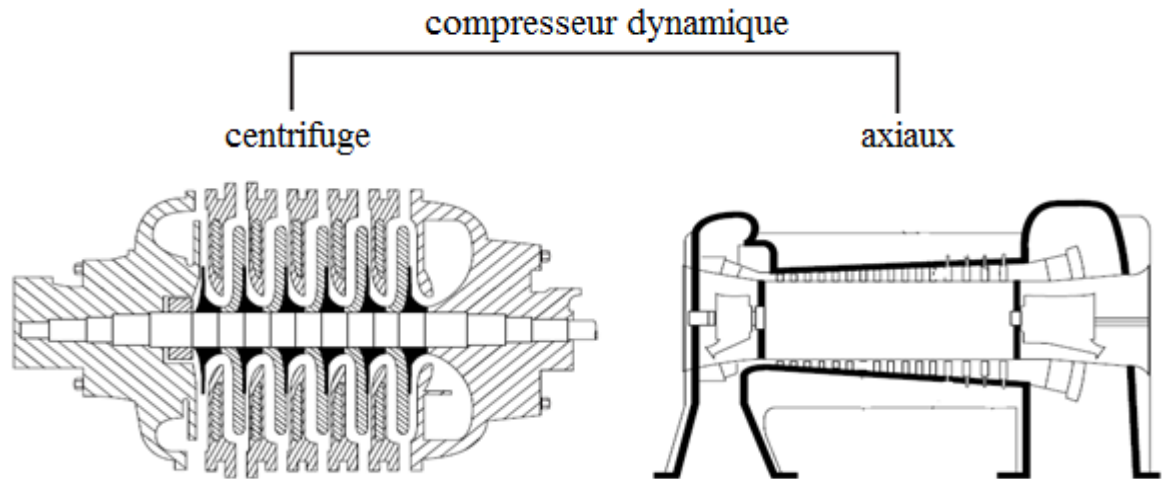


Figure (I.02) : Les types des compresseurs dynamiques [2]

#### I.6.1 Les compresseurs axiaux

##### a) Définition

Le compresseur axial est un compresseur dont le flux d'air suit l'axe de rotation, et dont le fluide de sortie a un mouvement radial. Il génère un flux continu d'air comprimé et fournit un rendement élevé pour une masse volumique donnée et une section donnée du compresseur. Il est nécessaire d'avoir plusieurs étages de pales pour obtenir des pressions élevées et des taux de compression équivalents à ceux d'un compresseur centrifuge. [5]

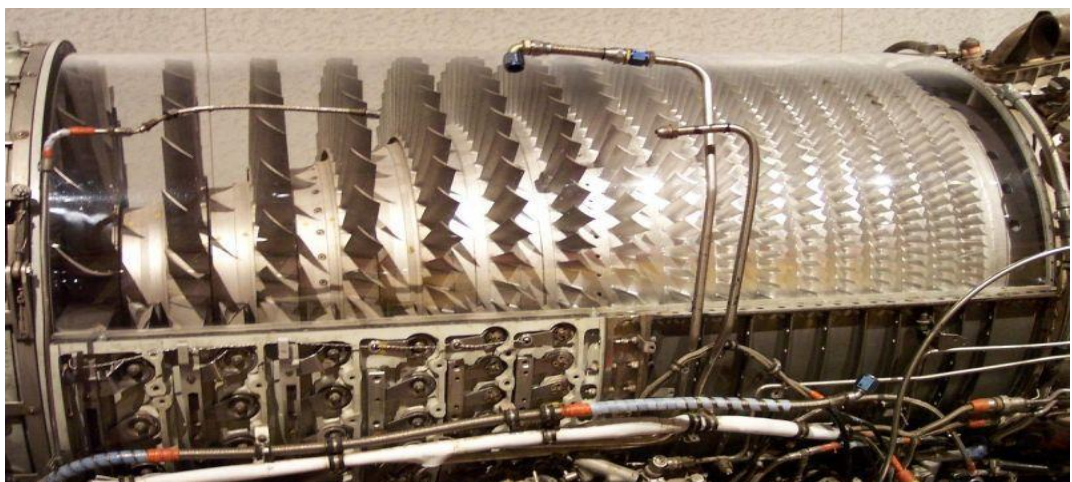


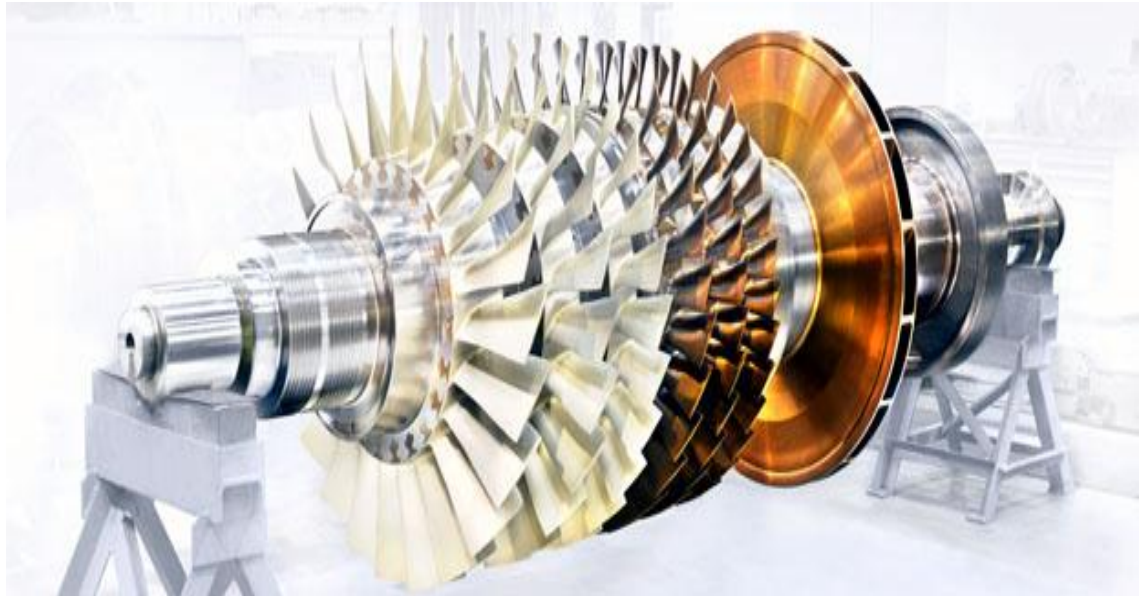
Figure (I.03) : Compresseur axiaux du GE J79



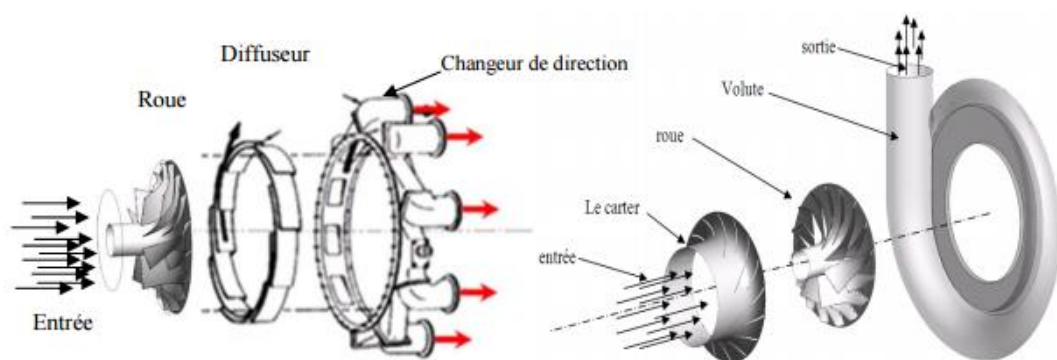
## I.6.2 Les compresseurs centrifuges

### a) Définition

Ces compresseurs sont très utilisés en raffinage et dans l'industrie chimique et pétrochimique, ils sont très compacts et peuvent développer des puissances importantes comparées à leur taille dans leur plage de fonctionnement, ils n'engendrent pas de pulsation de pression au niveau des tuyauteries, ces qualités permettent des installations légères, pour l'environnement de ces compresseurs.



A

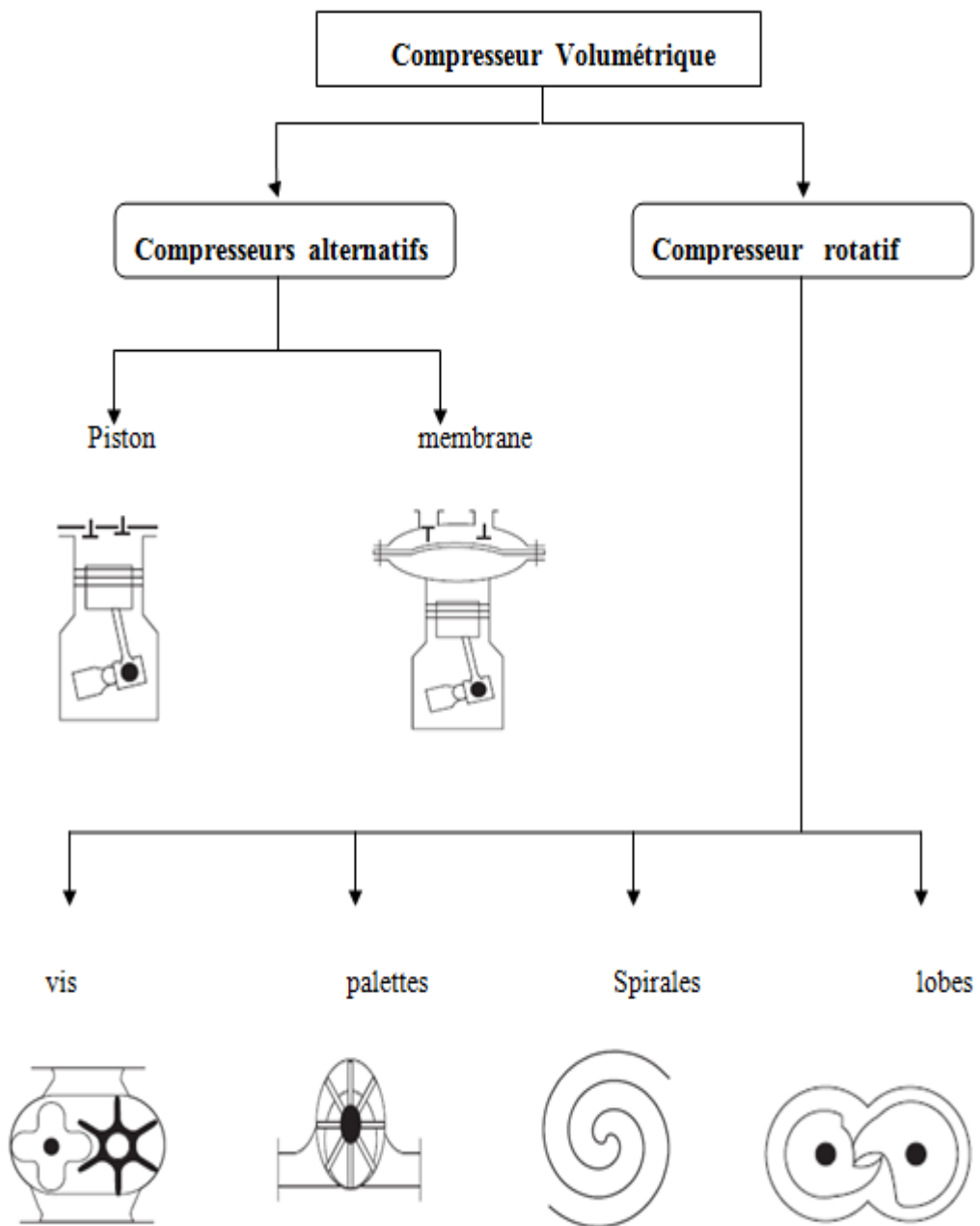


B

Figure (I.04) : (A-B) compresseur centrifuge

### I.7 Compresseur Volumétrique

Compresseur volumétrique ont pour principe général la variation de volume d'une cavité entre l'entrée et la sortie de la machine, il est classes en deux types :

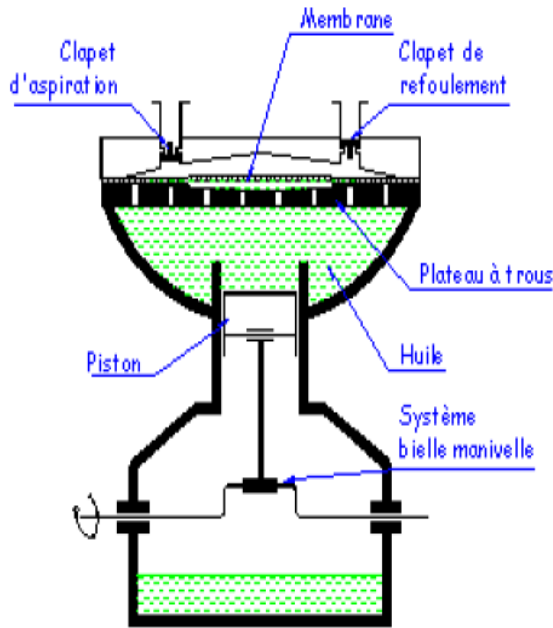


**Figure (I.05) :** Les types des compresseurs volumétriques [2]

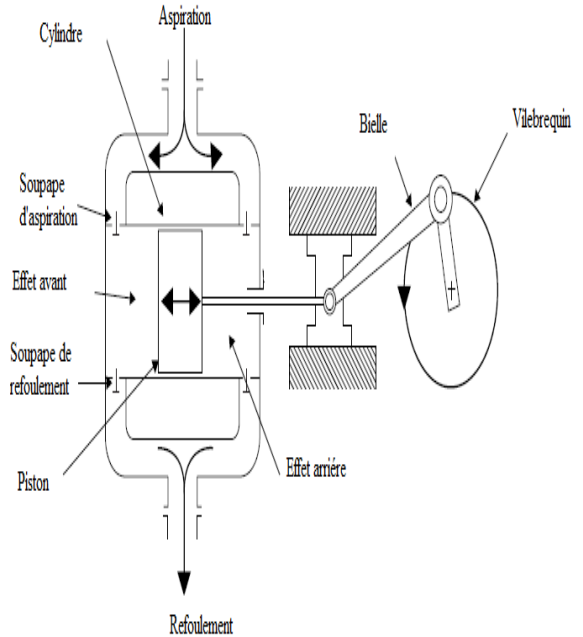
### I.7.1 Compresseurs alternatifs

Le gaz est introduit dans un espace limité par des parois métalliques (cylindre et piston). L'espace à disposition du gaz est réduit (le piston avance) et par conséquent la pression augmente, quand la pression est pareille à celle du circuit de haute pression le gaz est refoulé.

On distingue deux types :



Compresseur à membrane



Le compresseur à piston

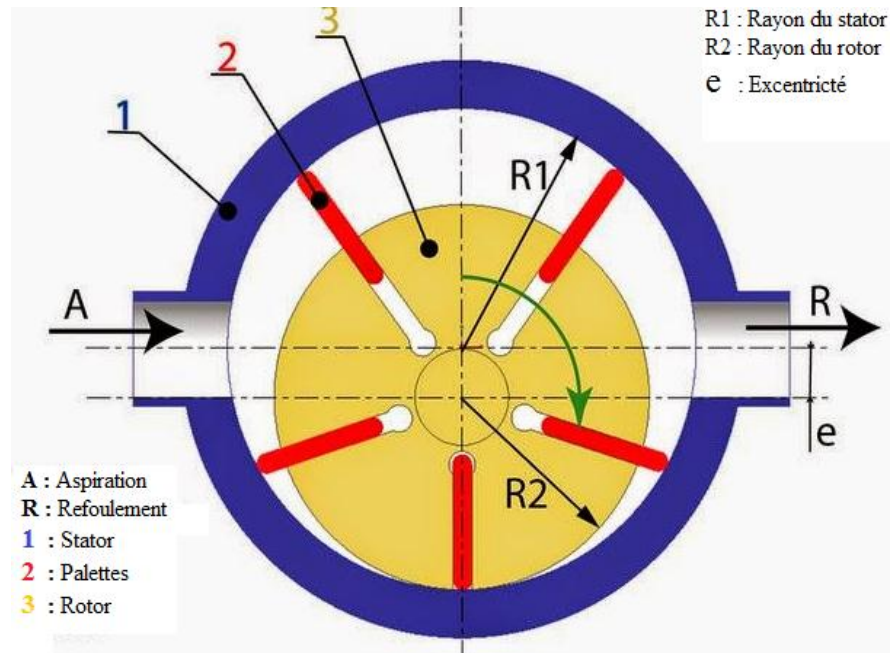
**Figure(I.06) :** Compresseurs alternatifs [2]

### I.7.2 Compresseur volumétrique rotatif

#### a) Compresseurs rotatifs à palettes

##### i. Définition

Le compresseur à palettes est un compresseur dit à rotation. Il est constitué d'un stator cylindrique dans lequel tourne un rotor excentré. Ce dernier est muni de rainures radiales dans lesquelles coulisent des palettes qui sont constamment plaquées contre la paroi du stator par la force centrifuge [12]



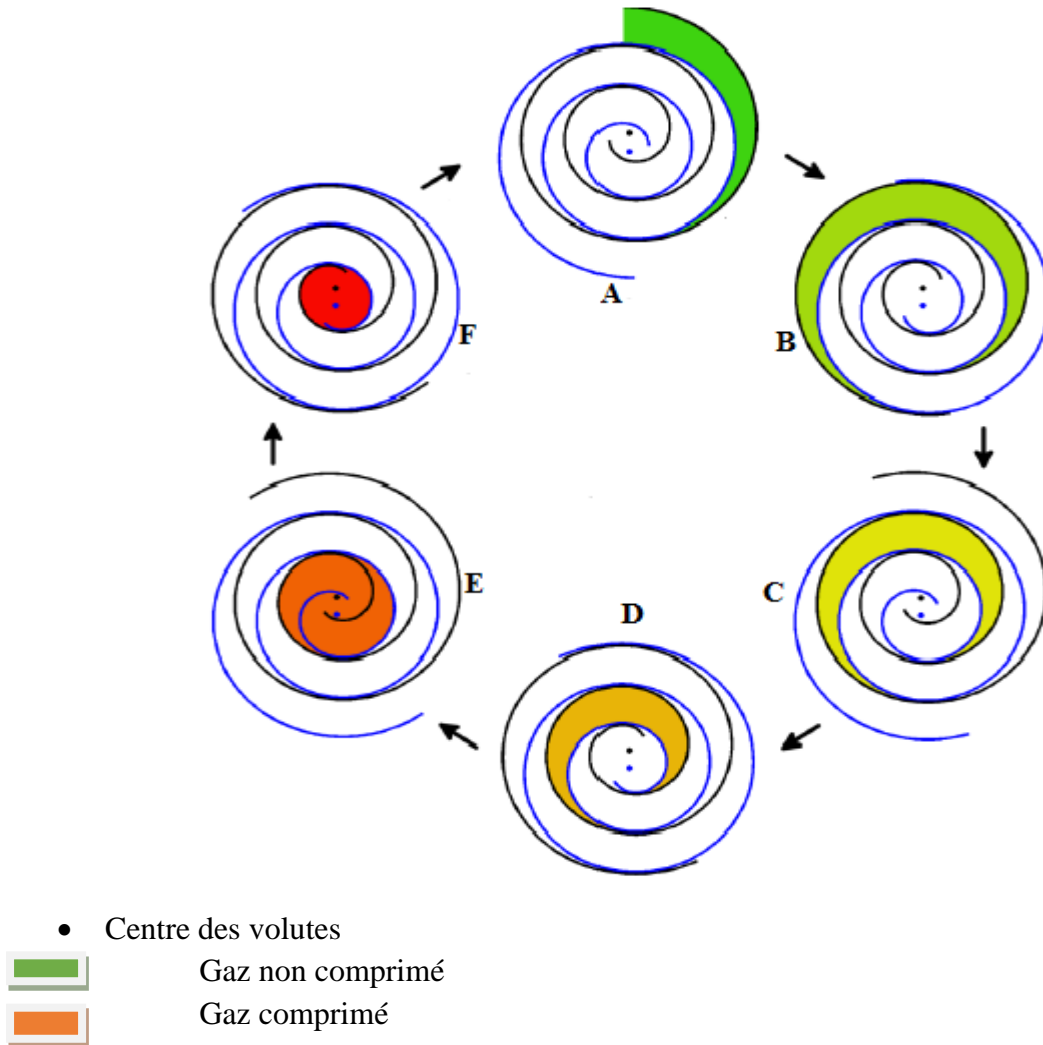
**Figure (I.07) :** Principe de Compresseurs rotatifs à palettes

### b) Compresseurs rotatifs à Spirales

Le compresseur rotatif à spirale est composé de spirales fixes et de spirales mobiles. Il est entraîné par la poulie d'un vilebrequin. Grâce à un arbre excentrique, la spirale mobile se rapproche et s'écarte de la spirale fixe, l'air emprisonné est comprimé dans cet espace et est chassé vers le centre du compresseur (sortie), puis vers le conduit d'admission du moteur.

Dans un compresseur scroll Co-rotatif, les deux centres des volutes sont décalés avec suffisamment de précision pour que les deux spirales s'effleurent. Ces deux spirales sont en rotation autour de leur centre respectif, Elles tournent dans le même sens et à la même vitesse, Le système peut être utilisé soit en compresseur soit en turbine suivant le sens de rotation des volutes, Le volume des poches formées entre les deux spirales varie avec la rotation de celles-ci et entraîne la compression du fluide. [3]

Cette image représente un cycle de compresseurs à spirales

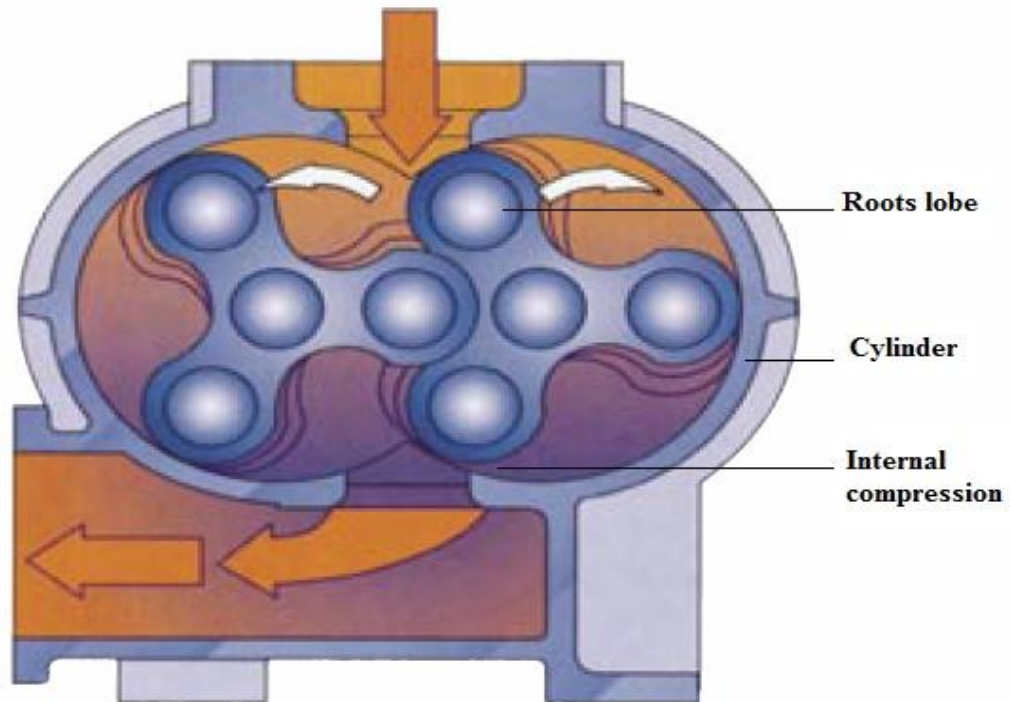


**Figure (I.08) :** schéma de cycle de compresseurs à spirales [3]

### c) Compresseurs rotatifs à lobes

Ces compresseurs, appelés également à piston rotatif, sont réalisés par deux rotors conjugués dont l'un tourne à l'intérieur de l'autre, le rotor intérieur ayant une dent de moins que le rotor extérieur. Comme dans le cas du compresseur roots, l'entraînement et la synchronisation des rotors sont obtenus par un engrenage associé aux rotors et extérieur à la chambre de compression. L'engrenage est à denture intérieure et le rapport des nombres de dents pignon/couronne est identique au rapport des nombres de dents rotor intérieur/rotor extérieur.

Du fait du mouvement de la dent du rotor intérieur dans le creux du rotor extérieur, il est possible de réaliser avec ce type de compresseur une compression interne dont le rapport est fonction de la position de l'ouverture de l'orifice de refoulement par rapport à la rotation des lobes. [4]



**Figure (I.09) :** Compresseurs rotatifs à lobes

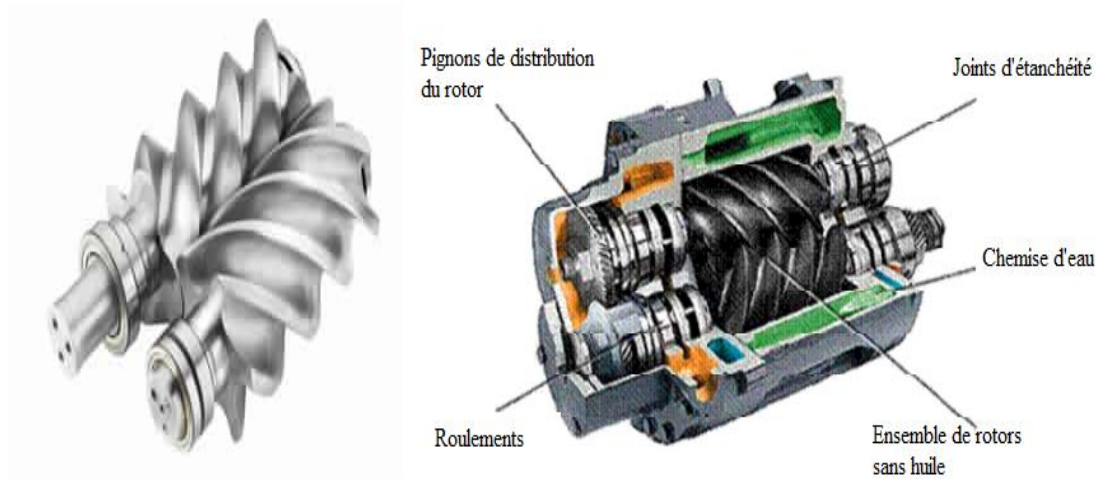
#### **d) Compresseurs rotatifs à vis**

##### **i. Définition**

Un Compresseur rotatif est un compresseur volumétrique dans lequel la compression est obtenue par rotation de deux organes faisant varier le volume d'une chambre de compression.

Ce type de compresseur est muni de rotors à la place de pistons, et évacue l'air (ou le gaz) comprimé de façon continue, sans pulsations. Le compresseur rotatif le plus commun est le compresseur à vis.

Le type de compresseur choisi pour notre étude est Le compresseur Atlas Copco ZE3, du groupe GICA de l'unité de distribution du ciment de Touggourt. Le compresseur est destiné à assurer de l'air comprimé à 6 bars pour la montée du ciment dans les réservoirs de presque 26 mètres de hauteur. [11]

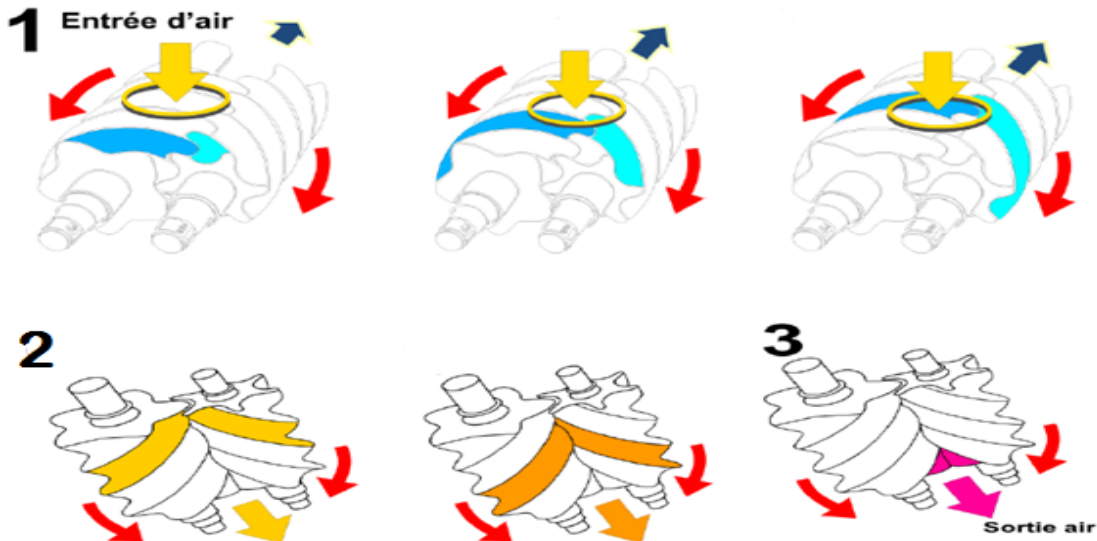


**Figure (I.10):** compresseurs à Vis [11]

## ii. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement d'un compresseur à vis est simple.

Ce type de compresseur se constitue d'un rotor mâle et d'un rotor femelle à denture hélicoïdale. La rotation à grande vitesse dans des sens opposés des deux rotors mâle et femelle provoque l'entraînement et la compression de l'air. Ce dernier est transporté le long de la vis de l'orifice d'aspiration à l'orifice de refoulement d'une façon continue.



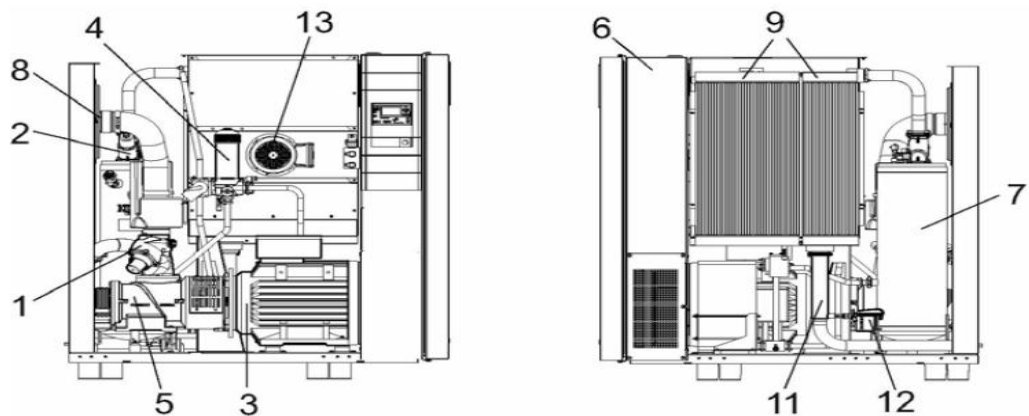
**Figure (I.11) :** Principe de fonctionnement des deux rotors du compresseur [11]

**1. Aspiration :** l'air entre par l'orifice d'aspiration dans les spires des rotors ouvertes de la cote aspiration.

**2. Compression :** la rotation progressive des rotors provoque la fermeture de l'orifice d'admission d'air, le volume est réduit et la pression monte, l'huile est injectée lors de ce processus.

**3. Evacuation** : la compression est terminée, la pression finale est atteinte, le refoulement commence.

iii. Le dessin suivant illustre le mécanisme du compresseur à vis ZE3 :



**Figure (I.12) :** Composantes du compresseur à vis [11]

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1 Soupape d'admission     | 2 Clapet anti retour à pression minimale |
| 3 Moteur                  | 4 Filtre à huile                         |
| 5 Bloc compresseur        | 6 Armoire électrique                     |
| 7 Réservoir séparateur    | 8 Filtre air D'huile                     |
| 9 Refroidisseur air/huile | 11 Séparateur cyclonique                 |
| 12 Purgeur de condensats  | 13 Moteur ventilateur                    |

**iv. Avantages**

- Le débit est continu sans pulsations, ce qui est préférable pour la filtration.
- Ils sont faciles à installer directement sur le sol.
- Ils sont peu bruyants.
- Ils sont très fiables.
- L'entretien se résume au changement de l'huile et des filtres.

**v. Inconvénients**

- Consomme plus d'énergie que les autres types de compresseurs.
- Ils ne dépassent généralement pas en sortie une pression de 15 bars.
- Leur coût est assez élevé.
- Ces compresseurs ont un taux de compression limité.



vi. Schéma de la compresseur ATLAS-COPCO - ZE3

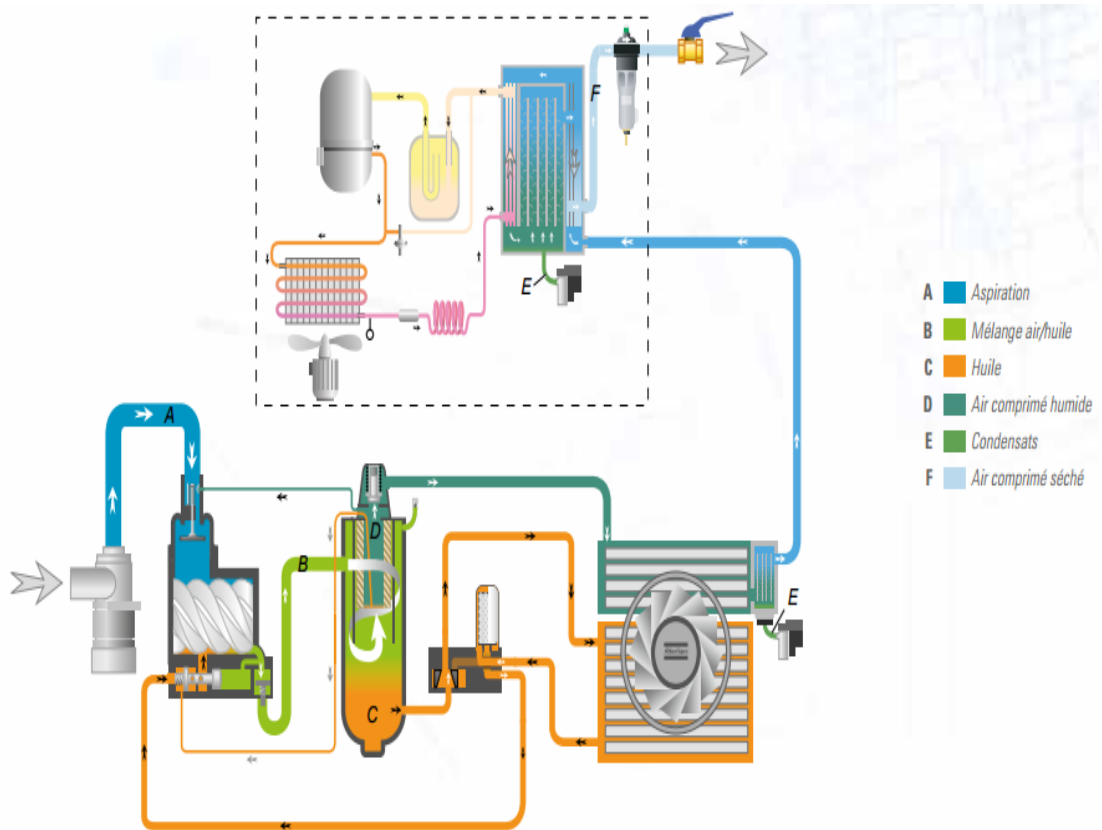


Figure (I.13) : Schéma du compresseur ATLAS-COPCO – ZE3

e) Comparaison du compresseur à vis et les autres types des compresseurs

Types		mouvement linéaire	mouvement rotatif	Débit	Pression	Rendement
volumétrique	Compresseur à piston	+		Faible à moyen	Elevée	Très bon
	Compresseur à membrane	+		Faible		
	Compresseur à vis		+	Faible	Moyenne	Faible
	Compresseur à palettes		+	Faible	Basse	Faible
Dynamique	Centrifuge		+	Important	Elevée	Très bon
	Axial		+	Très important	Basse	Très bon

Tableau (I-01) : les différents types des compresseurs [4]

## f) Types du compresseurs en fonction de débit et de la pression

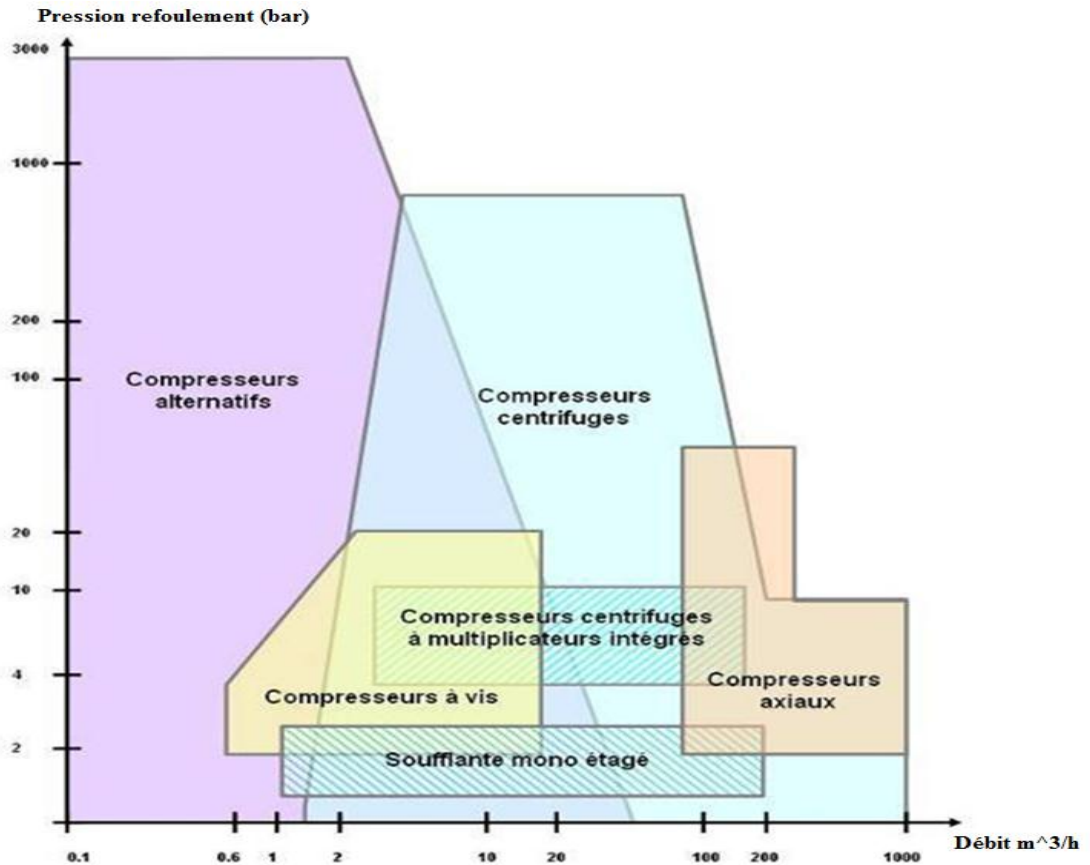


Figure (I.14) : Types de compresseurs en fonction de débit et de la pression [2]

### I.8 Conclusion

La compression en générale, peut être imposée par la nécessité technique de déplacer une certaine quantité de gaz d'un système à une certaine pression, vers un autre système à une autre pression plus élevée.

# Chapitre II

## **Généralités sur la maintenance**

## **II Généralités sur la maintenance**

### **II.1 Introduction**

La maintenance s'inscrit parmi les contraintes que rencontre tout exploitant d'une installation industrielle. Plus généralement, une installation de production nécessitant un ensemble de moyens matériels et humains n'est en mesure d'assurer le service qu'on lui demande qu'après avoir surmonté diverses contraintes, dont la maintenance des équipements de production utilisés. Construire une usine ou un atelier ne sert à rien en l'absence de production significative, ou de personnel qualifié, ou d'un système d'organisation permettant le maintien en état des installations.

La maintenance joue un rôle de plus en plus important dans la productivité de l'entreprise. La maintenance n'a plus pour seule vocation d'assurer le bon fonctionnement.

### **II.2 La maintenance**

#### **II.2.1 Définition de la maintenance**

D'après la norme AFNOR X 60-000 (Association française de normalisation), La maintenance est l'ensemble des actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. [7]

#### **II.2.2 Importance et rôle de la maintenance**

L'importance et le rôle de la maintenance sont illustrés par la nécessité d'assurer la disponibilité permanente et le bon fonctionnement des installations matérielles de production. Le rôle de la maintenance serait, en définitive, de permettre aux autres services de l'entreprise de remplir leurs fonctions en obtenant le rendement optimum des investissements. [6]

#### **II.2.3 Les objectifs de la maintenance**

C'est la nature de l'entreprise qui dicte les objectifs du service de maintenance clairement définis par une politique bien déterminée à partir de la prise en compte de trois facteurs essentiels :

- Facteur technique.
- Facteur économique.
- Facteur humain et écologique. [6]

##### **a) Objectifs techniques (opérationnels)**

- Assurer la disponibilité maximale des installations et de l'équipement à un prix rationnel
- Fournir un service qui élimine les pannes à tout moment et à tout prix
- Pousser à la dernière limite la durée de vie de l'installation (notion de durabilité)
- Assurer une performance de haute qualité
- Maintenir une installation d'une propreté absolue à tout moment.

**b) Objectifs économiques**

- Réduire au minimum les dépenses de maintenance et maximiser les profits
- Assurer le service de maintenance dans les limites d'un budget
- Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par les installations et l'appareillage en fonction de son âge et de son taux d'utilisation.

**c) Objectifs humains et écologiques**

- Réduire les accidents de fonctionnement (Notion de sécurité) et améliorer les conditions de travail
- Etudier toute modification, protection à effectuer sur les matériels pour diminuer les risques d'accidents
- Lutter contre la nuisance et préserver l'environnement (échappement de gaz, bruits inhérents, fuites d'huile, ...etc.).

**II.2.4 Les cinq niveaux de maintenance**

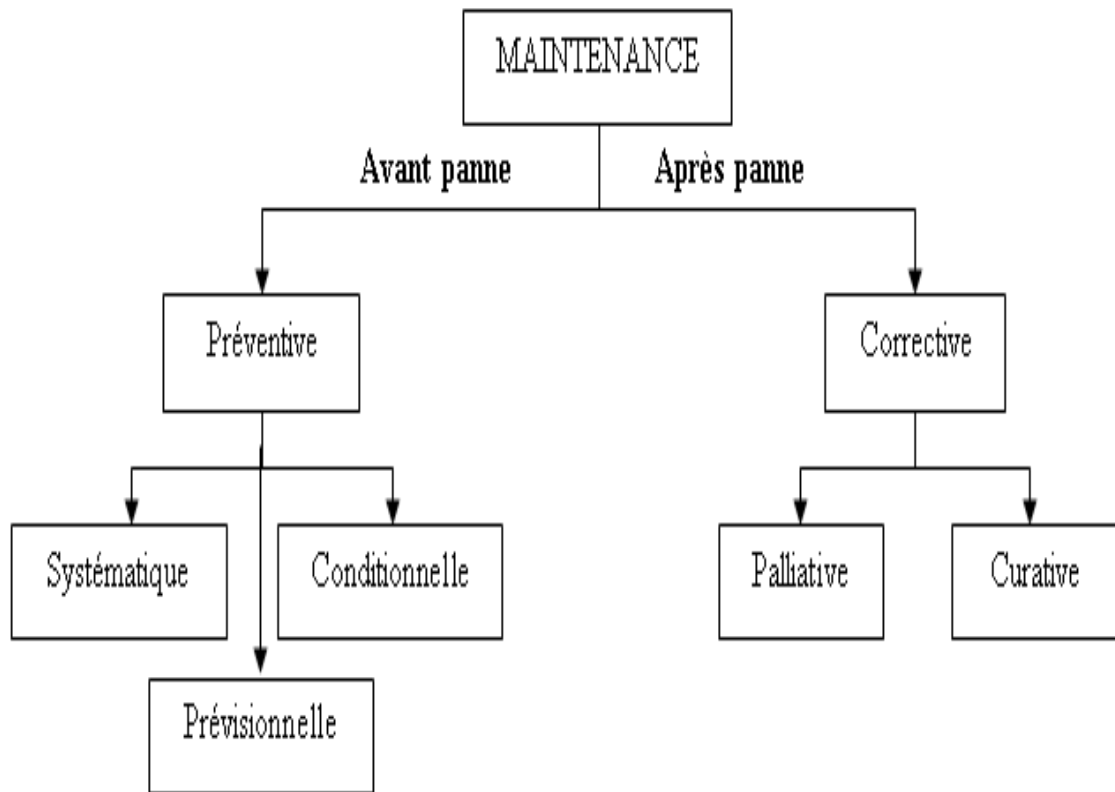
La norme NF X 60-010 définit, à titre indicatif, cinq « niveaux de maintenance » : [6]

<b>Niveau</b>	<b>Personnel d'intervention</b>	<b>Moyens</b>
<b>1</b>	Exploitant sur place.	Outillage léger défini dans les instructions d'utilisation.
<b>2</b>	Technicien habilité, sur place.	Idem, plus pièce de rechange trouvées à proximité sans délai.
<b>3</b>	Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance.	Outillage prévu plus appareils de mesure, banc d'essai, contrôle, ...etc.
<b>4</b>	Equipe encadrée par un technicien spécialisé ou en atelier central.	Outillage général plus spécialisé, matériel d'essais, de contrôle, ... etc.
<b>5</b>	Equipe complète, polyvalente, en atelier central.	Moyens proches de la fabrication par le constructeur.

**Tableau(II.01) : les niveaux de maintenance**

**II.2.5 Les différentes formes de maintenance**

Les diverses options susceptibles d'être mis en œuvre par le service de maintenance relèvent de deux principes fondamentaux : [7]



**Figure II.01** : Les types des maintenances

Les types des maintenances

### II.2.6 La maintenance préventive

Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation. Selon l'AFNOR : « La maintenance préventive est une maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ». La figure (II.2) représente la courbe de la maintenance préventive. La maintenance préventive se subdivise en trois types :

#### a) Maintenance systématique

Selon l'AFNOR : « Maintenance effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou un nombre prédéterminé d'unités d'usage ».

#### Exemple

- Lubrifier les boites de vitesse des fraiseuses toutes les 200 heures
- Changer les filtres des moteurs des chargeurs tous les 500 Km
- Changer les roulements de guidage des broches des tours tous les 5000 heures
- Nettoyer les glissières chaque jour
- Vérifier la tension des courroies chaque semaine ; ...etc.

**b) Maintenance conditionnelle**

Selon l'AFNOR : « Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé ». Ces indicateurs sont généralement les vibrations, pression, bruit, température, ...etc.

**Exemple**

- Procéder à un équilibrage des ventilateurs si le niveau vibratoire atteint 60  $\mu\text{m}$  (Seuil d'alarme).
- Prévoir un changement de roulement s'il y a une évolution de l'accélération mesurée à ce point.
- Vérifier les fours si les capteurs thermiques indiquent une chute de température dans la tuyauterie, ....etc.

**c) Maintenance prévisionnelle**

Parfois appelée « maintenance prédictive », la maintenance prévisionnelle est, selon l'AFNOR, « Maintenance exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien ». Elle est basée sur l'analyse de l'évolution des paramètres techniques qui permettent de quantifier l'état du bien et de déceler les dégradations potentielles dès leur apparition, elle permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention devra être réalisée.

**II.2.7 Maintenance corrective**

Selon toujours la norme AFNOR « Ensemble des activités réalisées après la défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement, ces activités comportent notamment la localisation de la défaillance et son diagnostic, la remise en état avec ou sans modification, le contrôle du bon fonctionnement ».

Il y a deux types de Maintenance corrective :

**a) Maintenance palliative (Dépannage)**

C'est une remise en état de fonctionnement effectuée in-situ parfois sans interruption du fonctionnement de l'ensemble concerné. Elle a un caractère « Provisoire » et doit être suivie par une action corrective durable.

**b) Maintenance curative**

Il s'agit des réparations faites in-situ ou en atelier central parfois après dépannage, ce type de maintenance a un caractère « définitif ».

### II.2.8 Politiques de maintenance

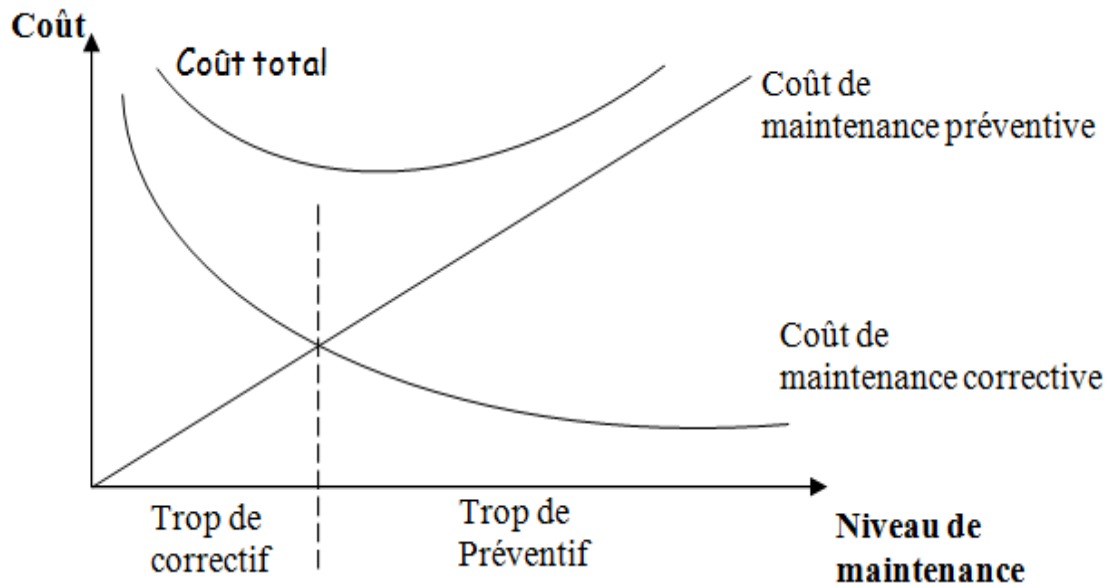


Figure (II.02) : Politiques de maintenance [6]

### II.2.9 Les opérations de maintenance

Ces opérations trouvent leur définition dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306).

#### a) Le dépannage

C'est une action ou opération de maintenance corrective sur un équipement en panne en vue la remettre en état de fonctionnement.

#### b) La réparation

C'est une intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu.

#### c) Les inspections

Ce sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

#### d) Les visites

Ce sont des opérations de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité prédéterminée.

#### e) Les contrôles

Ils correspondent à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivis d'un jugement. [10]



## **II.3 Etude de la fiabilité**

### **II.3.1 Notion de fiabilité d'un système**

Un système peut être défini comme un ensemble de composants interdépendants, conçus pour réaliser une fonction donnée, dans des conditions données et dans un intervalle de temps donné, pour chaque système, il importe de définir clairement les éléments qui le caractérisent, à savoir : la fonction, la structure, les conditions de fonctionnement, les conditions d'exploitation, et l'environnement dans lequel il est appelé à opérer.

### **II.3.2 Définition**

D'après la norme (NORME X60—500). La fiabilité est l'aptitude (la probabilité) d'une entité à accomplir une fonction requise pendant un intervalle de temps donné, dans des conditions données.

### **II.3.3 Objectifs de la fiabilité**

La fiabilité a pour objectif de :

- Mesurer une garantie dans le temps ;
- Evaluer rigoureusement un degré de confiance ;
- Déchiffrer une durée de vie ;
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- Déterminer la stratégie de l'entretien ;
- Choisir le stock.

### **II.3.4 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité**

Dans les études de fiabilité des différents équipements, une variable aléatoire continue ou discrète peut être distribuée suivant diverses lois qui sont principalement :

- La loi exponentielle
- La loi de WEIBULL
- La loi normale
- La loi log-normale (ou loi de GALTON)
- La loi binomiale
- La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités

### **II.3.5 Modèle de WEI BULL**

C'est la plus populaire des lois, utilisées dans plusieurs domaines (électronique, mécanique,...). Elle permet de modéliser en particulier de nombreuses situations d'usure de matériel. Elle permet de caractériser le comportement du système dans les trois phases de vie, période de jeunesse, période de vie utile et période d'usure ou vieillissement. Dans sa forme la plus générale, la distribution de weibull dépend des trois paramètres suivants :  $\beta$ ,  $\gamma$  et  $\eta$ .

**a) La densité de probabilité**

La densité de probabilité d'une loi de weibull a pour expression :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \text{ avec } t \geq \gamma \quad (\text{II.01})$$

Ou :  $\beta$  est le paramètre de forme ( $\beta > 0$ )

$\eta$  est le paramètre de d'échelle ( $\eta > 0$ )

$\gamma$  est le paramètre de position ( $-\infty \leq \gamma \leq +\infty$ )

**b) La fonction de répartition**

La fonction de répartition s'écrit :

$$F(t) = 1 - e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (\text{II.02})$$

**c) La fonction de fiabilité R(t)**

La fonction de fiabilité s'écrit

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (\text{II.03})$$

**d) Le taux de défaillance (Taux d'avarie)**

Le taux de défaillance donné par :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \cdot \frac{1}{e^{-\left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta}} \Rightarrow \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (\text{II.04})$$

Avec  $\lambda(t)$  taux de défaillance de la pièce d'âge t.

$$\text{On a donc : } \lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$$

$\lambda(t)$  S'exprime également par l'inverse d'un temps, mais n'est pas une densité de probabilité.

L'expérience montre que pour la plupart des composants, le taux de défaillance suit une courbe en baignoire représenté sur la figure suivante : [10]

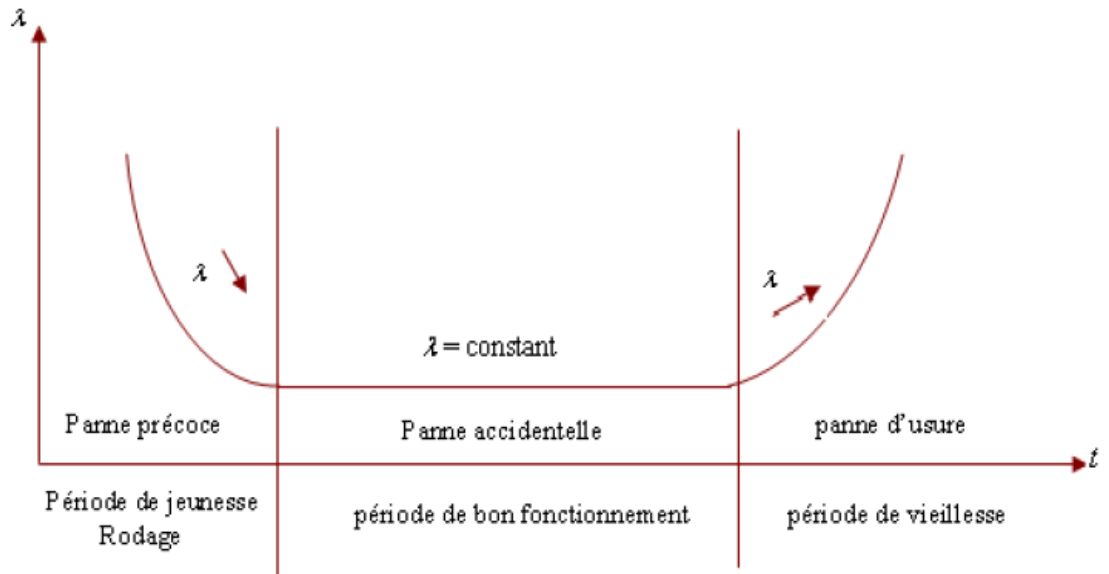
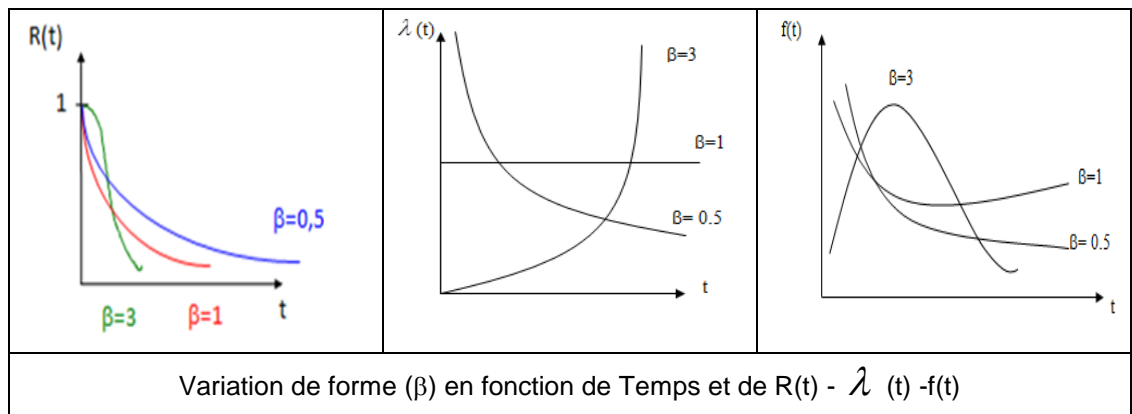


Figure (II.3) : Courbe en baignoire

**Paramètre de forme  $\beta$**

- Si  $\beta > 1$ , le taux de défaillance est croissant, caractéristique de la zone de vieillesse
- $1,5 < \beta < 2,5$  : fatigue
- $3 < \beta < 4$  : usure, corrosion
- Si  $\beta = 1$ , le taux de défaillance est constant, caractéristique de la zone de maturité
- Si  $\beta < 1$ , le taux de défaillance est décroissant, caractéristique de la zone de jeunesse



### II.3.6 Étude paramétrique du modèle de WEI BULL

Suivant les valeurs de  $\beta$ , le taux de défaillance est soit décroissant ( $\beta < 1$ ) soit constant ( $\beta = 1$ ), soit croissant ( $\beta > 1$ ). La distribution de weibull permet donc de représenter les trois périodes de la vie d'un dispositif décrites par la courbe en baignoire.

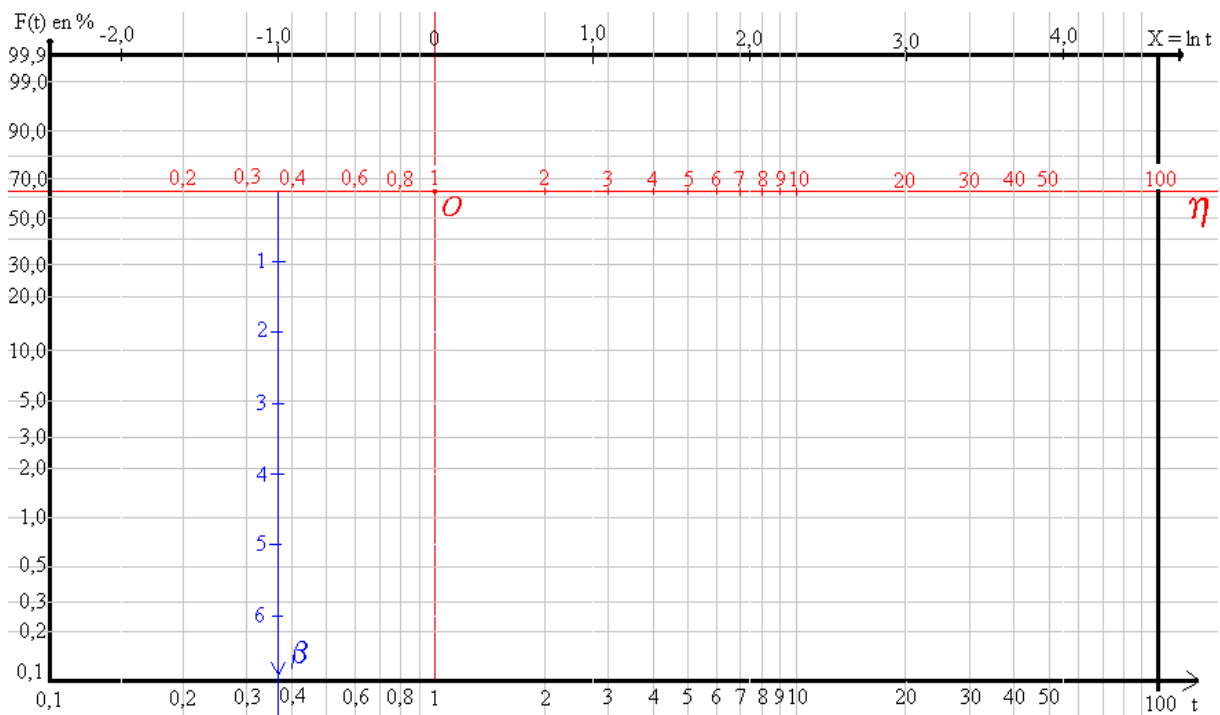
Le cas  $\gamma > 0$  correspond à des dispositifs dont la probabilité de défaillance est nulle jusqu'à un certain âge  $\beta$ .

### II.3.7 Estimation des paramètres du modèle de WEI BULL

Un des problèmes essentiel est l'estimation des paramètres : ( $\beta, \eta, \gamma$ ) de cette loi, pour cela, nous disposons de la méthode suivante :

#### a) Graphique à échelle fonctionnelle :

Pour la distribution de Weibull à 3 paramètres, on fait la transformation :

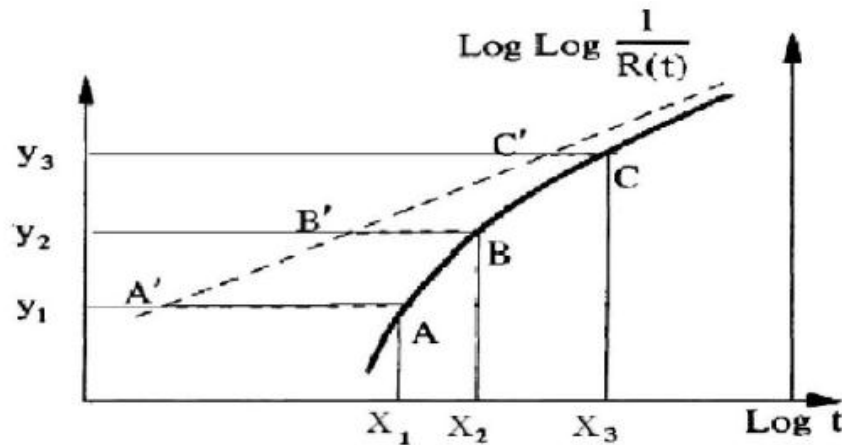


**Figure (II.04) :** Représentation sur graphique à échelle fonctionnelle de la distribution de Weibull (graphique d'Allan Plait).

#### Recherche de $\gamma$

Si le nuage de points correspond à une droite, alors  $\gamma = 0$ . ( $\gamma = 0$ )

Si le nuage de points correspond à une courbe, on la redresse par une translation de tous les points en ajoutant ou en retranchant aux abscisses "t", une même valeur ( $\gamma$ ) afin d'obtenir une droite comme le montre la figure suivante.



**Figure (II.05) :** redressement de la courbe par translation

Ce redressement peut se faire par tâtonnement ou avec la relation :

$$Y = \frac{X_3 * X_1 - X_2^2}{X_3 + X_1 - 2X_2} \quad (\text{II.05})$$

Considérons les points :

A(X<sub>1</sub>, Y<sub>1</sub>) ; B(X<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>) ; C(X<sub>3</sub>, Y<sub>3</sub>)

$$Y_3 > Y_2 > Y_1$$

$$2Y_2 = Y_1 + Y_3$$

$$Y = X_2 - \frac{(X_3 - X_2) * (X_2 - X_1)}{(X_3 - X_2) - (X_2 - X_1)}$$

### Recherche de $\eta$

La droite de régression linéaire coupe l'axe A à l'abscisse  $t = \eta$ .

### Recherche de $\beta$

- $\beta$  est la pente de la droite de corrélation.
- On trace une droite parallèle à la droite de corrélation, et passant par  $\eta = 1$  On lit ensuite  $\beta$  sur l'axe B.

## II.4 La maintenabilité

La maintenabilité est « l'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, avec des procédures et des moyens précis ».

La maintenabilité caractérise la facilité de remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement.

La maintenabilité est caractérisée par la moyenne des temps techniques de réparation MTTR : [8]

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour n pannes}}{\text{Nombre de pannes (n)}}$$

**MTTR** : (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation.

#### II.4.1 Taux de réparation $\mu$ :

La probabilité de réparation d'un composant est principalement fonction du temps écoulé depuis l'instant de défaillance. Il existe un certain délai  $t$  avant que le composant puisse être réparé. Ce délai  $t$  comprend le temps de détection et le temps d'attente de l'équipe de réparation. [8]

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (\text{II.06})$$

### II.5 La disponibilité

C'est l'aptitude d'un bien sous les aspects combinés de la fiabilité, maintenabilité et de l'organisation de la maintenance à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions de temps déterminées.

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- avoir le moins possible d'arrêts de production,
- être rapidement remis en état s'il est défaillant.

La disponibilité relie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité.

#### II.5.1 Les types de disponibilité

##### a) Disponibilité intrinsèque

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes de bon fonctionnement et les moyennes de réparation, ce qui donne :

$$Di = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (\text{II.07})$$

##### b) Disponibilité instantanée

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance  $\lambda$  constante et d'un taux de réparation  $\mu$  constant, la disponibilité instantanée est :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad (\text{II.08})$$

## II.6 Loi de Pareto

### II.6.1 Origine de la méthode

Elle est issue des travaux de Wilfred Pareto (1848-1923) économiste italien né à Paris. Il constata en étudiant la répartition de l'impôt foncier aux USA que 15% des contribuables payaient 85% du total. Depuis, cette méthode se nomme loi de Pareto, loi des 15-85 ou 20-80.

### II.6.2 Définition et intérêt de la méthode

Elle permet de choisir entre plusieurs problèmes ceux qui doivent être traités en priorité. Elle permet donc de distinguer d'une façon claire les éléments importants de ceux qui le sont moins. Elle évite ainsi de ne pas se laisser accaparer par des travaux certes utiles mais de très faible importance par rapport au volume des autres travaux.

C'est le cas d'un service maintenance, où les tâches sont nombreuses et la main d'œuvre est parfois insuffisante, de plus, les technologies récentes coûtent cher. Il convient par conséquent de s'organiser d'une façon rationnelle, ainsi en appliquant la méthode ABC de Pareto on peut remédier à ce problème en déterminant exactement les types d'interventions à mener en priorité. [7]

### II.6.3 Méthodologie

Elle consiste à classer les pannes par ordre croissant de coûts (heures ou argent), chaque panne se rapporte à une machine, ou rubrique. Puis à établir un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types de pannes cumulés. On obtient ainsi un graphe montrant trois zones :

Zone A : Dans cette zone on constate que 20% des pannes représente 80% des coûts, c'est la zone de priorité.

Zone B : Dans cette zone, les 30% de pannes suivantes ne coûtent que 15% supplémentaires.

Zone C : Enfin, dans cette zone, les 50% de pannes restantes ne reviennent qu'à 5% des coûts.

## II.7 Etude AMDEC

### II.7.1 Présentation

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité) est une technique d'analyse prévisionnelle de la fiabilité, de la maintenabilité et de la sécurité des produits et des équipements.

D'après AFNOR) L'analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticités (amdec) est une méthode inductive permettant pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou sur la sécurité du système. [12]

### II.7.2 Types d'AMDEC

Selon les objectifs visés plusieurs types de l'AMDEC sont utilisés lors de phases successives de développement d'un produit :

#### a) AMDEC produit

S'assurer que la conception du produit (appareil électroménager, sous-ensemble automobile, produit chimique...) satisfera aux exigences des clients

#### b) AMDEC processus

- S'assurer que chaque étape de la fabrication du produit ne générera pas de défauts de Qualité
- Les sorties de l'étude sont :
  - Modes opératoires de fabrication
  - Plan de contrôle

#### c) AMDEC machine

- S'assurer que les équipements, les machines fonctionneront avec la meilleure disponibilité possible
- Les sorties de l'étude sont
  - Modes opératoires de conduite et de maintenance
  - Formation du personnel (production et maintenance)
  - Politique de maintenance et de pièces de rechange
  - Modifications pour améliorer la fiabilité ou la maintenabilité
- Le présent document concerne essentiellement l'AMDEC Moyen

### II.7.3 Terminologie

#### a) La Défaillance

D'après la norme AFNOR X 60-500, une défaillance est la cessation de l'aptitude d'un élément à accomplir une fonction requise.

#### b) Mode de défaillance

Un mode de défaillance est la manière dont le système peut s'arrêter de fonctionner ou fonctionner anormalement. Le mode de défaillance est relatif à chaque fonction de chaque élément. Il s'exprime en termes physiques.

Exemples : rupture, coupure d'électricité, coincement, fuite...

#### c) Cause de défaillance

Une cause de défaillance est l'anomalie initiale pouvant conduire à la défaillance, par l'intermédiaire du mode de défaillance. La cause de défaillance d'un élément peut être interne ou externe à celui-ci. A un mode de défaillance peuvent correspondre plusieurs causes et réciproquement.



Exemples : sous dimensionnement, manque de lubrifiant, corrosion, cavitation...

**d) Effet de défaillance**

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Un même mode de défaillance peut engendrer plusieurs effets simultanés qui peuvent se cumuler et s'enchaîner. de même, plusieurs modes peuvent avoir le même effet.

Exemples : arrêt de production, déficit en eau potable...

**e) Détection**

La détection est un phénomène ou paramètre physique, anomalie ou symptôme, pouvant être observé, détecté ou mesuré de manière précoce et traduisant l'apparition, la propagation ou l'évolution d'un mécanisme de défaillance.

**f) Indice de Fréquence « F »**

Il représente le risque que la cause potentielle de défaillance survienne et qu'elle entraîne le mode potentiel de défaillance considéré. De ce fait, la notion de fréquence est relative à une combinaison cause mode. Finalement, la fréquence s'exprime par le nombre de défaillances de l'élément sur une période donnée.

**g) Indice de Gravité « G »**

Il se réfère à la gravité (ou sévérité) de l'effet de chaque défaillance, tel que ressenti par l'utilisateur. Ainsi, la notion de gravité est directement liée à l'effet de la défaillance.

**h) Indice de Non Détection « D »**

Il représente la probabilité que la cause (et/ou le mode) de défaillance supposée apparue atteigne l'utilisateur. La probabilité de non détection dépend d'une part de l'existence d'une anomalie observable de manière suffisamment précoce et d'autre part des moyens de détection mis en œuvre (ou envisagés) au moment de l'étude.

**i) Criticité « C »**

Pour chaque cause de défaillance, le produit des trois indices de fréquence, gravité et non détection est effectué. Le résultat donne l'indice de Criticité :  $C=F \cdot G \cdot D$  [12]

### II.7.4 La grille de AMDEC

<b>PME :</b>		Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités						
Système : compresseur à vis			<b>DATE :</b>					
<b>N</b>	<b>L'élément</b>	<b>fonction</b>	<b>modes de défaillance</b>	<b>cause</b>	<b>effet</b>	<b>détection</b>	<b>Criticité</b>	<b>Action</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>

**Tableau (II.2) :** La grille AMDEC

1 : Cette colonne permet d'inscrire le numéro de l'élément.

2 : Cette colonne permet d'inscrire la désignation de l'élément.

3 : Cette colonne permet d'inscrire la fonction réalisée par l'élément lors du fonctionnement normal.

4 : Cette colonne permet d'inscrire le mode de défaillance qui correspond à la manière dont l'élément peut être amené à ne plus assurer sa fonction.

5 : Cette colonne permet d'inscrire les causes ayant conduit à l'apparition de la défaillance du dispositif à travers le mode de défaillance de l'élément.

6 : Cette colonne permet d'inscrire les effets provoqués par l'apparition des modes de défaillance ; tels que perçus par l'utilisateur du dispositif.

7 : Cette colonne permet d'inscrire les modes de détection qui sont les signes provoqués par l'apparition de la défaillance, sans qu'elle n'ait encore générée l'apparition de conséquences.

8 : Ces colonnes permettent d'inscrire la valeur de la criticité **C**, calculée à partir de l'estimation des indices **F**, **G** et **D**.

9 : Cette colonne permet d'inscrire l'ensemble des mesures correctives décidées par le groupe de travail, pour éliminer les points critiques. [12]

### II.7.5 Tableau les indices de défaillance

Indice	Valeur	Indice de défaillance
Indice de fréquence F	1	Défaillance pratiquement inexistante
	2	Défaillance rarement apparue (un défaut par années)
	3	Défaillance occasionnellement apparue (un défaut par trimestre)
	4	Défaillance fréquemment apparue (un défaut par mois)
Indice de gravité G	1	Défaillance mineure : aucune dégradation notable du matériel (TI <10 min).
	2	Défaillance moyenne = une remise en état de courte durée (10 min < TI <30 min).
	3	Défaillance majeure = une intervention de longue durée (30 min < TI < 90 min). Où Non-conformité du produit, constatée dans l'entreprise et corrigée.
	4	Défaillance catastrophique = une grande intervention (TI > 90 min) où Non-conformité du produit, constatée par un client aval (interne à l'entreprise).
	5	Sécurité/Qualité : accident provoquant des problèmes de sécurité des personnes, lors du dysfonctionnement ou lors de l'intervention. Où Non-conformité du produit envoyé en clientèle.
Indice de non détection D	1	Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant d'éviter les effets sur la production.
	2	Il existe un signe avant-coureur la défaillance mais il y a risque

Tableau (II.3) : les indices de défaillance

### II.7.6 Démarche pratique de l'AMDEC

L'emploi des AMDEC crée une ossature qu'il convient de compléter et d'outiller. Pour cela une analyse plus fine de la pertinence des informations est nécessaire. Le groupe AMDEC est tenu de maîtriser la machine et de mettre à jour et s'assurer de la validité de toutes les informations utiles à l'étude. Il appartient à ce groupe de s'appuyer sur le retour d'expérience de tous les opérateurs de tous les services de cycle de fabrication de produit, qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse. [12]

La démarche pratique de l'AMDEC se décompose en 4 étapes suivantes :

Etape 1 : initialisation de l'étude qui consiste :

- La définition de la machine à analyser,
- La définition de la phase de fonctionnement,
- La définition des objectifs à atteindre,

- Constitution de groupe de travail,
- La définition de planning des réunions,
- La mise au point des supports de travail.

Etape 2 : description fonctionnelle de la machine qui consiste

- Découpage de la machine, décision des actions à engager
- Inventaire des fonctions de service,
- Inventaire des fonctions techniques.

Etape 3 : analyse AMDEC qui consiste :

- Analyse des mécanismes de défaillances,
- Evaluation de la criticité à travers :
  - La probabilité d'occurrence F.
  - La gravité des conséquences G.
  - La probabilité de non détection D.

Etape 4 : synthèse de l'étude/décisions qui consiste :

- Bilan des travaux,
- Décision des actions à engager

## **II.8 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté les trois principaux concepts de maintenance, la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et AMDEC. On a aussi donné une vue globale sur la maintenance et son importance dans l'entreprise.

# Chapitre III

## **Etude analytique**

### III Exploitation de l'historique

L'historique de panne (la compresseur ATLAS-COPCO ZE3) ;

Le traitement des données brutes de l'historique (tableau III. 1), passe par :

- Le calcul des heures d'arrêt suite à des pannes (TTR) qui résultent des différences entre les dates d'arrêt et de démarrage.
- Le calcul des heures de bon fonctionnement (TBF), qui résultent des différences entre deux pannes successives.

N°	Date de démarrage	Date d'arrêt	TBF (h)	TTR (h)	Cause	Action
1	12/02/2010	29/04/2010	1824	48	Haute température du palier avant	Changement d'huile
2	01/05/2010	14/09/2010	312	24	Haute température du palier arrière	Changement d'huile
3	15/09/2010	03/11/2010	1176	24	Vibration importante au niveau de la vis 1	Démontage et équilibrage de la vis 1
4	04/11/2010	09/02/2011	2088	48	Vibration sur palier avant et arrière	Démontage et équilibrage des vis 1 et vis 2
5	11/02/2011	25/03/2011	1008	10	Haute température des vis 1 et vis 2	Changement d'huile
6	25/03/2011	12/07/2011	2616	20	Vibration importante au niveau de la vis 2	Démontage et équilibrage de La vis 2
7	13/07/2011	09/09/2011	1368	48	Bruit anormal du palier avant	Changement des roulements avant
8	11/09/2011	20/01/2012	3144	10	Haute température du palier avant	Changement d'huile
9	20/01/2012	30/03/2012	1680	45	Cisaillement de la vis 1	Changement la vis 1
10	01/04/2012	05/07/2012	2280	22	Vibration importante au niveau palier arrière	Changement des roulements Arrière
11	06/07/2012	09/08/2012	816	8	Haute température du joint	Changement du filtre d'huile
12	09/08/2012	07/11/2012	2136	45	Cisaillement de la vis 2	Changement de la vis 2
13	09/11/2012	15/01/2013	1608	24	Haute température du palier arrière	Changement d'huile
14	16/01/2013	07/04/2013	1920	17	Haute température du joint	Changement d'huile

**Tableau (III.01) :** Dossier historique de compresseur ATLAS-COPCO- ZE3 [14]

L'application Pratique des méthodes d'analyse :

### III.1 Méthode d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto)»

#### III.1.1 Définition

Pour l'application de la méthode ABC, il faut en premier lieu faire un classement des pannes par ordre décroissant des heures des pannes puis procéder à l'établissement d'un graphe de Pareto.

N°	organe	TTR(h)	Cumul TTR	% TTR	Nombre de panne	Cumul des pannes	%de pannes Cumulées
1	palier avant	106	106	26,97	3	3	21,42
2	palier arrière	70	176	44,78	3	6	42,85
3	La vis 1	69	245	62,34	2	8	57,14
4	La vis 2	65	310	78,88	2	10	71,42
5	palier avant et arrière	48	358	91,09	1	11	78,57
6	garniture mécanique	25	383	97,45	2	13	92,85
7	La vis1 et La vis 2	10	393	100	1	14	100

**Tableau (III.02) : L'analyse ABC (Pareto)**

III.1.2 La Courbe de Pareto

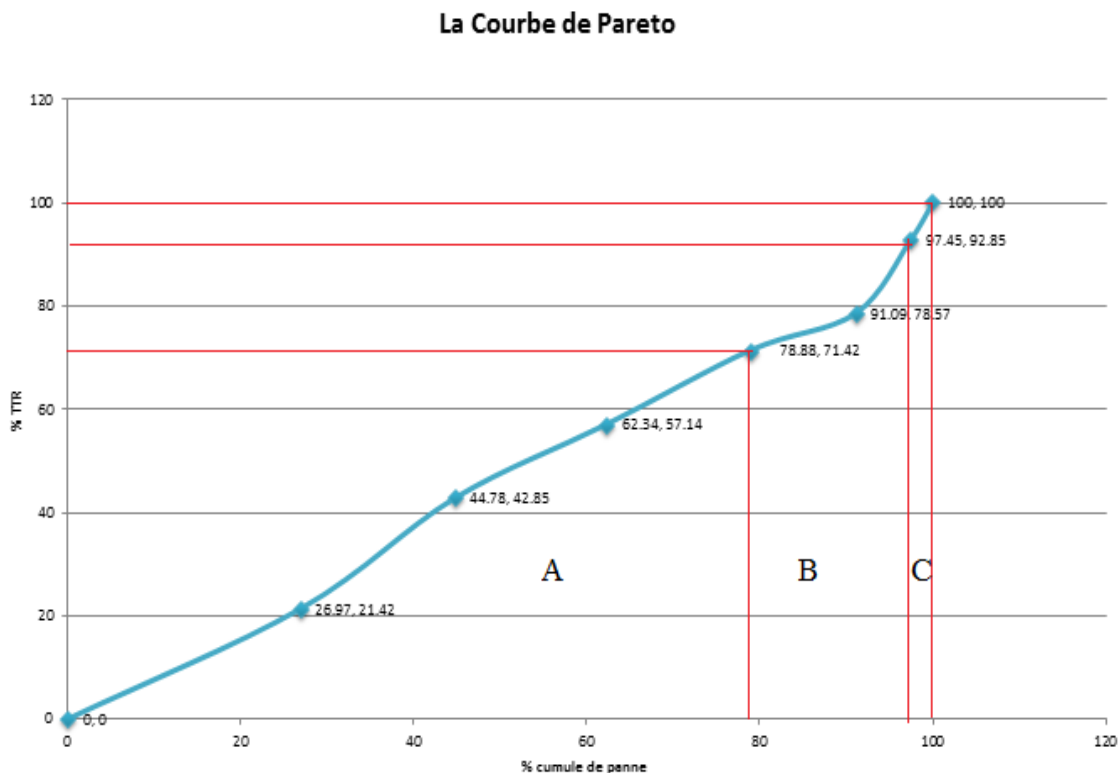


Figure (III.01) : La Courbe d’ABC

III.1.3 Interprétation des résultats

- Zone "A":

Dans la majorité des cas, on constate que environ 71.42% des pannes représente 78.88% des heures d'arrêts, ceci constitue la zone A, zone des priorités (palier avant -palier arrière - La vis 1- lavis2).

- Zone "B":

Dans cette tranche, les 21.4 % des pannes représentent 18.57 % supplémentaire (palier avant et arrière et garniture mécanique).

- Zone "C":

Dans cette zone les 7.15 % des pannes restantes ne représentent que 2.55% des heures d'arrêts (La vis1 et La vis 2).



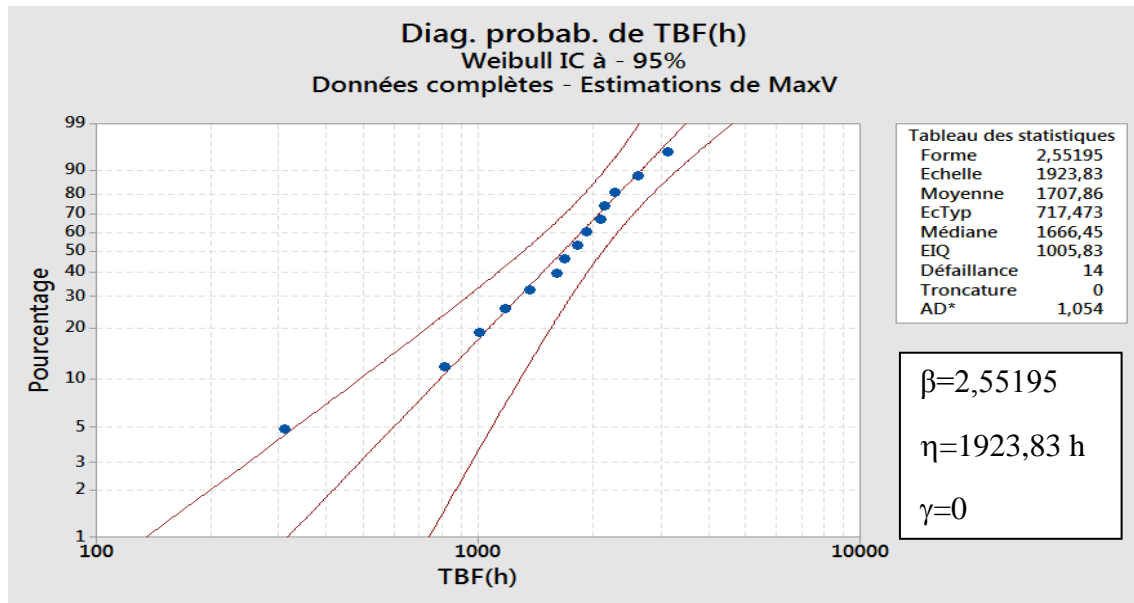
**III.2 Calcul les paramètres de weibull :**

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les F(i) calculés par la méthode des ranges médians  $F(i) = \frac{\sum n_i - 0,3}{N + 0,4}$  (dans notre cas  $N = 14 \leq 20$ ) et on trace la courbe de Weibull :

N°	TBF(h)	N	$\sum n_i$	F(i)	F(i) %
1	312	1	1	0,0486	4,86
2	816	1	2	0,1180	11,80
3	1008	1	3	0,1875	18,75
4	1176	1	4	0,2569	25,69
5	1368	1	5	0,3263	32,63
6	1608	1	6	0,3958	39,58
7	1680	1	7	0,4652	46,52
8	1824	1	8	0,5347	53,47
9	1920	1	9	0,6041	60,41
10	2088	1	10	0,6736	67,36
11	2136	1	11	0,7430	74,30
12	2280	1	12	0,8125	81,25
13	2616	1	13	0,8819	88,19
14	3144	1	14	0,9513	95,13

**Tableau (III.03) :** Fonction de répartition réelle

### III.2.1 La Courbe de Weibull



**Figure (III.02):** papier de Weibull en logiciel minitab17

$\gamma=0$  par ce que les pannes passent à l'origine du temps.

### III.2.2 Test (KOLMOGOROV SMIRNOV)

Avant la validation de toutes les lois de fiabilité, il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de K-S avec un seuil de confiance de  $\alpha = 20\%$ . Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique  $F_e(t_i)$  et la fonction réelle  $F(t)$  et prendre le maximum en valeur absolue  $D_{n,max}$ .

Cette valeur est comparée avec  $D_n, \alpha$  Qui est donnée par la table de Kolmogorov Smirnov (voir annexe1).

Si  $D_{n,max} > D_n, \alpha$  On refuse l'hypothèse.

Tableau K-S

N°	TBF	F (i)	F(t)	$D_{Nmax} =  F(i) - F(t) $
1	312	0,0486	0,00959042	0,03900958
2	816	0,1180	0,1060112	0,0119888
3	1008	0,1875	0,17482113	0,01267887
4	1176	0,2569	0,24781401	0,00908599
5	1368	0,3263	0,34222709	0,01592709
6	1608	0,3958	0,46888654	0,07308654
7	1680	0,4652	0,50718328	0,04198328
8	1824	0,5347	0,58224372	0,04754372
9	1920	0,6041	0,6302497	0,0261497
10	2088	0,6736	0,70841251	0,03481251
11	2136	0,7430	0,72910138	0,01389862
12	2280	0,8125	0,78617504	0,02632496
13	2616	0,8819	0,88817766	0,00627766
14	3144	0,9513	0,96987637	0,01857637

Tableau (III.04): test K-S (kolmogrov-smirnov)

D'après la table de K-S :

$D_{Nmax} < D_{N\alpha}$  Ce qui veut dire que le modèle de Weibull est accepté.

Nous avons pris la valeur maximale  $D_{Nmax} = |F(i) - F(t)|$ .

$D_{Nmax} = 0,07308654$  tandis que  $D_{N,\alpha} = D_{14,20} = 0,274$  (voir annexe tab.1).

$0,07308654 < 0,274$  donc l'hypothèse du modèle de Weibull est acceptable

### III.2.3 Exploitation les paramètres de WEIBULL :

#### a) Le MTBF

Le tableau de MTBF donne  $A = 0,8873$   $B = 0,380$  (voir annexe tab.2).

$$MTBF = A\eta + \gamma$$

$$MTBF = 0,8873 * 1923,83 + 0$$

$$MTBF = 1711,45 \text{ h.}$$

**b) La densité de probabilité en fonction de MTBF**

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

$$f(t) = \frac{2.55195}{1923.83} \left(\frac{1711.45}{1923.83}\right)^{2.55195-1} e^{-\left(\frac{1711.45}{1923.83}\right)^{2.55195}} = 0.00075$$

**c) La fonction de répartition en fonction de MTBF**

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

$$F(t=MTBF) = 0.52 = 52\%$$

**d) La fiabilité en fonction de MTBF**

$$R(t=MTBF) = 1 - F(t=MTBF)$$

$$R(MTBF) = 1 - 0.52 = 0.48 = 48\%$$

On remarque que la fiabilité du compresseur est faible

**e) Le taux de défaillance en fonction de MTBF**

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

$$\lambda(t=MTBF) = 0.00159 \text{ panne/heures.}$$

**f) Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique**

$$R(t) = 80\% \Rightarrow t = ?$$

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

$$\ln R(t) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta = \ln(0.8) \Leftrightarrow -[\ln R(t)]^{1/\beta} = t/\eta \Rightarrow t = \eta[\ln(1/R(t))]^{1/\beta}$$

$$T = 1923.83 \ln[(1/0.48)]^{1/2.55195}$$

$$t_{\text{sys}} = 1704.24 \text{ heures.}$$

Pour garder la fiabilité du compresseurs 80% il faut intervenir chaque temps systématique 1704.24 h.

**III.2.4 Étude de modèle de weibull :**

**a) La fonction de la densité de probabilité**

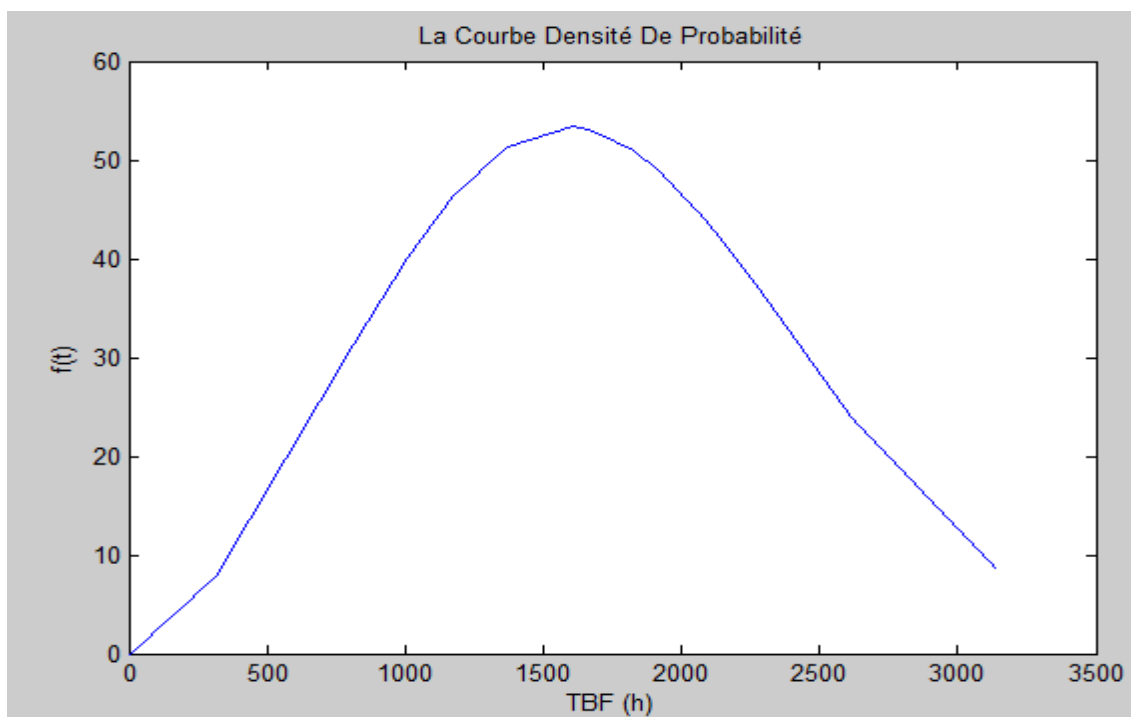
$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta}$$

$$f(t) = \lambda(t) \cdot R(t)$$

<b>TBF</b>	312	816	1008	1176	1368	1608	1824	1920	2088	2280	2616	3144
<b>f (t)×10<sup>-5</sup></b>	7,80	31,33	40,14	46,48	51,4	53,33	51,01	48,89	43,92	36,91	23,89	8,56

**Tableau (III.05) :** Calcul la fonction de la densité de probabilité

**Courbe de la densité de la probabilité f(t) :**



**Figure (III.03) :** La Courbe Densité De Probabilité (logiciel matlab)

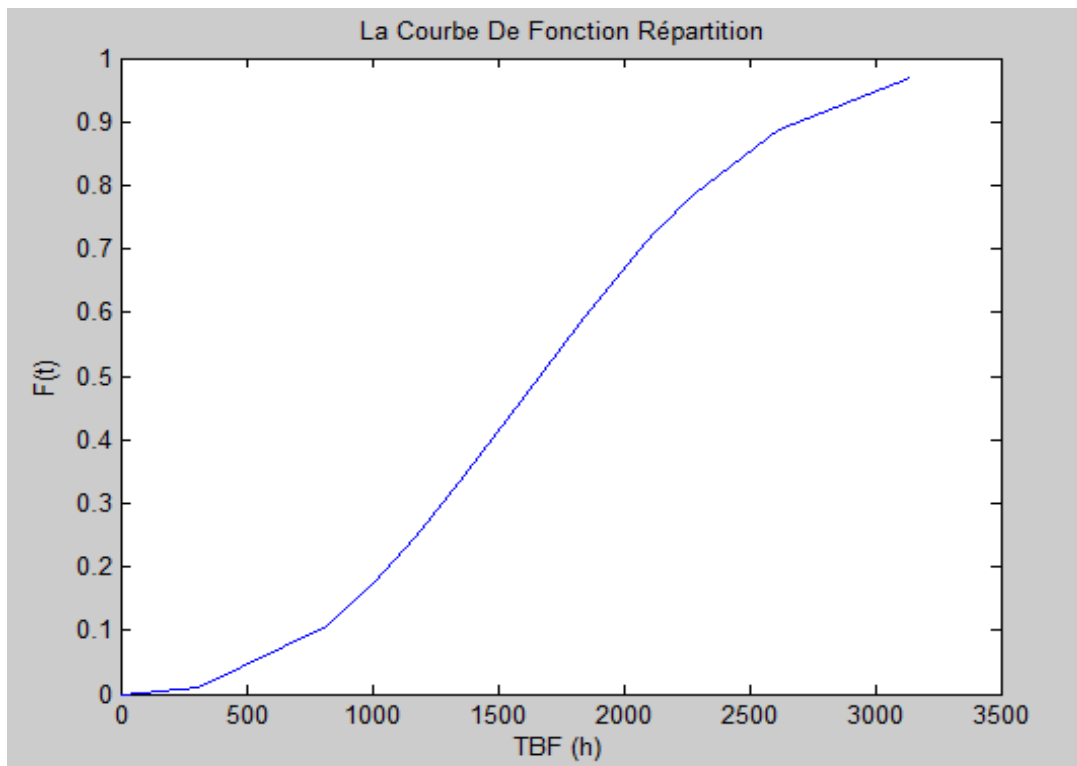
**Analyse de la courbe :**

D'après cette courbe on remarque que la fonction f(t) (densité de probabilité) augmente avec la progression du temps jusqu'à le temps (t=1608h) et après cette valeur la fonction f(t) diminue avec le temps.

**b) Fonction de répartition F(t) :**

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

<b>TBF</b>	312	816	1008	1176	1368	1608	1824	1920	2088	2280	2616	3144
<b>F(t)</b>	0,009	0,10	0,17	0,24	0,34	0,46	0,58	0,63	0,70	0,78	0,88	0,96

**Tableau (III.06) :** Fonction de répartition**Courbe fonction de répartition F(t) :****Figure (III.04) :** La Courbe De Fonction Répartition (logiciel matlab)**Analyse de la courbe :**

La fonction de défaillance est croissante en fonction de temps, et pour  $t = \text{MTBF}$ ,  
 $F(\text{MTBF}) = 0,52 = 52\%$

**c) La fiabilité R(t)**

La fonction fiabilité de celle de répartition :  $R(t) = 1 - F(t)$ , après calcul de la fiabilité du compresseur au temps  $t=MTBF$ , on trouve que la valeur n'est pas satisfaisante donc on peut dire que le compresseurs n'est pas fiable à  $t=MTBF$

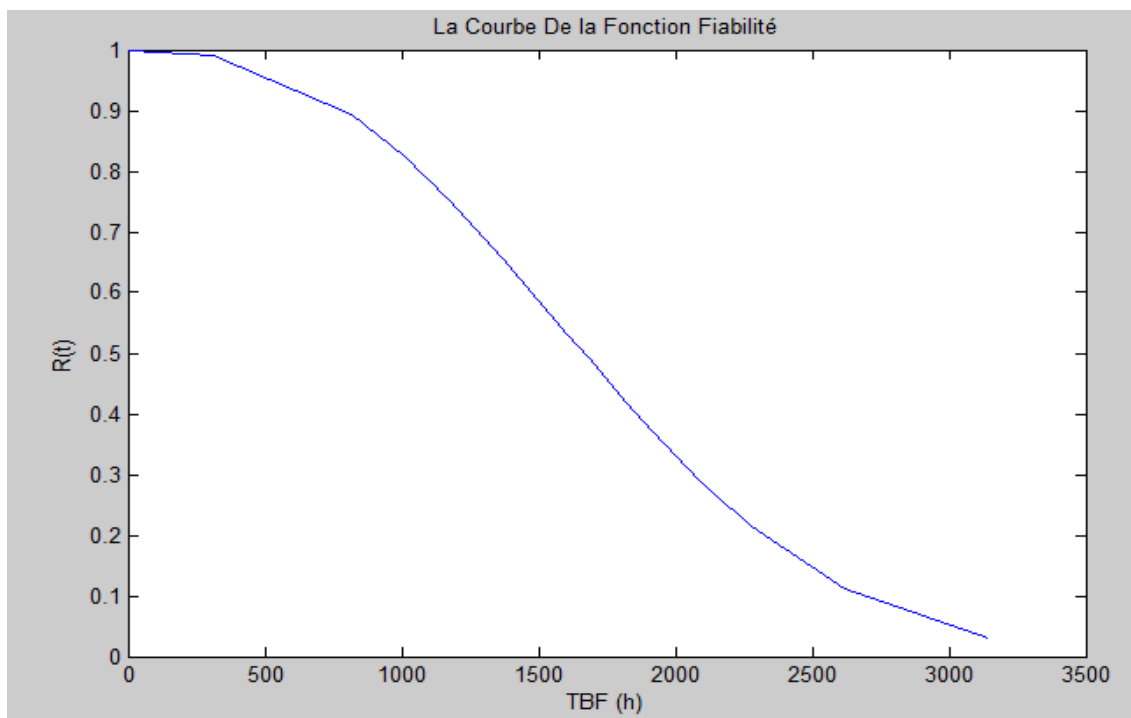
$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-Y}{\eta}\right)^\beta}$$

$$R(t=MTBF) = 0,48$$

TBF(h)	312	816	1008	1176	1368	1608	1824	1920	2088	2280	2616	3144
R(t)	0,99	0,89	0,82	0,75	0,65	0,53	0,41	0,36	0,29	0,21	0,11	0,03

**Tableau (III.07) : Calcul de la fiabilité**

**Courbe de la fiabilité :**



**Figure (III.05) : La Courbe De la Fonction Fiabilité (logiciel matlab)**

**Analyse de la courbe :**

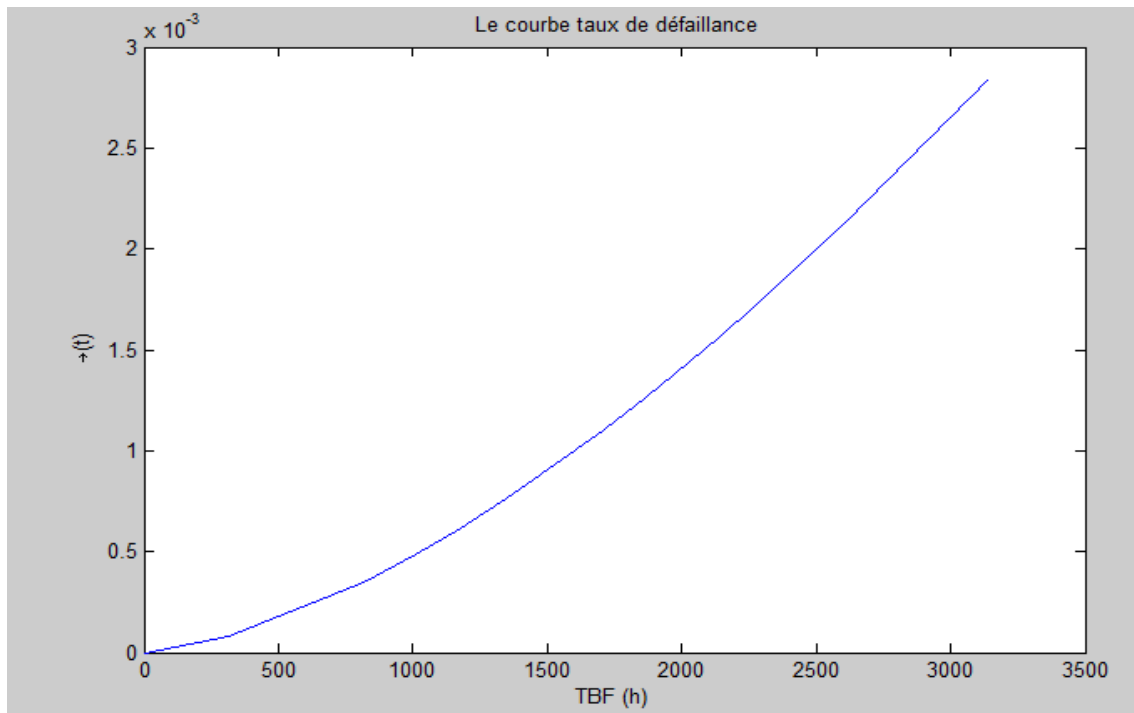
Le graphe décroissant en fonction de temps ce qui fait expliquer par le phénomène de dégradation comme par exemple l'usure.

L'amélioration de la fiabilité du compresseur passe obligatoirement par une analyse des défaillances avec une étude détaillée de leurs causes de leurs modes et de leurs conséquences.

**d) Le taux de défaillance  $\lambda(t)$** 

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

<b>TBF(h)</b>	312	816	1008	1176	1368	1608	1824	1920	2088	2280	2616	3144
<b><math>\lambda(t) \cdot 10^{-3}</math></b>	0,07	0,35	0,48	0,61	0,78	1,004	1,22	1,32	1,50	1,72	2,13	2,84

**Tableau (III.08)** : Le taux de défaillance**Courbe du taux de défaillance :****Figure (III.06)** : Le courbe taux de défaillance (logiciel matlab)**Analyse de la courbe :**

Le taux de défaillance est croissant en fonction de temps.



### III.2.5 Calcul de Maintenabilité du compresseur

D'après l'historique des pannes du compresseur :

$$MTTR = \sum TTR / N.$$

TTR : temps de réparation.

N : nombre de pannes.

$$MTTR = 393/14 = 28.07 \text{ h.}$$

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

Avec  $\mu = 1/MTTR = 1/28.07 = 0.0356$  intervention / heure.

TTR(h)	20	40	60	80	100	160	180	200	220	240	260	280
M(t)	0,509	0,759	0,881	0,942	0,971	0,996	0,998	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999

Tableau (III.09) : La maintenabilité du compresseur

#### Courbe de maintenabilité

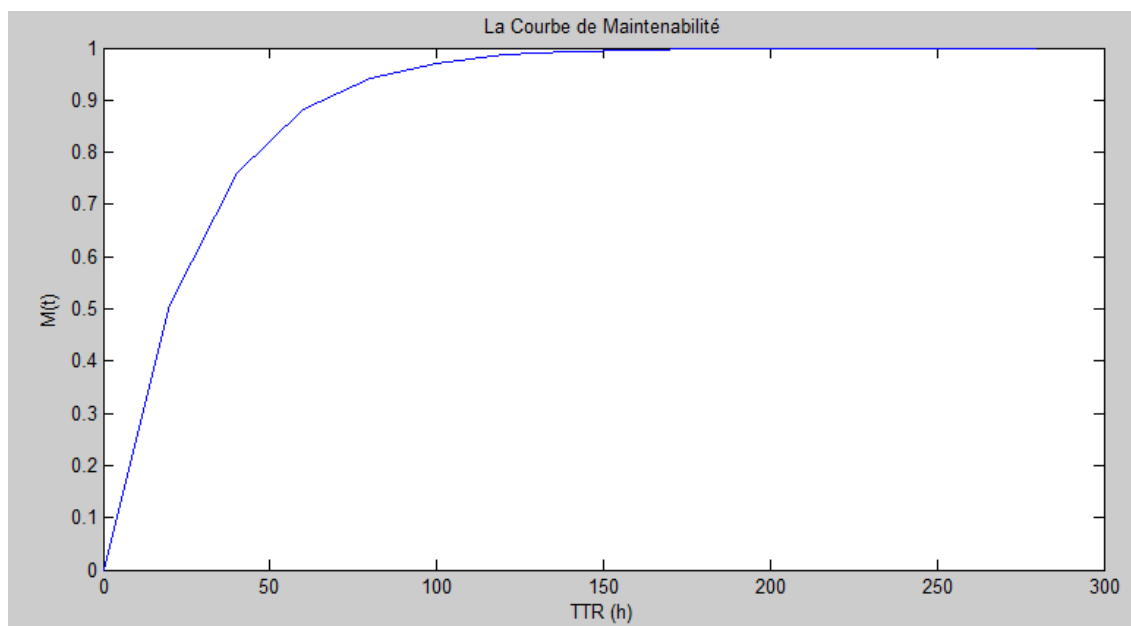


Figure (III.07) : La Courbe de Maintenabilité (logiciel matlab)

#### Analyse de la courbe :

La Maintenabilité est croissante en fonction du temps à l'instant T=260 heures, la maintenabilité est 99,99%.

**III.2.6 Calcul de la disponibilité du compresseur**

**a) Disponibilité intrinsèque au asymptotique**

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = \frac{1711,45}{1711,45+28,07} = 0.9838$$

**b) Disponibilité instantané**

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

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{1711,45} = 0.000584$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{28,07} = 0.0356$$

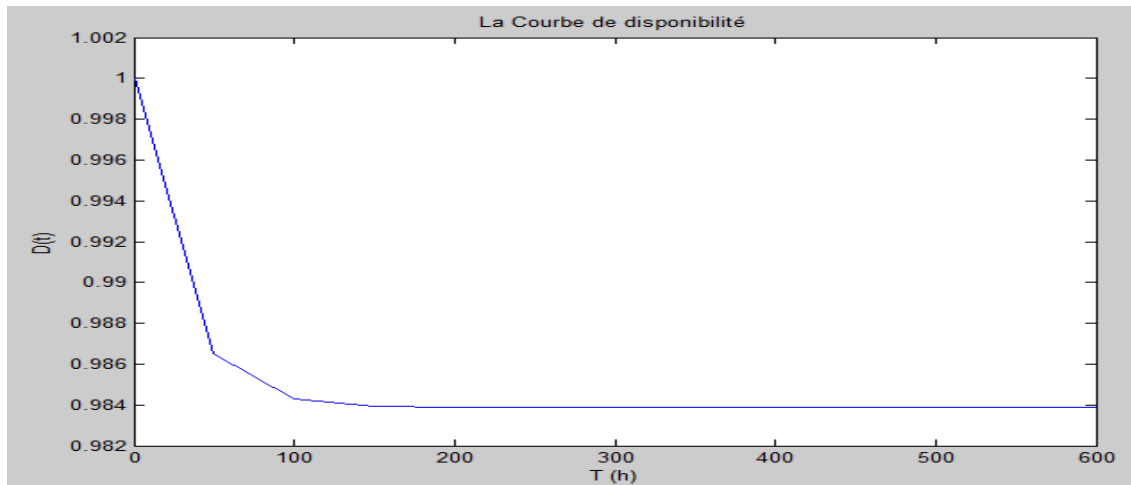
$$\mu + \lambda = 0,0356 + 0,000584 = 0,0361$$

$$D(t) = \frac{0,0356}{0,000584+0,0356} + \frac{0,000584}{0,000584+0,0356} e^{-(0,000584+0,0356)t}$$

T(h)	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
D(t)	0,721	0,502	0,349	0,243	0,169	0,118	0,082	0,057	0,039	0,027	0,019	0,013

**Tableau (III.10) : Tableau de disponibilité**

**Courbe de la disponibilité**



**Figure (III.08) : La Courbe de disponibilité (logiciel matlab)**

**Analyse de la courbe :**

La disponibilité est décroissante en fonction de temps, pour augmenter la disponibilité d'un compresseur consiste à diminuer le nombre de ses arrêts (augmentée sa fiabilité) et réduire le temps nécessaire pour résoudre les causes de ceux-ci (augmenté sa Maintenabilité).

**III.3 Etude AMDEC**

L'AMDEC est une technique utilisée pour le développement des produits et des procédés afin de réduire les risques d'échecs et de documenter les actions entreprises pour la revue d'un processus. Il est aussi destiné à être utilisé pour les actions préventives. [13]

**Tableaux AMDEC**

<b>PME :</b>		Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités								
Sous-système : compresseur ATLAS COPCO-ZE3		<b>DATE :</b>								
L'élément	fonction	Modes de défaillance	Cause	effet	détection	Criticité				Action
						F	G	D	C	
Paliers roulement	Guider et supporter la vis	-usure -cassure	-Fatigue -vibration	Echauffement -Blocage de vis	-Bruit échauffement	3	3	1	9	changement des roulements
La vis	Assurer le mouvement de rotation pour pression le fluide	Défaillance de la cage	Fatigue surcharge	arrêt de compresseur	visuel	4	4	1	16	Changement de la vis
Clapets d'aspiration et de refoulement	Faire passer le fluide dans un seul sens	-usure -colmatage	-Fatigue -Mauvais fonctionnement de filtre	Diminution de pression	visuel	2	2	2	6	-Changement de clapet -nettoyage ou changement de filtre
Filtre	Filtre d'huile	Pas de filtration	Filtre déchiré	Marche dégradée	auditif	3	2	1	6	Changement de filtre
Boîte alimentation	Alimentation électrique	Compresseur ne démarre pas	pas de courant	Compresseur ne marche pas	visuel	2	2	1	4	-mettre le courant -changer le circuit de commande
Joint	Eviter les fuites	Fuite externe	-usure par le temps -Mauvais positionnement	Baisse production air - arrêt	Auditif	2	2	2	8	Changement le joint

**Tableau (III.11) : Tableaux d'AMDEC**

### III.4 Conclusion

Dans ce chapitre, nous pouvons conclure que la FMD a un rôle très important dans l'industrie et en plus que ça, les méthodes de calculs des instruments de l'entreprise tel que les composants de compresseur. Ces méthodes ont permis de suivre en détail les problèmes et choisir une meilleure politique de maintenance, donc une bonne amélioration du travail.

Bien que simple, la méthode AMDEC s'accompagne d'une lourdeur certaine et la réalisation exige un travail souvent important et fastidieux.

- Néanmoins l'AMDEC fournit :
- Une autre vision du système,
- Des supports de réflexion, de décision et d'amélioration,
- Des informations à gérer au niveau des études de sûreté de fonctionnement et des actions à entreprendre.

Pour garder la fiabilité du compresseur 80% il faut intervenir chaque temps systématique 1704.24 h on cite quelques actions préventifs de compresseur.

Plan de maintenance préventive	Machine : Compresseur à vis ATLS COPCO-ZE3					
	Executant	Fréquence				
Operations		J	M	T	S	A
Vérifier le niveau d'huile du compresseur	Mécanicien	X				
Nettoyer la cartouche de filtre d'air Mécanicien	Mécanicien				X	
Remplacer la cartouche de filtre d'air	Mécanicien					X
Changer la cartouche de filtre d'huile	Mécanicien			X		
Vérifier le clapet de retour d'huile	Mécanicien					X
Contrôler le système de refroidissement	Mécanicien		X			
Vérifier le clapet d'aspiration	Mécanicien					X
<b>Date :</b>	<b>J= jour, M mensuel, T = trimestrielle, S = semestrielle- A = annuelle</b>					

### Conclusion générale

Au terme de notre étude, nous pouvons constater et conclure qu'il est très important de définir la panne et comprendre les phénomènes des défaillances et de dégradation des matériels.

Ainsi de connaître les comportements avec une étude détaillée de la Fiabilité et de la Disponibilité qui permet de choisir une meilleure politique de maintenance, ce qui donne la possibilité de réduire les temps d'arrêts, l'indisponibilité et les coûts de maintenance est tout cela pour concrétiser la meilleure organisation de maintenance.

Après avoir utilisé la loi de Pareto qui permet de choisir entre plusieurs problèmes ceux qui doivent être traités en priorité nous avons remarqué que :

Les éléments importants du compresseur et qui nécessitent des interventions à mener en priorité de ceux qui le sont moins, sont les paliers et les vis.

Après avoir étudié la fiabilité du compresseur à vis Atlas copco ZE3, nous avons trouvé la valeur du paramètre de forme supérieur à 1 ( $\beta > 1$ ), ce qui signifie que ce compresseur est en période de vieillesse.

Pour garder donc sa fiabilité à 80% il faut intervenir chaque 1704 h.

L'étude et l'analyse des modes de défaillance, leur effets et leur criticité « AMDEC » a permis de dresser un tableau indiquant les organes ayant une criticité plus élevée : les paliers et les vis, ce qui confirme le résultat obtenu par la méthode ABC.

Enfin, à travers tous ces résultats, on a pu suggérer un plan de maintenance pour le compresseur étudié, qui vise à l'amélioration des actions de maintenance préventive, dans le but de le maintenir, et de prolonger sa durée de vie.

Comme perspective, on envisage pour les travaux futurs de faire une analyse des causes- effets par la méthode ISHIKAWA, cette dernière permettra d'identifier les causes possibles des pannes selon la loi des 5 M, et d'en remédier.

## Bibliographie

- [1] **Thierry DESTOOP** Compresseurs volumétriques Ingénieur de l'École Universitaire d'Ingénieurs de Lille (EUDIL),
- [2] **ENSPM formation industrie**, technologie et fonctionnement des compresseurs 11-04-2005
- [3] **Alain Anstett**, Projet, Réalisation d'un démonstrateur manuel de compresseur scroll Co-rotatif 2012-2013
- [4] **Maamoune Saad, Lebssisse Noureddine, Thème** (Adaptation d'un nouveau système d'étanchéité (la garniture sèche) au compresseurs K201B) université Kasdi Merbah-ouargla à 2010/2011
- [5] **BENHAMEL Houssameddine, GHERRAS Yassine** - Thème (Influence des systèmes VSV (variable stator vanes) sur les performances de la turbine à gaz LM2500+) Université Abou bekr Belkaid – Tlemcen 2013-2014
- [6] **Rezgi Imane**, cour maintenance industriel univ-ouargla 2017
- [7] **A. BELHOMME**, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011
- [8] **N. Makni**, Cours de Fiabilité
- [9] **Adnane Rahmouni**, mémoire Fin d'Etudes (Etude AMDEC des machines photovoltaïques et plan de maintenance d'un compresseur) Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès - 15 Juin 2012
- [10] **Hathat Abdelkader, Deblaoui Hicham** Mémoire (Etude analytique FMD d'une turbine DR990) université Kasdi Merbah – ouargla 2014/2015
- [11] **Ladraa Aicha, Oukicha Najwa** - projet de fin d'étude (Maîtrise et Fiabilisation des compresseurs de secteur adaptation de la laverie DAOUI) Université Sidi Mohammed Ben Abdellah Fès .15-06-2015
- [12] [https://fr.wikipedia.org/wiki/Compresseur\\_m%C3%A9canique#.C3.80\\_palettes](https://fr.wikipedia.org/wiki/Compresseur_m%C3%A9canique#.C3.80_palettes)
- [13] **Brahim HERROU, Mohamed Elghorba**, L'AMDEC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à une moto compresseur d'une PME marocaine- Ecole Nationale Supérieure d'Electricité et de Mécanique, Casablanca, Morocco 2005
- [14] **Groupe GICA**, fiche de l'historique d'un compresseur à vis, Touggourt 2017
- [15] [fr.wikipedia.org/wiki/Atlas\\_Copco](http://fr.wikipedia.org/wiki/Atlas_Copco)

## Annexe 01

Tableau de loi **KOLMOGOROV-SMIRNOV**

N	Seuils critiques $D\alpha(n)$				
	$\alpha = 0.20$	$\alpha = 0.15$	$\alpha = 0.10$	$\alpha = 0.05$	$\alpha = 0.01$
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.210	0.220	0.240	0.270	0.320
30	0.190	0.200	0.220	0.240	0.290
35	0.180	0.190	0.210	0.230	0.270
>35	$1.07 / \sqrt{n}$	$1.14 / \sqrt{n}$	$1.22 / \sqrt{n}$	$1.36 / \sqrt{n}$	$1.63 / \sqrt{n}$

Annexe 02

Distribution de Weibull : valeurs des coefficients A et B en fonction du paramètre de forme

$\beta$	A	B	$\beta$	A	B	$\beta$	A	B
0,2	120	1901	1,7	0,8922	0,54	4,4	0,9146	0,235
0,25	24	199	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9125	0,23
0,3	9,2625	50,08	1,8	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,35	5,291	19,98	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,4	3,3234	10,44	1,9	0,8874	0,486	4,8	0,9116	0,218
0,45	2,4686	6,46	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,5	2	4,47	2	0,8862	0,463	5	0,9162	0,21
0,55	1,7024	3,35	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,6	1,546	2,65	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,65	1,3663	2,18	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,2
0,7	1,2638	1,85	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,75	1,1906	1,61	2,5	0,8873	0,38	5,5	0,9232	0,194
0,8	1,133	1,43	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
0,85	1,088	1,29	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,186
0,9	1,0522	1,17	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,9226	0,165
0,95	1,0234	1,08	2,9	0,8919	0,334	5,9	0,9269	0,183
1	1	1	3	0,893	0,316	6	0,9277	0,18
1,05	0,9803	0,934	3,1	0,8943	0,325	6,1	0,9266	0,177
1,1	0,9649	0,878	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,15	0,9517	0,83	3,3	0,897	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,2	0,9407	0,787	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,9331	0,17
1,25	0,99314	0,75	3,5	0,8997	0,285	6,45	0,9313	0,168
1,3	0,9236	0,716	3,6	0,9011	0,278	6,5	0,9316	0,167
1,35	0,917	0,667	3,7	0,9025	0,272	6,55	0,9321	0,166
1,4	0,9114	0,66	3,8	0,9083	0,266	6,6	0,9325	0,166
1,45	0,9067	0,635	3,9	0,9051	0,26	6,65	0,9329	0,164
1,5	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254	6,7	0,9335	0,163
1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249	6,75	0,9336	0,162
1,6	0,8966	0,574	4,2	0,9086	0,244	6,8	0,9334	0,161
1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239	6,9	0,9347	0,15



## Résumé

Dans le domaine industriel, le mode a une grande exigence de la machine soit pour le transport, la production électrique ou la transformation de matières premières et puisque le mode est dans une concurrence intense dans le domaine économique, sur tous le profile il mettre dans la considération le temps et le dommage résultant dans les entreprises.

Notre étude propos que les compresseurs sont des types intégré dans les turbomachines, ces derniers ont une grande importance dans les usines, on conséquence, ils ont besoin d'une surveillance continue de fiabilité, maintenabilité et de disponibilité pour la assurance de bonne performance.

En fin pour prouver l'intérêt de l'étude AMDEC dans l'optimisation de la maintenance on a effectué une étude de cas sur un compresseur pour évite les pannes.

## Abstract

In the industrial field, the mode has a great requirement of the machine either for the transport, the electric production or the transformation of raw materials and since the mode is in an intense competition in the economic field, on all the profile to put in the Consider the time and the damage resulting in the companies.

Our study proposes that compressors are types integrated in turbo machinery, these latter have a great importance in factories; consequently, they need a continuous monitoring of reliability, maintainability and availability for the insurance of good performance

Finally, in order to prove the interest of the AMDEC study in the optimization of the maintenance, a case study was carried out on a compressor to avoid breakdowns

**Keyword:** reliability- maintainability- maintainability-AMDEC

## ملخص

للصناعة موضع هام ودور كبير في الحفاظ على الاقتصاد من خلال النقل والإنتاج وتصنيع مواد الخام.... الخ وفي ظل المنافسة الشديدة في المجال الصناعي تعمل الشركات على تحسين وضعها من خلال تحليل وتحسين معداتها.

دراستنا هذه حول الضواغط التي تعتبر من التربينات والتي لها أهمية كبيرة في المصانع ولذلك تتطلب مراقبتها مراقبه مستمرة ومنتظمة من أجل التحسين في الموثوقية والصيانة الجيدة لضمان الأداء الأحسن من خلال قابليتها للصيانة .

وفي الأخير لطريقة AMDEC نتائج جيدة من خلال دراسة الضاغط والتي تسمح بتنبؤ وتحليل الأعطاب ومعرفة مظاهرها وكذلك حساب درجة الخطورة لهذه الاعطاب

كلمات مفتاحية : الموثوقية- قابلية الصيانة- الوفرة- AMDEC