

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

**Faculte des Sciences Appliquées
Département de Génie Mécanique**



Mémoire

MASTER ACADEMIQUE

Domaine : Sciences Techniques

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Maintenance Industrielle

Présenté par :

TOUMI ouail

AKERMI said

THEME

***Etude Analytique De La maintenance
Préventive D'une Turbine à Gaz GE10/2***

Soutenu le: 19/06/2019

Jury:

Mr. GUEBAILIA.M

Président

UKM Ouargla

Mr. KAREK.R

Encadreur

UKM Ouargla

Mr. ZIANLI

Examineur

UKM Ouargla

Année universitaire : 2018/2019



Remerciements

*En premier lieu, nous tenons à remercier **Allah**, notre
créateur qui*

*Nous a donné la force pour accomplir ce modeste
travail.*

*Ce présent mémoire de fin d'étude, n'aurait pu avoir le
jour sans*

*Contribution de nombreuses personnes, dont nous
faisons aujourd'hui*

Un plaisir et un devoir de les remercier.

Toutes nos infinies grâces,

*Monsieur **KAREK RABIE** 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.*

*Nos sincères remerciements aux enseignants du
département: Génie mécanique, un merci spécial à
Mme **Alloui.I** pour ses conseils.*

*Nos remerciements s'adressent aussi, **HASSANI.A** et
tous les travailleurs de **la station Sb1bis- Sonatrach-
Djamaa***

*Et tous ceux qui ont contribués ou de loin à l'
élaboration de ce travail*

Dédicace

Quoi que de plus que de pouvoir partager les meilleurs

Moments de ma vie avec les êtres qu'on aime.

Arrivé au terme de la fin de mes études, j'ai le grand

Plaisir de dédier ce

Modeste travail à Ceux qui méritent le plus ma

*Reconnaissance, ma gratitude et mon grand amour,
ceux qui*

M'ont apporté toujours soutien et

Bonheur dans la vie :

*Pour vous, très chère mère, pour vous respectueux
père,*

*Vous les plus chers de mon cœur, vous qui m'aviez
entouré*

De nobles sentiments

Pour vous, très chers mes frères...

*Pour la famille : **TOUMI***

Aux personnes que je n'oublierais jamais mes amis...

A tout ma promotion...2019

TOUMI OUAÏL

Dédicace

Au nom d'Allah, le Tout Miséricordieux, le Très Miséricordieux Tout d'abord je tiens à remercier le tout puissant de m'avoir donné le courage et la patience pour arriver à ce stade afin de réaliser ce travail que je dédie : A mes très chers parents : ma mère et mon père A mes chers frères lequel je souhaite son près retour et le bonheur dans sa vie

A toute la famille **AKERMI**. A tous mes amis partout et en particuliers Et sans doute,

À mes très chers amis à

L 'Université d'Ouargla

AKERMI SAID

Table des matières

Remerciements

Dédicace

Liste des figures

Liste des tableaux

Table des matières

Introduction général

1

Chapitre I : Généralité sur les turbines

I.1	Introduction.....	02
I.2	Définition d'une turbine.....	02
I.3	Différents types des turbines.....	03
I.3.1	Turbine à vapeur	03
I.3.1.1	Définition.....	03
I.3.1.2	Principe de fonctionnement	04
I.3.1.3	Avantages des turbines à vapeur.....	04
I.3.1.4	Inconvénients des turbines à vapeur.....	05
I.3.2	Turbine hydraulique	05
I.3.2.1	Définition.....	05
I.3.2.2	Principe fonctionnement de la turbine hydraulique	06
I.3.2.3	Avantages des turbines hydrauliques.....	06
I.3.2.4	Inconvénients des turbines hydrauliques	06
I.3.3	L'éolienne	07
I.3.3.1	Définition.....	07
I.3.3.2	Principe fonctionnement de L'éolienne	07
I.3.3.3	Avantages des éoliennes	07
I.3.3.4	Inconvénients des éoliennes	08
I.3.4	Turbines à gaz.....	08
I.3.4.1	Définition.....	08

Table des matières

I.3.4.2	Différents types de turbine à gaz.....	08
I.3.4.3	Principe de fonctionnement.....	09
I.3.4.4	Avantage des turbines à gaz.....	10
I.3.4.5	Inconvénients des turbines à gaz.....	10
I.4	Généralités sur la turbine GE10 /2.....	11
I.4.1	La turbine à gaz GE10 /2	11
I.4.2	Les principaux composants d'une turbine à gaz GE10/2.....	11
I.4.2.1	Section compression :(Compresseur axial).....	11
I.4.2.2	Section combustion : (chambre de combustion).....	12
I.4.2.3	Section turbine	13
I.4.2.3.1	Orientation de la machine.....	13
I.4.2.3.2	Description du fonctionnement	13
I.4.2.3.3	Fiche technique de la turbine GE10 /2	14
I.5	Conclusion	17

Chapitre II : Généralités sur la maintenance

II.1	Introduction.....	18
II .2	La maintenance.....	18
II .2.1	Définition de la maintenance.....	18
II .2.2	Les différents types de la maintenance	18
II .2.3	Les niveaux de maintenance.....	19
II.3	Analyse fonctionnelle	19
II.3.1	LE S.A.D.T. : (Analyse Descendante et liens inter –fonctionnelle)	19
II.3.2	La Bête à cornes.....	20
II.3.2.1	Définition.....	20
II.3.2.2	Matière d'œuvre	20

Table des matières

II.3.2.3	Valeur ajoutée	20
II.3.2.4	Fonction globale d'un système	21
II.3.3	Le Diagramme Pieuvre	21
II.3.3.1	Définition.....	21
II.3.3.2	Les 2 niveaux de fonctions de service	21
II.3.3.3	Caractérisation des fonctions de service.....	22
II.4	La fiabilité.....	22
II.4.1	Définition	22
II.4.2	Intérêt de l'étude de la fiabilité	22
II.4.3	Objectifs de la fiabilité	22
II.4.4	Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité.....	22
II.4.5	Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité	23
II.4.5.1	Taux de défaillance.....	23
II.4.5.2	Densité de probabilité.....	23
II.4.5.3	Fonction de répartition.....	23
II.4.5.4	Fonction de fiabilité.....	23
II.4.6	Le modèle de Weibull.....	24
II.4.6.1	Méthodes d'approximation des valeurs de la fonction de répartition.	24
II.4.6.2	La loi de Weibull	25
II.4.6.3	Détermination graphique des paramètres de la loi de Weibull	26
II.4.6.4	Méthodologie de Weibull	29
II.5	La Maintenabilité	30
II.5.1	Définition	30
II.5.2	Approche mathématique de la maintenabilité $M(t)$	31
II.6	La disponibilité.....	31
II.6.1	Définition.....	31
II.6.2	Types de disponibilité.....	31
II.6.3	La relation entre MUT, MTBF, et MTTR	32

Table des matières

II.6.4	La relation FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité)...	32
II.7	Le diagramme A.B.C (PARETO).....	32
II.7.1	Définition.....	32
II.7.2	But	32
II.7.3	Les Moyens	33
II.8	diagramme d'Ishikawa (ou Ishikawa ou Arête De Poisson).....	33
II.8.1	Définition.	33
II.8.2	But.....	34
II.8.3	Construction du diagramme	34
II.9	Analyse AMDEC.....	35
II.9.1	Définition de l'AMDEC.....	35
II.9.2	Objectif de l'AMDEC.....	35
II.9.3	Principe de l'AMDEC.....	35
II.9.4	Types de l'AMDEC.....	36
II.9.4.1	L'AMDEC organisation.....	36
II.9.4.2	L'AMDEC-Produit.....	36
II.9.4.3	L'AMDEC-Processus.....	36
II.9.4.4	L'AMDEC moyen.....	36
II.9.4.5	L'AMDEC service.....	36
II.9.4.6	L'AMDEC sécurité.....	36
II.9.5	Méthodologie d'une AMDEC.....	36
II.9.6	Les étapes de la méthode AMDEC	37
II .10	Conclusion	38

Chapitre III: partie expérimental

III.1	Introduction	39
III.2	Analyse fonctionnelle.....	39
III.2.1	La Bête à cornes.....	39

Table des matières

III.2.2	La pieuvre.....	40
III.2.3	S.A.D.T.....	40
III.3	L'application Pratique des méthodes d'analyse.....	41
III.3.1	Etude FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité).....	42
III.3.1.1	calcul les paramètres de Wei bull.....	42
III.3.1.2	Test (Kolmogorov Smirnov).....	43
III.3.1.3	Exploitation les paramètres de WEIBULL.....	44
III.3.1.3.1	Le MTBF.....	44
III.3.1.3.2	La densité de probabilité en fonction de MTBF.....	44
III.3.1.3.3	La fonction de répartition en fonction de MTBF.....	44
III.3.1.3.4	La fiabilité en fonction de MTBF.....	44
III.3.1.3.5	Le taux de défaillance en fonction de MTBF.....	44
III.3.1.3.6	Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique.....	44
III.3.1.4	Étude de modèle de Wei bull.....	45
III.3.1.4.1	La fonction de la densité de probabilité.....	45
III.3.1.4.1.1	Courbe de la densité de la probabilité $f(t)$	45
III.3.1.4.1.2	Analyse de la courbe.....	45
III.3.1.4.2	Fonction de répartition $F(t)$	46
III.3.1.4.2.1	Courbe fonction de répartition $F(t)$	46
III.3.1.4.2.2	Analyse de la courbe.....	46
III.3.1.4.3	La fiabilité.....	47
III.3.1.4.3.1	Courbe fonction de la fiabilité.....	47
III.3.1.4.3.2	Analyse de la courbe.....	47
III.3.1.4.4	Le taux de défaillance.....	48
III.3.1.4.4.1	Courbe fonction du taux de défaillance.....	48
III.3.1.4.4.2	Analyse de la courbe.....	48
III.3.1.4.5	Calcul la Maintenabilité de la turbine.....	49
III.3.1.4.5.1	Courbe de la fonction de Maintenabilité.....	49

Table des matières

III.3.1.4.5.2	Analyse de la courbe.....	49
III.3.1.4.6	Calcul la disponibilité de la turbine.....	50
III.3.1.4.6.1	Disponibilité intrinsèque au asymptotique.....	50
III.3.1.4.6.2	Disponibilité instantané.....	50
III.3.1.4.6.2.1	Courbe fonction de la disponibilité.....	50
III.3.1.4.6.2.2	Analyse de la courbe.....	50
III.4	Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto)».....	51
III.4.1	La courbe d'analyse ABC.....	51
III.5	Diagramme causes-effet : (les causes qui augmente les temps d'arrêt).....	52
III.5.1	Analyse d'intervention démontage et inspection les paliers.....	52
III.5.2	Analyse d'intervention révision générale sur turbine à gaz	52
III.5.3	Tableau « causes-remèdes »	53
III.6	Etude AMDEC.....	54
III.6.1	Calcul la criticité.....	54
III.6.2	Tableau d'AMDEC.....	56
III.6.3	résultats de l'analyse AMDEC	56
III.6.4	Conclusion	57
	Conclusion général	58

Liste des figures

Figures chapitre I

Figure I.01	Une turbine	02
Figure I.02	Différents types des turbines	03
Figure I.03	Turbine à vapeur	03
Figure I.04	Schéma de principe de fonctionnement d'une turbine à vapeur	04
Figure I.05	Turbine hydraulique et générateur électrique, vue en Coupe.	05
Figure I.06	Principe de fonctionnement des centrales hydroélectriques	06
Figure I.07	L'éolienne	07
Figure I.08	Turbine à gaz	08
Figure I.09	Schéma d'une turbine à un seul arbre.	08
Figure I.10	Schéma d'une turbine à deux arbres.	09
Figure I.11	principe fonctionnement d'une turbine à gaz	10
Figure I.12	Compresseur axial	12
Figure I.13	Ensemble chambre de combustion	13
Figure I.14	La turbine GE10/2	15

Figures chapitre II

Figure II.01	Organigramme de la maintenance.	18
Figure II.02	S.A.D.T	19
Figure II.03	La Bête à cornes	20
Figure II.04	La Pieuvre	21
Figure II.05	Courbe en baignoire	23
Figure II.06	la densité	25
Figure II.07	la densité	26
Figure II.08	Schématisation des axes	26
Figure II.09	Papier de Weibull	27

Liste des figures

Figure II.10	Courbe théorique (Taux de défaillance)	27
Figure II.11	Courbe théorique (densité de probabilité $f(t)$)	28
Figure II.12	Courbe théorique (fonction de répartition)	28
Figure II.13	Courbe théorique (Fiabilité)	29
Figure II.14	Méthodologie de Weibull	30
Figure II.15	schématise les états successifs	31
Figure II.16	la relation FMD	32
Figure II.17	Courbe A.B.C	33
Figure II.18	Diagramme de causes-effet	33
Figure II.19	la démarche AMDEC	37

Figures chapitre III

Figure III .01	La Bête à cornes	39
Figure III. 02	La Pieuvre	40
Figure III. 03	analyse descendante et liens inter-fonctionnelle	40
Figure III. 04	papier de Wei Bull. en logiciel minitab16	42
Figure III. 05	Courbe de la densité de la probabilité. en logiciel matlab	45
Figure III .06	Courbe fonction de répartition. en logiciel matlab	46
Figure III. 07	Courbe fonction de la fiabilité. en logiciel matlab	47
Figure III. 08	Courbe fonction du taux de défaillance. en logiciel matlab	48
Figure III. 09	Courbe de la fonction de Maintenabilité. en logiciel matlab	49
Figure III. 10	Courbe fonction de la disponibilité. en logiciel matlab	50
Figure III .11	La courbe d'analyse ABC. en logiciel matlab	51
Figure III.12	Analyse d'intervention démontage et inspection les paliers	52
Figure III.13	Analyse d'intervention révision générale sur turbine à gaz	52

Liste des tableaux

Tableaux chapitre I

Tableau I.01	Fiche technique de la turbine GE10 /2	14
Tableau I.02	les données d'une turbine à gaz GE10/2	16

Tableaux chapitre III

Tableau III.01	Fonctions et leurs significations	30
Tableau III.02	Dossier historique de la turbine GE10/2	41
Tableau III.03	calcul la Fonction de réparation réelle	42
Tableau III.04	test de Kolmogorov-Smirnov	43
Tableau III.05	Calcul la fonction de la densité de probabilité	45
Tableau III.06	Calcul la Fonction de répartition F(t)	45
Tableau III.07	Calcul de la fiabilité	47
Tableau III.08	Calcul le taux de défaillance	48
Tableau III.09	Calcul La maintenabilité de la turbine	49
Tableau III.10	Calcul la disponibilité instantané	50
Tableau III.11	calcul l'analyse ABC (Pareto)	51
Tableau III.12	causes-remèdes	53
Tableau III.13	les indices de défaillance	54
Tableau III.14	indice de criticité C	54
Tableau III.15	Tableau d'AMDEC	56

Notations utilisées

Notations utilisées

- **Notations de temps**

TTR : Temps de réparation.

TBF : Temps de bon fonctionnement.

MUT : Mean Up Time, la moyenne du temps de fonctionnement.

MDT : Mean down time, moyenne des temps d'arrêts.

MTBF : Mean time between Failure, moyenne des temps de bon fonctionnement.

MTTF : Mean Time To Faillure, la moyenne des temps jusqu'à la panne.

MTTR : Mean time to Repair, moyenne des temps techniques de réparation.

- **Notations de loi de weibull**

R(t) : Fonction de fiabilité

F(t) : Fonction de défaillances

f(t) : Densité de probabilité

$\lambda(t)$: Taux de défaillance

μ : temps de réparation

- **Notations de loi de fiabilité**

F : Fiabilité

M : Maintenabilité

D : Disponibilité

- **Notations de paramètre de weibull**

β : Paramètre de forme

γ : Paramètre de position

η : Paramètre d'échelle

- **Notations d'analyse fonctionnelle**

SADT : (Structure Analyses Design Technique)

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

Introduction général

La turbine à gaz a connu ces dernières années un développement considérable dans de nombreuses applications industrielles, et en particulier dans le domaine du transport du pétrole, où conçue avec deux lignes d'arbres et accouplée à une pompe centrifuge, elle offre une grande souplesse d'exploitation. L'évolution de la machine et son succès ont été conditionnés par l'amélioration des performances techniques des turbines.

La maintenance des biens de production repose en grande partie sur l'état des mécanismes nécessaires au fonctionnement, personne n'ignore l'importance d'un entretien régulier pour la disponibilité des machines, mais lorsqu'il s'agit d'assurer la sécurité des biens, des personnes et de l'environnement, l'entretien s'avère notoirement insuffisant et nécessite des approches plus fines développées dans les stratégies de maintenance.

La maintenance optimale des machines tournantes en fonctionnement a une importance vitale pour assurer une production permanente et augmenter la durée de vie de ces machines.

Le but de ce travail est de connaître des généralités sur les turbines en particulier la turbine GE10/2, et d'étudier et d'appliquer certaines méthodes de maintenance.

Notre mémoire est structurée en trois chapitres, suivis d'une conclusion générale.

-Dans le premier chapitre on a présenté la théorie de la turbine en générale, on a entamé une étude de la turbine à gaz GE10/2

-Le deuxième chapitre est réservé à l'étude théorique sur l'analyse fonctionnelle et l'AMDEC et quelque diagramme (Pareto, Ishikawa) et des concepts FMD en maintenance, après avoir rappelé quelques notions et généralités sur la maintenance.

- Enfin, le troisième chapitre expose l'application analytique de la maintenance préventive sur notre turbine (turbine GE10/2).

Chapitre I :

Généralités

Sur

La turbine

I.1 Introduction :

La turbine est devenue de nos jours très employée dans notre civilisation industrielle, elle trouve trois principaux domaines d'applications : elle est d'abord très répandue dans le domaine de la motorisation, en particulier la motorisation des avions (turboréacteur) ; elle est également utilisée dans la production d'électricité (centrales électriques) ; et elle joue le rôle primordiale dans l'exploitation de pétrole et de gaz naturel. [1]

Dans ce chapitre, on va présenter les différents types des turbines, leur principe de fonctionnement, leurs avantages et leurs inconvénients. La turbine étudiée dans cette thèse sera présentée par la suite, on s'intéressera à son fonctionnement, aux différents composants qui la constituent, et une fiche technique sera donnée en dernier.

I.2 Définition d'une turbine :

Une turbine est un dispositif rotatif destiné à utiliser l'énergie cinétique d'un fluide liquide comme l'eau ou d'un gaz (vapeur, air, gaz de combustion), pour faire tourner un arbre solide des pales de la turbine.

L'énergie du fluide est partiellement convertie en énergie mécanique pour entraîner un alternateur, une pompe ou tout autre récepteur mécanique rotatif. [2]

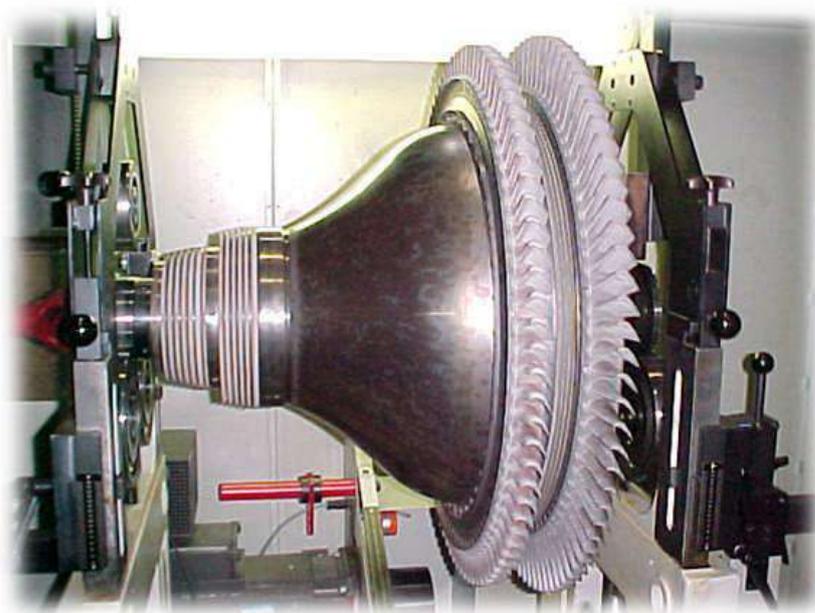


Figure I-1 : Une turbine

I.3 Différents types des turbines :

On peut diviser les turbines en quatre catégories principales :

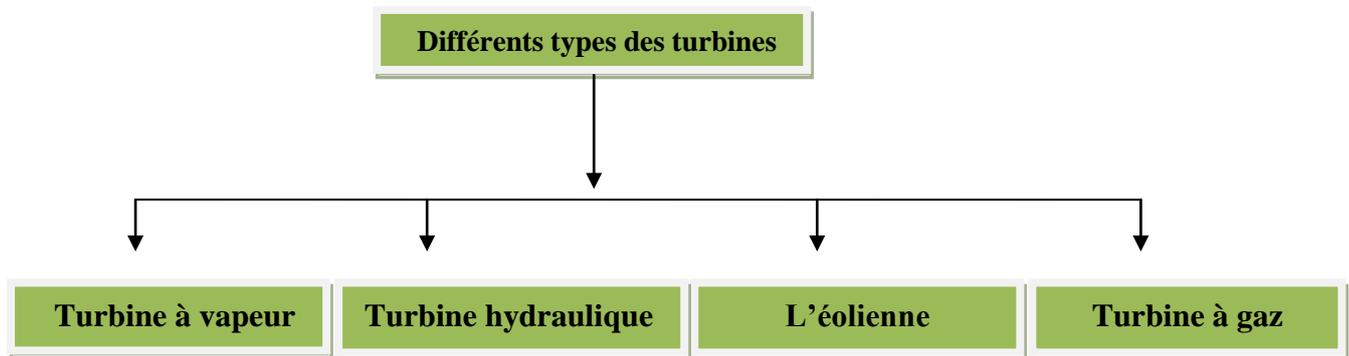


Figure I-2 Différents types des turbines

I.3.1 Turbine à vapeur :

I.3.1.1 Définition :

La turbine à vapeur est une machine tournante qui extrait l'énergie thermique de la vapeur et l'utilise pour produire un travail mécanique de rotation de l'arbre de sortie. [3]



Figure I-3 : turbine à vapeur

I.3.1.2 Principe de fonctionnement :

La turbine est composée d'un stator et d'un rotor. La vapeur admise dans la turbine par la vanne d'admission est détendue dans la tuyère ou sur une rangée de tuyères en parallèle (appelée distributeur ou aubages fixes et dont leurs fonction est d'assurer tout ou partie de la détente et de modifier la direction de l'écoulement sortant de l'étage précédent), avec une température élevée (jusqu'à 680°C pour certaines machines) et une pression élevée (jusqu'à 250 bars pour les plus "grosses" turbines). A la sortie de la tuyère la vapeur est animée d'une très grande vitesse. Elle vient alors frapper les ailettes d'une roue qu'elle entraine en rotation en lui cédant une partie de l'énergie thermique qu'elle possède au rotor et donc baisser en pression et en température. Donc à la sortie de la dernière roue, on aura la pression et la température la plus basse. Et plus elles seront basses et plus le rotor aura récupéré l'énergie mécanique nécessaire pour faire tourner l'équipement qui lui est accouplé. [3]

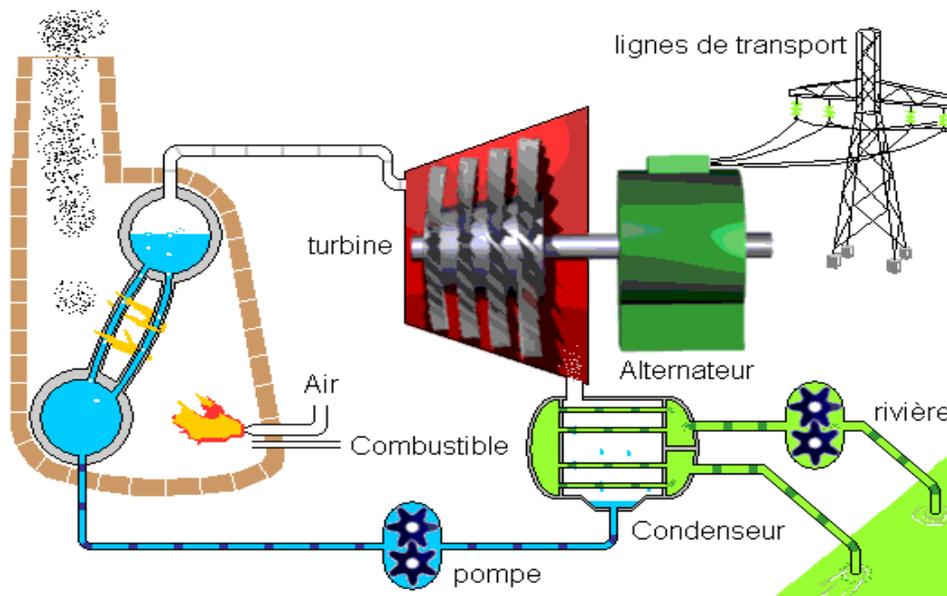


Figure I-4 : Schéma de principe de fonctionnement d'une turbine à vapeur

I.3.1.3 Avantages des turbines à vapeur :

- ✓ Rendement élevé
- ✓ Performances constantes et durables
- ✓ Durée de vie espérée de 35 à 50 ans
- ✓ Disponibilité élevée
- ✓ Autres produits Siemens de haute technicité disponibles (source unique)
- ✓ Conception éprouvée
- ✓ Consommation de vapeur garantie avec tolérance de fabrication nulle. [4]

I.3.1.4 Inconvénients des turbines à vapeur :

Les turbines à vapeur présentent les désavantages suivants :

- ✓ Nécessité d'un raccord permanent à une source de vapeur fiable.
- ✓ Nécessité d'une vapeur de très haute qualité et du contrôle de la qualité de l'eau d'alimentation.
- ✓ Possibilité d'endommager les équipements lorsque la vapeur transporte des impuretés (compris de l'eau) et méthodes de démarrage du système particulières. [5]

I.3.2 Turbine hydraulique :

I.3.2.1 Définition :

C'est une machine tournante qui produit une énergie mécanique à partir d'eau en mouvement (cours d'eau ou marée) ou potentiellement en mouvement (barrage). Elle constitue le composant essentiel des centrales hydroélectriques destinées à produire de l'électricité à partir d'un flux d'eau. Elle a été inventée par Benoît Fourneyron en 1832, qui installa sa première machine à Pont-sur l'Ognon. [6]

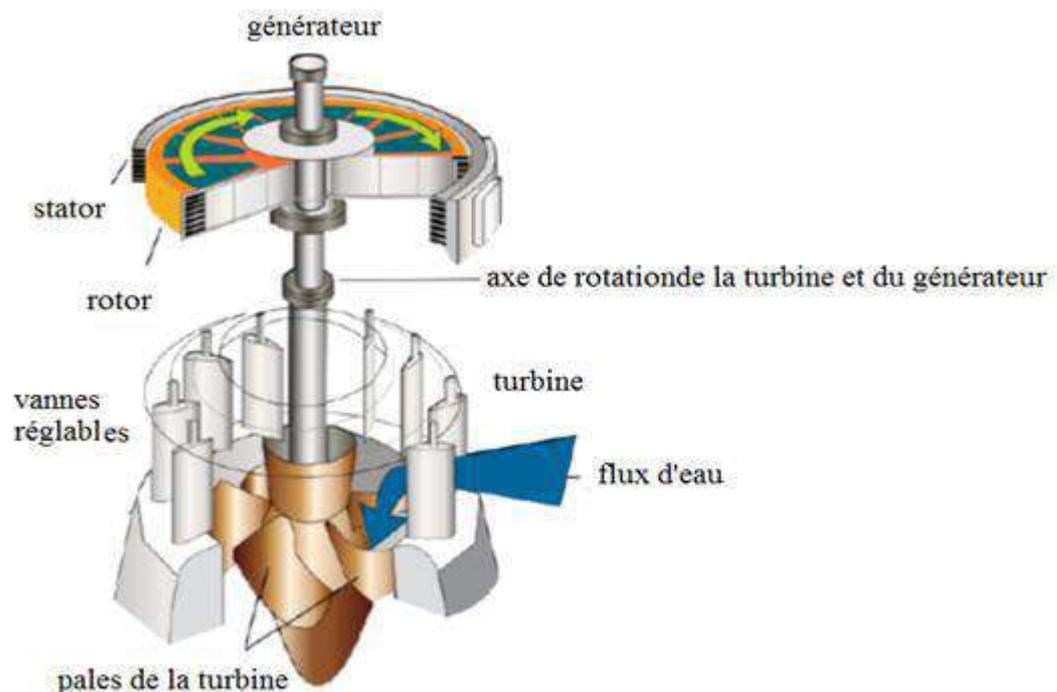


Figure I-5 : Turbine hydraulique et générateur électrique, vue en Coupe.

I.3.2.2 Principe fonctionnement de la turbine hydraulique :

L'eau accumulée dans les barrages ou dérivées par les prises d'eau, constitue une énergie potentielle disponible pour entraîner en rotation la turbine d'une génératrice.

L'énergie hydraulique se transforme alors en énergie mécanique.

Cette turbine accouplée mécaniquement à un alternateur l'entraîne en rotation afin de convertir l'énergie mécanique en Énergie électrique.

La puissance disponible résulte de la conjonction de deux facteurs :

- hauteur de la chute d'eau,
- débit de la chute d'eau. [7]

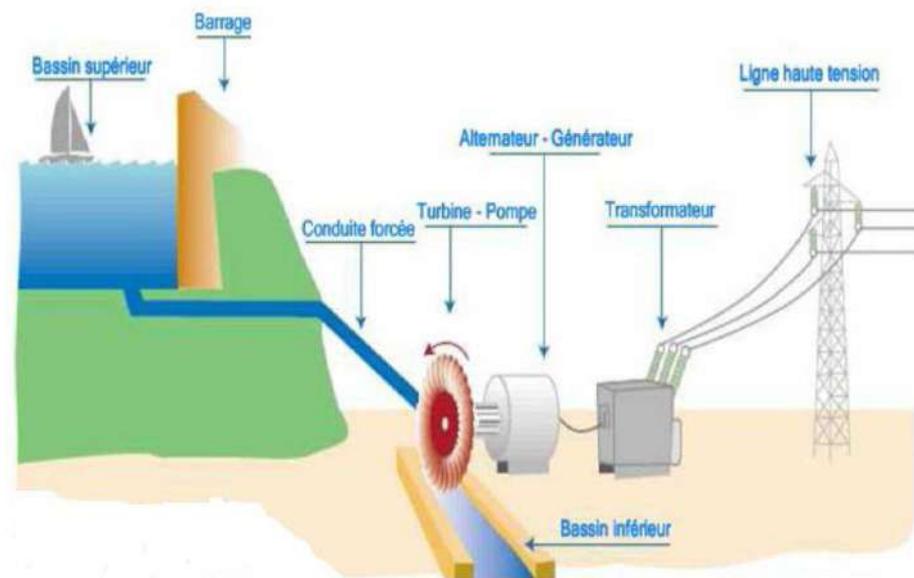


Figure I-6 : Principe de fonctionnement des centrales hydroélectriques

I.3.2.3 Avantages des turbines hydrauliques :

- Haute efficacité mécanique.
- Bon contrôle de l'inclinaison des aubes.

I.3.2.4 Inconvénients des turbines hydrauliques :

- Égratignures et fissures des aubes dues aux solides en suspension dans l'eau.
- La corrosion avec le temps.

I.3.3 L'éolienne :

I.3.3.1 Définition :

Une éolienne est un dispositif qui transforme l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique, laquelle est ensuite le plus souvent transformée en énergie électrique. Les éoliennes produisant de l'électricité sont appelées aérogénérateurs, tandis que les éoliennes qui pompent directement de l'eau sont parfois dénommées éoliennes de pompage ou pompe à vent. [8]

I.3.3.2 Principe fonctionnement de L'éolienne :

Les éoliennes fonctionnent sur le même principe que les moulins. Le vent fait tourner les pales (les bras) placées au sommet d'un mât. Ce mouvement entraîne la rotation d'un axe central (le rotor) relié à un générateur. L'énergie mécanique du vent est ainsi transformée en électricité. [8]

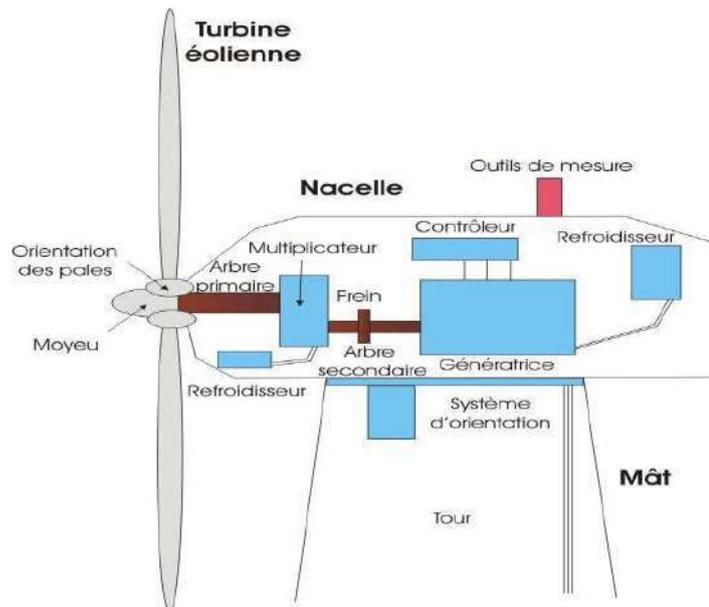


Figure I-7 :L'éolienne

I.3.3.3 Avantages des éoliennes :

- Énergie renouvelable.
- Disponible toute l'année.
- Installation démontable.
- Sans déchet et sans risque majeur.
- Technologie bien maîtrisée. [8]

I.3.3.4 Inconvénients des éoliennes:

- Impact sur le paysage.
- Fonctionne seulement si le vent souffle.
- Installation à durée de vie limitée (20-30 ans).
- Rendement moyen (20-60%). [8]

I.3.4 Turbines à gaz :

I.3.4.1 Définition :

La turbine à gaz est un dispositif rotatif, elle utilise un écoulement gazeux à partir d'une combustion de carburant pour produire de l'énergie mécanique.

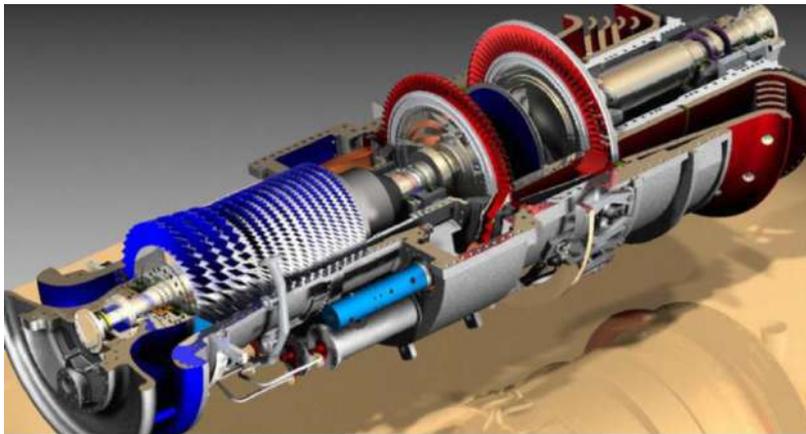


Figure I-8 : Turbine à gaz

I.3.4.2 Différents types de turbine à gaz :

Une turbine à gaz peut comporter une ou deux lignes d'arbre pour l'ensemble des éléments tournants :

a-Turbine à une ligne d'arbre :

Le système est entraîné d'abord par un moteur jusqu'à une certaine vitesse, ensuite c'est la turbine HP qui continue l'entraînement de l'ensemble des éléments. [3]

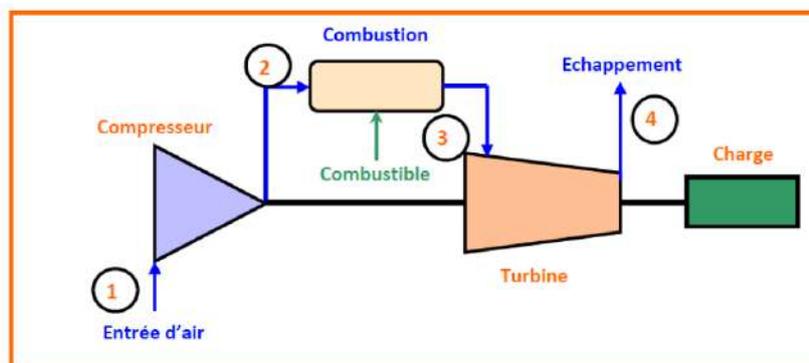


Figure I-9 : Schéma d'une turbine à un seul arbre.

b-Turbine à deux lignes d'arbre :

Comme pour une ligne d'arbre, il est rajouté une turbine BP en bout d'arbre séparé mécaniquement.

La conception à deux lignes d'arbres représente le maximum de souplesse et, est retenue pour les applications de grandes puissances. [1]

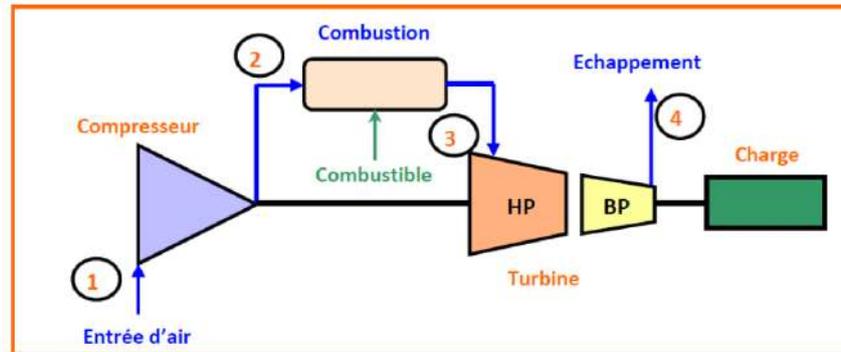


Figure I-10 : Schéma d'une turbine à deux arbres.

I.3.4.3 Principe de fonctionnement :

Une turbine à gaz fonctionne de la façon suivante :

- Elle extrait de l'air du milieu environnant.
- Elle le comprime à une pression plus élevée.
- Elle augmente le niveau d'énergie de l'air comprimé en ajoutant et en brûlant le combustible dans une chambre de combustion.
- Elle achemine l'air à pression et à température élevées vers la section de la turbine, qui convertit l'énergie thermique en énergie mécanique pour faire tourner l'arbre ; ceci sert, d'un côté, à fournir l'énergie utile à la machine conduite, couplée avec la machine au moyen d'un accouplement et, de l'autre côté à fournir l'énergie nécessaire pour la compression de l'air, qui a lieu dans un compresseur relié directement à la section turbine.
- Elle décharge à l'atmosphère les gaz d'échappement à basse pression et température résultant de la transformation mentionnée ci-dessus.

La figure, montre les variations de pression et de température dans les différentes sections de la machine correspondant aux phases de fonctionnement mentionnées ci-dessus. [1]

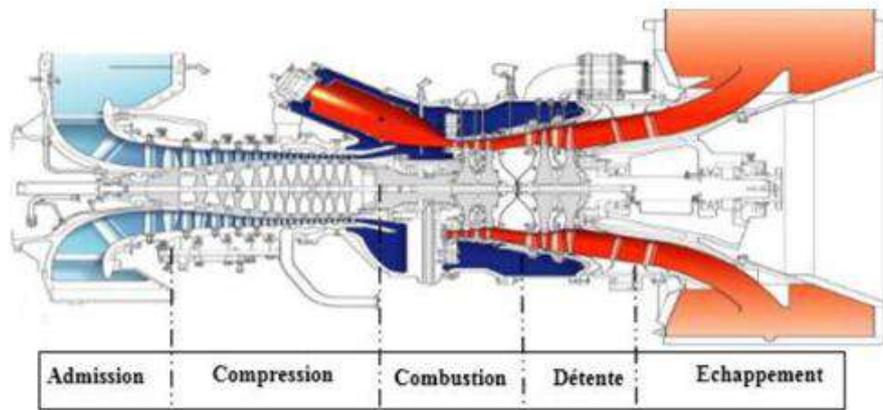


Figure I-11 : principe fonctionnement d'une turbine à gaz

I.3.4.4 Avantage des turbines à gaz :

La turbine à gaz représente des avantages remarquables :

- Simplicité d'installation.
- Génération simultanée d'électricité et de chaleur utilisable soit directement, soit indirectement dans les procédés industriels.
- Possibilité de fonctionnement avec différents combustibles.
- Grande sécurité de fonctionnement.
- Entretien facile.
- Marche régulière.
- valeur d'émission favorable sans équipement. [9]

I.3.4.5 Inconvénients des turbines à gaz :

- Mauvais rendement : moins de 30% de l'énergie calorifique contenue dans le carburant est transformée en énergie mécanique.
- Faibles pressions de travail.
- Régimes souvent beaucoup trop élevés.
- Coût de fabrication élevé.
- Importante consommation de carburant.
- Mal adaptée aux faibles puissances.
- Bruyante par la vitesse des gaz.
- Nécessite des réducteurs coûteux. [9]

I.4 Généralités sur la turbine à gaz GE10 /2 :

La turbine à gaz GE10 /2 située à La station de pompage SP1 bis de Djamaa Wilaya d'El Oued (lieu de notre Stage) est gérée par l'activité Transport par Canalisation, Région de Transport Centre de Bejaia, de la société SONATRACH.

La turbine à gaz de cette station est conçue pour donner de l'énergie mécanique rotative à la pompe afin d'augmenter le pouvoir de pompage du pétrole brut. [10]

I.4.1 La turbine à gaz GE10 /2 :

La turbine à gaz GE10/2 est une machine tournante, elle prend et comprime l'air atmosphérique dans son propre compresseur, augmente la puissance énergétique de l'air dans sa chambre de combustion et convertit cette puissance en énergie mécanique utile pendant les processus de détente qui a lieu dans la section turbine .l'énergie mécanique qui en résulte est transmise par l'intermédiaire d'un accouplement à une machine réceptrice, qui produit la puissance utile pour le processus industrie . [10]

I.4.2 Les principaux composants d'une turbine à gaz GE10/2**I.4.2.1 -Section compression :(Compresseur axial)**

L'ensemble des aubages statoriques et rotoriques et des caisses d'admission et d'échappement du compresseur constituent le compresseur axial de la turbine

Les aubes statoriques, installées dans la caisse d'admission de l'air et dans la caisse de décharge du compresseur, comprennent douze étages au total.

Les trois premiers étages se composent d'aubes variables. Les aubages rotoriques se composent de onze étages.

La compression de l'air se produit à travers une série d'ouvertures dans des chambres annulaires dont les sections, déterminées par les dimensions des aubages rotoriques et statoriques, décroissent au fur et à mesure qu'augmente le numéro progressif des étages.

Les performances sont caractérisées par un rapport élevé de compression et par un rendement quasiment constant dans la plage de débits d'air compris entre 70 e 100%. [10]

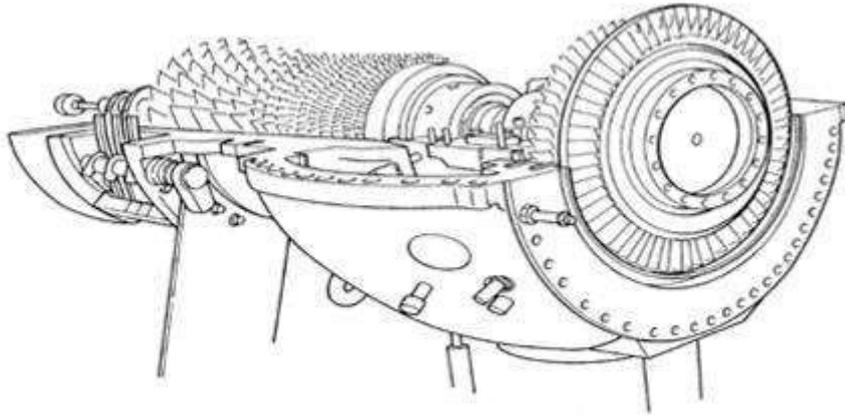


Figure I-12 : Compresseur axial

I.4.2.2 -Section combustion : (chambre de combustion)

La chambre de combustion est bridée sur la caisse turbine haute pression.

Elle comprend : l'enveloppe externe, le brûleur, la chemise dans laquelle a lieu la combustion, et la bougie d'allumage. [10]

La chemise est, d'un côté, supportée par l'enveloppe externe et, de l'autre, fixée à la pièce de transition qui dirige les gaz produits par la combustion sur les directrices du 1er étage.

L'air qui provient du refoulement du compresseur axial pénètre dans l'espace annulaire délimité par l'enveloppe externe et la chemise. Son écoulement est opposé à celui des gaz qui parcourent la chemise et la pièce de transition des gaz. [10]

La totalité de l'air est utilisée pour assurer les trois fonctions fondamentales suivantes :

-Air de combustion (air primaire) :

Cet air, introduit par les orifices du générateur de tourbillonnement et par les orifices primaires de combustion, contribue à réaliser le rapport air/combustible approprié et la turbulence requise pour assurer la stabilité de la flamme. [10]

-Air de dilution (air secondaire) :

Cet air, introduit en aval de la zone primaire de combustion, abaisse la température de la flamme en la ramenant à des valeurs compatibles avec la durée de vie des pièces frappées par les gaz. [10]

-Air de refroidissement :

Cet air lèche l'extérieur et l'intérieur de la paroi de la chemise. Il forme une pellicule continue d'air qui permet de maintenir la température du métal à des valeurs acceptables. [10]

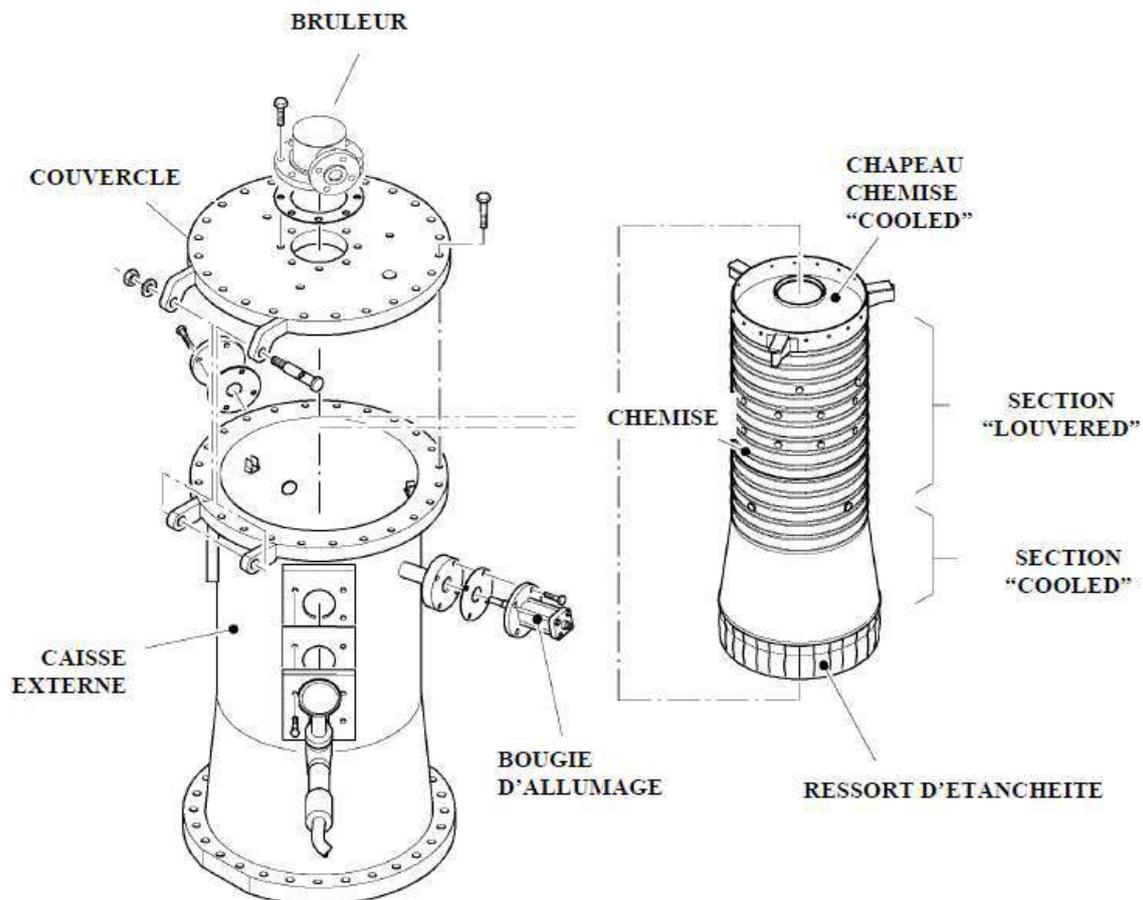


Figure I-13 : Ensemble chambre de combustion

I.4.2.3 -Section turbine :

La turbine gaz GE10/2 à deux arbres, de type industriel, répondant aux critères des machines "à haut rendement" de deuxième génération. [10]

I.4.2.3.1 Orientation de la machine :

En règle générale, tous les éléments de la machine sont identifiés par rapport à la direction d'écoulement des gaz qui, du diffuseur d'admission, "parcourent" axialement toute la turbine, jusqu'à la bride du diffuseur d'échappement. [10]

I.4.2.3.2 Description du fonctionnement :

L'air aspiré passe au travers des 11 étages rotoriques du compresseur axial où il est comprimé et dirigé vers la chambre de combustion. C'est ici qu'en se mélangeant au combustible dans les proportions voulues, l'air se transforme en fluide moteur qui se détend au travers des quatre étages de la turbine, transformant ainsi son énergie thermique en travail mécanique.

Après s'être détendus, les gaz sont dirigés dans la caisse d'échappement et, en fonction du type d'installation, il est possible ou impossible de récupérer leur énergie thermique

résiduelle au moyen des chaudières de récupération de la chaleur (production de vapeur) ou des cycles de régénération. [10]

La compression de l'air s'effectue dans les deux premiers étages de la turbine et dans le compresseur axial qui ensemble constituent, pour les machines bi-arbre, le module rotorique de Haute Pression, qui est séparé mécaniquement du module rotorique de Basse Pression ou "arbre de puissance". [10]

I.4.2.3.3 Fiche technique de la turbine GE10 /2 :

-MODELE	GE10/2
- PUISSANCE FOURNIE A REGIME NORMAL (ISO cond.)	1.982 KW
❖ COMPRESSEUR AXIAL	
- NOMBRE D'ETAGES	11
VITESSE DE ROTATION	11220 tr/min
❖ SECTION TURBINE	
- NOMBRE D'ETAGES	4
- VITESSE ROTOR	8295 tr/min
- TEMPERATURE ADMISSION AIR	MIN. -5 °C –MAX. 45 °C
- COMBUSTIBLE	GAZ
-SYSTEME DE LANCEMENT	Turbine de lancement
- SYSTEME DE COMMANDE	MKVI
- ROTATION ARBRE	Dans le sens contraire des aiguilles d'une montre, en regardant la turbine de l'aspiration vers l'échappement.

Tableau I.1. : Fiche technique de la turbine GE10 /2

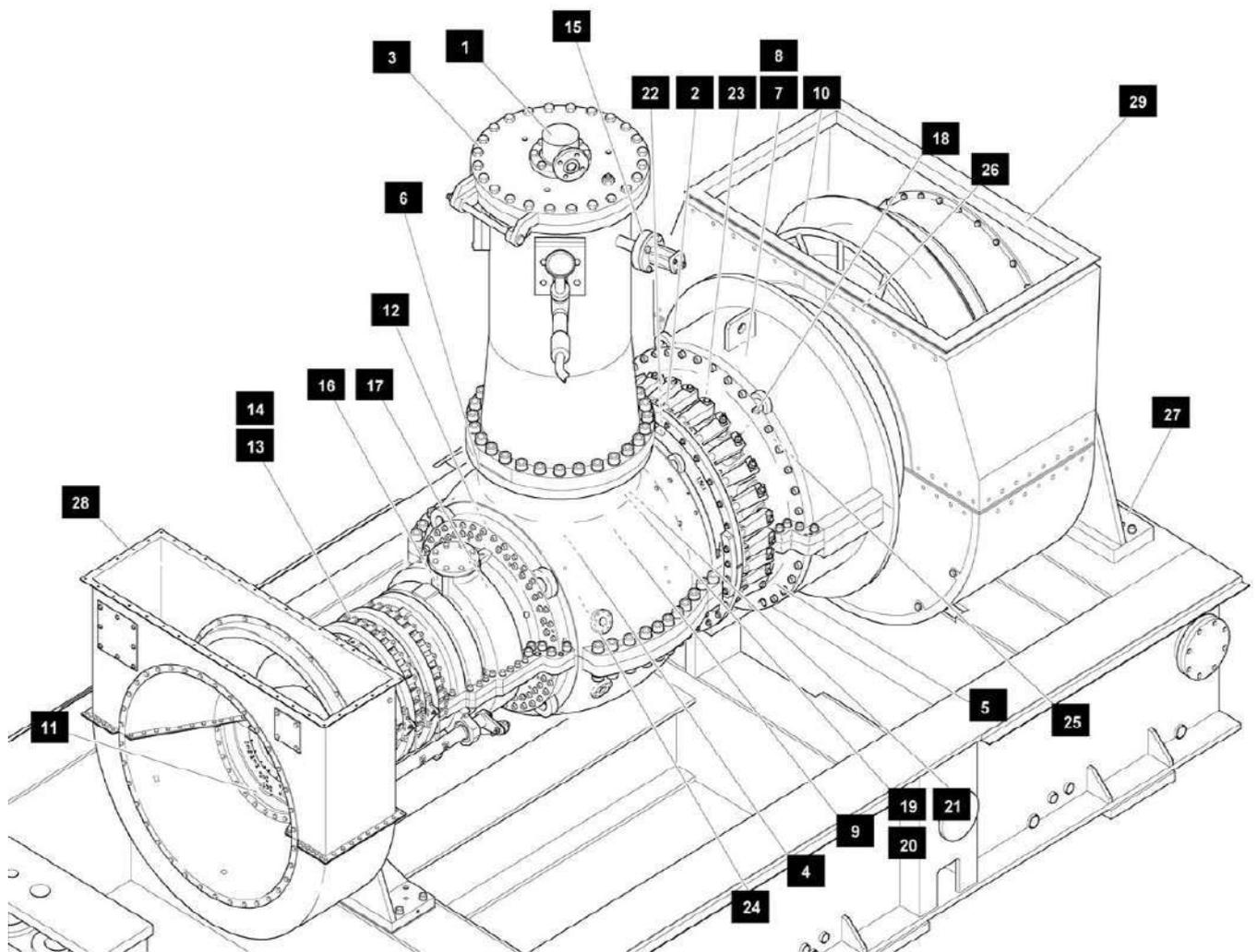


Figure I-14 : La turbine GE10/2

Description	Position
Bruleur	1
Commande directrices de 3 ^{ème} étage	2
Chambre de combustion	3
Pièce de transition	4
Caisse turbine BP (bas pression)	5
Caisse turbine HP (haut pression)	6
Caisse d'échappement turbine	7
Caisse d'échappement turbine	8
Bague de supp. directrice groupe convoyeur de gaz	9
Diffuseur externe et protection de fermeture	10
Caisse entrée air et palier n°-1 et caisse compresseur	11
Caisse d'échappement compresseur	12
Aménagement des IGV (aubes variables)	13
Actionneur IGV (aubes variables)	14
Bougie d'allumage	15
Aubes statoriques	16
Rotor turbine BP (bas pression)	17
Rotor turbine HP (haut pression)	18
Directrices de 1 ^{er} étage	19
Bague de supporte directrices de 1 ^{er} étage	20
Directrices de 1 ^{ème} étage	21
Directrices de 1 ^{er} étage BP (bas pression)	22
Directrices de 1 ^{ème} étage HP (haut pression)	23
Caisse palier n°-2	24
Palier n°-3	25
Caisse palier n°-4	26
Boulonnerie et goupilles	27
Diffuseur entrée air	28
Diffuseur d'échappement	29

Tableau I-2 : les données d'une turbine à gaz GE10/2

I.5 Conclusion :

Les turbines à gaz jouent un rôle important dans les systèmes de production de puissance de l'entreprise. Ces machines connaissent un développement remarquable justifié par leur fiabilité et simplicité d'exploitation.

Bien que de nombreux avantages de ces équipements, leur haute sensibilité à l'influence de variation des paramètres de fonctionnement de l'usine et des paramètres de l'environnement fait que le rendement de ces machines se trouve affecté, et peuvent provoquer des pannes inattendues, voir même augmenter la séquence et la diversité des pannes.

Cela nous mène à consacrer le chapitre II pour l'étude de la fonction maintenance. [1]

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. [11]

Dans ce chapitre, nous allons tout d’abord rappeler quelques notions et généralités sur la maintenance; définition et type de maintenance. Nous présenterons en suite une étude théorique sur l’analyse fonctionnelle, le concept FMD, la méthode (ABC), diagramme Ishikawa enfin étude l’AMDEC.

II .2 La maintenance

II .2.1 Définition de la maintenance :(norme NF EN 13306)

La maintenance est l'ensemble de toutes les 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 Les différents types de la maintenance :

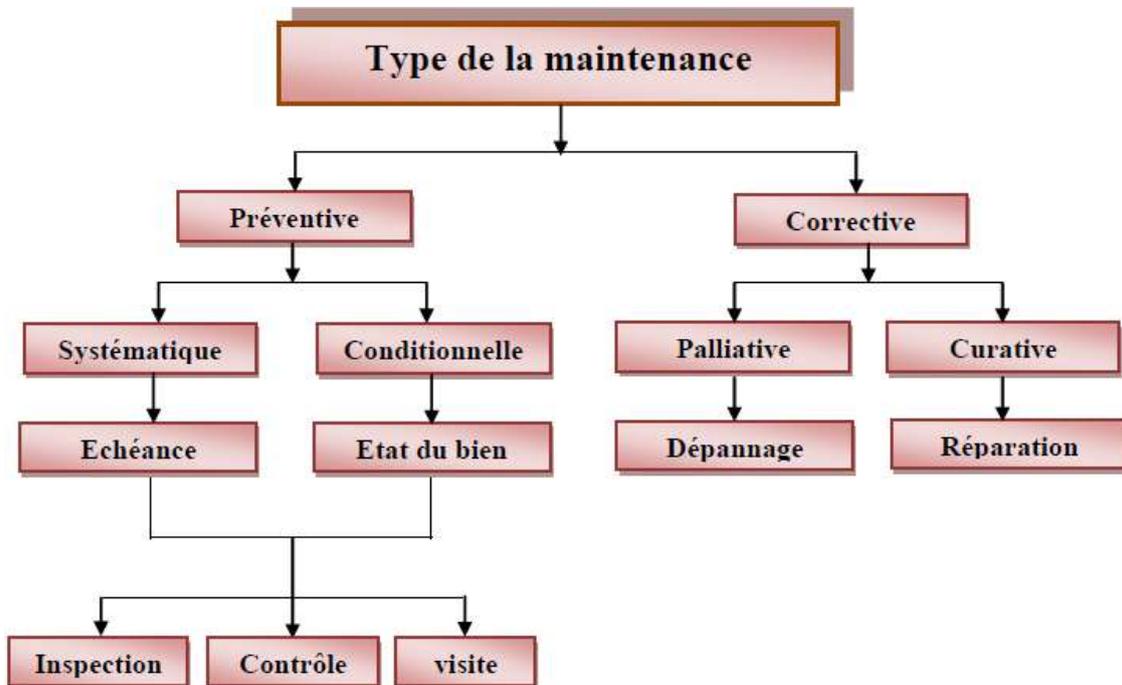


Figure II .1 : Organigramme de la maintenance.

II.2.3 Les niveaux de maintenance :

Pour faciliter principalement la gestion des personnels affectés à la maintenance, on définit :

- **niveau 1** : réglages simples sans démontage, rondes et surveillance pendant la marche.
- **niveau 2** : dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet et opérations mineures.
- **niveau 3** : identification et diagnostic de pannes, réparation ou remplacement d'éléments fonctionnels.
- **Niveau 4** : travaux de maintenance corrective ou préventive nécessitant des démontages importants.
- **niveau 5** : rénovation, reconstruction, modifications importantes faisant appel à une main d'œuvre qualifiée. [2]

II.3 Analyse fonctionnelle:

II.3.1 LE S.A.D.T. : (Analyse Descendante et liens inter –fonctionnelle)

Technique structurée d'analyse et de modélisation des systèmes (Structured Analysis Design Technic) [14]

Une fonction est représentée par une « boîte » ou « module » SADT.

Une boîte SADT est située dans son contexte avec les autres boîtes ou modules, par l'intermédiaire de flèches de relation. Ces flèches symbolisent les contraintes de liaisons entre boîtes. Elles ne font pas office de commande ou de séquence ment au sens strict [12]

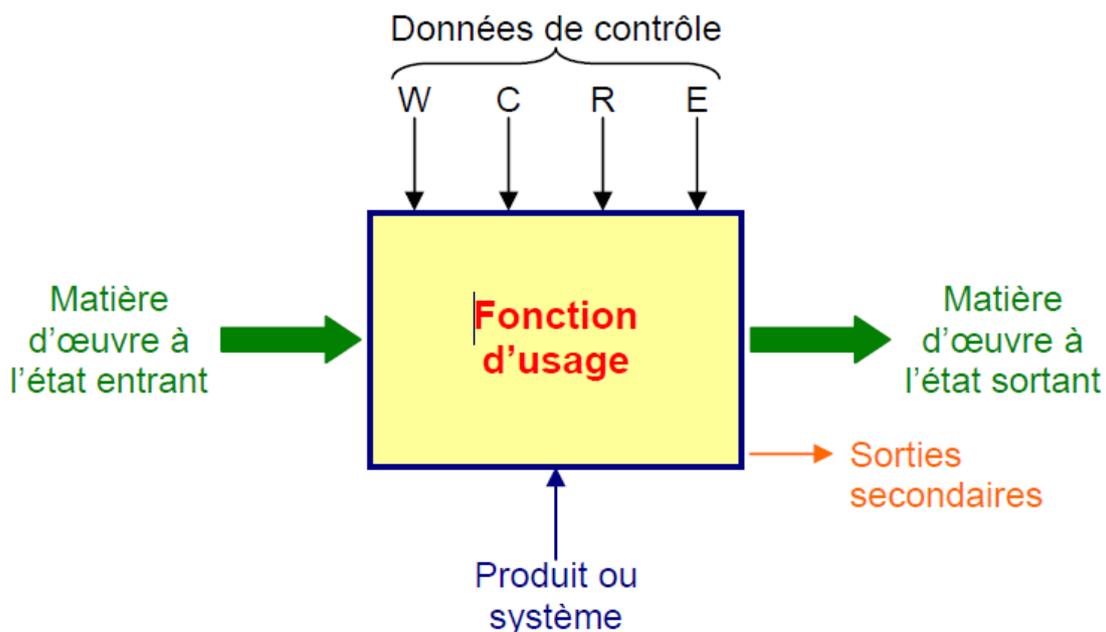


Figure II.2 : S.A.D.T

II.3.2 La Bête à cornes :

II.3.2.1 Définition

La bête à cornes est un outil graphique d'analyse du besoin qui permet de répondre à trois questions :

- 1/ A qui ou quoi le produit rend-il service ?
- 2/ Sur qui ou quoi agit-il ?
- 3/ Dans quel but ?

Le but est toujours formulé de la même façon : le produit permet à l'utilisateur d'agir sur la matière d'œuvre.

Les réponses à ces questions sont regroupées dans le graphe des prestations appelé aussi « bête à cornes ». [13]

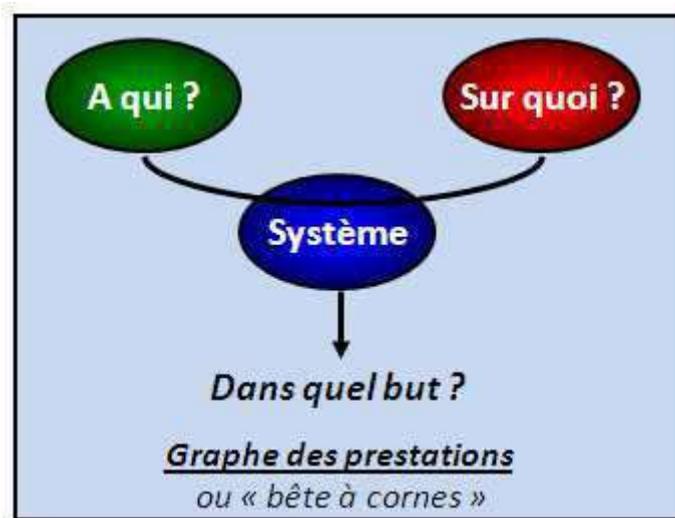


Figure II.3 : La Bête à cornes

II.3.2.2 Matière d'œuvre :

On appelle matière d'œuvre la matière, l'énergie et/ou l'information sur le(s)quelle(s) agit le système.

Cette intervention peut se traduire par une ou plusieurs actions :

- une modification de forme, de structure, ... ;
- un déplacement ;
- un stockage. [13]

II.3.2.3 Valeur ajoutée :

La valeur ajoutée est définie comme la modification apportée à la matière d'œuvre entre l'entrée et la sortie du système. [13]

II.3.2.4 Fonction globale d'un système :

C'est la « raison d'être » du système, ce pourquoi il existe. Elle est réalisée par un ensemble d'opérations qui permet de faire passer la matière d'œuvre de son état initial à son état final.

La fonction globale, qui répond à la question « dans quel but ? (pour quoi faire ?) » est un verbe à l'infinitif suivi d'un complément, c'est une action exprimée en termes de finalité. [13]

II.3.3 Le Diagramme Pieuvre :

II.3.3.1 Définition

Le Diagramme Pieuvre est un outil d'analyse du besoin représentant graphiquement les interactions d'un produit/service avec son environnement. [13]

Le Diagramme Pieuvre met en évidence les relations entre les différents

Eléments du Milieu Extérieur (EME) et le produit/service au travers de fonctions :

- Fonction principale (FP) : relie 2 EME grâce au produit/service.
- Fonction contrainte (FC) : traduit une adaptation du produit à un EME. [13]

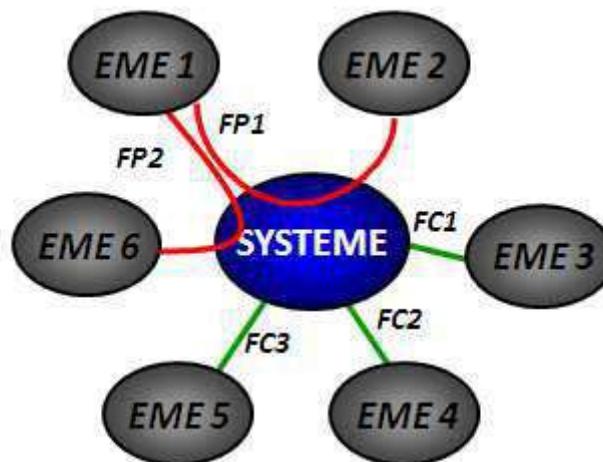


Figure II.4 : Le Pieuvre

II.3.3.2 Les 2 niveaux de fonctions de service :

(Fonction principale FP et fonction contrainte FC)

- Fonction Principale (ou d'usage) : elle met en relation deux éléments du milieu environnant par l'intermédiaire du système.
- Fonction Contrainte (ou d'adaptation) : elle exprime l'adaptation du système à son environnement en mettant en relation un élément du milieu environnant et le système. [13]

II.3.3.3 Caractérisation des fonctions de service :(critères, niveau et flexibilité)

La seule verbalisation ne suffit pas, le degré de satisfaction attendu du client doit être quantifié.

- On définit un ou plusieurs critères associés à des grandeurs physiques mesurables.
- On précise pour chaque critère une valeur correspondant au niveau attendu de satisfaction du besoin.
- On peut admettre un écart entre le niveau qui sera réellement atteint et le niveau attendu.

Pour cela on précise une flexibilité qui correspond à la limite d'acceptation. [13]

II.4 La fiabilité**II.4.1 Définition :**

La fiabilité caractérise l'aptitude d'un système ou d'un matériel à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un intervalle de temps donné. [14]

II.4.2 Intérêt de l'étude de la fiabilité :

L'analyse de la fiabilité d'un système permet de modéliser et de prévoir sa durée de vie (dans le cas d'un système non réparable) ou son temps de bon fonctionnement (dans le cas d'un système réparable).

La connaissance de la durée de vie d'un système ou d'un composant permet de déterminer par exemple les périodicités dans le cas d'une maintenance préventive systématique. [14]

II.4.3 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. [3]

II.4.4 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 : [14]

- **La loi exponentielle.**
- **La loi de WEIBULL.**
- **La loi normale.**
- **La loi log-normale (ou loi de GALTON).**
- **La loi binomiale.**

II.4.5 Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité : [1]

II.4.5.1 Taux de défaillance :

Noté $\lambda(t)$, c'est l'indicateur de la fiabilité. Il représente une proportion de dispositifs survivants à un instant (t). [15]

Sa forme générale est
$$\lambda(t) = \frac{\text{nombre de défaillances}}{\text{durée d'usage}} \quad (II.1)$$

Le plus fréquemment, il s'exprime en « panne/heure ».

Le taux de défaillance suit une courbe en baignoire représenté sur la figure suivante :

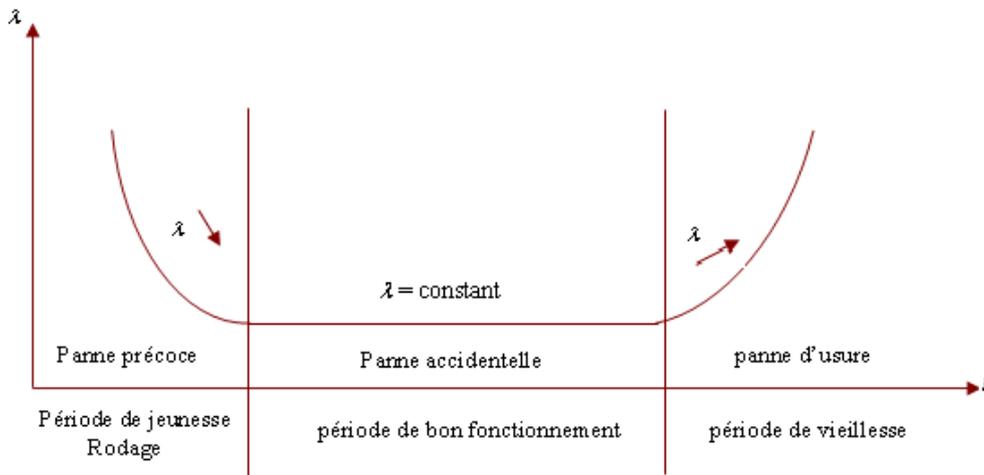


Figure II.5 : Courbe en baignoire

II.4.5.2 Densité de probabilité :

Généralement en fiabilité elle est noté $f(t)$ est représentée la probabilité de défaillance dans un instant (t). [15]

$$f(t) = \lambda(t) e^{-\int_0^t \lambda(u) du} \quad (II.2)$$

II.4.5.3 Fonction de répartition :

$F(t)$ est la notation générale de la probabilité de défaillance dans l'intervalle de temps. [15]

$$F(t) = \int_0^t f(x) dx = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(u) du}, \quad F(t) = \int_0^t f(x) dx \quad (II.3)$$

II.4.5.4 Fonction de fiabilité :

Elle représente la probabilité de non défaillance dans l'intervalle de temps [0, T] ; c'est la fonction complémentaire de la fonction de répartition. [15]

$$R(t) = 1 - F(t). \quad (II.4)$$

$$R(t) = \int_t^{+\infty} f(x) dx = 1 - F(t) = e^{-\int_0^t \lambda(u) du}, \quad R(t) = \int_t^{+\infty} f(x) dx \quad (II.5)$$

II.4.6 LE modèle de Weibull :

La loi de Weibull est un modèle couramment employé pour modéliser la durée de vie d'un matériel.

Cela permet de déterminer par exemple les périodicités dans le cas d'une maintenance préventive systématique.

La loi de Weibull est très souple d'utilisation, ce qui lui permet de s'ajuster à un grand nombre d'échantillons prélevés au long de la vie d'un équipement. Elle couvre les cas de taux de défaillance variables, décroissants (périodes de jeunesse), ou croissant (période de vieillesse).

Elle permet d'ailleurs, à partir des résultats obtenus de déterminer dans quelle période de sa vie se trouve le système étudié. [12]

II.4.6.1 Méthodes d'approximation des valeurs de la fonction de répartition :

On dispose pour nos études de fiabilité d'un certain nombre de données expérimentales ou réelles sur les TBF ; TBF dont on veut étudier la fonction de répartition.

Ces données représentent un échantillon « n » de la population que l'on veut appréhender.

Elles doivent être classées par ordre croissant de durée (en heures, jours, etc.), suivant l'unité la plus adaptée.

L'estimation de la fonction de densité pour une durée (t_i) est donnée par :

$$f(t_i) = \frac{n_i}{N+1}$$

Or, ce n'est pas la fonction de densité qui nous intéresse mais la fonction de répartition $F(t_i)$. Cette fonction de répartition peut être estimée selon plusieurs méthodes dont deux sont particulièrement applicables pour les lois de fiabilité (exponentielle et Weibull) : ce sont les méthodes des **rangs médians** et des **rangs moyens**. Le choix entre l'une ou l'autre des méthodes est fonction de la taille « N » de l'échantillon. [12]

- Si $n \leq 20$, on utilise la méthode des rangs médians : $F(t_i) = \frac{\sum n_i - 0,3}{N + 0,4}$ (II.6)

- Si $n > 20$, on utilise la méthode des rangs moyens : $F(t_i) = \frac{\sum n_i}{N + 1}$ (II.7)

II.4.6.2 La loi de Weibull :

Proposée par l'ingénieur et mathématicien suédois Ernst Hjalmar Waloddi Weibull (1887-1979), la loi de Weibull est une loi de probabilité à 3 paramètres qui est très utilisée pour modéliser la durée de vie des produits en raison de sa grande flexibilité. [16]

❖ Signification des paramètres :

- $\beta \rightarrow$ Paramètre de forme bêta ($\beta > 0$ sans dimension) : Ce paramètre donne des indications sur le mode des défaillances et sur l'évolution du taux de défaillances dans le temps.
 - 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

Remarque : pour $\gamma=0$ et $\beta=1$, on retrouve la distribution exponentielle, cas particulier de la

loi de Weibull : $\lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{MTBF}$ (II.8)

- $\eta \rightarrow$ Paramètre d'échelle (Netta ($\eta > 0$)) qui s'exprime dans l'unité de temps : Ce paramètre permet d'utiliser le papier d'Allan Plait quel que soit l'ordre de grandeur de t. Il n'a donc pas à être interprété. [16]

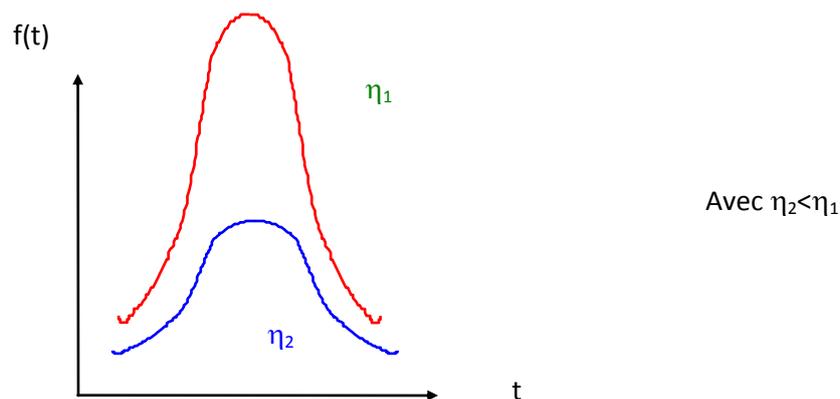


Figure II.6: la densité

➤ $\gamma \rightarrow$ paramètre de position, $-\infty < \gamma < +\infty$, qui s'exprime dans l'unité de temps :

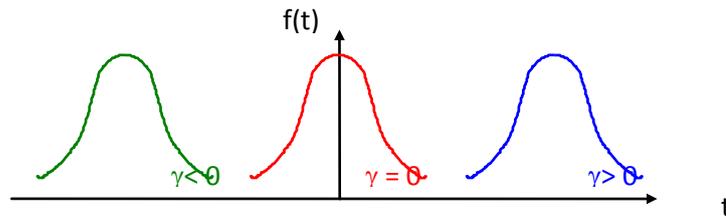


Figure II.7: La densité

- $\gamma > 0$: survie totale sur l'intervalle de temps $[0, \gamma]$.
- $\gamma = 0$: les défaillances débutent à l'origine des temps.
- $\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant l'origine des temps.

II.4.6.3 Détermination graphique des paramètres de la loi de Weibull :

La courbe est tracée sur un papier spécial appelé papier de Weibull ou d'Allen Plait, ce qui permet de tracer une droite et de Simplifier les calculs. [7]

a) Schématisation des axes

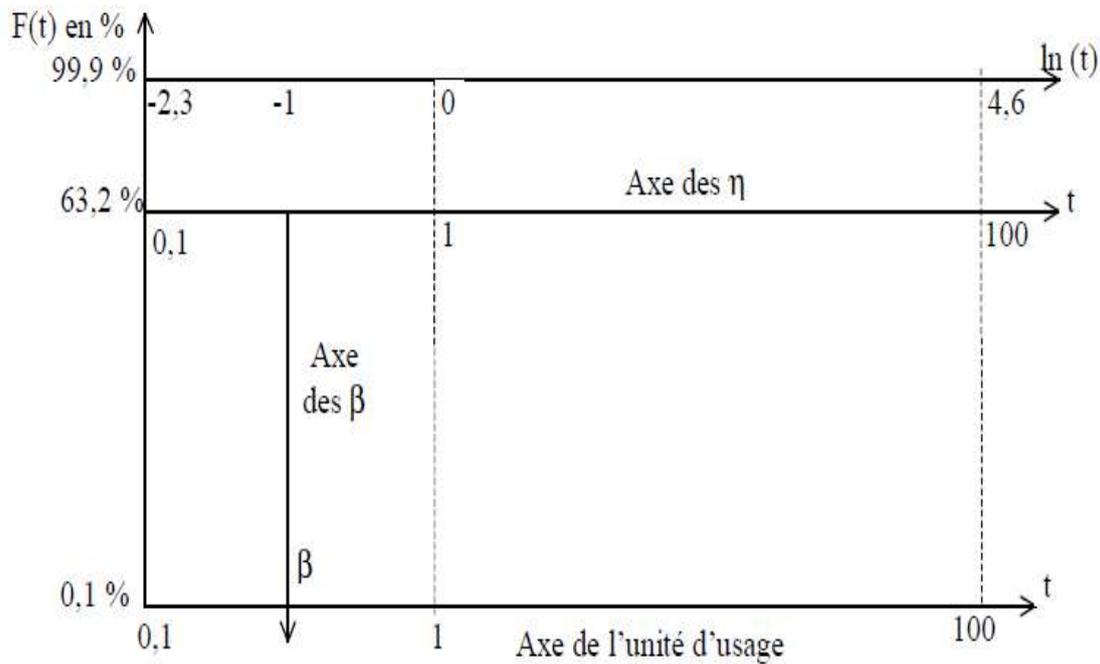


Figure II.8: Schématisation des axes

b) Aspect du papier de Weibull

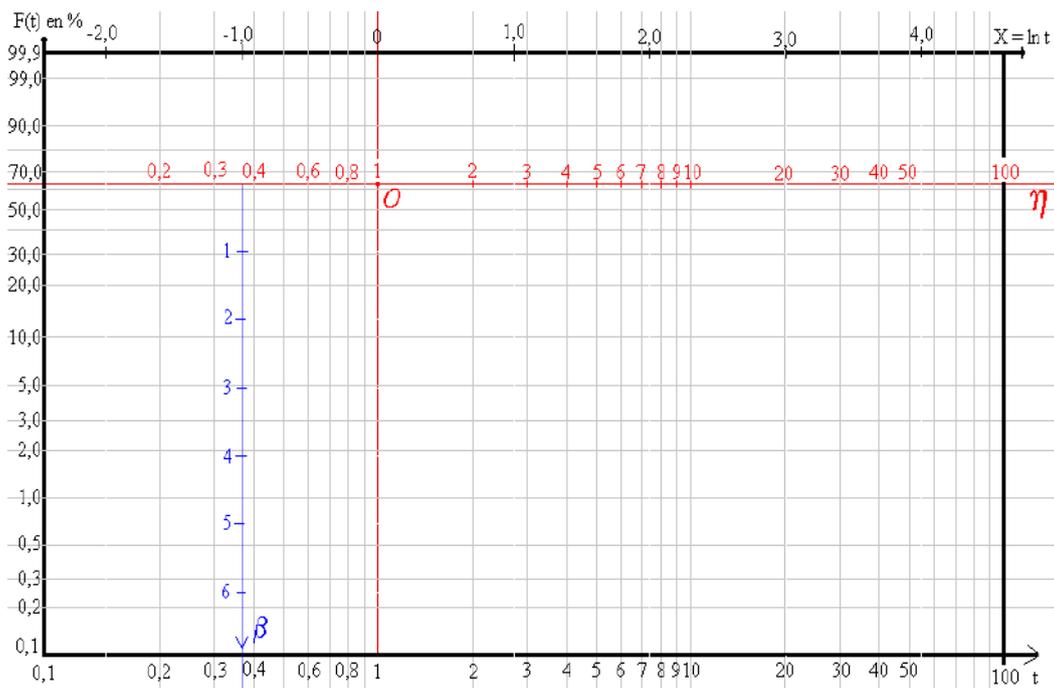


Figure II.9: Papier de Weibull

a) Taux de défaillance

Son taux instantané de défaillance $\lambda(t)$ est un estimateur de fiabilité. Il s'exprime par :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t - \gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \quad (II.9)$$

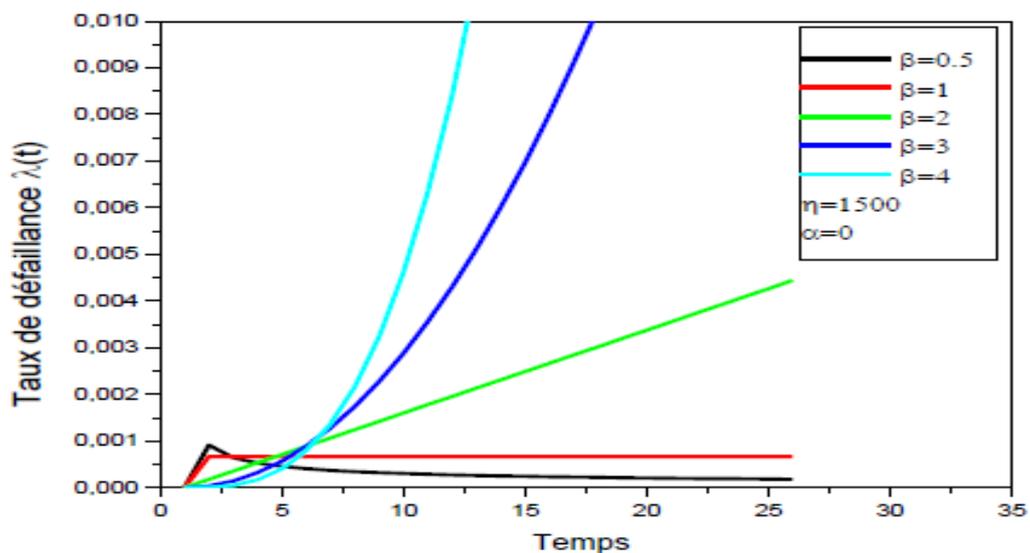


Figure II.10 : Courbe théorique (Taux de défaillance)

c) Densité de probabilité $f(t)$:

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{II.10}$$

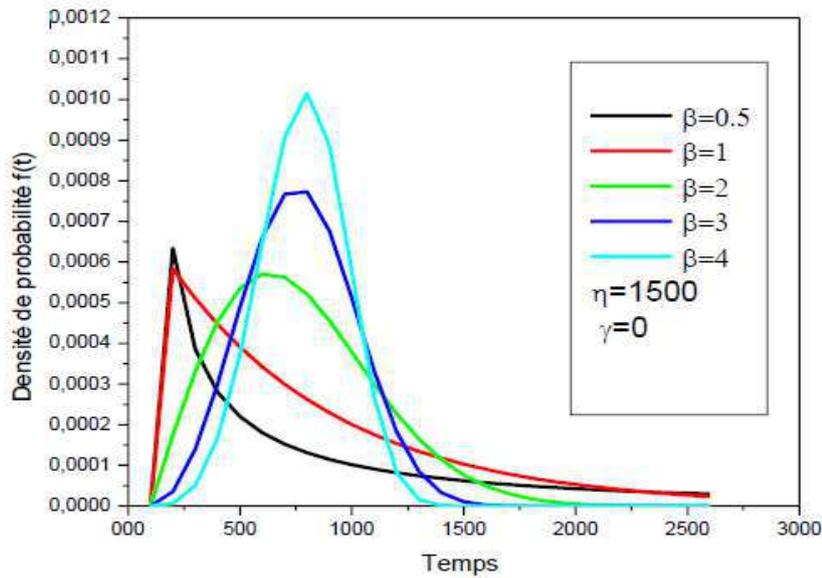


Figure II.11 : Courbe théorique (densité de probabilité $f(t)$)

c) fonction de répartition $F(t)$: la probabilité que le dispositif soit en panne à l'instant t

Elle est exprimée par :

$$F(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^\beta} \tag{II.11}$$

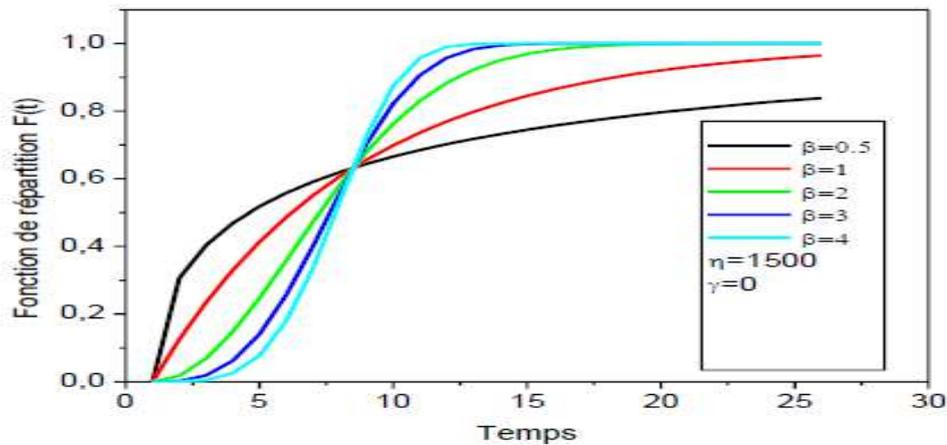


Figure II.12 : Courbe théorique (fonction de répartition)

d) Fonction de fiabilité R (t)

La forme générale de la fonction de fiabilité est désignée par $R(t)$ représentant la probabilité de bon fonctionnement à l'instant t.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{II.12})$$

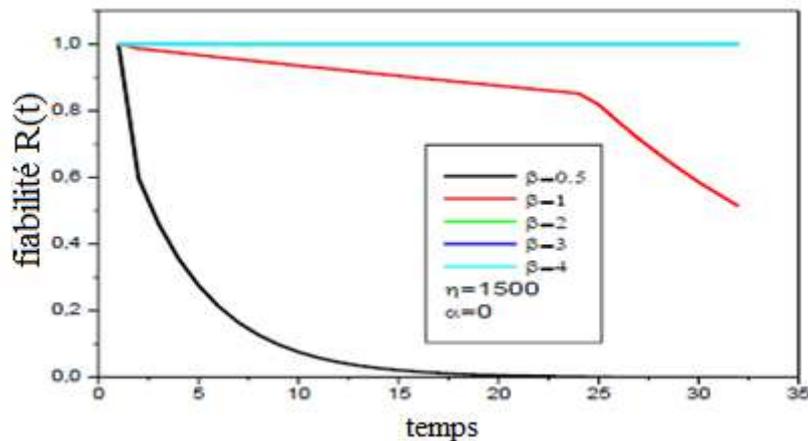


Figure II.13 : Courbe théorique (Fiabilité)

II.4.6.4 Méthodologie de Weibull:

✓ Consulter les historiques de pannes et dresser la liste des temps de bon fonctionnement entre deux défaillances.

Classer ces temps par ordre croissant.

✓ Cumuler le nombre de défaillances (rang). Au premier temps il y a 1 avarie, au deuxième temps, il y en a 2, etc.

✓ Calculer les fréquences des avaries $F(i)$, en fonction de la taille N de l'échantillon. Pour calculer gamma. Si le nuage de points correspond à une droite, alors $\gamma = 0$.

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.

✓ Reporter les points ainsi trouvés sur le papier de Weibull en plaçant les TBF en abscisse et les $F(i)$ en ordonnée.

✓ Tracer la droite passant au mieux par les points obtenus.

Si les points sont alignés sur une droite, on a $\gamma = 0$. [12]

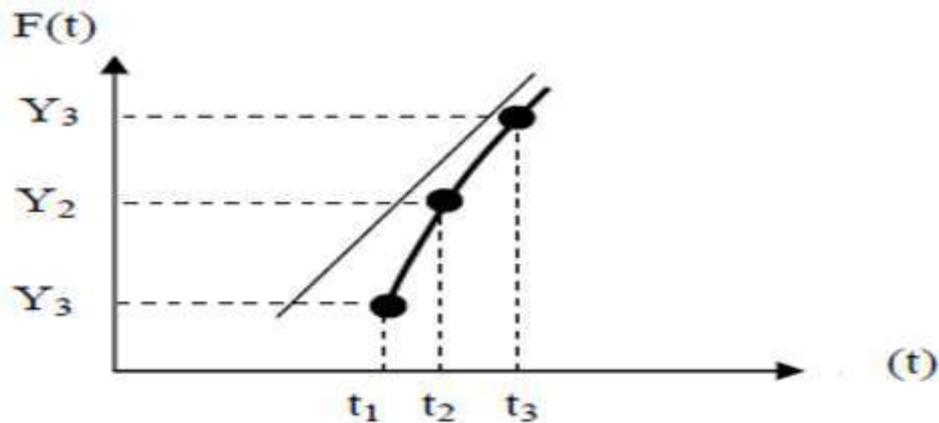


Figure II.14: Méthodologie de Weibull

Si les points correspondent à une loi de Weibull, ou pour écrire la condition de linéarité : [14]

$$\left[\frac{(Y_3 - Y_2)}{(\ln(t_3 - \gamma) - \ln(t_2 - \gamma))} \right] = \left[\frac{(Y_2 - Y_1)}{(\ln(t_2 - \gamma) - \ln(t_1 - \gamma))} \right]$$

De plus, si les 3 points sont choisis tels que $Y_3 - Y_2 = Y_2 - Y_1$ on obtient :

$$\ln(t_3 - \gamma) - \ln(t_2 - \gamma) = \ln(t_2 - \gamma) - \ln(t_1 - \gamma) \rightarrow \left[\frac{(t_3 - \gamma)}{(t_2 - \gamma)} = \frac{(t_2 - \gamma)}{(t_1 - \gamma)} \right] \rightarrow (t_3 - \gamma)(t_1 - \gamma) = (t_2 - \gamma)^2$$

Soit :

$$\gamma = \frac{t_2^2 - (t_1 t_3)}{2t_2 - (t_1 + t_3)} \tag{II.13}$$

II.5 La Maintenabilité :

II.5.1 Définition :

Dans des conditions données, la maintenabilité est l’aptitude d’un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.[14]

(Maintenabilité =être rapidement dépanné)

C’est aussi la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. [14]

A partir de ces définitions, on distingue :

-**La Maintenabilité intrinsèque** : elle est « construite » dès la phase de conception à partir d’un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc.).

-La **Maintenabilité prévisionnelle** : elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.

-La **Maintenabilité opérationnelle** : elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.

L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la MTTR ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité). [14]

II.5.2 Approche mathématique de la maintenabilité M(t) :

La maintenabilité peut se caractériser par sa MTTR (Mean Time To Repair) ou encore Moyenne des Temps Techniques de Réparation. [14]

$$MTTR = \frac{\sum \text{Temps d'intervention pour } n \text{ pannes}}{\text{Nombre de pannes}} \tag{II.14}$$

La figure ci-dessous schématise les états successifs que peut prendre un système réparable :

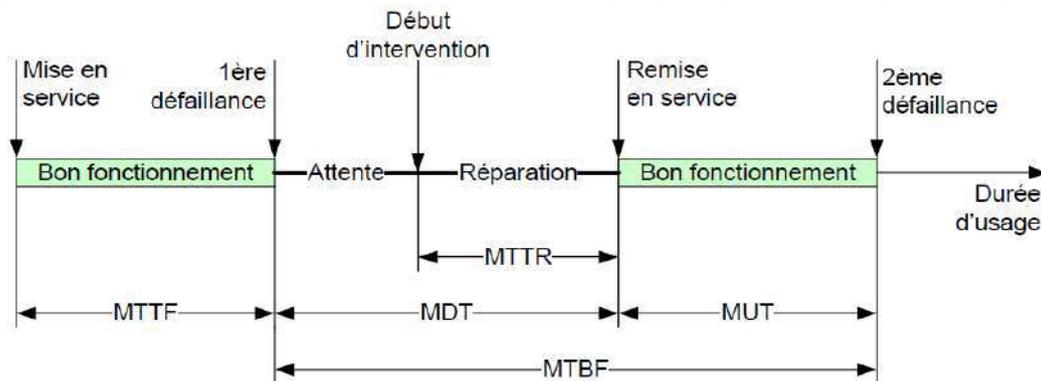


Figure II.15 : schématise les états successifs

II.6 La disponibilité :

II.6.1 Définition :

La disponibilité est « l'aptitude d'un bien, sous les aspects combinés de sa 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. [1]

II.6.2 Types de disponibilité :

- **Disponibilité intrinsèque** : cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes de bon fonctionnement et les moyennes de réparation, ce qui donne

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (\text{II.15})$$

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

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad (\text{II.16})$$

II.6.3 La relation entre MUT, MTBF, et MTTR :

$$MTBF = MUT + MTTR$$

En général, on utilise les sigles d'origine américaine MTBF, MTTR et MUT, avec le risque de mal se comprendre évoqué au début du paragraphe ; on peut proposer les expressions françaises suivantes pour utiliser exactement les mêmes notions en levant les ambiguïtés :

- ✓ TTR temps de réparation,
- ✓ TBF temps de bon fonctionnement,
- ✓ UT temps entre défaillances. [1]

II.6.4 La relation FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) :

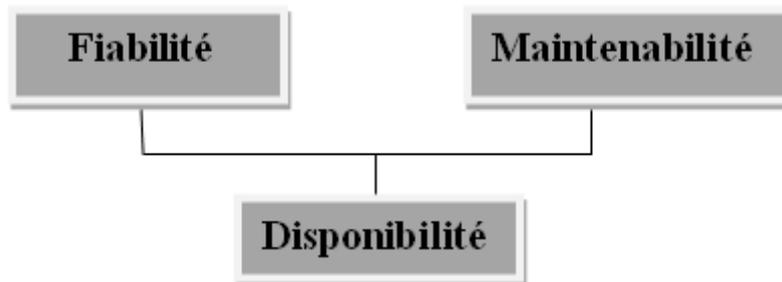


Figure II.16 : la relation FMD

II.7 Le diagramme A.B.C (PARETO) :

II.7.1 Définition :

Méthode objective et efficace de choix basés sur la connaissance d'une période antérieure. Les résultats se présentent sous forme d'une courbe dite « Courbe A.B.C. ». [17]

II.7.2 But :

Le diagramme A.B.C (PARETO) permet de visualiser l'importance relative des différentes parties ou catégories d'un ensemble précédemment analysé et chiffré sous la forme d'un classement et d'une hiérarchisation. [18]

II.7.3 Les Moyens:

- ✓ a) l'inventaire
- ✓ b) le classement
- ✓ c) la représentation graphique

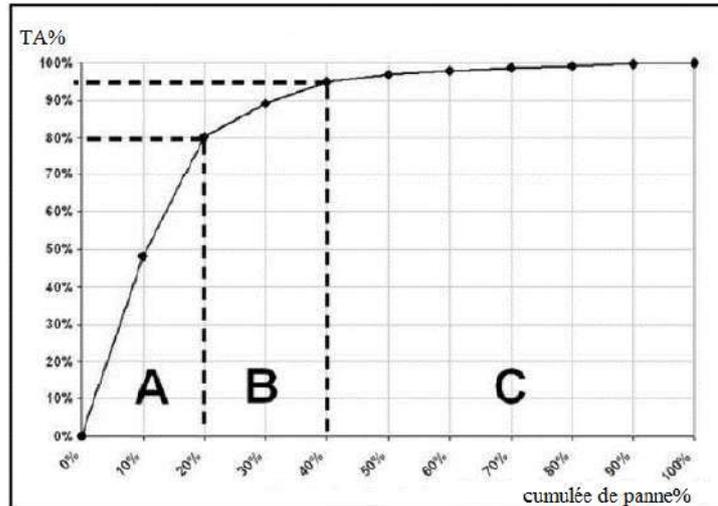


Figure II.17 : «Courbe A.B.C.»

- ✓ Zone A : Pertes devant engendrer des actions prioritaires
- ✓ Zone B : Pertes à prendre en compte si solutions peu coûteuses
- ✓ Zone C : Pertes ne justifiant pas d'action

II.8 diagramme d’Ishikawa (Ishikawa ou Arête De Poisson):

II.8.1définition :

Le diagramme de cause à effet ou diagramme d’Ishikawa ou encore méthode des 5M est une démarche qui permet d’identifier les causes possibles d’un problème ou un défaut (effet). Il convient ensuite d’agir sur ces causes pour corriger le défaut en mettant en place des actions correctives appropriées. [19]

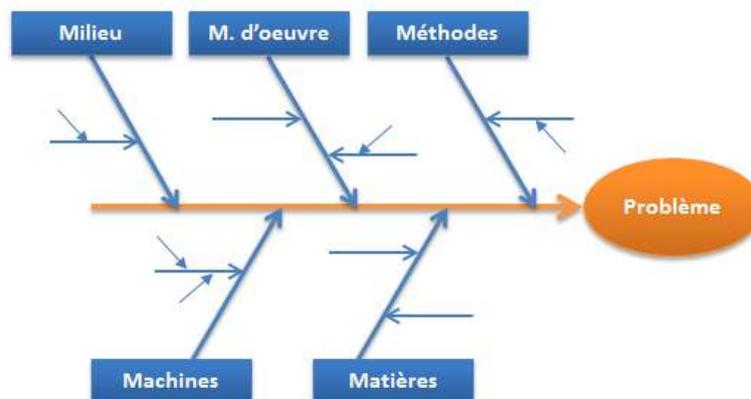


Figure II.18: Diagramme de causes-effet

II.8.2 But :

Analyser et visualiser le rapport existant entre un problème (effet) et toutes ses causes possibles. Le diagramme d'Ishikawa est un outil graphique qui sert à comprendre les causes d'un défaut de qualité. [19]

II.8.3 Construction du diagramme :

Le diagramme d'Ishikawa se présente sous la forme d'un graphe en arêtes de poisson.

Dans ce dernier, sont classées par catégorie les causes selon la loi des 5 M (Matière, Main d'œuvre, Matériel, Méthode, Milieu).

Il se construit en cinq étapes :

Etape 1. Placer une flèche horizontalement, pointée vers le problème identifié ou le but recherché.

Etape 2. Regrouper à l'aide de la méthode de « brainstorming » par exemple, les causes potentielles en familles, appelées communément les 5M :

-**M1 - Matières** : matières premières, pièces, ensembles, fournitures, identification, stockage, qualité, manutention

-**M2 - Matériel** : Recense les causes probables ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés. Machines, outils, équipements, capacité, âge, nombre, maintenance

-**M3 - Main d'œuvre** : directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, d'organisation, de management

-**M4 - Milieu** : environnement physique, éclairage, bruit, aménagement, relations, température, climat, marché, législation

-**M5 - Méthodes** : instructions, manuels, procédures, modes opératoires

Etape 3. Tracer les flèches secondaires correspondant au nombre de familles des causes potentielles identifiées, et les raccorder à la flèche principale. Chaque flèche secondaire identifie une des familles de causes potentielles.

Etape 4. Inscrire sur des minis flèches, les causes rattachées à chacune des familles.

Il faut veiller à ce que toutes les causes potentielles apparaissent.

Etape 5. Rechercher parmi les causes potentielles exposées, les causes réelles du problème identifié. Ce sera notamment la cause la plus probable qu'il restera à vérifier dans la réalité et à corriger. [19]

II.9 Analyse AMDEC :**II.9.1 Définition de l'AMDEC :**

L'AMDEC, analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité, est un outil d'analyse performant qui permet de recenser de manière exhaustive les risques de dérive d'un processus, d'un produit ou d'un moyen de production. Elle s'inscrit dans la logique de maîtrise des risques ; sa finalité est de mettre en place des plans d'actions préventives visant à éliminer ou réduire les risques liés à la sécurité de l'utilisateur, à la qualité, à la perte de productivité, à l'insatisfaction des clients [20].

L'AMDEC se définit comme une « méthode inductive d'analyse de système utilisée pour l'analyse systématique des causes, des effets des défaillances qui peuvent affecter les composants de ce système ». Cette méthode est systématique, participative et préventive [20].

II.9.2 Objectif de l'AMDEC

L'AMDEC a pour objectif, dans une démarche inductive rigoureuse, d'identifier les défaillances dont les conséquences peuvent affecter le fonctionnement d'un système et de les hiérarchiser selon leur niveau de criticité afin de les maîtriser. On obtient en sortie l'ensemble des dysfonctionnements potentiels associés à leur criticité (fréquence d'apparition, gravité des effets et probabilité de détection de la défaillance) ainsi que les plans d'actions à mettre en œuvre afin de diminuer la criticité en faisant varier un des trois facteurs

L'AMDEC est une technique qui conduit à l'examen critique de la conception dans un but d'évaluer et de garantir la sûreté de fonctionnement (sécurité, fiabilité, maintenabilité et disponibilité) d'un moyen de production.

Elle permet de déterminer les points faibles d'un système et d'y apporter des remèdes, de préciser les moyens de se prémunir contre certaines défaillances. [20]

II.9.3 Principe de l'AMDEC

Recenser les risques potentiels d'erreur (ou les modes de défaillance) et en évaluer les effets puis en analyser les causes [20].

L'AMDEC est d'identifier et de hiérarchiser les modes potentiels de défaillance susceptibles de se produire sur un équipement, d'en rechercher les effets sur les fonctions principales des équipements et d'en identifier les causes. Pour la détermination de la criticité des modes de défaillance, l'AMDEC requiert pour chaque mode de défaillance la recherche de la gravité de ses effets, la fréquence de son apparition et la probabilité de sa détectabilité. Quand toutes ces informations sont disponibles, différentes méthodes existent pour déduire une valeur de la criticité du mode de défaillance. Si la criticité est jugée non acceptable, il est alors impératif de définir des actions correctives pour pouvoir corriger la gravité nouvelle du mode de

défaillance (si cela est effectivement possible), de modifier sa fréquence d'apparition et d'améliorer éventuellement sa détectabilité [20].

II.9.4 Types de l'AMDEC :

Il existe plusieurs types de la méthode d'analyse :

II.9.4.1 L'AMDEC organisation

L'AMDEC s'applique aux différents niveaux du processus d'affaires, du première niveau qui englobe le système de gestion, le système d'information, le système production, le système personnel, le système marketing et le système finance, jusqu'au dernier niveau comme l'organisation d'une tâche de travail [20].

II.9.4.2 L'AMDEC-Produit

Elle est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise.

Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'actions correctives sur la conception et préventives sur l'industrialisation [20].

II.9.4.3 L'AMDEC-Processus

Elle est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication.

S'il s'agit d'un nouveau procédé, l'AMDEC-Processus en permettra l'optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit. S'ils 'agit d'un procédé existant, elle permettra l'amélioration [20].

II.9.4.4 L'AMDEC moyen

Permet d'anticiper les risques liés au non-fonctionnement ou fonctionnement anormal d'un équipement, d'une machine [20].

II.9.4.5 L'AMDEC service

S'applique pour vérifier que la valeur ajoutée réalisée dans le service correspond aux attentes des clients et que le processus de réalisation de service n'engendre pas de défaillance [20].

II.9.4.6 L'AMDEC sécurité

S'applique pour assurer la sécurité des opérateurs dans les procédés où il existe des risques pour ceux-ci [20].

II.9.5 Méthodologie d'une AMDEC

- ✓ Constitution d'un groupe de travail
- ✓ Décomposition fonctionnelle du système

- ✓ Evaluation des défaillances potentielles
 - ✓ Détermination des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs causes
 - ✓ Evaluation et notation de chaque cause de défaillance
- D : probabilité de non détection de la cause de la défaillance
- F : probabilité d'apparition ou d'occurrence de la cause de la défaillance
- G : gravité de la défaillance
- ✓ Calcul de criticité et hiérarchisation

L'indice de criticité C est obtenu par : $C = D \times F \times G$.

Déduction des actions correctives à mener. [14]

II.9.6 Les étapes de la méthode AMDEC :

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

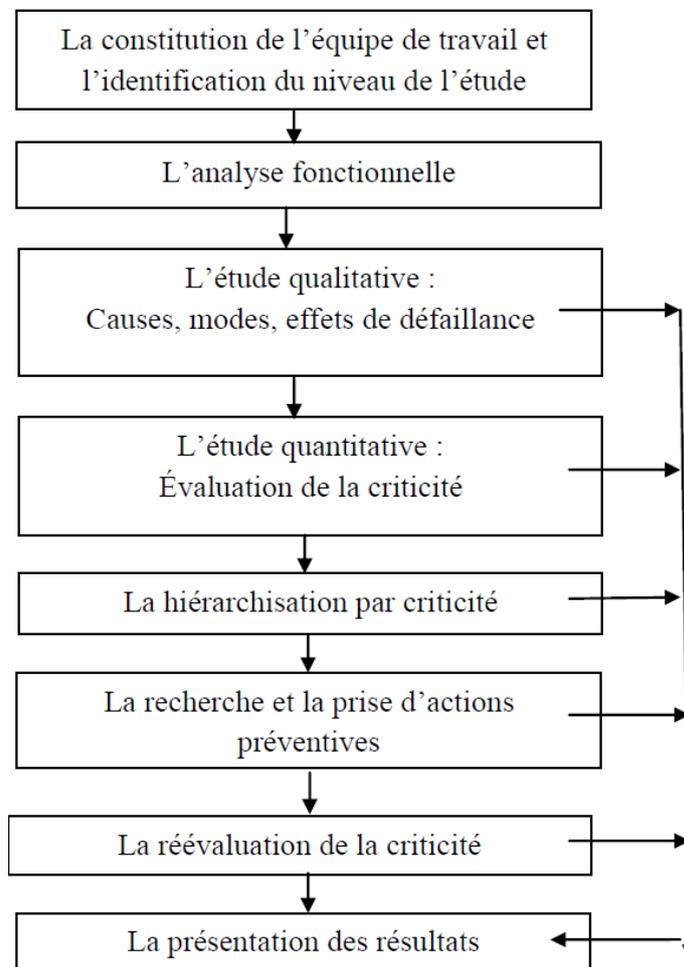


Figure II.19 : la démarche AMDEC

II .10 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté des généralités sur des concepts de base de la maintenance par le calcul de la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et par l'analyse fonctionnelle et méthode d'Ishikawa et AMDEC pour l'absence de défauts causés par ces turbines en raison de leur importance dans cette entreprise.

Chapitre III:

Partie

Expérimental

III Partie expérimentale

III.1 Introduction :

Positionner la maintenance au sein de l'appareil de production est un exercice difficile, comme il est toujours difficile de faire simple dans un environnement complexe. C'est l'objectif du dernier chapitre où on tente par l'exploitation de l'historique de panne de la turbine à gaz GE10/2 de faire face à l'étude expérimentale des analyses fonctionnelles et des indicateurs FMD et la méthode (A.B.C) et la diagramme Ichikawa et étudie l'AMDEC de telle turbine.

III.2 Analyse fonctionnelle

III.2.1 La Bête à cornes :

1/ A qui ou quoi le produit rend-il service ?

- La réponse : **l'utilisateur.**
- 2/ Sur qui ou quoi agit-il ?
- La réponse : **il agit énergie cinétique d'un gaz échappement.**

3/ Dans quel but ?

- La réponse : **énergie mécanique pour entraine la pompe.**

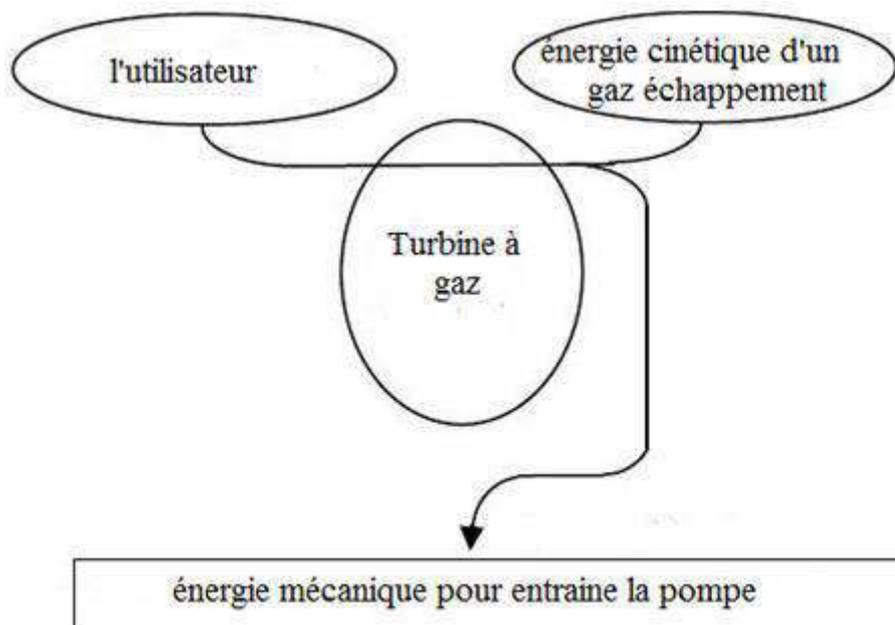


Figure III. 1: La Bête à cornes

III.2.2 La pieuvre:

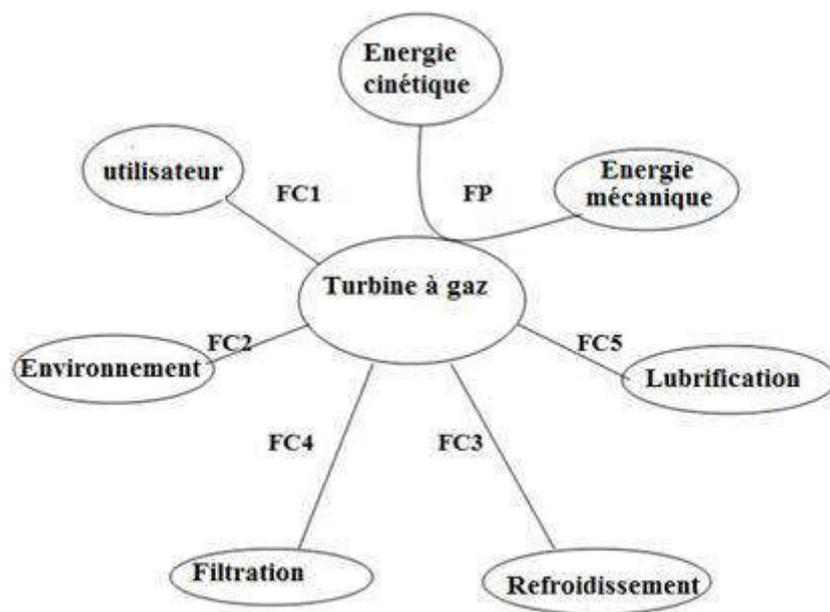


Figure III.2: La pieuvre

Tableau fonctionnelle : Chacune de ses fonctions sont bien expliquer dans le tableau suivant:

Fonctions	Significations
FP	Transformation l'énergie cinétique du fluide en énergie mécanique
FC1	Control de la turbine
FC2	Protéger l'environnement contre gaz échappement en utilisant des canaux pour la réutilisation
FC3	Assurer le fonctionnement à une température optimale
FC4	Utiliser l'air et l'huile filtré
FC5	Réduire le coefficient de frottement

Tableau III.1: Fonctions et leurs significations

III.2.3 S.A.D.T : analyse descendante et liens inter-fonctionnelle

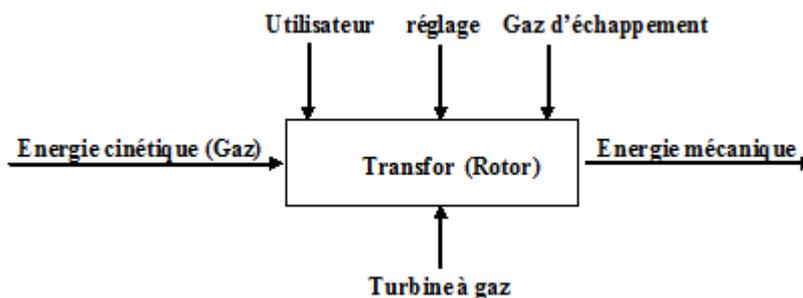


Figure III.3: analyse descendante et liens inter-fonctionnelle

III.3 L'application Pratique des méthodes d'analyse :

❖ **Exploitation de l'historique :**

L'historique de panne (la turbine à gaz **GE10/2**)

Le traitement des données brutes de l'historique (tableau III. 2), passe par :

- Le calcul des heures d'arrêt suite à des pannes (TA) qui résultent des différences entre panne et mise en service.
- Le calcul des heures de bon fonctionnement (TBF), qui résultent des différences entre la mise en service et panne.
- TTR Le calcul des heures techniques de réparation.

N°	Les mois	TBF(h)	TA (h)	TTR(h)	Interventions
1	Janvier	215	517	360	- Démontage et Inspection les paliers
2	Février	164	508	08	- Nettoyage packages turbine
3	Mars	45	699	20	- Vérification de thermostats de réchauffeurs de gaz. - Dépoussiérage de tous les armoires électrique au niveau du sous station électrique.
4	Avril	87	633	6	- Changement de filtre d'huile étanchéité.
5	Mai	180	564	149	- Intervention sur circuit de graissage
6	Juin	353	633	7	- Changement de filtre d'aire de la turbine.
7	Juillet	292	452	2	- Inspection boroscopique des parties chaude.
8	Aout	64	680	275	- Entretien et vérification des accessoires turbines
9	Septembre	170	550	360	- Intervention sur capteur de vibration
10	Octobre	125	619	372	- Démontage et Inspection les paliers
11	Novembre	550	170	3	- Inspection boroscopique des parties chaude.
12	Décembre	225	519	720	- révision générale sur Turbine à gaz

Tableau III.2 : Dossier historique de la turbine GE10/2

III.3.1 Etude FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité)

III.3.1.1 calcul les paramètres de Wei bull :

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les $F (ti)$ calculés par la méthode des ranges médians $F (ti) = \frac{\sum ni - 0,3}{N + 0,4}$ (III.1)

(Dans notre cas $N = 12 \leq 20$) et on trace la courbe de Wei Bull :

N°	TBF(h)	n_i	$\sum n_i$	F(i)	F(i)%
1	45	01	01	0.0564	05.64
2	64	01	02	0.1370	13.70
3	87	01	03	0.2177	21.77
4	125	01	04	0.2983	29.83
5	164	01	05	0.3790	37.90
6	170	01	06	0.4596	45.96
7	180	01	07	0.5403	54.03
8	215	01	08	0.6209	62.09
9	225	01	09	0.7016	70.16
10	292	01	10	0.7822	78.22
11	353	01	11	0.8629	86.29
12	550	01	12	0.9435	94.35

Tableau III.3: calcul la Fonction de réparation réelle

A partir de papier de Wei bull ou logiciel minitab16

On déduire les paramètres: β , η et γ .

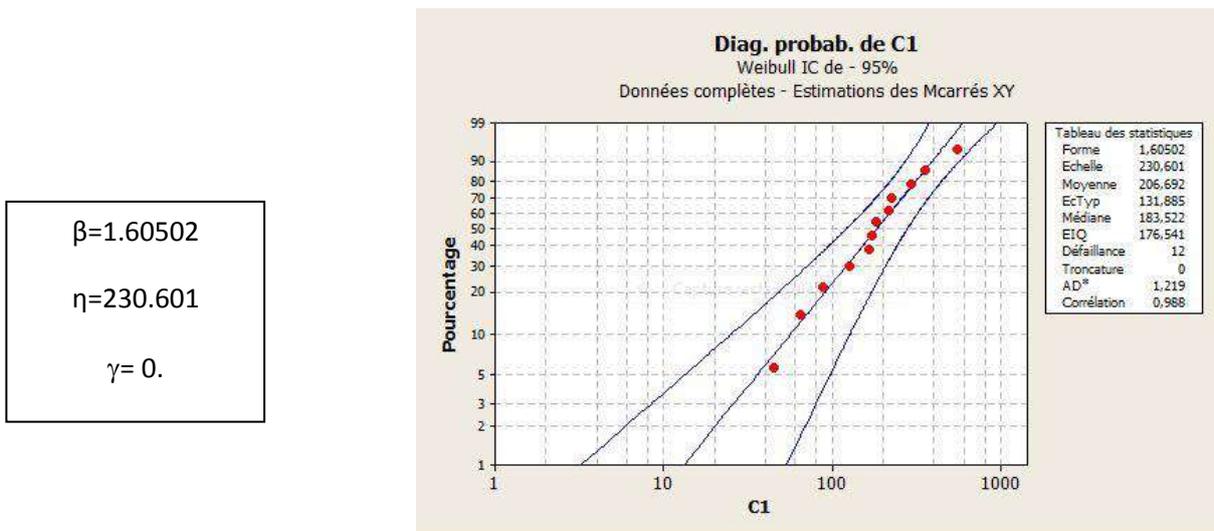


Figure III.4: papier de Wei Bull. en logiciel minitab16

III.3.1.2 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 $F(i)$ 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 sur table Annexe 1).

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

Tableau K-S

N°	TBF(h)	F(i)	F(t)	$D_{n,max} = F(i)-F(t) $
1	45	0.0564	0.0700	0.0136
2	64	0.1370	0.1199	0.0171
3	87	0.2177	0.1887	0.0290
4	125	0.2983	0.3121	0.0138
5	164	0.3790	0.4393	0.0603
6	170	0.4596	0.4582	0.0014
7	180	0.5403	0.4892	0.0511
8	215	0.6209	0.5908	0.0301
9	225	0.7016	0.6176	0.0840
10	292	0.7822	0.7679	0.0143
11	353	0.8629	0.8620	0.0009
12	550	0.9435	0.9823	0.0388

Tableau III.4: test de Kolmogorov-Smirnov

D'après la table de K-S:

$D_{N,max} < D_{N,\alpha}$ Ce qui veut dire que le modèle de Wei Bull est accepté.

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

$D_{N,max} = 0.0840$ tandis que $D_{N,\alpha} = D_{12,20} = 0.295$ (voir annexe tab.1).

$0.0840 < 0.295$ donc l'hypothèse du modèle de Wei Bull est acceptable.

III.3.1.3. Exploitation les paramètres de WEIBULL :**III.3.1.3.1 Le MTBF :**

Le tableau de MTBF donne A=0.8966, B=0.574 (voir annexe tab.2).

$$\text{MTBF} = A \cdot \eta + \gamma \quad (\text{III.2})$$

$$\text{MTBF} = 0.8966 \times 230.601 + 0$$

$$\text{MTBF} = \mathbf{206.756 \text{ h}}$$

III.3.1.3.2 La densité de probabilité en fonction de MTBF :

$$f(t = \text{MTBF}) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (\text{III.3})$$

$$f(t) = \frac{1.60502}{230.601} \left(\frac{206.756}{230.601} \right)^{1.60502 - 1} e^{-\left(\frac{206.756}{230.601} \right)^{1.60502}} = 0.002814 = \mathbf{0.28 \%}$$

III.3.1.3.3 La fonction de répartition en fonction de MTBF :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (\text{III.4})$$

$$F(t = \text{MTBF}) = 1 - e^{-\left(\frac{206.756}{230.601} \right)^{1.60502}} = 0.567987 = \mathbf{56.79 \%}$$

III.3.1.3.4 La fiabilité en fonction de MTBF :

$$R(t = \text{MTBF}) = 1 - F(t = \text{MTBF}) = 1 - 0.567987 = 0.432013 \quad (\text{III.5})$$

$$R(\text{MTBF}) = \mathbf{43.20 \%}$$

On remarque que la fiabilité de la turbine est faible.

III.3.1.3.5 Le taux de défaillance en fonction de MTBF :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta - 1} \quad (\text{III.6})$$

$$\lambda(t = \text{MTBF}) = \frac{1.60502}{230.601} \left(\frac{206.756}{230.601} \right)^{1.60502 - 1} = \mathbf{0.00651537 \text{ panne/heures.}}$$

III.3.1.3.6 Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique :

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

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta} \quad (\text{III.7})$$

$$\ln R(t) = -\left(\frac{t}{\eta} \right)^\beta = \ln(0.80) \Leftrightarrow -[\ln R(t)]^{1/\beta} = t/\eta \Rightarrow t = \eta [\ln(1/R(t))]^{1/\beta}$$

$$t = 230.601 [\ln(1/0.80)]^{1/1.60502}$$

$$t_{\text{Sys}} = \mathbf{32.060 \text{ heures.}}$$

Pour garder la fiabilité de la turbine 80% il faut intervenir chaque temps systématique **32.060h.**

III.3.1.4 Étude de modèle de Weibull :

III.3.1.4.1 La fonction de la densité de probabilité :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^\beta} \tag{III.8}$$

$$f(t) = \lambda(t) \cdot R(t) \tag{III.9}$$

TBF	45	64	87	125	164	170	180	215	225	292	353	550
f(t)x 10[^](-3)	2.40	2.82	3.13	3.30	3.17	3.13	3.05	2.72	2.62	1.86	1.24	2.08

Tableau III.5: Calcul la fonction de la densité de probabilité

III.3.1.4.1.1 Courbe de la densité de la probabilité f(t) :

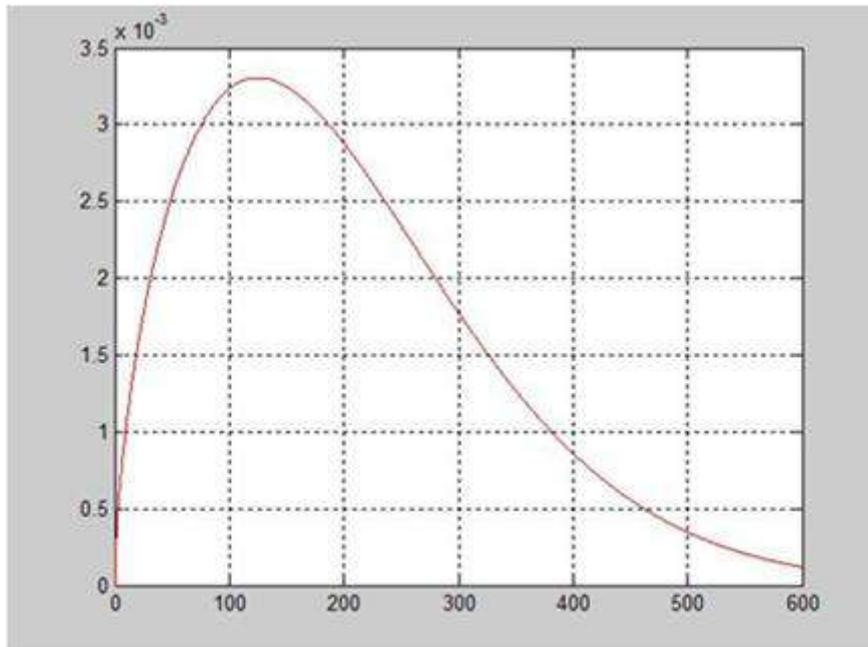


Figure III.5: La Courbe Densité De Probabilité (logiciel matlab)

III.3.1.4.1.2 Analyse de la courbe :

D'après cette courbe on remarque que la fonction f(t) (densité de probabilité) croissant avec le temps jusqu'à **t=125 h**, puis décroissant.

III.3.1.4.2 Fonction de répartition F(t) :

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{III.10}$$

TBF	45	64	87	125	164	170	180	215	225	292	353	550
F(t)	0.07	0.11	0.18	0.31	0.43	0.45	0.48	0.59	0.61	0.76	0.86	0.98

Tableau III.6: Calcul la Fonction de répartition F(t)

III.3.1.4.2.1 Courbe fonction de répartition F(t) :

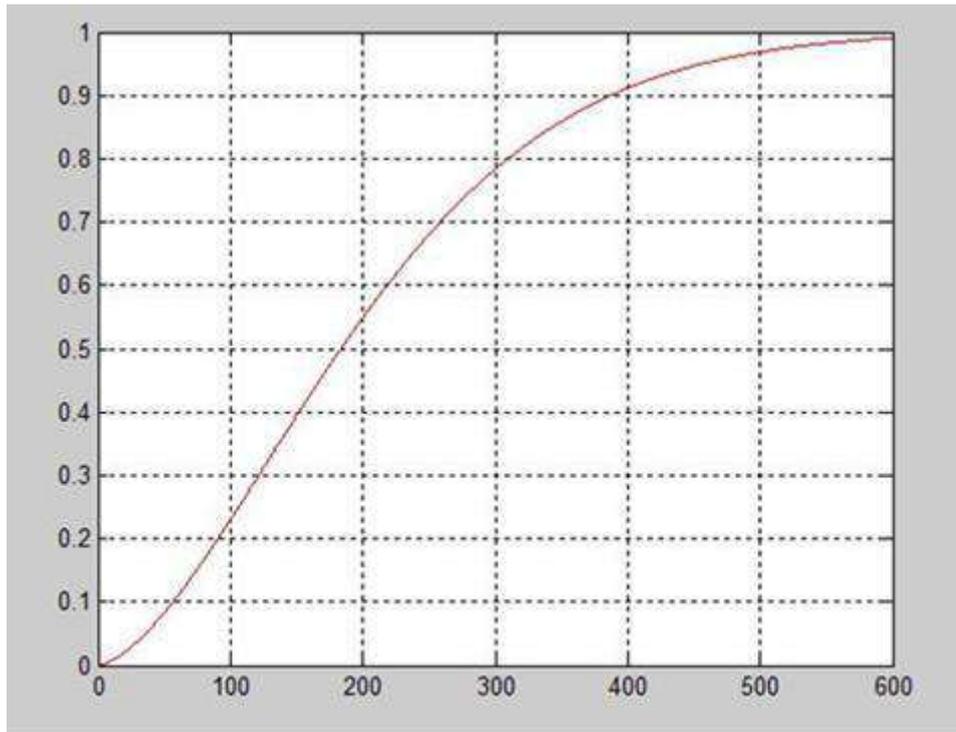


Figure III.6: La Courbe De Fonction Répartition (logiciel matlab)

III.3.1.4.2.2 Analyse de la courbe :

La fonction de défaillance croissant en fonction de temps, et pour t=MTBF, $F(\text{MTBF}) = 0.567987 = 56.79 \%$

III.3.1.4.3 La fiabilité :

La fonction fiabilité de celle de répartition: $R(t) = 1 - F(t)$, après calcul la fiabilité de la turbine aux temps $t = \text{MTBF}$, on déduit que la valeur n'est pas satisfaisante donc on peut dire que la turbine n'est pas fiable à $t = \text{MTBF}$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{III.11}$$

$$R(t = \text{MTBF}) = 0.432013$$

TBF	45	64	87	125	164	170	180	215	225	292	353	550
R(t)	0.929	0.880	0.811	0.687	0.560	0.541	0.510	0.409	0.382	0.232	0.137	0.017

Tableau III.7: Calcul de la fiabilité

III.3.1.4.3.1 Courbe fonction de la fiabilité :

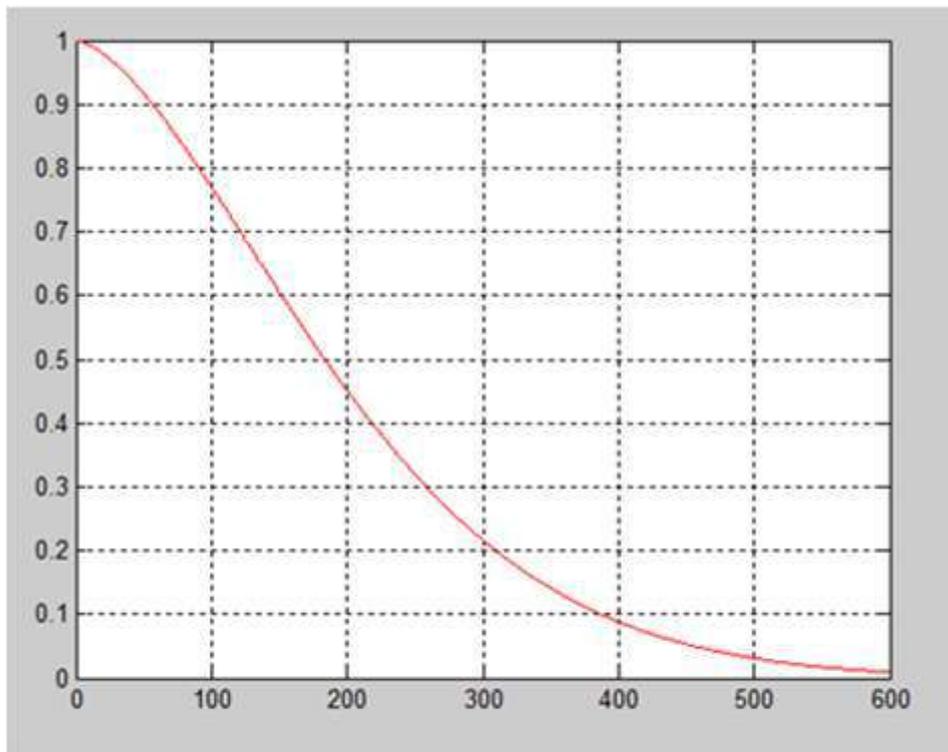


Figure III.7 : La Courbe De la Fonction Fiabilité (logiciel matlab)

III.3.1.4.3.2 Analyse de la courbe :

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

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

III.3.1.4.4 Le taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \tag{III.12}$$

TBF	45	64	87	125	164	170	180	215	225	292	353	550
$\lambda(t) \cdot 10^{-3}$	2.58	3.20	3.85	4.80	5.66	5.78	5.99	6.67	6.85	8.02	9.00	11.77

Tableau III.8: Calcul le taux de défaillance

III.3.1.4.4.1 Courbe fonction du taux de défaillance :

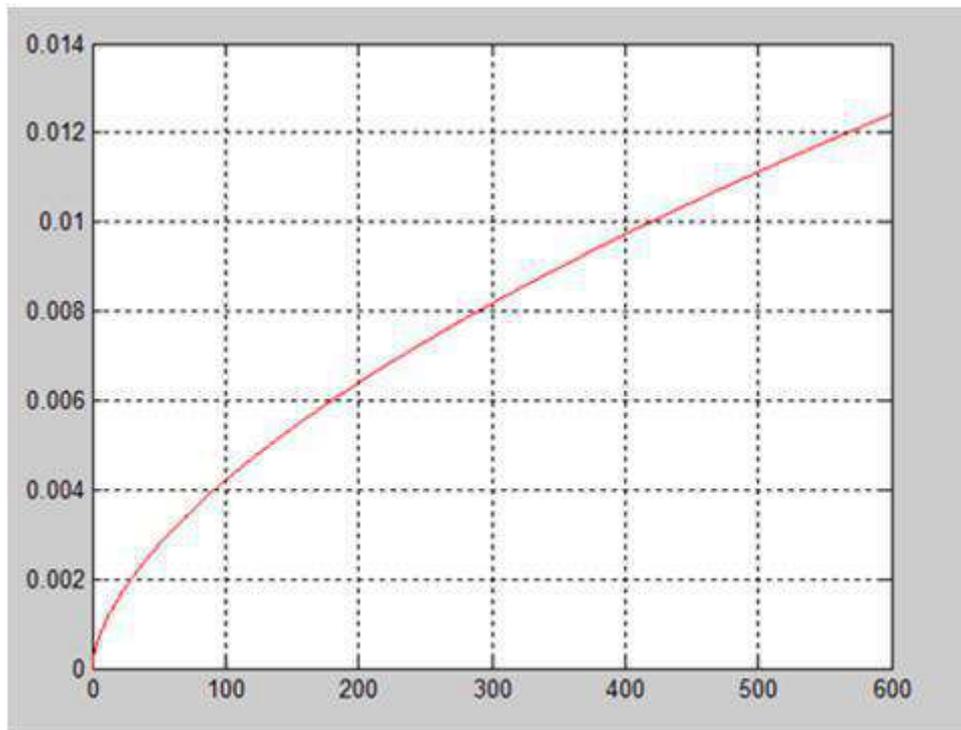


Figure III.8: Le courbe taux de défaillance (logiciel matlab)

III.3.1.4.4.2 Analyse de la courbe :

Le taux de défaillance est croissant en fonction de temps. Cette augmentation est considérée normale c.-à-d. né pas rapide.

III.3.1.4.5 Calcul la Maintenabilité de la turbine :

D'après l'historique des pannes de la turbine:

$$MTTR = \Sigma TTR / N. \tag{III.13}$$

TTR : temps de réparation.

N : nombre de panne.

$$MTTR = 1559 / 12 = \mathbf{129.91 \text{ h.}}$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t}. \tag{III.14}$$

$$\text{Avec } \mu = 1 / MTTR \tag{III.15}$$

$$\mu = 1 / 129.91 = \mathbf{0.0076 \text{ intervention / heure.}}$$

TTR(h)	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750
M(t)	0.53	0.68	0.78	0.85	0.89	0.93	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99

Tableau III.9: Calcul La maintenabilité de la turbine

III.3.1.4.5.1 Courbe de la fonction de Maintenabilité :

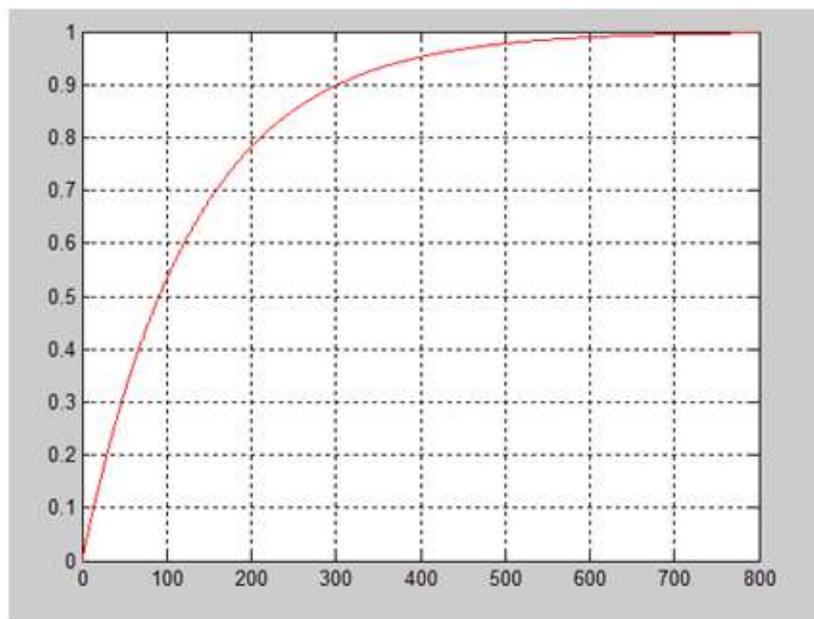


Figure III.9: La Courbe de Maintenabilité (logiciel matlab)

III.3.1.4.5.2 Analyse de la courbe :

La Maintenabilité est croissant en fonction de temps à l’instant **T=650 heures**, la maintenable **99, 99%**.

III.3.1.4.6 Calcul la disponibilité de la turbine :

III.3.1.4.6.1 Disponibilité intrinsèque au asymptotique :

$$Di = \frac{MTBF}{MTBF + MTT R} = \frac{206.756}{206.756 + 129.916} = \mathbf{0.6141}$$

III.3.1.4.6.2 Disponibilité instantané :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \tag{III.16}$$

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{206.756} = \mathbf{0.00483}$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{129.916} = \mathbf{0.00769}$$

$$\mu + \lambda = 0.00769 + 0.00483 = 0,01252$$

$$D(t) = \frac{0.00769}{0,01252} + \frac{0.00483}{0,01252} e^{-(0,01252)t}$$

T(h)	20	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240
D(t)	0.91	0.84	0.79	0.75	0.72	0.70	0.68	0.66	0.65	0.64	0.63	0.63

Tableau III.10: Calcul la disponibilité instantané

III.3.1.4.6.2.1 Courbe fonction de la disponibilité :

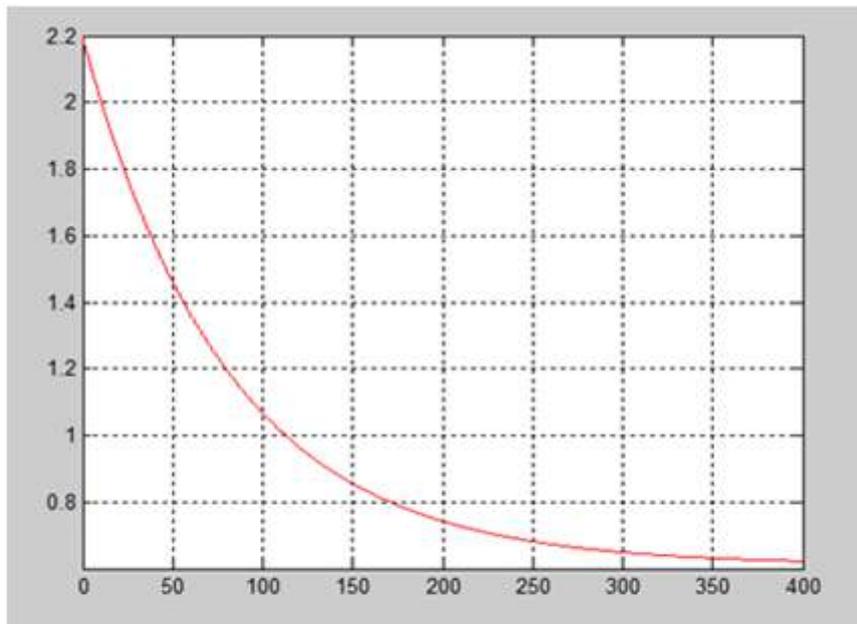


Figure III.10: La Courbe de disponibilité instantanée (logiciel matlab)

III.3.1.4.6.2.2 Analyse de la courbe :

La disponibilité est décroissante en fonction de temps, pour augmenter la disponibilité d'une turbine consiste à diminuer le nombre de ses arrêt (augmenté sa fiabilité) et réduire le temps nécessaire pour résoudre les causes de ceux-ci (augmenté sa maintenabilité).

III.4 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto)»:

N°	Interventions	TTR (h)	Cumul TTR	TTR%	Nombre de panne	Cumulées des pannes	Cumulées de pannes %
1	- Démontage et Inspection les paliers	732	732	32.07	2	2	16.66
2	- révision générale sur Turbine à gaz	720	1452	63.62	1	3	25
3	- Intervention sur capteur de vibration	360	1812	79.42	1	4	33.33
4	- Entretien et vérification des accessoires turbines	275	2087	91.45	1	5	41.66
5	- Intervention sur circuit de graissage	149	2236	97.98	1	6	50
6	- Vérification de thermostats de réchauffeurs de gaz. - Dépoussiérage de tous les armoires électrique au niveau du sous station électrique.	20	2256	98.86	1	7	58.33
7	- Nettoyage packages turbine	8	2264	99.21	1	8	66.66
8	- Changement de filtre d'aire de la turbine.	7	2271	99.51	1	9	75
9	- Changement de filtre d'huile étanchéité.	6	2277	99.78	1	10	83.33
10	- Inspection boroscopique des parties chaude.	5	2282	100	2	12	100

Tableau III.11 : calcul l'analyse ABC (Pareto)

III.4.1 La courbe d'analyse ABC :

Interprétation des résultats :

Zone "A": Dans cette zone, on constat que environ 25% des interventions représente 63.62% des heures de réparation, ceci constitue la zone A, (Démontage et Inspection les paliers, révision générale sur Turbine à gaz)

Zone "B": Dans cette tranche les 25% des interventions représentent 34.36% supplémentaire (Intervention sur capteur de vibration, Entretien et vérification des accessoires turbines, Intervention sur circuit de graissage)

Zone "C": Dans cette zone les 50 % des interventions restantes ne représentent qu'ont 2.02% des heures de réparation (Vérification de thermostats de réchauffeurs de gaz, Inspection boroscopique des parties chaude, Nettoyage packages turbine, Changement de filtre d'aire de la turbine, Changement de filtre d'huile étanchéité).

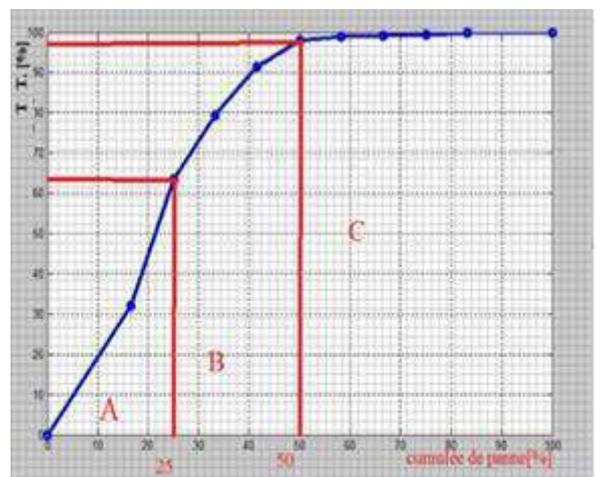


Figure III.11 : La Courbe d'ABC

III.5 Diagramme causes-effet : (les causes qui augmente les temps d'arrêt)

III.5.1 Analyse d'intervention démontage et inspection les paliers :

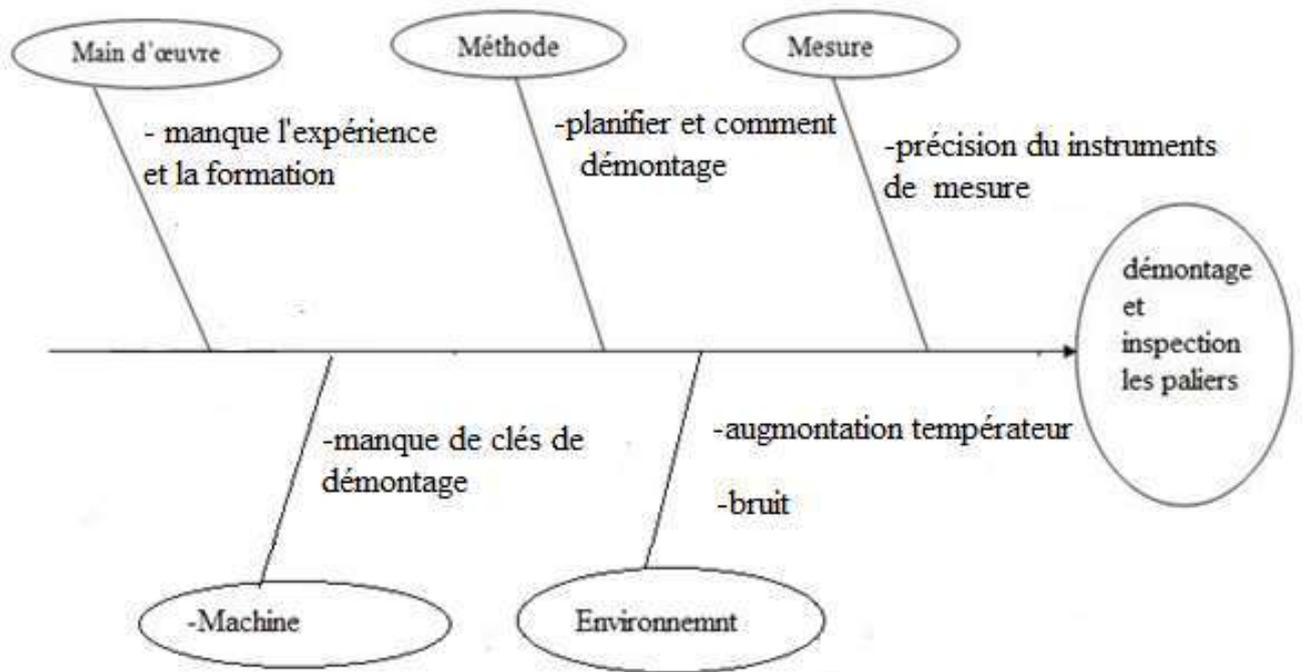


Figure III.12: Analyse d'intervention démontage et inspection les paliers.

III.5.2 Analyse d'intervention révision générale sur turbine à gaz :

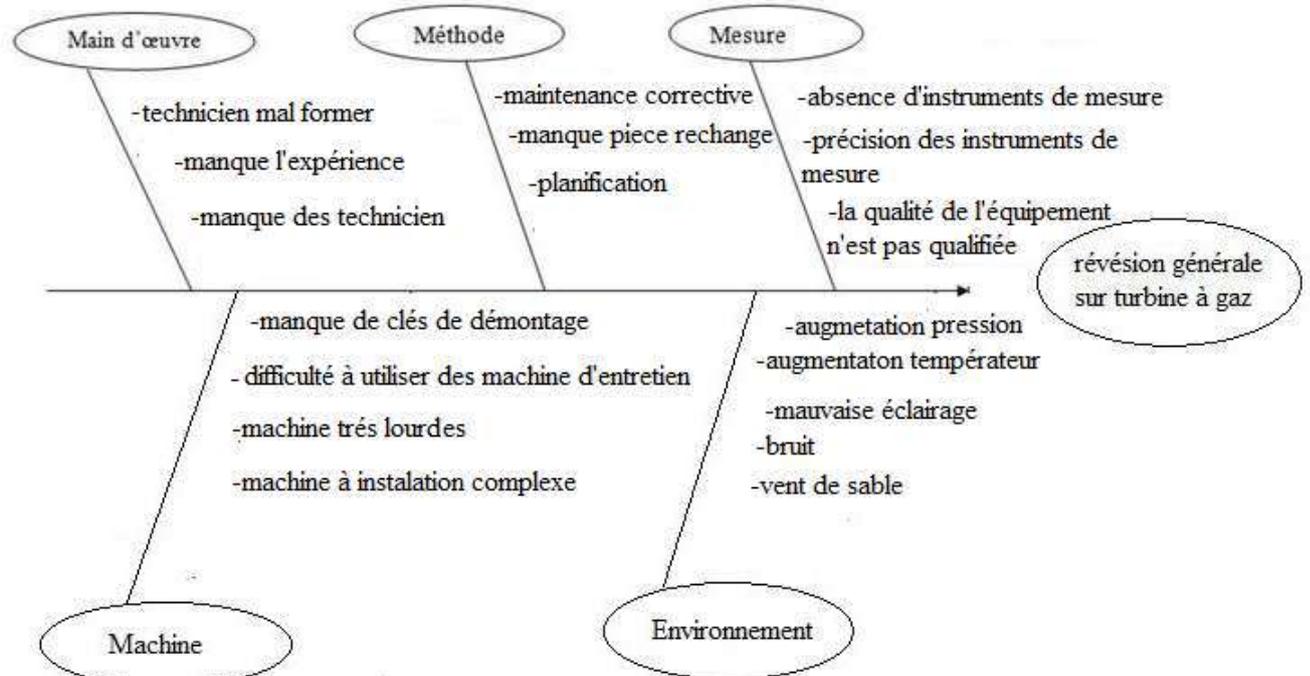


Figure III.13: Analyse d'intervention révision générale sur turbine à gaz

III.5.3 tableau « causes-remèdes » :

Pour minimiser les temps d'intervention nous avons propose quelque remèdes selon chaque cause dans le tableau « causes-remèdes » suivant :

N°	Causes possibles	Remèdes
1	Technicien mal formé	Mise en place de cours de formation
2	Manque l'expérience	Assister avec des experts
3	Maintenance corrective	Maintenance préventive
4	Manque pièce rechange	Organiser les stockes des pièces rechange
5	Absence des 'instruments de mesure	Fournir des 'instruments de mesure
6	Précision des instruments des mesures	Ajuster l'étalonnage des 'instruments de mesure
7	Manque des clés de démontage	Fournir des clés
8	Machine très lourdes	Fournir des treuils et des supports
9	Difficulté a utilisé des machines d'entretien	Utilisation de la fiche technique pour les machines
10	Mauvaise éclairage	Améliorer l'éclairage de laboratoire
11	bruit	Transférer la réparation à l'atelier
12	Vent de sable	Transférer la réparation à l'atelier
13	Augmentation température	Améliorer l'adaptation de l'atelier

Tableau III.12 : causes-remèdes

III.6 Etude AMDEC

III.6.1 Calcul la criticité

Indice	valeur	Indice de défaillance
Indice de fréquence (F)	1	Moins d'une fois par an
	2	1 fois par an
	3	2 fois par an
	4	3 fois par an
Indice de gravité (G)	1	24 h > TTR h
	2	24 h ≤ TTR < 240 h
	3	240 h ≤ TTR < 340 h
	4	340 h ≤ TTR < 720 h
	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 III.13: les indices de défaillance

Donc la criticité évaluée par : $C=F \cdot G \cdot D$

Et on obtient le tableau suivant :

N°	Niveau de criticité	Action corrective
1	$1 \leq C < 4$ Criticité négligeable	Aucune modification, maintenance corrective
2	$4 \leq C < 8$ Criticité moyenne	Amélioration de la performance de l'élément, maintenance préventive systématique.
3	$8 \leq C < 12$ Criticité élevée	surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle.
4	$12 \leq C < 50$ Criticité interdit	Remise en cause complète de la conception de préventive conditionnelle.

Tableau III.14 : indice de criticité C

1- palier

a- indice de fréquence **F = 3**

b- indice de gravité **G = 4**

d- indice non détection **D = 1**

<p>Criticité (C) =F*G*D</p> <p>C=3*4*1=12</p>

2-La package de turbine

a- indice de fréquence **F = 2**

b- indice de gravité **G = 1**

d- indice non détection **D = 1**

<p>Criticité (C) =F*G*D</p> <p>C=2*1*1=2</p>
--

3-l' armoire électrique

a- indice de fréquence **F = 2**

b- indice de gravité **G = 1**

d- indice non détection **D = 2**

<p>Criticité (C) =F*G*D</p> <p>C=2*1*2=4</p>
--

4-Le thermostat

a- indice de fréquence **F = 2**

b- indice de gravité **G = 1**

d- indice non détection **D = 2**

<p>Criticité (C) =F*G*D</p> <p>C=2*1*2=4</p>
--

5-Les filtres d'aire

a- indice de fréquence **F = 2**

b- indice de gravité **G = 1**

d- indice non détection **D = 1**

<p>Criticité (C) =F*G*D</p> <p>C=2*1*1=2</p>
--

6-circuit de graissage

a- indice de fréquence **F = 2**

b- indice de gravité **G = 2**

d- indice non détection **D = 2**

<p>Criticité (C) =F*G*D</p> <p>C=2*2*2=8</p>
--

III.6.2 Tableau d'AMDEC :

PME :		Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités								
Sous-système : turbine à gaz GE10/2		DATE :								
L'élément	fonction	Modes de défaillance	cause	Effet	Détection	Criticité				Action
						F	G	D	C	
Les Paliers	Guider et supporter la arbre rotorique	-usure -cassure	-Fatigue -vibration	Echauffement -Blocage d'arbre Rotorique	-Bruit - échauffement	3	4	1	12	changement les paliers
La package de turbine	Protection la turbine	-corrosion -pollution	- les facteurs externes -liquides de lubrification et refroidissement perdue	Changer les facteurs interne dans la package	visuel	2	1	1	2	Changement ou nettoyage la package
L'armoire électrique	Alimentation électrique	-un court-circuite	- Dépoussiérage - Dommages les câbles	Pas démarrage ne la turbine	visuel	2	1	2	4	--changer le circuit de commande -poussiérage a armoires
Le thermostat	Régulateur de chaleur	Erreurs de mesure	Défaut de détecteur	Pas régulation	Indicateurs de chaleur	2	1	2	4	Changement Le thermostats
Le filtre d'aire	- Filtration d'aire	Pas de filtration	Filtre déchiré	Marche dégradée	visuel	2	1	1	2	Changement de filtre
circuit de graissage	-Le graissage -lubrification	Blocage du circuit	Les impuretés	-usure -le frottement	-visuel -Capteur de pression	2	2	2	8	Vérification le circuit

Tableau III.15: Tableau d'AMDEC

III.6.3 résultats de l'analyse AMDEC :

D'après la réalisation des tableaux de l'analyse AMDEC on trouve que nous avons quatre groupes de l'indice de criticité différent :

-1^{er} groupe : l'indice de criticité maximal (12) pour les paliers ce qui implique le 4^{ème} niveau de criticité. Donc les actions corrective à engager sont la remise en cause complète de la conception de la maintenance préventive conditionnelle.

-2^{ème} groupe : l'indice de criticité élevée (8) pour le circuit de graissage ce qui implique le 3^{ème} niveau de criticité. De butée nécessitent surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle.

-3^{ème} groupe : l'indice de criticité moyenne (**4**) pour l'armoire électrique et le thermostat ce qui implique le 2^{ème} niveau de criticité. Dans ce cas nous appliquons amélioration de la performance de l'élément, maintenance préventive systématique.

-4^{ème} groupe : l'indice de criticité négligeable (**2**) pour La package de turbine et le filtre d'aire ce qui implique le 1^{er} niveau de criticité. Aucune modification, maintenance corrective.

III.6.4 Conclusion :

Dans la première partie de ce chapitre nous avons utilise l'analyse fonctionnelle de la turbine, nous avons identifié l'objectif principale de la turbine, qui consiste à obtenir l'énergie mécanique (mouvement de rotation), et comment le principe de son travail pour diriger n'importe quelle machine.

Dans la deuxième partie, a l'aide de l'historique de pannes de la turbine, nous avons étudié les indicateurs FMD, puis des diagrammes (Pareto, Ishikawa) et finalement l'AMDEC et avons obtenu les résultats suivants :

- Nous avons trouvé $\beta = 1.60502$ donc $1,5 < \beta < 2,5$ ce qui indice que la turbine en fatigue.
- $\gamma = 0$ indique que les défaillances commencées au début dans la mise en Service à turbine.
- **MTBF = 206.601h.**
- la fiabilité de la turbine est faible : **43.20 %**.
- Pour garder la fiabilité d'une turbine 80% il faut intervenir chaque temps systématique **32.060h.** nous faisons quelques actions préventives de turbine.
- 25% des interventions représente 63.62% des heurs d'interventions.
- Extraire les causes possibles a contribué à augmenter les temps d'arrêt.
- Extraire les différents groupes des indices de criticité.

Conclusion général

Dans un monde où une concurrence accrue existe entre les compagnies industrielles afin de satisfaire les demandes de leurs clients en termes de service, qualité du produit et performance, la maintenance garde une position primordiale dans la réussite des objectifs, tout en conservant une viabilité et une sûreté de fonctionnement, les machines tournantes représentent une classe dominante, dans les systèmes de production, et peuvent y occuper des positions stratégiques.

Ce présent travail permet aussi de connaître les caractéristiques et la structure de la turbine à gaz, de bien comprendre son fonctionnement et son utilité dans le domaine pétrolier. Ainsi, le bon fonctionnement de la turbine dépend du programme de maintenance préventive dans le but est de maintenir les équipements en bon état de marche, détecter les problèmes existants, diagnostiquer la nature et la gravité des pannes mécaniques qui surviennent et rechercher les solutions adéquates à ces problèmes par utilisation des méthodes efficaces que nous avons abordées dans le cadre de notre formation en spécialiste la maintenance industrielle.

Annexe (1)

n	α 0.01	α 0.05	α 0.1	α 0.15	α 0.2
1	0.995	0.975	0.950	0.925	0.900
2	0.929	0.842	0.776	0.726	0.684
3	0.828	0.708	0.642	0.597	0.565
4	0.733	0.624	0.564	0.525	0.494
5	0.669	0.565	0.510	0.474	0.446
6	0.618	0.521	0.470	0.436	0.410
7	0.577	0.486	0.438	0.405	0.381
8	0.543	0.457	0.411	0.381	0.358
9	0.514	0.432	0.388	0.360	0.339
10	0.490	0.410	0.368	0.342	0.322
11	0.468	0.391	0.352	0.326	0.307
<u>12</u>	0.450	0.375	0.338	0.313	<u>0.295</u>
13	0.433	0.361	0.325	0.302	0.284
14	0.418	0.349	0.314	0.292	0.274
15	0.404	0.338	0.304	0.283	0.266
16	0.392	0.328	0.295	0.274	0.258
17	0.381	0.318	0.286	0.266	0.250
18	0.371	0.309	0.278	0.259	0.244
19	0.363	0.301	0.272	0.252	0.237
20	0.356	0.294	0.264	0.246	0.231
25	0.320	0.270	0.240	0.220	0.210
30	0.290	0.240	0.220	0.200	0.190
35	0.270	0.230	0.210	0.190	0.180
40	0.250	0.210	0.190	0.180	0.170
45	0.240	0.200	0.180	0.170	0.160
50	0.230	0.190	0.170	0.160	0.150
OVER 50	1.63	1.36	1.22	1.14	1.07
	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}	\sqrt{n}

TABL : DETERMINATION LA VALEUR ($D_{n,\alpha}$) DE TEST (KOLMOGOROV SMIRNO)

Annexe (2)

MTBF et écart type :

$$E(t) = MTBF = A\eta + \gamma$$

$$\sigma = B\eta$$

Où A et B sont des paramètres
Issus de tables.

Ex : pour $\beta=1.60502$, $\gamma=0$ et
 $\eta=230.601$
 $MTBF=0.8966 \times 230.601 + 0 =$
 206.756 h

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,20	120	1901	1,50	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254
0,25	24	199	1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249
0,30	9,2605	50,08	<u>1,60</u>	<u>0,8966</u>	<u>0,574</u>	4,2	0,9089	0,244
0,35	5,0291	19,98	1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239
0,40	3,3234	10,44	1,70	0,8922	0,540	4,4	0,9114	0,235
0,45	2,4786	6,46	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9126	0,230
0,50	2	4,47	1,80	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,55	1,7024	3,35	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,60	1,5046	2,65	1,90	0,8874	0,486	4,8	0,9160	0,218
0,65	1,3663	2,18	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,70	1,2638	1,85	2	0,8862	0,463	5	0,9182	0,210
0,75	1,1906	1,61	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,80	1,1330	1,43	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,85	1,0880	1,29	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,200
0,90	1,0522	1,17	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,95	1,0234	1,08	2,5	0,8873	0,380	5,5	0,9232	0,194
1	1	1	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
1,05	0,9603	0,934	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,188
1,10	0,9649	0,878	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,9260	0,185
1,15	0,9517	0,830	2,9	0,8917	0,334	5,9	0,9269	0,183
1,20	0,9407	0,787	3	0,8930	0,325	6	0,9277	0,180
1,25	0,9314	0,750	3,1	0,8943	0,316	6,1	0,9286	0,177
1,30	0,9236	0,716	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,35	0,9170	0,687	3,3	0,8970	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,40	0,9114	0,660	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,9310	0,170
1,45	0,9067	0,635	3,5	0,8997	0,285	6,5	0,9318	0,168
			3,6	0,9011	0,278	6,6	0,9325	0,166
			3,7	0,9025	0,272	6,7	0,9333	0,163
			3,8	0,9038	0,266	6,8	0,9340	0,161
			3,9	0,9051	0,260	6,9	0,9347	0,160

Annexe (3)

❖ Programmation dans la matlab

1. fiabilité

- Densité de probabilité

1. clc
2. clear
3. B=0.878745
4. n=8170.58
5. t=0:0.1:8000;
6. f= (exp(-(t/n).^B)).*((B/n)*(t/n).^(B-1));
7. plot(t,f,'r')
8. grid

- **Fonction de répartition**

1. clc
2. clear
3. B=0.878745
4. n=8170.58
5. t=0:0.1:8000;
6. F=1-exp(-(t/n).^B);
7. plot(t,F,'r')
8. grid

- **Loi de fiabilité**

1. clc
2. clear
3. B=0.878745
4. n=8170.58
5. t=0:0.1:8000;
6. R=exp(-(t/n).^B);
7. plot(t,R,'r')
8. grid

- **Taux de défaillance**

1. clc
2. clear
3. B=0.878745
4. n=8170.58
5. t=0:0.1:8000;
6. L=(B/n)*(t/n).^(B-1);
7. plot (t,L,'r')
8. grid

2. Maintenabilité:

1. clc
2. clear
3. u=0.017
4. t=0:0.1:800;
5. M=1-exp(-u*t);
6. plot(t,M,'r')
7. grid

3. Disponibilité:

1. clc
 2. clear
 3. u=0.017
 4. h=0.00027
 5. t=0:0.1:800;
 6. Dis=u/ (h+u) + ((u/h+u).*exp(-(h+u)*t));
 7. plot(t,Dis,'r')
 8. grid
-

Bibliographies

- [1] : Hathat Abdelkader Deblaoui Hicham. Thème (**Etude Analytique FMD D'une Turbine à Gaz 990**) Université Ouargla 2015.
- [2] : Guebbour Amine, Touati Mohamed .Thème (**Maintenance De La Turbine à Gaz MS5002C**) Université Media 2017-2018.
- [3] : Lucien Vivier, Edition Albin Michel (1965), (**Turbine à Vapeur Et à Gaz**).
- [4] : François -Xavier Dubois-Siemens Customer Day-(**Turbine à Vapeur**).
- [5] : Mme Kelai Siham Thème (**Construction D'une Ontologie a Partir De Base De Donnée Pour L'aide a La Maintenance Industrielle Application : Turbine à Vapeur**) Université Skikda.
- [6] : Benoit Fourneyron (**Inventeur De La Turbine**) Le Monde 03-10-2011.
- [7] : Tahir Raof, Dehouche Abdelaziz .Thème (**Commande En Puissance D'un Central Hydroélectrique**) Université Bejaia 2015.
- [8] : Document Energie Eolienne.
- [9] : Nasraoui Ilyas. Thème (**Analyse Et Simulation De Refroidissement Des Aubes D'une Turbine à Gaz**) Université Ouargla 2015-2016.
- [10] : **Documentation (Sb1 Bis SONATRACH).**
- [11] : Douaba Nadji, Berouba Slimane Thème (**Analyse Analytique FMD et AMDEC D'un Compresseur**) Université Ouargla 2016-2017.
- [12] : Khabbar Hocine, Hamdaoui Lakhdar .Thème (**Etude Analytique De La Maintenance Préventive D'un Compresseur à Vis- ATLAS COPCO GA15**) Université Ouargla 2017-2018.
- [13] : Cours-1-(**Etude Des Systèmes**).
- [14] : **Polycopie FMD 2013 (Fiabilité Maintenabilité Disponibilité).**
- [15] : Cours Fiabilité De 3^{ème} Licence 2018.
- [16] : Bellouar Ahmed, Beleulmi Salima cour FMD (**Fiabilité Maintenabilité Disponibilité**) Université Constantine 2013-2014.
- [17] : Gestion De Production (**La Méthode A.B.C**)
- [18] : TUV .Rheinland (**Outils Qualité Efficaces Pour La Résolution**)
- [19] : Douala Cameroun (**Documentation Sur La Gestion De Qualité**).
- [20] : Boukhrissi Meriem Thème (**AMDEC Application a La STEP D Ain Elhoutz**) Université Tlemcen 2015.
-

Résumé :

La maintenance des systèmes industriels est devenue un point nécessaire immédiatement de leur conception et de leur exploitation, tant, pour des questions de rentabilité et de qualité.

Alors dans ce cas en cherche le type de maintenance appropriée avec la rigueur économique qui impose l'optimisation de l'exploitation et de la qualité des produits sur la base de la réduction du ratio services et avec l'évolution très rapide des méthodes et outils liés à la maintenance, parmi ces outils ou machines liés à la maintenance, on trouve la turbine.

Le but de notre travail est l'étude de la maintenance de la turbine, étude des causes des différents endommagements, ainsi que l'étude de sa fiabilité, maintenabilité et disponibilité

Mots : turbomachine, turbine, fiabilité, disponibilité, maintenabilité, maintenance

ملخص :

صيانة الأنظمة الصناعية أصبح عنصر ضروري لتصميمها و استغلالها، وهذا من أجل التكلفة و النوعية، إذ في هذه الحالة نبحث عن أنواع الصيانة المناسبة مع مراعاة الجانب الاقتصادي الذي يتطلب تحسين الاستغلال و نوعية المنتج وذلك بالتخفيض من نسبة الخدمات، ومن بين هذه الأجهزة نجد العنفات.

و الهدف من عملنا هذا هو دراسة صيانة العنفات وأسباب الأضرار المختلفة وكذلك دراسة موثوقيتها وجاهزيتها و كيفية اختصار الوقت في صيانتها .

الكلمات الدالة : المحركات التوربينية، العنفة، الفاعلية، الوفرة، قابلية الصيانة، صيانة.

Abstract:

Maintenance of industrial systems has become a point of immediately necessary design and operations, as, for reasons of cost and quality. So in this case seek the appropriate maintenance guy with economic rigor that requires the optimization of the operation and the quality of products on the basis of reduced service ratio and the rapid evolution of methods and tools related to the maintenance of these tools or maintenance-related machines, there is the turbine.

The aim of our work is the study of maintenance of the turbine, studying causes of different damages, and the study of its reliability, maintainability and availability.

Keys: turbo, turbine, reliability, availability, maintainability, Maintenance.