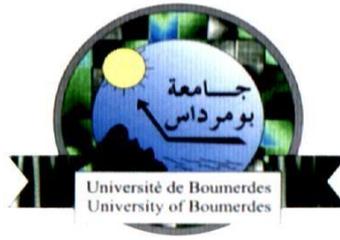


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Electromécanique
Spécialité : Maintenance industrielle

THEME

Etude FMDS de la Pompe Alimentaire

Présenté par :

DAFAL ZINE EDDINE

BOUALLOUL HOUSSAM EDDINE

Promoteur : Pr. Hamid Aknouche

Promotion 2021- 2022

Remerciements

On premier lieu on remercie le tout puissant et miséricordieux (Allah). Pour avoir guidé nos pas et permit de réussir mes études.

Tout particulièrement et à témoigner tous nos reconnaissances aux personnels de la centrale de Ras-Djinet à leurs tête notre encadreur Mr Hemmadi Hakim pour leur chaleureux accueil et leur aide et coopération professionnelle depuis le début de la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements et notre profonde gratitude vont d'abord à Mr Aknouche Hamid notre promoteur pour nous avoir dirigé, orienté et soutenu tout au long de ce travail.

On remercie par anticipation tous les membres du jury d'avoir accepté d'examiner et de juger notre travail.

Nous présentons aussi nos sincères remerciements à tous les enseignants qui nous ont enseigné durant notre carrière d'étude jusqu'à la fin.

En fin, nous remercions toutes les personnes qu'ils nous aidées et contribués de près ou de loin pour l'élaboration et l'achèvement de ce travail.

DAFAL ZINE EDDINE et BOUALLOUL HOUSSAM EDDINE

DEDICACES

*A nos chers parents que mille de
dédicace ne puissent exprimer
nos sincères sentiments pour
leur patience illimitée, leur aide,
en témoignage de notre profond
amouret respect pour leurs
grands sacrifices.*

*Mes chers frères et sœurs pour
leur grand amour et leur soutien
qu'ils trouvent ici l'expression de
ma haute gratitude.*

A tous les membres de la famille.

A Mr H.Aknouche

*A Nos enseignants et tous nos
amis.*

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Introduction général	1
CHAPITRE I : présentation de la centrale électrique de Ras Djinet	
Introduction	2
I.1 Présentation et fonctionnement de la centrale.....	2
I.1.1 Situation de la centrale.....	2
I.1.2 Historique.....	2
I.2 Constitution de la centrale	3
I.2.1 La chaudière	5
I.2.2 La turbine	7
I.2.3 L'alternateur.....	7
I.2.4 Le transformateur	8
I.2.5 Le poste d'eau	9
I.2.6 Les différents auxiliaires	12
I.2.7 Principe de fonctionnement.....	15
Conclusion.....	16
CHAPITRE II : Description de la pompe alimentaire	
Introduction	17
II.1 Rôle d'une pompe	17
II.2 Les types des pompes	18
II.2.1 Typologie des pompes	18
II.2.2 Turbopompe	18
II.3 La pompe alimentaire	19
II.3.1 Les composants de la pompe alimentaire.....	21
II.3.2 Le principe de fonctionnement de la pompe alimentaire	25
II.4 Système de graissage de la pompe alimentaire.....	25
II.5 Le refroidissement du système de lubrification (huile et le graissage)	25
II.6 La codification	25
Conclusion.....	26
CHAPITRE III : Calcule FMDS	
Introduction	27
III.1 La fiabilité.....	27
III.1.1 Définitions.....	27
III.1.2 Types de fiabilité	27
III.1.3 Qualité et Fiabilité	28
III.2 La loi de Wei bull.....	29
III.2.1 Paramètres de la loi.....	29
III.2.2 La disponibilité.....	32
III.2.3 La maintenabilité	33
III.2.4 Assurance de la maintenabilité	34

III.2.5	La maintenabilité et La disponibilité	34
III.3	PARTIE CALCUL	35
III.3.1	Classement des TBF par ordre croissant de la machine	35
III.3.2	Table des valeurs	36
III.3.3	Détermination des paramètres de Weibull	38
III.3.4	Représentation des résultats de l'étude de fiabilité	39
III.3.5	Etude de maintenabilité et de disponibilité.....	40
III.3.5	Interprétation de courbe de la figure	41
III.3.6	La sécurité	41
III.3.7	Evaluation de la sécurité	41
III.3.8	Relation entre fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité.....	42
III.3.9	La Sdf.....	42
Conclusion général	44

LISTES DES FIGURES

Figure I. 1 Une tranche thermique.....	4
Figure I. 2 Images des trois corps de la turbine à vapeur.....	7
Figure I. 3 L'alternateur.....	8
Figure I. 4 Le transformateur.....	9
Figure I. 5 Le condenseur.....	9
Figure I. 6 La bêche alimentaire.....	10
Figure I. 7 Réchauffeur HP.....	12
Figure I. 8 station de pompage.....	13
Figure I. 9 salle de commande.....	14
Figure II. 1 installation de pompe.....	17
Figure II. 2 organigramme Typologie des pompes.....	18
Figure II. 3 Pompe alimentaire.....	20
Figure II. 4 Composants de la pompe alimentaire.....	24
Figure III. 1 Evolution de la fiabilité opérationnelle pendant la durée de vie.....	28
Figure III. 2 Caractéristique de certains modes de défaillance.....	30
Figure III. 3 Paramètre de forme.....	30
Figure III. 4 Paramètre d'échelle.....	31
Figure III. 5 Paramètre de position.....	31
Figure III. 6 Assurance de la maintenabilité.....	34
Figure III. 7 Papier Weibull.....	37
Figure III. 8 La courbe de fiabilité R (t).....	39
Figure III. 9 Relation entre fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité.....	41
Figure III. 10 Sécurité, Qualité, Maintenance des démarches complémentaires.....	42

LISTES DES TABLEAUX

Tableau II. 1 Caractéristiques de la pompe alimentaire	21
Tableau II. 2 Caractéristiques de la pompe nourricière	22
Tableau II. 3 Caractéristiques du moteur électrique	22
Tableau II. 4 Caractéristiques du coupleur hydraulique	23
Tableau II. 5 Caractéristiques de la pompe principale	24
Tableau III. 1 Classement des TBF par ordre croissant de la machine.	35
Tableau III. 2 Table des valeurs de la machine	36
Tableau III. 3 Récapitulatif des paramètres.....	39

Liste des abréviations

N : nombre de panne

N_i : rang

$F(i)$: la formule d'approximation des ranges moyens

TA : temps d'arrêt

TBF : temps de bon fonctionnement

MTBF : moyenne de temps de fonctionnement

δ : l'écart type

$R(t)$: probabilité de bon fonctionnement

$f(t)$: la densité de probabilité

$F(t)$: probabilité de défaillance cumulée

$\lambda(t)$: taux de défaillance

TTR : temps technique de réparation

MTTR : moyenne des temps techniques de réparation

D : la disponibilité

I : l'indisponibilité

β : paramètre de forme

η : paramètre d'échelle

γ : paramètre de position

B : coefficient

A : coefficient

Résumé :

Ce présent travail initié dans le cadre du projet de fin d'étude est dédié à la problématique liée à la gestion de la maintenance et surtout l'expertise du parc machines de l'entreprise SONELGAZ de Cap Djinet. Cette étude qui vient couronner nos cursus scolaires et nous a permis d'appliquer quelques concepts théoriques acquis lors de notre formation. Ce travail, s'est basé sur une étude de sureté de fonctionnement, en intégrant la fiabilité, maintenabilité disponibilité et sécurité introduisant la théorie de Weibul. Ces éléments sont d'une importance primordiale dans l'industrie, surtout celle dite « stratégique ». Les résultats de cette étude qui s'est limitée juste aux pompes alimentaires nous renseigne sur une fiabilité acceptable et un taux de défaillance très réduit, cette étude nous aussi renseignée sur le paramètre de forme β qui est 0,8.

Mots clés : Maintenance, Fiabilité, Maintenabilité, SdF , Weibul, Pompes.

Abstract :

This present work initiated within the framework of the project of end of study is dedicated to the problematic related to the management of the maintenance and especially the expertise of the park machines of the company SONELGAZ of Cap Djinet. This study which comes to crown our school courses and allowed us to apply some theoretical concepts acquired during our training. This work is based on a study of operational safety, integrating reliability, maintainability, availability and security introducing the theory of Weibul. These elements are of primary importance in the industry, especially the so-called "strategic" one. The results of this study which was limited just to food pumps inform us about an acceptable reliability and a very reduced failure rate, this study also informs us about the shapeparameter β which is 0,8.

Key words: Maintenance, Reliability, Maintainability, SoF, Weibul, Pumps.

ملخص:

هذا العمل الحالي الذي بدأ في إطار مشروع نهاية الدراسة مكرس للمشكلة المتعلقة بإدارة الصيانة وخاصة خبرة حديقة الماكينات التابعة لشركة SONELGAZ في Cap Djinet. هذه الدراسة التي تتوج مناهجنا المدرسية وسمحت لنا بتطبيق بعض المفاهيم النظرية المكتسبة أثناء تدريبنا. استند هذا العمل إلى دراسة الاعتمادية، ودمج الموثوقية، وقابلية الصيانة، والتوافر والأمان، وتقديم نظرية Weibul. هذه العناصر ذات أهمية قصوى في الصناعة، وخاصة ما يسمى "الاستراتيجية". تخبرنا نتائج هذه الدراسة، التي اقتصر على مضخات الطعام، عن موثوقية مقبولة ومعدل فشل منخفض جداً، تخبرنا هذه الدراسة أيضاً عن معلمة الشكل β وهي 0,8.

الكلمات المفتاحية: الصيانة، الموثوقية، الصيانة، SdF، Weibul، المضخات.

Introduction générale

Introduction générale

L'industrie de production de l'énergie électrique est l'une des industries les plus répandues et les plus utiles dans le monde ; qu'elle s'agisse de l'électricité domestique ou industrielle, dont le réseau de production d'électricité couvre pratiquement les cinq continents.

Pour cela, l'Algérie ouvre ses champs d'investissement dans le secteur d'énergie par les moyens matérielle et humains afin d'élargir son exploitation à travers le territoire national pour mettre fin aux problèmes de besoin en énergie électrique.

Les centrales thermiques sont des installations qui transforment la chaleur fournie par une source d'énergie en énergie électrique, cette dernière est produite par divers moyens

La centrale thermique de Ras-Djinet, c'est une centrale thermique à vapeur qui fait appel aux caractéristiques thermodynamiques de l'eau de mer dans un but de transformation d'énergie. La combustion s'opère à l'intérieur d'une chaudière dans laquelle des tubes assurent une circulation d'eau. La transformation de cette dernière en vapeur entraîne une turbine associée à un alternateur producteur d'énergie électrique.

Dans ce cadre que se situe notre mémoire de fin d'étude le sujet qui nous a été proposé par la centrale thermique de Ras-Djinet l'étude de fiabilité et la maintenance de la pompe alimentaire c'est une machine stratégique qui sert à alimenter la chaudière en eau chaud.

Notre mémoire basée sur quatre chapitres suivants :

Le premier chapitre contenant un petit résumé sur la présentation de l'unité et les principaux éléments dans la centrale et son fonctionnement.

Le deuxième chapitre entame en décrivant la pompe alimentaire, ces éléments constituent et son fonctionnement.

Le troisième chapitre contient l'étude de FMDS de la pompe alimentaire.

CHAPITRE I :
*Présentation de la Centrale électrique de
Ras Djinet*

Introduction :

Une centrale électrique est un site industriel de l'électricité en grande quantité. Les centrales électriques transforment des sources d'énergie naturelles en énergie électrique, afin d'alimenter en électricité de consommateurs, particuliers ou industriels relativement lointain. Le réseau électrique est utilisé pour transporter et distribuer l'électricité jusqu' aux consommateurs.

I.1 Présentation et fonctionnement de la centrale :

I.1.1 Situation de la centrale :

La centrale est située au nord de la wilaya de Boumerdès, au bord de la mer, à 30 Km à l'est du centre de la wilaya, et a 1 Km à l'ouest de la ville de Ras Djinet. Cette centrale est constituée entre 1980a 1986 en vue de renforcer l'alimentation en énergie électrique du pays, la première tranche d'énergie fournie au réseau de distribution a été effectuée le 17 juin 1986. [1]

I.1.2 Historique :

La centrale thermique de Ras Djinet a été construite par un groupe Austro-allemand SIEMENS-SGP qui avait la responsabilité des études, de la supervision du montage et du contrôle d'ouvrage, ainsi que d'une entreprise Espagnole DRAGADOS à la quelle a été confiée la réalisation de la prise d'eau de mer.

Les principales entreprises Algériennes qui ont participé à la réalisation de la centrale sont : GENIE SIDER, ENCE, ETTERKIBE, INERGA, SNLB, PROSIDER, ENATUB, SNIC, GTP, SONATRAM et SOGEP.

Les principaux contrats ayant été signés en 1980, les travaux de terrassement ont démarré en 1981, et les travaux de montage ont commencé en 1984. Les principales opérations sont réalisées selon le calendrier suivant :

- Travaux de génie civil : 1984- 1985.
- Montage mécanique : 1984- 1986.
- Montage électrique : 1984- 1986.

La mise en service des groupes de production s'est déroulée comme suit :

- Groupe 1 en Décembre 1985.
- Groupe 2 en Avril 1986.
- Groupe 3 en Septembre 1986.

- Groupe 4 en Décembre 1986.

Donc la centrale de Ras Djinet est venue renforcer le parc de production d'énergie électrique en 1986 avec une puissance de 672MW. Elle se compose de 4 monoblocs de type thermique à vapeur d'une puissance de 176MW chacun.

La première fourniture d'énergie électrique au réseau s'est effectuée le 17 Juin 1986. [1]

1.2 Constitution de la centrale :

La centrale thermique de Cap Djinet est composée au plusieurs organes composés de 04 groupes d'une puissance de 176 MW comprenant des installations communes :

- Station de pompage d'eau de mer
- Poste de détente gaz naturel
- Poste de fuel
- Station de dessalement et de déminéralisation d'eau de mer
- Station d'électro chloration
- Salle des compresseurs d'air comprimé de travail et de régulation

Et pour chaque groupe :

- Poste de fuel.
- Générateur de vapeur (chaudière).
- Turbine à vapeur.
- Condenseur.
- Alternateur.
- Auxiliaires électriques.
- Salle de commande centralisée.
- Transformateur principale d'évacuation de l'énergie.
- Dessalement de l'eau de mer.

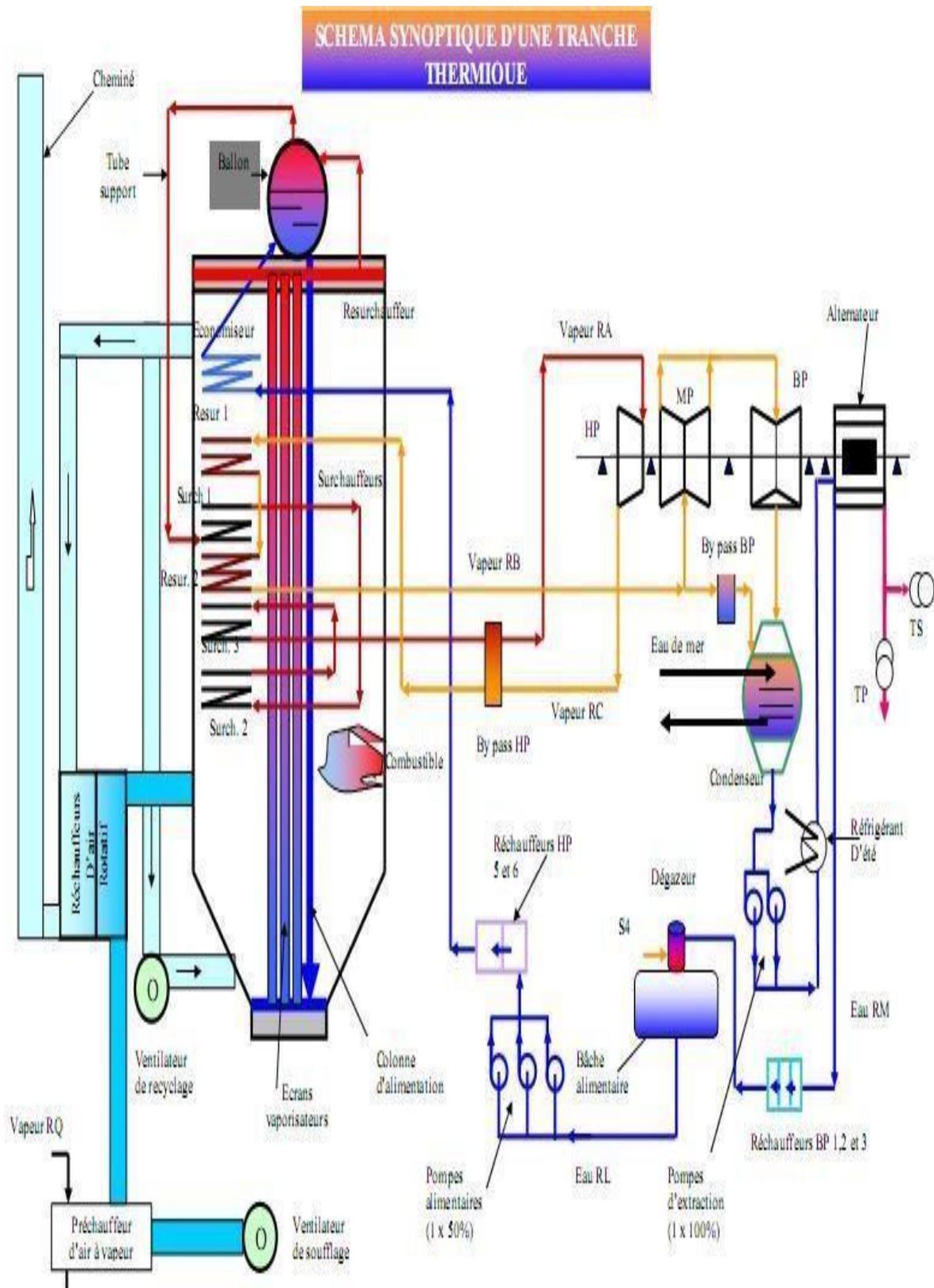


Figure I. 1 Une tranche thermique.

I.2.1 La chaudière :

Le rôle de ce générateur de vapeur est de faire passer l'eau d'alimentation de l'état liquide à l'état de vapeur surchauffée, à haute pression, en vue d'alimenter la turbine. Il est à circulation naturelle, doté d'une chambre de combustion, avec surchauffe.

Caractéristiques :

- Capacité de vaporisation 540 t /h
- Température dans le foyer 900 °C
- Température de vapeur surchauffée..... 540 °C
- Pression à la sortie des surchauffeurs 147 bar
- Température de la vapeur resurchauffé ...535 °C
- Température de l'eau d'alimentation.....246 °C

I.2.1.1 Les composants de générateur :

● Economiseur :

C'est un échangeur de chaleur ; constitué d'un serpentin en fin de parcours des gaz de combustion, l'eau en provenance du poste de réchauffage, alimente les soutirages de la turbine, se réchauffe dans l'économiseur avant son introduction dans le ballon, à une température inférieure à celle d'ébullition.

● Caractéristiques :

- Surface d'échange 2080m²
- Volume d'eau.....10.5m³
- Pression de service 164.3 bar

● Un ballon

C'est un réservoir placé au-dessus de la chambre de la combustion, qui renferme de l'eau à l'état liquide provenant de l'économiseur alimentant les tubes écrans vaporisateurs et de l'eau à l'état vapeur provenant des tubes écrans pour l'alimentation des surchauffeurs.

Ses caractéristiques sont :

- Pression de service 160 bar
- Volume d'eau..... 26.9m³

- **Les colonnes de descente et des tubes écrans**

Les tubes écrans constituant les parois de la chambre de combustion, sont alimentés à leur partie inférieure par quatre colonnes dites de descente. La chaleur reçue par ces tubes, essentiellement par rayonnements, est transmise à l'eau en vue de sa vaporisation.

- **Les surchauffeurs**

Les surchauffeurs, au nombre de trois (primaire, secondaire et tertiaire), permettant grâce à la récupération de la chaleur sensible des fumées provenant du foyer, d'élever la température de la vapeur au-delà du point de saturation pour atteindre la valeur de 540°C, et ce, afin d'éliminer l'humidité contenue dans cette vapeur et donc d'améliorer le rendement de la turbine et ainsi diminuer la consommation du combustible.

- **Les désurchauffeurs**

Une partie de l'eau d'alimentation est déviée avant son entrée dans l'économiseur dans un circuit annexe et injectée dans la vapeur surchauffée à un étage intermédiaire de surchauffe. Elle sert au réglage de la température de vapeur à la sortie de la dernière surchauffeur.

L'injection de cette eau de désurchauffe dans la vapeur se fait par pulvérisation dans un mélange appelé désurchauffeur.

- **Les brûleurs**

Le générateur de vapeur est équipé de huit brûleurs fonctionnent au gaz naturel ou fuel léger. Ils sont disposés sur quatre étages de la face avant la chaudière.

- **Chambre de combustion**

Elle représente la source de chaleur du générateur de vapeur. Elle est constituée de tubes écrans qui reçoivent la chaleur émise par les flammes des brûleurs.

- **Ventilateurs de soufflage**

Les ventilateurs de soufflage ont pour rôle d'acheminer au générateur de vapeur l'air nécessaire à la combustion (gaz naturel ou fuel). Ils aspirent l'air de l'extérieur et le font parvenir aux brûleurs à travers pré chauffeur à vapeur et le réchauffeur rotatif. Chaque tranche est équipée de deux

ventilateurs, chacun peut assurer 60% du débit nominal.

- **Ventilateurs de recyclage**

Chaque tranche est équipée de deux ventilateurs de recyclage (ou de recirculation) des fumées. Ils aspirent une partie des gaz de combustion à la sortie de la chaudière (avant le réchauffeur d'air) et l'injectent dans la partie basse de la chambre de combustion. Ce système permet un gain de rendement, surtout à basse charge.

I.2.2 La turbine :

Elle a pour rôle de transformer l'énergie thermique contenue dans la vapeur provenant de la chaudière en un mouvement de rotation de l'arbre, le travail mécanique obtenu sert à entraîner l'alternateur. La turbine est composée de trois corps : haute pression (HP), moyenne pression (MP) et basse pression (BP). Elle comporte six (06) soutirages qui alimentent (03) réchauffeurs (BP), (02) réchauffeurs (HP), et la bêche alimentaire. Le rotor de la turbine est accouplé avec l'alternateur, et l'ensemble tourne à une vitesse constante réglée à 3000 tr.



Figure I. 2 Images des trois corps de la turbine à vapeur.

I.2.3 L'alternateur :

C'est un générateur d'électricité. Il sert à transformer l'énergie mécanique produite par l'arbre de la turbine en énergie électrique. C'est un alternateur à pôles lisses et le courant électrique créé est un courant alternatif triphasé dont les caractéristiques sont :

- La puissance maximale produite..... 176 MW.
- La tension 15,5 KV.
- La fréquence 50 Hz.
- L'intensité du courant.....8195 A.

Cette transformation dégage une grande quantité de chaleur, d'où la nécessité de refroidir l'alternateur. Le refroidissement se fait par un circuit fermé à Hydrogène qui est lui-même refroidi à l'eau déminéralisée.

- **Système de l'alternateur :**

L'alternateur comprend les éléments suivants :

- Enroulements stationnaires du stator.
- Rotor.
- Enroulement de champ du rotor.



Figure I. 3 L'alternateur.

I.2.4 Le transformateur :

Un transformateur électrique est un convertisseur permettant de modifier les valeurs de tension délivrées par une source d'énergie électrique alternative, en un système de tension de valeurs différentes, mais de même fréquence et de même forme.

Vu que la tension au niveau de l'alternateur est faible, le courant électrique est très important, il est nécessaire de réduire les pertes par effet Joule en passant par un transformateur de tension. Dans le cas présent on utilise un transformateur de 15,5 KV à 220 KV, et une puissance de 220 MW à travers un disjoncteur coupleur. Le refroidissement du transformateur se fait par une circulation forcée d'huile en

circuit fermé qui est lui-même refroidie par l'air.



Figure I. 4 Le transformateur.

I.2.5 Le poste d'eau :

Le poste d'eau comprend l'ensemble des appareils depuis l'échappement de la turbine jusqu'à l'entrée de l'économiseur de la chaudière et est constitué des éléments suivants :

- a) Le condenseur.
- b) La bêche alimentaire et le dégazeur.
- c) Les pompes (d'extraction et d'alimentation).
- d) Les réchauffeurs HP
- e) Les réchauffeurs BP.

a- Le condenseur

Le condenseur utilisé est un échangeur à échange par surface, il est placé sous le corps basse pression (BP) de la turbine. La vapeur se condense au contact des parois des tubes, dans lesquelles passe l'eau de refroidissement de mer. L'échange de chaleur est de types fluides séparés à faisceaux tubulaires



Figure I. 5 Le condenseur.

b- La bache alimentaire :

C'est un réservoir cylindrique où a lieu le dégazage de l'eau, l'eau sortant des réchauffeurs basse pression (BP) se conduit vers la bache alimentaire, cette dernière joue le rôle d'un échangeur à mélange (réchauffeur), l'eau est chauffée alors par le soutirage (S4) du corps moyenne pression (MP) de la turbine. L'eau se réchauffe jusqu'à la température de saturation correspondant à la pression de soutirage, en condensant la vapeur qui est prélevée à la turbine.

Le niveau de l'eau et de vapeur reste constant pendant le fonctionnement du groupe. La bache alimentaire appelée aussi "la bache dégazant" parce qu'elle dégage les gaz étrangers incondensables vers l'atmosphère avec deux (02) tuyauteries d'évacuation



Figure I. 6 La bache alimentaire

c- Les pompes

c.1- Les pompes d'extraction :

Ce sont des pompes centrifuges à quatre (04) étages, leur rôle est d'acheminer l'eau condensée (condensât) jusqu'à la bache alimentaire en traversant les trois (03) réchauffeurs basses pression (BP), les réfrigérants d'été, le condenseur de buées ainsi que les éjecteurs de service.

On trouve deux (02) pompes par groupe, l'une en marche et l'autre en réserve en cas de panne, avec une tension de 63 KV et une puissance de 300 KW.

Caractéristiques des pompes d'extraction :

- Pression de service (hauteur totale) 16,8 bars.
- Pression (hauteur à débit nul) 19, 7 bars.
- Débit nominal 414 m³/h.
- Température de sortie..... 33 °C.

c.2- Les pompes d'alimentations

Elles ont pour rôle d'aspirer de l'eau de la bêche alimentaire pour refouler dans le réservoir de la chaudière en traversant les réchauffeurs haute pression (HP) et l'économiseur du générateur de vapeur.

On distingue deux types de pompes :

- Pompes nourricières

Ce sont de type centrifuge à un étage, elles servent à augmenter la pression de l'eau d'alimentation de 4,9 bars jusqu'à 11 bars avec un débit de 261,6 t/h.

- Pompes principales

Ce sont de type centrifuge radial à 06 étages, elles sont placées en aval des pompes nourricières servant à augmenter la pression de l'eau de 11 bars jusqu'à 177 bars.

Pour chaque groupe, on trouve trois (03) pompes nourricières liées à trois (03) principales, seulement deux d'entre elles sont suffisantes pour un fonctionnement normal. Chaque groupe de pompes d'eau d'alimentation est commandé par un moteur commun d'une tension de 6,3 KV et une puissance de 300 KW.

d- Les réchauffeurs bas pression (BP) et haute Pression (HP)

d.1- Les réchauffeurs basses pression (BP) :

Le rôle de ces trois (03) réchauffeurs est de réchauffer le condensât lors de son transfert vers la bêche alimentaire. Ils sont alimentés par les trois (03) sous tirages (S1), (S2) et (S3) qui viennent du corps (BP) de la turbine. Les réchauffeurs utilisés sont des échangeurs de chaleurs à échange par surface. Ils sont positionnés horizontalement en tube (en forme U), et l'écoulement de condensât se fait en cascade, dans le coté tube circule le condensât principal et dans le coté enveloppe circule la vapeur, et la température dépasse les 100 °C.

d.2- Les réchauffeurs haute pression (HP) :

Ils sont de nombre de deux (02), leur rôle est de réchauffer l'eau d'alimentation lors de son transfert dans la chaudière. Ils sont alimentés par les deux soutirages (S5) et (S6) provenant respectivement du corps moyen pression (MP) et basse pression (HP) de la turbine.

Les réchauffeurs utilisés sont des échangeurs de chaleur à échange par surface. Ils sont positionnés verticalement avec tubes courbés en forme de serpent, dans le côté enveloppe circule la vapeur, et dans le côté tube circule l'eau d'alimentation (condensât) avec une pression de 160 bars et une température de 145 °C.



Figure I. 7 Réchauffeur HP.

I.2.6 Les différents auxiliaires :

- **Une station de production d'hydrogène**

Son rôle est de produire l'hydrogène nécessaire pour le refroidissement des quatre (04) alternateurs de la centrale.

- **Un poste de détente gaz**

Il est composé de deux (02) lignes de filtration gaz, ainsi que trois (03) lignes de régulation pour la détente gaz, de 60 à 6 bars.

- **Un poste de stockage du fuel**

Ce sont deux (02) réservoirs d'une capacité de 10000 m³ chacun. Utilisée en cas d'absence de gaz ou en cas d'incidents sur la conduite d'alimentation de gaz.

- **Une station de pompage de l'eau de mer**

Trois conduites de 03 mètres de diamètres sont installées à une profondeur de 06 mètres de la surface de la terre avec une longueur de 900 mètres dans la mer, ce qui permet à l'eau de passer automatiquement vers le bassin par la différence de potentiel (de niveau).

La filtration d'eau de mer s'effectue en deux étapes :

- 1)- une première filtration s'effectue au niveau des grilles à grappins pour stopper et récupérer les gros déchets et organismes arrivant avec l'eau de mer.
- 2)- une deuxième filtration s'effectue au niveau des tambours filtrants pour la récupération des organismes de petite taille qui n'ont pas pu être stoppés par les grilles à grappins.



Figure I. 8 station de pompage.

- **Une unité d'électro chloration**

Elle a pour rôle de protéger le circuit d'eau de mer (condenseur, conduites ...) contre tout encrassement pouvant être causé par les micro-organismes marins. Elle se fait par injection d'une quantité de 150 kg/h d'hypochlorite de Sodium.

En condition de chloration continue, 104000 m³/h d'eau de circulation sont continuellement Chlorés.

- **Une unité de dessalement**

Quatre (04) unités de dessalement de l'eau de mer d'une capacité de 336 m³/jour pour chacune sont utilisées. L'eau de mer est vaporisée pour lui enlever le sel puis condensée, en suite stockée dans deux bâches d'une capacité de 2700 m³ chacune.

- **Une unité de déminéralisation**

Deux chaînes de déminéralisation (Filtres à lit mélangés) de 40 m³/h chacune parachève le

traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle et stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux (02) réservoirs de 1500 m³ Chacun.

- **Eau de réfrigération secondaire (déminéralisée)**

C'est l'eau déminéralisée stockée dans une bache de 5m³ circulant en circuit fermé. Il sert au refroidissement de certains organes tel que (huile de graissage pompe alimentaire, huile de graissage turbine, huile de graissage compresseur d'air, huile de graissage réchauffeur rotatif...Etc.

Rejet qui aboutit à la mer.

- **Système de surveillance d'alarme et d'analyse**

Pour garantir une bonne conduite de groupe de production des paramètres d'exploitation (température, pression, niveau de l'eau, vibration ...), des déficients équipement du groupe sont indiqués, enregistré en permanence en salle de commande et signalés en cas de dépassement de seuil. Pour une meilleure analyse en cas d'incident un consigneur d'état est installé, il permet d'enregistrer l'alarme dans un ordre chronologique.

- **Salle de commande centralisée**

Chaque paire de tranches est contrôlée et réglée depuis une salle de commande. La salle de commande pour chaque paire de tranches comprend :

- Deux (2) pupitres de conduite
- Deux tableaux verticaux où sont rassemblés les organes des commandes et les appareils d'enregistrement de la plus grande partie des paramètres
- Un tableau synoptique schématisant les auxiliaires électriques.



Figure I. 9 salle de commande

I.2.7 Principe de fonctionnement

Dans une centrale thermique à vapeur, la production de l'énergie électrique comporte trois phases.

- 1- La transformation de l'énergie chimique du combustible en énergie calorifique de la vapeur dans la chaudière.
- 2- La transformation de l'énergie calorifique en énergie mécanique par la turbine.
- 3- La transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique par l'alternateur.

Le condensât est extrait par la pompe d'extraction pour l'acheminer vers la bache alimentaire en passant par le réfrigérateur d'été, les réfrigérants d'hydrogène de l'alternateur et par les réchauffeurs BP.

L'eau d'alimentation de bache alimentaire sera refoulée par la pompe alimentaire vers la partie inférieure du ballon chaudière en passant par les réchauffeurs HP 5 et 6 pour le réchauffeur à une température de 250°C sous une pression de 164.3 bars avant d'être introduite dans l'économiseur de 300°C et une pression de 160 bars.

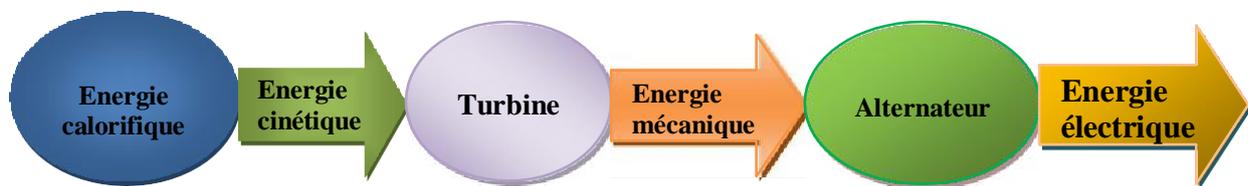
Ce mélange (eau, vapeur) sera vaporisé en descendant dans des colonnes d'alimentation qui traversant les huit brûleurs qui fonctionnent en présence d'oxygène fournis par le ventilateur de soufflage, la vapeur prend une température de 540°C et une pression de 160 bars.

La vapeur est canalisée dans les écrans vaporisateurs jusqu'à la partie supérieure du ballon chaudière et s'achemine vers le corps HP de la turbine en passant par les trois surchauffeurs. La vapeur RC se rend au corps BP de la turbine après le passage par des resurchauffeurs 1 et 2 où elle est portée à 540°C et 48 bars puis vers le corps MP. A la sortie de corps MP la vapeur à une pression de 30 bars. L'effet de la vapeur dans les trois corps de la turbine est de fournir l'énergie mécanique au l'alternateur qui produit l'énergie électrique.

- 168 MW sont évacués à travers un transformateur élévateur principal (TP) :
- (15.5 kV/225 KV).

- 8 MW servent à l'alimentation des auxiliaires du groupe. L'alimentation se fait à travers
- Un transformateur abaisseur de soutirage (TS) : (15.5 kV/6.3 kV).
- Le disjoncteur machine BBC à commande d'air comprimé (P=30 bars), sert à protéger l'alternateur contre les défauts électriques.
- Disjoncteurs ligne 220 KV à gaz SF6 à commande hydraulique (P=315 bars), sert à protéger le groupe contre les défauts extérieurs.

Tous ses auxiliaires sont alimentés à travers le transformateur de soutirage [1].



Conclusion

Dans ce chapitre on fait une présentation générale de la centrale thermique de Ras Djinet et le principe de fabrication de l'électricité, des détails sur la construction et fonctionnement de certains équipements sont donnés.

Dans le chapitre suivant on va représenter un élément très important dans le circuit d'eau d'alimentation (la pompe alimentaire).

CHAPITRE II :

Description de la pompe alimentaire

Introduction

Les pompes sont des machines servant à élever les liquides ou les mélanges deliquides d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, ou refouler les liquides d'une région à faible pression Les pompes sont des machines hydrauliques qui servent à déplacer le liquide, au point de vue physique, la pompe transforme l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique vers une région à haute pression. [4]

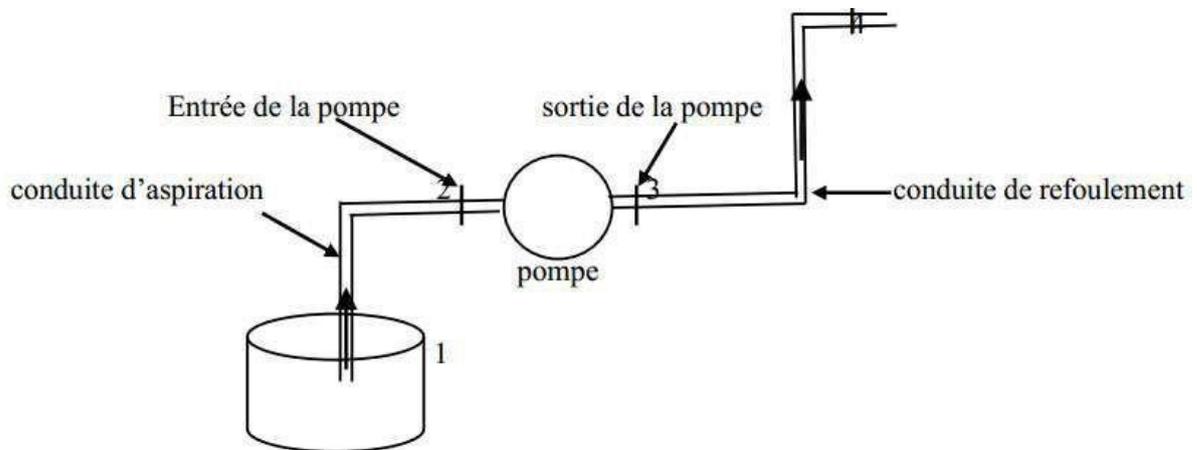


Figure II. 1 installation de pompe

Le fonctionnement d'une pompe consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration et la région de refoulement au moyen de l'organe active de la pompe. Du point de vue physique, la pompe transforme l'énergie mécanique de son moteur d'entraînement en énergie hydraulique.

II.1 Rôle d'une pompe

Les pompes sont utilisées :

- Véhiculer un liquide d'un réservoir situé à un certain niveau à un autre situé au niveau plus haut.
- Augmenter la quantité (le débit) de liquide qui traverse une conduite D'une manière générale, et du point de vue physique, la pompe transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique.[5]

II.2 Les types des pompes

II.2.1 Typologie des pompes

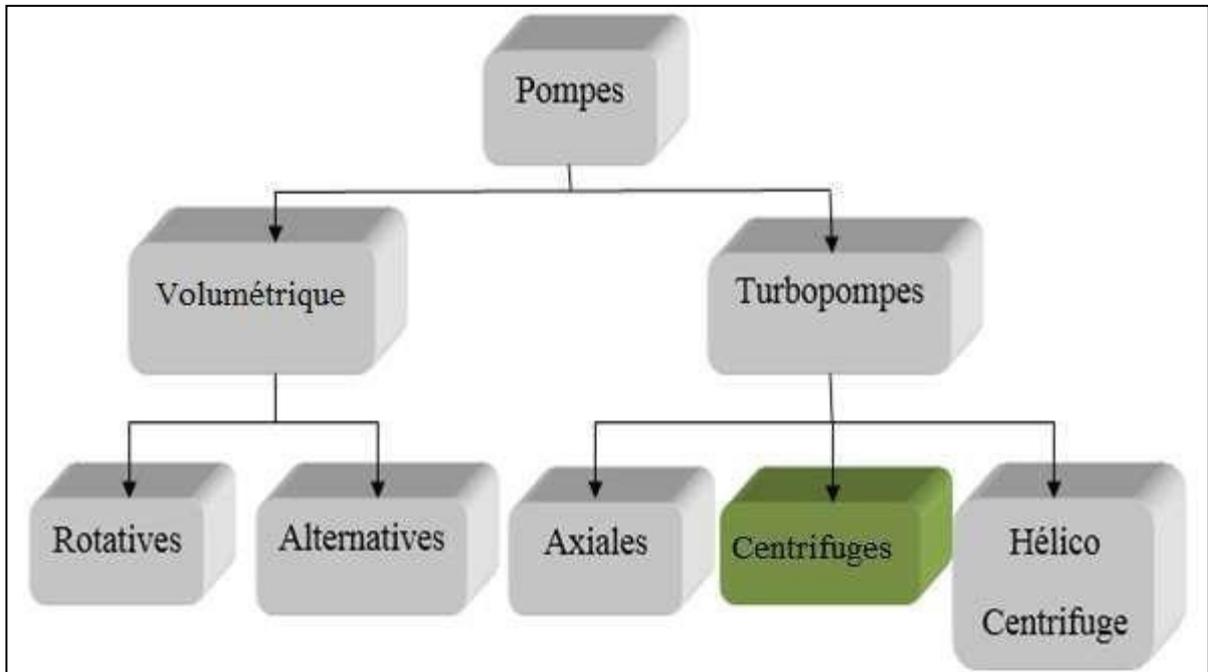


Figure II. 2 organigramme Typologie des pompes

II.2.2 Turbopompe

II.2.2.1 Les pompes centrifuges

La pompe centrifuge est une machine tournante qui grâce à un rotor à aubes convenablement orientées augmente l'énergie cinétique et projette à l'aide de la force centrifuge le liquide à la périphérie de la volute.

A la sortie et à l'aide d'un divergent, une grande partie de l'énergie cinétique se transforme en pression motrice. [4] [2]

❖ Description d'une pompe centrifuge :

La pompe centrifuge est constituée et composée essentiellement par 03 principaux organes :

a) Distributeur :

C'est un organe fixe ayant pour rôle la conduite du liquide depuis la section d'entrée de la pompe jusqu'à l'entrée de l'impulseur, il se réduit à une simple tuyauterie pour les pompes monocellulaires.

b) L'impulseur (la roue) :

C'est l'âme de la pompe centrifuge, il comporte des aubes ou ailettes, qui grâce à leur interaction avec le liquide véhiculé transforme l'énergie mécanique en énergie de pression dans le récupérateur. L'impulseur se compose du moyeu, des bagues d'étanchéité, et des flasques.

c) Le récupérateur (l'enveloppe) :

C'est un organe fixe qui collecte le liquide à la sortie de la roue et le canalise vers la section de sortie de la pompe avec la vitesse désirée. Le récupérateur se compose en général de deux parties :

- **Le diffuseur** : a pour rôle de transformer l'énergie cinétique en énergie de pression, et ainsi limiter la vitesse du liquide pour éviter les pertes de charges exagérées.
- **La volute** : c'est le collecteur du liquide venant du diffuseur, elle assure la transformation d'énergie cinétique en pression et canalise le liquide vers la section de sortie de la pompe [3]

II.2.2.2 Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge

On peut décomposer le fonctionnement en deux étapes :

a) L'aspiration :

Le liquide est aspiré au centre de la roue par le distributeur dont le rôle est de conduire le fluide depuis la conduite d'aspiration jusqu'à la section d'entrée de la roue. La pompe étant amorcée, c'est à dire pleine de liquide, la vitesse du fluide qui entre dans la roue augmente et par conséquent la pression dans l'ouïe diminue et engendre ainsi une aspiration et maintient l'amorçage.

b) Le refoulement :

La roue transforme l'énergie mécanique appliquée à l'arbre de la machine en énergie cinétique. A la sortie de la roue, le fluide se trouve projeté dans la volute dont le but est de collecter le fluide et de le ramener dans la section de sortie. La section offerte au liquide étant de plus en plus grande, son énergie cinétique se transforme en énergie de pression.

II.3 La pompe alimentaire

La pompe alimentaire c'est une pompe centrifuge multicellulaire (6 étages), servant refouler l'eau d'alimentation de la bache alimentaire vers la chaudière. Chaque unité de production est équipée de trois pompes alimentaires identiques. Chacune de ces pompes assure une alimentation d'eau de « 50% » du débit maximal nécessaire.

Au cours de fonctionnement normal deux pompes en service assurent 100% du débit d'eau nécessaire, la troisième pompe est en secours (présélectionnée).

Chaque pompe est équipée de deux filtres, dont l'un est installé dans la pompe nourricière et l'autre est installée entre la pompe nourricière et la pompe principale. Pour atteindre une vitesse très élevée de la circulation d'eau, on ajoute un multiplicateur, ce dernier est installé sur l'arbre de la pompe. Le multiplicateur est monté à côté de moteur. Le coupleur hydraulique assure la transmission du couple à la pompe alimentaire (en introduisant une variation de vitesse en fonction du débit nécessaire au refoulement de la pompe) et le coupleur hydraulique est à grande vitesse.[5] [2]



Figure II. 3 Pompe alimentaire

Les conditions de fonctionnements des pompes alimentaires :

- Aspirent de l'eau chaude.
- Refoulent l'eau à une pression élevée.
- Assurent un débit d'eau important.
- Doivent avoir une grande sécurité de marche pour éviter les très graves conséquences de manque d'eau dans le générateur de vapeur.

Les caractéristiques de la pompe alimentaire sont données au tableau suivant :

Tableau II. 1 Caractéristiques de la pompe alimentaire

Type	Pompe centrifuge multicellulaire 6 étages
Fluide refoulé	L'eau d'alimentation
Le débit	262 t / h
T ° de l'eau	152 ° C
Pression de l'aspiration	11 bars
Pression de refoulement	176 bars
Longueur totale	8513 mm
Masse de la pompe	2 tonnes
Vitesse de rotation	5140 tr /min
Puissance absorbé	2320 kW

II.3.1 Les composants de la pompe alimentaire

Les pompes alimentaires sont composées selon l'ordre de placement sur le site d'une pompe nourricière, moteur asynchrone triphasé, un coupleur hydraulique et une pompe principale. L'ensemble à une longueur de 8513mm, et un poids de 2 tonnes.

a) La pompe nourricière

La pompe nourricière est une pompe centrifuge à un seul étage, elle sert à augmenter la pression de l'eau d'alimentation de 4 bars à 11 bars.

- **Principe de fonctionnement de la pompe nourricière**

La pompe nourricière fonction suivant le principe d'une mise en rotation du fluide pompé dans une roue tournante à grande vitesse (600 – 3500 tr/min). A la sortie de la roue, le fluide est canalisé dans un diffuseur, puis ralenti dans une volute et la pression dynamique acquise au niveau de la roue (énergie de vitesse ou cinétique) est transformée en pression statique (énergie de pression).

Tableau II. 2 Caractéristiques de la pompe nourricière

vitesse de rotation	N = 1492 tr /min
Pression de l'aspiration	Pa = 4 bars
Pression de refoulement	Pr =11 bars
Fluide refoulé	L'eau déminée
Débit	262 t /h
Température de fluide	T = 152 °C

b) Le moteur électrique

Le moteur électrique est une machine asynchrone triphasée d'une partie fixe (stator) et d'une partie mobile (rotor). Il a pour but de transformer l'énergie électrique en énergie mécanique.

- **Principe de fonctionnement de moteur électrique**

On alimente un système de trois bobines décalées de 120° dans l'espace par un système de trois courants triphasés. Il se crée dans l'entrefer un champ magnétique tournant engendrant un couple de force sur le rotor, ce couple de forces agissant sur le rotor tend à rattraper le champ tournant statorique. Le rotor tourne donc dans le même sens que le champ tournant.

Tableau II. 3 Caractéristiques du moteur électrique

Puissance nominale : 3000 kW	Temps de démarrage : 5 secondes
Tension nominale : 6.3 kV	Type de palier : lisse (coussinet)
Intensité nominale : 330 A	Facteur de puissance $\cos \varphi = 0.87$
Vitesse nominale : 1492 tr/min	Couplage en étoile
Niveau sonore : 95 dB	Sens de rotation à droite

c) Le coupleur hydraulique

C'est un organe d'accouplement, entre l'arbre moteur et l'arbre principal de la pompe.

Son principe se base sur un fluide permettant de faire évoluer la vitesse de l'arbre de la pompe d'une manière graduelle. Cet accouplement est très utilisé dans les machines tournantes à grandes inerties.

- **Principe de fonctionnement du coupleur hydraulique**

Le couple de la machine menant est transmis par un accouplement à l'arbre d'entrée. Entre cet arbre et l'arbre primaire la transmission de couple est faite par des engrenages cylindriques à dentures hélicoïdales.

Ce couple accélère le fluide qui se trouve dans la roue primaire (roue pompe) du coupleur. la vitesse de fluide est ralentie par la roue secondaire (roue turbine), ainsi le couple est transmis à l'arbre secondaire (arbre de sortie). La condition de l'établissement du circuit d'huile de fonctionnement est une différence de pression entre la roue primaire et secondaire, il est alors nécessaire que la vitesse de la roue secondaire soit inférieure à celle de la roue primaire. Pour la transmission de la puissance une déperdition (glissement de 2.7%) est donc nécessaire.

Donc on constate que :

- Si la quantité d'huile augmente, la transmission est totale.
- Si la quantité d'huile diminue, la transmission est variable.

Tableau II. 4 Caractéristiques du coupleur hydraulique

Vitesse de moteur d'entraînement	N = 1490 tr /min
Rapport d'engrenage	R = 3.6
Vitesse d'entrée	N = 5380 tr /min
Glissement à plain charge	G = 2.7 %
Vitesse de sortie	N = 5200 tr /min
Fluide utilisés	Huile

d) Pompe centrifuge multicellulaire (pompe principale)

C'est une pompe centrifuge multicellulaire à six (6) étages avec aspiration radiale et refoulement radial. Après le 2ème étage une tubulure de prélèvement est prévue sur la pompe pour injection de désurchauffe des resurchauffeurs comme 2ème secour après les ventilateurs de recyclage pour maintenir la température de vapeur à 540°C.

Tableau II. 5 Caractéristiques de la pompe principale

Fluide refoulé	Eau déminé
Température de l'eau	$T = 152^{\circ}\text{C}$
Pression d'aspiration	$P_a = 11 \text{ bars}$
Pression de refoulement	$P_r = 176 \text{ bars}$
Débit refoulé	$Q = 262 \text{ t / h}$
Vitesse de rotation	$N = 5200 \text{ tr /min}$

➤ **Principe de fonctionnement de la pompe principale**

C'est une pompe centrifuge multicellulaire à six étages à reprendre diffuseur-volte avec aspiration radiale et refoulement radiale. L'entraînement de la pompe se fait par un moteur électrique de puissance 2168w et vitesse de rotation de 1490tr /mn.

- La pompe alimentée la chaudière par l'eau chaude décalée et déminéralisée avec une pression.
- La pompe admet l'eau par son corps d'aspiration verticalement par rapport à l'axe de son arbre.
- L'eau aspirée rentre à la première roue a une pression de 11 bars. Ensuite, l'eau arrive au diffuseur pour augmenter la pression.
- De cette manière l'eau continue son écoulement à travers les autres étages jusqu'à au sixième étages, sa pression atteint 176bars qui quitte la pompe à travers le corps de refoulement.
- L'étanchéité entre les étages est assurée par des joints toriques disposés entre les étages.

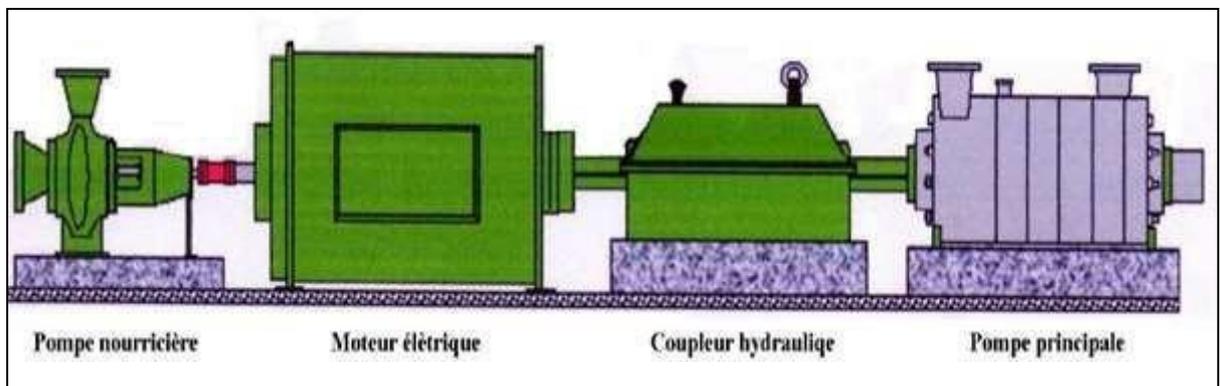


Figure II. 4 Composants de la pompe alimentaire

Description

Chaque unité de production est équipée de trois pompes alimentaires identique, au cours de fonctionnement normal deux pompes en service assurent 50% du débit d'eau nécessaire pour chacune, et la troisième pompe est en présélectionnée.

II.3.2 Le principe de fonctionnement de la pompe alimentaire

Les pompes alimentaires aspirent l'eau de la bache alimentaire pour la refouler dans le réservoir de la chaudière en traversant les réchauffeurs HP et l'économiseur du générateur de vapeur. Les pompes alimentaires doivent fournir la quantité d'eau nécessaire pour maintenir le niveau d'eau dans le réservoir de la chaudière (ballon chaudière) entre deux limites bien définies avec une pression de 176 bars.

II.4 Système de graissage de la pompe alimentaire

Le système de graissage comprend deux pompes d'huile, la première est motorisée et l'autre est attelée à l'arbre du variateur de vitesse.

Les pompes d'huile de graissage sont mises en service pour le graissage des paliers des pompes principales et des pompes nourricières et cela avant la mise en service des pompes alimentaires. Avant d'arriver aux paliers cette huile doit passer par les réfrigérants d'huile et les filtres. A une vitesse supérieure de « 2800 tr/mn » les pompes attelés s'amorcent et assurent le graissage tandis que celles qui sont motorisées s'arrête automatiquement.

II.5 Le refroidissement du système de lubrification (huile et le graissage)

L'huile de graissage est refroidie par l'eau de circuit refroidissement a traversé les réfrigérantes tubulaires.

II.6 La codification :

Le moyen qui nous permet de l'organisation d'un système et permet de localiser un matériel dans une entreprise, c'est la codification après avoir établis la nomenclature et l'utilisation de ce dernier. Autrement dit : la codification d'un ensemble linguistique convient avec lequel on transcrit ou traduit un message.

Il existe deux types de codifications suivant le découpage du matériel.

➤ Codification d'un matériel mobile :

Le nomenclatureur du matériel se compose en deux parties :

- La première partie donne la liste du matériel classé par famille, constructeur, type et numérodans type.
- La deuxième partie donne la liste du matériel classé par atelier ou par groupe de production.

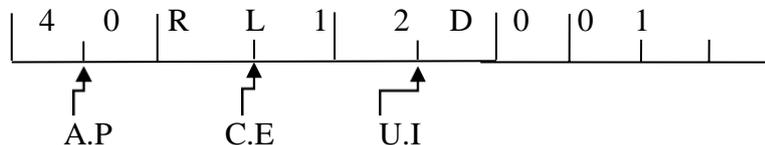
➤ Codification d'un matériel fixe

La codification d'un tel matériel est présente comme suit :

- Un code de deux chiffres pour le groupe de production (A.P).
- Un code de deux lettres pour le circuit (C.E).
- Un code de deux chiffres pour numéro de l'équipement (U.I).
- Une lettre pour désigner le type de l'équipement.

- La codification retenue

La pompe alimentaire 40RL32D001 assure une fonction permanente donc là codification retenue est celle d'un matériel fixe.



Conclusion

Cette partie de notre mémoire qui est une étude bibliographique de la pompe alimentaire est d'une grande utilité. Car elle nous renseigne sur l'importance de cet équipement dans la chaîne de production d'électricité. On remarque que sa disponibilité est équivalente à celle de toute l'entreprise, ce qui nous laisse conclure qu'une maintenance adéquate doit être pratiquée.

CHAPITRE III :

Calcule FMDS

Introduction :

La sûreté de fonctionnement est un terme générique qui regroupe 4 grands domaines : la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité, la sécurité

Abréviation courante : FMDS

III.1 La fiabilité

III.1.1 Définitions

- **Au sens commun**

C'est la confiance de l'utilisateur dans le matériel qui l'utilise

- **Au sens large**

C'est l'analyse des défaillances, fiabilité opérationnelle, banques de données de fiabilité, essais de fiabilité, assurance de la fiabilité et de la qualité.

- **Au sens strict**

« C'est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant une durée donnée ».

- **Au sens mathématique**

La fiabilité est généralement mesurée par la probabilité qu'une entité E accomplisse une fonction requise, dans des conditions données, pendant l'intervalle de temps $[0, t]$:

$$R(t) = P [E \text{ non défaillante sur } [0, t]]$$

L'aptitude contraire sera dénommée « dé fiabilité » ; sa mesure est notée :

$$R(t) = 1 - R(t) \quad (2)$$

III.1.2 Types de fiabilité

- **Fiabilité opérationnelle**

Elle résulte de l'observation et de l'analyse du comportement d'entités identiques dans des conditions opérationnelles.

- **Fiabilité Prévisionnelle**

Elle estime une fiabilité future à partir de considérations sur la conception du système et la fiabilité de ses composants.

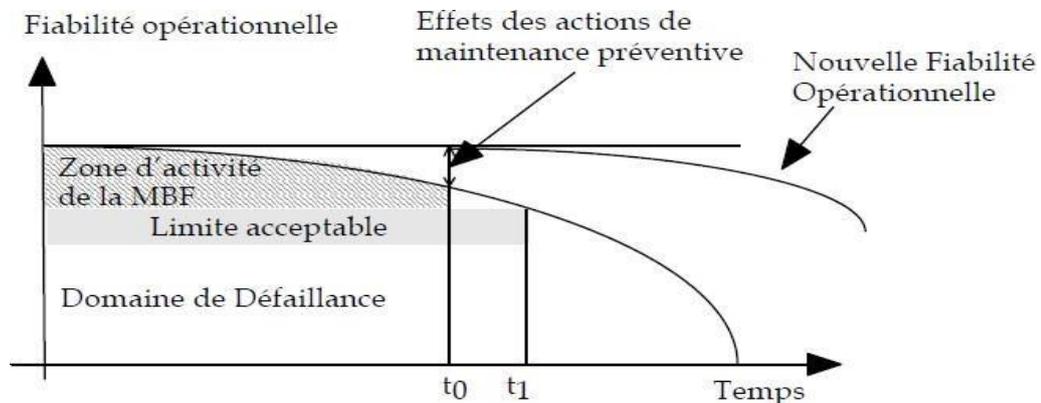


Figure III. 1 Evolution de la fiabilité opérationnelle pendant la durée de vie.

- **Fiabilité extrapolée**

Elle est déduite de la fiabilité opérationnelle par extrapolation ou interpolation pour des conditions ou des durées différentes

- **Fiabilité intrinsèque**

C'est la fiabilité maximale que l'on peut atteindre d'un matériel quand il fait l'objet d'une maintenance préventive efficace : c'est une valeur inhérente à sa conception.

III.1.3 Qualité et Fiabilité

Selon la norme AFNOR la qualité est définie comme :

« L'aptitude d'un produit ou d'un service à satisfaire les besoins des utilisateurs ».

En toute rigueur la qualité d'un produit est caractérisée, non seulement par sa conformité aux

spécifications qui la définissent, mais encore par son aptitude à rester conforme à ses spécifications pendant sa durée de vie. L'une des caractéristiques fondamentales d'un produit qui concourt alors à la qualité est sa fiabilité, c'est-à-dire son aptitude à conserver ses caractéristiques d'origine.

Cependant, un usage assez répandu désigne par qualité la conformité du produit à sa spécification à la sortie d'usine ; la fiabilité est alors son aptitude à y demeurer conforme au cours de la période d'utilisation. La fiabilité devient alors une extension de la qualité dans le temps.

- **Indicateurs de fiabilité λ et MTBF :**

λ et la MTBF sont les deux principaux indicateurs de la fiabilité utilisés industriellement.

- **Taux de défaillance λ :**

λ Représente le **taux de défaillance** ou le **taux d'avarie**.

Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps.

Pour une période de travail donnée, durée totale en service actif :

$$\lambda = \frac{\text{Nombre total de panne pendant le service}}{\text{Durée total de bon fonctionnement}}$$

- **La MTBF ou moyenne des temps de bon fonctionnement :**

La **MTBF** (qui vient de l'anglais **Mean Time Before Failure**) Représente la moyenne des temps de bon fonctionnement entre deux défaillances d'un système réparable ou le temps moyen entre défaillances.

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somme des temp de bon fonctionnement entre } n \text{ défaillance}}{\text{Nombre des temps de bon fonctionnement}}$$

III.2 La loi de Wei bull

III.2.1 Paramètres de la loi

C'est une loi de fiabilité à 3 paramètres qui permet de prendre en compte les périodes où le taux de défaillance n'est pas constant (jeunesse et vieillesse). Cette loi permet :

- Une estimation de la MTBF

- Les calculs de $\lambda(t)$ et de $R(t)$ et leurs représentations graphiques

Grâce au paramètre de forme β d'orienter un diagnostic, car β peut être caractéristique de certains modes de défaillance

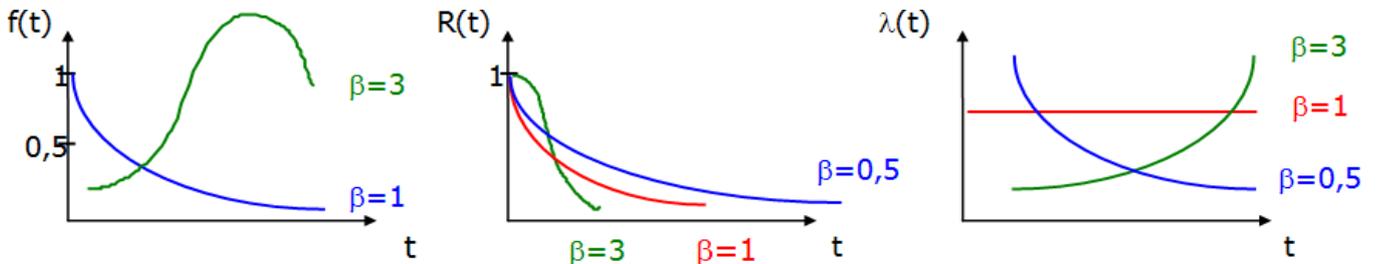


Figure III. 2 Caractéristique de certains modes de défaillance.

β : Paramètre de forme >0 sans dimension :

- 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

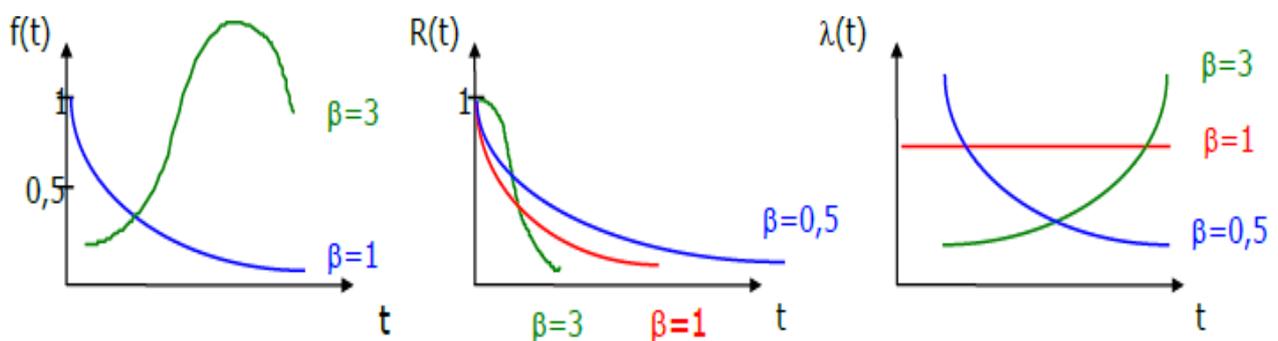


Figure III. 3 Paramètre de forme.

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

$$\lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{MTBF}$$

η : Paramètre d'échelle >0 qui s'exprime dans l'unité de temps

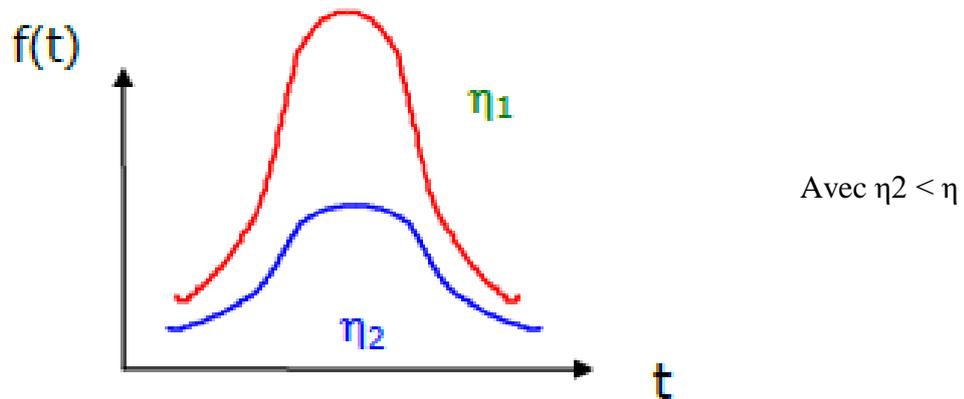


Figure III. 4 Paramètre d'échelle

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

- $\gamma > 0$: 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 ;Ce qui montre que la mise en service de l'équipement étudiéA précédé la mise en historique des TBF

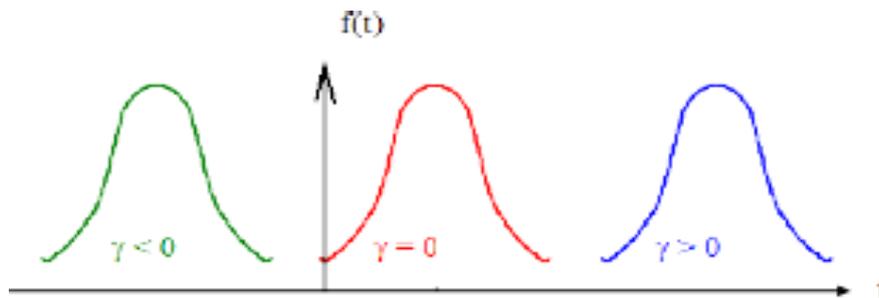


Figure III. 5 Paramètre de position

• **Domaine d'utilisation**

Le modèle de Wei bull est très simple car la loi a trois paramètre β , η , γ permettant d'ajuster correctement toutes sortes de résultats expriment aux et opérationnels contrairement au modèle exponentiel.

La loi de Wei bull couvre les cas où le taux de défaillance y est variable et permet donc de s'ajuster aux périodes de jeunesse et aux différentes formes de vieillissement.

Son utilisation implique des résultats d'essais sur échantillons ou la saisie des résultats en fonctionnement (TBF intervalle entre défaillances) ces résultats permettant d'estimer la fonction de répartition $F(t)$ correspondant à chaque instant.

La détermination des trois paramètres permettra ; à partir des valeurs tabulaires d'évaluer la MTBF et l'écart type.

La connaissance du paramètre de forme β un outil de diagnostic des modes de défaillance

a) Relations fondamentales :

- Densité de probabilité :

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

- Fonction de répartition :

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

- Loi de fiabilité :

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

- Taux de défaillance :

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

- MTBF et écart type :

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

$$\sigma = B\eta$$

III.2.2 La disponibilité :

C'est l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné.

La disponibilité est généralement mesurée par la probabilité qu'une entité E soit en état

d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant t donné :

$$A(t) = P[E \text{ non défaillante à l'instant } t]$$

L'aptitude contraire sera dénommée « indisponibilité » ; sa mesure est notée $A(t)$: $A(t) = 1 - A(t)$

III.2.3 La maintenabilité :

C'est l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits. [13]

La maintenabilité est généralement mesurée par la probabilité que la maintenance d'une entité

(E) accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits, soit achevée au temps t, sachant que l'entité est défaillante au temps t = 0 ;

$$M(t) = P [E \text{ est réparée sur } [0, t]]$$

Où

$$M(t) = P [\text{la maintenance de } E \text{ est achevée au temps } t]$$

$$= 1 - P [E \text{ non réparée sur la durée } [0, t]]$$

L'aptitude contraire sera dénommée « immaintenabilité » ; sa mesure est notée $\bar{M}(t)$:

$$\bar{M}(t) = 1 - M(t)$$

Cette notion ne concerne que les systèmes réparables. En d'autres termes, la maintenabilité caractérise l'aptitude d'un système à reprendre l'accomplissement de sa fonction (ou de ses fonctions) après une défaillance.

De nombreux concepts liés à celui de maintenabilité ont été définis.

III.2.4 Assurance de la maintenabilité :

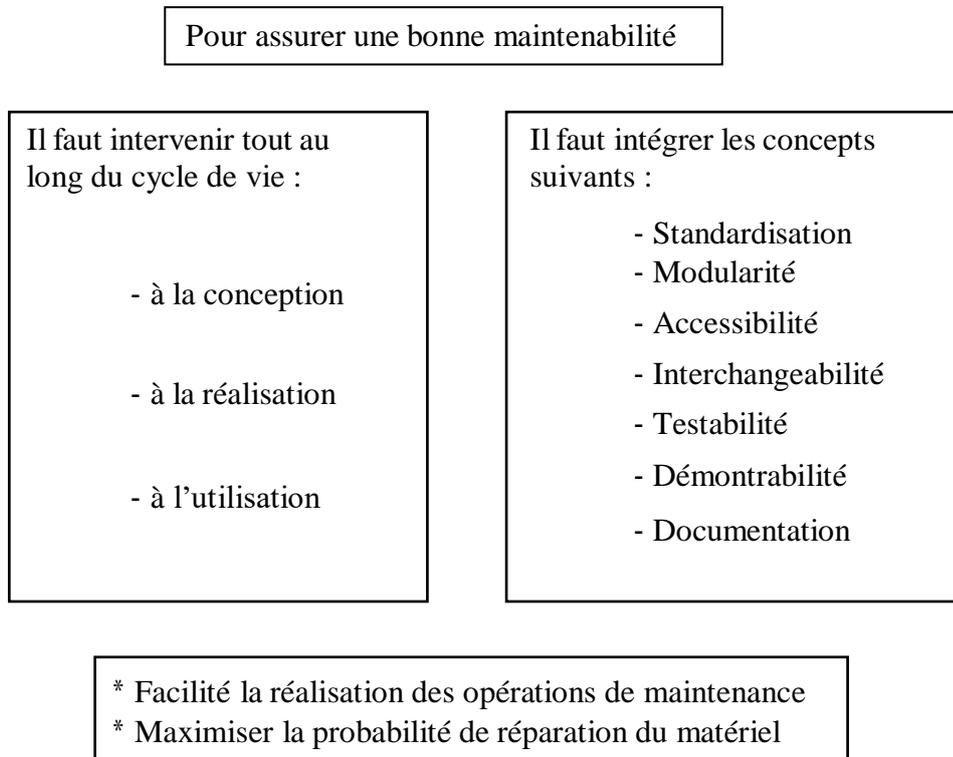


Figure III. 6 Assurance de la maintenabilité

III.2.5 La maintenabilité et La disponibilité :

Formulation la maintenabilité et la disponibilité

- **Maintenabilité**

$$MTTR = \sum TTR / N$$

- **Disponibilité**

$$D = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

- **Moyenne de temps de bon fonctionnement :**

$$MTBF = TCI / NI$$

- **MTBF (Mean Time Between Failure) :** C'est la durée moyenne entre 2 défaillances. Elle est calculée sur un produit.
- **MTTR (Mean Time To Repair) :** C'est le temps moyen pour réparer le système. Il est calculé sur un équipement
- **TCI =** temps cumulé d'intervention
- **NI =** nombre d'intervention

III.3 PARTIE CALCUL :

Suite à nos études, nous avons calculé la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité. Les résultats ci-dessus

III.3.1 Classement des TBF par ordre croissant de la machine

Tableau III. 1 Classement des TBF par ordre croissant de la machine.

TBF/h	Ni	$\sum ni$
22	1	1
23	1	2
72.3	1	3
233	1	4
407.5	1	5
527.5	1	6
671.5	1	7
695	1	8
741.5	1	9
767.5	1	10
935.5	1	11
1075	1	12
1439.5	1	13
1675.5	1	14
2882	1	15
3284.7	1	16
4299.5	1	17
4751	1	18

Si $N < 20$: on utilise la formule de l'approximation des rangs médians :

$$\text{Donc : } F(I) = \frac{ni - 0.3}{N + 0.4}$$

N : nombre des pannes

NI : Rang

TA : temps d'arrêt

III.3.2 Table des valeurs

Tableau III. 2 Table des valeurs de la machine

TBF/h	TTR/h	F(i)	F(i)%	R(i)	R(i)%	F(t)	R(t)	$\lambda(t)$
22	2	0.038	3.8	0.962	96.2	0.0402	0.9598	$1.49*10^{-3}$
23	0.5	0.092	9.2	0.908	90.8	0.0417	0.9583	$1.47*10^{-3}$
72.3	2	0.1467	14.67	0.8533	85.33	0.1008	0.8992	$1.17*10^{-3}$
233	6	0.2010	20.1	0.799	79.9	0.2374	0.7626	$9.30*10^{-4}$
407.5	0.5	0.2554	25.54	0.7446	74.46	0.3454	0.6546	$8.31*10^{-4}$
527.5	0.5	0.3097	30.97	0.6903	69.03	0.4061	0.5939	$7.89*10^{-4}$
671.5	0.5	0.3641	36.41	0.6359	63.59	0.4694	0.5316	$7.52*10^{-4}$
695	0.5	0.4184	41.84	0.5872	58.16	0.4777	0.5223	$7.47*10^{-4}$
741	3	0.4728	47.28	0.5272	52.72	0.4953	0.5047	$7.38*10^{-4}$
767.5	0.5	0.5271	52.71	0.4729	47.29	0.5050	0.4950	$7.32*10^{-4}$
935.5	2	0.5815	58.15	0.4185	41.85	0.5613	0.4387	$7.04*10^{-4}$
1075	6	0.6358	63.58	0.3642	36.42	0.6018	0.3982	$6.85*10^{-4}$
1439.5	1	0.6902	69.02	0.3098	30.98	0.6875	0.3125	$6.46*10^{-4}$
1675.5	0.5	0.7445	74.45	0.2555	25.55	0.7311	0.2689	$6.26*10^{-4}$
2882	2	0.7989	79.89	0.2011	20.11	0.8682	0.1318	$5.62*10^{-4}$
3284.7	1	0.8532	85.32	0.1468	14.68	0.8946	0.1054	$5.47*10^{-4}$
4299.5	1	0.9076	90.76	0.0924	9.24	0.9387	0.0613	$5.19*10^{-4}$
4751	1	0.9619	96.19	0.0384	3.84	0.9514	0.0486	$5.08*10^{-4}$

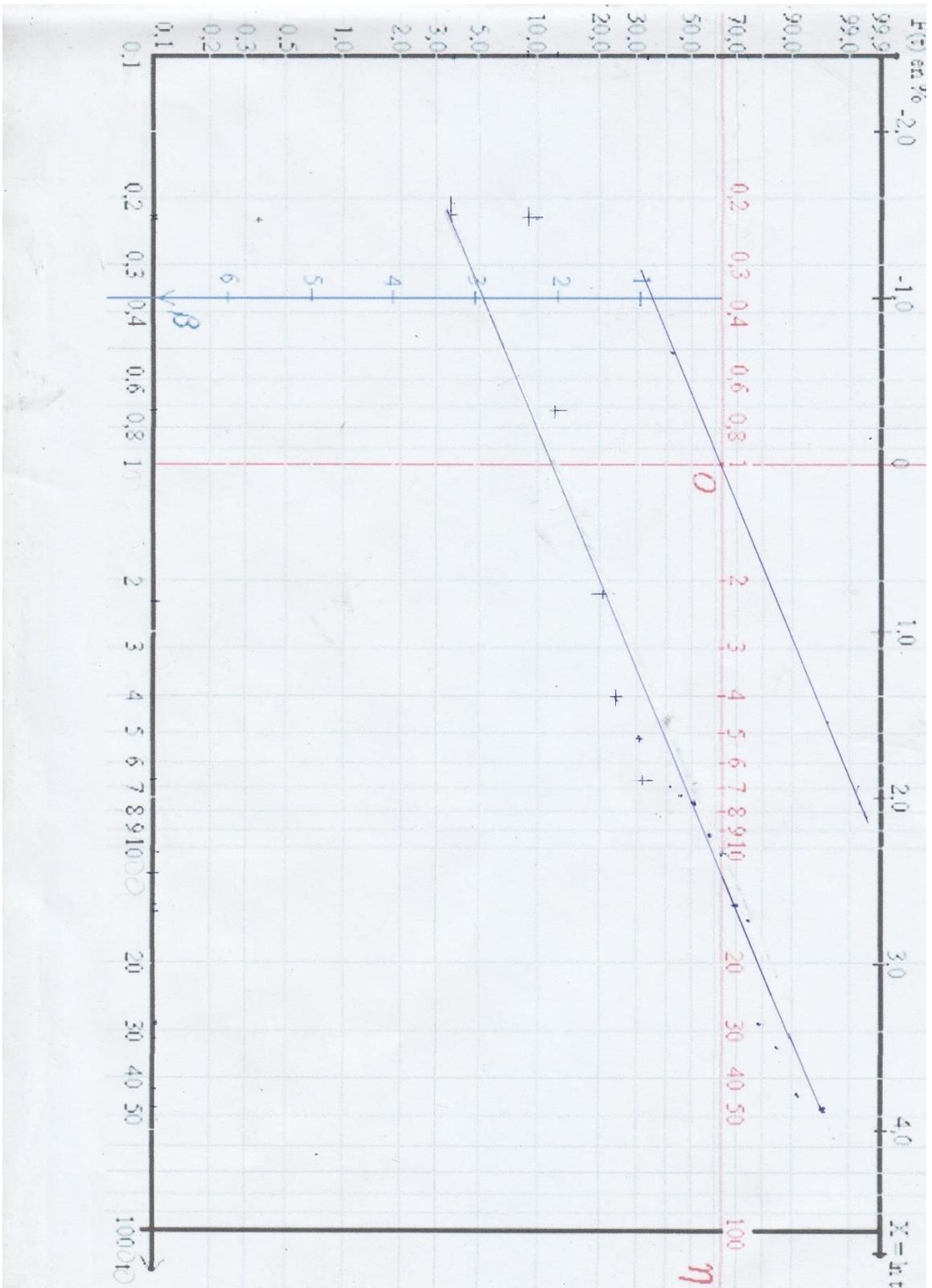


Figure III. 7 Papier Weibull.

III.3.3 Détermination des paramètres de Weibull

Nous partons sur le papier de weibull le nuage de points (TBF, F(i)) qui nous fait apparaître une droite D1

Donc $\gamma=0$

- La droite D1 coupe l'axe (t, η) à l'abscisse en : $\eta=1192$ h
- La droite D2// D1 coupe l'axe (β) à l'ordonnée en : $\beta=0.8$

$\gamma=0$	$\beta= 0.8$	$\eta= 1192$
------------	--------------	--------------

a. Recherche de MTBF : (moyenne de temps de bon fonctionnement) Utilisation de tables donnant :

Pour $\beta= 0.8$ on aura $A=1.1330$ $B=1.43$

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

$$MTBF = 1.1330*1192 + 0 = 1350.536 \text{ heures } \mathbf{MTBF= 1350.536 h}$$

b. Recherche de l'écart δ

$$\delta =B. \eta \implies \delta = 1.43*1192 = 1704.56 \text{ h} \quad \mathbf{\delta=1704.56 h}$$

c. Probabilité de bon fonctionnement

$$R(MTBF) = e^{-\left(\frac{MTBF-\gamma}{y}\right)^{-\beta}} = 0.4045 \text{ Soit } 40.45\%$$

d. Probabilité de défaillance cumulée F(t) :

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

$$F(MTBF) = 1-0.4045 = 0.5955 \quad \mathbf{F(MTBF) = 59.55 \%}$$

$$F(MTBF) = 59.55\%$$

e. Taux de défaillance $\lambda(t)$:

$$\lambda(MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{MTBF + \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} = 6.881 * 10^{-4} \text{ panne/heure}$$

III.3.4 Représentation des résultats de l'étude de fiabilité

Tableau III. 3 Récapitulatif des paramètres

β	MTBF (h)	R (MTBF) (%)	F (MTBF) (%)	λ (MTBF) Panne/heure
0.8	1350.536	40.45	59.55	$6.881 * 10^{-4}$

- Comportement du matériel :

Durant les années 2019 jusqu'à 2022 la machine **40RL32D001A** a fonctionné pendant moyenne de temps de bon fonctionnement égale à 1350.536 heures.

Une fiabilité de 40.45 % ce qui signifie qu'il y a 40.45 chance sur 100 pour que la machine ~~fonctionne~~ sans défaillances durant cette même moyenne de temps de bon fonctionnement. Une probabilité d'apparition des pannes égale à 59.55% ce qui signifie qu'il y a 59.55 chances sur 100 pour que l'unité tombe en panne pendant la même durée.

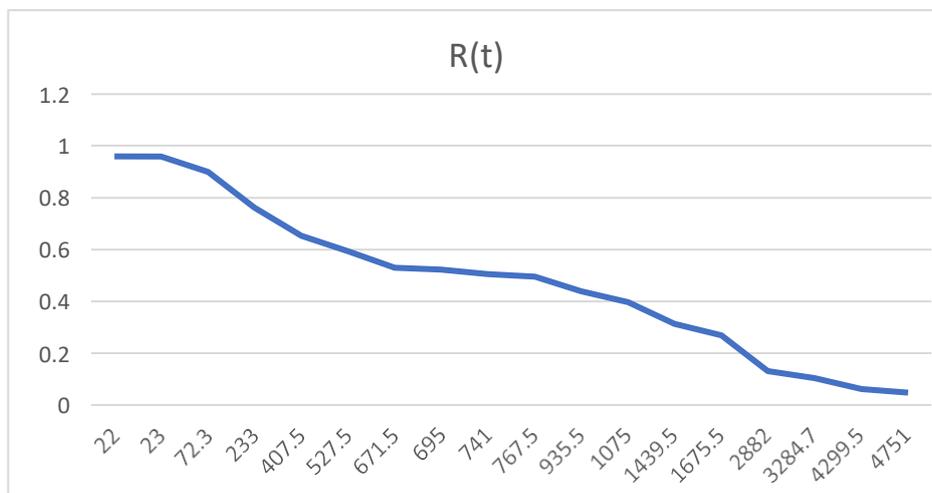


Figure III. 8 La courbe de fiabilité R (t).

III.3.5 Etude de maintenabilité et de disponibilité

a. Calcule de la moyenne technique du temps de réparation

$$MTTR = \Sigma TTR / N$$

$$MTTR = 30.5 / 18$$

$$MTTR = 1.694 \text{ heure}$$

$$\mathbf{MTTR = 1.694 \text{ heure}}$$

b. Calcule de disponibilité

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

$$D = \frac{1350.536}{1350.536 + 1.694}$$

$$D = 0.9987 \text{ Soit } 99.87\%$$

$$\mathbf{D = 99.87\%}$$

c. Calcule de l'indisponibilité

$$I = 1 - D$$

$$I = 1 - 0.9987$$

$$I = 0.0013 \text{ Soit } 0.13\%$$

$$\mathbf{I = 0.13\%}$$

d. Interprétation

Les résultats de calcul de disponibilité, montre que sur une durée de (3) ans, la machine a eu une disponibilité de 99.87 % pour une moyenne de temps technique de réparation égale à 1.694 heure.

III.3.5 Interprétation de courbe de la figure :

D'après les résultats obtenus $\beta=0.8$ et $\eta=1192$ on a constaté que la machine 40RL32D001A se situe dans la période de vieillesse, et nous remarquons que la **figure III.4** correspond aux résultats obtenus, la fonction de fiabilité est décroissante en fonction du temps donc la probabilité de fonctionner sans pannes est minime.

III.3.6 La sécurité :

C'est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

La sécurité est généralement mesurée par la probabilité qu'une entité E évite de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques. L'aptitude contraire sera dénommée « insécurité ».

La sécurité est actuellement encore limitée dans le milieu industriel et est effectuée dans :

- les installations chimiques,
- les centrales nucléaires,
- les plates-formes pétrolières et l'aéronautique.

III.3.7 Evaluation de la sécurité

Les études de sécurité visent essentiellement à évaluer les probabilités de l'occurrence d'un événement indésirable en prenant en compte dès la conception tous les facteurs initiateurs :

- **Facteurs techniques :**

Matériels et produits manipulés (incluant les problèmes de conception, de fabrication, d'assurance qualité, de conduite et de maintenance),

- **Facteurs humains :**

Qualité de la formation, ergonomie, procédure

- **Facteurs environnementaux :**

Risques de la formation, milieux ambiants (poussières, gaz, électricité statique, etc.)

III.3.8 Relation entre fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité

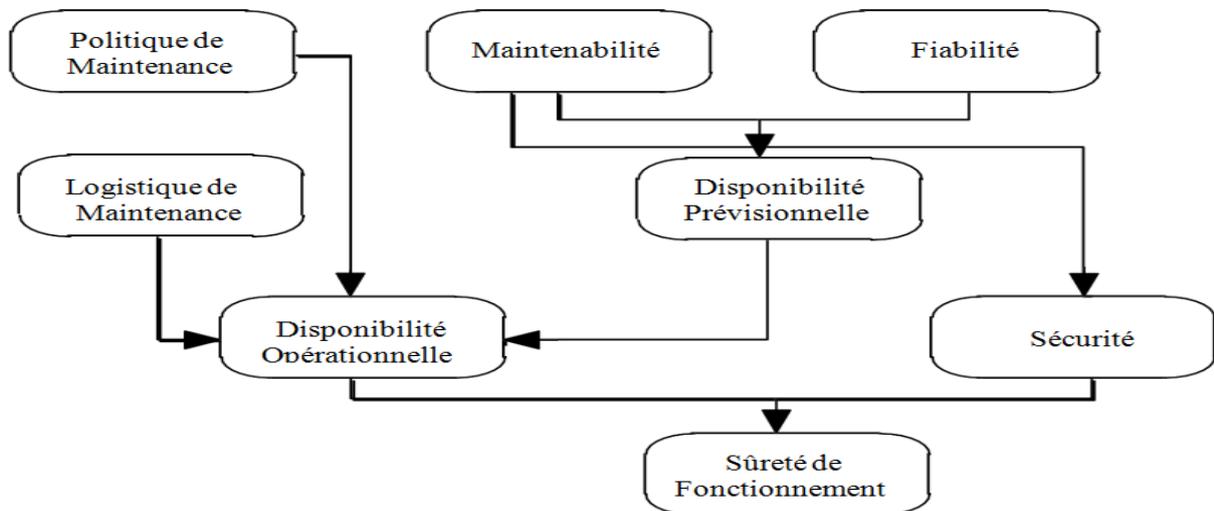


Figure III. 9 Relation entre fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité.

III.3.9 La Sdf :

Une composante de la performance industrielle

La SdF est une composante de la performance industrielle. En effet, l'obtention de la performance industrielle passe par :

- La qualité des produits et des services : c'est le zéro défaut
- La disponibilité et la performance des matériels de production : c'est le zéro panne,
- La maîtrise de production : c'est le zéro délai
- La prise en compte des conditions de travail et de sécurité : c'est le zéro accident Les actions à engager dans les trois domaines de la qualité, de la maintenance et de la sécurité sont complémentaires et interdépendantes.

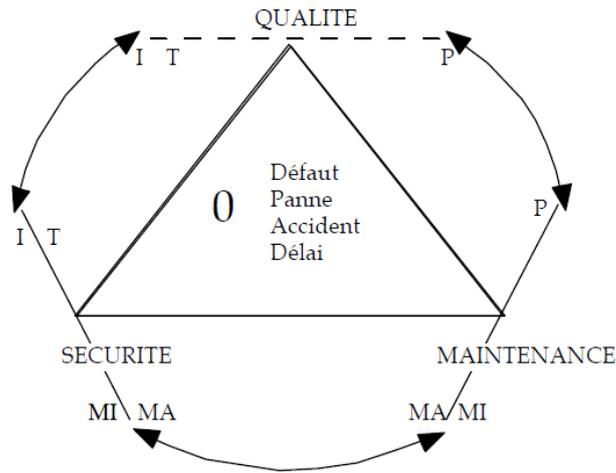


Figure III. 10 Sécurité, Qualité, Maintenance des démarches complémentaires.

- -La qualité traite plutôt des relations (I), des tâches (T), des produits et procédés (P)
- -La Sdf traite plutôt des hommes (I), des tâches (T) des matériels (MA) et un milieu (MI) ;
- -La maintenance traite plutôt des matériels (MA), du milieu (MI) et des procédés

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Le travail que nous avons effectué s'inscrit dans le cadre de notre projet de fin d'études.

Avec l'appui du stage pratique à la centrale thermique de RAS DJINET, ce travail nous a permis de découvrir la réalité de l'activité d'un complexe industriel.

Ce qui a été pour nous très bénéfique, et nous a permis de découvrir de nouvelle technologie dans le domaine industriel et d'enrichir nos connaissances intellectuelles en pratiquant sur le terrain les théories acquises au niveau de la faculté.

L'étude de fiabilité nous a permis de mettre en évidence le comportement de la pompe alimentaire, Cette étude nous a permis de localiser le maillon le moins fiable et le moins disponible de notre système qui est la pompe principale à cause de la complexité de sa construction.

Les résultats les plus importants de cette expertise est la détermination de la disponibilité de l'équipement considéré. Cette étude nous renseigne aussi sur l'importance de la maintenance conditionnelle, qui fait en sorte que la disponibilité des équipements soit élevée. Il est important aussi comme perspective, d'étendre cette expertise vers tout le bloc de production afin de déterminer avec précision la politique de maintenance à adopter.

On tient à signaler le professionnalisme du service de maintenance de l'entreprise, qui a fait preuve de beaucoup de professionnalisme envers nous lors de notre stage.

Bibliographie

[1]- Document de la centrale thermique de Cap-Djinet.

2]- Fichiers historique + cahier technique de la pompe alimentaire entre (2010- 2015).

[3]- WWW.Scribd avril 2022

[4]-Badereddine Hocine, Djeghbalaamor, <<optimisation de la maintenancepréventive d'une pompecentrifuge GA 1102>>, mémoire fin étude, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2015-2016.

[5]-Md. Belksir, <<Etude technologique d'une pompe alimentaire>>, mémoire fin étude, I.T.E.E.M Beaulieu – El Harrach, Promotion : 7800.

[6] : H.Faigner. La fiabilité des systèmes de production. Stratégies de maintenance. BTS. MI. Edition 2009.

[7] : S. Elfezazi, A Mokhlis, R. Benmoussa, Mesure de la performance de la fonctionMaintenance, CPI'2005 – Casablanca, Maroc

[8] : Patrick Jourdan, jean-poul souris. Pratique de la maintenance industrielle. Octobre 1997