

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



Faculté des Sciences de l'Ingénieur  
Département Génie Mécanique

## Mémoire de Master

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

**Filière : Electromécanique**  
**Option : Maintenance Industrielle**

### THEME

**L'étude de la FMDS et analyse des défaillances par la méthode AMDEC de la pompe alimentaire au niveau de la centrale thermique de Ras-Djinet**

Présenté par :

- Adjerid Mohammed
- Houacine Mohamed Lamine

Promoteur : Mr. H .Aknouche

Co-promoteur: Mr. M. Touati

**Promotion 2017- 2018**

# Remerciements

*Nous tenons à remercier dans un premier temps, le bon Dieu qui nous a donné la force et le courage de bien mener ce travail.*

*Nous n'oublions pas **nos parents** pour leur contribution, leurs soutiens et leurs patiences*

*Nous remercions également monsieur H.AKNOUCHE notre promoteur de mémoire pour avoir accepté de diriger ce travail, pour ses précieux conseils et sa disponibilité.*

*Tout particulièrement et à témoigner tous nos reconnaissances au personnel de la centrale de Cap-Djanet à leur tête notre encadreur monsieur M.TOUATI .pour son chaleureux accueil et son aide et coopération professionnelle depuis le début de la réalisation de ce travail.*

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

*Nous adressons aussi nos remerciements à tous les stagiaires de notre promo.*

*Nous remercions tous les collègues et les amis qui ont étudiés avec nous et tous les gens qui nous connaissons.*

*Enfin, nous remercions toutes les personnes qui nous ont aidées et contribuées de près ou de loin pour l'élaboration et l'achèvement de ce travail.*

*M<sup>ed</sup> Lamine et Mohammed*

# Dédicaces

*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 amour  
et 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 et M. Touati*

*A Nos enseignants et tous nos amis.*

*M<sup>ed</sup> Lamine et Mohammed*

## Résumé

### Résumé

La maintenance industrielle prend une importance croissante et se révéle être une des fonctions clés des entreprises de production moderne

Notre travail est consacré à l'étude théorique et pratique de la fiabilité, des équipements au niveau de la centrale thermique ras-djinet, en l'occurrence, l'analyse de la fiabilité, des éléments critiques, basée sur des méthodes et des outils évolués.

Dans ce projet de fin des études nous avons utilisé les lois de fiabilité et les méthodes d'analyses, en se basant, sur des outils comme (AMDEC) qui est très connue en fiabilité, en particulier la loi de « Weibull ».

Afin de concrétiser notre étude, nous avons défini les méthodes graphiques et analytiques de la pompe alimentaire pour déterminer les paramètres critiques, qui sont utilisés pour l'évaluation du taux de dégradation des équipements au niveau de la station et déterminer le type de la maintenance à appliquer. Enfin nous avons validé notre travail par une étude pratique.

Cette étude nous a permis de trouver des résultats en conformité avec la réalité pratique au niveau de l'entreprise chose qui a eu un impact positif au niveau de la station et qui sera utilisé et suivi par les autres stations en exploitation.

### ملخص

الصيانة الصناعية أصبحت ذات أهمية كبيرة متزايدة لدى الدول النامية والمتطورة، و هذا للحفاظ على استمرارية التطوير و الإنتاج الحديث.

و لتحليل و دراسة الحالة التقنية للمعدات استعملنا أساليب و أدوات المتمثلة في AMDEC و قانون weibull

و بعد هذه الدراسة حددنا معدل تدهور هذه المعدات و الحالة التقنية لها و هذا ما يساعد في انشاء الجدول الز

ويتخصص عملنا في الدراسة النظرية والعملية لموثوقية المعدات في محطة توليد الكهرباء. في هذه الحالة و لتحليل الموثوقية و العناصر الحساسة على أساس أساليب و أدوات متقدمة، في هذه الدراسات النهائية و بعد للمشروع استخدمنا قوانين الموثوقية و طرق التحليل، استنادا إلى أدوات مثل <<AMDEC>>، و لاسيما قانون <<WEIBULL>>

لتحقيق هذه الدراسة، حددنا الأساليب البيانية والتحليلية لتحديد المعايير الضرورية، والتي تستخدم لتقييم معدل تدهور المعدات وتحديد نوع الصيانة المطلوبة. وأخيرا قمنا بالتحقق من صحة عملنا من خلال دراسة علمية. ولقد سمحت لنا هذه الدراسة بإيجاد نتائج تتماشى مع الواقع العملي في الشركة، الشيء الذي كان له أثر إيجابي في المحطة التي سيتم استخدامها.

# Résumé

---

## Abstract

Industrial maintenance is becoming increasingly important and has proven to be one of the key functions of modern production companies

Our work is devoted to the theoretical and practical study of reliability, equipment at the level of the thermal power station ras-djinet, in this case, the analysis of reliability, critical elements, based on methods and tools advanced.

In this end-of-studies project, we used the laws of reliability and analysis methods, based on tools like (AMDEC) which is very wellknown in reliability, in particular the "Weibull" law.

In order to concretize our study, we defined the graphical and analytical methods of the food pump to determine the critical parameters, which are used for the evaluation of the equipment degradation rate at the station level and determine the type of maintenance at apply. Finally we validated our work with a practical study.

This study allowed us to find results in accordance with the practical reality at the enterprise level thing that had a positive impact at the station level and which will be used and monitored by the other stations in operation.

## Liste des tableaux

<b>Tableau(II.1) : Les caractéristiques de la pompe alimentaire.....</b>	<b>14</b>
<b>Tableau(II.2) : Les caractéristiques de la pompe nourricière.....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau (II.3) : Les caractéristiques du moteur électrique.....</b>	<b>15</b>
<b>Tableau(II.4) : Les caractéristiques de coupleur hydraulique.....</b>	<b>16</b>
<b>Tableau (II.5) : Les caractéristiques de la pompe principale.....</b>	<b>17</b>
<b>Tableau (IV.1) : calcul de fiabilité de la pompe alimentaire.....</b>	<b>36</b>
<b>Tableau (IV.2) : les résultats finals des quatre pompes.....</b>	<b>39</b>
<b>Tableau (V.1) : Niveaux de criticité.....</b>	<b>44</b>
<b>Tableau (V.2) : Niveaux de fréquence.....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau (V.3) : Niveau de gravite.....</b>	<b>45</b>
<b>Tableau (V.4) : Niveau de probabilité de non détection.....</b>	<b>46</b>
<b>Tableau (V.5) : présentation du tableau d'AMDEC.....</b>	<b>47</b>
<b>Tableau (V.6) : l'application de la méthode d'AMDEC.....</b>	<b>50</b>

## Listes des figures

<b>Figure (I.1) : Une tranche thermique.....</b>	<b>2</b>
<b>Figure (I.2) : Description du Générateur de vapeur.....</b>	<b>3</b>
<b>Figure (I.3) : Turbine à vapeur sans tablier.....</b>	<b>4</b>
<b>Figure (I.4) : Alternateur.....</b>	<b>5</b>
<b>Figure (I.5) : Bâche alimentaire.....</b>	<b>7</b>
<b>Figure (I.6) : Organigramme des principales transformations d'énergie.....</b>	<b>9</b>
<b>Figure (II.1) : Installation de pompe.....</b>	<b>10</b>
<b>Figure (II.2) : Organigramme Typologie des pompes.....</b>	<b>11</b>
<b>Figure (II.3) : Pompe alimentaire.....</b>	<b>12</b>
<b>Figure (II.4) : Composants de la pompe alimentaire.....</b>	<b>17</b>
<b>Figure (III.1) : Organigramme décrivant les types et actions de maintenance.....</b>	<b>21</b>
<b>Figure(III.2) : Représentation des actions de la maintenance préventive... </b>	<b>22</b>
<b>Figure(III.3) : Représentation des actions de la maintenance corrective... </b>	<b>24</b>
<b>Figure (IV.1) : Courbe en baignoire.....</b>	<b>31</b>
<b>Figure (IV.2) : Diagramme d'ALLEN PLAIT.....</b>	<b>33</b>
<b>Figure(IV.3) : La relation entre les notions FMD.....</b>	<b>36</b>
<b>Figure(IV.4) : Diagramme de F(t) et R(t) de la pompe alimentaire .....</b>	<b>37</b>
<b>Figure (IV.5) : nuages des points de TBF on fonction de F(t).....</b>	<b>37</b>

## **Abréviations et notions utilisées**

**HP** : Haut Pression

**MP** : Moyenne Pression

**BP** : Base Pression

**Pa** : pression d'aspiration [Pa]

**Pr** : pression de refoulement [Pa]

**Qv** : débit volumique [m<sup>3</sup>/s]

**F** : fiabilité

**M** : maintenabilité

**D** : disponibilité

**S** : sécurité

**TTR** : temps de réparation

**TBF** : temps de bon fonctionnement

**R (t)** : fonction de fiabilité

**MTTR** : Moyenne de temps de réparation

**$\lambda(t)$**  : Taux de réparation

**MTBF** : moyenne de temps de bon fonctionnement

**C** : criticité

**N** : probabilité de non détection

**AMDEC** : Analyse des modes de défaillance, leur effet et de leur criticité

**FMDS** : fiabilité, maintenabilité ,disponibilité et sécurité

## Liste des équations

$R(t)=1-F(t)$ (IV.1).....	30
$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ (IV.2).....	30
$F(t)=1-R(t)$ (IV.3).....	31
$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ (IV.4).....	31
$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ (IV.5).....	31
$\lambda(t) = \frac{F(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$ (IV.6).....	31
$\ln \ln\left(\frac{1}{1-F(t)}\right)$ (IV.7).....	33
$\lambda = \frac{1}{MTBF}$ (IV.8).....	35
$\mu = \frac{1}{MTTR}$ (IV.9).....	35
$D = \frac{\mu}{\mu + \lambda}$ (IV.10).....	35
$D = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF}$ (IV.11).....	35
$C = F * G * D$ (V.1).....	42

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

## Chapitre I

I. Présentation et fonctionnement de la centrale : .....	2
I.1 Présentation de la centrale thermique Ras Djinet :.....	2
I. 2 Principaux éléments de la centrale.....	3
I. 2. 1 la chaudière .....	3
I. 2. 2 La turbine .....	4
I. 2. 3 Ventilateurs .....	5
I. 2. 4 Alternateurs (SIEMENS).....	5
I. 2. 5 Economiseur.....	5
I. 2. 6 Transformateur.....	6
I. 2. 7 Pompe de mer.....	6
I. 2. 8 Station de dessalement.....	6
I. 2. 9 Station de production d'hydrogène .....	6
I. 2. 10 Unité de déminéralisation .....	6
I. 2. 11 Poste d'eau .....	6
I.3Principe de fonctionnement .....	8

## Chapitre II

II Description de la pompe alimentaire.....	10
II.1 Généralités sur les pompes : .....	10
II.2 Rôle d'une pompe.....	10
II.3 Les types des pompes .....	11
II.3.1 Typologie des pompes .....	11
II.3.2 Turbopompes .....	11
II.3.2.1 Les pompes centrifuges .....	11
II.3.2.2 Principe de fonctionnement d'une pompe centrifuge .....	12
II.4 La pompe alimentaire .....	13
II.4.1 Les composants de la pompe alimentaire .....	14
a) La pompe nourricière .....	14
b) Le moteur électrique .....	15

c) Le coupleur hydraulique .....	15
d) Pompe centrifuge multicellulaire (pompe principale).....	16
II.4.2 Le principe de fonctionnement de la pompe alimentaire .....	18
II.5 système de graissage de la pompe alimentaire .....	18
II.6 Le refroidissement du système de lubrification (huile et le graissage)....	18
II.7 La codification : .....	18

### Chapitre III

III. Généralité sur la maintenance .....	20
III.1 Le but de la maintenance :.....	20
III.2 L'objectif de la maintenance :.....	20
III.3 Définition de la défaillance .....	21
Défaillance partielle .....	21
Défaillance totale.....	21
III.4 Organigramme de la maintenance.....	21
III.5 Les moyens d'action de la maintenance : .....	22
III.6 Les type des maintenances .....	22
III.6.1 Maintenance préventive .....	22
III.6.1.1 Le but de la maintenance préventive.....	22
III.6.1.2 Les opérations de la maintenance préventive .....	23
III.6.1.3 Les type de maintenance préventive .....	23
III.6.2 La maintenance corrective .....	24
III.6.2.1 Le but de la maintenance corrective.....	24
III.6.2.2 Les opérations de la maintenance corrective .....	25
III.6.2.3 Les avantages et les inconvénients de la maintenance corrective. 25	
III.7 Les fonctions principales de service maintenance .....	25
III.8 Contrôle préventif périodique .....	27
III.9 Vérifications pendant la marche.....	27
III.10 Les cinq niveaux de la maintenance.....	27
III.11 Les critères de choix de la forme de la maintenance : .....	28

### Chapitre IV

IV.1 Etude de fiabilité .....	29
-------------------------------	----

IV.1.1 Objectifs de la fiabilité.....	29
IV.1.2 Les principaux lois de probabilité utilisées en fiabilité .....	30
IV.1.3 Modèle de WEI BULL.....	30
IV.2 La maintenabilité.....	34
IV.2.1 Taux de réparation $\mu$ : .....	34
IV.2.2 Amélioration de la maintenabilité :.....	34
IV.3 La disponibilité.....	34
IV.4 La Sécurité .....	35
V.5 La relation entre les notions FMDSE.....	35
IV.6 Calcule de fiabilité, disponibilité, maintenabilité .....	36
IV.6.1 La pompe alimentaire.....	36
III.6.1.1 Détermination des paramètres.....	37
III.6.1.2 Exploitation des paramètres .....	38
Chapitre V	
V. Etude AMDEC .....	40
V.1 Objectifs de l'étude AMDEC.....	40
V.2 Différents types d'AMDEC .....	41
V.3 Avantages et inconvénients de l'AMDEC.....	42
V.4 Analyse AMDEC .....	42
V.4.1 Les éléments et les colonnes de tableau d'AMDEC .....	43
V.4.2 Actions correctives .....	48
V.5 Le suivi .....	53
Conclusion générale .....	54
Références Bibliographiques.....	55

# **Introduction Générale**

## Introduction générale

L'électricité est un facteur essentiel au développement économique, dans tous les pays du monde. Son importance relative s'accroît avec les progrès techniques, l'industrialisation et le besoin de confort moderne

Depuis les développements technologiques de l'électricité, au XIX<sup>ème</sup> et XXI<sup>ème</sup> siècles, La production de l'énergie électrique résulte de diverses transformations. Par exemple, la production de l'énergie électrique d'origine mécanique est basée principalement sur la transformation de l'énergie primaire sous forme potentielle pour les turbines hydrauliques et calorifique pour les turbines à vapeur en une énergie électrique, Pour assurer sa stabilité, une bonne surveillance et un contrôle en temps réel de son fonctionnement est nécessaire.

La centrale thermique de Ras-djinet est une centrale thermique à vapeur qui fait appel aux caractéristiques thermodynamiques de l'eau 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.

C'est dans cette optique que se situe notre étude. La thématique est proposé par le service maintenance de l'entreprise, ce qui montre la préoccupation accrue des entreprise de prendre en charge les différents problèmes liés à la gestion scientifique de la bonne marche des différents équipements constituant un capital majeur de tous les unités de production.

Le sujet qui nous a été proposé par la centrale thermique de Ras-djinet l'étude de fiabilité, AMDEC et la maintenance de la pompe alimentaire c'est une machine stratégique qui sert à alimenter la chaudière en eau chaud.

Notre mémoire se compose de cinq chapitres qui sont :

- Le premier chapitre contenant un petit résumé sur la présentation de l'unité et les principaux éléments de la centrale et son fonctionnement.
- Le deuxième chapitre entame en décrivant la pompe alimentaire, ses éléments constituent et son fonctionnement.
- Le troisième chapitre on va aborder des généralités sur la maintenance.
- Le quatrième chapitre concerne l'étude FMDS sur la pompe alimentaire.
- Le cinquième chapitre contient l'étude AMDEC de la pompe alimentaire.

# Présentation de la centrale thermique de Ras-djinet

## **Introduction**

Après la révolution industrielle le monde avait besoin d'énergie, l'énergie électrique a fait son apparition et a été adoptée par plusieurs industriels d'où une consommation toujours plus importante, on a élaboré plusieurs techniques pour la produire.

Le principe de fonctionnement d'une centrale thermique est de faire chauffer l'eau jusqu'à obtention d'une vapeur à haute pression à l'aide d'un combustible, cette vapeur alimente une turbine entraînant un alternateur

## **I. Présentation et fonctionnement de la centrale :**

### **I.1 Présentation de la centrale thermique Ras Djinet :**

La superficie de la centrale : 35 hectares

Situation juridique : filiale SONELGAZ

Site : la centrale située au bord de la mer, à l'est d'Alger, près de la ville de Ras Djinet, dans la wilaya de boumerdes.

Naturel ou au fuel en cas d'indisponibilité de gaz.

La centrale de Ras djinet se compose de quatre tranches identiques type thermique vapeur d'une puissance unitaire nette de 176MW et des installations annexes.

La centrale thermique de Ras djinet est constituée de 4 groupes similaires, chacun produisant jusqu'à 176MW à l'aide d'alternateurs entraînés par une turbine à vapeur.

Chaque turbine est composée de trois corps : haute, moyenne et basse pression. Son rôle est de transformer l'énergie potentielle de la vapeur en une force motrice qui fait tourner l'alternateur. La vapeur est produite par quatre chaudières similaires ; qui fonctionnent au gaz

La puissance totale installée est de 704MW. la puissance fournit au réseau est de 672MW aux bornes de l'usine.

La consommation totale des auxiliaires des quatre tranches et des auxiliaires communs est d'environ 32MW.[1]

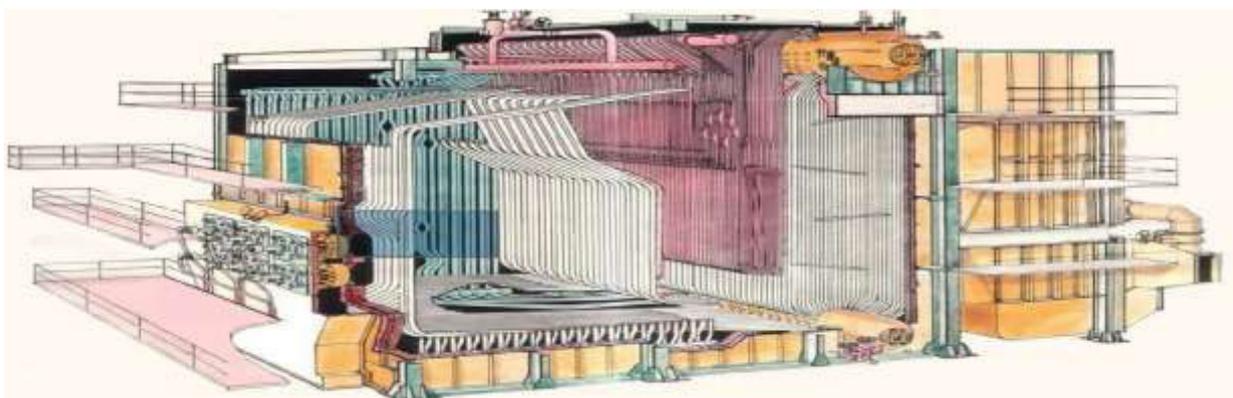
## I. 2 Principaux éléments de la centrale

### I. 2. 1 la chaudière

Le générateur de vapeur (chaudière) à combustion mixte gaz et fuel léger. De type pressurisé à circulation naturelle, pour rôle de transformer l'eau en vapeur à haute pression pour alimenter le GTA (Groupe Turbo Alternateur).

#### Constitution

- Chambre de combustion formée par les tubes-écrans (faisceaux vaporisateurs).
- Ballon (Réservoir) et un Économiseur.
- Trois (3) Surchauffeurs et deux (2) Resurchauffeurs.
- Trois (3) désurchauffeurs par injection d'eau pour la régulation de température de vapeur, dont 2 en haute pression (HP) et 1 en moyenne pression (MP).
- Quatre (4) colonnes de descentes.
- Huit (8) brûleurs de combustion mixte gaz-fuel.
- Deux (2) ventilateurs de recyclage qui recyclent une partie des fumées issues de la combustion afin de régler la température à la sortie du réchauffeur en fonction de la charge
- Deux (2) préchauffeurs d'air à vapeur qui servent à l'augmentation de la température de l'air de combustion avant le réchauffeur rotatif.
- Un réchauffeur rotatif d'air de combustion qui sert à réchauffer ce dernier par récupération de la chaleur des fumées.
- une cheminée d'une hauteur de 60 mètres.



**Figure (I.1) : Description du Générateur de vapeur.**

## Caractéristiques

- Consommation gaz naturel : 40m<sup>3</sup> /h.
- Consommation gas-oil (fuel) : 42 m<sup>3</sup> /h.
- Capacité de vaporisation maximale : 523 t/h.
- Pression de service : 160 bars.
- Température de la vapeur : 540°C
- Température d'eau d'alimentation : 246°C

### I. 2. 2 La turbine

La turbine est une machine à une ligne d'arbre composé de corps HP, MP, BP

La turbine transforme 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.

## Description

- Turbine à trois corps : HP, MP et BP (haute, moyenne et basse pression).
- Nombres de soutirages de vapeur : 06 alimentant trois réchauffeurs BP, la bêche alimentaire et deux réchauffeurs HP.

## Caractéristiques

- Longueur : 16,125 m.
- Largeur : 13 m
- Poids : 500 t.
- Puissance : 176 MW.
- Pression : 138,3 bars.
- Température vapeur : 535°C.
- Vitesse de rotation : 3000 tr/min.



**Figure (I.2) : Turbine à vapeur sans tablier.**

## I. 2. 3 Ventilateurs

- 02 ventilateurs de recyclage : ont pour rôle en recycler en fonction de la charge, une partie des fumées issues de la combustion afin de régler la température à la sortie du resurchauffeur.

- 02 ventilateurs de soufflage : ont pour rôle de fournir l'air de combustion nécessaire au générateur vapeur.

## I. 2. 4 Alternateurs (SIEMENS)

Est un générateur d'électricité lié directement avec l'arbre de la turbine, Il transforme l'énergie mécanique de la turbine en énergie électrique. C'est un alternateur à pôles lisses. Parmi ces avantages la faible densité et une grande conductibilité thermique ce qui permet de réduire les pertes de chaleur lors de la ventilation, ainsi que la chaleur dégagée par courant électrique crée est un courant alternatif triphasé

Les alternateurs sont à refroidissement à l'hydrogène sous pression de 03 bars en circuit fermé, l'hydrogène étant lui-même refroidi à l'eau d'extraction.

### Caractéristique

- Puissance active : 176 MW.
- Puissance nominale : 220 MVA
- Tension nominale : 15,5 KV.
- La fréquence : 50 HZ



**Figure (I.3) : Alternateur.**

L'alternateur comprend les éléments suivants :

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

## I. 2. 5 Economiseur

C'est un échangeur thermique a grande surface d'échange entre 2 fluides (eau/fluide), il se situe dans la chaudière, il absorbe la chaleur de la fumée et la transmet ensuite à l'eau, pour gagner des calories.

## **I. 2. 6 Transformateur**

Le système d'évacuation d'énergie de chaque tranche se compose d'un transformateur principal (élévateur) et d'un transformateur de soutirage (abaisseur) qui convertit la tension pour l'alimentation des auxiliaires.

## **I. 2. 7 Pompe de mer**

L'alimentation en eau est assurée par de conduits à 900 m de longueur en pleine mer.raccordée à une station de pompage composée de 4 pompes et un système de filtration.

L'eau arrive par 3 conduites en beton de diamètre (int :2.7m/ex1 :3m)

## **I. 2. 8 Station de dessalement**

Le dessalement de l'eau de mer s'effectue par la méthode de multi flash qui sert à vaporiser l'eau pour enlever le sel et puis condensé cette eau pour la pomper vers la bache alimentaire par des pompes de circulation de 400v.

## **I. 2. 9 Station de production d'hydrogène**

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

## **I. 2. 10 Unité de déminéralisation**

Deux chaines de déminéralisation (Filtres à lit mélangés) de 40 m<sup>3</sup>/h chacune parachèvent le traitement de l'eau avant son utilisation dans le cycle el stockage d'eau déminéralisée se fait dans deux (02) réservoirs de 1500 m<sup>3</sup> Chacun

## **I. 2. 11 Poste d'eau**

Le poste d'eau est l'ensemble des équipements qui préchauffe l'eau et le transfert du condenseur jusqu'à la chaudière en passant par la bache alimentaire (dégazeur).

### **a) Condenseur**

Le condenseur utilisé dans l'installation est un échangeur à échange par surface. Il est placé sous la Turbine BP.

La vapeur d'échappement de la turbine se condense au contact extérieur des tubes du faisceau tubulaire parcourus intérieurement par l'eau de circulation, qui est pris à la mer,

grâce à une pompe de circulation qui aspire cette eau et la refoule à l'intérieur du faisceau tubulaire et de là elle retourne à la mer.

Les principales fonctions de condenseur sont :

- Assurer la condensation de la vapeur d'eau évacuer du corps BP de la turbine par la circulation de l'eau de mer de refroidissement (débit de  $2 \times 12000 \text{ m}^3/\text{h}$ ), dans les 14850 tubes en titane contenu dans le condensateur.
- Augmenter la chute d'enthalpie de la vapeur détendit en établissement une dépression atmosphérique afin d'améliorer le rendement.
- Dégazer le condensat et d'évacuer les incondensables en majorité l'air.
- Recevoir également le condensat des réchauffeurs BP.

### b) **Bâche alimentaire**

C'est un réservoir qui réserve l'eau en charge au cours de l'aspiration des pompes et assure le dégazage du condensat. Cette dernière joue le rôle d'un échangeur à mélange (Réchauffeur), l'eau est chauffée alors par le soutirage S4 du corps MP de la turbine. En condensant la vapeur qui est prélevée à la turbine.

Elle se caractérise comme ceci :

- La pression = 5bars
- La température =  $150^\circ\text{C}$
- La longueur = 16,5m
- Le diamètre de l'enveloppe = 3,6m
- Le volume =  $163\text{m}^3$



**Figure (I.4) : Bâche alimentaire.**

### c) **Les pompes :**

- **Pompe d'extraction**

Assure le transfert de l'eau du puits du condenseur jusqu'à la bâche alimentaire en passant par les (03) réchauffeurs (BP). (Débit nominal d'une pompe  $414\text{m}^3/\text{h}$ ). On trouve 2 pompes par groupe l'une en marche et l'autre en réserve en cas de panne, avec une tension de 6,3 kV et une puissance de 300KW.

- **Pompe d'alimentation**

La pompe d'alimentation sert à refouler l'eau de la bache alimentaire vers la chaudière à travers les réchauffeurs haute pression et l'économiseur.

- **Réchauffeurs à Basse Pression (BP)**

Le rôle de ces trois réchauffeurs de BP est de réchauffer le condensat lors de son transfert dans la bache alimentaire. Ils sont alimentés par les soutirages qui viennent du corps BP de la turbine. Le débit dans les réchauffeurs est de : 114,415 kg/s.

- **Réchauffeurs à Haute Pression(HP)**

Le rôle de ces deux réchauffeurs est de réchauffer l'eau d'alimentation lors de son transfert

Dans la chaudière. Ils sont alimentés par des soutirages provenant : l'un du corps MP et l'autre du corps HP.

### **I.3 Principe de fonctionnement**

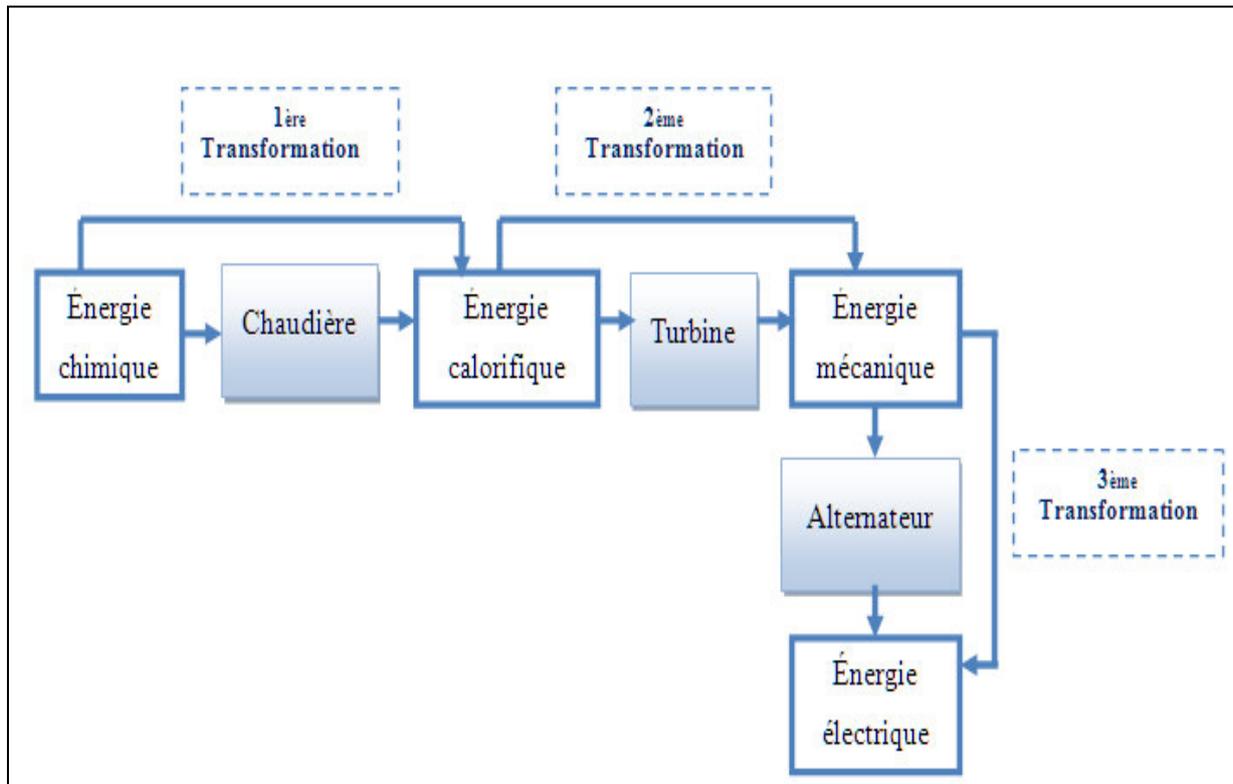
Il est basé sur la transformation d'énergie chimique contenue dans un combustible, en énergie électrique en passant par l'intermédiaire de l'énergie thermique et mécanique. Cette transformation s'opère dans divers appareils en utilisant les propriétés physiques de l'eau sous ses diverses formes liquides et vapeurs.

En gros, on a trois transformations principales :

- Transformation de l'énergie chimique issue du combustible en énergie calorifique (dans un générateur de vapeur), qui est la chaleur nécessaire à la vaporisation et à l'augmentation de la température de l'eau.

- L'énergie calorifique obtenue est transmise principalement à l'eau sous formes liquide et vapeurs (saturée et surchauffée). La transformation de cette énergie en énergie mécanique s'opère dans une turbine à vapeur.

- L'énergie mécanique résultant de la deuxième transformation est transmise directement à l'alternateur à travers un accouplement pour la transformer en énergie électrique [1].



**Figure (I.5) : Organigramme des principales transformations d'énergie.**

## Conclusion

Dans ce chapitre, une brève présentation de la centrale thermique de Ras Djinet est proposée.

On donne quelques informations sur l'historique de son installation et le mode de production de l'électricité destinée à satisfaire en énergie électrique toute les régions environnantes de Ras djinet. Le chapitre 2, sera consacré à la technologie d'un élément clé de l'entreprise qui est la pompe alimentaire.

# Description de la pompe alimentaire

## Introduction

Les pompes sont des machines hydraulique 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.

### II.1 Généralités sur les pompes :

Les pompes sont des machines servant à élever les liquides ou les mélanges de liquides d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, ou refouler les liquides d'une région à faible pression vers une région à haute pression.[4]

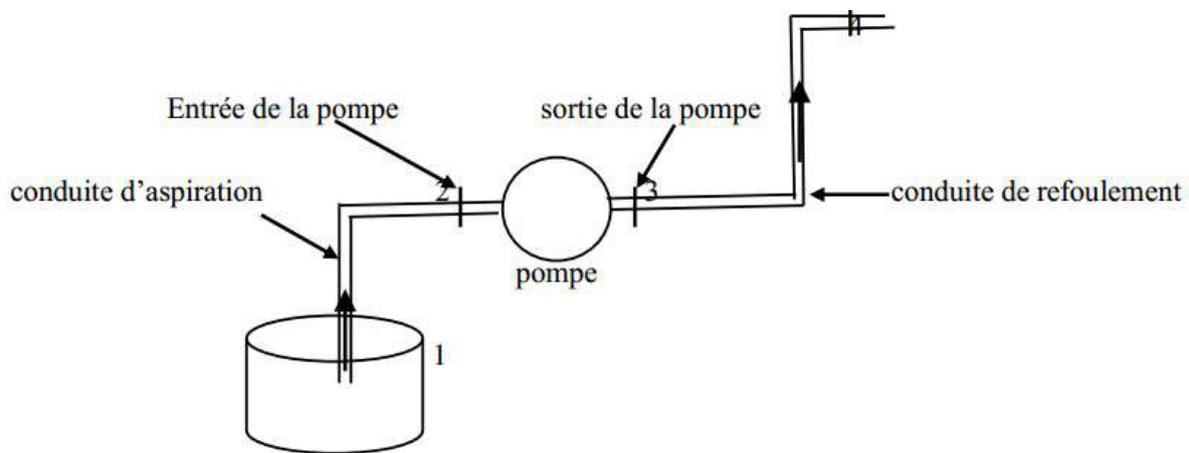


Figure (II.1) : installation de pompe [5]

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.2 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.3 Les types des pompes

### II.3.1 Typologie des pompes

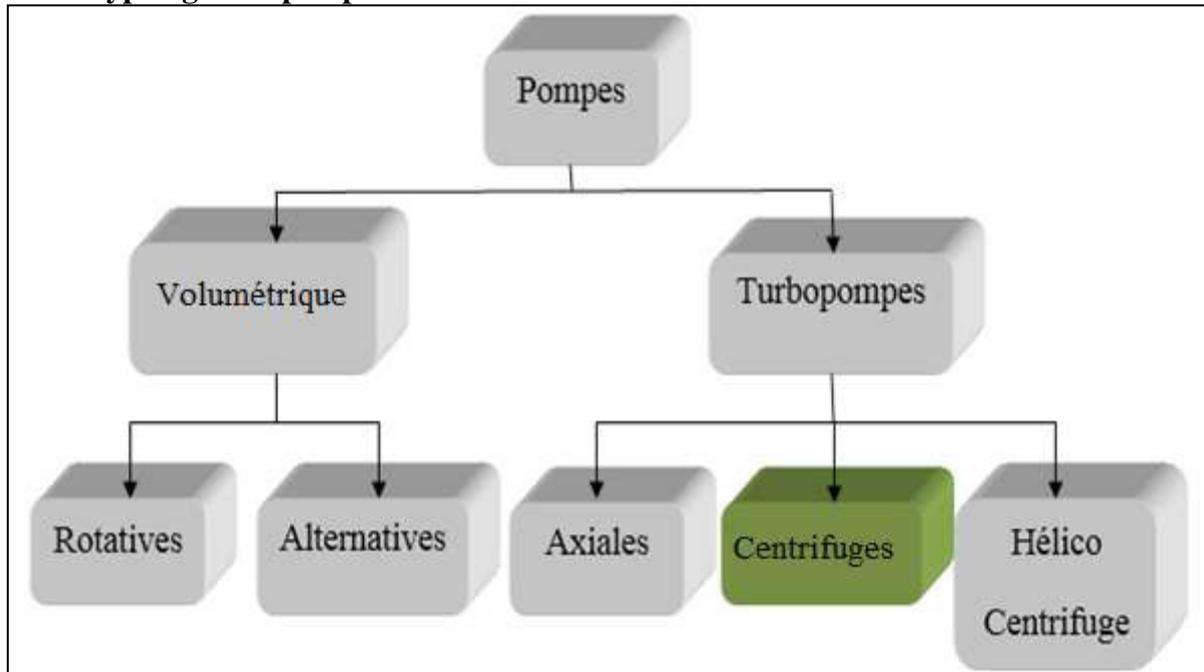


Figure (II.2) : organigramme Typologie des pompes

### II.3.2 Turbopompes

#### II.3.2.1 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.3.2.2 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.4 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) : Les 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.4.1 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) : Les 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) : Les 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 de bruit : 95 dB	Sens de rotation à droite

**c) Le coupleur hydraulique**

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

Son principe se base sur un fluide permettant de faire évaluer la vitesse de l'arbre de la pompe d'une manière graduelle. Cet accouplement est très utilisé dans les machines tournantes et des fréquences élevées avec des grandes dimensions.

### 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) : Les caractéristiques de 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 secouru après les ventilateurs de recyclage pour maintenir la température de vapeur à 540°C.

**Tableau (II.5) : Les 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.

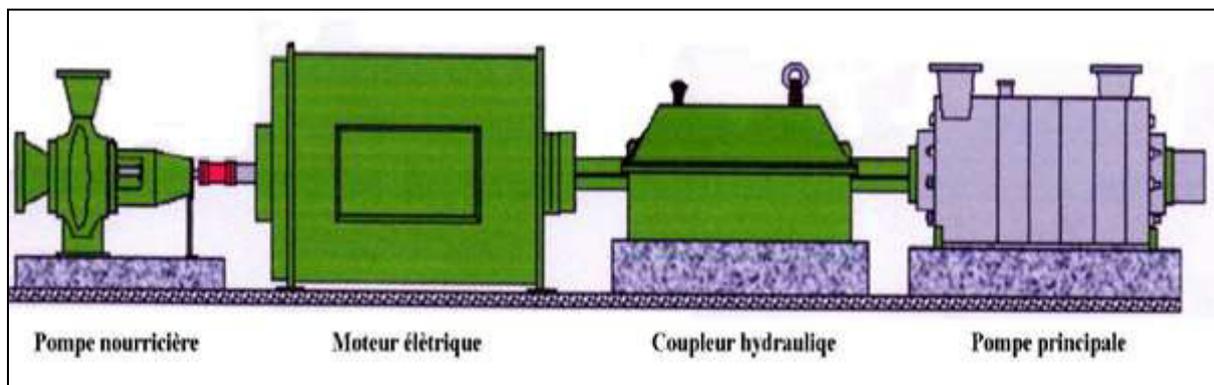
La pompe alimentée la chaudière par l'eau chaude décalée et déminéralisée avec une pression.

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 identiques, au cours de fonctionnement normal deux pompes en service assure 50% du débit d'eau nécessaire pour chacune, et la troisième pompe est en présélectionnée.

### **II.4.2 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.5 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.6 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.7 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 conviens 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 nomenclateur du matériel se compose en deux parties :

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

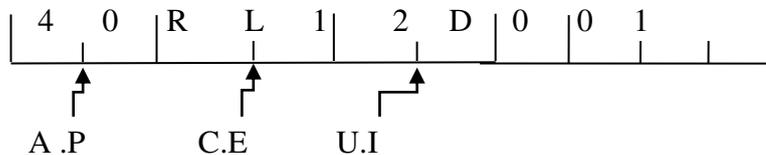
**Codification d'un matériel fixe**

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 40RL12D001 assure une fonction permanente donc la 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.

# Généralité sur la Maintenance

### III. Généralité sur la maintenance

#### Introduction à la fonction maintenance

La maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Au fil de ces changements, l'activité des personnels de maintenance a également évolué, pour combiner compétences technologiques, organisationnelles et relationnelles.

#### Définition de la maintenance

C'est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé . Maintenir, c'est donc effectuer des opérations (dépannage, graissage, visite, réparation, etc.) qui permettant de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de production. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au cout global minimum.[10][11]

#### III.1 Le but de la maintenance :

- Redonner au matériel des qualités perdues et nécessaires aux fonctionnements.
- Faire le nécessaire pour assurer le bon fonctionnement du bien, donc de réduire le nombre de défaillances et augmenter la MTBF.
- Ramener le plus vite possible le matériel en état de fonctionnement et par la suite diminuer la MTTR.[12]

#### III.2 L'objectif de la maintenance :

Le service de la maintenance doit fixer régulièrement des objectifs pour qu'il soit bien efficace :

##### a. Objectifs couts :

- Réduire au minimum les dépenses de maintenance.
- Assurer le service de maintenance dans limites d'un coudrette.

##### b. Objectifs opérationnels :

- Maintenir les équipements dans les meilleures conditions possibles.

- Assurer la disponibilité maximale de l'équipement à un prix minimum.
- Augmenter la durée de vie des équipements.

### III.3 Définition de la défaillance

Une défaillance est l'altération ou la cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir ses fonctions requise avec les performances définies dans les spécifications techniques.

Un ensemble est défaillant si ces capacités fonctionnelle sont interrompues (panne ou arrêt volontaire par action d'un système interne de protection ou une procédure manuelle équivalente). dans la pratique on distingue deux types de défaillances :

#### Défaillance partielle

C'est la défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, mais telle qu'elle n'entraîne pas une disparition complète de la fonction requise.

#### Défaillance totale

C'est la défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, telle qu'elle entraîne une disparition complète de la fonction requise.

### III.4 Organigramme de la maintenance

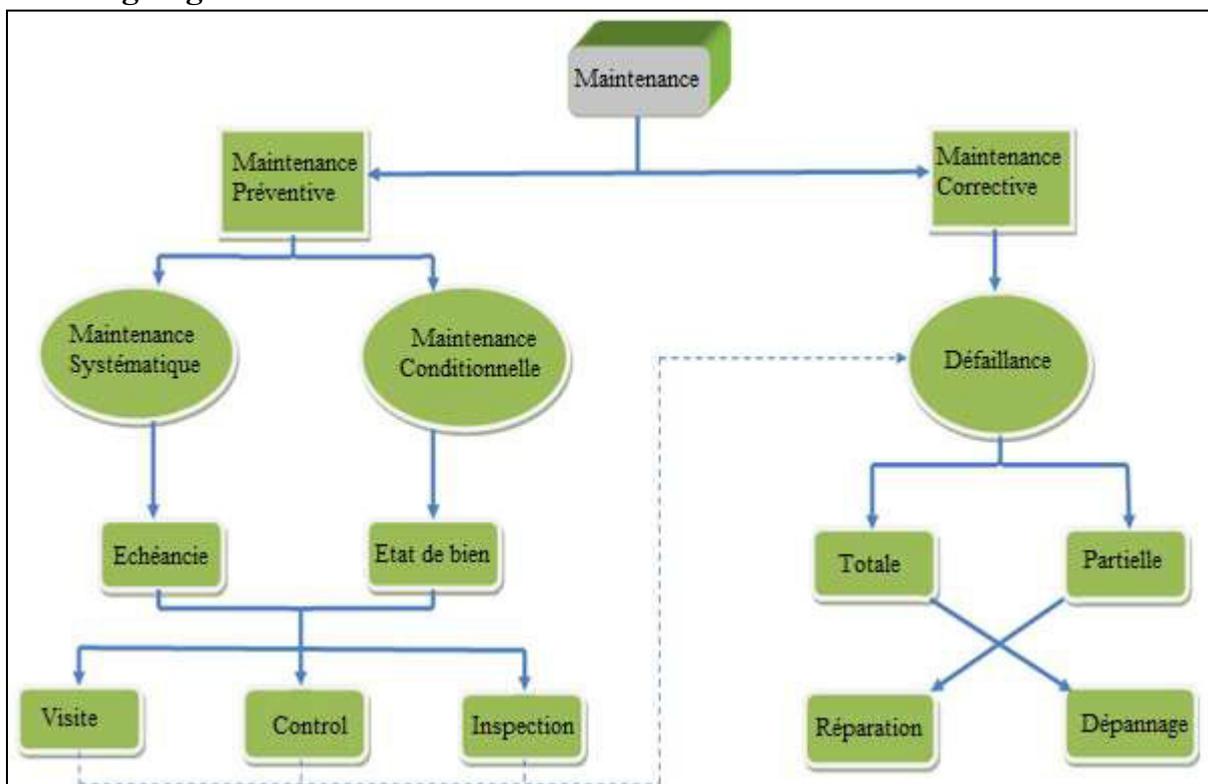


Figure (III.1) : Organigramme décrivant les types et actions de maintenance. [8][9]

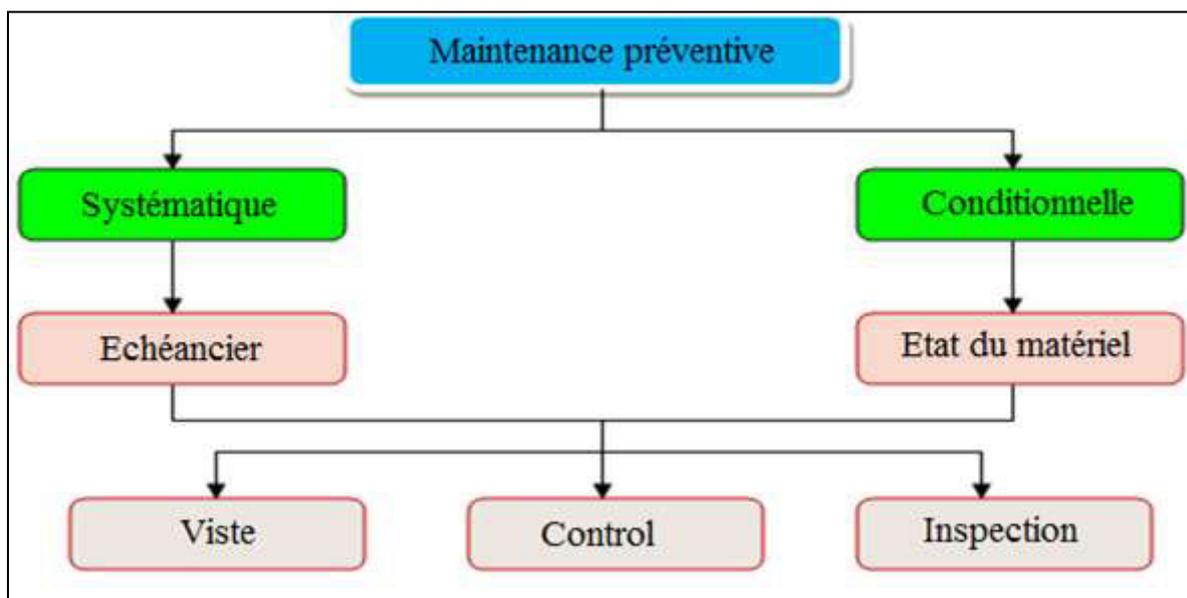
### III.5 Les moyens d'action de la maintenance :

- Les propre moyenne (personnel, documentation, organisation)
- Les méthodes de maintenance (action corrective et action préventive)
- Les outils de gestion (suivi, analysé du coût globale de cycle de vie)
- L'amélioration systématique des équipements (fiabilité, maintenabilité, disponibilité)
- Le système d'information et de mesure (indicateur technique et financier)
- Le système informatique(GMAO)[11]

### III.6 Les type des maintenances

#### III.6.1 Maintenance préventive

La maintenance préventive effectuées dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu , C'est une intervention de maintenance prévue, préparé et programmée avant la date probable d'apparition d'une défaillance[6]



Figure(III.2) : Représentation des actions de la maintenance préventive.

#### III.6.1.1 Le but de la maintenance préventive

- Augmenter la durée de vie matérielle.
- Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- Diminuer les temps d'arrêts en cas de révision ou de panne.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

**III.6.1.2 Les opérations de la maintenance préventive**

✓ **Inspection** : Activité de surveillance consistant à relever périodiquement les anomalies et à exécuter les réglages simples.

✓ **Contrôle** : Il correspond à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies, suivi d'un jugement.

✓ **Visite** : Consiste en un examen détaillé et prédéterminé de tout (visite général) ou partie (visite limité) des différents éléments d'un bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance.

**III.6.1.3 Les type de maintenance préventive****a- Maintenance préventive systématique**

C'est l'ensemble des actions destinées à restaurer ou totalement ou partiellement effectuer selon un échéancier, établies suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage.

**Cas d'application** : Elle peut être appliquée dans les cas suivants :

- Les équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves.
- Les équipements dont l'arrêt peut durer longtemps.

**b- Maintenance préventive conditionnelle**

maintenances subordonnées à un type d'événement préalablement déterminé au diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure. C'est une maintenance conditionnelle par des appareils de mesures, elle permet d'assurer le suivi continu du matériel en service et de prévenir les défaillances attendues.

**Cas d'application** : Elle peut être appliquée dans les cas suivants :

- Détection des vibrations très élevées.
- Le niveau et la qualité d'huile.
- La température et la pression
- Tension et intensité des matériels électriques.

**• Avantages et inconvénients :****Avantage :**

- Bonne préparation de la maintenance.
- Durée d'immobilisation du matériel minimisée.

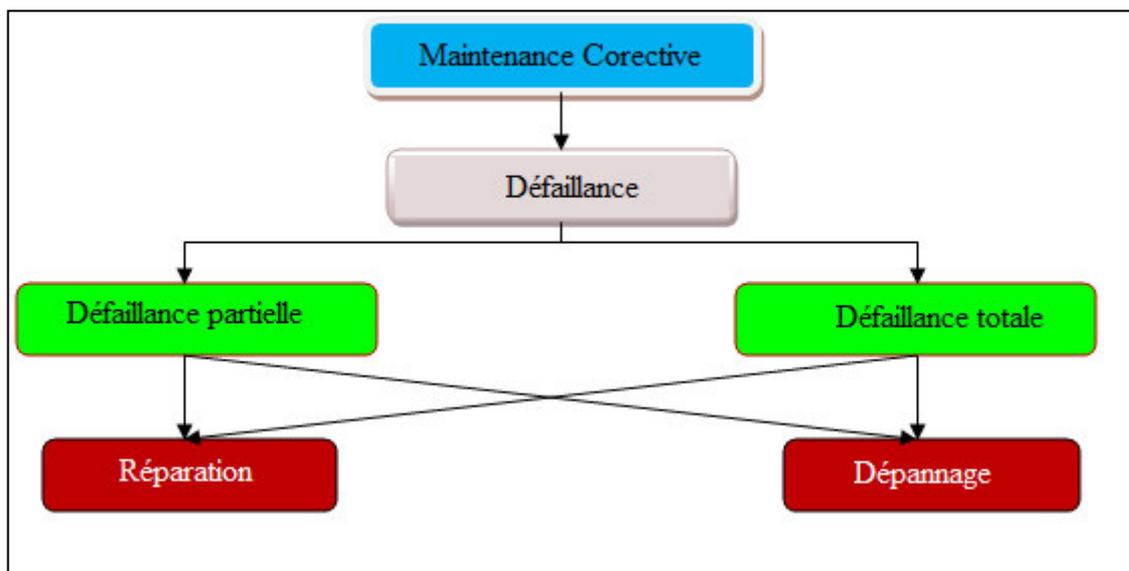
- Coûts directe et indirecte acceptable.
- Bonne révision des besoins (pièces, personnel...).

**Inconvénient :**

- Frais de gestion de stocks important.
- Préparation et planification nécessite un budget important.

### III.6.2 La maintenance corrective

C'est une maintenance qui s'effectue après une défaillance d'un bien ou la dégradation de sa fonction. La maintenance corrective a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaire à son utilisation les défauts, pannes ou défaillance diverses exigeant une maintenance corrective entraînant une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés . Ou /et une dépréciation en quantité ou/et en qualité des services rendus [6].



**Figure(III.3) : Représentation des actions de la maintenance corrective**

#### III.6.2.1 Le but de la maintenance corrective

- Minimiser les coûts indirects
- Contribuer à assurer la production prévue et améliorer la qualité des opérations.
- Optimiser le temps de l'immobilisation du matériel.
- Maintenir le potentielle du matériel.
- Assurer la continuité de la fabrication.
- Maintenir de stock des pièces de rechange pour répondre à ces besoins de telle façon et éviter tout stock mort et toute rupture de stock.

### III.6.2.2 Les opérations de la maintenance corrective

- ✓ **Détection** : Action de déceler au moyen d'une surveillance accrue - continue ou non - l'apparition d'une défaillance ou l'existence d'un élément défaillant
- ✓ **Localisation** : Action conduisant à rechercher précisément l'élément ou les éléments par lequel ou pour lesquelles la défaillance se manifeste
- ✓ **Diagnostic** : Identification de la cause de la ou des défaillances à l'aide d'un raisonnement logique fondé sur un ensemble d'informations provenant d'une inspection, d'un contrôle ou d'un test.
- ✓ **Dépannage** : Action sur un bien en panne, en vue de le remettre provisoirement en état de fonctionnement.
- ✓ **Réparation** : Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après défaillance.

### III.6.2.3 Les avantages et les inconvénients de la maintenance corrective

#### a- Les avantages

- Minimiser les coûts.
- Frais de gestion de stock non importants.
- Budget d'entretien moyen.

#### b- Les inconvénients

- Temps d'arrêt et intervenir relativement long.
- Coûts indirecte élevés.
- Achat des pièces de rechange a un prix très élevé.

## III.7 Les fonctions principales de service maintenance

### III.7.1 Fonction méthode

La fonction méthode constitue le cerveau de la fonction maintenance, c'est à ce niveau que se traitent toutes les informations relative aux technique utilisées et aux moyens matériels et humains.

Les principales tâches de cette fonction

- Déterminer les pièces de rechange.
- Préparation des interventions.
- Proposition de modification.
- Définir et choisir les procédures de maintenance, essais et contrôles.

- Vérification des travaux effectués.
- Analyser les coups de maintenance, défaillance et fonctionnement.

### **III.7.2 Fonction ordonnancement**

La fonction ordonnancement consiste à faire la comparaison entre les besoins et les moyens à mettre sur pied un programme de travail et à rassembler les moyens nécessaire au moment nécessaire.

Les principales taches de cette fonction

- Etablit le planning d'intervention.
- Repartit les personnels.
- Calculer le temps d'intervention.
- Surveiller l'avancement des travaux.

### **III.7.3 Fonction préparation**

La fonction préparation consiste à la définition d'une suite d'opération technique à réaliser sur une installation.

Les principales tâches de cette fonction :

- Optimiser les moyennes humaines et matérielles de la maintenance.
- Motivation des personnels.
- Qualité de travail réalisé.
- Démunissions de la durée d'immobilisation de la machine.

### **III.7.4 Fonction réalisation**

La fonction réalisation assure la distribution du travail selon un planning établi en fonction de la charge des équipements et assure la gestion et la conduite des hommes pour la bonne exécution des travaux.

### **III.7.5 Fonction d'exécution**

la fonction exécution est une fonction opérationnelle de la maintenance, elle assure la remise en route des machines par l'exécution des intervention elle garantit le niveau de qualité requise dans les délais prévus à la date fixée et dans les meilleures condition de sécurité.

Les principales taches de cette fonction :

- L'organisation de l'intervention.
- Assure la mise en marche après défaillance.
- Retour de l'information sur le travail exécuté (comptes rendu).

### III.7.6 La fonction documentation

Elle consiste à créer, organiser, animer, compléter et être à jour toute la documentation relative à la maintenance.

### III.8 Contrôle préventif périodique

De temps en temps, un contrôle est nécessaire afin de déceler toute anomalie de fonctionnement susceptible de s'aggraver. En particulier faire attention aux points suivants :

- Température du palier de butée.
- Bruits anormaux.
- Vibrations (les mesures).
- Comportement de la garniture (fuites, échauffement).
- Ne pas surcharger le moteur.
- Ne jamais laisser la pompe tourner à sec.
- Ne jamais tourner plus d'une minute avec la vanne de refoulement fermée.

### III.9 Vérifications pendant la marche

- a) On vérifie l'absence des vibrations (examen visuel et auditif).
- b) Température d'huile de lubrification de butée. A noter qu'il est admis que la température puisse atteindre 90°C pendant la période de rodage, ensuite elle devra baisser pour plafonner entre 60°C et 80°C.
- c) On vérifie le niveau d'huile dans le palier de butée (doit être maintenu à mi-hauteur du voyant).

### III.10 Les cinq niveaux de la maintenance

1. Réglages simples.
2. Dépannages par échange standard et petites opérations de maintenance préventive.
3. Identification, diagnostic, réparation.
4. Maintenance importante.
5. Rénovation, reconstruction. **[11]**

**III.11 Les critères de choix de la forme de la maintenance :**

- Connaissance sur le comportement du matériel
- Historique
- Banque de donnée et retour d'expérience
- Jugement d'expert
- Coût importants entraînée par les défaillances
- Coût inconnue
- Pannes totalement aléatoire

**Conclusion**

La fonction maintenance joue un rôle central dans l'entreprise. Elle contribue à augmenter la productivité et à diminuer les couts engendrés par les arrêts de production causés par les pannes ; assurer un bon état prépondérant dans l'entreprise pour maintenir le seuil de productivité requise.

# Etude FMDS

## **Introduction**

L'évolution actuelle des technologies et des techniques de production, ainsi que l'augmentation de la concurrence, ont conduit les industriels à réaliser d'importants progrès dans le domaine de la qualité de leurs produits, c'est-à-dire leur aptitude à satisfaire les besoins de l'utilisateur. C'est dans cette démarche d'amélioration de la qualité que se place la fiabilité. En effet, celle-ci mesure l'évolution des capacités d'un produit en fonction du temps de fonctionnement, en tenant éventuellement compte des temps de dysfonctionnement des produits. De plus, une connaissance précise et exacte de la fiabilité d'un produit permet de mettre en place, quand cela s'avère nécessaire, des procédures de maintenance préventive qui diminuent sensiblement les coûts en diminuant le nombre de pannes des matériels; une maintenance préventive convenablement réalisée peut permettre d'éviter les ruptures critiques et les accidents..

## **IV Concepts de la FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité) :**

### **IV.1 Etude de fiabilité**

#### **Définition**

La fiabilité est aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné, sachant qu'elle était en état d'accomplir cette fonction au début de l'intervalle de temps donné. En pratique, la fiabilité se traduit souvent comme l'aptitude d'une entité à avoir une faible fréquence de défaillance.[13]

#### **IV.1.1 Objectifs de la fiabilité**

La fiabilité a pour objectif de :

- mesurer une garantie dans le temps ;
- évaluer rigoureusement un degré de confiance ;
- déchiffrer une durée de vie ;
- évaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- déterminer la stratégie de l'entretien ;
- choisir le stock.

### IV.1.2 Les principaux lois de probabilité utilisées en fiabilité

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

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

### IV.1.3 Modèle de WEI BULL

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

#### IV.1.3.1 Expressions mathématiques

Soit la variable aléatoire continue  $t$  distribuée suivant une loi de WEIBULL.

- $\gamma$  : paramètre de position (d'origine des temps)

Lorsqu'on n'a utilisé que des composants neufs,  $\gamma = 0$ .

- $\beta$  : paramètre de forme

Il définit le type de phénomène de dégradation en cause.

- $\eta$  : paramètre d'échelle

#### ➤ La fonction de répartition

$$R(t) = 1 - F(t) \quad (\text{IV.1})$$

Donc :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{IV.2})$$

➤ **La fonction de défaillance cumulée**

$$F(t) = 1 - R(t) \text{ (IV.3)}$$

Donc :

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

➤ **Densité de probabilité :**

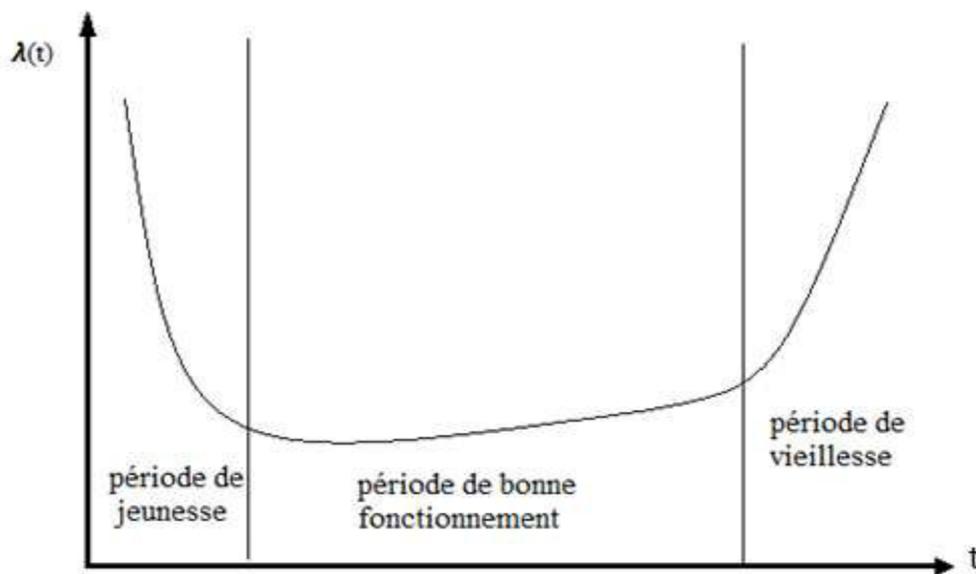
$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \text{ (IV.5)}$$

➤ **L'expression de taux de défaillance :**

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

Le taux de défaillance est une fonction dépendante de temps, avec une allure liée au paramètre de forme  $\beta$ .

$\lambda(t)$  s'exprime également par l'inverse d'un temps, mais n'est pas une densité de probabilité. L'expérience montre que pour la plupart des composants, le taux de défaillance suit une courbe en baignoire représentée sur la figure suivante :



**Figure (IV.1) : Courbe en baignoire [14]**

**Cette courbe représente trois périodes :**

• **La période de jeunesse ou de rodage :**

Correspond à l'apparition de défaillances, dues à des malfaçons ou à des contrôles insuffisants. Dans la pratique, le fabricant procède à un rodage de son matériel afin d'éviter que cette période ne se produise après l'achat du matériel.

• **La période de bon fonctionnement :**

Dans cette période, le taux d'avaries est sensiblement constant, les avaries surviennent de manière aléatoire et ne sont pas prévisibles par examen du matériel ; ces défaillances sont dues à un grand nombre de causes et sont liées à la fabrication des dispositifs.

• **La période de vieillissement :**

Le taux d'avaries est croissant, cette période correspond à une dégradation irréversible des caractéristiques du matériel, d'où une usure progressive.

#### **IV.1.3.2 Étude paramétrique du modèle de WEI BULL**

Suivant les valeurs de  $\beta$ , le taux de défaillance est soit décroissant ( $\beta < 1$ ) soit constant ( $\beta = 1$ ), soit croissant ( $\beta > 1$ ). La distribution de weibull permet donc de représenter les trois périodes de la vie d'un dispositif décrites par la courbe en baignoire. Le cas  $\gamma > 0$  correspond à des dispositifs dont la probabilité de défaillance est nulle jusqu'à un certain âge  $\beta$ .

#### **IV.1.3.3 Détermination graphique des paramètres de Weibull**

L'historique de fonctionnement des équipements permet de déterminer le temps de bon fonctionnement (TBF), ou les durées de vie des composants, par conséquent les fonctions des fréquences cumulées de défaillance qu'on note  $F(i)$ .

Pour déterminer ces paramètres on va utiliser le diagramme d'ALLEN PLAIT.

#### **IV.1.3.4 Diagramme d'ALLEN PLAIT**

Ce graphique à échelle fonctionnelle gradué de la façon suivante :

Il comporte quatre axes :

- Sur l'axe (A) : on trouve le temps.
- Sur l'axe (B) : on trouve  $F(t)$  en %.

- Sur l'axe (a) : on trouve  $\ln(t)$ .

- Sur l'axe (b) : on trouve

$$\ln \ln\left(\frac{1}{1-F(t)}\right) \text{ (IV.7)}$$

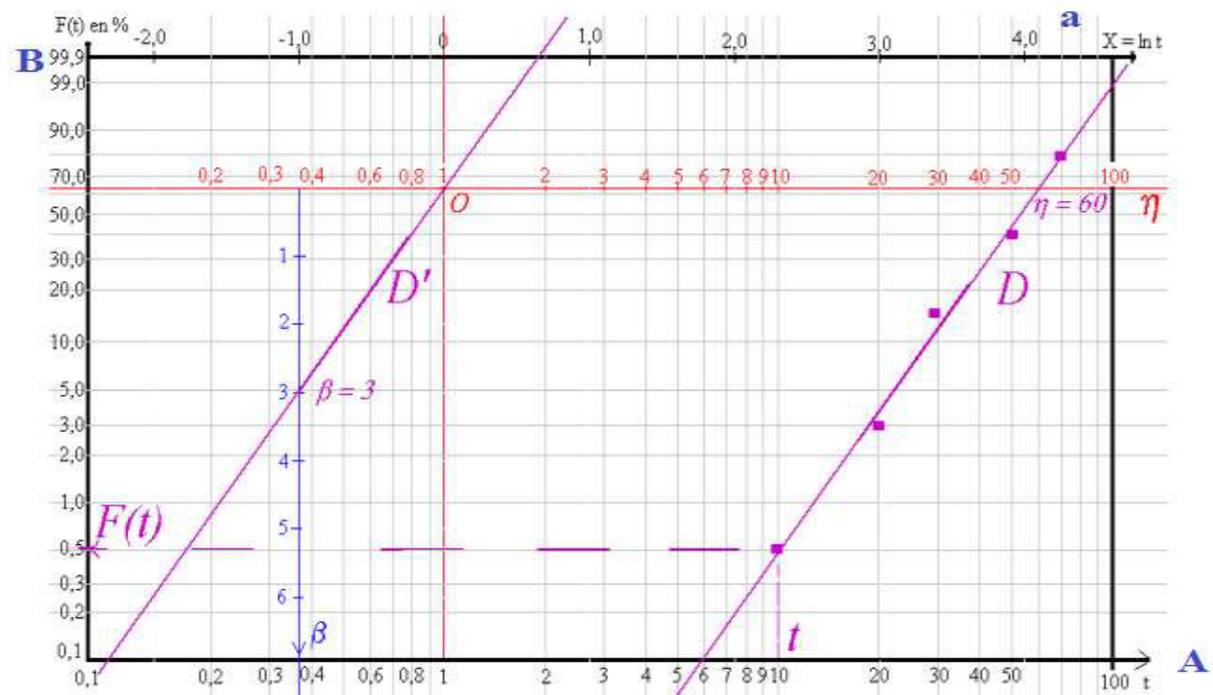


Figure (IV.2) : Diagramme d'ALLEN PLAIT[7]

#### IV.1.3.5 Procédure de réalisation

1-Préparation des données.

2-Tracé des nuages des points (F (i), t).

3-Tracé de la courbe de régression du nuage ( $D_1$ ) (on espère avoir une droite).

4-Translation de la droite ( $D_1$ ) à la droite de passage par l'axe de plan (X, Y).

- **Calcul de  $\beta$**  : Il représente la pente de la droite ( $D_1$ ) de régression des nuages des points (F (i), t). Pour l'obtenir, on fait passer une droite ( $D_2$ ) parallèle à la droite ( $D_1$ ) et coupe l'axe A au point 1 et on lit la valeur de  $\beta$  sur l'axe (b).
- **Calcul de  $\eta$**  : Il se lit à l'intersection de la droite ( $D_1$ ) avec l'axe (A).

## IV.2 La maintenabilité

### Définition

La maintenabilité est l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli, pendant un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise, lorsque l'exploitation et la maintenance sont accomplies dans des conditions données, avec des moyens prescrits. . [13]

#### IV.2.1 Taux de réparation $\mu$ :

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

#### IV.2.2 Amélioration de la maintenabilité :

Il assurera de ce fait la réduction des durées de détection des pannes diminuant, ainsi les TTR l'amélioration de la maintenabilité d'une manière considérable. Le maintenancier doit améliorer la maintenabilité par les actions suivantes :

- Disponibilité de la documentation tenue à jour du matériel.
- Utilisation des systèmes d'aide au diagnostic.
- Utilisation des capteurs intégrés pour la localisation de la panne.
- Disponibilité des accessoires outillages.

## IV.3 La disponibilité

La disponibilité est l'aptitude d'un dispositif à être en état d'accomplir une fonction requise, à un instant donné, dans des conditions données et pendant un intervalle de temps donné, compte tenu du système de soutien mis en place .En probabilité : c'est la probabilité de bon fonctionnement de ce dispositif à l'instant  $t$ . [13]

### Expression de la disponibilité

La disponibilité, notée  $D(t)$  est fonction du temps paramétré par  $\lambda$  et  $\mu$  supposés constants, donc (phénomènes totalement aléatoires) indépendants du temps.

Avec une telle hypothèse, on montre facilement que :

**Le taux de défaillance :**

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \text{ (IV.8)}$$

**Le taux de réparation :**

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \text{ (IV.9)}$$

$$D = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \text{ (IV.10)}$$

Ou :

$$D = \frac{MTBF}{MTTR + MTBF} \text{ (IV.11)}$$

#### **IV.4 La Sécurité**

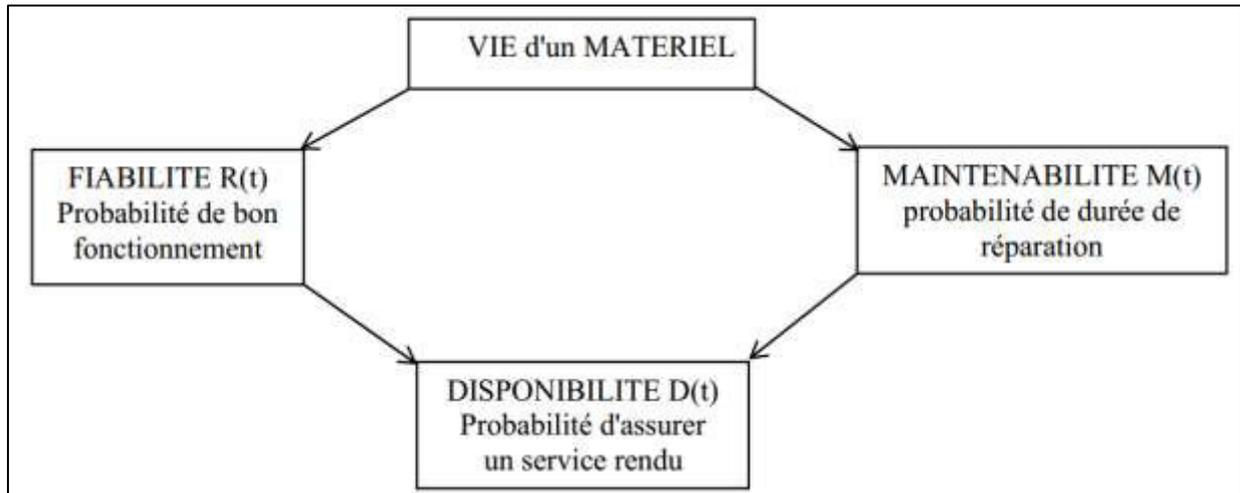
C'est l'aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques. La sécurité est généralement mesurée par la probabilité qu'une entité E évite de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.. [15]

#### **V.5 La relation entre les notions FMDS**

La testabilité d'un composant contribue à la maintenabilité de l'équipement qui le contient.

La disponibilité d'un produit dépend de sa fiabilité et de sa maintenabilité<sup>4</sup>. En effet, pour qu'un produit soit en état de marche à un instant donné, il faut, soit qu'il n'ait pas arrêté de fonctionner (fiabilité), soit qu'il ait pu être remis en état de marche en cas de défaillance (maintenabilité et mise en place des moyens de maintenance appropriés).

Selon les contextes, la disponibilité et la sécurité peuvent être des aptitudes compatibles ou antagonistes. Ainsi, si un produit ne dispose pas d'état de repli sûr en cas de panne (cas de l'avion en vol par exemple), la sécurité est obtenue par une forte disponibilité. À l'inverse, si l'état de panne est plus sûr que l'état de fonctionnement (cas des transports terrestres, des systèmes ferroviaires par exemple), un haut niveau de sécurité peut entraîner une disponibilité médiocre, un compromis entre sécurité et disponibilité doit alors être trouvé.



Figure(IV.3) : La relation entre les notions FMD.

**IV.6 Calcule de fiabilité, disponibilité, maintenabilité**

Dans les tableaux suivants, nous avons les temps de bon fonctionnement (TBF) des pannes classées par ordre croissant extraire des fiches historiques des équipements de les pompe alimentaire de quatre unités de la centrale électrique.

**IV.6.1 La pompe alimentaire**

Le tableau suivant représente une classification des TBF en ordre croissant de la pompe alimentaire durant la période (2012-2018) :

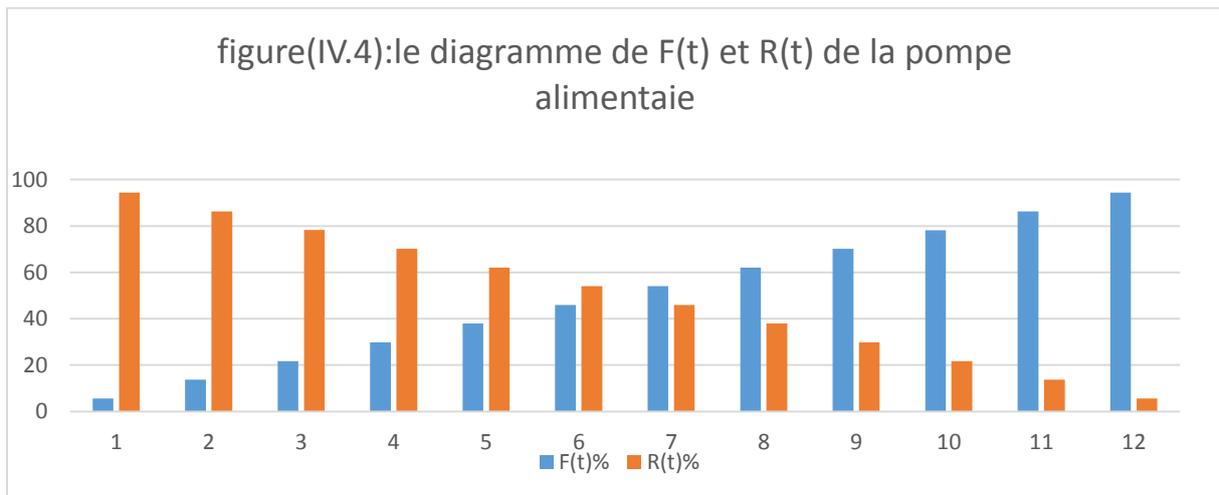
On a  $N < 20$  donc nous donnerons un rang  $i$  à chaque défaillance :

$$F(i) = (i - 0,3) / (N + 0,4)$$

$$R(i) = 1 - F(i)$$

Tableau (IV.1) : calcul de fiabilité de la pompe alimentaire

Rang	TBF (h)	F(t) (%)	R(t) (%)
1	3	5,64	94,38
2	80	13,7	86,3
3	84	21,77	78,23
4	111	29,83	70,17
5	114	37,9	62,1
6	116	45,96	54,04
7	144	54,03	45,97
8	168	62,09	37,91
9	242	70,16	29,84
10	351	78,22	21,78
11	404	86,29	13,71
12	454	94,43	5,57



Figure(IV.4) : diagramme de F(t) et R(t) de la pompe alimentaire.

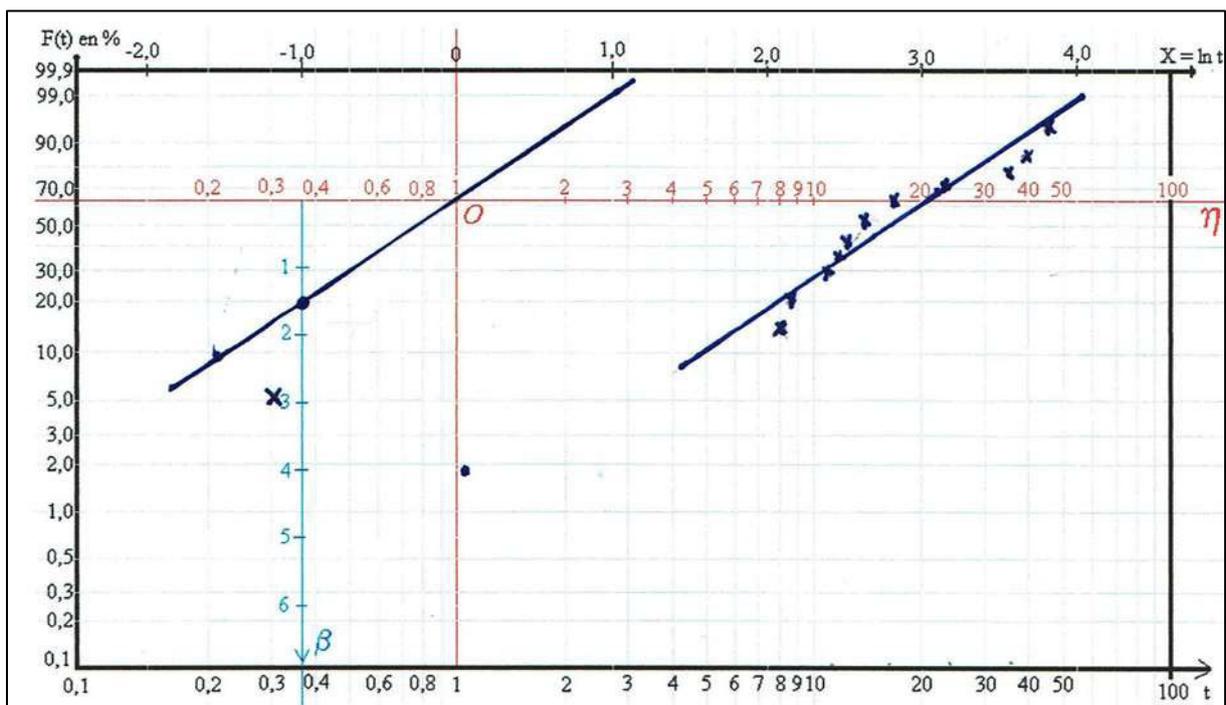


Figure (IV.5) : nuages des points de TBF on fonction de F(t)

**III.6.1.1 Détermination des paramètres**

Pour notre graphe on considère que les défaillances débutent à l'origine du temps donc le paramètre de localisation  $\gamma = 0$  (pas de translation sur l'échelle des temps).

Nous portons sur le papier de Weibull les couples de points (TBF, F(i)) qui nous donnent la droite D1 ( $\gamma = 0$ ).

D1 coupe l'axe (t,  $\eta$ ) à l'abscisse :

$\eta = 212 J$

D2//D1 coupe l'axe ( $\beta$ ) à l'ordonnée :

$$\beta = 1.55$$

### III.6.1.2 Exploitation des paramètres

A partir de :  $\beta = 1.55$  en a trouvé que ( $A = 0.8994$ )

- **Recherche de MTBF du groupe**

On a:  $MTBF = A\eta + \gamma$

$$MTBF = 0.8994 * 212 = 190$$

$$MTBF = 190 \text{ J}$$

- **La fiabilité associée à la MTBF**

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

$$R(t) = 43\%$$

- **La fonction de défaillance cumulée**

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

$$F(t) = 1 - 0.43$$

$$F(t) = 57\%$$

- **Recherche de la maintenabilité MTTR**

On a:  $MTTR = \Sigma TTR / N$

$$MTTR = 17.72 \text{ h}$$

Pompe	MTBF(j)	MTTR (h)	F (t) (%)	R (t) (%)
10RL32D001	190	17.72	57	43

- **Recherche de la disponibilité D**

On a:  $D = MTBF / (MTBF + MTTR)$

$$D = 190 / (190 + 17.72/24) = 0.996$$

$$D = 99.6\%$$

$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^{\beta - 1}$  Avec  $t > \gamma$  ;  $\beta > 0$  ;  $\eta > 0$ .

$$\lambda(t) = \frac{1.55}{212} \left(\frac{190 - 0}{212}\right)^{1.55 - 1}$$

On a :  $\lambda = \frac{1}{MTBF}$

$$\lambda(t) = 5.26 * 10^{-3} \text{ pannes/J}$$

$$\lambda = \frac{1}{190} = 5.26 * 10^{-3} \text{ pannes/J}$$

### Résultats et discussion

- On constate a partir du graph Weibull que  $\beta = 1.55$ , on peut aisément en déduire que la pompe est en période de vieillesse ou de fatigue.
- R(MTBF) est égale à 43% ce qui veut dire que la pompe a 43 chance de survie aux délais de 212 J.
- Une probabilité d'apparition de pannes de 57% c'est à dire que la pompe a 57 chances sur 100 de tomber en panne durant la même période.
- Un taux d'avarie (défaillances) de  $5.26 * 10^{-3}$ , ce qui veut dire qu'il Ya  $5.26 * 10^{-3}$  de probabilité de pannes chaque 100 jours.

### Résultat d'étude sur quatre pompes :

Tableau (IV.2) : les résultats finals des quatre pompes

Pompe	MTBF(J)	MTTR(H)	F(t) (%)	R(t) (%)	D (%)	$\lambda$ (t) (%) * $10^{-3}$
10RL32D001	190	17,72	57	43	99.6	5.26
20RL12D001	300	4	61.14	38.85	99.94	3.33
30RL22D001	120	3	57.55	42.44	99.89	0.107
40RL22D001	261	2.4	63.21	36.78	99.96	3.8

### VI.7-Conclusion

Dans ce chapitre nous avons appliques la méthode de wiebull sur les pompes alimentaire pendant la période de 6 ans, Ce type d'étude montre plusieurs paramètre numérique ( $\beta$ ,  $\lambda$ ,  $\eta$ ,  $\gamma$ ) qui définis l'étas d'équipements, A l'aide de ces paramètre en calcul la Fiabilité, Disponibilité pour choisir le bon type d'intervention de la maintenance.

# Etude AMDEC

**Introduction :**

La méthode AMDEC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet elle rend le système fiable tout en faisant diminuer le nombre de pannes, facilement maintenable car elle permet la maîtrise des éléments et leurs fonctions, disponible parce qu'elle permet d'agir sur les éléments critiques, sécurisant car elle permet de dominer les défaillances et en particulier les défaillances critiques et catastrophiques

**V. Etude AMDEC****Définition :**

L'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leurs Criticité (AMDEC) est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances dont les conséquences affectent le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée. [17][18]

**V.1 Objectifs de l'étude AMDEC****Réduire nombre des défaillances**

- Prévention des pannes.
- Fiabilisation de la conception.
- Amélioration de la fabrication, du montage. De l'installation.
- Optimisation de l'utilisation et de la conduite.
- Amélioration de la surveillance et des tests.
- Amélioration de la maintenance préventive.
- Détection précoce des dégradations.

**Réduire les temps d'indisponibilité après défaillance**

- Prise en compte de la maintenabilité dès la conception.
- Amélioration de la testabilité.
- Aide au diagnostic.
- Amélioration de la maintenance corrective.

**Améliorer la sécurité**

Dans cette optique et à la lumière de ces points, AMDFC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet elle rend le système fiable tout en faisant diminuer le nombre de pannes, facilement maintenable car elle permet la maîtrise des éléments et de leurs fonctions, disponible, car qu'elle permet d'agir sur les éléments critiques, sécurisant, puisque elle permet de dominer les défaillances et en particulier les défaillances critiques et catastrophiques.

**V.2 Différents types d'AMDEC**

- **L'AMDEC machine** (qui est utilisé dans notre cas) est particulièrement destinée aux constructeurs (AMDEC prévisionnelle) et aux utilisateurs de machines (AMDEC opérationnelle). Les applications sont généralement les suivantes :

**- AMDEC prévisionnelle**

En phase de conception. Pour vérifier certains points particuliers (éléments nouveaux, spécifiques ou complexes) dont on connaît mal le comportement Elle permet l'amélioration de la conception, la validation d'une solution technique par rapport à un cahier des charges ou une exigence spécifique, la mise en phase des dispositions d'assurance qualité, la préparation d'un plan de maintenance. On la met en pratique quand les composants sont définis, avant que les plans de détail ne soient figés.

**-AMDEC opérationnelle**

En période d'exploitation, pour améliorer le comportement ci-un matériel critique, pour mettre au point le plan de maintenance d'une nouvelle installation ou pour optimiser des actions de maintenance (choix, procédure, stocks).

L'AMDEC machine est essentiellement destinée à l'analyse des modes de défaillance d'élément matériels (mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, électroniques...). Elle peut aussi s'appliquer aux fonctions de la machine, au stade préliminaire de sa conception conséquence.

- **AMDEC produit**

Analyse de la conception d'un produit pour améliorer la qualité et la fiabilité prévisionnelle. Cette AMDEC est rédigée sous la responsabilité du bureau d'étude.

- **AMDEC processus**

Analyse des opérations de production pour améliorer la qualité de production, par voie de conséquence la qualité de produit ou du service rendu» Cette AMDEC est rédigée sous la responsabilité du bureau des méthodes de fabrication.

### **V.3 Avantages et inconvénients de l'AMDEC**

#### **V.3.1- Avantages de la méthode AMDEC**

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives. C'est à dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout du long du cycle de vie du produit. La production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs.

#### **V.3.2- Inconvénients de la méthode AMDEC :**

L'AMDEC nécessite une connaissance poussée de la question à étudier. En général, un Brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela. Il faut donc qu'une équipe puisse se mettre «accord sur les modes de défaillance étudiée. Cette méthode est de ce fait, lourde à mettre en place.

### **V.4 Analyse AMDEC**

L'analyse AMDEC proprement dite consiste à identifier le dysfonctionnement potentiel ou déjà constatée d'une machine, à mettre en évidence les points critiques et à proposer des actions correctives pour y remédier. En pratique, on procède souvent à une estimation approximative qui se traduit par une note attribuée pour le groupe AMDEC, il s'agit donc d'une échelle de notation. de ce fait le produit multiplication utilisé pour le calcul de la criticité n'a pas le sens mathématique propre de terme.

$$C = F * G * D \quad (V.1)$$

C : criticité

G : gravité

F : fréquence

N : probabilité de non détection

### V.4.1 Les éléments et les colonnes de tableau d'AMDEC

Pour chaque élément du moyen de production, le groupe de travail détermine et énumère dans la feuille AMDEC les éléments suivants :

#### a) Eléments (Col 1)

Cette colonne permet d'inscrire la désignation du composant le plus précisément possible, ainsi que son repère de nomenclature s'il existe.

#### b) Fonction (Col 2)

La norme NF EN 1325-1 définit la notion de fonction comme l'action d'un produit ou de ses constituants exprimée exclusivement en termes de finalité.

Exemple :- **trier**, écrire, guider, transporter.

- La fonction d'un moteur électrique sera énoncée ainsi : convertir l'énergie électrique en énergie mécanique.

#### c) Modes de défaillance (Col 3)

Un mode de défaillance est la manière par laquelle un dispositif peut venir à être défaillant, c'est-à-dire à ne plus remplir sa fonction.

Exemple : - blocage, grippage, rupture, fuite, etc.

- pour un moteur électrique les modes de défaillance peuvent être extraits de la liste non exhaustive suivante :

- s'arrêt de fonctionner,
- ne démarre pas,
- ne s'arrête pas,
- etc.

#### d) Cause de défaillance (Col 4)

Une cause de défaillance est l'événement initial pouvant conduire à la défaillance d'un dispositif par l'intermédiaire de son mode de défaillance. Plusieurs causes peuvent être associées à un même mode de défaillance. Une même cause peut provoquer plusieurs modes de défaillance.

Exemple : encrassement, corrosion, etc.

**e) Effet de la défaillance (Col 5)**

L'effet d'une défaillance est, par définition, une conséquence subie par l'utilisateur. Il est associé au couple (mode-cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur.

Exemple : arrêt de production, détérioration d'équipement, explosion, etc.

**f) Mode de détection (Col 6)**

Une cause de défaillance étant supposée apparue, le mode de détection est la manière par laquelle un utilisateur (opérateur et/ou mainteneur) est susceptible de détecter sa présence avant que le mode de défaillance ne se soit produit complètement, c'est-à-dire bien avant que l'effet de la défaillance ne puisse se produire.

Exemple : détection visuelle, température, odeurs, bruits, etc.

**g) Criticité (col 7)**

La criticité est une évaluation quantitative du risque constitué par le scénario (mode-cause-effet-détection) de défaillance analysé. La criticité est en fait la gravité des conséquences de la défaillance, déterminée par calcul. La criticité est évaluée à partir de la combinaison de trois facteurs :

-la fréquence d'apparition du couple mode-cause.

-la gravité de l'effet.

-la possibilité d'utiliser les signes de détection.

**Tableau (V.1) : Niveaux de criticité**

Niveau de criticité	Définition
1 < C < 8 <b>Criticité négligeable</b>	Aucune modification Maintenance corrective
8 < C < 18 <b>Criticité moyenne</b>	Amélioration Maintenance préventive système
18 < C < 27 Critique élevée	Surveillance particulière Maintenance préventive conditionnelle
27 < C < 64 <b>Criticité interdite</b>	Remise en cause complète de l'équipement

**Indice de fréquence F :**

Fréquence d'apparition d'une défaillance due à une cause particulière.

**Tableau (V.2) : Niveaux de fréquence**

Niveau de fréquence	indice	Définition
Fréquence très faible	1	Défaillance rare : Moins d'une défaillance par 5ans
Fréquence faible	2	Défaillance possible : Une défaillance par 3 ans
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente : Une défaillance par 2 ans
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente : Plusieurs défaillances par une année

**Indice de gravité G :**

C'est la gravité des effets de la défaillance s'exprime en termes de durée d'arrêt :

- pertes de productivité (arrêt de production, défaut de qualité).
- Coût de la maintenance.
- Sécurité, environnement.

**Tableau (V.3) : Niveau de gravité**

Niveau de gravité	Indice	Définition
Gravité très faible (mineure)	1	-Arrêt de fonctionnement inférieur à 5 ans -Aucune dégradation notable de matériel
Gravité faible (significative)	2	-Arrêt de fonctionnement de 3 ans -Remise d'état de courte durée ou une petite réparation
Gravité moyenne	3	-Arrêt de fonctionnement de 2 ans -Changement du matériel défectueux nécessaire
Gravité majeure	4	-Arrêt de fonctionnement d'une année -Intervention importante sur sous ensemble

**Indice de non-détection D :**

Probabilité de non détection d'une défaillance avant qu'il n'atteigne l'utilisateur.

**Tableau (V.4) : Niveau de probabilité de non détection**

Niveau de probabilité de non détection	Indice	Définition
Détection évidente	1	Défaillance précocement détectable : - détection à coup sûr de la cause de défaillance
Détection possible	2	Défaillance détectable : Signe avant-coureur facilement détectable
Détection improbable	3	défaillance difficilement détectable : signe avant-coureur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitable
Détection impossible	4	Défaillance indétectable : Aucun signe avant-coureur de la défaillance

Tableau (V.5) : présentation du tableau d'AMDEC

Principale de l'AMDEC								
AMDEC machine		Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités						Action corrective
		Pompe alimentaire			Phase de fonctionnement : normale			
N	Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Détection	Criticité	
	Col(1)	Col(2)	Col(3)	Col(4)	Col(5)	Col(6)	Col (7)	Col(8)

#### V.4.2 Actions correctives

L'ensemble des colonnes actions correctives permet de définir les mesures correctives décidées par le groupe de travail, pour éliminer les points critiques. Une diminution de la critique peut être obtenue :

**a-** Par la mise en œuvre de modifications ou d'améliorations de la conception de l'installation, qui permettront :

- Soit de rendre le moyen de production plus fiable (diminuer la fréquence d'apparition de l'aléa),
- Soit de rendre le moyen de production plus maintenable (diminuer le temps d'immobilisation par la réduction des effets des défaillances) ;

**b-** Par la mise en œuvre de dispositions organisationnelles concernant la maintenance ou la conduite de l'installation (exemple : définir la gamme de maintenance préventive, écrire les modes opératoires de réglage, mettre en stock des pièces de rechange, etc.).

Le choix du type d'action corrective à mettre en place doit être guidé par le critère le plus pénalisant dans la note de criticité. Par exemple, si la criticité d'une défaillance est élevée du fait de la fréquence, l'action corrective doit viser à diminuer prioritairement la fréquence.

Quand aucune action corrective ne peut permettre de ramener l'indice de gravité au-dessous de 4, le groupe de travail devra définir une action visant à maintenir ou à ramener les deux autres critères (fréquence et non-détection) à une valeur égale à 1.

De la même manière, quand aucune action corrective ne permet de ramener l'indice de fréquence au-dessous de 4, l'action corrective définie par le groupe de travail doit permettre de ramener ou de maintenir les deux autres critères (gravité et détection) à une valeur égale à 1.

• La première sous-colonne de ce groupe permet de codifier le type d'action corrective.

• La seconde sous-colonne permet d'inscrire la description de l'action exprimée en termes d'objectif. Il ne s'agit pas ici de décrire dans le détail l'action projetée, mais d'en formaliser les résultats s'attendus.

- La troisième sous-colonne permet d'inscrire :
  - ✓ Le nom du responsable de la mise en œuvre de l'action corrective envisagée ;
  - ✓ L'estimation du délai pour mettre en œuvre l'action corrective envisagée.

➤ **Criticité - Indices finaux :**

Lorsque la définition d'une action corrective a été réalisée, une cotation des risques après mise en œuvre de l'action corrective est effectuée. L'évaluation des risques potentiels se traduit par le calcul de la nouvelle criticité, à partir de l'estimation des nouveaux indices de fréquence, de gravité et de non-détection. La nouvelle criticité est inscrite dans l'ensemble de colonnes (Col 9) en utilisant le même barème de cotation que celui ayant servi à la cotation initiale.

- **Indice F'** : l'amélioration de la note de fréquence F s'obtient par une action sur la fiabilité du composant analysé ou sur les conditions d'utilisation ou par une action de maintenance préventive systématique, etc. C'est l'action à rechercher en priorité.
- **Indice G'** : l'amélioration de la note de gravité G s'obtient par une action sur la maintenabilité ou sur l'aptitude à diagnostiquer et à réparer plus rapidement. Cela peut entraîner des modifications de conception (suivi de la qualité produite, etc.).
- **Indice D'** : l'amélioration de la note de non-détection D s'obtient en agissant sur la validation de la conception (calculs, essais, etc.), et/ou sur une aide à la supervision, par une maintenance préventive.

**Indice C'** :  $C' = F' * G' * D'$ , qui permettra de quantifier le progrès réalisé. Une fois les actions correctives identifiées et déterminées, le décideur validera la mise en application des actions correctives proposées par le groupe, en tenant compte des délais prévus, des coûts d'investissement, d'exploitation et de maintenance.

**Tableau(V.6) : application AMDEC**

<b>Principale de l'AMDEC sur la pompe alimentaire</b>															
<b>AMDEC machine</b>		<b>Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités</b>							<b>Action corrective</b>		<b>Après action corrective</b>				
		<b>Pompe alimentaire</b>			<b>Phase de fonctionnement : normale</b>										
<b>N</b>	<b>Élément</b>	<b>Fonction</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Cause de défaillance</b>	<b>Effet de défaillance</b>	<b>Détection</b>	<b>Criticité</b>					<b>Nouvelle criticité</b>			
							<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>C</b>		<b>F'</b>	<b>G'</b>	<b>D'</b>	<b>C'</b>
1	Roulement	Assurer le guidage en rotation	Grippage, perte de performance et bruit anormal	Fatigue vibration manque de lubrification duré de vie	Mauvais fonctionnement Vibration dégradation des roulements	Visuelle Inspection vibratoire	3	1	3	9	Améliorer la lubrification et Système capteur vibratoire On line	2	1	1	2
2	moteur	Entrainer Les deux pompes (mise en marche)	Problème électrique (court de circuit)	Mauvaise isolation	Arrêt de deux pompes	Caméra infrarouge	2	2	2	8	Améliorer l'isolation	1	2	2	4

**Tableau(V.6) : application AMDEC**

<b>Principale de l'AMDEC sur la pompe alimentaire</b>															
<b>AMDEC machine</b>		<b>Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités</b>								<b>Action corrective</b>	<b>Après action corrective</b>				
		<b>Pompe alimentaire</b>			<b>Phase de fonctionnement : normale</b>						<b>Nouvelle criticité</b>				
<b>N</b>	<b>Élément</b>	<b>Fonction</b>	<b>Mode de défaillance</b>	<b>Cause de défaillance</b>	<b>Effet de défaillance</b>	<b>Détection</b>	<b>Criticité</b>								
							<b>F</b>	<b>G</b>	<b>D</b>	<b>C</b>		<b>F'</b>	<b>G'</b>	<b>D'</b>	<b>C'</b>
3	Disque d'équilibrage	Protection de la pompe contre les poussées axiales	Fonctionnement intempestif	Les contacts directs	Endommager les roues	Visuel avec outillage de mesure	2	2	1	4	Changement des roues....	2	2	1	4
4	Arbre de la pompe	Assurer le support des aubes	Fonctionnement dégradé	Les forces externes et les frottements	vibration et désalignement	Visuelle et Inspection vibratoire	2	2	1	4	Serrage des supports et nettoyages des paliers	2	2	1	4
5	Crépine d'aspiration	Filtrer le fluide	Mouvais filtrage	Détérioration de la crépine	Usure de la pompe	visuel Et analyse vibratoire	3	3	1	9	Modifier ou remplacé la crépine	1	3	1	3
6	Joint tournant	Assurer l'étanchéité entre le moteur et les pompes	Fuite cote moteur	usure	Arrêt de la pompe	visuel	1	3	3	9	Changement de joint	1	3	1	3

**Tableau(V.6) : application AMDEC**

AMDEC machine		Analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leurs criticités						Action corrective	Après action corrective					
		Pompe alimentaire			Phase de fonctionnement : normale				Nouvelle criticité					
N	Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de défaillance	Effet de défaillance	Détection	Criticité				F'	G'	D'	C'
							F	G	D	C				
7	Capteur	Détection et donne l'information	Non détection de la position	Mauvaise connexion	Marche dégradé et cercle bloqué	Pas de signal	1	3	2	6				

## V.5 Le suivi

Le suivi est un aspect fondamental pour le succès de la mise en œuvre de l'AMDEC .il va permettre de vérifier que toutes les actions décidées ont été réalisées et que les nouvelles valeurs de criticité sont effectivement atteintes. Pour avoir une image globale du degré de confiance que l'on peut donner au moyen de production.

## Conclusion

L'application de l'analyse AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité) permet de localiser les entités critiques puis d'élaborer un plan de maintenance optimal pour que la fiabilité de la machine augmente, en effet elle nécessite de connaître parfaitement le système et l'historique de toutes les défaillances.

Pour garder le système de machine à thermoformement en bon fonctionnement il faut se concentrer sur les éléments classés dans le tableau de classification des éléments par leur criticité en application aussi les actions à engager.

# **Conclusion générale**

### Conclusion générale

Le travail d'expertise 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 nouvelles technologies dans le domaine industriel et d'enrichir nos connaissances théoriques acquises pendant notre cursus universitaire, .

L'étude de fiabilité réalisée sur le comportement des équipements de nos installations, nous a permis de localiser l'ensemble qui cause le plus de problèmes pour la bonne marche de la pompe alimentaire..

L'application de la méthode AMDEC dans le cas de notre industrie a bien montré le type de maintenance le plus adéquat afin que des effets positifs soient ressentis sur l'ensemble des équipements de notre entreprise.

Il est évident, que vu la position stratégique que possède notre entreprise une politique de maintenance optimisée doit être mise en pratique. La disponibilité des installations de production de l'électricité est un gage de développement de toute une région.

Le travail de diagnostic et d'expertise fait ne peut être un dossier complet afin d'optimiser la gestion de la maintenance. On doit continuer à rechercher d'autres outils de diagnostics et d'optimisations afin de maîtriser l'aspect maintenance au niveau de notre entreprise.

On peut orienter les futurs étudiants afin d'orienter leurs travaux dans les axes suivants :

- Etude technico-économique de la gestion de la maintenance conditionnelle appliquée dans l'entreprise.
- Application d'une éventuelle maintenance méliorative au niveau de l'entreprise.

Ces axes de recherches peuvent être un complément parfait afin d'optimiser une bonne partie du dossier maintenance des machines de l'entreprise.

**Références**  
**Bibliographiques**

## Références Bibliographiques :

- [1]-documentation de la centrale thermique de cap djinet, service formation professionnel.
- [2]- Fichiers historique + cahier technique de la pompe alimentaire entre (2010-2015).
- [4]-Badereddine Hocine, Djeghbalaamor, <<optimisation de la maintenance préventive d'une pompe centrifuge 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]-Bouleinger, vers les zéro pannes avec la maintenance, AFNOR, paris (1988).
- [7]-Pearl J, probabilistic reasoning in intelligent systems: Networks of Plausible Inference. library of congress cataloging in publication data.1988..
- [8]-Dagi Samir "Etude des paramètres de la maintenance de la turbine à vapeur" mémoire d'ingénieur, université de Skikda 2010.
- [9]-Abdelhadi Benkhelifa "Fiabilité des équipements de D.T.M., analyse fonctionnelle et Implications organisationnelles de la fonction maintenance de transport" mémoire de master, université d'Ouargla 2011.
- [10]-Des pujols A, optimisation de la maintenance par la fiabilité. Techniques de l'ingénieur, dossier MT9310, 2004.
- [12]-Zille V, « Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants », université Troyes, 2009.
- [13]-Claude Haserd : fiabilité, maintenabilité, disponibilité, Edition AFNOR ,2eme Edition, paris (1986).

[14]-Abdelhadi Benkhelifa "Fiabilité des équipements de D.T.M., analyse fonctionnelle et implications organisationnelles de la fonction maintenance de transport" Mémoire de Master, Université de Ouargla 2011.

[16]-Jean Faucher, Gerard Lundy, pratique de l'amdec, edition AFNOR (2009).

[17]-AMDEC guide pratique :livre, Gerard Landy ,2007

[18]-génie industriel, maintenance industrielle de l'entretien de base de l'optimisation du la sureté : Jean-Marie Auberville, 2004

### **Webgraphiques :**

[3]- [www.pompe-centrifuge.com](http://www.pompe-centrifuge.com)

[11][www.fonctoin-maintenance.com](http://www.fonctoin-maintenance.com)

[15] [www.sureté-de-fonctionnement .com](http://www.sureté-de-fonctionnement.com).

# Annexes :

## **Annexe 1 :**

Application de weibull sur les trois pompes alimentaire

## **Annexe 2 :**

Exemple d'historique technique de pompe alimentaire et schéma de fonctionnement de central Ras-djinet

# Annexes

## Annexe 1 :

### IV.6.2 La pompe alimentaire 20RL12D001

Le tableau suivant représente une classification des TBF en ordre croissant de la pompe alimentaire durant la période (2012-2018) :

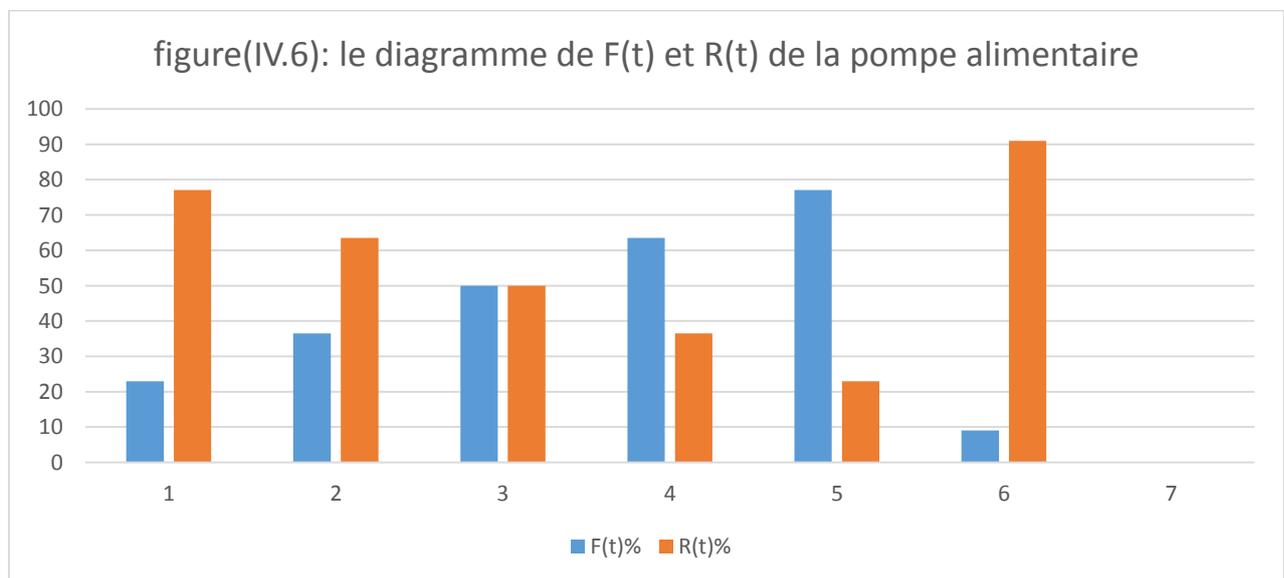
On a  $N < 20$  donc nous donnerons un rang  $i$  à chaque défaillance :

$$F(i) = (i-0,3) / (N+0,4)$$

$$R(i) = 1 - F(i)$$

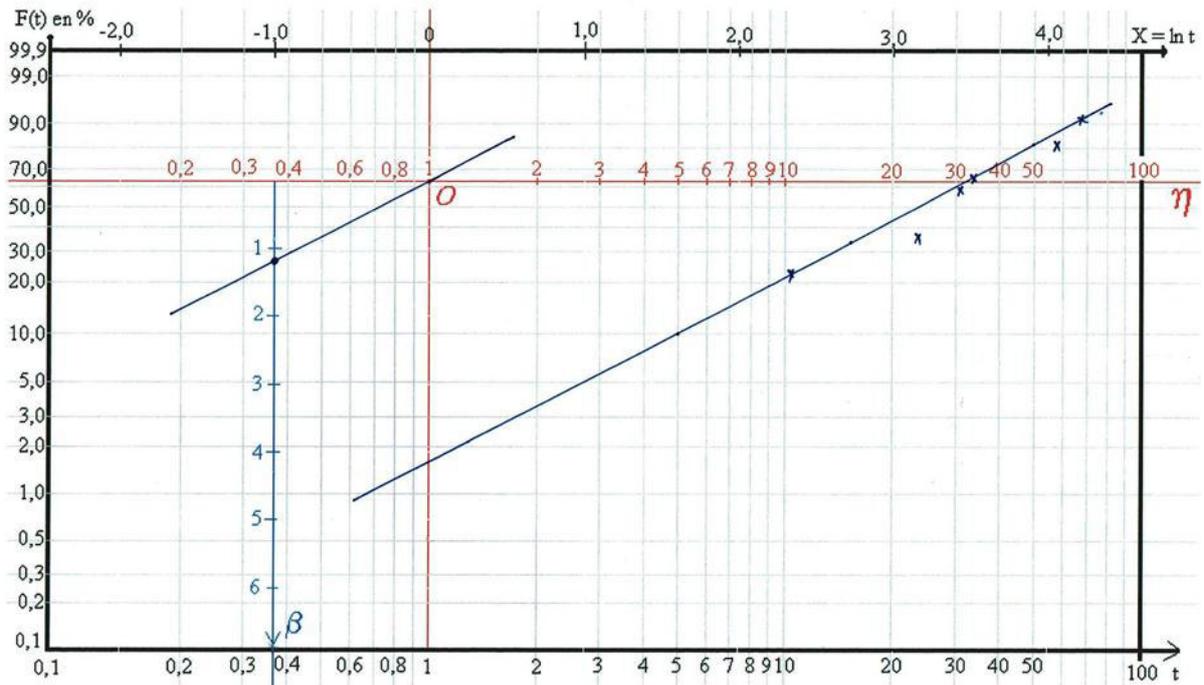
Tableau (IV.2) : calcul de fiabilité de la pompe alimentaire 20RL12D001

Rang	TBF (h)	F(t) (%)	R(t) (%)
1	105	22,97	77,03
2	239	36,48	63,52
3	307	50	50
4	335	63,51	36,49
5	591	77,02	22,98
6	679	9,05	90,95



Figure(IV.6) : diagramme de F(t) et R(t) de 20RL12D001

## Annexes



**Figure (IV.7) : Les nuages des points de TBF on fonction de F(t)**

- **Détermination des paramètres**

Pour notre graphe on considère que les défaillances débutent à l'origine du temps donc le paramètre de localisation  $\gamma = 0$  (pas de translation sur l'échelle des temps).

Nous portons sur le papier de Weibull les couples de points (TBF,  $F(i)$ ) qui nous donnent la droite D1 ( $\gamma = 0$ ).

D1 coupe l'axe ( $t, \eta$ ) à l'abscisse :

$$\eta = 315 \text{ J}$$

D2//D1 coupe l'axe ( $\beta$ ) à l'ordonnée :

$$\beta = 1.15$$

- **Exploitation des paramètres**

A partir de :  $\beta = 1.15 \longrightarrow (A = 0.9517)$

- **Recherche de MTBF du groupe**

On a:  $MTBF = A\eta + \gamma$

$$MTBF = 0.951 * 315 = 315$$

$$MTBF = 300 \text{ J}$$

## Annexes

- La fiabilité associée à la MTBF

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

$$R(t) = 38.85\%$$

- La fonction de défaillance cumulée

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

$$F(t) = 1 - 0.3885$$

$$F(t) = 61.14\%$$

- Recherche de la maintenabilité MTTR

On a:  $MTTR = \Sigma TTR / N$

$$MTTR = 4 \text{ h}$$

Pompe	MTBF (j)	MTTR (h)	F(t) (%)	R(t) (%)
Unite 2	300	4	61.14	38.85

- Recherche de la disponibilité D

On a:  $D = MTBF / (MTBF + MTTR)$

$$D = 300 / (300 + 4/24) = 0.9994$$

$$D = 99.94\%$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad \text{Avec } t > \gamma ; \beta > 0 ; \eta > 0$$

$$\lambda(t) = \frac{1,15}{315} \left(\frac{300-0}{315}\right)^{1,15-1}$$

$$\lambda(t) = 3.33 * 10^{-3} \text{ pannes/J}$$

$$\text{On a : } \lambda = \frac{1}{MTBF}$$

$$\lambda = \frac{1}{300} = 3.33 * 10^{-3} \text{ pannes/J}$$

### Résultats et discussion

- On constate partir du graph weibell que  $\beta = 1.15$ , on peut aisément en déduire que la pompe est en période de vieillesse ou de fatigue.
- $R(MTBF)$  est égale à 38.85% ce qui veut dire que la pompe a 38.85 chance de survie aux délais de 315 J.

## Annexes

- Une probabilité apparition de pannes de 61.14% c'est à dire que la pompe a 61.14 chances sur 100 de tomber en panne durant la même période.
- Un taux d'avarie (défaillances) de  $3.33 * 10^{-3}$ , ce qui veut dire qu'il Ya  $3.33 * 10^{-3}$  de probabilité de pannes chaque 100 jours.

### IV.6.3 La pompe alimentaire 30RL22D001

Le tableau suivant représente une classification des TBF en ordre croissant de la pompe alimentaire durant la période (2012-2018) :

On a  $N < 20$  donc nous donnerons un rang  $i$  à chaque défaillance :

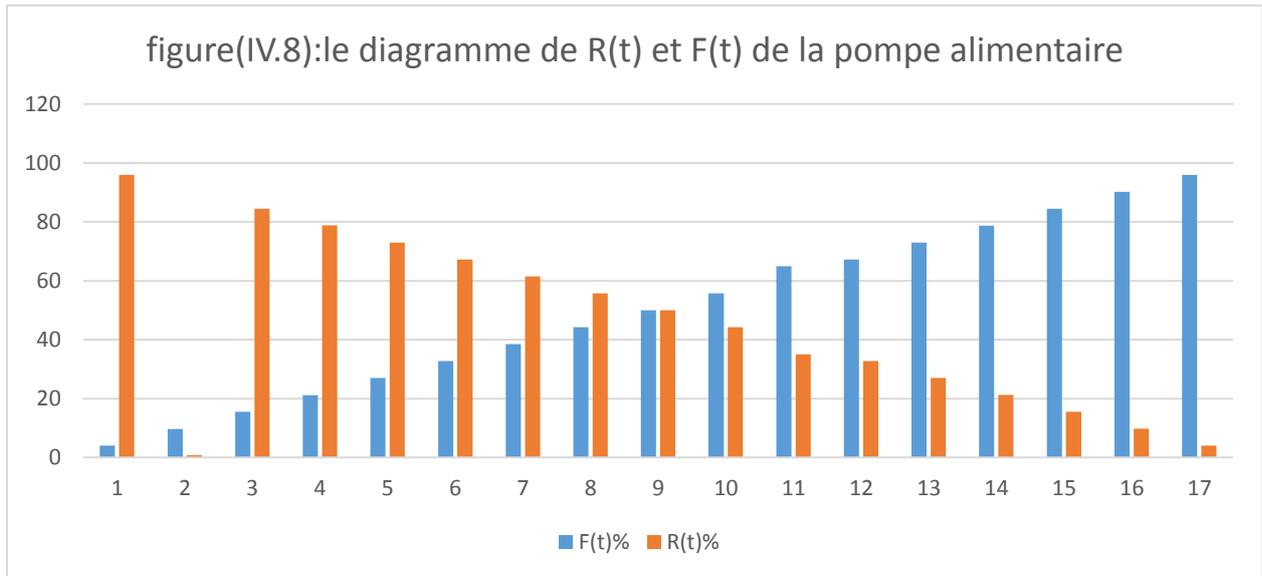
$$F(i) = (i-0,3) / (N+0,4)$$

$$R(i) = 1 - F(i)$$

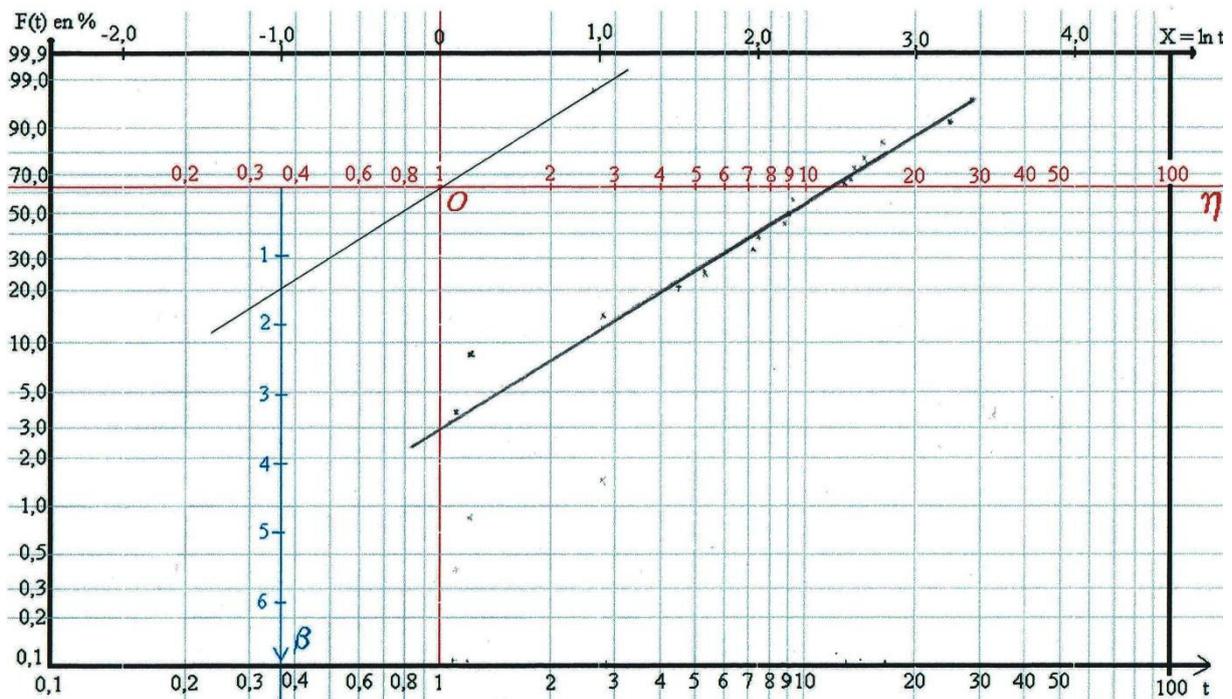
**Tableau (IV.3) : calcul de fiabilité de la pompe alimentaire 30RL22D001**

Rang	TBF (h)	F(t) (%)	R(t) (%)
1	11	4,02	95,98
2	12	9,7	0,75
3	29	15,51	84,49
4	46	21,14	78,86
5	53	27,01	72,99
6	72	32,75	67,25
7	73	38,5	61,5
8	89	44,25	55,75
9	90	50	50
10	93	55,74	44,26
11	137	64,94	35,06
12	139	67,24	32,76
13	147	72,98	27,02
14	164	78,73	21,27
15	182	84,48	15,52
16	251	90,22	9,78
17	275	95,97	4,03

## Annexes



**Figure(IV.8) : diagramme de F(t) et R(t) de 30RL22D001**



**Figure (IV.9) : Les nuages des points de TBF on fonction de F(t)**

- **Détermination des paramètres**

Pour notre graphe on considère que les défaillances débutent à l'origine du temps donc le paramètre de localisation  $\gamma = 0$  (pas de translation sur l'échelle des temps).

Nous portons sur le papier de Weibull les couples de points (TBF, F(i)) qui nous donnent la droite D1 ( $\gamma = 0$ ).

## Annexes

D1 coupe l'axe (t,  $\eta$ ) à l'abscisse :

$$\eta = 133 \text{ J}$$

D2//D1 coupe l'axe ( $\beta$ ) à l'ordonnée :

$$\beta = 1.5$$

- Exploitation des paramètres**

A partir de :  $\beta = 1.5 \longrightarrow (A = 0.9027)$

- Recherche de MTBF du groupe**

On a:  $MTBF = A\eta + \gamma$

$$MTBF = 120 \text{ J}$$

$$MTBF = 0.9027 * 133 = 120$$

- La fiabilité associée à la MTBF**

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

$$R(t) = 42.44\%$$

- La fonction de défaillance cumulée**

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

$$F(t) = 1 - 0.4244$$

$$F(t) = 57.55\%$$

- Recherche de la maintenabilité MTTR**

On a:  $MTTR = \Sigma TTR / N$

$$MTTR = 3 \text{ h}$$

Pompe	MTBF (j)	MTTR (h)	F (t) (%)	R (t) (%)
Unite 3	120	3	57.55	42.44

- Recherche de la disponibilité D**

On a:  $D = MTBF / (MTBF + MTTR)$

$$D = 99.89\%$$

$$D = 120 / (120 + 3/24) = 0.9989$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad \text{Avec } t > \gamma ; \beta > 0 ; \eta > 0.$$

$$\lambda(t) = \frac{1,5}{133} \left(\frac{120-0}{133}\right)^{1,5-1}$$

$$\lambda(t) = 1.07 * 10^{-2} \text{ pannes/J}$$

# Annexes

## Résultats et discussion

- On constate partir du graph weibell que  $\beta = 1.5$ , on peut aisément en déduire que la pompe est en période de vieillesse ou de fatigue.
- R(MTBF) est égale à 42.44% ce qui veut dire que la pompe a 42.44 chance de survie aux délais de 133 J.
- Une probabilité apparition de pannes de 57.55% c'est à dire que la pompe a 57.55 chances sur 100 de tomber en panne durant la même période.
- Un taux d'avarie (défaillances) de  $10.7 * 10^{-3}$ , ce qui veut dire qu'il Ya  $10.7 * 10^{-3}$  de probabilité de pannes chaque 100 jours.

### IV.6.4 La pompe alimentaire 40RL22D001

Le tableau suivant représente une classification des TBF en ordre croissant de la pompe alimentaire durant la période (2012-2018) :

On a  $N < 20$  donc nous donnerons un rang  $i$  à chaque défaillance :

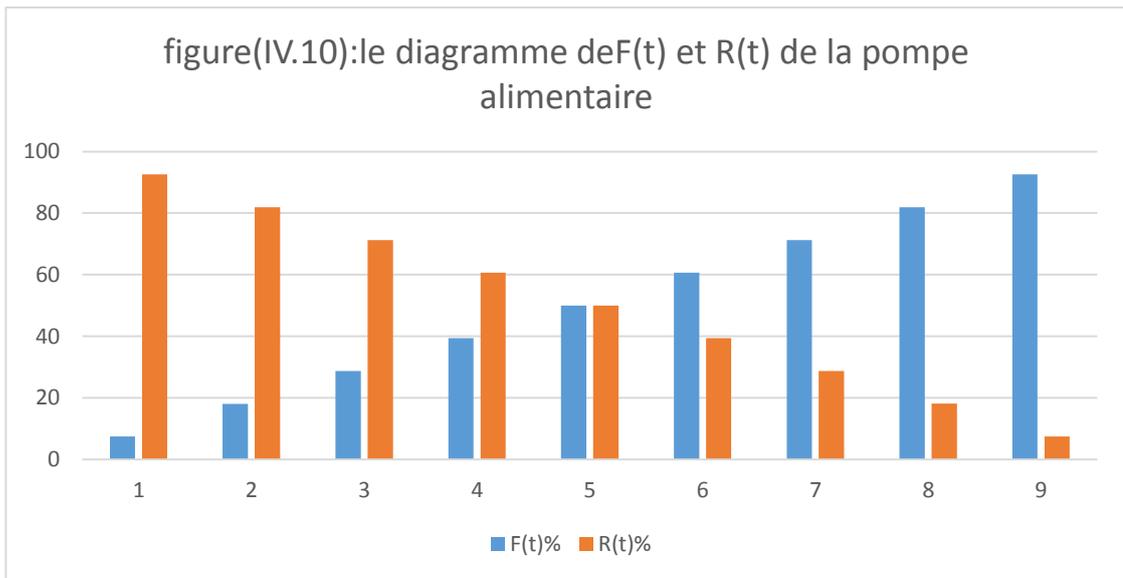
$$F(i) = (i-0,3) / (N+0,4)$$

$$R(i) = 1-F(i)$$

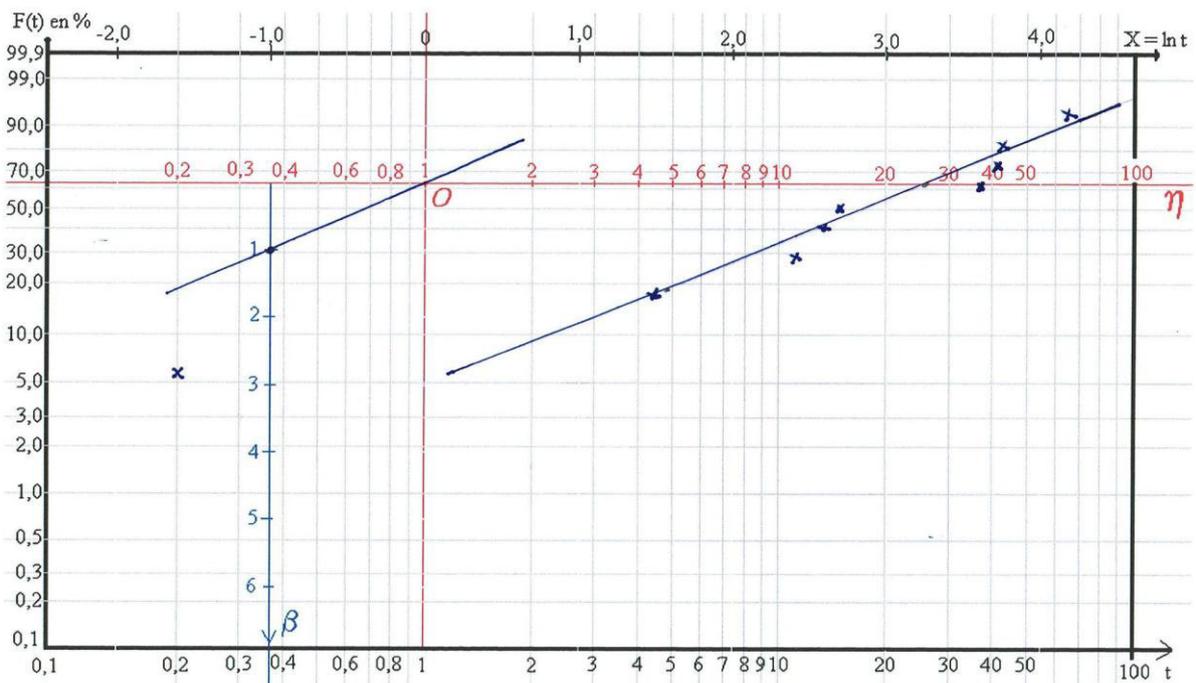
**Tableau (IV.4) : calcul de fiabilité de la pompe alimentaire 40RL22D001**

Rang	TBF (h)	F(t) (%)	R(t) (%)
1	2	7,44	92,56
2	46	18,08	81,9
3	116	28,72	71,28
4	143	39,36	60,64
5	156	50	50
6	372	60,63	39,37
7	423	71,27	28,73
8	443	81,91	18,19
9	655	92,55	7,45

## Annexes



**Figure(IV.10) : diagramme de F(t) et R(t) de 40RL22D001**



**Figure (IV.11) : Les nuages des points de TBF on fonction de F(t)**

- **Détermination des paramètres**

Pour notre graphe on considère que les défaillances débutent à l'origine du temps donc le paramètre de localisation  $\gamma = 0$  (pas de translation sur l'échelle des temps).

Nous portons sur le papier de Weibull les couples de points (TBF, F(i)) qui nous donnent la droite D1 ( $\gamma = 0$ ).

## Annexes

D1 coupe l'axe ( $t, \eta$ ) à l'abscisse :

$$\eta = 261 \text{ J}$$

D2//D1 coupe l'axe ( $\beta$ ) à l'ordonnée :

$$\beta = 1$$

- **Exploitation des paramètres**

A partir de :  $\beta = 1 \longrightarrow (A = 1)$

- **Recherche de MTBF du groupe**

On a:  $MTBF = A\eta + \gamma$

$$MTBF = 1 * 261 = 261$$

$$MTBF = 261 \text{ J}$$

- **La fiabilité associée à la MTBF**

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

$$R(t) = 36.78\%$$

- **La fonction de défaillance cumulée**

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

$$F(t) = 1 - 0.3678$$

$$F(t) = 63.21\%$$

- **Recherche de la maintenabilité MTTR**

On a:  $MTTR = \Sigma TTR / N$

$$MTTR = 2.4 \text{ h}$$

Pompe	MTBF (J)	MTTR (h)	F (t) (%)	R (t) (%)
Unite 4	261	2.4	63.21	36.78

- **Recherche de la disponibilité D**

On a:  $D = MTBF / (MTBF + MTTR)$

$$D = 261 / (261 + 2.4/24) = 0.9996$$

$$D = 99.96\%$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \text{ Avec } t > \gamma ; \beta > 0 ; \eta > 0.$$

## Annexes

---

$$\lambda(t) = \frac{1}{261} \left( \frac{261 - 0}{261} \right)^{1-1}$$

$$\lambda(t) = 3.8 * 10^{-3} \text{ pannes/J}$$

### Résultats et discussion

- On constate partir du graph weibell que  $\beta = 1$ , on peut aisément en déduire que la pompe est en période de bon fonctionnement.
- R(MTBF) est égale à 36.78% ce qui veut dire que la pompe a 36.78 chance de survie aux délais de 261 J.
- Une probabilité apparition de pannes de 63.21% c'est à dire que la pompe a 63.21 chances sur 100 de tomber en panne durant la même période.
- Un taux d'avarie (défaillances) de  $3.8 * 10^{-3}$ , ce qui veut dire qu'il Ya  $3.8 * 10^{-3}$  de probabilité de pannes chaque 100 jours.

# Annexes

## Annexe 2 :



الشركة الجزائرية لإنتاج الكهرباء  
Société Algérienne de Production de l'Electricité

### LISTE OT EN HISTORIQUE

Equipement	Description :	classe:	Type:	N° OT:	Date debut:	Date fin:	Hrs Real
10RL12D001C	Coupleur multiplicateur de vitesse N°1	MECA	MC	4167	15/02/1997 09:35:00	15/02/1997 10:35:00	0,00
	Blocage du variateur de vitesse	Cout Ress: 0,00	Cout Pieces: 0,00		Cout	0,00	0,00
	Remplacement de l'écope par celle du coupleur de la 20RL22D001C (Agent: Saiah / TP: 7h)						
10RL12D001	Groupe motoppe alimentaire N°1	MECA	MC	592	16/10/2000 09:28:00	16/10/2000 12:00:00	4,00
	Inspection de l'équipement vérification	Cout Ress: 425,08	Cout Pieces: 0,00		Cout	0,00	425,08
10RL12D001C	Coupleur multiplicateur de vitesse N°1	MECA	PC	1284	12/11/2000 09:19:00	12/11/2000 10:19:00	0,50
	Présence d'eau dans l'huile. Changement d'huile.	Cout Ress: 43,91	Cout Pieces: 0,00		Cout	0,00	43,91
10RL12D001A	Pompe nourricière N° 1	MECA	PC	1355	15/11/2000 16:11:00	15/11/2000 17:11:00	0,50
	Régler le débit d'eau de refroidissement Réglage d'eau de refroidissement du presse étoupe.	Cout Ress: 53,14	Cout Pieces: 0,00		Cout	0,00	53,14
10RL12D001	Groupe motoppe alimentaire N°1	D.V.	PC	1651	28/11/2000 13:45:00	28/11/2000 14:45:00	0,50
	Présente des vibrations. Pompe déjà indisponible pour cause de vibrations.	Cout Ress: 74,61	Cout Pieces: 0,00		Cout	0,00	74,61
10RL12D001	Groupe motoppe alimentaire N°1	INST	MC	3048	15/01/2001 08:45:00	15/01/2001 09:45:00	8,00
	Programme :ne fonctionne pas normalement Changement de la carte FZ12 prise et réparée au laboratoire	Cout Ress: 1 021,92	Cout Pieces: 0,00		Cout	0,00	1 021,92
10RL12D001C	Coupleur multiplicateur de vitesse N°1	MECA	PS	2834	16/01/2001 14:06:00	16/01/2001 15:06:00	8,00
	Visite systématique semestrielle Visite systématique semestrielle: contrôle et entretien.	Cout Ress: 850,16	Cout Pieces: 0,00		Cout	0,00	850,16
10RL12D001C	Coupleur multiplicateur de vitesse N°1	MECA	PC	2849	16/01/2001 14:12:00	16/01/2001 15:12:00	0,50
	Mélange d'eau avec de l'huile Vidange et remplissage d'huile (Torba 32)	Cout Ress: 43,91	Cout Pieces: 52 423,20		Cout	0,00	52 467,11
10RL12D001A	Pompe nourricière N° 1	MECA	PS	3005	22/01/2001 14:33:00	22/01/2001 15:33:00	1,00
	Vidange et remplissage d'huile Vidange et remplissage d'huile (Tiska 68 / 1,5L)	Cout Ress: 87,82	Cout Pieces: 0,00		Cout	0,00	87,82

# SCHEMA SYNOPTIQUE D'UNE TRANCHE THERMIQUE

