



Faculty of Sciences and Technology  
Department of Mechanical Engineering

كلية العلوم والتكنولوجيا  
قسم الهندسة الميكانيكية

N° d'ordre : M...../GM/2022

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDE MASTER ACADEMIQUE

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Energétique *Thème*

### MAINTENANCE ET FIABILITE DES POMPES CENTRIFUGES

Présenté par :

- ❖ Toumi Sofiane
- ❖ *Zahaf Saddam Hocine*

*Soutenu le 12 /07 / 2022 devant le jury composé de :*

|           |                             |                               |
|-----------|-----------------------------|-------------------------------|
| Président | M. KHIAT Sidi Mohamed Amine | Université de Mostaganem UMAB |
| Examineur | M. GUERMAT Abdelkader       | Université de Mostaganem UMAB |
| Encadreur | M. Saidani Djamal Eddine    | Université de Mostaganem UMAB |

Année Universitaire : 2021 / 2022

# **REMERCIEMENT**

*Avant tout, je remercie "Allah " qui a aluminé mon chemin et qui m'a aidé et m'a donné le courage pour achever mes études.*

*Nous présentons nos vifs remerciements à notre encadreur **M. Saidani Djamal eddine** pour sa patience, sa confiance, son encouragement.*

*je remercie les jurés monsieur **M. GUERMAT ABDELKADER** et monsieur **M. KHIAT Sidi Mohammed Amine** esprit critique, ses orientations et ses précieux conseils.*

# **DÉDICACES**

*Je dédie ce modeste travail*

*A mon très cher père,*

*tu as toujours été à mes côtés pour me soutenir et m'encourager. Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

*A ma très chère mère,*

*quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles.*

*A mes chers frères et sœur*

*source de vie, d'espoir et de motivation.*

*A mes amis, tout particulièrement*

*A ma famille et tous ceux qui m'ont aidé de loin où de près à ce travail et Et a toutes les personnes qui occupent une place dans mon cœur.*

*Zahaf Saddam Hocine*

*Toumi Sofiane*

## **Abstract:**

The maintenance of industrial systems has become a necessary factor for the development of companies seeking to conquer more and more markets. In our case study, we are interested in centrifugal pumps. The maintenance studies of this production tool and the use of data related to corrective and preventive intervention periods make it possible to extract reliability indicators and calculate the optimal timing for preventive maintenance.

Keywords: centrifugal pump, reliability, maintenance, history exploitation.

## **ملخص :**

أصبحت صيانة الأنظمة الصناعية عاملاً ضرورياً لتطوير الشركات الساعية لاحتلال المزيد والمزيد من الأسواق. في دراسة الحالة الخاصة بنا ، نحن مهتمون بمضخات الطرد المركزي. تتيح دراسات الصيانة لأداة الإنتاج هذه واستخدام البيانات المتعلقة بفترات التدخل التصحيحي والوقائي استخراج مؤشرات الموثوقية وحساب التوقيت الأمثل للصيانة الوقائية.

الكلمات المفتاحية: مضخة الطرد المركزي ، الموثوقية ، الصيانة ، استغلال التاريخ

## **Résumé:**

La maintenance des systèmes industriels est devenue un facteur nécessaire au développement des entreprises cherchant à conquérir de plus en plus de marchés. Dans notre étude de cas, nous nous intéressons aux pompes centrifuges. Les études de maintenance de cet outil de production et l'exploitation des données liées aux périodes d'intervention correctives et préventives permettent d'extraire des indicateurs de fiabilité et de calculer le timing optimal de maintenance préventive.

Mots clés : pompe centrifuge , fiabilité, maintenance, exploitation de l'historique.

# SOMMAIRE

|  |           |
|--|-----------|
| <b>I. INTRODUCTION GENERALE :</b>  | <b>10</b> |
| <b>I GENERALITE SUR LA MAINTENANCE ET FIABILITE</b>                      | <b>11</b> |
| <b>I.1 GENERALITES SUR LA MAINTENANCE :</b>                              | <b>11</b> |
| <b>I.1.1 Introduction :</b>  | <b>11</b> |
| <b>I.1.2 Définition de la maintenance:</b>                               | <b>11</b> |
| I.1.2.1 Notions sur la maintenance:                                      | 11        |
| I.1.2.2 Le rôle de la maintenance:                                       | 12        |
| <b>I.1.3 Les types de maintenance :</b>                                  | <b>12</b> |
| I.1.3.1 MAINTENANCE PREVENTIVE :   | 12        |
| I.1.3.1.1 Les différents types de maintenance préventive :               | 12        |
| ➤ Maintenance préventive systématique :                                  | 12        |
| ➤ Maintenance préventive conditionnelle :                                | 13        |
| ➤ Maintenance préventive prévisionnelle :                                | 13        |
| I.1.3.2 MAINTENANCE CORRECTIVE:  | 13        |
| I.1.3.2.1 Les différents types de maintenance corrective :               | 14        |
| ➤ Maintenance palliative   | 14        |
| <b>I.1.4 Les objectifs opérationnels de la maintenance :</b>             | <b>15</b> |
| <b>I.1.5 La politique de maintenance :</b>                               | <b>15</b> |
| I.1.5.1 Introduction :   | 15        |
| I.1.5.2 La définition de la politique de maintenance générale :          | 15        |
| I.1.5.3 La définition de la politique de maintenance au niveau machine : | 16        |
| <b>I.1.6 Organigramme du service maintenance :</b>                       | <b>16</b> |
| <b>I.2 GENERALITE SUR LA FIABILITE :</b>                                 | <b>17</b> |
| <b>I.2.1 Introduction :</b>  | <b>17</b> |
| <b>I.2.2 Définition :</b>  | <b>18</b> |

|             |   |           |
|-------------|---|-----------|
| I.2.3       | Lois de la fiabilité :                              | 18        |
| I.2.4       | La méthode de calcul fiabilité :                    | 20        |
| I.2.4.1     | Introduction  | 20        |
| I.2.4.2     | Définition :  | 21        |
| <b>II.</b>  | <b>GENERALITE SUR LES POMPES CENTRIFUGE :</b>       | <b>22</b> |
| II.1        | Introduction :                                      | 22        |
| II.2        | Généralité sur les pompes centrifuges :             | 22        |
| II.3        | Composition de l'équipement :                       | 23        |
| II.4        | Constitution d'une pompe centrifuge :               | 24        |
| II.4.1      | L'impulseur (la roue) :                             | 24        |
| II.4.2      | Le distributeur :                                   | 26        |
| II.4.3      | Le diffuseur :                                      | 26        |
| II.4.4      | Volute :  | 26        |
| II.4.5      | Le divergent :                                      | 26        |
| II.5        | Caractéristiques générales des pompes centrifuges : | 27        |
| II.5.1      | Débit :   | 27        |
| II.5.2      | La hauteur manométrique :                           | 27        |
| II.5.3      | Rendement de la pompe :                             | 28        |
| II.6        | Positions d'installation d'une pompe centrifuge     | 28        |
| II.6.1      | Positions d'installation admises :                  | 28        |
| II.6.2      | Position d'installation non autorisées :            | 28        |
| II.7        | Point de fonctionnement d'une pompe centrifuge      | 29        |
| <b>III.</b> | <b>FONCTIONNEMENT ET ENTRETIEN DES POMPES</b>       |           |
|             | <b>CENTRIFUGES</b>                                  | <b>30</b> |
| III.1       | Précautions d'entretien de la pompe :               | 30        |
| III.1.1     | Lubrification :                                     | 30        |
| III.1.2     | Lubrification de l'accouplement :                   | 31        |

|           |   |    |
|-----------|---|----|
| III.1.3   | Les roulements :  | 31 |
| III.1.4   | Les paliers :   | 31 |
| III.1.5   | La garniture mécanique :  | 31 |
| III.2     | Entretien périodique et calendrier d'entretien                  | 32 |
| III.3     | Démontage, réparation et remontage :                            | 33 |
| III.3.1   | Préparation du démontage :                                      | 33 |
| III.3.2   | Démontage d'une pompe :   | 33 |
| III.3.3   | Palier de la pompe :  | 34 |
| III.3.3.1 | Démontage :   | 34 |
| III.3.3.2 | Montage   | 34 |
| III.3.3.3 | Réglage du rotor :  | 35 |
| III.3.4   | 4. Montage du rotor et de la pompe :                            | 36 |
| III.4     | Exploitation de l'historique:                                   | 37 |
| III.4.1   | Les caractéristiques de la pompe centrifuge                     | 37 |
| III.4.2   | Historique de pompe 32-PM-8002-A :                              | 38 |
| III.4.3   | calcul les paramètres de weibull:                               | 40 |
| III.4.4   | Les paramètre de WeiBull graphiquement :                        | 41 |
| III.4.5   | La fiabilité :  | 42 |
| III.5     | L'application loi de WeiBull :                                  | 42 |
| III.5.1   | Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique: | 42 |
| IV.       | CONCLUSION :  | 45 |

# LES FIGURES

|  |    |
|--|----|
| Figure I-1 Les méthodes de maintenance. [3] .....                          | 14 |
| Figure I-2 Exemple de structure d'une entreprise. [3] .....                | 17 |
| Figure II-1 Présentation des composants générale de pompe centrifuge. .... | 24 |
| Figure II-2 Types des roues.....   | 25 |
| Figure II-3 Constitution d'une pompe centrifuge. ....                      | 27 |
| Figure II-4 Point de fonctionnement variable. [9].....                     | 29 |

# TABLEAUX

|   |    |
|---|----|
| Tableau I Entretien périodique et calendrier d'entretien..... | 33 |
| Tableau II les caractéristiques de pompe 32-PM-8002-A.....    | 38 |
| Tableau III historique de la pompe 32-PM-8002-A.....          | 40 |
| Tableau IV Fonction de réparation réelle.....                 | 41 |

## TABLEAU DE SYMBOL

| Symbol                     | Description                       |
|----------------------------|-----------------------------------|
| <b>TBF</b>                 | Temps de bon fonctionnement       |
| <b>MTBF</b>                | Temps moyen de bon fonctionnement |
| <b><math>\eta</math></b>   | Parameter d'échelle               |
| <b><math>\gamma</math></b> | Le paramètre de position          |
| <b><math>\beta</math></b>  | Paramètre de forme                |

# I. Introduction générale :

Les pompes centrifuges sont des dispositifs utilisés pour transporter des fluides en convertissant l'énergie cinétique de rotation en énergie hydrodynamique du flux de fluide. L'énergie de rotation provient généralement d'un moteur électrique ou d'une turbine à vapeur (dans le cas d'une pompe d'alimentation entraînée par turbine). Les pompes centrifuges sont les plus utilisées dans les applications industrielles que tout autre type de pompe. La pompe centrifuge la plus courante est la pompe à volute.

Les pompes centrifuges sont des types de pompes les plus utilisées, leurs paramètres de fonctionnement ainsi que leur fragilité sont bien connus. Généralement, une défaillance de la pompe entraîne une efficacité réduite ou des changements opérationnels qui peuvent entraîner une défaillance de la pompe.

La fiabilité était à l'origine exprimée comme la probabilité qu'une panne ne se produise pas pendant le fonctionnement temps donné  $t$ . Supposons une distribution de probabilité exponentielle des défaillances, correspondant au mode Une panne s'est produite dans le système de maintenance.

Dans notre travail dans le premier chapitre on prend une idée sur la généralité maintenance et fiabilité des équipements. ainsi que dans le deuxième chapitre on va voir en général les pompes centrifuge aussi que ces caractéristique, constitution et leur point de fonctionnement. finalement on à exploiter un historique d'une pompe centrifuge ( 32-PM-8002-A ) réel chez sonatrach complexe GP1Z et on va appliquer une méthode de calcul de fiabilité sur cette pompe.

# I Généralité sur la maintenance et fiabilité

## I.1 GENERALITES SUR LA MAINTENANCE :

### I.1.1 Introduction :

La fonction maintenance a pour but d'assurer une disponibilité optimale des équipements Production et ses accessoires, impliquant un temps d'arrêt économique minimal. Longtemps considérée comme une fonction secondaire qui entraîne une perte d'argent Inévitablement, les fonctions de maintenance assimilent souvent les fonctions de dépannage et Réparer les équipements susceptibles de s'user et de vieillir. La véritable portée de la fonction de maintenance va encore plus loin : elle doit Un compromis entre technologie et économie est constamment recherché. Il reste encore beaucoup de travail à faire pour bien comprendre ses capacités de production. Une sorte de organisation, planification et des mesures méthodiques sont nécessaires pour gérer activités d'entretien.

### I.1.2 Définition de la maintenance:

#### I.1.2.1 Notions sur la maintenance:

« Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise » . (Norme AFNOR X 60-010).

### I.1.2.2 Le rôle de la maintenance:

Le rôle de la maintenance est de mettre en œuvre le fameux proverbe « mieux vaut prévenir que guérir ».

L'objectif de la maintenance est ainsi de maintenir les outils de production en état de fonctionner en toute sécurité tout en réduisant les coûts de production. Pour répondre aux enjeux économiques croissants, elle est une source d'optimisation voire de profits. [1]

### I.1.3 Les types de maintenance :

#### I.1.3.1 MAINTENANCE PREVENTIVE :

Maintenance conçue pour réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation des biens ou services fournis. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un calendrier établi en fonction d'un nombre prédéterminé d'unités d'utilisation (maintenance du système) et/ou de critères prédéterminés importants pour l'état dégradé du bien ou du service (maintenance conditionnelle). [2]

##### I.1.3.1.1 Les différents types de maintenance préventive :

###### ➤ Maintenance préventive systématique :

à des intervalles prédéterminés ou selon Nombre défini d'unités utilisées sans inspection préalable de l'état des actifs.

Même si le temps est l'unité la plus courante, d'autres unités peuvent être utilisées, telles que : quantité de produits fabriqués, longueur des produits fabriqués, distance Course, qualité du produit fabriqué, nombre de cycles effectués, etc. La fréquence de cette intervention est

déterminée au moment de la mise en service ou après un laps de temps Révision complète ou partielle. [2]

### ➤ **Maintenance préventive conditionnelle :**

Maintenance préventive basée sur la surveillance du fonctionnement des actifs et/ou Un paramètre important pour cette opération intègre l'opération résultat. Ce Le fonctionnement et la surveillance des paramètres peuvent être effectués selon un calendrier, Soit à la demande soit en continu. [2]

### ➤ **Maintenance préventive prévisionnelle :**

C'est une maintenance préventive qui nécessite une analyse de l'évolution de la surveillance. Paramètres importants de la dégradation des biens, permettant des retards et une planification Intervenir dans certaines notions de base liées à la maintenance. [2]

### **I.1.3.2 MAINTENANCE CORRECTIVE:**

Toutes les activités entreprises après la défaillance ou la dégradation des actifs Fonctions lui permettant d'assurer, au moins temporairement, la fonction souhaitée : ces Les activités comprennent notamment la localisation du défaut et son diagnostic, la remise Vérifiez qu'il fonctionne avec ou sans modifications. [2]

I.1.3.2.1 Les différents types de maintenance corrective :

➤ Maintenance palliative :

Les activités de maintenance corrective conçues pour permettre au projet de fonctionner Temporairement tout ou partie de la fonctionnalité souhaitée. Souvent appelé dépannage, ce La maintenance palliative consiste principalement en des actions à caractère temporaire Un traitement doit être pris. [2]

➤ Maintenance curative:

Les activités de maintenance corrective conçues pour permettre au projet de fonctionner Temporairement tout ou partie de la fonctionnalité souhaitée. Souvent appelé dépannage, ce La maintenance palliative consiste principalement en des actions à caractère temporaire Un traitement doit être pris. [2]

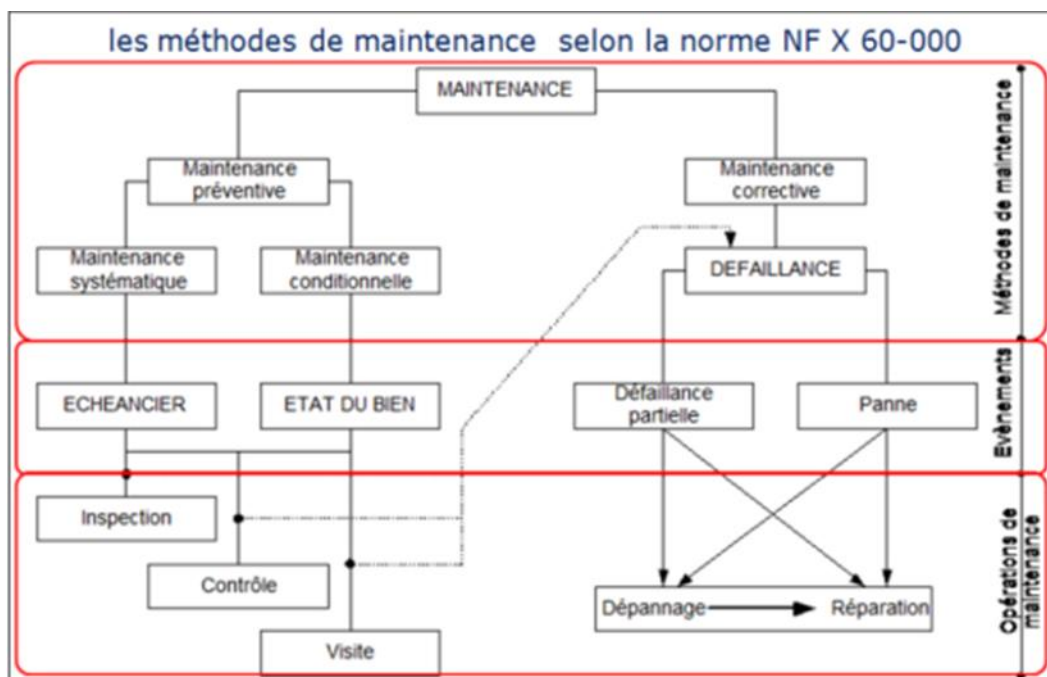


Figure I-1 Les méthodes de maintenance. [3]

### **I.1.4 Les objectifs opérationnels de la maintenance :**

- Assure la disponibilité maximale à un coût raisonnable.
- Eliminer les pannes à tout moment et au meilleur coût.
- Maximiser la durée de vie de bien.
- Remplacer le bien à des périodes prédéterminées.
- Assurer au bien des performances de haute qualité.
- Assurer au bien un fonctionnement sûr et efficace.
- Obtenir de l'investissement un rendement maximum.
- Garder au bien une présentation suffisamment satisfaisante.
- Maintenir le bien dans un état de propreté absolue.
- Maintenir le bien durable.

### **I.1.5 La politique de maintenance :**

#### **I.1.5.1 Introduction :**

En matière de politique de maintenance il faut distinguer deux niveaux [4] :

- le niveau global de l'entreprise, où l'on définit une politique de maintenance générique
- le niveau d'une machine d'un équipement, pour lequel on définit le type de maintenance en fonction de critères économiques, stratégiques, etc.

#### **I.1.5.2 La définition de la politique de maintenance générale :**

La politique générale d'entretien doit être. Définir un cadre pour les activités de maintenance afin que les différents acteurs et services associés disposent d'une base et d'un référentiel de compréhension et d'organisation. La définition de la stratégie de maintenance doit inclure [4] :

- La définition du Budget Maintenance.
- Le choix du type de maintenance et les actions de réduction des coûts.
- La politique en matière d'investissements.
- La stratégie en matière de Gros Entretien.
- La stratégie en matière de Sous- traitance.
- La politique concernant l'entretien courant
- La politique d'Amélioration Continue propre au service et/ou la contribution à ces programmes dans l'entreprise.
- La politique de gestion des compétences.

### **I.1.5.3 La définition de la politique de maintenance au niveau machine :**

La politique de maintenance au niveau des machines vise à ajuster le type de maintenance, ainsi que les ressources consenties en fonction de [4] :

- l'importance relative de chaque machine dans le processus, déterminée par les indices RIC ou VIS Vital, Important, Secondaire.
- Les valeurs des indicateurs FMD (Fiabilité Maintenabilité, Disponibilité).

Chacun de ces choix ayant un impact économique, il convient de vérifier la cohérence entre la disponibilité visé et son coût prévisionnel.

### **I.1.6 Organigramme du service maintenance :**

Il s'agit d'une représentation schématique de la structure d'une entreprise (d'un service) mettant en évidence les domaines de responsabilité de chaque élément composant. [3]

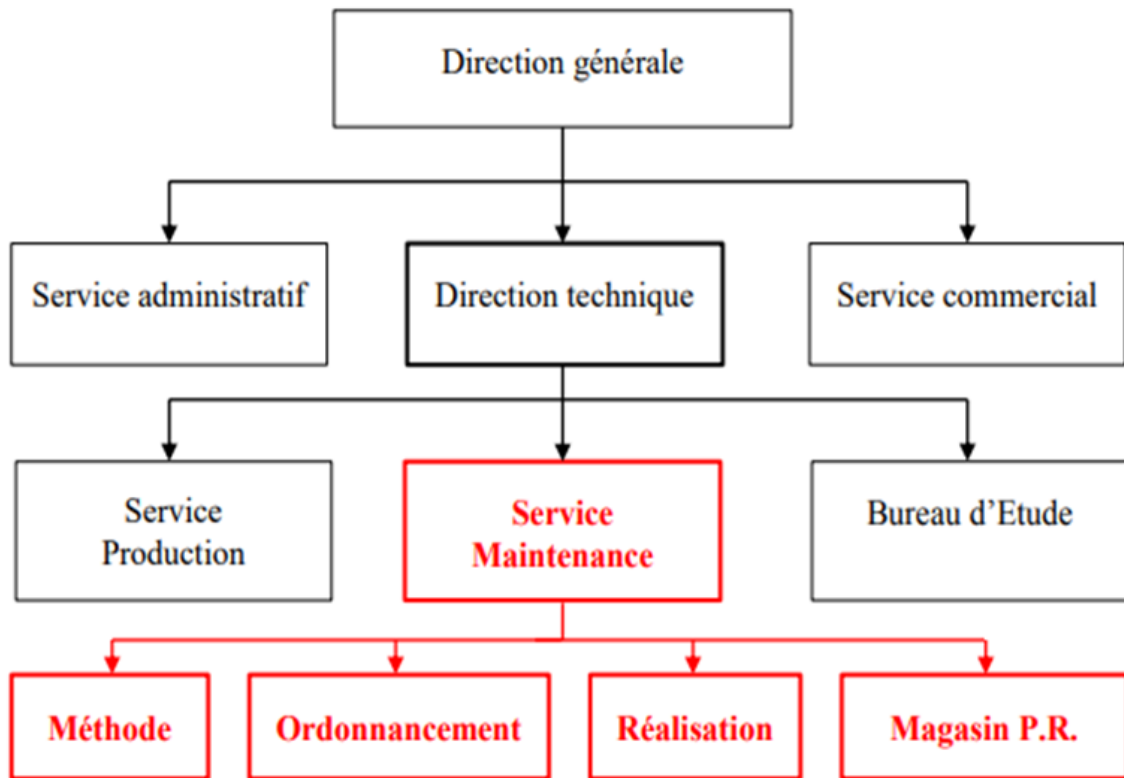


Figure I-2 Exemple de structure d'une entreprise. [3]

**Remarque**

Magasin P.R : Magasin pièce rechange

**I.2 GENERALITE SUR LA FIABILITE :**

**I.2.1 Introduction :**

La fiabilité a sans aucun doute évolué depuis la dernière guerre mondiale. Il devient rapidement une science avec des applications appartenant à de nombreux domaines. Sa base mathématique est la statistique et les calculs de probabilité.

Cela est nécessaire pour comprendre et analyser les données de fiabilité. L'échec (manque de fiabilité) augmente les coûts du marché secondaire (application de la garantie, frais juridiques, etc.). Construire des produits plus fiables augmente les coûts de conception et de production, et augmente même les coûts. Dans l'ensemble, les produits tiennent compte des deux tendances.

### **I.2.2 Définition :**

La fiabilité caractérise la capacité d'un système ou d'un appareil à remplir sa fonction. Pour un intervalle de temps donné, dans des conditions données. [5]

### **I.2.3 Lois de la fiabilité :**

On distingue deux types [5] :

#### ➤ **Les lois discrètes :**

Une loi est dite discrète si elle prend ses valeurs dans  $\mathbb{N}$  c'est à dire des valeurs entières comme par exemple celle qui compte le nombre de pannes. Parmi les lois discrètes on peut citer :

- Loi Uniforme
- Loi de Bernoulli
- Loi Binomiale
- Loi Binomiale négative
- Loi Binomiale négative
- Loi Hypergéométrique
- Loi de Poisson

### ❖ Loi uniforme :

Une distribution de probabilité suit une loi uniforme lorsque toutes les valeurs prises par la variable aléatoire sont équiprobables. Si  $n$  est le nombre de valeurs différentes prises par la variable aléatoire. La fonction de fiabilité est définie par l'expression suivante :

$$P(X = x_i) = \frac{1}{n}$$

Avec les paramètres de signification :

$n$  : est le nombre de valeurs différentes prises par la variable aléatoire.

### ➤ **Les lois continues :**

- La Loi de Cauchy
- La loi de Birnbaum-Saunders
- La loi Gamma
- Loi Inverse Gamma
- La loi logistique
- La loi log-logistique
- La loi du Khi deux
- La loi Bêta
- La loi exponentielle
- La loi de Fisher
- La Loi normal
- La loi Log normale
- La loi de Weibull

❖ **La loi de Weibull :**

L'expression loi de Weibull recouvre en fait toute une famille de lois, certaines d'entre elles apparaissant en physique comme conséquence de certaines hypothèses. C'est en particulier, le cas de la loi exponentielle ( $\beta = 1$ ) et de la loi normale ( $\beta = 3$ ).

Sa fonction de fiabilité est :

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

Avec les paramètres de signification :

$\gamma, \beta, \eta$  définissent la distribution de Weibull.

On utilise trois paramètres :

- $\beta$  : paramètre de forme ( $\beta > 0$ ).
- $\eta$  : paramètre d'échelle ( $\eta > 0$ ).
- $\gamma$  : paramètre de position ( $-\infty > \gamma > +\infty$ ).

## I.2.4 La méthode de calcul fiabilité :

### I.2.4.1 Introduction

**T** représente une variable aléatoire, qui est associée à tout appareil aléatoire, son bon temps de fonctionnement (Time Between Failures), ou sa durée de vie avant panne. Pour plus de simplicité, nous choisissons le temps  $t = 0$  lorsque l'appareil sélectionné est sous tension comme point de départ du temps, c'est-à-dire la première fois ou le retour à neuf après

réparation. Ainsi,  $T$  mesure le temps jusqu'à la première défaillance d'un appareil tiré au hasard dans la population considérée, à partir du temps  $t = 0$ .

- ❖ La fiabilité est l'étude de la durée de vie d'un matériel.
- ❖ Fiabilité étudie la variable aléatoire qui à chaque matériel, associe son temps de bon fonctionnement. Son espérance mathématique et la moyenne des temps de bon fonctionnement ou MTBF.
- ❖ L'analyse d'un échantillon permet de justifier que cette variable aléatoire suit une loi exponentielle ou une loi de Weibull.

### I.2.4.2 Définition :

La fonction de fiabilité est définie comme suit :  $R(t) = P_{(T>t)} = 1 - F(t)$  pour  $t \geq 0$  est l'appareil tiré au hasard dans la population considérée pas avant l'instant  $t$  en panne.

- ❖  $F$  est la fonction de répartition de la variable aléatoire  $T$ .
- ❖ En anglais fiabilité est traduit par reliability.

*Estimation de  $F(t)$  :*

Méthode des rangs bruts :  $F(t_i) = \frac{n_i}{n}$

Méthode des rangs moyens :  $F(t_i) = \frac{n_i}{n+1}$

Méthode des rangs médians :  $F(t_i) = \frac{n_i - 0.3}{n_i + 0.4}$

## II. Généralité sur les pompes centrifuge :

### II.1 Introduction :

Une pompe est un dispositif qui aspire un fluide d'une zone à basse pression pour le livrer à une zone à haute pression.

Donc selon cette définition on peut dire que la fonction de la pompe est d'augmenter la pression du fluide liquide. L'augmentation de pression du fluide refoulé par la pompe résulte de l'augmentation de la conversion de l'énergie mécanique fournie par le moteur entraînant la pompe en énergie hydraulique obtenue par le fluide entre l'entrée et la sortie. Notre travail est de calculer la fiabilité d'une pompe centrifuge. Dans cet intérêt nous avons fait des études sur une pompe centrifuge. [2]

### II.2 Généralité sur les pompes centrifuges :

Ils sont équipés de turbines ou de rotors et sont immergés dans un liquide. Le liquide pénètre dans la pompe par des trous situés près de l'axe du rotor. Ces derniers expulsent du liquide sous haute pression vers les extrémités des aubes fixes. Le rotor fournit une vitesse relativement élevée au liquide. Cette énergie cinétique est convertie en pression au niveau de la partie fixe de la pompe ou du diffuseur. Dans les pompes à haute pression, de nombreux rotors peuvent être installés en série, et des diffuseurs successifs peuvent être équipés d'ailettes pour réduire progressivement la vitesse du liquide. Dans les pompes à basse pression, le diffuseur est généralement un conduit hélicoïdal, ou volute, qui réduit efficacement la vitesse. Le rotor doit être amorcé avant de fonctionner : la pompe doit être remplie de liquide au démarrage. Ceci peut être réalisé en plaçant un clapet anti-retour dans la conduite d'aspiration. Cette vanne retient le liquide dans la pompe lorsque le rotor est à l'arrêt. Sans la vanne, la pompe devrait être activée en vidant le réservoir avec un liquide fourni de l'extérieur. Les pompes centrifuges ont généralement une vanne placée dans la conduite de

refoulement pour contrôler le débit et la pression. Pour un faible débit à haute pression, la turbine fonctionne par force centrifuge. Pour les gros débits à basse pression, le sens d'écoulement à l'intérieur de la pompe est presque parallèle à l'axe de l'arbre. Utilisez ensuite une pompe centrifuge solaire ou une pompe axiale. Le rotor agit alors comme un propulseur. Par rapport aux pompes volumétriques, les pompes centrifuges présentent de nombreux avantages : moindre coût, couplage direct au moteur et absence de vibration. Les turbopompes sont souvent utilisées pour injecter de l'eau dans les chaudières à vapeur. Ils sont également utilisés pour propulser les navires, en particulier dans les eaux peu profondes, où les moyens de propulsion conventionnels peuvent être endommagés. Voir propulsion à réaction.

Dans toutes les pompes décrites, le liquide est pompé à travers une série d'impulsions et non continue. Par conséquent, il est nécessaire de prendre des mesures de précaution pour éviter ce phénomène Résonance dans le tuyau d'échappement, qui peut endommager l'installation. Dans les pompes à piston, la chambre à air est généralement placée sur le flux, Pour réduire l'amplitude de ces pulsations et normaliser le débit. [3]

### II.3 Composition de l'équipement :

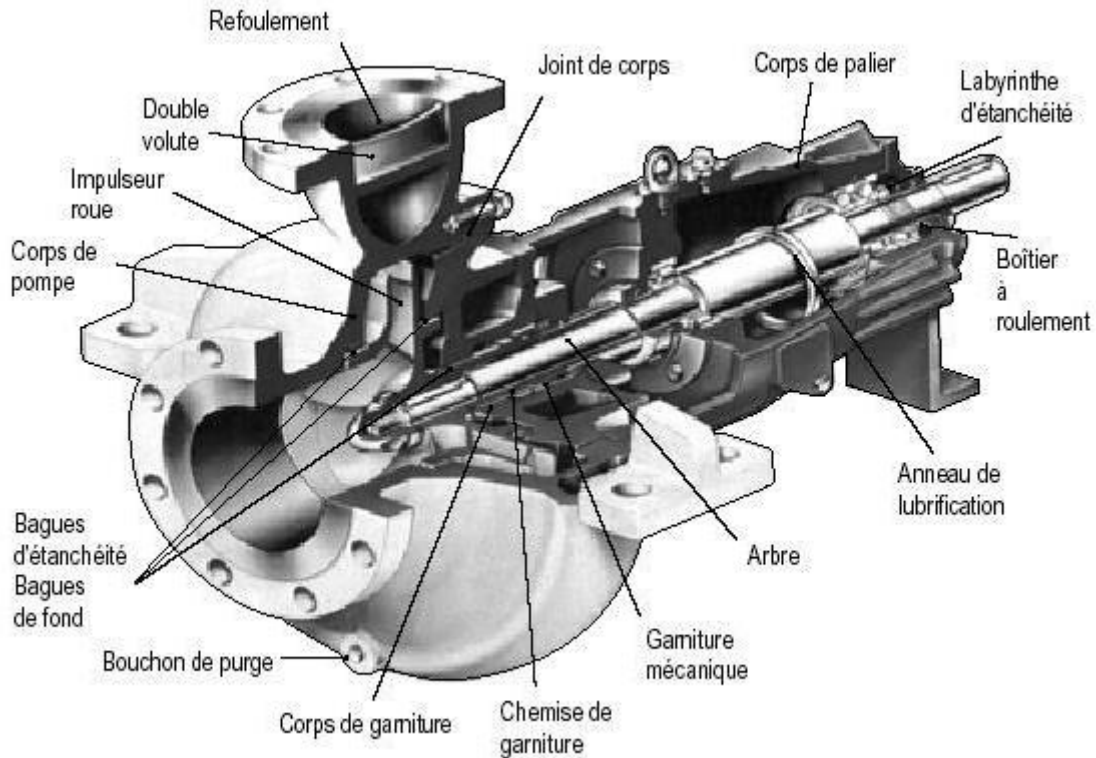
Cette pompe est composée d'éléments statiques et de pièces tournantes. On distingue dans les éléments statiques [1] :

- **Le corps de pompe** : sur lequel se trouvent les tubulures et brides d'aspiration et de refoulement, la volute et les pieds (ou pattes) de fixation sur le châssis.
- **Le corps de garniture** : (ou plateau de garnitures) fermant l'arrière du corps de pompe, est traversé par l'arbre et reçoit le système d'étanchéité (tresses ou garniture mécanique).
- **Le corps de palier** : dans lequel sont montés des roulements ou des paliers à coussinet et qui

contient le système de lubrification. Le corps de palier possède souvent une béquille de supportage.

## II. Généralité sur les pompes centrifuges

Le schéma en dessous représente les organes principaux de la pompe :



**Figure II-1** Présentation des composants générale de pompe centrifuge.

### II.4 Constitution d'une pompe centrifuge :

Les organes essentiels d'une pompe centrifuge sont les suivants :

#### II.4.1 L'impulseur (la roue) :

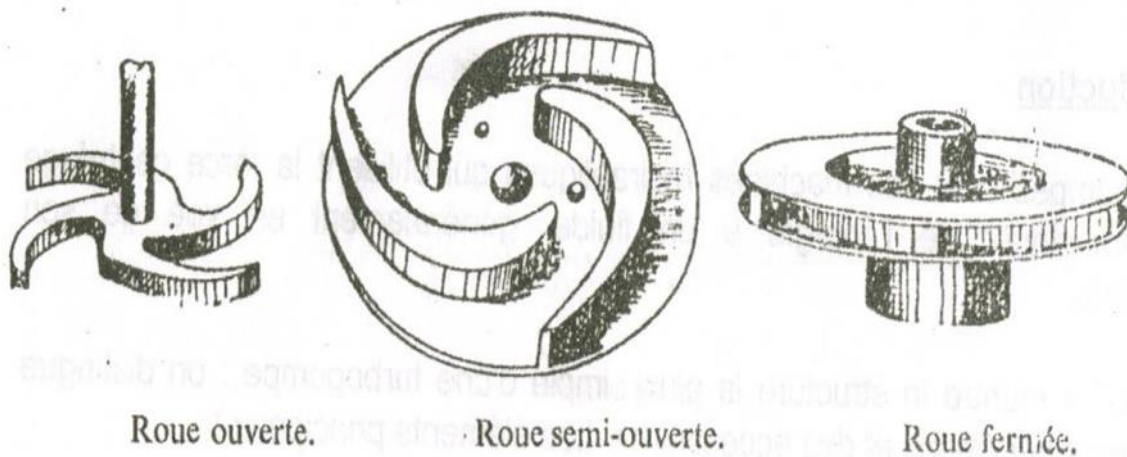
C'est l'organe principal dans les pompes centrifuges. On l'appelle encore turbine, impulseur, rotor, cellule, mobil ou rouet. Elle communique au liquide à pomper une partie de l'énergie transmise à l'arbre dont elle est solidaire par le moteur d'entraînement.

## II. Généralité sur les pompes centrifuges

La transmission de l'énergie de la roue au liquide se fait par l'intermédiaire des aubes. Ces dernières sont de simples palettes incurvées, libres ou fixes sur des plaques métalliques. Outre le transfert d'énergie, le rôle des aubes est aussi de guider l'eau dans la direction voulue. Les roues des pompes centrifuges destinées à véhiculer de l'eau sont généralement en bronze. C'est un matériau facile à couler à travailler et à polir. La fonte, l'acier, l'acier inoxydable et des alliages des mêmes métaux sont aussi utilisées à cause de leur résistance à la corrosion, à l'érosion et à la décomposition électrolytique. La roue est constituée par un moyeu porté par un arbre et muni d'aubes (ailettes) tournant à l'intérieur de deux coquilles formant le corps de la pompe. Les aubes peuvent être fixes sur un ou deux côtés à des disques. [4]

On distingue :

- Les roues ouvertes.
- Les roues semi-ouvertes.
- Les roues fermées.



**Figure II-2** Types des roues

### II.4.2 Le distributeur :

Sorte de tubulure profilée qui, comme est nom l'indique, sert à conduire l'eau avec une vitesse et une direction convenables dans l'axe de la pompe ou « ouïe », « oreillard » de la roue.

Le distributeur est généralement constitué par un cône convergent qui permet de réaliser une meilleure disposition des files liquides en améliorant le parallélisme et l'égalité des vitesses. Il est précédé, à l'amont, par la canalisation de l'aspiration

### II.4.3 Le diffuseur :

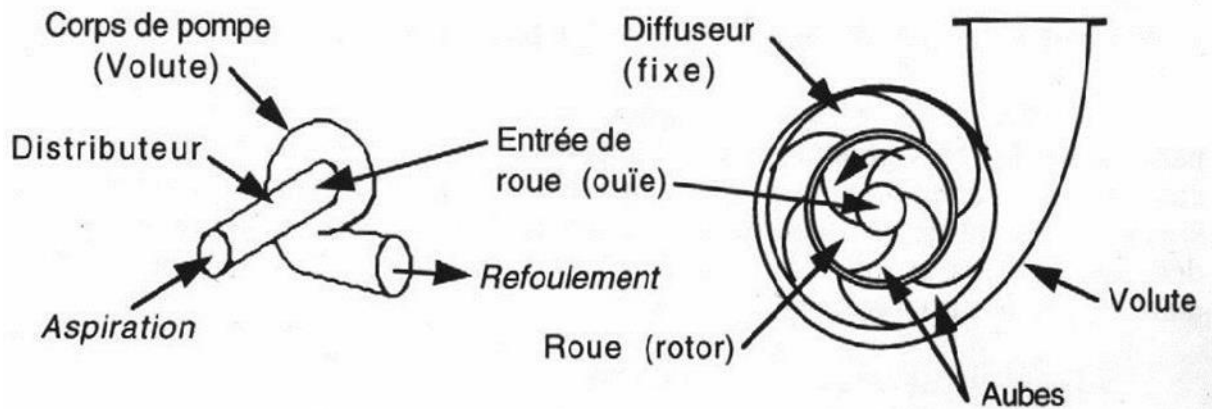
Les diffuseurs peuvent également être équipés d'ailettes fixes pour aider à diriger le flux d'air vers la sortie. L'énergie transférée au liquide correspond à la vitesse du bord de la roue. Plus la roue tourne vite ou plus la roue est grande, plus la tête de vitesse est élevée. [5]

### II.4.4 Volute :

Appelée aussi colimaçon, elle forme le corps de la pompe. C'est une bêche en forme de spirale qui joue le rôle de diffuseur.

### II.4.5 Le divergent :

C'est le canal de sortie, il présente un élargissement progressif, et achève le travail du diffuseur. [6]



**Figure II-3** Constitution d'une pompe centrifuge.

## II.5 Caractéristiques générales des pompes centrifuges :

Une pompe centrifuge est une machine tournante destinée à communiquer au liquide pompé une énergie suffisante pour provoquer son déplacement dans un réseau hydraulique comportant en général une hauteur géométrique d'élévation de niveau ( $Z$ ), une augmentation de pression ( $p$ ) et toujours des pertes de charges.

### II.5.1 Débit :

Le débit  $Q$  fourni par une pompe centrifuge est le volume refoulé pendant l'unité de temps. Il s'exprime en mètres cubes par seconde ( $m^3/s$ ) ou plus pratiquement en ( $m^3/h$ ).[7]

### II.5.2 La hauteur manométrique :

Considérons une pompe  $A$  refoulant un liquide de poids volumique  $\omega$  avec un débit  $Q$  à une hauteur  $H_g$  à l'aide d'une canalisation de longueur  $L$  et de diamètre  $D$ . L'écoulement

considéré va provoquer le long de la canalisation une perte de charge  $g$  résultant des frottements le long de la canalisation et des pertes de charge locales (coudes, robinets-vannes, crépine, clapets, etc...). [8]

### II.5.3 Rendement de la pompe :

Le rendement ( $\eta$ ) d'une pompe se calcule comme le rapport de la puissance utile  $P$  (puissance hydraulique) et la puissance absorbée  $P_a$  (Puissance fournie sur l'axe de la pompe). [9]

## II.6 Positions d'installation d'une pompe centrifuge

### II.6.1 Positions d'installation admises :

- Les pompes en ligne sont conçues pour une installation directe à l'horizontale et à la verticale sur la tuyauterie.
- Un espace suffisant doit être prévu pour le démontage du moteur, de la lanterne et de la roue.
- Lorsque la pompe est montée, le tuyau ne doit subir aucune tension et la pompe doit être maintenue par consoles (si existantes). [10]

### II.6.2 Position d'installation non autorisées :

- Une installation avec le moteur et le boîtier de raccordement vers le bas n'est pas autorisée.
- à partir de certaines puissances de moteur, l'accord du fabricant doit être requis pour montage de l'arbre en position horizontale.[10]

### II.7 Point de fonctionnement d'une pompe centrifuge

Le point de fonctionnement de la pompe est l'intersection de la courbe caractéristique de la pompe et de la courbe caractéristique du réseau : régler la valeur à laquelle le débit applique automatiquement la hauteur manométrique totale. [11]

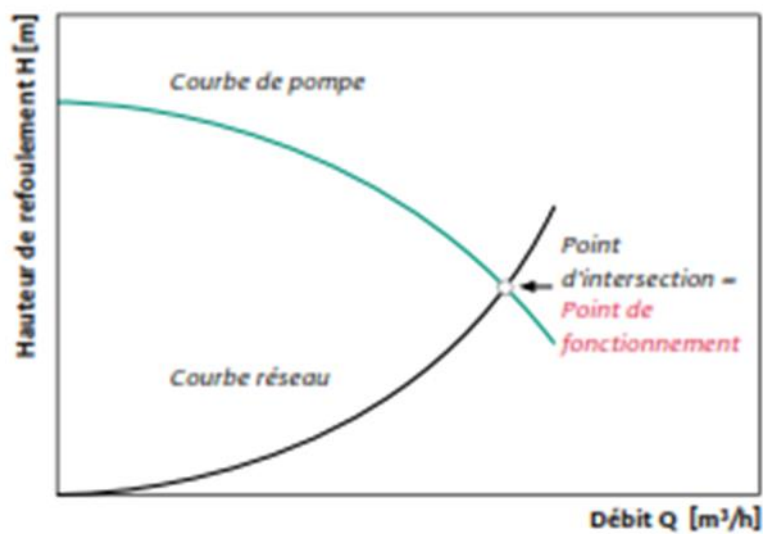


Figure II-4 Point de fonctionnement variable. [9]

## III. Fonctionnement et entretien des pompes centrifuges

### III.1 Précautions d'entretien de la pompe :

#### III.1.1 Lubrification :

Le fonctionnement d'une pompe est assuré par l'ensemble de pièces en mouvement qui frottent les unes contre les autres, cela produit des aspérités invisibles. A cet effet, il est nécessaire de lubrifier les pièces par un lubrifiant. L'alimentation en lubrifiant, durant le service, des paliers et de l'accouplement peut être assurée soit par un système séparé de graisse par circulation forcée, soit par une turbine ou aussi par l'engrenage. Une pompe auxiliaire doit être utilisée pour la pré-lubrification du groupe avant le démarrage et également assurer l'alimentation en huile du groupe pendant le temps nécessaire à l'arrêt quand la machine d'entraînement aura été coupée. [1]

Le processus de graissage est appliqué sur toutes les machines pour les raisons indiquées ci-dessous :

- Contribuer à la parfaite étanchéité au gaz et au liquide.
- Participer à l'équilibre des machines.
- Combattre l'usure et la corrosion des organes des machines, ce qui augmente la longévité des pièces et se traduit par des économies d'entretien et des moindres charges d'amortissement.
- Réduire les frottements parasites ou les résistances passives des machines.
- Evacuer par circulation les impuretés dont l'accumulation serait de nature à compromettre les quatre fonctions précédemment citées.

### **III.1.2 Lubrification de l'accouplement :**

L'accouplement est graissé à l'huile. Cette huile est contenue à l'intérieur des boitiers et forme en marche normal une certaine vitesse. Un anneau assure la lubrification des dentures à une pression d'autant plus grande et à une vitesse plus élevée. [1]

### **III.1.3 Les roulements :**

Ils sont lubrifiés à la graisse, c'est la solution la plus fréquente, la plus simple et la plus économique, cependant ils nécessitent un entretien plus important (renouvellement de la graisse). [1]

### **III.1.4 Les paliers :**

On fait le graissage des paliers avec une graisse d'huile minéral. Le premier remplissage sera pour la période de 3000heures de marche, après cela il faut renouveler la graisse. La graisse utilisée doit être de haute qualité, à base de lithium, mais sans résines et acide, ainsi elle ne doit pas être cassante et il faut qu'elle actionne la protection contre la rouille. [1]

### **III.1.5 La garniture mécanique :**

Une garniture mécanique est un ensemble composé de deux sous-ensembles assurant l'étanchéité dynamique entre la partie tournante et la partie fixe, généralement utilisée pour assurer l'étanchéité des axes de pompes, d'agitateurs, etc. [1]

### III.2 Entretien périodique et calendrier d'entretien

Des contrôles de la pompe sont nécessaires périodiquement pour éviter que des dommages ne se produisent. Il est recommandé d'effectuer les contrôles et réparation périodique indiqués dans ce tableau. [2]

| Point à contrôler                 | Fréquence de contrôle |      |       |       |       |
|-----------------------------------|-----------------------|------|-------|-------|-------|
|                                   | Tous les jours        | 300h | 2000h | 4000h | 8000h |
| Niveau d'huile                    | ○                     |      |       |       |       |
| Fuite d'huile                     | ○                     |      |       |       |       |
| Qualité de l'huile                |                       | ○    |       |       |       |
| Changement de l'huile             |                       |      |       | ○     |       |
| Vibration                         | ○                     | ○    |       |       |       |
| Tempe du palier                   | ○                     | ○    |       |       |       |
| Bruit                             | ○                     | ○    |       |       |       |
| Fuite de garniture mécanique      | ○                     |      |       |       |       |
| Fuite du liquide pompé            | ○                     | ○    |       |       |       |
| Débit de l'eau de refroidissement | ○                     | ○    |       |       |       |
| Fuite de l'eau de refroidissement | ○                     | ○    |       |       |       |
| Pression d'aspiration             | ○                     | ○    |       |       |       |
| Pression de refoulement           | ○                     |      | ○     |       |       |
| Pression différentielle           | ○                     |      | ○     |       |       |
| Courant                           | ○                     |      | ○     |       |       |
| Tenson                            | ○                     |      | ○     |       |       |
| Révision                          | ○                     |      |       |       | ○     |

|  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|---|
| Lavage et nettoyage<br>du refroidisseur<br>mécanique |  |  |  |  | ○ |
|--|--|--|--|--|---|

**Tableau I** Entretien périodique et calendrier d'entretien.

### III.3 Démontage, réparation et remontage :

Il est important de lire attentivement les instructions avant le démontage. Les pièces seront manipulées avec soin au cours de ces opérations. L'air de travail sera propre, et on utilisera l'outillage adéquat. [2]

#### III.3.1 Préparation du démontage :

- Couper l'alimentation et déconnecter le moteur.
- Isoler la pompe du circuit.
- Fermer les arrivées d'eau de refroidissement d'alimentation des presses étoupe.
- Vidanger et déboulonner les accouplements.
- Vidanger la pompe.
- Déconnecter les tuyauteries d'eau de refroidissement.
- Déconnecter vidanger les paliers.
- Les tuyauteries d'alimentation du joint.
- Enlever l'équipement auxiliaire. [2]

#### III.3.2 Démontage d'une pompe :

- Inspecter le clapet de non-retour sur la conduite de refoulement.
- Enlèvement du plateau, du palier et de l'élément rotatif.
- Retirer l'entretoise d'accouplement.

- Retirer les sous-ensembles complets et les transporter dans l'atelier et faire la vidange Des paliers.
- Démonter l'impulser et le plateau après desserrage du chapeau de garniture.
- Démontage de la garniture mécanique.
- Retirer la bague de déflecteur, le couvercle de palier à billes, la bague de graissage puis le couvercle de palier et la bague de graissage coté poussé.
- Retirer l'arbre par le coté extérieur.
- S'assurer que la bague de graissage ne s'engage pas.
- Les roulements sont enlevés avec un extracteur ou par chauffage à (150°C) dans un bain d'huile. [2]

#### III.3.3 Palier de la pompe :

##### III.3.3.1 Démontage :

- Les bagues écrans.
- Les bouchons évents.
- L'arbre avec les roulements par le côté d'accouplements.
- Les couvercles extérieur et intérieur.
- Les roulements et les bagues graisseurs.
- Les bagues de roue, ôter les vis ou faire sauter les points de soudure et chauffer la bague, enlever les bagues de corps si elles doivent être remplacées. La pompe est maintenant complètement démontée et prête pour l'inspection et la réparation. [2]

##### III.3.3.2 Montage

- monter la partie inférieure du corps de la pompe.
- visser les demi-coussinets inférieurs entre l'arbre et le corps de palier. Monter le noyau de l'accouplement à l'aide d'un dispositif approprié.

- monter la partie inférieure du corps de la pompe.
- visser les demi-coussinets inférieurs entre l'arbre et le corps de palier. Monter le noyau de l'accouplement à l'aide d'un dispositif approprié.
- régler le rotor.
- monter le demi-coussinet supérieur, le joint labyrinthe, le couvercle de palier côté refoulement ainsi que la partie supérieure du corps de palier. Bloquer le corps de palier avec des goupilles coniques ; si nécessaire aléser et ajuster les trous.
- monter le dispositif de contrôle de la position du rotor, comprenant l'indicateur et les tenons régler le rotor.
- monter le demi-coussinet supérieur, le joint labyrinthe, le couvercle de palier côté refoulement ainsi que la partie supérieure du corps de palier. Bloquer le corps de palier avec des goupilles coniques ; si nécessaire aléser et ajuster les trous.
- monter le dispositif de contrôle de la position du rotor, comprenant l'indicateur et les tenons. [2]

#### III.3.3.3 Réglage du rotor :

Les corps d'aspiration, de refoulement et d'étage sont liés ensemble par des tirants D'assemblage. Le contre disque d'équilibrage avec son joint plat en parfait état est monté à l'intérieur du corps de refoulement. [2]

- pousser d'abord le rotor vers le coté refoulement jusqu'à ce qu'il bute sur le corps, ensuite le déplacer de 2mm vers le coté aspiration

**Ne pas modifier la position du rotor lorsqu'on procède aux mesures de contrôle.**

- Mesurer l'écart entre la surface d'appui du contre disque d'équilibrage et le moyeu de la dernière roue.
- Mesurer l'écart entre la surface d'appui du disque d'équilibrage démonté et la face de la douille d'écartement.
- Raccourcir la douille d'écartement.
- L'écart plan et parallèle ne doit pas excéder 0,005mm. Pour l'assemblage définitif.

#### III.3.4 4. Montage du rotor et de la pompe :

- Avant le montage, nettoyer soigneusement toutes les pièces, ne pas employer les vieux joints, nettoyer soigneusement le système de lubrification.
- Placer les bagues dans le corps et le couvercle. Pour les empêcher de tourner, utiliser la même méthode qu'à l'origine, vis ou point de soudure.
- Remonter dans l'ordre inverse du démontage. Si la roue est assemblée avec serrage, la préchauffer au four jusqu'au 200°C. Contrôler l'assemblage corps-couvercle à l'aide de jauges d'épaisseur. Une compression irrégulière du joint causerait le désalignement du groupe.
- Remplacement du bourrage,
- Le joint mécanique est un matériel de précision, le traiter avec précaution. En le manipulant, ne pas rayer la bague en carbone et prendre garde de ne pas le laisser tomber. Prendre soin également de la face rectifiée venant en contact avec la bague en carbone. Pour le montage du joint, se référer au plan accompagnant la notice du joint mécanique. Ne pas remettre le joint en service sans avoir remplacé les parties non métalliques ainsi que sans avoir rectifié ou remplacé les faces flottantes. Avant de remonter le joint, nettoyer parfaitement les surfaces rectifiées.
- Contrôler l'alignement.
- Boulonner l'accouplement et connecter le moteur. [2]

### III.4 Exploitation de l'historique:

L'historique de panne (pompe centrifuge 32-PM-8002-A ); Le traitement des données brutes de l'historique dans le (tableau 1), passe par :

- ✓ Le calcul des heures de bon fonctionnement (TBF), qui résultent des différences entre deux pannes successives.

#### III.4.1 Les caractéristiques de la pompe centrifuge

Ce tableau qui présenter les caractéristique d'une pompe réal dans le complexe GP1Z [2] :

| <b>Pompe centrifuge ( 32-PM-8002-A )</b> |   |
|--|---|
| <b>Type de produit pompe</b>             | <b>PROPANE</b>                                      |
| <b>Température de liquide</b>            | <b>57 °C</b>  |
| <b>Pression d'aspiration</b>             | <b>19.7 Kg/cm<sup>2</sup></b>                       |
| <b>Pression de refoulement</b>           | <b>25 Kg/cm<sup>2</sup></b>                         |
| <b>La hauteur manométrique totale</b>    | <b>120 m</b>  |
| <b>Débit volumique pompé</b>             | <b>720 m<sup>3</sup>/ hr 11.7 m<sup>3</sup>/min</b> |
| <b>Vitesse de rotation de la pompe</b>   | <b>1480 tr/min</b>                                  |
| <b>Puissance du moteur</b>               | <b>220 KW</b>                                       |

### III. Fonctionnement et entretien des pompes centrifuges

|                                    |                              |
|------------------------------------|------------------------------|
| <b>Type de garniture mécanique</b> | <b>JOHN CRANE</b>            |
| <b>Diamètre de l'impulseur</b>     | <b>646 mm</b>                |
| <b>Sens de rotation</b>            | <b>Aiguille d'une montre</b> |

**Tableau II** les caractéristiques de pompe 32-PM-8002-A.

#### III.4.2 Historique de pompe 32-PM-8002-A :

Ce tableau suivant représente l'historique des pannes de la pompe centrifuge 32-PM-8002-A [3]

| <b>N°=</b> | <b>Date démarrage</b> | <b>Date d'arrêt</b> | <b>TBF (h)</b> | <b>CAUSE</b>  | <b>ACTION</b>  |
|------------|-----------------------|---------------------|----------------|---|--|
| <b>1</b>   | 03/30/22              | 01/18/22            | 1704           | -PROBLEME DANS LE POT DE KEROSENE   | -CHANGEMENT DE KEROSENE APRES SOUFLAGE ET NETTOYAGE DU POT   |
| <b>2</b>   | 02/15/22              | 01/03/22            | 1008           | -MANQUE DE KEROSENE   | -APPOINT DE KEROSENE   |
| <b>3</b>   | 10/10/21              | 09/08/21            | 768            | - PROBLEME DANS LE POT DE KEROSENE  | -CHANGEMENT DE KEROSENE APRES SOUFLAGE ET NETTOYAGE DU POT   |
| <b>4</b>   | 08/05/20              | 07/06/20            | 696            | -MANQUE DE KEROSENE   | -APPOINT DE KEROSENE   |
| <b>5</b>   | 12/01/19              | 11/21/19            | 240            | -E/P ET CONTROL DE L'ETAT GENERAL DE LA POMPE.<br>-ROTATION MANUELLE DE L'ARBRE.VERRIFICATIO<br>N DU NIVEAU DE KEROSENE | -E/P SUIVANT GAMME   |
| <b>6</b>   | 04/10/19              | 04/09/19            | 24             | -REVISION GENERALE DE LA GARNITURE POUR INSPECTION DES PIECES<br>- PROBLEME DANS LE POT DE KEROSENE                     | -CHANGEMENT DE GARNITURE MECANIQUE (GARNITURE A ETE REPARÉE CHEZ AESSEAL COJ)<br>-TESTE D'ETANCHIETE SEC. ET PRIMAIRE CONCLUANT. |

### III. Fonctionnement et entretien des pompes centrifuges

|    |          |          |      |  |   |
|----|----------|----------|------|--|---|
|    |          |          |      |  | -TESTE DU POT DE KEROSENE   |
| 7  | 03/12/19 | 02/12/19 | 720  | -E/P DE LA POMPE<br>-PROBLEME DANS LE POT DE REFROIDISSEMENT DE LA GM<br>- PROBLEME DANS LE POT DE KEROSENE .                                | - E/P DE LA POMPE<br>-NETTOYAGE ET SOUFLAGE DU POT DE REFROIDISSEMENT DE LA GM<br>-CHANGEMENT DE KEROSENE<br>-NETTOYAGE DE L'ACCOUPEMENT ET ETALAGE D'UNE FINE COUCHE DE GRAISSE.   |
| 8  | 03/12/19 | 02/12/19 | 720  | 32-CS-8101-A : ASSISTANCE POUR DEMONTAGE DU FILTRE DE LA POMPE 32-PM-8002-A POUR INSPECTION ET NETTOYAGE.                                    | - ASSISTANCE POUR DEMONTAGE DU FILTRE DE LA POMPE POUR INSPECTION ET NETTOYAGE.   |
| 9  | 08/08/18 | 02/11/18 | 4248 | - PROBLEME DANS LE POT DE KEROSENE .   | -NETTOYAGE ET SOUFLAGE DU POT DE KEROSENE.  |
| 10 | 01/11/18 | 12/25/17 | 384  | 32-PM-8002-A : DEMONTAGE DE LA POMPE POUR CONTROLE JEU AXIAL DE LA POMPE CONTROLE L'ETAT DE L'ECROU DE SERRAGE DE LA ROUE.                   | -Démontage de la pompe.<br>-Révision générale de la pompe.<br>-Remontage de la pompe.<br>-Teste d'étanchéité G.M concluant.<br>-Inspection du filtre d'aspiration. Avec teste d'étanchéité.<br>-Alignement de moto pompe +accouplement.<br>-teste de démarrage concluant.<br>-E/P de la pompe |
| 11 | 10/19/17 | 10/18/17 | 24   | -BAISSE DU NIVEAU D'HUILE PALIERS POMPE (TORBA 46).<br>-L'ACCOUPEMENT ET ETALAGE BESION D'UNE FINE COUCHE DE GRAISSE.<br>-MANQUE DE KEROSENE | -CHANGEMENT D'HUILE PALIERS POMPE (TORBA 46).<br>-NETTOYAGE DE L'ACCOUPEMENT ET ETALAGE D'UNE FINE COUCHE DE GRAISSE.<br>- APPOINT DE KEROSENE  |
| 12 | 06/19/17 | 05/14/17 | 1080 | - PROBLEME DANS LE POT DE KEROSENE .<br>-L'ACCOUPEMENT ET ETALAGE BESION D'UNE FINE COUCHE DE GRAISSE.                                       | -SOUFLAGE ET NETTOYAGE POT DE KEROSENE.<br>-NETTOYAGE DE L'ACCOUPEMENT ET ETALAGE D'UNE FINE COUCHE DE GRAISSE.   |
| 13 | 03/20/17 | 02/21/17 | 696  | -BAISSE DU NIVEAU D'HUILE TORBA46.<br>-MANQUE DE KEROSENE  | -APPOINT D'HUILE TORBA 46.<br>-APPOINT DE KEROSENE.   |

### III. Fonctionnement et entretien des pompes centrifuges

|    |          |          |     |   |   |
|----|----------|----------|-----|---|---|
| 14 | 01/10/17 | 12/27/16 | 312 | -LA POMPE (TORBA 46)<br>BESION DE VIDANGE<br>-L'ACCOUPEMENT ET<br>ETALAGE BESION D'UNE<br>FINE COUCHE DE<br>GRAISSE.<br>-MANQUE DE KEROSENE | -CHANGEMENT D'HUILE<br>PALIERS POMPE (TORBA 46).<br>-NETTOYAGE DE<br>L'ACCOUPEMENT ET<br>ETALAGE D'UNE FINE<br>COUCHE DE GRAISSE.<br>- APPOINT DE KEROSENE SI<br>NECESSAIRE |
| 15 | 03/17/16 | 03/09/16 | 432 | -ASSIST A "GC" POUR<br>DEMONTAGE DU FILTRE<br>DE LA POMPE 32-PM-<br>8002-A POUR<br>INSPECTION ET<br>NETTOYAGE.                              | -DEMONTAGE ET<br>REMONTAGE DU FILTRE DE<br>LA POMPE POUR<br>INSPECTION ET NETTOYAGE.  |

**Tableau III** historique de la pompe 32-PM-8002-A.

#### III.4.3 calcul les paramètres de weibull:

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les  $F_{(i)}$  calculés par la méthode des rangs médians  $F_{(i)} = \frac{\sum n_i - 0.3}{N + 0.4}$  (dans notre cas  $N = 9 \leq 20$ ) et on trace la courbe de WeiBull: [4]

| N  | TBF(h) | N | $\sum n_i$ | F(i)   | F(i)% |
|----|--------|---|------------|--------|-------|
| 01 | 24     | 1 | 1          | 0.0454 | 4.54  |
| 02 | 24     | 1 | 2          | 0.1103 | 11.03 |
| 03 | 240    | 1 | 3          | 0.1753 | 17.53 |
| 04 | 312    | 1 | 4          | 0.2402 | 24.02 |
| 05 | 384    | 1 | 5          | 0.3051 | 30.51 |
| 06 | 432    | 1 | 6          | 0.3701 | 37.01 |
| 07 | 696    | 1 | 7          | 0.4350 | 43.50 |
| 08 | 696    | 1 | 8          | 0.5000 | 50    |

### III. Fonctionnement et entretien des pompes centrifuges

|    |      |   |    |        |       |
|----|------|---|----|--------|-------|
| 09 | 720  | 1 | 9  | 0.5649 | 56.49 |
| 10 | 720  | 1 | 10 | 0.6298 | 62.98 |
| 11 | 768  | 1 | 11 | 0.6948 | 69.48 |
| 12 | 1008 | 1 | 12 | 0.7597 | 75.97 |
| 13 | 1080 | 1 | 13 | 0.8246 | 82.46 |
| 14 | 1704 | 1 | 14 | 0.8246 | 88.96 |
| 15 | 4288 | 1 | 15 | 0.9540 | 95.40 |

**Tableau IV** Fonction de réparation réelle

#### III.4.4 Les paramètre de WeiBull graphiquement :

- Recherche de  $\eta$ :

La droite de régression linéaire coupe l'axe A à l'abscisse  $t = \eta$ . [4]

- Recherche de  $\beta$ :

- Béta est la pente de la droite de corrélation.
- On trace une droite parallèle à la droite de corrélation, et passant par  $\eta = 1$  On lit ensuite béta sur l'axe B. [4]

(Voir la page 44)

$$\eta = 36 * 22 = 792 \text{ h} \quad \gamma = 0 \quad \beta = 1.4 \quad \text{MTBF} = (A * D) + \gamma \quad \text{MTBF} = 0.9114 * (792 + 0)$$
$$\text{MTBF} = 724.20 \text{ h}$$

$\eta$  : Paramètre d'échelle.

$\gamma$  : Le paramètre de position  $\gamma$  étant souvent nul par ce que les pannes passent à l'origine du temps.

$\beta$  : Paramètre de forme.

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

#### III.4.5 La fiabilité :

La fonction fiabilité de celle de répartition:  $R_{(t)} = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$  après calcul la fiabilité de la pompe aux temps  $t=MTBF$ , on déduit que la valeur n'est pas satisfaisante donc on peut dire que la pompe n'est pas fiable à  $t=MTBF$ . [4]

#### III.5 L'application loi de Weibull :

$$R_{(t=MTBF)} = e^{-\left(\frac{724.2-0}{792}\right)^{1.4}} = 0.2779$$

##### III.5.1 Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique:

$$R_{(t)} = 75\% \rightarrow t = ?$$

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

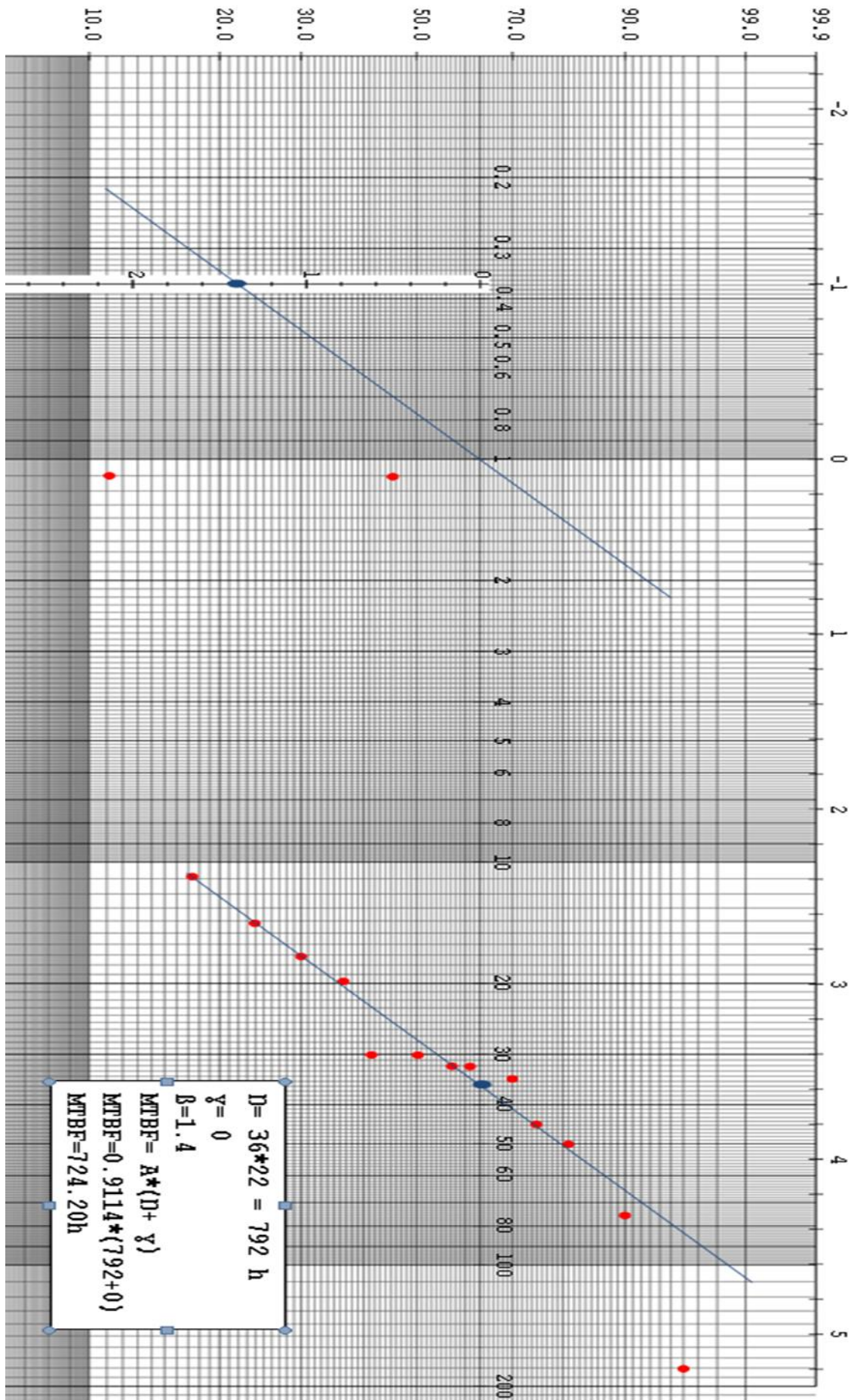
$$t = \left[ \gamma - (\ln R_{(t)})^{\frac{1}{\beta}} \right] \times \eta$$

Application :

$$t = \left[ 0 - (\ln(0.75))^{\frac{1}{1.4}} \right] \times 792 = 325.26 \text{ h}$$

Pour garder la fiabilité de la pompe 75% il faut intervenir chaque 325.26h. [4]

### III. Fonctionnement et entretien des pompes centrifuges



## IV. Conclusion :

Au terme de notre étude on a fait des recherche sur la généralité de la maintenance et la fiabilité des équipement. De plus, nous avons effectué un travail général sur les pompes centrifuges, leur point de fonctionnement et leurs caractéristiques. finalement on a exploiter une historique d'une pompe centrifuge (32-PM-8002-A) réel chez sonatrach complexe GP1Z et on a appliqué une méthode de calcul de fiabilité sur cette pompe. ainsi que, le temps systématique pour intervenir.

Dans ce travail , nous comprenons comment les pompes centrifuges fonctionnent dans les domaines industriel ainsi leurs entretien , la main-d'œuvre qu'elles fournissent et les recherches qui ont été menées pour assurer le fonctionnement de la pompe, l'amélioration de la rentabilité globale et la réalisation d'études de fiabilité à partir de ces recherches on a constaté que La pompe nécessite un entretien minutieux, une surveillance attentive et des travailleurs qualifiés. Pour cela, il est important de comprendre le comportement de la pompe, ce qui nous permet de choisir les meilleures stratégies de maintenance pouvant maintenir la pompe en bon état et améliorer sa fiabilité. La pompe est très sensible et son bon fonctionnement nécessite une cohérence entre ses composants.

Finalement on conclut que pour maintenir la pompe au sommet de sa performance et fiable, il faut une surveillance quotidien pour éviter les pannes accidentelle qui cause des interventions non planifier et aussi une arrêt de production, et pour éviter tout sa on à extrait que c'est important de calculer temps souhaitable pour une intervention systématique pour garder à pompe à fiabilité désiré.

# BIBLIOGRAPHIQUE

## Chapitre 1

[1] Article mobility work « Quel est le rôle de la maintenance ? » <https://mobility-work.com/fr/blog/maintenance-industrielle/#:~:text=En%20bref%2C%20le%20r%C3%B4le%20de,r%C3%A9duisant%20les%20co%C3%BBts%20de%20production.>

[2] MEMOIRE « ANALYSE DE LA FONCTION MAINTENANCE A L'UNITE TSS » PRESENTE PAR : MAHFOUD BRAHIM UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA

[3] Document de cour de maintenance M. siadani djamel eddine.

[4] Article : Qu'est-ce Qu'une politique de maintenance ? <http://christian.hohmann.free.fr/index.php/portail-maintenance-productive/les-basiques-de-la-maintenance-productive/118-quest-ce-quune-politique-maintenance-#:~:text=La%20d%C3%A9finition%20de%20la%20politique,r%C3%A9f%C3%A9rences%20pour%20comprendre%20et%20organiser.>

[5] « FIABILITE MAINTENABILITE DISPONIBILITE » Pr. Ahmed BELLAOUAR - M.A. Salima BELEULMI - UNIVERSITE Constantine 1.

## Chapitre 2

[1] MEMOIRE FIN D'ETUDE « La maintenance basée sur la fiabilité d'une pompe centrifuge 104J type MF410 » PRESENTE PAR FARDJALLAH MERIEM - UNIVERSITE BADJI MOKHTAR BADJI MOKHTAR UNIVERSITY -

[2] CARLIER, M. Machines hydrauliques. France : ENGRFE, 1968.P :25.

[3] LENCASTRE, Armando. Hydraulique générale. Paris : Eyrolles, 1999.P : 28

[4] REY, Robert. POULAIN, Jean. Pompes rotodynamiques. Paris : Techniques de l'Ingénieur, 1996.P :58.

[5] Article thermal engineering « Quelle est la partie principale d'une pompe ». <https://www.thermal-engineering.org/fr/quelle-est-la-partie-principale-dune-pompe->



# ANNEXE

| ordre | TAILLE DE L'ECHANTILLON |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|       | 1                       | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   |
| 1     | 50,0                    | 29,2 | 20,6 | 15,9 | 13,0 | 10,9 | 9,5  | 8,3  | 7,4  | 6,7  | 6,1  | 5,6  | 5,2  | 4,9  | 4,5  | 4,3  | 4,0  | 3,8  | 3,6  | 3,4  |
| 2     |                         | 70,8 | 50,0 | 38,6 | 31,5 | 26,6 | 23,0 | 20,2 | 18,1 | 16,3 | 14,9 | 13,7 | 12,7 | 11,8 | 11,0 | 10,4 | 9,8  | 9,2  | 8,8  | 8,3  |
| 3     |                         |      | 79,4 | 61,4 | 50,0 | 42,2 | 36,5 | 32,1 | 28,7 | 26,0 | 23,7 | 21,8 | 20,1 | 18,8 | 17,5 | 16,5 | 15,5 | 14,7 | 13,9 | 13,2 |
| 4     |                         |      |      | 84,1 | 68,5 | 57,8 | 50,0 | 44,0 | 39,4 | 35,6 | 32,5 | 29,8 | 27,6 | 25,7 | 24,0 | 22,6 | 21,3 | 20,1 | 19,1 | 18,1 |
| 5     |                         |      |      |      | 87,0 | 73,4 | 63,5 | 56,0 | 45,2 | 41,2 | 37,9 | 35,1 | 32,6 | 30,5 | 28,7 | 27,0 | 25,5 | 24,2 | 23,0 |      |
| 6     |                         |      |      |      |      | 89,1 | 77,0 | 67,9 | 60,6 | 54,8 | 50,0 | 46,0 | 42,5 | 39,6 | 37,0 | 34,8 | 32,8 | 31,0 | 29,4 | 27,9 |
| 7     |                         |      |      |      |      |      | 90,5 | 79,8 | 71,3 | 64,4 | 58,8 | 54,0 | 50,0 | 46,5 | 43,5 | 40,9 | 38,5 | 36,4 | 34,5 | 32,8 |
| 8     |                         |      |      |      |      |      |      | 91,7 | 81,9 | 74,0 | 67,5 | 62,1 | 57,5 | 53,5 | 50,0 | 47,0 | 44,3 | 41,8 | 39,7 | 37,7 |
| 9     |                         |      |      |      |      |      |      |      | 92,6 | 83,7 | 76,3 | 70,2 | 64,9 | 60,4 | 56,5 | 53,0 | 50,0 | 47,3 | 44,8 | 42,6 |
| 10    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      | 93,3 | 85,1 | 78,2 | 72,4 | 67,4 | 63,0 | 59,1 | 55,7 | 52,7 | 50,0 | 47,5 |
| 11    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 93,9 | 86,3 | 79,9 | 74,3 | 69,5 | 65,2 | 61,5 | 58,2 | 55,2 | 52,5 |
| 12    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 94,4 | 87,3 | 81,3 | 76,0 | 71,3 | 67,2 | 63,6 | 60,3 | 57,4 |
| 13    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 94,8 | 88,2 | 82,5 | 77,4 | 73,0 | 69,0 | 65,5 | 62,3 |
| 14    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 95,1 | 89,0 | 83,5 | 78,7 | 74,5 | 70,6 | 67,2 |
| 15    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 95,5 | 89,6 | 84,5 | 79,9 | 75,8 | 72,1 |
| 16    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 95,7 | 90,2 | 85,3 | 80,9 | 77,0 |
| 17    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 96,0 | 90,8 | 86,1 | 81,9 |
| 18    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 96,2 | 91,2 | 86,8 |
| 19    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 96,4 | 91,7 |
| 20    |                         |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      | 96,6 |

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

[https://www.youtube.com/watch?fbclid=IwAR2q\\_DjW7cQcSumSKaHy9eo0-6M340205PV2lu-1MGz5eHrZ9thn-SJYVFI&v=GCLtp8ZG\\_FA&feature=youtu.be](https://www.youtube.com/watch?fbclid=IwAR2q_DjW7cQcSumSKaHy9eo0-6M340205PV2lu-1MGz5eHrZ9thn-SJYVFI&v=GCLtp8ZG_FA&feature=youtu.be)