



République algérienne démocratique

Université kasdi merbah ouargla

Faculté des Sciences appliquées

Département génie Mécanique

Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER ACADEMIQUE

Filière : électromécanique

Spécialité : Maintenance industrielle

Présenté par :

- **Meriouma Ala Eddine**
- **Arbaoui Yakoub**

Theme



Étude De la maintenance d'une pompe a boue de forage

Jury:

M^{me} : Alloui Imane

Mr : Mourad Abdel Karim

M^{me} : Benaddi Hadda

Président UKM Ouargla

Encadreur UKM Ouargla

Examineur UKM Ouargla

Année universitaire : 2021/2022

REMERCIEMENTS

- ♥ Tout d'abord, nous remercions Dieu qui nous a donné la force et la patience de faire cet humble travail.
- ♥ Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements au Dr Mourad Abdel Karim pour sa supervision, ses conseils et son soutien pour nous, et nous remercions les professeurs du comité Mme ALLOUI IMANE et BENADDI HADDA.
- ♥ Nous adressons également nos sincères remerciements aux aimables parents pour leur soutien continu et leur contribution pour compléter le parcours scolaire
- ♥ Merci également à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, notamment la famille du Département de génie mécanique, qui a été pour nous comme une seconde famille.
- ♥ Et n'oubliez pas les travailleurs de chantier de l'ENAFOR 1032 et mes amis.

DEDICACE

J'aimerais partager les meilleurs moments de votre vie avec les gens que vous aimez.

Au terme de notre étude, nous sommes très satisfaits

Dédiez cet humble travail à :

♥A ma chère mère et à mon cher père,

♥A mon frère et mes soeurs

♥A l'honorable famille

♥Pour la famille de Meriouma

♥A tous mes chers amis

♥A tous mes collègues

♥A mes encadreur Dr.MOURAD ABDELKRIM

♥A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser cet humble travail

DEDICACE

J'aimerais partager les meilleurs moments de votre vie avec les gens que vous aimez.

Au terme de notre étude, nous sommes très satisfaits

Dédiez cet humble travail à :

♥A ma chère mère et à mon cher père,

♥A mes frères et mes soeurs

♥A l'honorable famille

♥Pour la famille de Arbaoui

♥A tous mes chers amis

♥A tous mes collègues

♥A mes encadreur Dr.MOURAD ABDELKRIM

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser cet humble travail

Sommaire

Introduction générale.....	1
Chapitre I : Etude bibliographique	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Généralités sur la maintenance.....	2
I.2.1 L’histoire de la maintenance industrielle :	2
I.2.2 Définition de la maintenance.....	3
I.2.3 Importance et rôle de la maintenance.....	3
I.2.4 Les objectifs de la maintenance.....	3
I.2.5 La stratégie de maintenance (normes NF EN 13306 & FD X 60-000).....	4
I.2.6 Les différents types de maintenance.....	4
I.2.7 Les temps de la maintenance	7
I.2.8 Les niveaux et échelons de maintenance.....	8
I.2.9 Les activités de la maintenance (norme NF EN 13306).....	9
I.3 Etude FMD.....	11
I.3.1 La Fiabilité.....	11
I.3.2 Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF)	11
I.3.3 Objectifs de la fiabilité	11
I.3.4 La maintenabilité	16
I.3.5 La disponibilité.....	17
I.4 Méthodes d’optimisation de la maintenance.....	18
I.4.1 Diagramme d’Ishikawa (Cause-Effets/5M).....	18
I.4.2 Méthode ABC (Diagramme Pareto).....	19
I.5 Conclusion.....	21

Chapitre II : Étude de pompe à boue

II.1	Introduction	22
II.2	Présentation entreprise national de forage	22
II.2.1	Historique	22
II.2.2	Caractéristiques essentielles de l'activité de l'ENAFOR :	23
II.2.3	Organigramme :	24
II.3	Généralités sur les pompes	25
II.3.1	Définition de la pompe	25
II.3.2	CLASSIFICATION DES POMPES :	26
II.4	La pompe à boue de forage triplex à simple effets NATIONAL-OIL-WELL 12P160 28	
II.4.1	Présentation de la pompe à boue triplex à simple effets NATIONAL-OIL-WELL 12P160 28	
II.4.2	Construction de la pompe a boue triplex à simple effet	29
II.4.3	Principe de fonctionnement de la pompe triplex	37
II.4.4	Maintenance de la pompe à boue triplex à simple effet :	38
II.5	Conclusion	42

Chapitre III : Etude analytique et application numérique

III.1	Introduction	43
III.2	Fiche historique de la pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160	43
III.3	La méthodes « ABC (Pareto) » :	44
III.3.1	La courbe de Pareto	45
III.4	Méthode Cause-Effets (ISHIKAWA)	46
III.4.1	Diagramme causes-effet : (les causes qui augmente les temps d'arrêt)	46

III.4.2	Actions d'amélioration de la maintenance du pompe à boue triplex simple effet	49
III.5	Calcul les paramètres de weibull	49
III.5.1	La Courbe de Weibull	50
III.5.2	Test adéquation (KOLMOGOROV SMIRNOV)	51
III.5.3	Exploitation des paramètres de WEIBULL	52
III.5.4	Étude de modèle de Wei bull	53
III.5.5	Calcul de la Maintenabilité	57
III.5.6	Calcul la disponibilité	58
III.6	Conclusion	60
	Conclusion générale.....	62

Liste de figure

Figure I.1 : types de maintenance.....	5
Figure I.2 : Les temps de la maintenance.....	7
Figure I.3 : Les trois périodes de la courbe en baignoire avec les différentes valeurs de β	14
Figure I.4 : Courbe en baignoire	14
Figure I.5 : Papier de Weibull	16
Figure I.6 : Diagramme Ishikawa	19
Figure I.7: Courbe de Pareto	20
Figure II.1 : Organisation d'entreprise	24
Figure II.2 : Types des pompes	26
Figure II.3 : La pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160.....	28
Figure II.4 : Partie mécanique de la pompe a boue.....	29
Figure II.5 : L'arbre grande Vitesse	30
Figure II.6 : Arbre petite vitesse	31
Figure II.7 : Système bielle- manivelle.....	31
Figure II.8 : Partie hydraulique de pompe a boue	33
Figure II.9 : Le piston et la tige de piston	34
Figure II.10 : Chemise	35
Figure II.11 : Les sièges et les clapets	35
Figure II.12 : Amortisseurs de pulsation Sur l'aspiration	36
Figure II.13 : L'amortisseur de pulsations	37
Figure II.14 : Principe de fonctionnement de la pompe triplex à simple effet	38

Figure III.1: La courbe de Pareto.....	45
Figure III.2 : Diagramme causes-effet de d'intervention sur roulement de bielle.....	46
Figure III.3 : Diagramme causes-effet de d'intervention corps de pompe.....	46
Figure III.4 : Diagramme causes-effet de d'intervention pompe à huile.....	46
Figure III.5 : Diagramme causes-effet d'intervention vilebrequin.....	48
Figure III.6: Diagramme causes-effet d'intervention la chaîne de transmission.....	48
Figure III.7: Papier de Weibull en logiciel minitab18.....	50
Figure III.8 : Courbe fonction de répartition $F(t)$	55
Figure III.9 : Courbe la fiabilité $R(t)$	55
Figure III.10 : Courbe la fonction de la densité de probabilité.....	56
Figure III.11 : Courbe Le taux de défaillance $\lambda(t)$	57
Figure III.12 : Courbe de la Maintenabilité.....	58
Figure III.13: Courbe la disponibilité	60

Liste des tableaux

Tableau I.1: Les cinq niveaux de maintenance	8
Tableau II.1: Caractéristiques essentielles de l'activité de l'ENAFOR	23
Tableau II.2: Maintenance préventive de la pompe à boue triplex à simple effet	38
Tableau II.3: Les pannes de la pompe à boue et leurs remèdes	39
Tableau III.1: Fiche historique de la pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160.....	43
Tableau III.2: Les analyse ABC (Pareto).....	44
Tableau III.3: Fonction de répartition.....	49
Tableau III.4: Test K-S (kolmogrov-smirnov).....	51
Tableau III.5 : Fonctions de, $f(t)$, $F(t)$, $R(t)$ et $\lambda(t)$	54
Tableau III.6 : Fonctions de maintenabilité $M(t)$	57
Tableau III.7 : Fonctions de disponibilité $D(t)$	59

La nomenclature

R (t) Fonction de fiabilité

F(t) Fonction de défaillance ou de répartition

f (t) : Densité de probabilité de défaillance

$\lambda(t)$: T a u x de défaillance

μ : Taux de réparation

M (t) : Fonction de maintenabilité

D(t) : Disponibilité instantanée

D_i : Disponibilité intrinsèque

D_n : Max Valeur absolue maximale

η : Paramètre d'échelle de la loi de Weibull Heure

β : Paramètre de forme de la loi de Weibull

ENAFOR : Entreprise Nationale de Forage

TTR : Temps de réparation Heure

TBF : Temps entre défaillances Heure

UT : Temps de bon fonctionnement Heure

MUT : Moyenne des temps de bon fonctionnement Heure

MTTR : Moyenne des temps de réparation Heure

MTBF : Moyenne de temps entre pannes Heure

MINITAB : Logiciel de statistiques et d'analyse de données

ABC : Méthode de Pareto

Introduction Général

Un chantier de forage ou plus globalement l'appareil de forage est un ensemble d'équipements, de machines et de mécanismes liés entre eux pour accomplir une fonction bien déterminée. Parmi ces équipements on s'est intéressé à la pompe à boue triplex à simple effet car elle joue un rôle important pour faire circuler le fluide de forage à haute pression et fournir un débit nécessaire à la réalisation d'un puits de forage. Ce modeste travail a pour objet de faire une description générale de la pompe à boue triplex à simple effet et de réaliser une étude de maintenance (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) en utilisant la loi et le modèle de Weibull, pour aboutir à une interprétation des graphes obtenus et essayer de proposer un bon programme de maintenance afin d'améliorer les performances et d'augmenter la durée de vie de cette dernière. Pour bien faire cette recherche, nous avons adopté la méthodologie suivante

✓ Le premier chapitre présente une étude générale de la maintenance industrielle, ses niveaux et types, ainsi qu'une étude théorique sur la fiabilité, la disponibilité, et maintenabilité et une introduction à la méthode d'optimisation de Pareto et Ishikawa sous le titre "Etude bibliographique".

✓ Le deuxième chapitre présente le domaine d'étude, les types de pompes et une explication détaillée de la pompe à boue triplex simple effet NATIONAL-OIL-WELL 12P160, son principe de fonctionnement et sa maintenance préventive et curative sous le titre « Etude pompe à boue ».

✓ Le chapitre trois décrit l'étude de l'historique des pannes des pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160 au cours des trois dernières années, l'application pratique et l'analyse des résultats sous le titre "Etude analytique et application numérique".

Enfin, cette étude vise à améliorer le processus de maintenance et à contribuer à maintenir l'intégrité des équipements le plus longtemps possible.

Chapitre I :

Étude bibliographique

I.1 Introduction

Les entreprises visent toujours à réduire les coûts de production en faisant évoluer leurs systèmes, y compris le système de maintenance des outils de production. Avec l'évolution technologique et l'émergence des modes modernes de gestion, le seul objectif de la maintenance industrielle n'est plus seulement de réparer l'outil de travail, mais aussi de prévoir et d'éviter les pannes afin d'assurer le bon fonctionnement des outils, ce qui nécessite de développer une stratégie organisée pour le gérer.

I.2 Généralités sur la maintenance

I.2.1 L'histoire de la maintenance industrielle :

De nombreux événements se sont produits depuis le début de la révolution industrielle. Cependant, les changements les plus draconiens se sont déroulés dans les cinquante dernières années. Ces changements ont influencé la maintenance et l'entretien de tous les complexes industriels.

Avant la Seconde Guerre mondiale, les équipements industriels étaient imposants, vieillissants et au roulement assez lent. Ils se contrôlaient à partir d'un système élémentaire et d'instrumentation. Étant donné que la demande de l'époque n'était pas aussi élevée que celle d'aujourd'hui, ce facteur ne posait pas encore de problèmes. Les différents équipements étaient solides et robustes. On retrouvait dans certaines usines des machines qui fonctionnaient aussi bien le premier jour que 20 ans plus tard.

Après la guerre, la reconstruction industrielle a recommencé. Le marché est devenu de plus en plus compétitif, ce qui poussa les propriétaires d'usine à augmenter le rythme de leur production. L'utilisation excessive des machines entraîna de plus en plus de pannes et des coûts de plus en plus élevés en réparation. L'augmentation de la production et ainsi de l'utilisation des équipements industriels entraînèrent le développement de la maintenance préventive.

Depuis les années 1980, les complexes industriels et les systèmes de production sont devenus de plus en plus spécialisés et complexes. De plus, la compétitivité du marché ainsi que l'intolérance devant une panne n'ont cessé d'augmenter. Ce phénomène inévitable entraîna également l'augmentation du prix de la maintenance industrielle.

Avec la demande croissante pour une production constante et le développement des connaissances sur la prévention des pannes, la découverte de nouvelles techniques et l'amélioration de la gestion de la maintenance ont grandement contribué à la compréhension des machines industrielles et des systèmes de production. Les professionnels commencèrent à porter une attention particulière aux risques potentiels et accumulèrent une panoplie de données diverses. Les industriels pouvaient ainsi mieux comprendre les risques de pannes et les moyens de les prévenir.[1]

I.2.2 Définition de la maintenance

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. (L'AFNOR NF-X 60 000).[5]

I.2.3 Importance et rôle de la maintenance

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

I.2.4 Les objectifs de la maintenance

Les objectifs du service de maintenance sont représentés par trois facteurs principaux :

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

a) Objectifs techniques (opérationnels)

- ✓ Assurer la disponibilité maximale des installations et de l'équipement à un prix rationnel
- ✓ Fournir un service qui élimine les pannes à tout moment et à tout prix
- ✓ Pousser à la dernière limite la durée de vie de l'installation (notion de durabilité) - Assurer une performance de haute qualité
- ✓ Maintenir une installation d'une propreté absolue à tout moment. [6]

b) Objectifs économiques

- ✓ Réduire au minimum les dépenses de maintenance et maximiser les profits
- ✓ Assurer le service de maintenance dans les limites d'un budget
- ✓ Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par les installations et l'appareillage en fonction de son âge et de son taux d'utilisation. [6]

c) Objectifs humains et écologiques

- ✓ Réduire les accidents de fonctionnement (Notion de sécurité) et améliorer les conditions de travail
- ✓ Etudier toute modification, protection à effectuer sur les matériels pour diminuer les risques d'accidents
- ✓ Lutter contre la nuisance et préserver l'environnement (échappement de gaz, bruits inhérents, fuites d'huile, ...etc.).[6]

I.2.5 La stratégie de maintenance (normes NF EN 13306 & FD X 60-000)

« La stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance.

« Les choix de stratégie de maintenance permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- ❖ Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance.
 - ❖ Élaborer et optimiser les gammes de maintenance
 - ❖ Organiser les équipes de maintenance.
 - ❖ Internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance.
 - ❖ Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables.
 - ❖ Étudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité.
- [2]

I.2.6 Les différents types de maintenance

Les types, ou stratégies, de maintenance sont classés par la norme AFNOR, 2001 comme suite :

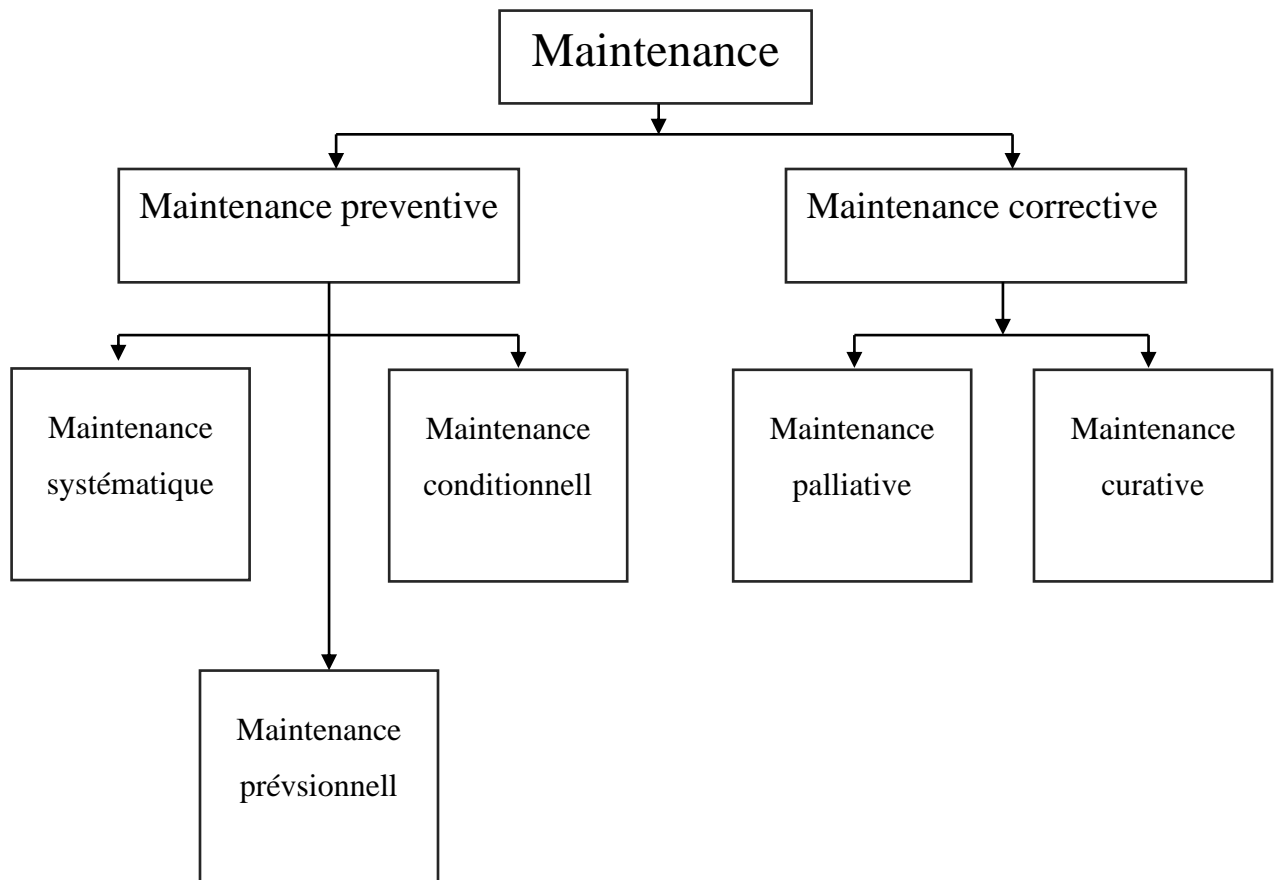


Figure I.1 : types de maintenance [23]

I.2.6.1 Maintenance préventive

D'après la norme AFNOR (X-60-010), on peut définir la maintenance préventive comme une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu. [3]

On distingue deux méthodes de cette maintenance :

a) Maintenance Systématique

Selon la norme AFNOR X-60-010, on définit la maintenance systématique comme étant une maintenance préventive effectuée suivant un échéancier établi, suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage [3]

b) Maintenance conditionnelle

C'est la maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. [23]

c) Maintenance prévisionnelle

C'est la maintenance préventive conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du bien.[23]

I.2.6.2 Maintenance corrective

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

a) Maintenance palliative

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives. [11]

b) Maintenance curative

Activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelé couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui devront être suivies d'actions curatives.[11]

I.2.7 Les temps de la maintenance

La figure suivante représente diagramme des temps de la maintenance

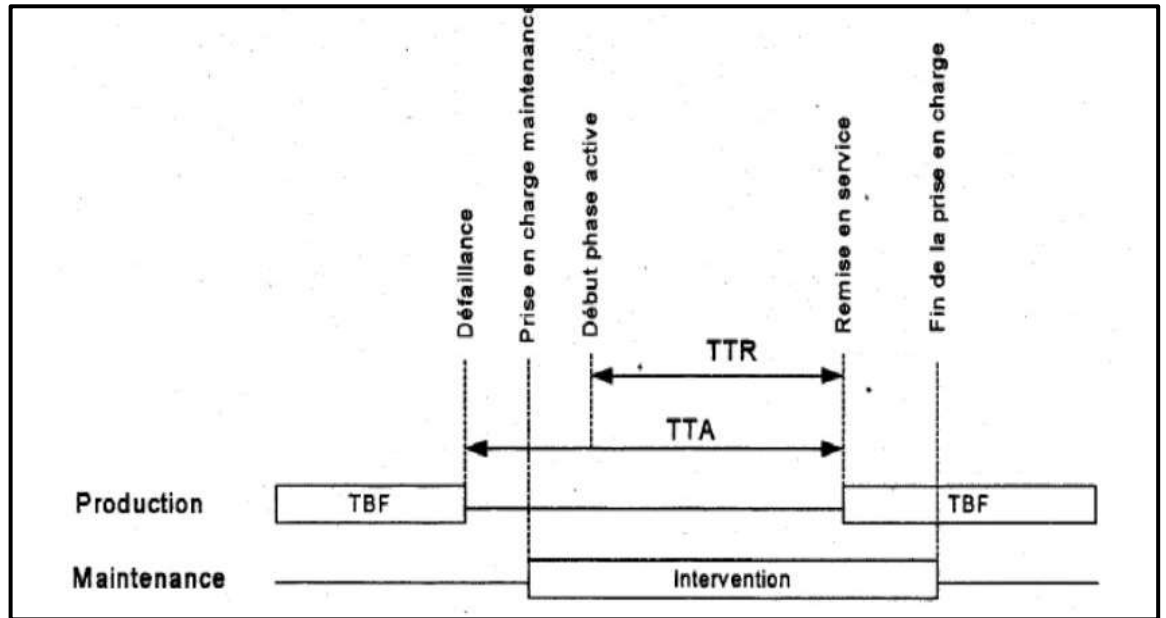


Figure I.2 : Les temps de la maintenance [4]

a) La MTBF

La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF).

Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances. [4]

b) La MTTR

La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR).

Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant.

Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service. [4]

Remarque : En anglais, MTTR signifie mean time to restoration (norme X60-500).

c) La MTTA

La MTTA est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA).

Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils ont pour cause une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièce, de matière, d'énergie, changement de production, etc.). [4]

I.2.8 Les niveaux et échelons de maintenance

a) Les niveaux de maintenance (norme FD X 60-000)

La maintenance et l'exploitation d'un bien s'exercent à travers de nombreuses opérations, parfois répétitives, parfois occasionnelles, communément définies jusqu'alors en cinq niveaux de maintenance.[2]

b) Les cinq niveaux de maintenance (norme FD X 60-000)

Ce tableau représente les cinq niveaux de maintenance

Tableau I.1: Les cinq niveaux de maintenance [2]

Niveaux	Définition	Personnel d'intervention	Moyens
1	Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité	Exploitant sur Place.	Outillage léger défini dans les conditions d'utilisation.
2	Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet ou d'opérations mineures de maintenance préventives (rondes).	Technician habilité, sur place.	Idem, plus les pièces de rechange trouvées à proximité, sans délai.
3	Identification et diagnostic de panne, réparation par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineures.	Technicien spécialisé, sur place ou en local de maintenance.	Outillage prévu, plus des appareil de mesure, banc d'essai, contrôle...

4	Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.	Equipe encadrée par un technicien spécialisé (atelier central).	Outillage général plus spécialisé, matériel d'essai, de contrôle...
5	Travaux de rénovation de reconstruction ou réparations importantes confiées à un atelier central.	Equipe complète, polyvalente (atelier central).	Moyens proches de la fabrication par le constructeur.

c) Les échelons de maintenance : (norme FD X 60-000)

Il est important de ne pas confondre les niveaux de maintenance avec la notion d'échelon de maintenance qui spécifie l'endroit où les interventions sont effectuées. On définit généralement trois échelons qui sont :

- ✓ **La maintenance sur site** : l'intervention est directement réalisée sur le matériel en place.
- ✓ **La maintenance en atelier** : le matériel à réparer est transporté dans un endroit, sur site, approprié à l'intervention.[4]
- ✓ **La maintenance chez le constructeur** ou une **société spécialisée** : le matériel est alors transporté pour que soient effectuées les opérations nécessitant des moyens spécifiques.

Bien que les deux concepts de niveau et d'échelon de maintenance soient bien distincts, il existe souvent une corrélation entre le niveau et l'échelon.

Les opérations de niveaux 1 à 3, par exemple, s'effectuant sur site, celles de niveau 4 en atelier, et celles de niveau 5 chez un spécialiste hors site (constructeur ou société spécialisée). Si cela se vérifie fréquemment (dans le domaine militaire par exemple), il convient cependant de ne pas en faire une généralité. On peut rencontrer en milieu industriel des tâches de niveau 5 effectuées directement sur site. [4]

I.2.9 Les activités de la maintenance (norme NF EN 13306)

a) L'inspection

C'est un contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien.[2]

En général, l'inspection peut être réalisée avant, pendant ou après d'autres activités de maintenance.

b) La surveillance

C'est l'activité exécutée manuellement ou automatiquement ayant pour objet d'observer l'état réel d'un bien. La surveillance se distingue de l'inspection en ce qu'elle est utilisée pour évaluer l'évolution des paramètres du bien avec le temps. [2]

c) La réparation

Ce sont les actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne.[4]

d) Le dépannage

Ce sont les actions physiques exécutées pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée.[4]

e) L'amélioration

Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise.[2]

f) La modification

Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à changer la fonction d'un bien. [2]

g) La révision

Ensemble complet d'examens et d'actions réalisés afin de maintenir le niveau requis de disponibilité et de sécurité. [2]

h) La reconstruction

Action suivant le démontage d'un bien et la réparation ou le remplacement des composants qui approchent de la fin de leur durée de vie utile et/ou devraient être systématiquement remplacés. La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations. L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine. [2]

I.3 Etude FMD

I.3.1 La Fiabilité

D'après la norme (NORME X60—500). La fiabilité est l'aptitude (la probabilité) d'une entité à accomplir une fonction requise pendant un intervalle de temps donné, dans des conditions données.[5]

I.3.2 Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF)

Taux de défaillances ou taux d'avaries (λ) : il représente le pourcentage de défaillances pendant un temps donné.

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

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somme des temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre des temps de bon fonctionnement}}$$

I.3.3 Objectifs de la fiabilité

La fiabilité a pour objectif de :

- Mesurer une garantie dans le temps ;
- Evaluer rigoureusement un degré de confiance ;
- Déchiffrer une durée de vie ;
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- Déterminer la stratégie de l'entretien ;
- Choisir le stock [5]

I.3.3.1 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité

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

- La loi exponentielle
- La loi de WEIBULL
- La loi normale
- La loi log-normale (ou loi de GALTON)
- La loi binomiale - La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités.[5]

I.3.3.2 Le modèle de WEIBULL

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

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

La loi de Weibull est très souple d'utilisation, ce qui lui permet de s'ajuster à un grand nombre d'échantillons prélevés au long de la vie d'un équipement.

Elle couvre les cas de taux de défaillance variables, décroissants (périodes de jeunesse), ou croissant (période de vieillesse).

Elle permet d'ailleurs, à partir des résultats obtenus de déterminer dans quelle période de sa vie se trouve le système étudié.[4]

WEIBULL : a donné au taux de défaillance $\lambda(t)$ une formule générale dépendant de trois (03) paramètres γ , η , β qui modélise avec une précision dans une gamme étendue l'application de ce modèle nécessite :

- TBF : temps de bon fonctionnement entre deux défaillances ;
- Le nombre de pannes correspondant au TBF. Nous pouvons associer à chaque instant t , soit analytiquement soit graphiquement, les fonctions liées au comportement du matériel à savoir.[5]

a) Densité de probabilité

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

Ou :

β : paramètre de forme ($\beta > 0$):

η : paramètre d'échelle ($\eta > 0$):

γ : paramètre de position ($-\infty > \gamma > +\infty$).[17]

b) Fonction de répartition F(t)

Elle représente la probabilité de pannes cumulée de défaillance entre (0) et (t). [17]

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

c) Fonction de fiabilité R(t) :

C'est la probabilité cumulée de non – défaillance au-delà du temps. [17]

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

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

d) Le taux de défaillance

C'est la probabilité instantanée d'une panne au temps $t + \Delta t$, sachant que mon dispositif est bon à l'instant t. [7]

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

Ou:

λ : le taux de défaillance;

β : paramètre de forme ($\beta > 0$);

η : paramètre d'échelle ($\eta > 0$);

γ : paramètre de position ($-\infty > \gamma > +\infty$).

e) Le moyen de temps de bon fonctionnement (MTBF)

Elle est représentée par l'équation suivante :

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

f) Signification des paramètres du modèle de Weibull

➤ **Paramètres de forme β**

C'est un nombre sans dimensions, il définit l'allure de la distribution des durées. Il permet d'adapter la forme de la courbe $f(t)$, $R(t)$ et $\lambda(t)$

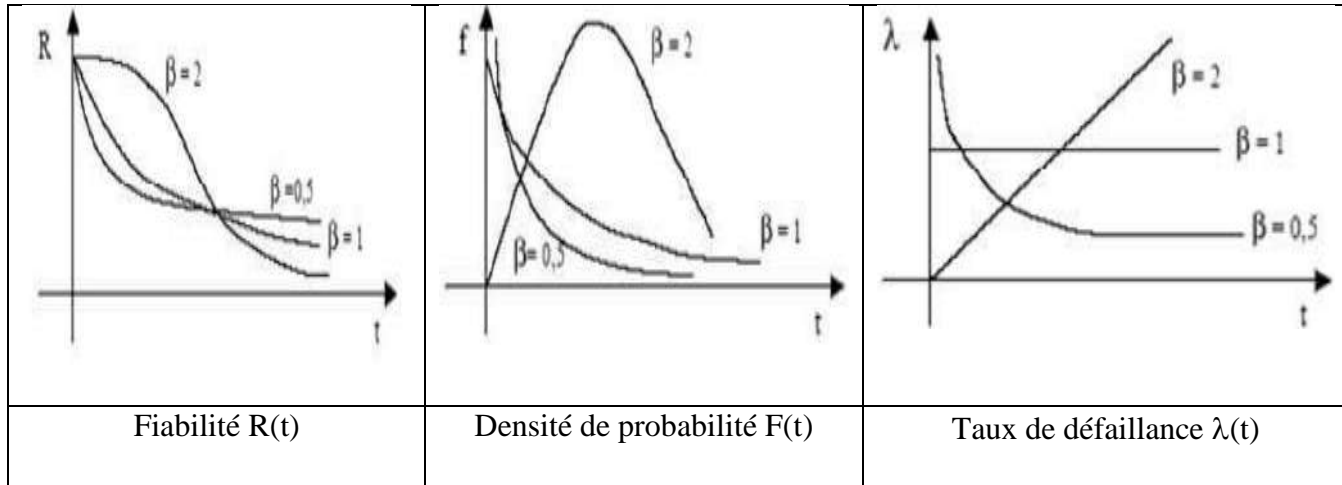


Figure I.3 : Les trois périodes de la courbe en baignoire avec les différentes valeurs de β [17]

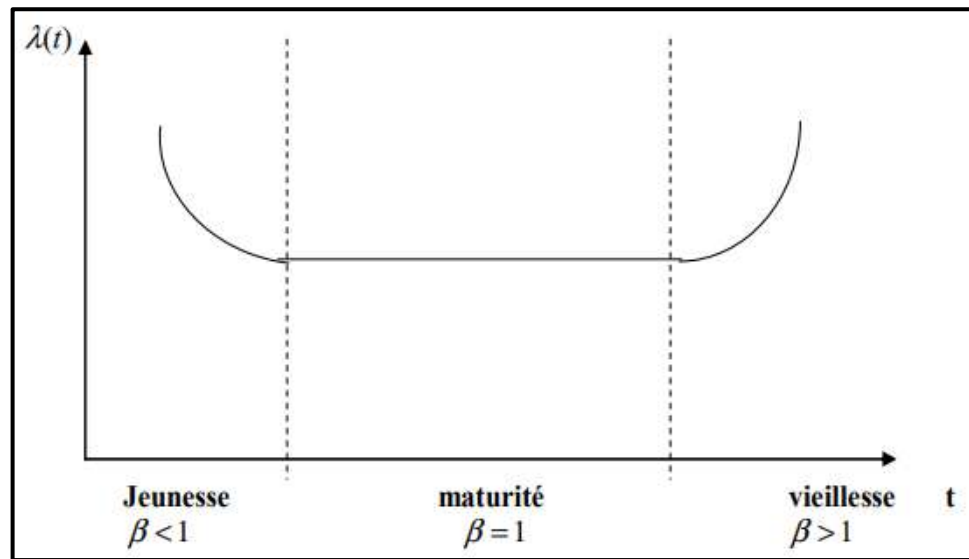


Figure I.4 : Courbe en baignoire [17]

- ($\beta < 1$) Correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place dérodage de l'installation (période de jeunesse).

- ($\beta=1$)Corresponde à la zone ou le taux de défaillance est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement avec un symptôme de dégradation préalable (vie utile). C'est la période la plus longue.

- ($\beta>1$)Corresponde à la zone croissante rapide, c'est la période de vieillesse provoqué par l'usure mécanique.[16]

MTBF : (Mean time between faillure) moyenne de temps de bon fonctionnement ;

MUT : (Mean up time) moyenne de temps de disponibilité.

$$MTBF = \frac{\sum \text{Temps entre panne}}{Ni}$$

$$MUT = \frac{\sum TBF}{Ni}$$

➤ Paramétré d'échelle

En unité qui est associée à l'échelle utilisé sur le graphe d'allan plait.

➤ Paramétré de position

Il permet de déterminer la date du début de la défaillance ; son unité est celle du temps :

Si :

- $\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant l'origine du temps ;
- $\gamma = 0$: les défaillances ont débuté dès l'origine du temps ;
- $\gamma > 0$: il y a une survie totale entre $t=0$ et $t= \gamma$.

g) Structure du papier de Weibull :

➤ Description de papier fonctionnel de Weibull

Ce papier «log-log » port quatre axes :

- ✓ l'axe A est l'axe des temps sur lequel nous porterons les valeurs t_i de durées de bon fonctionnement ;
- ✓ l'axe B porte $F(t)$ sur lequel nous porterons les valeurs $F(i)$ calculées par approximation (rangs moyens ou médians). Nous estimerons la fiabilité en prenant le complément :
 $R(t) = 1 - F(t)$;
- ✓ L'axe a correspond à $\ln t$;

✓ L'axe b correspond à $\ln\left(\ln\frac{1}{1-F(1)}\right)$ Cet axe permettra d'évaluer la valeur de β . [17]

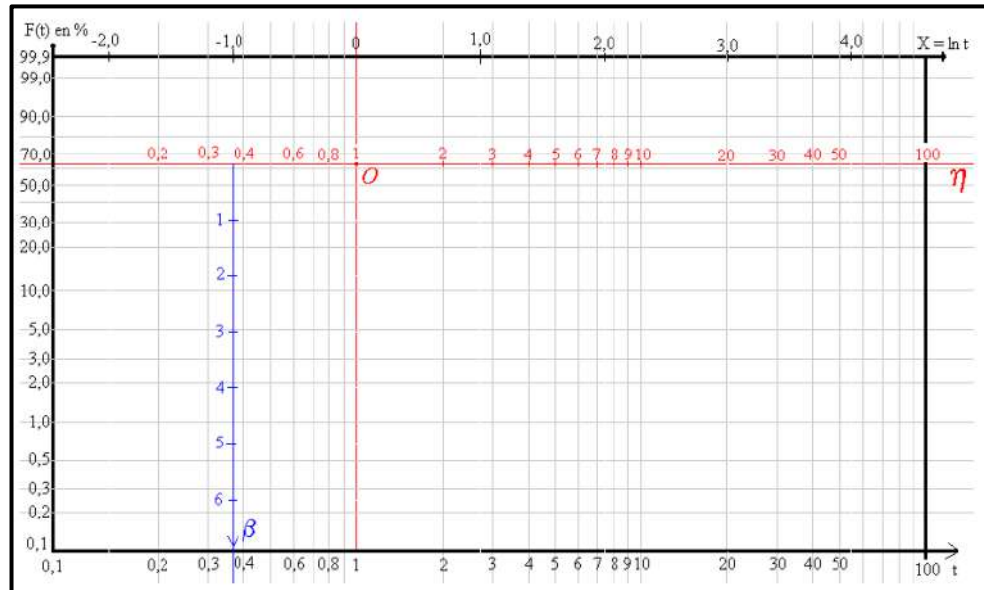


Figure I.5 : Papier de Weibull [5]

Recherche de γ

Si le nuage de points correspond à une droite, alors $\gamma = 0$. ($\gamma = 0$) Si le nuage de points correspond à une courbe, on la redresse par une translation de tous les points en ajoutant ou en retranchant aux abscisses "t", une même valeur (γ) afin d'obtenir une droite. [5]

Recherche de η

La droite de régression linéaire coupe l'axe A à l'abscisse $t = \eta$. [5]

Recherche de β

- 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. [5]

I.3.4 La maintenabilité

D'après la norme AFNORX 60 =010 : dans des conditions données d'utilisation, la maintenabilité est l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il

peut accompli sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits.

La maintenabilité est donc une caractéristique précisant la facilité et la rapidité avec lesquelles un dispositif peut être remis en état. Cette définition, par analogie avec celle de la fiabilité comprend la notion de probabilité, on peut écrire donc $M(t) = \text{Prob}(t < T)$, c'est la probabilité qu'un système en arrêt au temps $t = 0$ soit en service au temps T . [18]

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

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

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

I.3.4.1 Taux de réparation μ

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. [5]

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}}$$

I.3.5 La disponibilité

I.3.5.1 Définition

La norme NF X 60-500 définit la disponibilité comme l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée.[18]

I.3.5.2 Les types de disponibilité

a) Disponibilité intrinsèque

La disponibilité moyenne sur intervalle de temps donné peut être évaluée par le rapport suivant :

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

b) Disponibilité instantanée

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

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

$D(t)$: La disponibilité instantanée ;

μ : Taux de réparation ;

λ : Taux de défaillance.

I.4 Méthodes d'optimisation de la maintenance**I.4.1 Diagramme d'Ishikawa (Cause-Effets/5M)**

Le diagramme d'Ishikawa appelé aussi la méthode des 5M, le diagramme cause à effet ou le diagramme en arête de poisson est une démarche qui permet d'identifier les causes possibles d'un problème ou un défaut (effet). Il convient ensuite d'agir sur ces causes pour corriger le défaut en mettant en place des actions correctives appropriées.

Alors Pour tenter de diminuer ou d'anéantir un problème de qualité, il faut connaître toutes les causes qui peuvent lui donner naissance. Puis en cherchant leur poids relatif, on peut déterminer sur quelle cause agir en priorité. IL ne garantit pas le résultat mais elle contribue (grandement) à structurer les idées et les réflexions. [16]

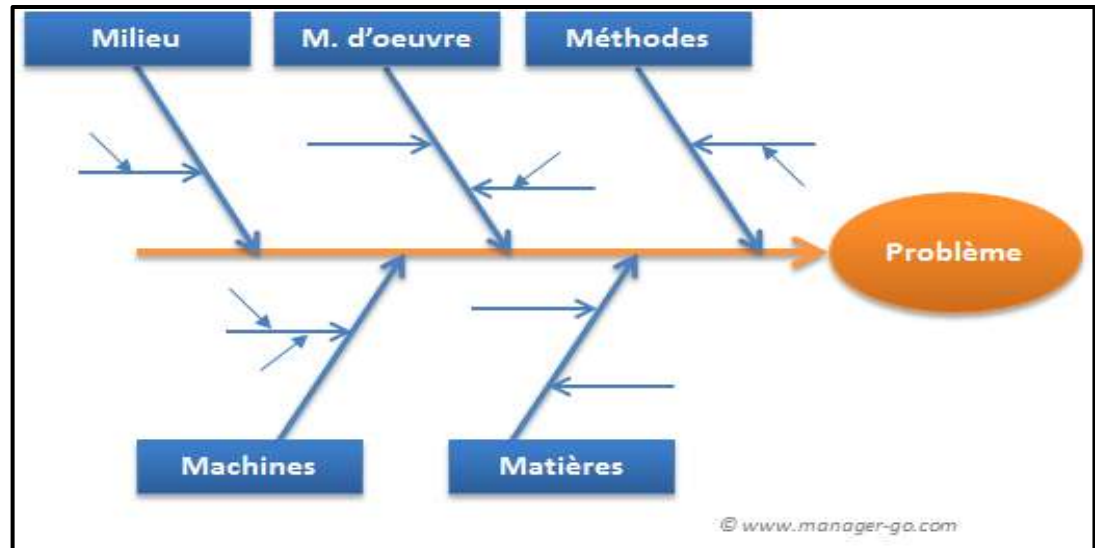


Figure I.6 : Diagramme d'Ishikawa [2]

I.4.1.1 Méthodologie

Le diagramme d'Ishikawa se présente sous la forme d'un graphe en arêtes de poisson. Dans ce dernier, sont classées par catégorie les causes selon la loi des 5 M.

La méthode des 5 M permet d'orienter la réflexion vers les 5 domaines, desquels sont généralement issues les causes :

Matières : matières premières, pièces, ensembles, fournitures, identification, stockage, qualité, manutention.

Matériel : Recense les causes probables ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés. Machines, outils, équipements, capacité, âge, nombre, maintenance. [16]

Main d'oeuvre : directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, d'organisation, de management. [16]

Milieu : environnement physique, éclairage, bruit, aménagement, relations, température, climat, marché, législation. [16]

Méthodes : instructions, manuels, procédures, modes opératoires. [16]

I.4.2 Méthode ABC (Diagramme Pareto)

La méthode d'ABC est une méthode graphique qui met en évidence les cas les plus représentatifs d'une situation tout en mettant en évidence le peu d'importance des éléments les plus faibles, c'est

un outil d'aide à la décision. La loi repose sur une série d'éléments clairement définie et traitée en fonction d'un critère correspondant à un caractère et pour une période donnée [19]

I.4.2.1 But de la méthode ABC

L'exploitation de cette loi permet de déterminer les éléments les plus pénalisants afin d'en diminuer leurs effets :

- Diminuer les coûts de maintenance.
- Améliorer la fiabilité des systèmes. Justifier la mise en place d'une politique de maintenance.

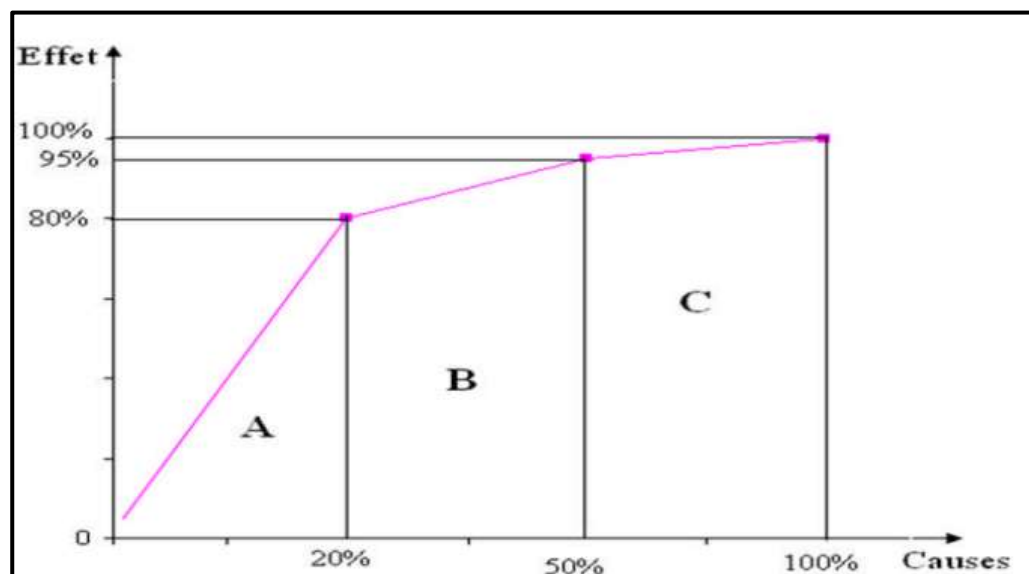


Figure I.7: Courbe de Pareto [19]

I.4.2.2 Méthodologie

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

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

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

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

I.5 Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons vu le concept d'objectifs et d'intérêts d'entretien et de maintenance dans le domaine industriel, ainsi que les opérations de maintenance préventive et corrective.

Nous avons également présenté les trois principaux concepts de maintenance, la fiabilité, la maintenance, la disponibilité et méthodes d'optimisation de la maintenance grâce à une étude de la méthode ABC et du diagramme d'Ishikawa.

*Chapitre II : Étude de
pompe à boue*

II.1 Introduction

Le pétrole est l'une des sources d'énergie et d'économie les plus importantes au monde, et le processus d'extraction du pétrole nécessite de nombreux investissements financiers, et c'est ce que fournit la Entreprise National de Forage.

L'Entreprise National de FORage "ENAFOR" est pionnière dans le domaine du forage de puits de pétrole car elle dispose de l'expertise, de la technologie et des équipements nécessaires.

L'accumulation de l'expérience d'ENAFOR dans ce domaine a conduit à la sélection correcte des équipements pour obtenir les meilleurs résultats dans les plus brefs délais, et parmi ces équipements se trouve la pompe à boue.

L'expérience accumulée dans le domaine du forage profond montre que la pompe à triple piston à impact unique ne répond qu'aux exigences de forage ; En plus de sa puissance et de son débit, la pompe doit être souple, robuste et facile d'entretien.

II.2 Présentation entreprise national de forage

II.2.1 Historique

1966 - Création d'ALFOR, Compagnie mixte entre SONATRACH et SEDCO, dont le capital est détenu comme suit : SONATRACH 51%, SEDCO 49%.

1981-1982 Dissolution d'ALFOR et création d'ENAFOR dont le capital est détenu par l'Etat à 100%. Issue de la restructuration de SONATRACH, l'Entreprise ENAFOR a été créée par décret N° 81- 170 en date du 1er Août 1981 et mise en place le 1er Janvier 1982 par l'arrêté interministériel du 31 décembre 1981 portant date d'effet de substitution de l'Entreprise ENAFOR à SONATRACH dans une partie de ses compétences en matière de Forage.

1989 - ENAFOR devient une entreprise autonome sous la forme d'une SPA, dont le capital, 20.000.000 DA, est détenu par le Fond Mines à 40%, le Fond Chimie/Pétrochimie/Pharmacie à 30%, le Fond Agro-alimentaire à 30%.

1995 - Le fond Mines devient le principal et unique actionnaire d'ENAFOR. Le capital social a été augmenté à 400 Millions DA.

1996 - Le Holding Réalisations et Grands Travaux (RGT) se substitue au Fond Mines et devient le principal et unique actionnaire de ENAFOR.

1998 - SONATRACH, par le biais du Holding SSP, est devenu l'actionnaire principal de l'Entreprise avec 51%. Les 49 % sont détenus par le Holding RGT. 2000 - Le Holding Réalisation et Matériaux de Construction (RMC) se substitue au Holding RGT et devient actionnaire de 49 % du capital social de l'entreprise.

2001 - Augmentation, du capital social à 660 millions de DA.

2002 - Le Holding SPP se substitue au Holding SSP et devient actionnaire de 51 % du capital social. - Le Holding SGP-TRAVEN se substitue au Holding RMC et devient actionnaire de 49 % du capital social. - Augmentation du capital social à quatre (04) milliards de DA.

2004 - ENAFOR est certifié ISO 9001 – Version 2000.

En Novembre 2004 - ENAFOR lance l'installation du système de gestion intégré (E.R.P) SAP.

2005 - Le Holding SPP "INDJAB" se substitue au Holding SGP TRAVEN et devient actionnaire de 49% du capital social.[22]

II.2.2 Caractéristiques essentielles de l'activité de l'ENAFOR :

II.2.2.1 Définition des concepts utilise

Le tableau suivant présente les principales caractéristiques de l'activité de l'ENAFOR

Tableau II.1: Caractéristiques essentielles de l'activité de l'ENAFOR [22]

	Temps total		
	Attentes	D.T.M	Hors activité
Opérations de forage ou de work-over			
temps place			
Temps disponible			
Temps de fonctionnement			

NB : les temps sont généralement exprimés en Mois. Appareil (M.A)

II.2.2.2 Opérations de forage ou de work-over

Forage/carottage, manœuvres, descentes de tubage, instrumentations, intervention de sociétés de services, complétions.

Hors activité : Révision/Rénovation, immobilisations, sans plan de charge (SPC)

Taux d’utilisation : (en %) : Temps placé / Temps total

Taux de fonctionnement : (en %) : Temps de fonctionnement / Temps disponible [22]

Rendement physique (en m/Mois. Appareil) : métrage foré / Temps disponible L’objectif est d’optimiser le temps d’utilisation du parc appareils à moindre coût, tout en essayant de réduire davantage les coûts de production.

Nous distinguons deux catégories de rémunération des appareils : la rémunération en régie et la rémunération au forfait. [22]

II.2.3 Organigramme :

Cette image représente la structure organisationnelle de l'ENAFOR

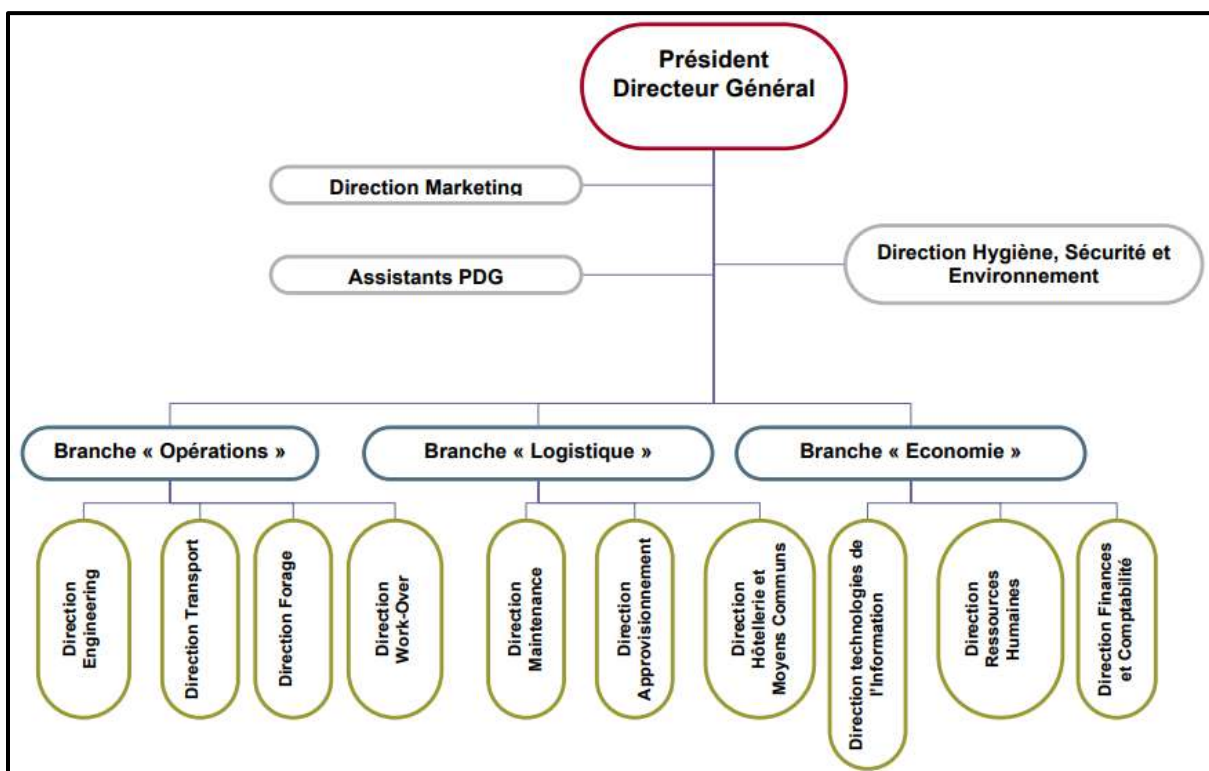


Figure II.1 : Organisation d’entreprise [22]

a) - L'activité maintenance pétrolière:

Grâce à un personnel hautement qualifié et des ateliers spécialisés, l'entreprise assure par ses propres moyens, la gestion et la maintenance de ses installations de forage, de sa flotte de transports et de ses structures d'accompagnements, grâce en grande partie à la GMAO (Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur).

ENAFOR possède aussi des installations qui lui permettent d'intervenir dans d'autres opérations telles que :

- Renovations & Révisions des appareils de forages.
- Inspection des équipements tubulaires (tiges et masses tiges de forage), • Inspection et test des équipements de sécurité puits (B.O.P),
- Maintenance, réparations et révisions des véhicules lourds et légers.
- Maintenance des équipements spéciaux de fonds tels que Coulisses Hydrauliques et Amortisseurs de chocs...etc. [22]

II.3 Généralités sur les pompes**II.3.1 Définition de la pompe**

C'est une machine qui sert à élever le liquide ou le mélange d'un liquide avec des corps solides d'un niveau inférieur à un niveau supérieur, ou à refouler les liquides d'une région à faible pression vers une région à haute pression.

Le fonctionnement d'une pompe consiste à produire une différence de pression entre la région d'aspiration « entrée de la pompe » et la région de refoulement « sortie de la pompe ». Les pompes transmettent au liquide qu'elles véhiculent l'énergie mécanique provenant d'une source d'énergie quelconque extérieure.[7]

II.3.2 CLASSIFICATION DES POMPES :

Il existe deux grands types de pompes : les pompes volumétriques et les pompes centrifuges.

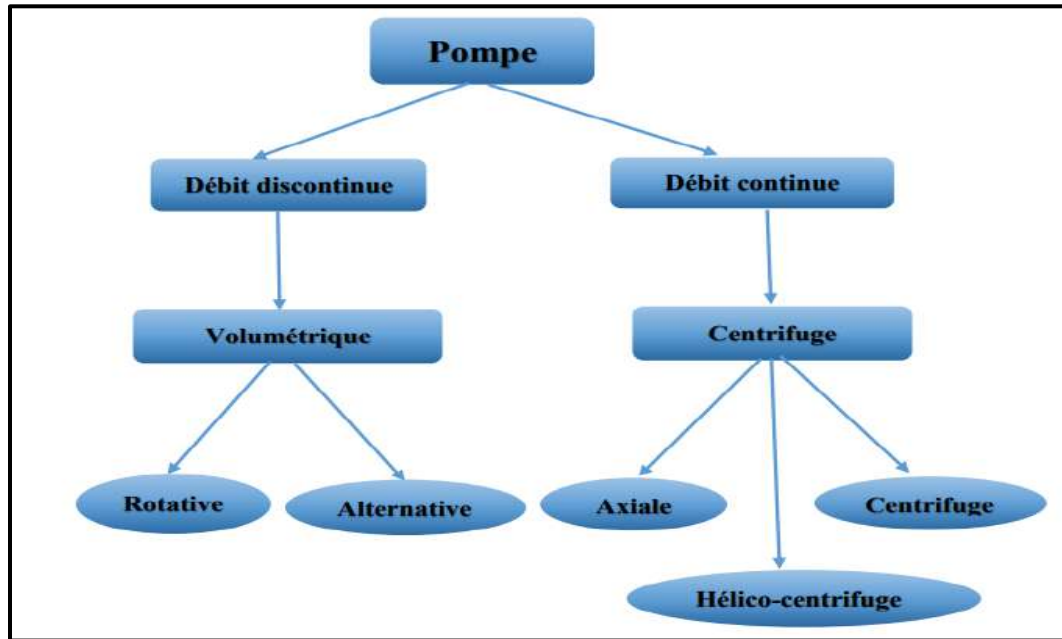


Figure II.2 : Types des pompes [9]

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 sur la volute.

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

Suivant le type de rotor et son mode d'action Il existe différentes formes on distingue dans la catégorie des turbopompes, les trois principaux types sont :

- Les pompes centrifuge
- Les pompes hélices ou radiales
- Les pompes hélico-centrifuge ou semi-axiales [9]

a) Principe de fonctionnement des pompes centrifuges

On peut décomposer le fonctionnement en trois étapes :

➤ **L'aspiration** : Le liquide est aspiré au centre du rotor par une ouverture appelée distributeur dont le rôle est de conduire le fluide depuis la conduite d'aspiration jusqu'à la section d'entrée du rotor. 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.

➤ **L'accélération** : Le rotor transforme l'énergie mécanique appliquée à l'arbre de la machine en énergie cinétique. A la sortie du rotor, 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.

➤ **Le refoulement** : assurée par le diffuseur ; la vitesse diminue et la pression augmente. L'énergie cinétique est donc convertie en énergie de pression. [9]

II.3.2.2 Les pompes volumétriques

Ce sont des pompes à l'intérieur desquelles une transformation d'énergie mécanique en énergie de pression est assurée par un refoulement périodique du liquide. L'énergie de pression est assurée par un refoulement périodique du liquide de la chambre d'aspiration à celle du refoulement à l'aide d'un piston, vis ; engrenage et palette. [8]

On distingue deux catégories de pompes volumétriques :

- Les pompes rotatives ;
- Les pompes alternatives ;

a) Pompes volumétriques rotatives

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement. [9]

b) Pompes volumétriques alternatives

Les volumes engendrés à l'aspiration et au refoulement, résultent du déplacement alternatif sur son axe, d'un piston ou d'un plongeur, à l'intérieur d'un cylindre.

Un temps est consacré au remplissage du cylindre (aspiration) et un temps est consacré à la vidange du cylindre (refoulement). Le débit du liquide engendré par la pompe sera donc discontinu. [9]

II.4 La pompe à boue de forage triplex à simple effets NATIONAL-OIL-WELL 12P160

Cette photo représente une pompe à boue triplex action à simple effet



Figure II.3 : La pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160

II.4.1 Présentation de la pompe à boue triplex à simple effets NATIONAL-OIL-WELL 12P160

C'est une pompe volumétrique alternative à piston à mécanisme bielle manivelle, de type triplex à simple effet, pour ce type les manivelles sont décalées à 120° , et le nombre de clapets est de 6 (3 à l'aspiration et 3 aux refoulements).[15]

Il se compose de trois parties principales :

- La partie électrique.
- La partie mécanique.
- La partie hydraulique.

II.4.2 Construction de la pompe a boue triplex à simple effet

Toutes les pompes à piston triplex à simple effet constituée de trois parties principales :

II.4.2.1 Partie électrique

Se compose de :

- Deux gros moteurs DC (courant continu) entraînent la partie mécanique.
- Un petit moteur AC (courant alternatif) entraîne la pompe à huile.

II.4.2.2 La partie mécanique

C'est la partie qui assure la transmission de la puissance du moteur d'entraînement au piston de la pompe, se compose des sous-ensembles suivants :

- Arbre grande vitesse (arbre d'attaque de la pompe).
- Arbre petite vitesse (arbre manivelle)
- Le bâti et le carter
- La crosse et la rallonge de crosse
- Les roulements
- Système bielle manivelle

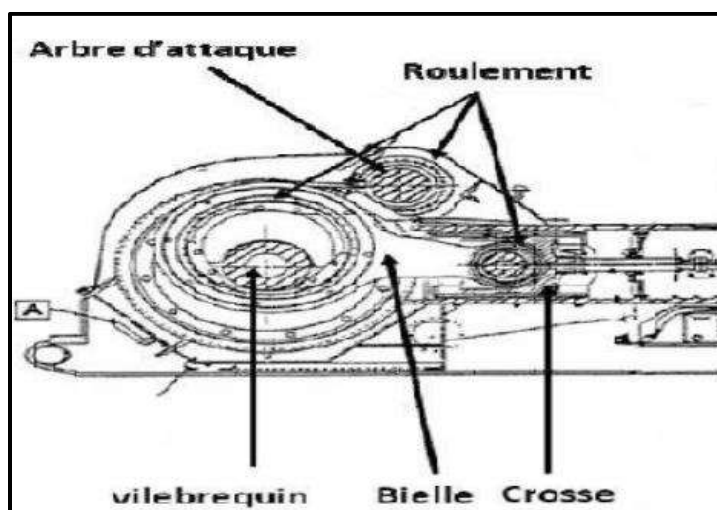


Figure II.4 : Partie mécanique de la pompe a boue [20]

a) L'arbre grande Vitesse

C'est l'arbre d'entraînement de la pompe. Il est supporté par deux paliers à roulements et entraîne, par l'intermédiaire du pignon à denture oblique (en chevrons) la roue dentée de l'arbre petite vitesse (vilebrequin).[12]

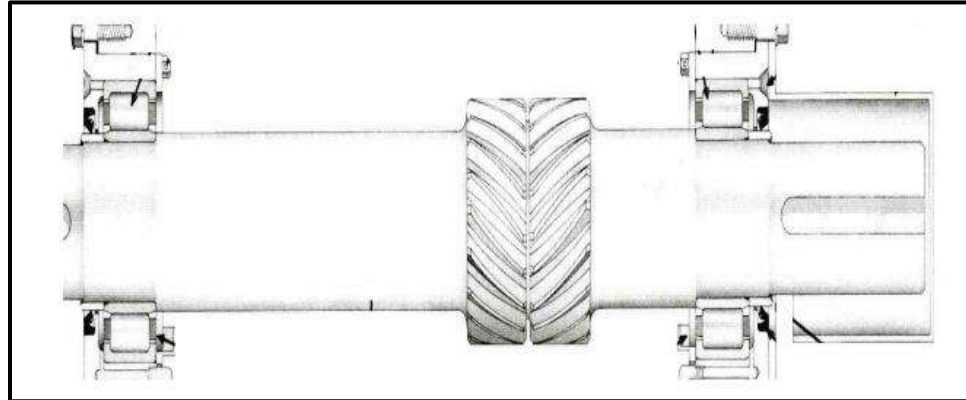


Figure II.5 : L'arbre grande Vitesse [20]

b) Arbre petite vitesse (vilebrequin)

Cet arbre a une forme coudée (excentrique) pour permettre le décalage des courses des pistons dans les chemises, de 120° pour les pompes triplex et de 90° pour les duplex. Le diamètre de la roue dentée de cet arbre est égal à 5 ou 6 fois celui du pignon de l'arbre d'entrée, ce qui fait qu'elle tourne 5 à 6 fois moins vite.

L'arbre d'entrée, Ainsi par exemple pour une vitesse à l'entrée de 300 trs/mn, la vitesse de l'arbre petite vitesse sera de 60 tours/mn.

Le rapport donné par le constructeur est celui entre le nombre de coups de la pompe et la vitesse à l'entrée de la pompe. Il est compris entre 3 et 5. [12]

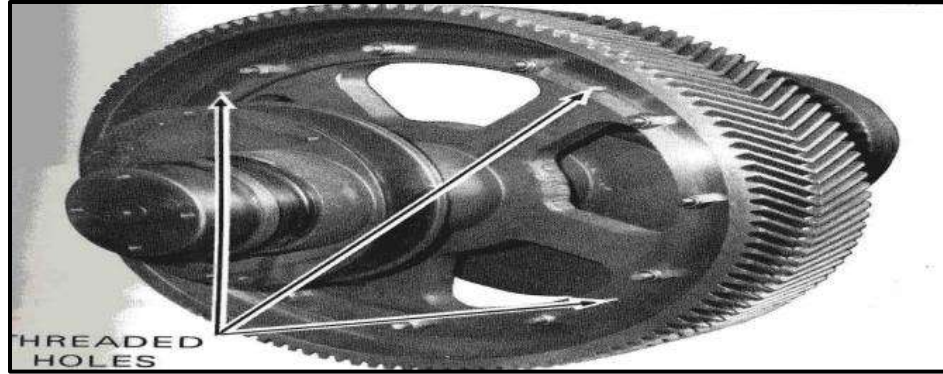


Figure II.6 : Arbre petite vitesse [12]

c) Système bielle- manivelle

Sur le vilebrequin sont montées 02 ou 03 bielles selon le type de pompe (duplex ou triplex). Les têtes des bielles sont montées sur le vilebrequin, les pieds des bielles sur les crosses. L'articulation de ces dernières sur les crosses se fait par l'intermédiaire de roulements.[12]

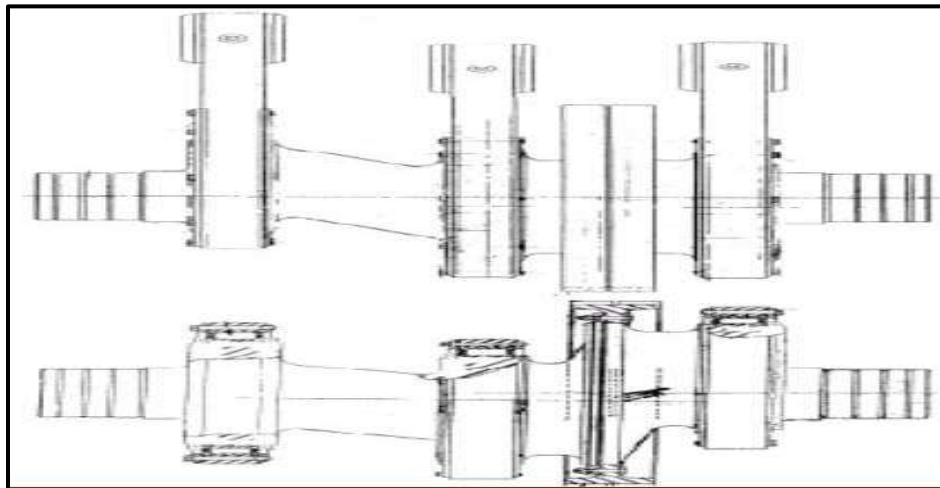


Figure II.7 : Système bielle- manivelle.[12]

d) La crosse et la rallonge de crosse

Les crosses montées sur les pieds des bielles par l'intermédiaire de roulements sont guidées par des tuiles. Sur les crosses viennent se visser les rallonges des crosses qui permettront la liaison avec les tiges de pistons. Cette liaison est réalisée par l'intermédiaire de clamps (colliers de serrage) pour les pompes triplex. [13]

e) Le bâti et le carter

Il est en acier moulé cependant il comprend certaines pièces en tôle d'acier assemblées par mécano soudure, le skid et le bâti sont intégrés pour faciliter le transport et la mise en place.

Le bâti sert de carter pour l'huile de graissage (l'huile lourds), il doit donc être étanche et permettre un contrôle rapide du niveau et une vidange facile de l'huile.

La lubrification et en générale réalisée par barbotage et écoulement.

Pour cela le carter est muni d'une jauge montée à l'arrière permettant le contrôle de niveau, et d'un orifice en bas permettant la vidange. Un couvercle supérieur et des portes latérales doivent également permette d'effectuer rapidement et facilement l'inspection et éventuellement les réglages nécessaires, afin de prévenir les troubles éventuels [13]

f) Le système d'entraînement

Il en existe deux types :

- Soit par moteurs électriques,
- Soit par poulies et courroies (ou chaînes).

g) Les Roulements**➤ Les roulements des bielles**

Sont des roulements à rouleaux cylindriques jointifs, ils supportent des charges radiales et axiales élevées et importantes. [13]

- ✓ Fiabilité des fonctions accrue.
- ✓ Durée de service prolongée.

➤ Les roulements des crosses

Sont des roulements à aiguilles, qui ont les avantages suivants :

- ✓ Roulements de très faible section dotée d'une capacité de charge relativement élevée ;
- ✓ Utilisation sans bagues intérieures ;
- ✓ Assurent un montage optimal lorsqu'on peut tremper et rectifier les arbres ;
- ✓ Ils sont peu encombrants radialement ;[13]
- ✓ Ils supportent uniquement de la charge radiale ;

➤ **Les roulements de l'arbre grand vitesse**

Roulement à rotule sur rouleaux, ils ont les avantages suivants

- ✓ Fonctionnement à faible température et à vitesse relativement élevée ;
- ✓ Supporter des charges relativement importantes ;
- ✓ Grande longévité ;[13]

➤ **Les roulements de l'arbre petite vitesse (vilebrequin)**

Roulement à rouleaux coniques, ils ont les avantages suivants :

- ✓ Frottement largement réduit ;
- ✓ Capacité de charge accrue. [13]

➤ **Le système d'entraînement**

Il en existe deux types :

- ✓ Soit par moteurs électriques,
- ✓ Soit par poulies et courroies (ou chaînes).

II.4.2.3 Partie hydraulique

Cette photo représente la partie hydraulique d'une pompe à boue triplex simple effet

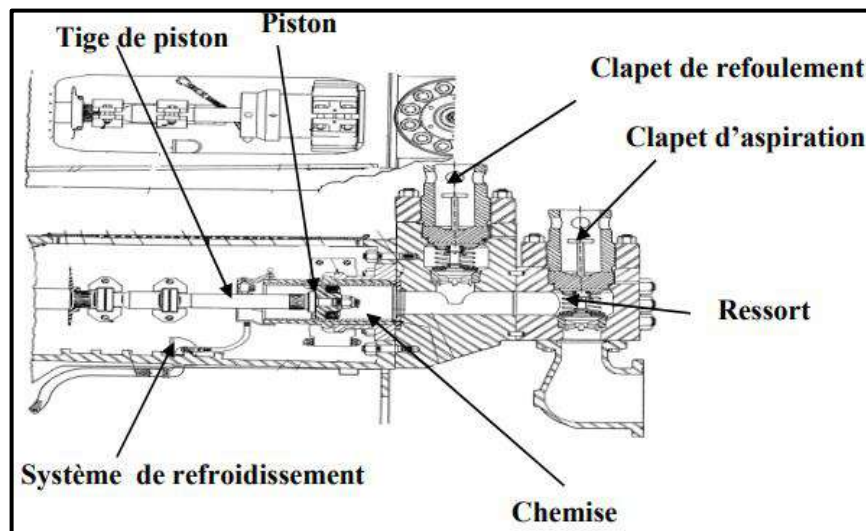


Figure II.8 : Partie hydraulique de pompe à boue [21]

a) Le corps hydraulique

Il est en acier moulé, fixé sur le ski et au carter de la partie mécanique de la pompe, il sert de logement, pour les pièces d'usure, la chemise, clapets et les tiges des pistons.

Le corps est obturé par des couvercles filetés et des portes des couvercles boulonnés à la partie supérieure où l'on trouve un collecteur de refoulement qui lie entre les sorties de refoulement, et ces couvercles qui maintiennent ou protègent les clapets, ils sont vissés ce qui augmente la rapidité de démontage et remontage.[14]

b) Le piston et la tige de piston

Dans les pompes triplex ; le piston est monté avec une seule garniture (cycle simple effet), une coupelle et un circlip en assure la fixation sur le corps. La tige de piston classique est éliminée pour être remplacée par une tige courte et légère.[14]

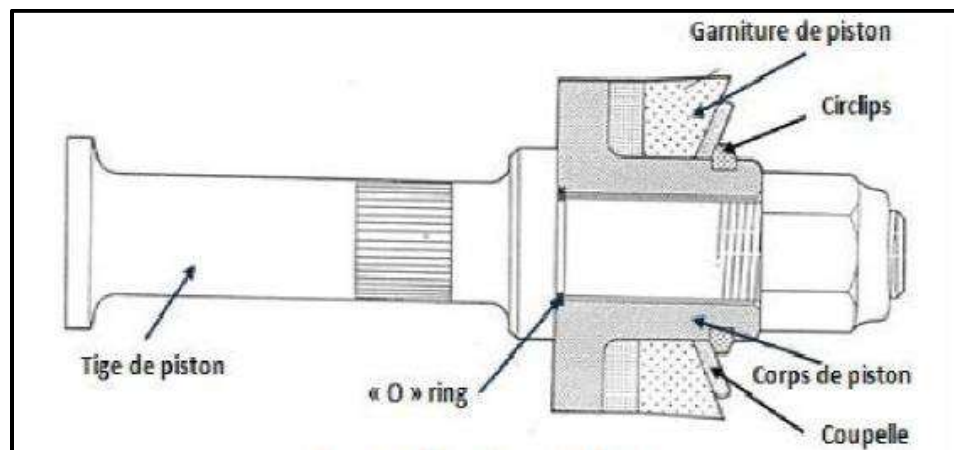


Figure II.9 : Le piston et la tige de piston [14]

c) Les chemises

Les chemises des pompes sont des pièces usinées avec grande précision.

La paroi intérieure est traitée pour lui donner une grande dureté superficielle et la résistance à l'usure désirée.

Ces chemises sont enfilées dans le corps de la pompe et maintenues en place par des dispositifs qui diffèrent légèrement suivant les constructeurs. [12]



Figure II.10 : Chemise [14]

d) Les sièges et les clapets

Chaque clapet est constitué d'un corps, d'une garniture, et d'un système de fixation de la garniture.

Leur principe avantage est d'être le diamètre plus faible donc :

- Plus résistant pour des pressions identiques.
- Moins lourds donc moins sujets au choc.
- Plus aisés à extraire.
- Moins coûteux à l'achat. [12]

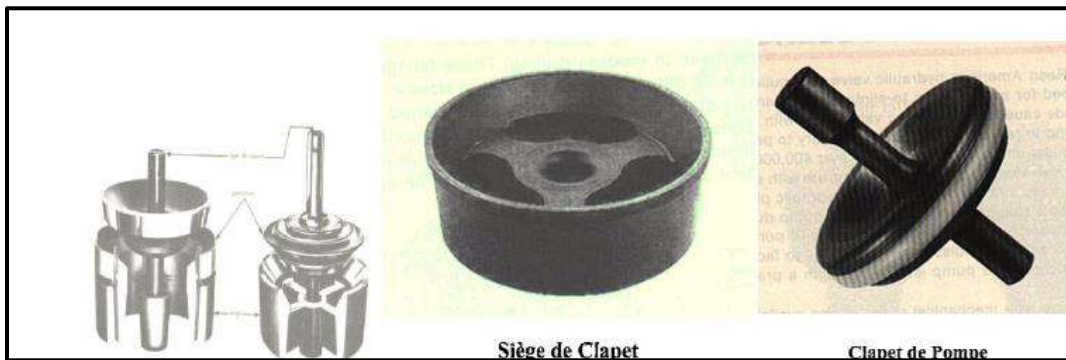


Figure II.11 : Les sièges et les clapets [21]

e) Les Amortisseurs de pulsation

Sur l'aspiration

Cet amortisseur est une conduite (bouteille) de diamètre 12 " (0,3 m) et de hauteur dans environ 60 " (1,5 m).

Cette bouteille a pour but d'absorber l'air qui pénètre dans la pompe juste avant la mise en marche, et cela pour éviter l'apparition des poches d'air dans la partie hydraulique de la pompe et surtout pendant l'aspiration. Cet amortisseur est équipé d'un orifice pour la purge d'air. [8]

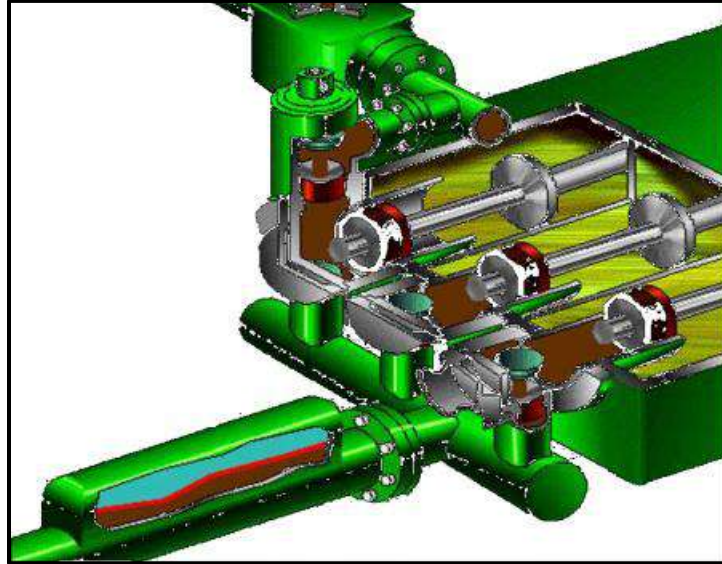


Figure II.12 : Amortisseurs de pulsation Sur l'aspiration [20]

Sur refoulement

Le débit instantané d'une pompe est très irrégulier, ceci est dû Pour les pompes triplex, suralimentées, au "battement" très rapide (110 à 130 coups/min).

Ces variations de débit amènent des variations de pression importantes qui se traduisent par des vibrations et des chocs néfastes :

- Sur la pompe elle-même ;
- Sur le manifold de refoulement ;
- Sur la colonne montante et sur le flexible d'injection.

Pour y remédier, les pompes de forage sont toutes équipées d'amortisseur de pulsations sur le refoulement.[12].

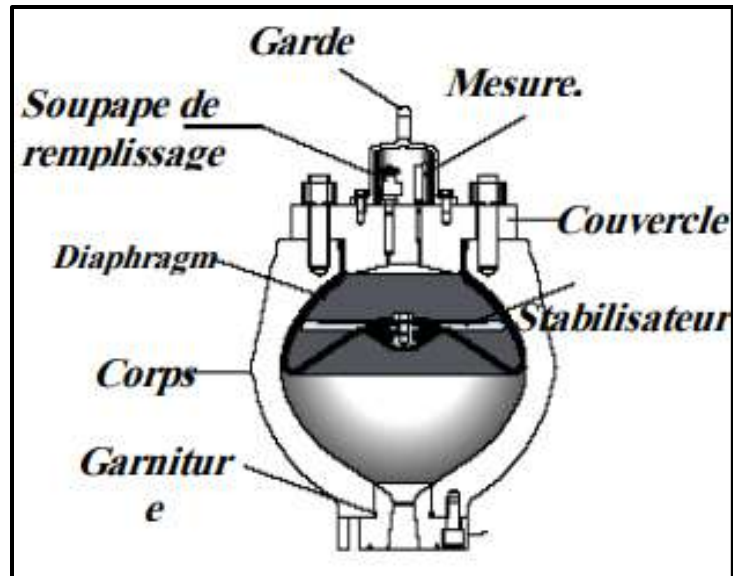


Figure II.13 : L'amortisseur de pulsations [12]

f) Soupape de décharge ou de sécurité

Afin d'éviter les surcharges de pression de la pompe, la pompe doit être équipée d'une soupape de décharge, tarée selon le chemisage de la pompe.

g) Le circuit de refroidissement

La partie hydraulique (le couple chemise – piston) nécessite un refroidissement intense suite au frottement et à la chaleur dissipée. Pour cela la pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160 est munie d'une pompe centrifuge à eau. Cette pompe aspire l'eau à partir des bacs d'eau et la refoule sous forme de jets continus sur l'ensemble chemise – piston. En suite l'eau va s'écouler dans un bac au-dessus de la partie hydraulique [13]

II.4.3 Principe de fonctionnement de la pompe triplex

Ce sont des pompes qui comportent trois cylindres dans lesquels couissent trois pistons à simple effet, c'est-à-dire que chaque piston aspire et refoule d'un seul côté. Chaque cylindre comporte un clapet d'aspiration et un autre de refoulement à l'avant seulement

Lorsque le piston se déplace vers l'arrière (PMB), le clapet d'aspiration s'ouvre et celui de refoulement se ferme, la chemise se remplit de boue.

Lorsque le piston arrive en fin de course et revient vers l'avant (PMH), le clapet d'aspiration se ferme et celui de refoulement s'ouvre, et la boue est ainsi refoulée dans la conduite de refoulement.

Le même cycle se produit par les autres pistons avec un décalage de 1/3 de tour. [10]

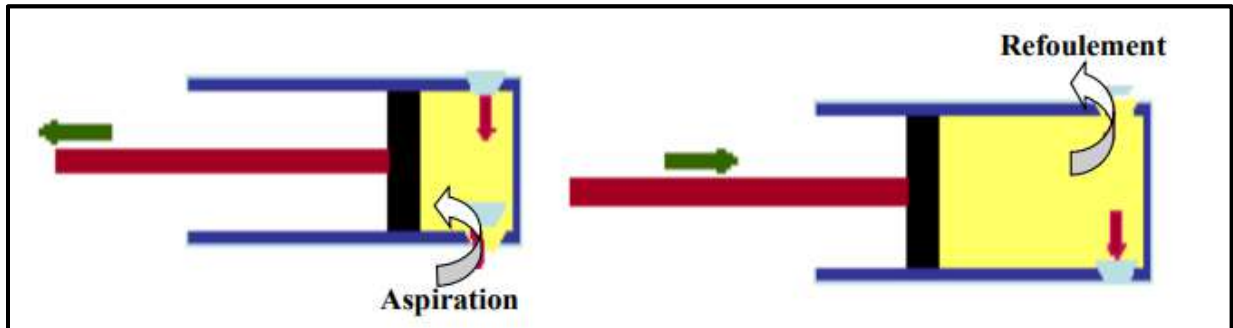


Figure II.14 : Principe de fonctionnement de la pompe triplex à simple effet [10]

II.4.4 Maintenance de la pompe à boue triplex à simple effet :

II.4.4.1 Maintenance préventive de la pompe à boue triplex à simple effet :

Le tableau suivant représente le programme de maintenance préventive de la pompe à boue :

Tableau II.2: Maintenance préventive de la pompe à boue triplex à simple effet [9]

Période	Les opération
Chaque jour	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifié le niveau d'huile des carters des 02 chaînes • Observer les conditions de travail des pistons et chemises • Vérifier la présence éventuelle des fuites d'huile • Vérifier le niveau de liquide réfrigérant • Vérifier la pression de l'amortisseur de pulsation • Vérifier la température d'huile • Vérifier la propriété d'huile
	<ul style="list-style-type: none"> • Nettoyer le reniflard du carter • Nettoyer les deux aimants • Contrôler l'usure du pignon /chaîne • Contrôler l'usure entre dents couronne et pignon

Chaque semaine	<ul style="list-style-type: none"> • Contrôler les jeux des cross/ glissières • Contrôler le jeu de l'axe de cross • Contrôler le jeu des paliers principaux • Changer l'huile de graissage • Changer le cartouche des filtres à huile
Chaque mois	<ul style="list-style-type: none"> • Nettoyer le reniflard du carter • Vérifier le fonctionnement de soupape de décharge • Vérifier l'usure du piston et de chemise
Chaque année	<ul style="list-style-type: none"> • Inspection approfondie de le partie mécanique • Inspection approfondie de la partie hydraulique

II.4.4.2 Maintenance corrective de la pompe à boue triplex à simple effet

Le tableau suivant représente les causes, les dysfonctionnements et la maintenance corrective de la pompe à boue :

Tableau II.3: Les pannes de la pompe à boue et leurs remèdes [9]

Pannes	causes	Remèdes
Baisse de pression de refoulement	<ul style="list-style-type: none"> • Usure de l'ensemble du clapet ; • Clapet totalement couvert ; • Mauvais remplissage ; • Fuite de fluide ; • Manomètre défectueux 	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacer celui-ci ; • Éliminer le corps qui provoque l'ouverture de la conduite ; • Déboucher la conduite d'aspiration ; • Le remplacer ; • Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration ; • Diminuer la vitesse de la pompe ; • Amorcer les chambres hydrauliques ; • Remplacer les pistons et les chemises

Baisse de pression d'aspiration	<ul style="list-style-type: none"> • Bas niveau d'aspiration ; • Capacité insuffisante de la pompe de suralimentation • Écoulement lent de fluide de forage ; • Manomètre défectueux ; 	<ul style="list-style-type: none"> • Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration ; • Éliminer les anomalies éventuelles de la pompe de suralimentation ; • Éliminer les restrictions dans la conduite d'aspiration ; • Le remplacer.
Chocs hydraulique	<ul style="list-style-type: none"> • Aspiration défectueuse ; (existence d'air dans la conduite d'aspiration) ; • Présence d'air ou des gaz dans la boue. 	<ul style="list-style-type: none"> • Éliminer l'air de la conduite ; • Ajuster l'amortisseur d'aspiration.
Vibration de la conduite de refoulement	<ul style="list-style-type: none"> • Anomalie au niveau de l'amortisseur de pulsation ; • Boulons desserrés ; • Manque de support sous la conduite. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réparer ou recharger ou le remplacer ; • Il faut resserrer les boulons ; • La munir d'un support.
Cognement dans la partie mécanique	<ul style="list-style-type: none"> • Rotation incorrecte de la pompe à boue ; • Piston-tige desserré ; • Rallonge de crosse desserrée ; • Roulements principaux usés ; • Axe de crosse usé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier le fonctionnement du mécanisme ; • Vérifier et serrer ; • Il faut les resserrer ; • Changer ; • Régler les guides ou les remplacer.
haute temperature d'huile	<ul style="list-style-type: none"> • Mauvais réglage de la crosse ; • Roulement mal ajusté ; • Diminution de la pression de refoulement de la pompe à l'huile. 	<ul style="list-style-type: none"> • Changer l'huile ; • Changer le cartouche d'huile ; • Le remplacer ; • Les nettoyer.
Basse pression d'huile	<ul style="list-style-type: none"> • Diminution de niveau d'huile ; • Lubrification contaminée ; • Fuite dans le circuit d'huile 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier et ajouter l'huile si nécessaire ; • Changer l'huile ; • Éliminer toutes les fuites ;

	<ul style="list-style-type: none"> • Pompe à huile défectueuse • Crépine d'aspiration colmatée • Manomètre défectueux 	<ul style="list-style-type: none"> • Réparer ou remplacer celle-ci • Le nettoyer et changer l'huile • Remplacer.
Haute pression d'huile	<ul style="list-style-type: none"> • Huile contaminée ; • Colmatage des conduites ; • Manomètre défectueux ; • Filtres à l'huile bouchés 	<ul style="list-style-type: none"> • Changer l'huile ; • Changer le cartouche d'huile ; • Le remplacer ; • Les nettoyer.
Chemises et garniture de pistons rayés	<ul style="list-style-type: none"> • Excès de sable ou de matériaux étrangers dans la boue ; • Course de piston déréglé. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dessabler, vérifier souvent ; • Régler la course ; • Réparer le système d'arrosage.
Chemise piquée	<ul style="list-style-type: none"> • Corrosion excessive 	<ul style="list-style-type: none"> • Les nettoyer.
Usure décentrée de la chemise ou du piston	<ul style="list-style-type: none"> • Manque d'alignement. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier l'usure de la crosse, le blocage de la tige de piston.
Rayure de l'alésage d'une chemise	<ul style="list-style-type: none"> • Piston usé ou abîmé ; • Des pistons endommagés peuvent provoquer de telles rayures. 	<ul style="list-style-type: none"> • Monter un nouveau piston et une chemise neuve.
Portée de chemise coupée ou faussée	<ul style="list-style-type: none"> • La portée de cylindre peut être usée ; • Le sur blocage peut avoir faussé la chemise. 	<ul style="list-style-type: none"> • Sortir les vis de serrage avant de bloquer la portée de cylindre ; • Ne serrer les vis qu'en dernier lieu.
Portée de clapet «sifflée»	<ul style="list-style-type: none"> • Matériaux étrangers dans la boue ; • Montage de vieux matériel sur du neuf. 	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier l'usure de toutes les pièces ; • Remplacer toutes les pièces usées.
« Sifflage » entre le siège de clapet et le corps de la pompe	Présence de sable ou de rouille derrière le siège	<ul style="list-style-type: none"> • Vérifier que la portée du clapet n'est pas percée ; • Le siège et la portée conique doivent être

II.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté un préambule de présentation entreprise national de forage et un aperçu des pompes, leur classification, et en particulier la pompe NATIONAL-OIL-WELL 12P160, leur principe de fonctionnement, et les méthodes de maintenance préventive et corrective de cette pompe.

Chapitre III : Etude analytique et application numérique

III.1 Introduction

A travers notre stage pratique de 15 jours à la l'entreprise national de forage au chantier 1032, nous avons appris l'importance de la pompe à boue dans le processus de forage de puits de pétrole et l'obligation de maintenir le bon fonctionnement de cette pompe.

Par conséquent, dans ce chapitre, nous allons calculer la fiabilité et maintenabilité et disponibilité de pompe à boue de forage triplex à simple effets NATIONAL-OIL-WELL 12P160 et développer des méthodes pour améliorer sa maintenance ; Pour cela nous avons obtenu la fiche historique de cette pompe pour les dernières années.

III.2 Fiche historique de panne de la pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160

Le tableau suivant représente les dates de pannes des pompes à boue :

Tableau III.1: Fiche historique des pannes de la pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160[24]

<i>N</i>	<i>Elément en panne</i>	<i>La date début de panne</i>	<i>La date de fin de panne</i>	<i>TTR(h)</i>	<i>TBF(h)</i>
1	Changement corps hydraulique de pompe	25/12/2019 (13 :00)	25/12/2019 (18 :00)	5	400
2	Changement piston	12/01/2020 (10 :00)	12/01/2020 (12 :00)	2	2709
3	Changement siège	05/05/2020 (9 :00)	05/05/2020 (10 :00)	1	453
4	Changement diaphragme	25/05/2020 (7 :00)	25/05/2020 (17 :00)	10	237
5	Changement clapet	05/06/2020 (14 :00)	05/06/2020 (15 :00)	1	135
6	Changement clapet	12/06/2020 (6 :00)	12/06/2020 (8 :00)	2	404
7	Réglage vilebrequin	30/06/2020 (4 :00)	30/06/2020 (16 :00)	12	132
8	Changement la chaîne de transmission	07/07/2020 (4 :00)	08/07/2020 (12 :00)	32	3185
9	Changement corps de pompe	19/11/2020 (5 :00)	19/11/2020 (13 :00)	8	576
10	Changement clavette	14/12/2020(13 :00)	14/12/2020 (20 :00)	7	341
11	Changement roulement de de bielle	30/12/2020 (1 :00)	30/12/2020 (14 :00)	13	329
12	Changement corps hydraulique de pompe	14/01/2021 (7 :00)	14/01/2021 (13 :00)	6	1196
13	Changement tige de piston	06/03/2021 (9 :00)	06/03/2021 (17 :00)	8	546.5
14	Changement piston	30/03/2021 (11 :30)	30/03/2021 (14 :00)	3	180.5
15	Changement corps hydraulique de pompe	08/04/2021 (3 :00)	08/04/2021 (12 :00)	9	380
16	Changement chemise	25/04/2021 (8 :00)	25/04/2021 (12 :00)	4	42.5
17	Réglage roulement de bielle	28/04/2021 (6 :30)	28/04/2021 (12 :00)	5.5	325

18	Pompe d'huile	13/05/2021 (1 :00)	13/05/2021 (21 :00)	20	14
19	Changement Siege	14/05/2021(11 :00)	14/05/2021 (13 :00)	2	141
20	Réglage jeu roulements de bielle	21/05/2021 (10 :00)	21/05/2021 (17 :00)	7	256
21	Changement siège	02/06/2021 (9 :00)	02/06/2021 (10 :00)	1	365
22	Changement clapet	18/06/2021 (15 :00)	18/06/2021 (16 :00)	1	166
23	Changement siège	26/06/2021 (14 :00)	26/06/2021 (15 :00)	1	1121
24	Changement piston	13/08/2021 (8 :00)	13/08/2021 (11 :00)	3	581
25	Changement clapet	07/09/2021 (16 :00)	07/09/2021 (17 :00)	1	1553.5
26	Vidange	12/11/2021 (10 :30)	12/11/2021 (13 :00)	2.5	1270
27	Changement Chemise	05/01/2022 (11 :00)	05/01/2022 (15 :00)	4	880
28	Changement piston	12/02/2022 (7 :00)	12/02/2022 (10 :00)	3	571
29	Changement cross	09/03/2022 (5 :00)	09/03/2022 (11 :00)	6	409
30	Changement clapet	27/03/2022 (12 :00)	27/03/2022 (13 :00)	1	121

III.3 La méthodes « ABC (Pareto) » :

Pour faire la méthode ABC, il faut d'abord effectuer un classement des défauts par ordre décroissant du plus grand au plus petit pour les heures de panne comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau III.2: Les analyse ABC (Pareto)

N°	Organe	TTR(h)	cumul TTR	Cumul TTR%	Nombre des pannes	Cumulées des pannes	Cumulées des pannes%
1	Chaîne de transmission	32	32	17.68%	1	1	3.33%
2	corps de pompe	28	60	33.15%	4	5	16.67%
3	Roulement de de bielle	25.5	85.5	47.24%	3	8	26.67%
4	Pompe d'huile	20	105.5	58.29%	1	9	30.00%
5	Vilebrequin	12	117.5	64.92%	1	10	33.33%
6	Piston	11	128.5	70.99%	4	14	46.67%
7	Diaphragme	10	138.5	76.52%	1	15	50.00%
8	Chemise	8	146.5	80.94%	2	17	56.67%
9	Tige de piston	8	154.5	85.36%	1	18	60.00%
10	Clavette	7	161.5	89.23%	1	19	63.33%

11	Clapet	6	167.5	92.54%	5	24	80.00%
12	Cross	6	173.5	95.86%	1	25	83.33%
13	Siège	5	178.5	98.62%	4	29	96.67%
14	L'huile	2.5	181	100.00%	1	30	100.00%

III.3.1 La courbe de Pareto

La courbe suivante représente le cumul de TTR en termes de cumul de les pannes

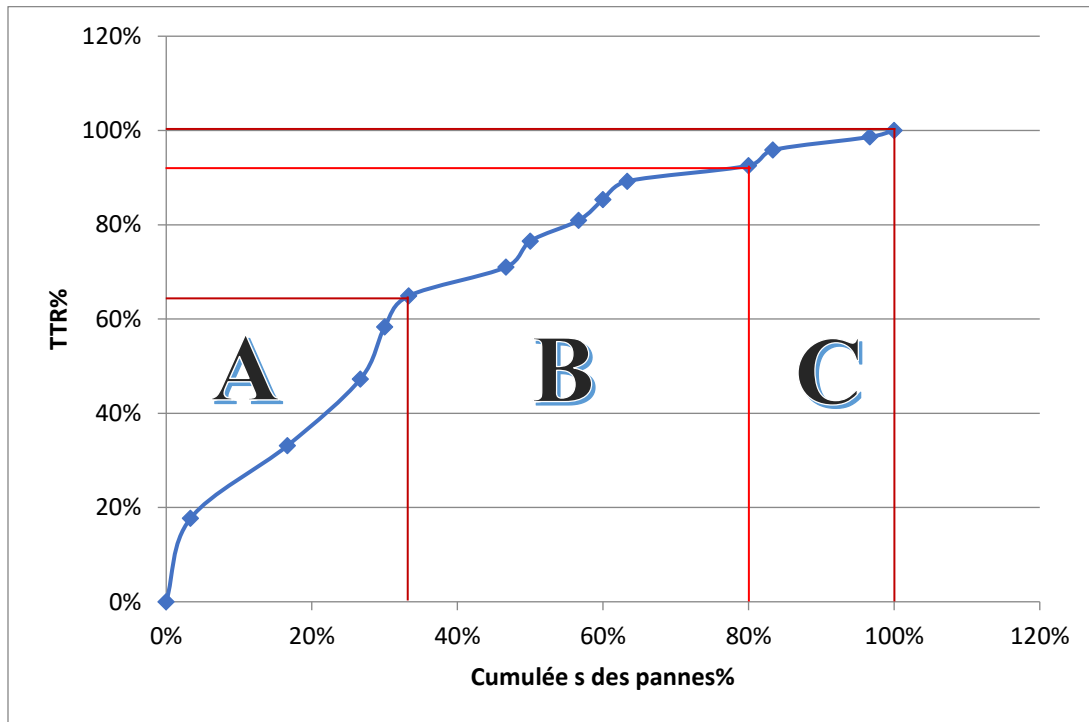


Figure III.1: La courbe de Pareto

➤ **Zone "A"** : Dans cette zone, on constat que environ 33.33% des interventions représente 64.92% des heures de réparation, ceci constitue la zone A . zone des priorités (Chaîne de transmission -corps de pompe - Roulement de bielle - Pompe d'huile - Vilebrequin).

➤ **Zone B** : Dans cette zone on voit que 46.7% des interventions représentent 27.62% des heures de réparation Piston (Diaphragme - Chemise - Tige de piston - Clavette – Clapet)

➤ **Zone C** : Dans cette zone on voit que 20% des interventions représentent 7.46% des heures de réparation (Cross - Siège - L'huile)

III.4 Méthode Cause-Effets (ISHIKAWA)

Après l'analyse PARETO, la méthode de cause à effet est appliquée aux éléments qui consomment le plus de temps de réparation dans la zone A.

III.4.1 Diagramme causes-effet : (les causes qui augmente les temps d'arrêt)

III.4.1.1 Analyse d'intervention sur roulement de bielle

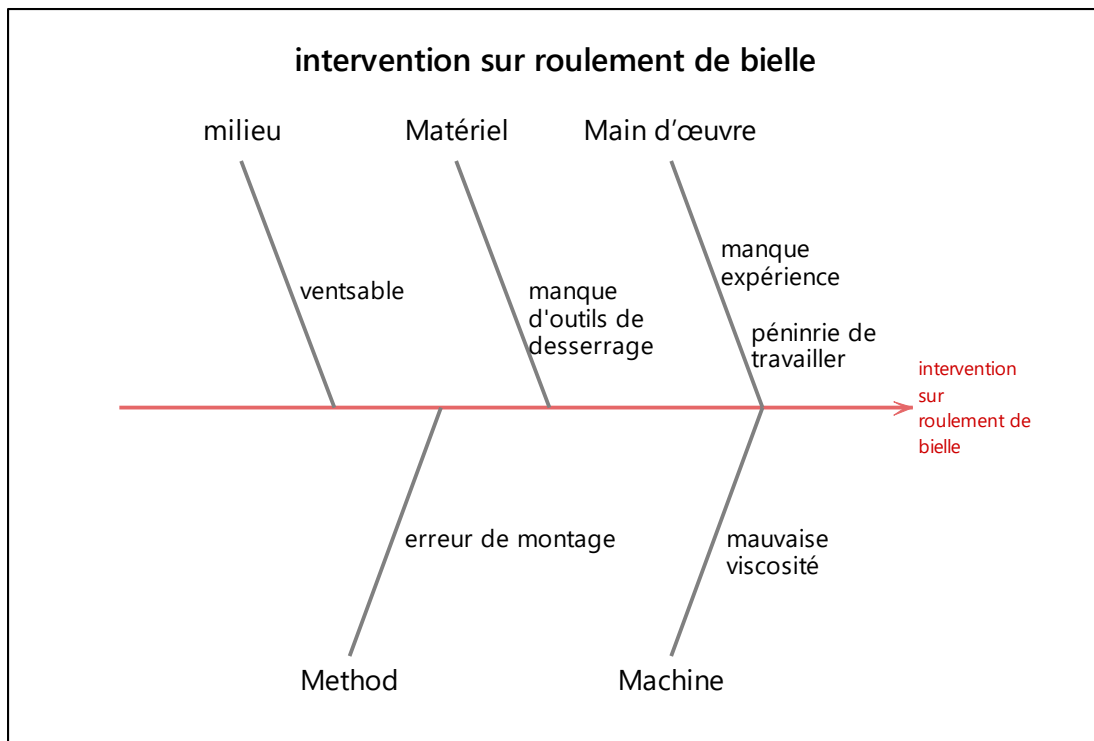


Figure III.2 : Diagramme causes-effet de d'intervention sur roulement de bielle

III.4.1.2 Analyse d'intervention corps de pompe

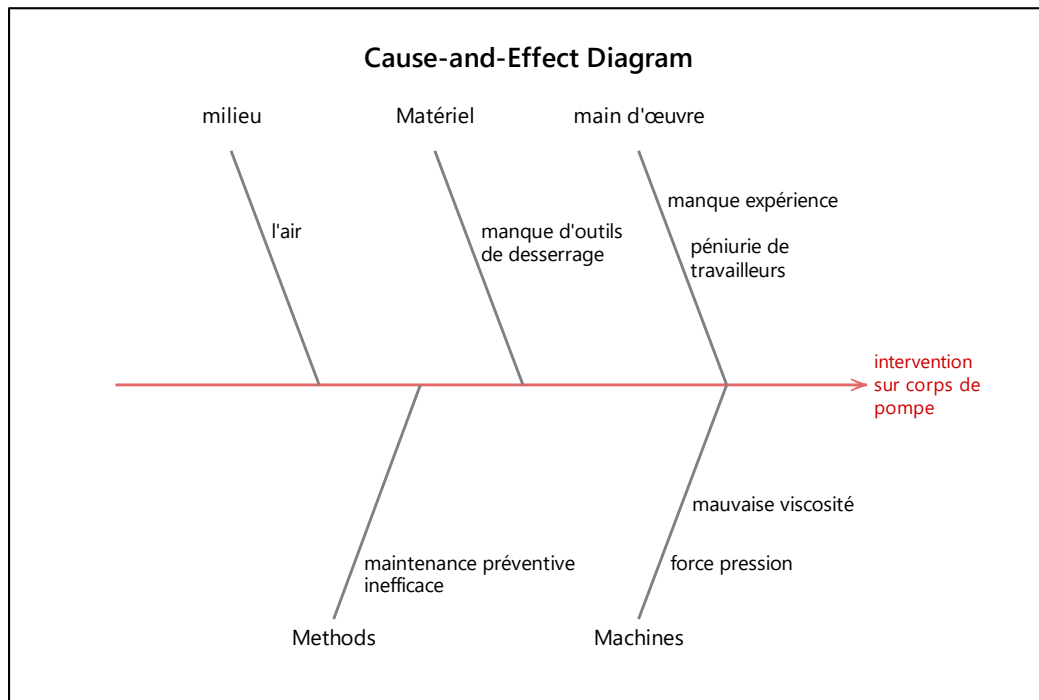


Figure III.3 : Diagramme causes-effet de d'intervention corps de pompe

III.4.1.3 Analyse d'intervention pompe à huile

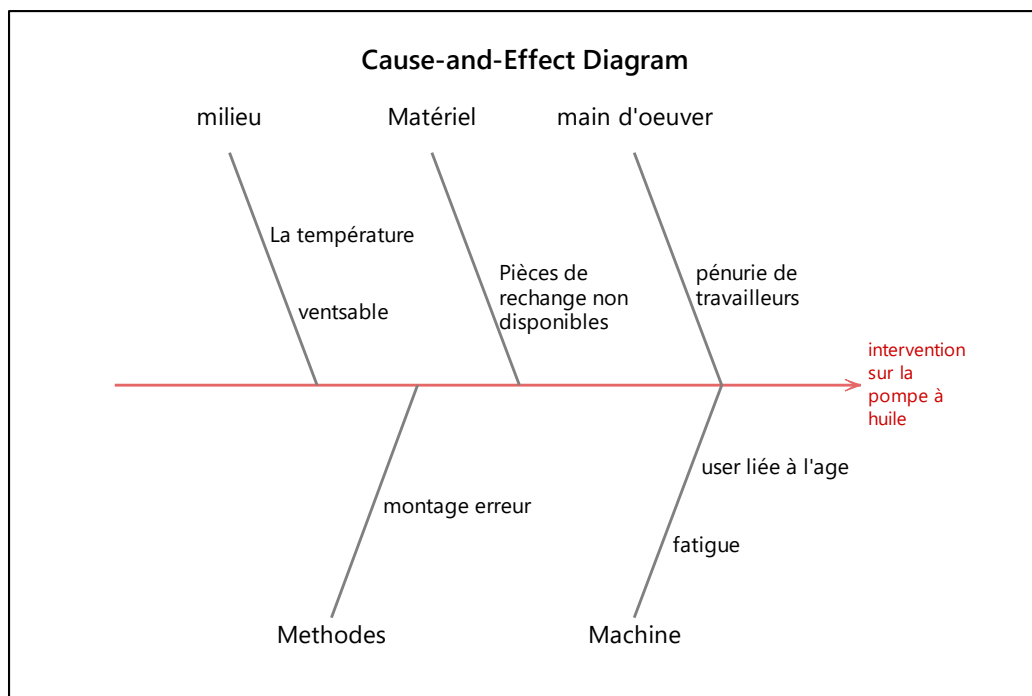


Figure III.4 : Diagramme causes-effet de d'intervention pompe à huile

III.4.1.4 Analyse d'intervention vilebrequin

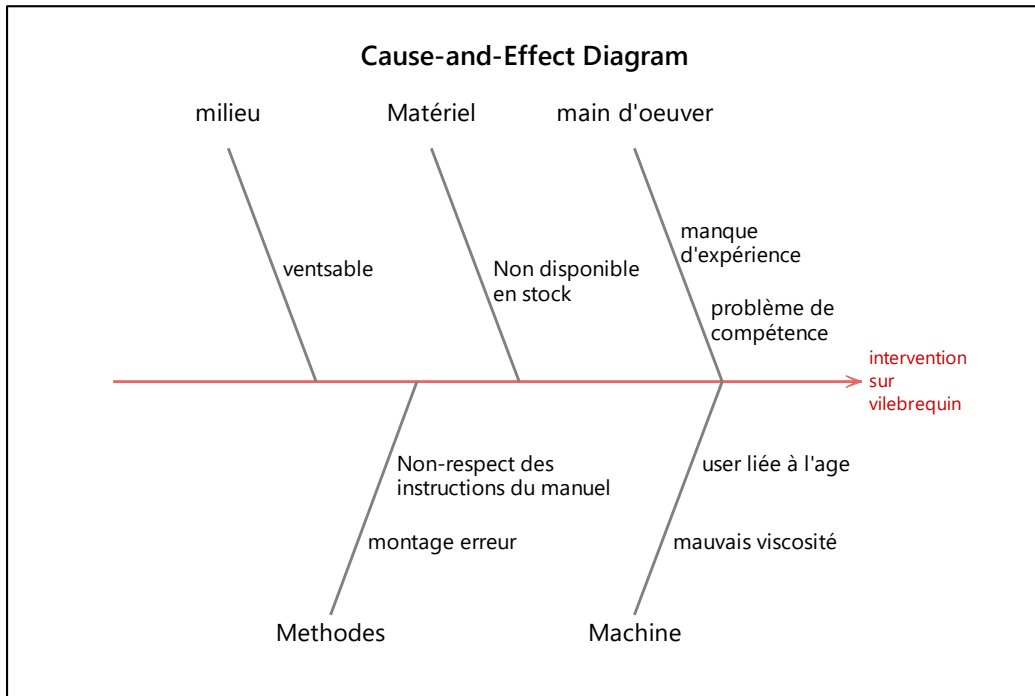


Figure III.5 : Diagramme causes-effet d'intervention vilebrequin

III.4.1.5 Analyse d'intervention sur la chaîne de transmission

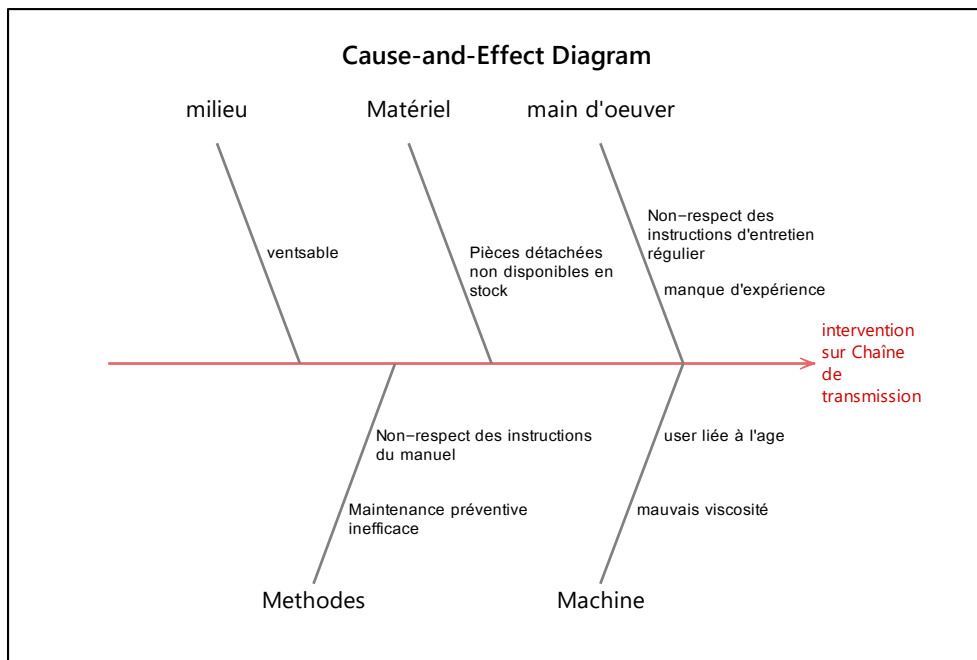


Figure III.6: Diagramme causes-effet d'intervention la chaîne de transmission

III.4.2 Actions d'amélioration de la maintenance du pompe à boue triplex simple effet

La plupart des interventions chronophages étaient dues au non suivi de la maintenance préventive, au manque d'efficacité et au manque de pièces de rechange dans le magasin

Les temps d'arrêt de la pompe peuvent être réduits en améliorant les méthodes de maintenance préventive, en fournissant des pièces de rechange et en fournissant une main-d'œuvre efficace

III.5 Calcul les paramètres de weibull

Le tableau ci-dessous représente les temps de bon fonctionnement TBF classés par ordre croissant, et pour le calcul de la fonction de répartition $F(i)$ on applique la méthode des ranges médians donnée par la formule $F(i) = \frac{N_i}{N+1}$, lorsque le nombre de pannes N est compris dans l'intervalle ($20 < N < 50$), Pour notre cas $N=30$. L'étape qui suivra, sera le tracé de la courbe de WEIBULL exécuté à l'aide du logiciel MINITAB,

Tableau III.3: Fonction de répartition

N°	TBF(h)	N	Cumul n	F(i)	F(i)%
1	14	1	1	0.032258	3.225806
2	42.5	1	2	0.064516	6.451613
3	121	1	3	0.096774	9.677419
4	132	1	4	0.129032	12.90323
5	135	1	5	0.16129	16.12903
6	141	1	6	0.193548	19.35484
7	166	1	7	0.225806	22.58065
8	180.5	1	8	0.258065	25.80645
9	237	1	9	0.290323	29.03226
10	256	1	10	0.322581	32.25806
11	325	1	11	0.354839	35.48387
12	329	1	12	0.387097	38.70968
13	341	1	13	0.419355	41.93548
14	365	1	14	0.451613	45.16129
15	380	1	15	0.483871	48.3871
16	400	1	16	0.516129	51.6129
17	404	1	17	0.548387	54.83871
18	409	1	18	0.580645	58.06452
19	453	1	19	0.612903	61.29032
20	546.5	1	20	0.645161	64.51613
21	571	1	21	0.677419	67.74194

22	576	1	22	0.709677	70.96774
23	581	1	23	0.741935	74.19355
24	880	1	24	0.774194	77.41935
25	1121	1	25	0.806452	80.64516
26	1196	1	26	0.83871	83.87097
27	1270	1	27	0.870968	87.09677
28	1553.5	1	28	0.903226	90.32258
29	2709	1	29	0.935484	93.54839
30	3185	1	30	0.967742	96.77419

La figure suivante représente un diagramme WIEBULL du programme Muntib18.

III.5.1 La Courbe de Weibull

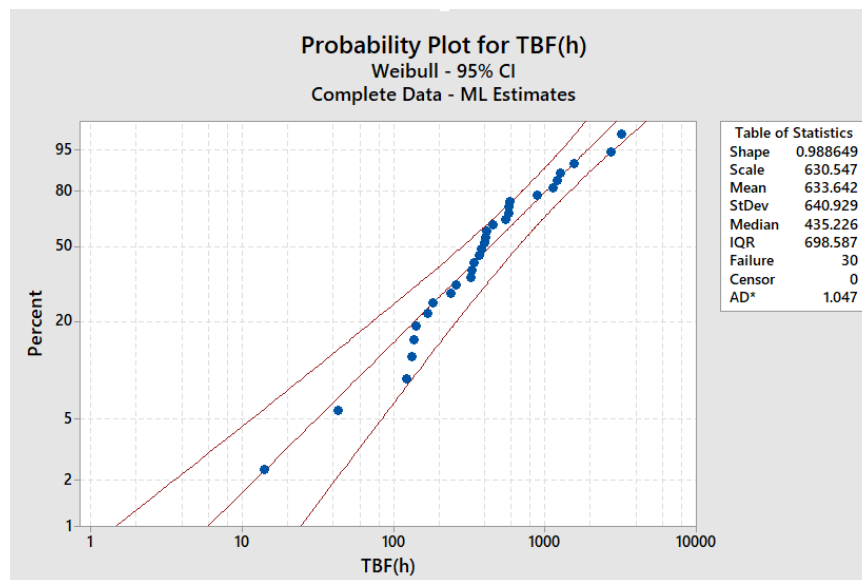


Figure III.7: Papier de Weibull en logiciel minitab18

D'après la courbe de WEIBULL on remarque que le nuage des points peut être approximé à ligne droite et ceci conduit à la première déduction : $\gamma = 0$

Le logiciel permet de donner directement les valeurs des paramètres

$$\beta = 0.988649,$$

$$\eta = 630.547 \text{ h.}$$

Remarque : Minitab est un logiciel propriétaire commercial de statistiques. Il est développé par Minitab, Inc. pour le système d'exploitation Windows uniquement.

III.5.2 Test adéquat (KOLMOGOROV SMIRNOV)

il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de K-S . Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique $F(i)$ et la fonction réelle $F(t)$ et prendre le maximum en valeur absolue $D_{N,max}$. α permet d'accepter ou non la loi utilisée.

Tableau III.4: Test K-S (kolmogrov-smirnov)

N°	TBF(h)	N	Cumul n	F(i)	F(t)	$D_{N,max}= F(i)-F(t) $
1	14	1	1	0.032258	0.02289	0.009368
2	42.5	1	2	0.064516	0.06709	0.00257
3	121	1	3	0.096774	0.17753	0.08076
4	132	1	4	0.129032	0.19185	0.06282
5	135	1	5	0.16129	0.19571	0.03442
6	141	1	6	0.193548	0.20337	0.00982
7	166	1	7	0.225806	0.23204	0.00623
8	180.5	1	8	0.258065	0.25194	0.006125
9	237	1	9	0.290323	0.31395	0.02363
10	256	1	10	0.322581	0.33641	0.01383
11	325	1	11	0.354839	0.40504	0.0502
12	329	1	12	0.387097	0.40878	0.02168
13	341	1	13	0.419355	0.41989	0.00054
14	365	1	14	0.451613	0.44145	0.010163
15	380	1	15	0.483871	0.45451	0.029361
16	400	1	16	0.516129	0.47145	0.044679
17	404	1	17	0.548387	0.47477	0.073617
18	409	1	18	0.580645	0.47889	0.101755
19	453	1	19	0.612903	0.51379	0.099113
20	546.5	1	20	0.645161	0.58027	0.064891
21	571	1	21	0.677419	0.59611	0.081309
22	576	1	22	0.709677	0.59927	0.110407
23	581	1	23	0.741935	0.60241	0.139525
24	880	1	24	0.774194	0.75107	0.023124
25	1121	1	25	0.806452	0.82909	0.02264
26	1196	1	26	0.83871	0.85352	0.01481
27	1270	1	27	0.870968	0.86449	0.006478
28	1553.5	1	28	0.903226	0.91279	0.00956
29	2709	1	29	0.935484	0.98486	0.04938
30	3185	1	30	0.967742	0.99299	0.02525

D'après la table de K-S :

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

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

$D_{NMAX}=0, 0.139525$ et $D_{N,\alpha}=D_{30.20}= 0,190$ (voir annexe 1).

$0.139525 < 0,190$ on déduit que la méthode du modèle de WEIBULL est acceptable.

III.5.3 Exploitation des paramètres de WEIBULL

III.5.3.1 Le MTBF :

Le tableau de MTBF donne $A=1$; $B=1$ (voir annexe 02).

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

$$MTBF = 0+630.547*1$$

$$MTBF=630.547 \text{ h}$$

III.5.3.2 Calcul de la densité de probabilité $f(t)$ pour le MTBF

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

$$f(t) = \frac{0.988649}{630.547} \left(\frac{630.547}{630.547} \right)^{0.988649-1} \times e^{-\left(\frac{630.547}{630.547} \right)^{0.988649}}$$

$$f(t) = 0.0043$$

III.5.3.3 La fonction de répartition en fonction de MTBF

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

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{630.547}{630.547} \right)^{0.988649}}$$

$$F(t = MTBF) = 0.63 = 63\%$$

III.5.3.4 La fiabilité en fonction de MTBF

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

$$R(t = MTBF) = 1 - 0.63 = 0.37 = 37\%$$

III.5.3.5 Le taux de défaillance en fonction de MTBF λ :

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

$$\lambda(\text{MTBF}) = \left(\frac{0.988649}{630.547} \right) \left(\frac{630.547}{630.547} \right)^{0.988649} = 0.00156 \text{ panne / heure}$$

III.5.3.6 Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique

On suppose une fiabilité souhaitée de 80%, et on calcule le temps correspondant pour une intervention systématique :

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

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

$$\ln(R(t)) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta \Leftrightarrow -\ln(R(t))^{\frac{1}{\beta}} = \frac{t}{\eta} \Leftrightarrow t = -\eta \ln(R(t))^{\frac{1}{\beta}} = \eta \ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)^{\frac{1}{\beta}}$$

$$t = 630.547 \times \ln\left(\frac{1}{0.37}\right)^{\frac{1}{0.988649}} = 626.83 \text{ heures}$$

III.5.4 Étude de modèle de Weibull**III.5.4.1 Les fonctions de modèle de Weibull****a) La fonction de la densité de probabilité**

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

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

b) Fonction de répartition F(t)

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

c) La fiabilité R(t)

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

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

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

III.5.4.2 Tracé des courbes de $R(t)$, $F(t)$, $f(t)$ et $\lambda(t)$:

Le tableau suivant représente les résultats des fonctions

Tableau III.5 : Fonctions de, $f(t)$, $F(t)$, $R(t)$ et $\lambda(t)$

N^*	$TBF(h)$	$f(t)*10^{-2}$	$F(t)$	$R(t)$	$\lambda(t)*10^{-2}$
1	14	15.9	0.0229	0.97	0.1636
2	42.5	15	0.0671	0.93	0.1616
3	121	13.1	0.1775	0.82	0.15974
4	132	12.9	0.1918	0.81	0.15958
5	135	12.8	0.1957	0.8	0.15954
6	141	12.7	0.2034	0.79	0.15947
7	166	12.2	0.234	0.77	0.1592
8	180.5	11.9	0.2519	0.75	0.15903
9	237	10.8	0.3161	0.65	0.15854
10	256	10.5	0.3364	0.66	0.15842
11	325	9.4	0.405	0.6	0.158
12	329	9.34	0.4087	0.59	0.15798
13	341	9.16	0.4199	0.58	0.15791
14	365	8.81	0.4414	0.55	0.15779
15	380	8.6	0.4545	0.54	0.15772
16	400	8.33	0.4714	0.52	0.15763
17	404	8.27	0.4748	0.52	0.15762
18	409	8.21	0.4788	0.51	0.1576
19	453	7.65	0.5138	0.48	0.15742
20	546.5	6.59	0.5803	0.42	0.15709
21	571	6.34	0.5961	0.4	0.15701
22	576	6.29	0.5993	0.4	0.157
23	581	6.24	0.6024	0.39	0.15698
24	880	3.89	0.7511	0.24	0.15626
25	1121	2.66	0.8291	0.17	0.15585
26	1196	2.36	0.8478	0.15	0.1557
27	1270	2.1	0.8645	0.13	0.15563
28	1553.5	1.35	0.9128	0.08	0.15528
29	2709	0.022	0.9853	0.04	0.15421
30	3185	0.01	0.9929	0.007	0.15405

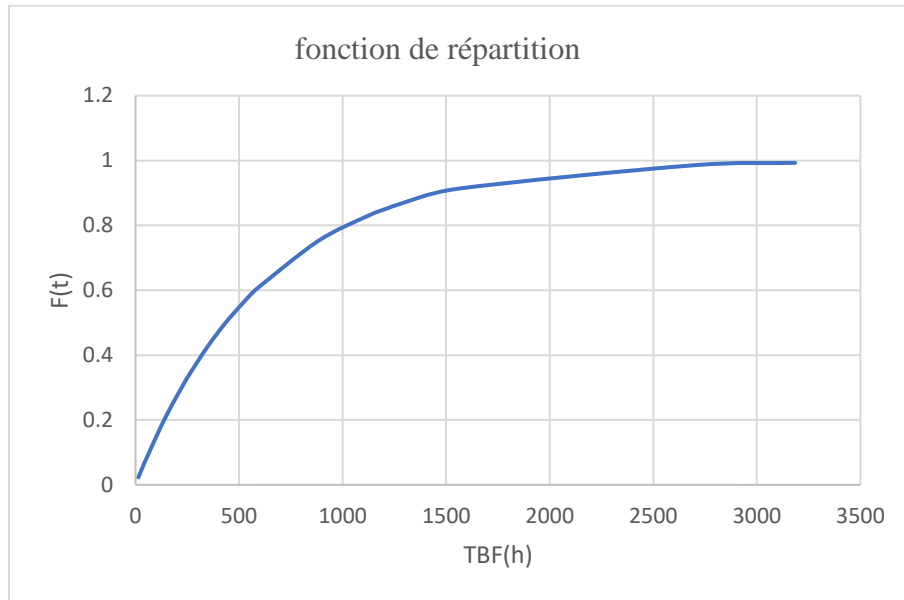
a) Courbe fonction de répartition $F(t)$:

Figure III.8 : Courbe fonction de répartition $F(t)$

Analyse de la courbe

La courbe représente la fonction de répartition $F(t)$ en fonction du temps entre pannes (TBF). On peut voir sur cette figure que la fonction de distribution augmente avec l'augmentation du temps entre les pannes (TBF).

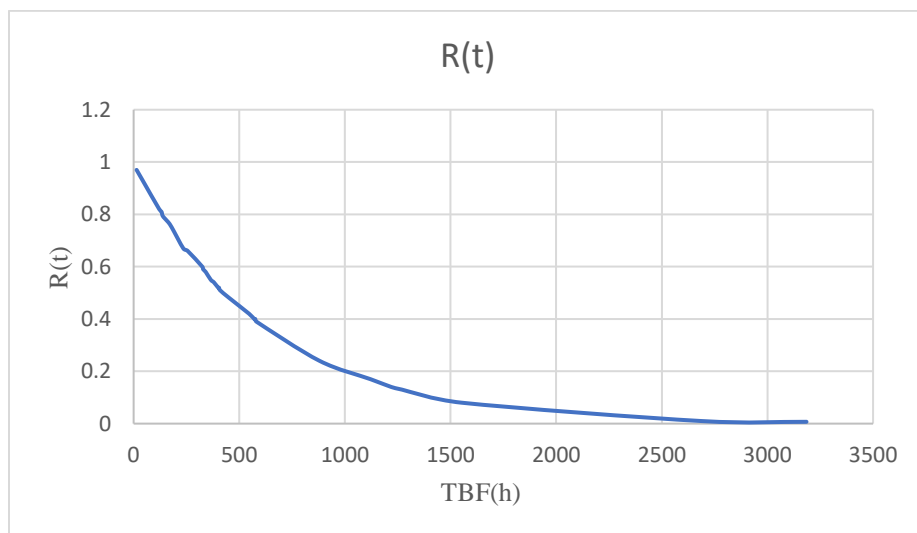
b) Courbe La fiabilité $R(t)$ 

Figure III.9 : Courbe la fiabilité $R(t)$

Analyse de la courbe

On observe que la fonction de fiabilité $R(t)$ diminue avec le temps $t=TBF$ selon une allure exponentielle ce qui est en accord avec l'allure théorique des lois de fiabilité.

c) Courbe la fonction de la densité de probabilité

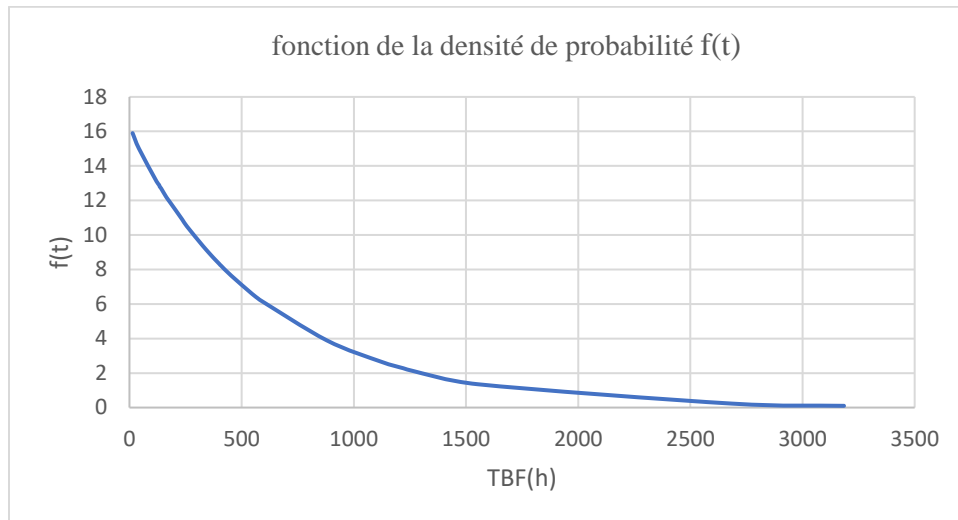
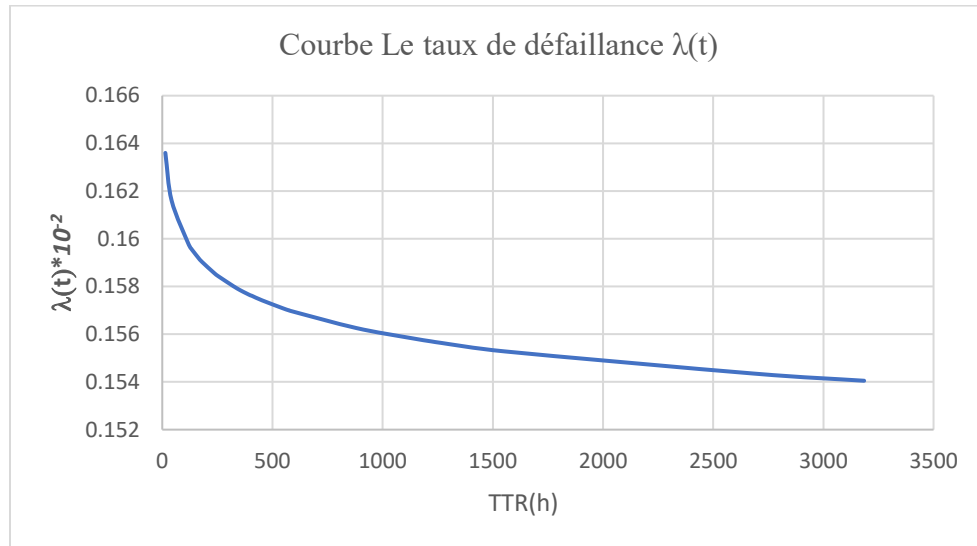


Figure III.10 : Courbe la fonction de la densité de probabilité

Analyse de la courbe

La courbe montre que la fonction $f(t)$ décroît avec le temps jusqu'à tendre vers 0.

d) Courbe Le taux de défaillance $\lambda(t)$ Figure III.11 : Courbe Le taux de défaillance $\lambda(t)$

Analyse de la courbe

Nous observons à travers la courbe que la fonction λt prend une grande valeur et diminue avec le temps jusqu'à ce qu'elle prenne des valeurs nulles.

III.5.5 Calcul de la Maintenabilité

$$MTTR = \Sigma TTR / N$$

$$MTTR = \frac{181}{30} = 6.033 \text{ h.}$$

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

$$\Rightarrow \mu = 1/MTTR$$

$$\mu = 1/6.03 = 0.16 \text{ Intervention / heure}$$

Tableau III.6 : Fonctions de maintenabilité $M(t)$

N°	$TTR(h)$	$M(t)$
1	1	0.14
2	2	0.27
3	2.5	0.32
4	3	0.38

5	4	0.47
6	5	0.55
7	5.5	0.58
8	6	0.61
9	7	0.67
10	8	0.72
11	9	0.76
12	10	0.79
13	12	0.85
14	13	0.87
15	20	0.95
16	32	0.99

III.5.5.1 Courbe de la Maintenabilité

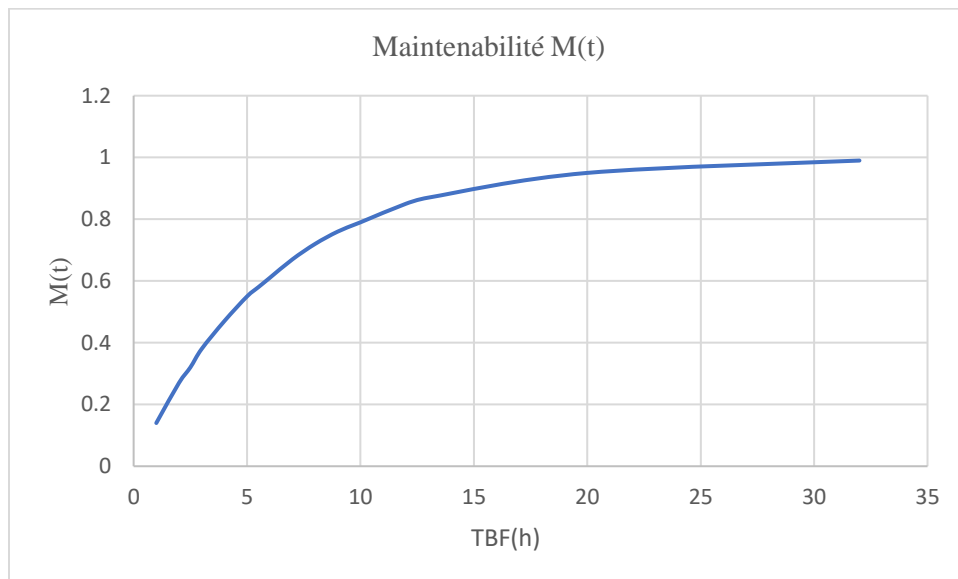


Figure III.12 : Courbe de la Maintenabilité

Analyse de la courbe

La courbe montre que la maintenabilité augmente avec le temps.

III.5.6 Calcul la disponibilité

III.5.6.1 Disponibilité intrinsèque

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{630.547}{630.547 + 6.033} = 0.9905$$

III.5.6.2 Disponibilité instantanée

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

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{630.547} = 0.00159$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{6.033} = 0.166$$

$$\mu + \lambda = 0.166 + 0.00159 = 0.16758$$

$$D(t) = \frac{0.166}{0.00159 + 0.166} + \frac{0.00159}{0.00159 + 0.166} e^{-(0.00159 + 0.166)t}$$

Tableau III.7 : Fonctions de disponibilité D(t)

N°	TTR(h)	D(t)
1	1	1.00454
2	2	1.0033
3	2.5	1.00308
4	3	1.00225
5	4	1.00137
6	5	1.00062
7	5.5	1.00029
8	6	0.99998
9	7	0.99945
10	8	0.999
11	9	0.99861
12	10	0.99829
13	12	0.99778
14	13	0.99739
15	20	0.99685
16	32	0.99656

III.5.6.3 Courbe la disponibilité

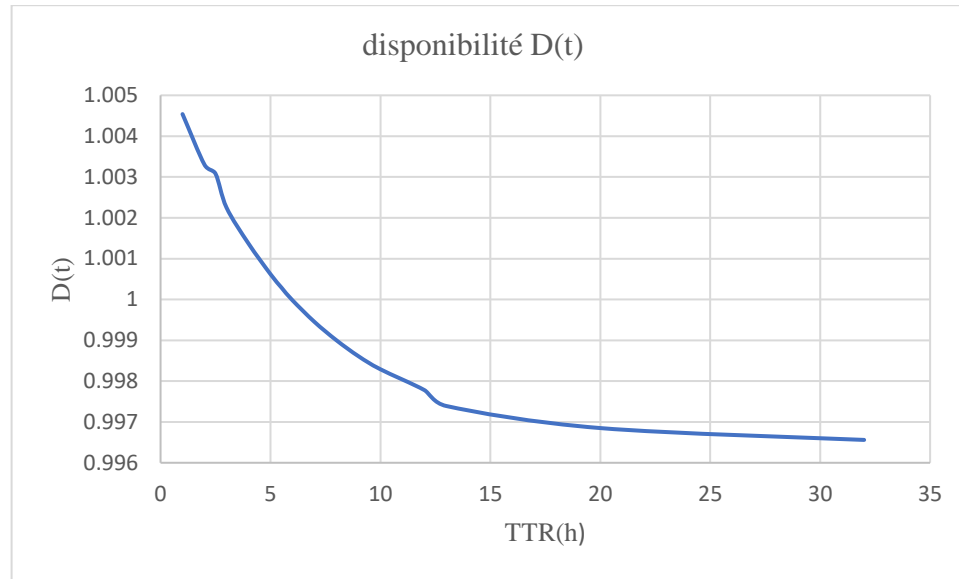


Figure III.13: Courbe la disponibilité

Analyse de la courbe

La disponibilité diminue avec le temps et une disponibilité accrue de la pompe signifie moins de temps d'arrêt (fiabilité accrue) et moins de temps nécessaire pour traiter ces causes (maintenabilité accrue).

La courbe montre la disponibilité en fonction du temps de réparation, on remarque que la disponibilité diminue avec l'augmentation du temps de réparation.

III.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons fait un diagramme de Pareto sur le registre d'intervention d'une pompe à boue 12p 160, et à travers cela, nous avons identifié les composants qui consomment le plus de temps d'arrêt, C'était dû à Chaîne de transmission -corps de pompe - Roulement de de bielle - Pompe d'huile - Vilebrequin et nous avons fait un diagramme de cause à effet pour cela.

Puis nous avons étudié FMD et les résultats ont montré que la fiabilité est faible 37% et pour maintenir la fiabilité à 80%, une intervention doit être effectuée tous les 626.83h.

Conclusion Générale

La maintenance de l'outil de production joue un rôle majeur dans le développement de l'entreprise, il ne s'agit pas seulement de simples activités de maintenance corrective des équipements, mais il s'agit en fait d'assembler les activités à réaliser tout au long du cycle de vie pour s'assurer que la qualité et le service attendus de l'appareil à tout moment, et cela dans le but d'obtenir plus de profits et de réduire les coûts d'immobilisation.

A travers ce modeste travail, nous avons étudié la pompe à boue triplex à simple effet à trois effets en raison de son importance dans le domaine du forage des puits de pétrole, qui est une source importante de l'économie.

Dans cette étude, nous soulignons l'importance de la méthode ABC, qui permet de choisir les problèmes à traiter en priorité, et du diagramme d'Ishikawa, qui permet de connaître la cause liée à l'effet.

Après avoir étudié la fiabilité de la pompe à boue triplex à simple effet, il a été constaté que la fiabilité de cette pompe est faible $R(MTBF) = 37 \%$. Par conséquent, nous recommandons d'intervenir toutes les 626.83 heures pour maintenir la fiabilité de l'altitude à 80 %.

Références bibliographiques

- [1] //https://www.beaucemedia.ca/2020/10/29/levolution-de-la-maintenance-industrielle/
- [2] Hamdaoui Lakhder , Khabbar Hocine Thème « Etude analytique de la maintenance préventive D'un compresseur à vis- ATLAS COPCO GA15 » Université Kasdi Merbah Ouargla 2017/2018
- [3] Belouadah Abdenaceur « Amélioration de la fiabilité d'un système électromécanique par l'utilisation des opérations de la maintenance preventive » Université Mohamed Boudiaf De M'sila 2015-2016
- [4] A. Belhomme « Cours de STRATEGIE DE MAINTENANCE Forges les Eaux année 2010/2011 »
- [5] Douba Nadji, Berouba Slimane « Analyse analytique FMD et AMDEC d'un compresseur à vis- ATLAS COPCO ZE3 » Université Kasdi Merbah Ouargla 2016/2017
- [6] Rezgi Imane « Cour Maintenance Industriel Univ-Ouargla 2017 »
- [7] NGUYEN J., P., « fluide de forage », Technique d'exploitation pétrolière, le Forage Technip, 1993.
- [8] Bernard chargées « pompes volumétriques pour liquide, technique d'ingénieur, B4320 ».
- [9] Boudermine Ahmed Chawki, Adjerime Mouhamed Lamine, Benkaouha Wail « Etude Et Maintenance D'une Pompe A Boue Triplex A Simple Effet National-Oil-Well 12p160 » Université Kasdi Merbah Ouargla 2017/2018
- [10] Labeled Karim, Zenati Mehamed Elfatih « Contribution À L'étude De Dimensionnement D'une Pompe À Boue » Université Kasdi Merbah Ouargla 2020 / 2021
- [11] Mahfoud Brahim « Analyse De La Fonction Maintenance A L'unité Tss – Sider » Annaba Université Badji Mokhtar Annaba 2016/2017
- [12] ENFOR, Document sur la chef mécanicien sur chantier 1032.
- [13] Mansouri Khaled, Ghemam Amara Abderazzak, « Etude et maintenance d'une pompe à boue (National –oil- well », université Mohammad bougera Boumerdes 2007
- [14] Bouchelig Amor Mekhalfia Redouane « Etude Sur La Maintenance Des Systemes Mecanique D'une Machine De Forage » Université M'SILA Université M'SILA 2016 /2017
- [15] IAP (Institut Algérien du Pétrole) « les fonctions levage-rotation-pompage et circulation ».
- [16] Dafdaf Abd Elhad, Faid Omar « Optimisation de la fiabilité d'un système électromécanique Université Mohamed Boudiaf – M'sila » 2017/2018
- [17] Mouhed Bilal, Lamouri Nadir, Masmoudi Nadir « Étude et Amélioration de la maintenance (FMD) de la pompe à boue IDECO 800 » Université Kasdi Merbah Ouargla 2016/2017

- [18] DR. DJAMAL FRIHI « cour maintenance industrielle » Université du 8 mai 1945 – Guelma
- [19] Marouf Sidi Mohammed « Amélioration De La Maintenance Des Equipements Au Niveau De L’atelier De Tissage (Denitex-Sebdou) » Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –
- [20] Younes Metehri, Houam Badis, Haroun Daoudi « Etude et dimensionnement de la pompe à boue triplex à simple effets 12P160 » Université Kasdi Merbah – Ouargla. 2016/2017
- [21] Zediri Seif Eddine, Amara Yacine « Étude et dimensionnement d'une pompe à boue NATIONAL OIL-NATIONAL OIL » Université Kasdi Merbah – Ouargla. 2016/2017
- [22] Doctement ENFOR
- [23] Dachi Mohamed Laid, Boulifa Khireddine « Etude FMD d’un treuil de forage au niveau d’un chantier de l’entreprise nationale de forage » Universite Kasdi Merbah Ouargla 2020/2021
- [24] Fiche historique des pannes de la pompe à boue NATIONAL-OIL-WELL 12P160 ENFOR

Annexe 01

Tableau de loi KOLMOGOROV-SMIRNOV

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

Annexe 02

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

β	A	B	β	A	B	B	A	B
0,2	120	1901	1,7	0,8922	0,54	4,4	0,9146	0,235
0,25	24	199	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9125	0,23
0,3	9,2625	50,08	1,8	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,35	5,291	19,98	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,4	3,3234	10,44	1,9	0,8874	0,486	4,8	0,9116	0,218
0,45	2,4686	6,46	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,5	2	4,47	2	0,8862	0,463	5	0,9162	0,21
0,55	1,7024	3,35	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,6	1,546	2,65	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,65	1,3663	2,18	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,2
0,7	1,2638	1,85	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,75	1,1906	1,61	2,5	0,8873	0,38	5,5	0,9232	0,194
0,8	1,133	1,43	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
0,85	1,088	1,29	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,186
0,9	1,0522	1,17	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,9226	0,165
0,95	1,0234	1,08	2,9	0,8919	0,334	5,9	0,9269	0,183
1	1	1	3	0,893	0,316	6	0,9277	0,18
1,05	0,9803	0,934	3,1	0,8943	0,325	6,1	0,9266	0,177
1,1	0,9649	0,878	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,15	0,9517	0,83	3,3	0,897	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,2	0,9407	0,787	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,9331	0,17
1,25	0,99314	0,75	3,5	0,8997	0,285	6,45	0,9313	0,168
1,3	0,9236	0,716	3,6	0,9011	0,278	6,5	0,9316	0,167
1,35	0,917	0,667	37	0,9025	0,272	6,55	0,9321	0,166
1,4	0,9114	0,66	3,8	0,9083	0,266	6,6	0,9325	0,166
1,45	0,9067	0,635	3,9	0,9051	0,26	6,65	0,9329	0,164
1,5	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254	6,7	0,9335	0,163
1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249	6,75	0,9336	0,162
1,6	0,8966	0,574	4,2	0,9086	0,244	6,8	0,9334	0,161
1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239	6,9	0,9347	0,15

Résumé

La pompe à boue joue un rôle majeur dans le domaine du forage des puits de pétrole, ce qui nécessite de maintenir sa fiabilité et sa maintenabilité. Ainsi, à travers ce modeste travail, qui vise à décrire une pompe à boue triplex à simple effet et à mener une étude FMD pour celle-ci en utilisant le modèle de Weibull, qui nous a permis de savoir que la fiabilité de cette pompe est faible 37% Et que pour maintenir sa fiabilité à 80%, une intervention doit être effectuée toutes les 626,23 h.

Et enfin, la méthode ABC et Ishikawa ont de bons résultats afin de découvrir les causes et d'améliorer la maintenance préventive.

Mots clés : Maintenance -Fiabilité - Pompe à boue triplex simple effet – weibull.

ملخص

لمضخة الطين دور كبير في مجال حفر الابار البترولية وهو الامر الذي يتطلب الحفاظ على موثوقيتها وقابلية صيانتها لذلك قمنا من خلال هذا العمل المتواضع الذي يهدف وصف مضخة الطين الثلاثية احادية الفعل واجراء دراسة FMD لها باستخدام نموذج Weibull الذي مكنا من معرفة أن موثوقية هذه المضخة منخفضة 37% وأنه من أجل الحفاظ على موثوقيتها في 80% يجب التدخل كل 626.83 ساعة.

وفي الاخير لطريقة ABC و Ishikawa نتائج جيدة من أجل اكتشاف الاسباب وتحسين الصيانة الوقائية.

الكلمات المفتاحية: الصيانة - الموثوقية - مضخة ملاط ثلاثية أحادية الفعل – وايبول.

Abstract

Mud pump plays a major role in the field of drilling oil wells, which requires maintaining its reliability and maintainability. Therefore, through this modest work, which aims to describe a single acting triplex mud pump and conduct an FMD study for it using the weibull model, which enabled us to know that the reliability of this pump is low 37% And that in order to maintain its reliability at 80%, an intervention must be made every 626.83 h.

And finally, the ABC and Ishikawa method have good results in order to discover the causes and improve preventive maintenance.

Keywords: Maintenance -Reliability - Single acting triplex mud pump – weibull.