

UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
Faculté des Hydrocarbures, des Energies Renouvelables, des Sciences
de la Terre et del'Univers

Département de Forage et mécanique des chantiers pétroliers



Mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme de master professionnel

Spécialité : Mécaniques des chantiers pétroliers

Présenté par :

- ✓ Zouba Sid Ahmed Mustapha
- ✓ Belkiseria Noredine
- ✓ Beladjal Abdelhafid

Thème

**Evaluation de la disponibilité d'une pompe de forage
pétrolier**

Soutenu

Le : 05/06/2021

Devant le jury :

M. Bouksani Mohamed
M. Ziari Saber
M. Frouhat Rachid

Président
Encadreur
Examineur

UKM Ouargla
UKM Ouargla
UKM Ouargla

Année Universitaire : 2020/2021

Remerciements

Nous exprimons nos sincères remerciements à ALLAH le tout puissant. A nos parents pour leur contribution pour chaque travail que nous avons effectué. De même nous tenons à remercier tout le personnel du département de forage et MCP en générale et en particulier notre encadreur MR.ZIARI qui n'a pas hésité à nous aider et nous guider dans la bonne voie pour achever ce travail.

Nous remercions l'ensemble des membres du jury, nos amis et tous les étudiants de la promotion.

Enfin, que tous ceux qui ont contribué de près ou loin à L'aboutissement de ce travail trouve ici l'expression de ma reconnaissance et de nos remerciements.

Dédicaces

Nous dédions ce modeste travail :

**A nos parents qui nous ont entourés, tout le long de votre
bienveillance, usant de tous les sacrifices possibles. Nous
espère être à la hauteur de vos attentes. Que dieu vous
préserve et vous prête une longue vie de joie.**

A nos chères sœurs

A nos chers frères

A nos amis

Pour tous leurs aides

Sommaire

Résumé

Introduction generale

Chapitre I : Etude et maintenance de la pompe à boue

I .1	Définitions sur les pompes :	6
I .2	Classification des pompes :	6
I .3	Choix de la pompe :	7
I .4	Description de la pompe triplex à simple effet « national Oil-Well 12P160 »	7
I .4.1	La partie mécanique :	8
I .4.2	La partie hydraulique de la pompe 12P160 :	9
I .4.2.1	Le corps hydraulique :	8
I .4.2.2	Le piston et la tige de piston :	9
I .4.2.3	Les chemises :	11
I .4.2.4	Les sièges et les clapets :	11
I .5	Principe de fonctionnement	12
I .5.1	Principe de fonctionnement de la pompe triplex	12
I .6	Avantages et inconvénients de la pompe à boue triplex à simple effet :	13
I .6.1	Avantages de la pompe à boue triplex à simple effet :	13
I .6.2	Inconvénients de la pompe à boue triplex à simple effet :	13
I .7	Maintenance de la pompe a boue	14
I .7.1	Introduction à la fonction maintenance :	14
I .7.2	Définition de la maintenance :	14
I .7.3	Objectifs et importance de la maintenance :	14
I .7.4	Type de maintenance :	15
I .7.4.1	La maintenance préventive :	16
I .7.4.2	La maintenance corrective :	17

I.8 MAINTENANCE DE LA POMPE A BOUE « NATIONAL OILWELL 12p160 »...	18
I.8.1 Maintenance préventive :	18
I.8.2 Maintenance corrective (curative) :	18
I.8.3 CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT :	19
I.8.4 ENTRETIEN AU NIVEAU DU CHANTIER :	19
I.8.5 PANNES DE LA POMPE A BOUE ET LEURS REMEDES :	21
I.9 Conclusion.....	24

Chapitre II :sûreté de fonctionnement et Etude Fiabilité. Maintenabilité. disponibilité

II.1 : Sûreté de fonctionnement

II.1.1.éfinition et Evolution de la discipline	26
II.1.1.1Définition de la sûreté de fonctionnement :	26
II.1.1.2Evolution de la sureté de fonctionnement :	26
II.1.2Etude de SDF :	27
II.1.3Défaillances, fonctions d'un système et de ses composants:.....	28
II.1.3.1Définition de la défaillance fonctionnelle:.....	26
II.1.4Fonctions.....	31
II.1.4.1 Fonctions principale.....	31
II.1.4.2Fonctions secondaires.....	32
II.1.4.3Fonctions de protection.....	32
II.1.4.4Fonctions redondantes.....	32
II.1.5Taxonomie.....	33
II.1.6Méthodes d'analyse de sûreté de fonctionnemen.....	33
II.1.7LES ENJEUX.....	34
II.1.8Cout de la sureté de fonctionnement :	34
II.1.9 L'IMPORTANCE DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT DANS UNE STEP :.....	34
II.2: Etude Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité	
II.2.1 Fiabilité.....	35

II.2. 1.1 Notion de fiabilité d'un système.....	35
II.2. 1.2 Définition.....	35
II.2. 1.3 Objectifs de la fiabilité.....	36
II.2. 1.4 Les différents sorts de la fiabilité :.....	36
II.2. 1.5 Paramètres nécessaires à la mesure de fiabilité.....	36
II.2.1.5.1 Densité de probabilité.....	36
II.2.1.5.2 Fonction de répartition.....	36
II.2.1.5.3 La fonction de fiabilité.....	36
II.2.1.5.4 La MTBF.....	36
II.2.1.6 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité.....	37
II.2. 1.6.1 La loi de WEIBULL.....	38
II.2. 1.6.2 Signification des paramètres du modèle de Weibull.....	38
II.2. 1-6-3 Loi de Pareto et la courbe ABC :.....	39
II.2.2 Maintenabilité.....	40
II.2. 2.1 Définition.....	40
II.2. 2.2 Taux de réparation μ	40
II.2. 2.3 Amélioration de la maintenabilité.....	40
II.2.3 Disponibilité.....	41
II.2. 3.1 Définition.....	41
II.2. 3.2 Différents niveaux de la disponibilité.....	42
II.2.3.2.1 Disponibilité intrinsèque.....	42
II.2. 3.2.2 Disponibilité opérationnelle.....	42
II.2.3.3 Amélioration de la disponibilité.....	42
II.2.4 La relation entre MUT, MTBF, et MTTR.....	42
II.2.5 La relation entre les notions FMD.....	43
II.2. 6 Modélisation de la disponibilité par la chaîne de Markov	43
II.2.7 Conclusion.....	45

Chapitre III : Partie Calcul

III.1-Exploitation de l'historique	47
III. 2-Étude de la maintenance (FMD) (Pompe à boue "Enafor 47")	48
III.2.1- La fiabilité.....	48
a - Application du modèle de Weibull	48
b- Test de Kolmogorov Smirnov.....	59
III. Calcul de $R(t)$, $f(t)$, (λ) et $F(t)$ lorsque $t = \text{MTBF}$	51
III.Étude du modèle de Weibull	52
III.2.2- La maintenabilité	55
III.2.3-La disponibilité	57
III.Dossier Historique des pannes (pompe à boue 12P160).....	57
III.Calcul de $R(t)$, $f(t)$, (λ) et $F(t)$ lorsque $t = \text{MTBF}$	58
III.Utilisation du chaîne de Markov.....	60
III.Probabilités d'état stables.....	62
III.Conclusion	64

Conclusion générale :

Bibliographie :

Liste des figures

Figure I.1:Types des pompes.	6
Figure I.2: Pompe à boue 12P160 en coupe	8
Figure I.3: Partie mécanique de la pompe 12P160.....	9
Figure I.4: Partie hydraulique de la pompe 12P160	9
Figure I.5: le piston et la tige de piston.....	10
Figure I.6 la chemise.....	11
Figure I.7: Sièges et clapets.....	11
Figure I.8: Principe de fonctionnement des pompes triplex.	12
Figure I.9 : Débit instantané de la pompe	13
Figure I.10: Types de maintenance.	15
Figure II.1: Cas de figure conduisant tous à la défaillance.....	28
Figure II.2 : Enchainement et propagation des erreurs.....	30
Figure II.3 : Arbre de la sureté de fonctionnement.....	33
Figure II.4 :Coût de la maintenance.....	34
Figure II.5:Courbeen baignoire.....	38
Figure II.6:Vie d'un système: évolution dans le temps.....	42
Figure II.7:La relation entre les notions FMD.....	43
Figure II.8: Chaine de Markov à deux états	44
Figure II.9 : Diagramme de fiabilité.....	45
Figure II.10 : Graphe de transition.....	45
Figure III.1 : Le Graphe du papier de Weibull.....	49
Figure III.2 : Evolution de la densité de probabilité en fonction du TBF.....	53
Figure III.3: Evolution de la fonction de répartition F(t) en fonction du TBF.....	53
Figure III.4: Evolution de taux de défaillances $\lambda(t)$ en fonction du TBF.....	53
Figure III.5: Evolution de la maintenabilité M(t) en fonction du TTR.....	54
Figure III.6: Evolution de la disponibilité M(t) en fonction du TBF/J.....	55
Figure III.7: Graphe de Weibull.....	58
Figure III.8 : Système de pompage comprenant une pompe active et une pompe standby.	60

Liste des tableaux

Tableau I.1 : PANNES DE LA POMPE A BOUE ET LEURS REMEDES.....	21
Tableau II.1 : Disciplines de la sureté de fonctionnement.....	27
Tableau II.2: Classification des défaillances en fonction des effets.....	29
Tableau II.3: Modes de défaillance.....	30
Tableau III 1:Dossier Historique des pannes (pompeàboue“Enafor47“)......	47
Tableau III 2:Application du modèle deWeibull.....	48
Tableau III 3:Test de Kolmogorov Smirnov.....	50
Tableau III 4:Étude du modèle deWeibull.....	52
Tableau III 5: Tableau de la maintenabilité.....	55
Tableau III 6: Tableau de la disponibilité.....	56
Tableau III 7: les cas possibles de systemes	61

Nomenclatures

Symbole	Désignation	Unité
SDF	la sûreté de fonctionnement	
FMD	Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité	
PMI	point mort intérieure	
PME	point mort extérieure	
λ	Taux de défaillance	Défaillance/Heure
MTBF	Moyenne de temps de bon fonctionnement	Heure
f(t)	Fonction de densité de probabilité	
t	Temps	Heure
β	Paramètre de forme	
η	Paramètre de d'échelle	
γ	Paramètre de position	
F(t)	Fonction de répartition	
R(t)	Fonction de fiabilité	
A	Constant	
TBF	Temps de bon fonctionnement	Heure
Ln	Logarithm	
MUT	Mean up time	Heure
Fe (ti)	Fonction théorique	
N	Nombre de panne	
n	Nombre de dispositifs en essai	
$D_{n,max}$	Valeur absolu maximale	
D_N	Valeur absolu	
$M(t)$	fonction de maintenabilité	
μ	Taux de réparation	Int/Heure
MTTR	Moyenne des temps technique de réparation	Heure
D_i	Disponibilité intrinsèque	
$D(t)$	Disponibilité instantanée	
TTR	Temps technique de réparation	Heure

Résumé

La technologie de forage des puits de pétrole et de gaz nécessite l'emploi d'un matériel complexe et des outils modernes, ainsi qu'une grande quantité de matériaux, tubes, ciments, réactifs chimiques, etc....

La pompe à boue, étant l'un des principaux équipements utilisés dans le forage des puits, joue un rôle primordial dans la circulation du fluide du forage à haute pression et de fourniture d'un débit nécessaire à la réalisation d'un puits de forage.

Par conséquent, le but de notre travail consiste en une description générale de la pompe à boue et la réalisation d'une étude **FMD** (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) en utilisant le modèle de Weibull, pour aboutir à une interprétation des graphes obtenus. On essaiera de proposer un programme de maintenance efficace afin d'améliorer les performances et augmenter la durée de vie de cette dernière, ainsi qu'éviter l'endommagement et l'arrêt fréquent de la pompe qui a des répercussions néfastes sur la production de l'entreprise.

Abstract

The drilling technology of oil and gas wells requires the use of complex equipment and modern tools, as well as a large quantity of materials, tubes, cements, chemical reagents, etc. ... The mud pump, being one of the main equipment used in the drilling of wells, plays an essential role in the circulation of the drilling fluid at high pressure and in providing a flow rate necessary for the realization of a wellbore.

Therefore, the goal of my work consists of a general description of the mud pump and the realization of a maintenance study (Reliability, maintainability, availability) using the Weibull model, to lead to an interpretation of the graphs obtained. We will try to propose an effective maintenance program in order to improve the performances and increase the life of our equipment, as well as to avoid the damage and the frequent stopping of the pump, which has to intensify the harmful effects on the production of the enterprise.

المخلص

تتطلب تقنية حفر آبار النفط والغاز استخدام معدات معقدة وأدوات حديثة، فضلاً عن كمية كبيرة من المواد والأنابيب والأسمت والكواشف الكيميائية، تلعب مضخة الطين باعتبارها واحدة من المعدات الرئيسية المستخدمة في حفر الآبار، دوراً أساسياً في تدوير مائع الحفر عند الضغط العالي وفي توفير معدل التدفق الضروري لتحقيق حفرة البئر. لذلك، فإن الهدف من عملي يتكون من وصف عام لمضخة الطين وتنفيذ دراسة الصيانة (الموثوقية، الصيانة، التوفر) باستخدام نموذج Weibull، لتفسير الرسوم البيانية التي تم الحصول عليها. سنحاول تقديم برنامج صيانة فعال لتحسين الأداء وزيادة من عمر المضخة وكذلك لتجنب التلف والتوقف المتكرر للمضخة مما يؤثر سلباً على إنتاج الشركة.

Introduction Générale

Introduction Générale

La maintenance joue un rôle très important dans le domaine industriel, elle a une grande influence sur le niveau de la sûreté de fonctionnement des systèmes. Le niveau de la sûreté de fonctionnement peut améliorer par l'optimisation d'un ensemble des paramètres telle que la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité.

Dans le but d'augmenter la disponibilité des équipements de production d'une façon générale, il est tout à fait claire de suivre et analyser les indicateurs FMD pour connaître plus leurs états durant leur cycle de vie. Ces analyses ont pour objectif de déterminer les pannes qui sont les plus influençantes sur l'état d'un équipement, et mettre en œuvre une politique de maintenance qui suit avec le temps ces pannes en réduisant les heures d'arrêt afin d'organiser les interventions et augmenter, bien entendu, les heures de marche. Dans ce cas on protège et on améliore notre installation de production.

La pompe à boue qui est l'objet de notre étude fait partie de ses équipements, elle nécessite une attention et des analyses particulières.

Notre travail a été ventilé en trois chapitres, dans le premier chapitre on a fait une étude et maintenance de notre équipement. Le deuxième chapitre est divisé en deux partie, la première partie réside sur la sûreté de fonctionnement on donnant une signification sur le terme et exprimant sa importance dans l'industrie.

La deuxième partie présente une étude et une analyse FMD des deux pompes différente en utilisant la méthode de WEIBULL

Enfinement dans le dernier chapitre on a exposé l'application pratique de cette étude sur l'équipement étudié.

Chapitre I

Etude et maintenance de la pompe à boue

I.1-Définitions

Une pompe est une machine hydraulique qui aspire et refoule un liquide (l'eau, l'huile, l'essence, les liquides alimentaires etc....) d'un point à un endroit voulu. La pompe est destinée à élever la charge du liquide pompé. La charge ou l'énergie est la somme de trois catégories d'énergie :

- ✓ Energie cinétique.
- ✓ Energie potentielle.
- ✓ Energie de pression.

C'est donc un appareil qui génère une différence de pression Δp entre l'entrée et la sortie de la machine. L'énergie requise pour faire fonctionner une pompe dépend :

- ✓ des propriétés du fluide : la masse volumique, la viscosité dynamique.
- ✓ des caractéristiques de l'écoulement : la pression, la vitesse, le débit Volume, la hauteur.
- ✓ des caractéristiques de l'installation : la longueur des conduites, le diamètre et la rugosité absolue.

I.2-Classification des pompes :

Il existe deux grands types de pompes, les pompes volumétriques et les turbopompes.

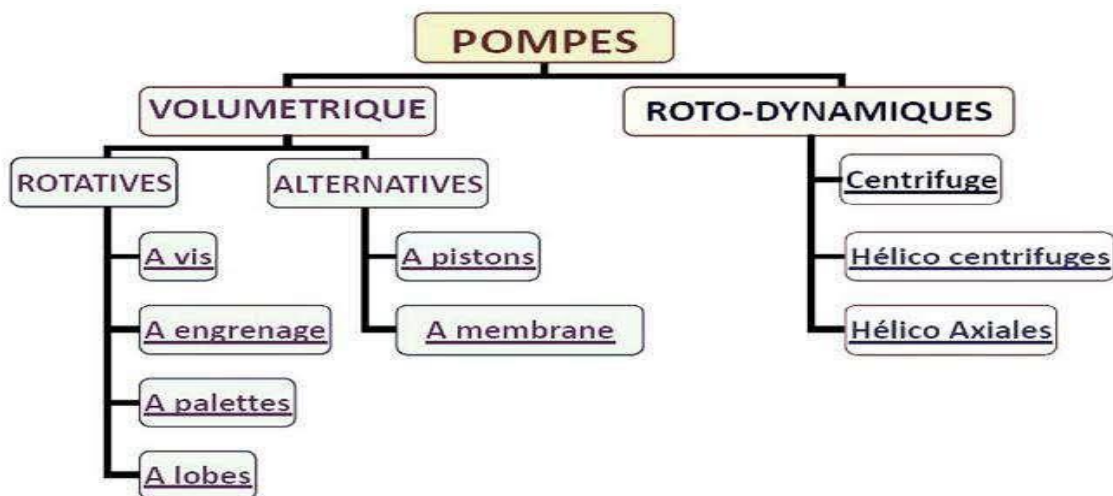


Figure I.1 : Types des pompes.

I.3-Choix de la pompe :

Le choix des pompes est d'une grande importance pour assurer une circulation satisfaisante durant le forage des puits. Le choix consiste à déterminer à partir du programme de forage les paramètres principaux nécessaires pour la remontée des déblais et permettre un bon avancement de l'outil pendant toute la durée de forage. Et à partir de ces paramètres chercher la pompe correspondante par toutes les variétés des pompes existantes.

Le choix de la pompe se fait suivant deux paramètres importants :

1. Le débit max, qu'elle peut atteindre.
2. La puissance maximale, qu'elle peut développer pour atteindre ce débit.

Après le calcul de la puissance de pompage pour chaque phase de forage.

On compare la puissance maximale de chaque phase avec la puissance de service des pompes en place.

I.4-Description de la pompe triplex à simple effet « national Oil-Well 12P160 »

C'est une pompe volumétrique alternative à piston a mécanisme bielle-manivelle, de type triplex à simple effet, pour ce type les manivelles sont décalées à 120° , et le nombre de clapet est de 6 (3 à l'aspiration et 3 au le refoulement). [1]

Elle se compose de deux parties principales montées sur un châssis ski qui sont la partie mécanique et la partie hydraulique

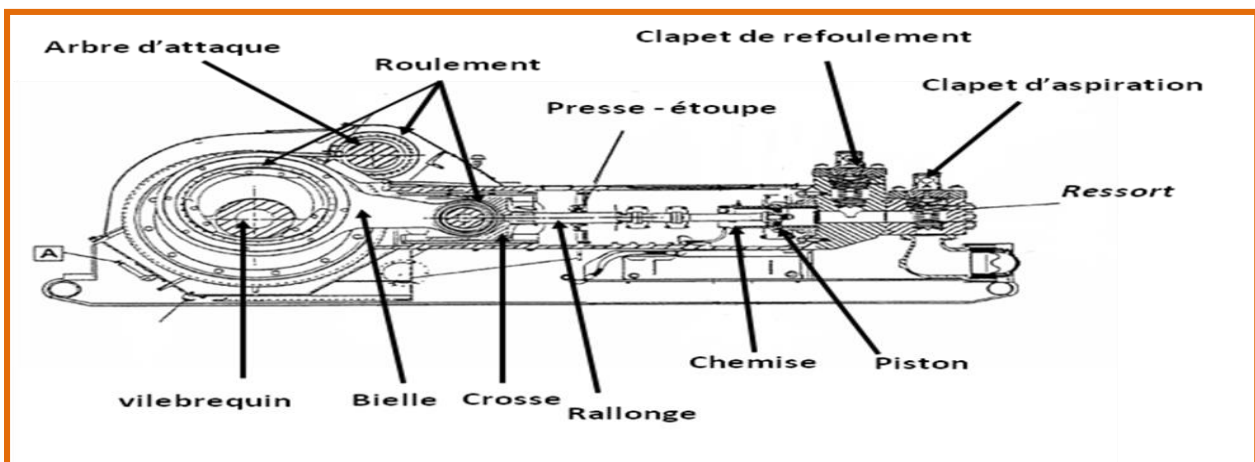


Figure I.2 : La pompe à boue 12p160 en coupe

Construction de la pompe à boue triplex à simple effet :

Comme toutes les pompes à piston triplex à simple effet, la pompe OIL-WELL 12P160 est construite de :

- ↳ La partie mécanique qui sert à transformer le mouvement de rotation au mouvement de translation alternatif communiqué au piston ; [2]
- ↳ La partie hydraulique est l'ensemble de tous les éléments qui permettent la circulation du fluide de forage. [3]

I.4.1-La partie mécanique de la pompe 12P160 :

Le côté mécanique d'une pompe à boue représente la partie la plus importante de la valeur d'achat, il doit être robuste et permettre une longue période de service sans entretiens importants en dehors de la lubrification. [2]

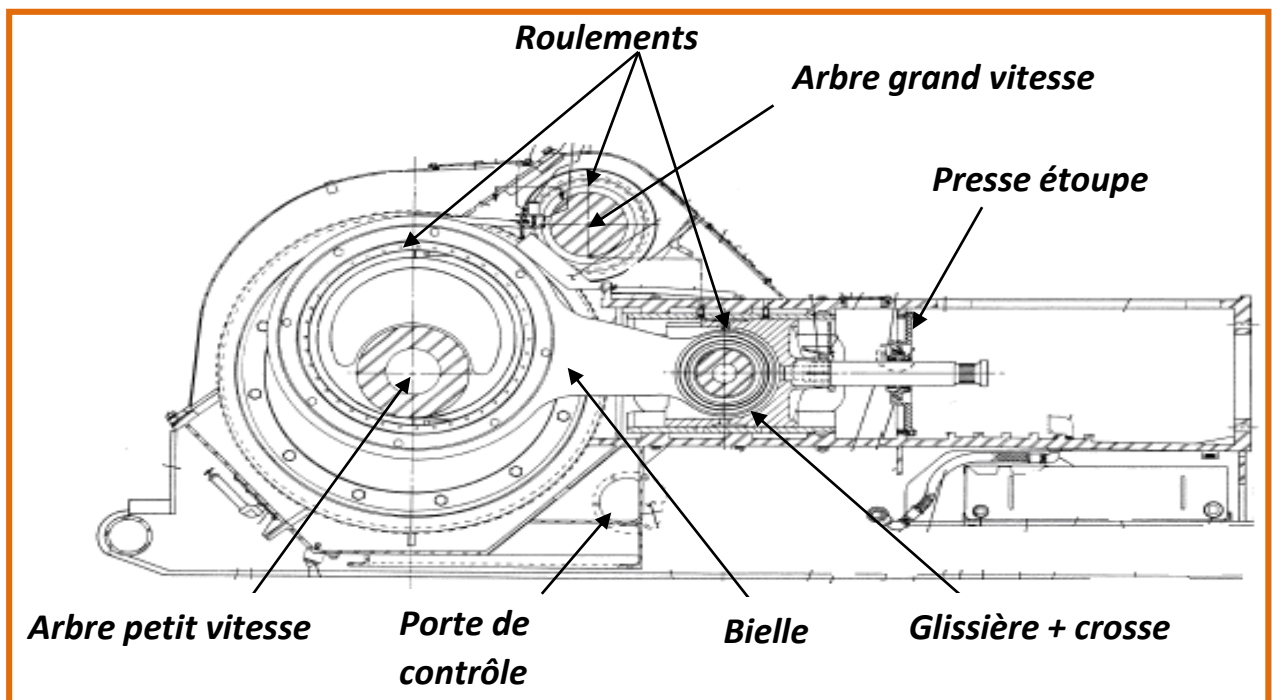


Figure I.3 : Partie mécanique de la pompe à boue 12p160

La partie mécanique de la pompe se compose des sous-ensembles suivants :

- L'arbre grand vitesse ;
- Du système bielle- manivelle ;
- L'arbre petite vitesse ou vilebrequin ;
- La crosse et la rallonge de crosse ;

- Le bâti/carter de lubrification ;
- Pompe à huile.
- Roulements.
- Le système d'entraînement (chaîne + pignon + roue dentée) ;

I.4.2 La partie hydraulique de la pompe 12P160 :

I.4.2.1-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. [6]

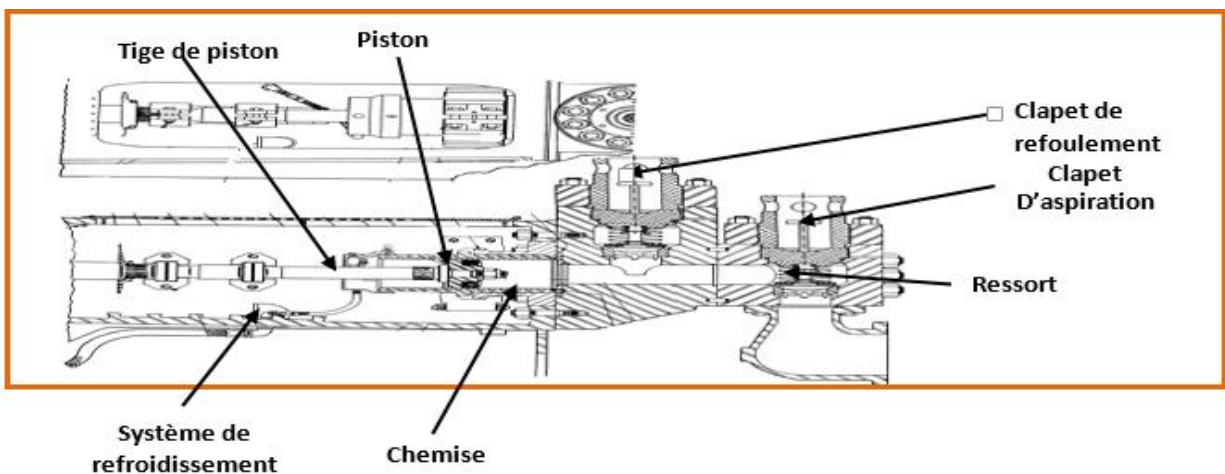


Figure I.4 : Partie hydraulique de la pompe 12P160

I.4.2.2-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 circlips en assure la fixation sur le corps. Très simple et sans traitement, le corps du piston a un alésage cylindrique qui permet un montage et surtout un démontage aisé. (Un simple joint torique assure l'étanchéité).

La tige de piston classique est éliminée pour être remplacée par une tige courte et légère dont les caractéristiques principales sont :

- L'absence de finition extérieure puisqu'il n'y a plus de presse-étoupe,
- L'absence de filetage d'extrémité côté rallonge de crosse remplacé par un talon et un clamp de montage et démontage aisé,
- Le poids et les dimensions faibles,
- Une durée de vie très longue (absence de presse-étoupe),
- Un remplacement très aisé de l'ensemble piston et tige de piston. [11]

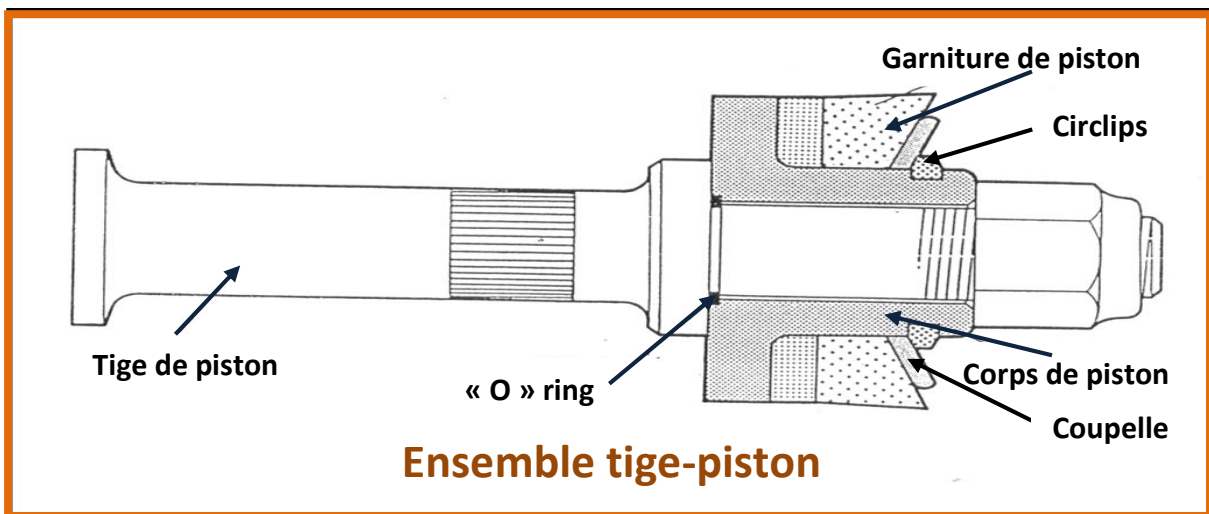


Figure I.5 : le piston et la tige de piston

I.4.2.3-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. [11]

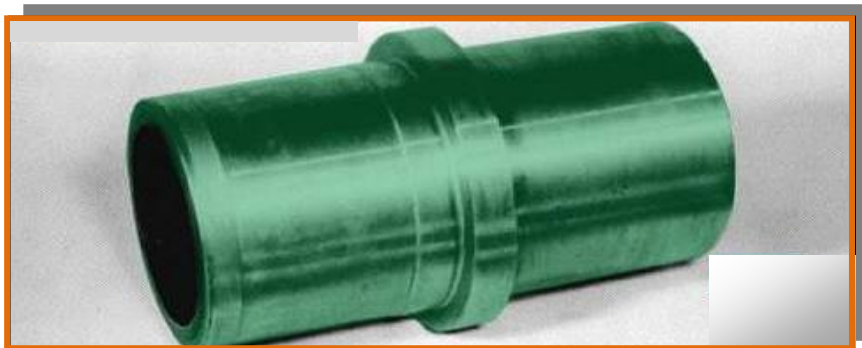


Figure I.6 : la chemise

I.4.2.4-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. [11]

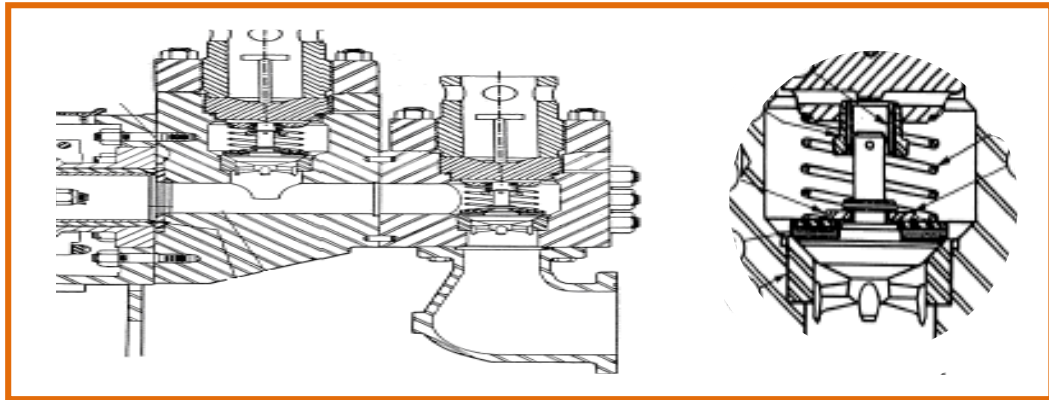


Figure I.7 : Sièges et clapets

I.5-Principe de fonctionnement

Les pompes du forage sont des pompes alternatives. Dans chaque cylindre, le piston au cours de sa course (aller pour les pompes simple effet, aller et retour pour les pompe double effet) passe par une vitesse maximum à mi-course et s'arrête en fin de course ; le débit instantané refoulé par cylindre et par la pompe (somme des débits instantanés par cylindre) est donc variable. L'amplitude de cette variation dépend du mode de fonctionnement de la pompe simple ou double effet), du nombre de cylindre (deux ou trois) ainsi que du calage des pistons les uns par rapport aux autres

I.5.1-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 (PMI), le clapet d'aspiration s'ouvre et celui de refoulement se ferme, la chemise se remplit de boue, et quand le piston arrive en fin de course et revient vers l'avant(PME), 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. [5]

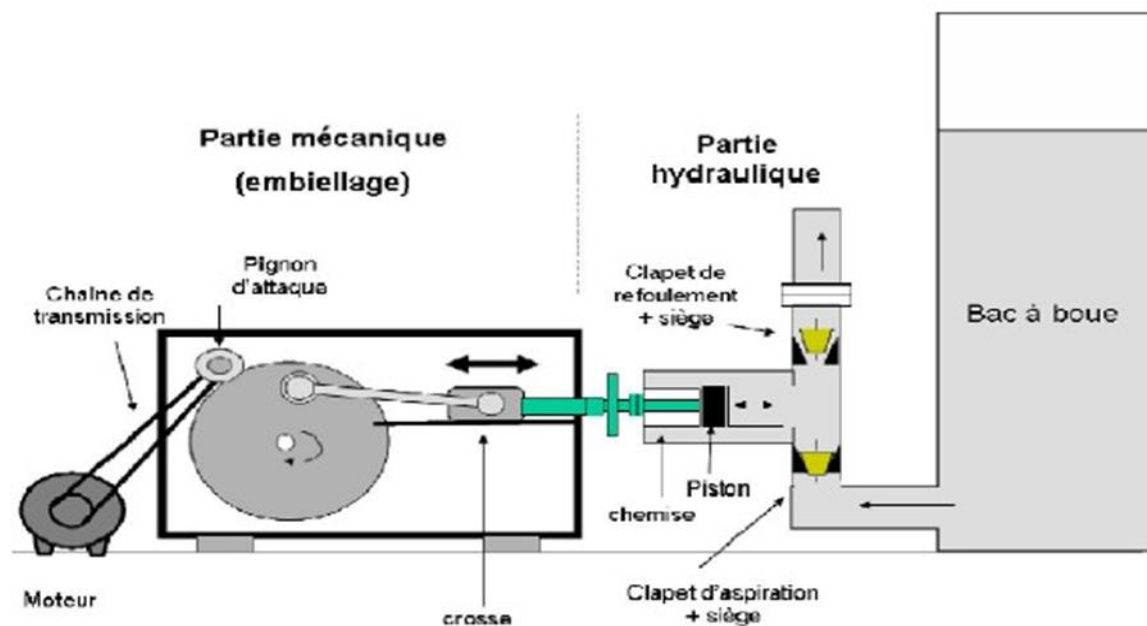


Figure I.8 : Principe de fonctionnement des pompes triplex.

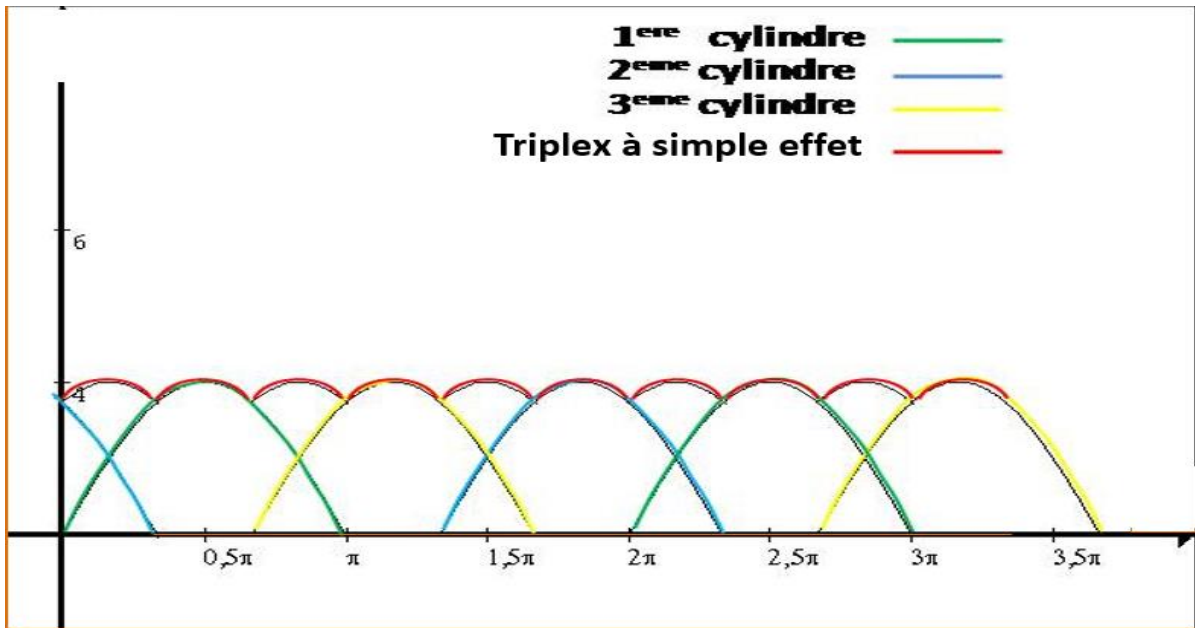


Figure I.9 : débit instantané de la pompe

I.6-Avantages et inconvénients de la pompe à boue triplex à simple effet :

I.6.1-Avantages de la pompe à boue triplex à simple effet :

- Facilité d'entretien et de surveillance. Les chemises sont apparentes, toute fuite aux pistons est vite décelée.
- Les interventions sur la pompe sont faciles et rapides du fait du faible poids des pièces d'usure, de l'absence du presse-étoupe et de la simplicité du joint de chemise.
- Souplesse dans l'utilisation qui permet :
 - ✓ Des débits importants à des pressions non négligeables.
 - ✓ Des débits faibles ou moyens à des pressions élevées.
- Faible poids et encombrement. [2]

I.6.1-Inconvénients de la pompe à boue triplex à simple effet :

- Suralimentation nécessaire à cause du mauvais remplissage. Il est donc indispensable d'avoir une bonne pompe centrifuge de suralimentation ;

- Refroidissement et lubrification de la chemise, et de l'arrière des pistons, indispensable pour toutes les pompes simple effet. [2]

I.7-Maintenance de la pompe a boue

I.7.1-Introduction à la fonction maintenance :

La fonction maintenance conditionne fortement le niveau de performance d'une installation. Son optimisation est complexe car elle doit prendre en compte différents critères parfois antagonistes comme par exemple la disponibilité et les couts.

Par ailleurs, il y a une multitude de façons de maintenir une installation. On peut jouer sur le type de maintenance, sur les types de taches, sur leur fréquence, sur le niveau d'intervention, etc.... Pour effectuer ces choix stratégiques, des méthodes permettant d'optimiser les performances des systèmes sont appliquées, parmi lesquelles l'Optimisation de la Maintenance basée sur la Fiabilité.

Les responsables de maintenance en viennent ainsi à envisager de Véritables stratégies et ne se contentent plus de surveiller et de réparer. Ils cherchent à prévoir les événements et d'évaluer les différentes alternatives qui s'offrent à eux pour exploiter au mieux les installations en fonction des contraintes techniques et budgétaires imposées.

Les décisions sont majoritairement prises sur la base d'informations qualitatives fournies par des experts et quelquefois appuyées par des données de retour d'expérience. Il serait toutefois utile de pouvoir effectuer des choix sur des critères quantitatifs décrivant les performances des programmes de maintenance.

I.7.2-Définition de la maintenance :

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou en mesure d'assurer un service rendu. Maintenir veut dire effectuer des opérations de conservation du potentiel du matériel (Dépannage, visites, graissage, réparation, modernisation). Afin d'assurer la continuité de marche et la qualité de production. [3]

I.7.3-Objectifs et importance de la maintenance :

L'expérience a montré que toute usine, entreprise ou unité de production n'est jamais bénéficiaire si elle applique une mauvaise maintenance ou elle la néglige, ceci s'explique par la

mauvaise connaissance de la vie de matériel, par la négligence des opérations d'entretien et par la manque de soucis de maintenir l'outil de production en bon état. Ces facteurs sont les causes et prolonges les unités entraînant des pertes considérables et des déficits remarquables. Pour éviter des situations pareilles et dégager des bénéfices, les responsables de l'entreprise ont compris le rôle important de la maintenance.

Parmi les nombreux objectifs de maintenance nous citons :

- De maintenir l'équipement en bon état de fonctionnement.
- D'assurer une organisation correcte des travaux de réparation selon un planning déterminé pour réduire le temps de réparation et avoir une bonne qualité.
- D'assurer en permanence la production avec des coûts de fonctionnement et d'entretien minimum.
- D'assurer une meilleure gestion de stock des pièces de rechange.

I.7.4-Type de maintenance :

On distingue deux types de maintenance :

- la maintenance préventive.
- la maintenance corrective.

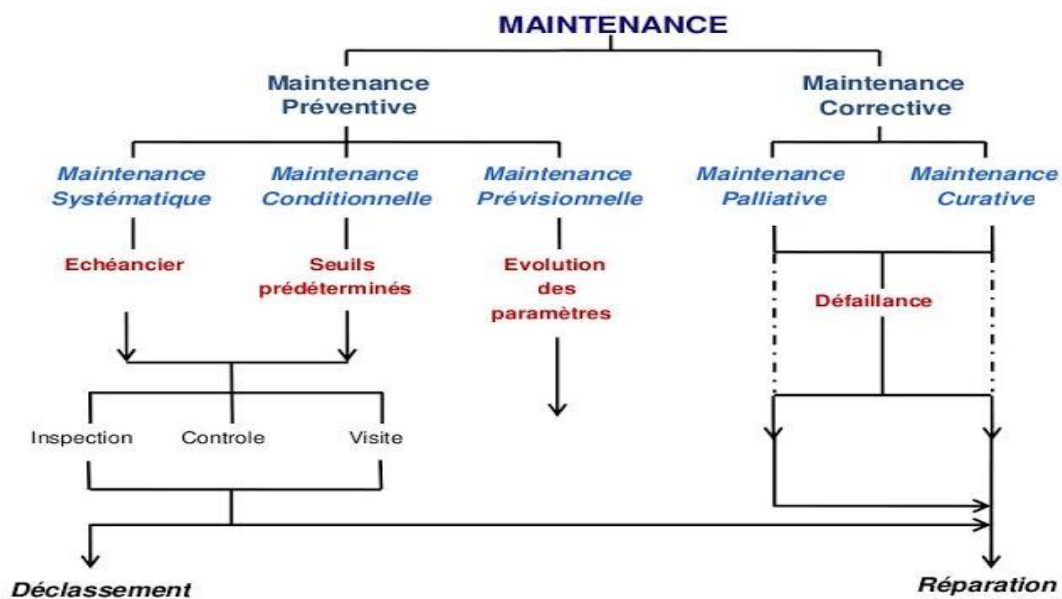


Figure I.10 : Types de maintenance

I.7.4.1-La maintenance préventive :

C'est une maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance d'un équipement ou la dégradation d'un service rendu.[3]

Les Objectifs de la maintenance préventive sont :

- ❖ Augmenter la durée de vie de matériels et de la sécurité.
- ❖ Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- ❖ Prévenir et aussi prévoir les interventions de maintenance corrective.
- ❖ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions (gestion de la maintenance).
- ❖ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiants, etc.
- ❖ Supprimer les causes d'accidents graves.
- ❖ Diminuer les travaux urgents.

Il y a deux types de maintenance préventive, qui sont les suivants :

I.7.4.1.1 -La maintenance préventive systématique :

C'est une maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage.

Condition d'application :

Ce type de maintenance nécessite de connaître :

- Le comportement de matériel.
- Les usures.
- Les modes de dégradation.
- Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) entre deux avaries.

Cas d'application :

- Equipement à la législation en vigueur (sécurité réglementée).

- Equipement dont la panne risque de provoquer des accidents graves (sécurité des biens et des personnes).
- Equipement ayant un cout de défaillance élevée.

I.7.4.1.2-La maintenance Préventive Conditionnelle :

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (auto-diagnostique, information d'un capteur, mesure d'une usure...), elle consiste à surveiller et de façon continue l'état de fonctionnement d'un équipement et son comportement avec le temps. On l'appelle aussi la maintenance prédictive.

Les Objectifs de la maintenance préventive conditionnelle sont :

- ❖ Eviter les démontages inutiles liés au systématique qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances.
- ❖ Accroître la sécurité des biens et des personnes.
- ❖ Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions.[7]

Condition d'application :

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles suivant le cas. Il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là nous pouvons décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint, mais les contrôles reste systématique et font partie des moyens de contrôle non destructif.

Cas d'application :

Tous les matériels sont concernés. Ce type de maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

I.7.4.2-La maintenance corrective :

C'est une opération de maintenance effectuée après défaillance. Elle est effectuée dont le but de maintenir le matériel dans l'état de ses performances initiales.[7]

Il existe deux types de la maintenance corrective, qui sont :

1.7.4.2.1-La maintenance palliative :

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective destinées à permettre à un bien d'accomplir provisoirement une fonction ou partie d'une fonction. Elle est appelée couramment dépannage.

1.7.4.2.2 La maintenance curative :

Est un ensemble d'activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent.

Les activités pouvant être des réparations, des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances.

I.8-MAINTENANCE DE LA POMPE A BOUE « NATIONAL OILWELL 12p160 »

I.8.1-Maintenance préventive :

La maintenance préventive systématique ou conditionnelle n'est pas utilisée pendant l'exploitation de la pompe, Elle se fait avant la panne et consiste à assurer les inspections suivantes :

- Contrôle de la qualité et le niveau d'huile dans le carter et le changer lorsqu'il est nécessaire.
- Contrôle de la température de refroidissement de l'eau.
- Contrôle de la pression de refoulement, du débit refoulé et de la vitesse de rotation par le chef de poste.
- Contrôle de la pression d'huile de lubrification.
- Nettoyage de la pompe.
- Voir les fiches de contrôle.

I.8.2-Maintenance corrective (curative) :

Elle consiste en un dépannage qui est une remise en état de fonctionnement effectuée sur site, le dépannage se fait après panne.

Le dépannage de la pompe 12p160 consiste au changement des pièces d'usure (pistons, clapets, chemises, joints, rallonge de tige, système d'étanchéité, sièges, changement de tige de piston).

I.8.3-CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DE LA POMPE A BOUE NATIONAL OILWELL 12P160 :

Les pompes de forage, fonctionnent dans des conditions rudes. La boue de forage contient des particules de terrain découpées qui provoquent une usure par abrasion des pièces en contact direct avec le liquide, car la dureté des particules est proche de celle des pièces en acier trempé de la pompe.

Le sable et la rouille sur le siège de la soupape peuvent provoquer la détérioration de la soupape. Une très petite fuite peut entraîner de grandes pertes de boue, et la pompe se détériorait avant que la fuite ne soit réparée. La dégradation de la bague d'étanchéité en caoutchouc amène la fuite du liquide à travers la soupape. La diminution du diamètre extérieur des chemises finit par le refoulement du matériau d'étanchéité dans l'espace libre et enfin engendre une dégradation graduelle de cette étanchéité.

Lorsque le traitement chimique n'est pas satisfaisant, la viscosité de la boue alourdie, augmente, ce qui altère le fonctionnement des dispositifs d'épuration de la boue de forage.

Le fonctionnement de la pompe se caractérise par des surcharges de courtes durées qui sont inévitables et se forment à des accroissements irréguliers de la pression, causés par l'éboulement des parois des puits, par les presse-étoupe dans l'espace entre tige de forage et les parois du puits, par l'obstruction des événements du trépan, ou par l'augmentation de la viscosité de la boue de forage au passage des couches argileuses, etc.

Les pompes à boue doivent être adaptées au fonctionnement dans ces conditions difficiles ; leur fonctionnement doit être sûr et la durée de service longue ; elles doivent permettre d'effectuer facilement les opérations de visite et de remplacement des pièces à usure rapide.

I.8.4-ENTRETIEN AU NIVEAU DU CHANTIER :

Avant de travailler sur une pompe et pour éviter tout accident du personnel, il faut s'assurer que :

- La pompe est bien isolée du circuit haute pression est en forage et que l'on utilise l'autre pompe.
- Les vannes à l'aspiration sont fermées, sinon risque de perte importante de boue.
- La pression du circuit de refoulement a bien été purgée.
- La pompe ne peut être embrayée accidentellement (couper ou verrouiller le système d'embrayage), placer un petit panneau ou un "autocollant" sur la commande au tableau de commande.
- Tout le matériel nécessaire se trouve sur place (palan, clé pneumatique ou à frapper, masse, etc....).
- Avant de sortir une porte de fond de cylindre, il faut dévisser le dispositif de blocage des chemises ainsi que le dispositif de serrage des joints.
- Lors du changement de chemise, il faut nettoyer à fond l'intérieur du corps de pompe, surtout la partie inférieure où il y a toujours un dépôt de sables et de baryte :
 - Vérifier que l'alésage se trouvant en face de l'anneau lanterne de chemise n'est pas bouché.
 - Graisser tout l'ensemble, chemise et joints, avant l'introduction dans le corps de pompe.
 - Le montage des tiges et pistons doit se faire à sec après dégraissage des portées coniques.
 - Les corps de piston ont une gorge dite "d'usure". Selon la profondeur de cette gorge, le piston doit être changé, etc

I.8.5-PANNES DE LA POMPE A BOUE ET LEURS REMEDES :

<i>INCIDENTS</i>	<i>CAUSE</i>	<i>REMEDE</i>
a) Baisse de pression de refoulement	1) Usure de l'ensemble du clapet. 2) Clapet totalement couvert. 3) Mauvais remplissage. 4) Fuite de fluide. 5) Manomètre défectueux.	- Remplacer celui-ci. - Eliminer 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.
b) Baisse de pression d'aspiration	1) Bas niveau d'aspiration. 2) Capacité insuffisante de la pompe de suralimentation. 3) Ecoulement lent de fluide de forage. 4) Manomètre défectueux.	- Augmenter le niveau dans le bac d'aspiration. - Eliminer les anomalies éventuelles de la pompe de suralimentation. - Eliminer les restrictions dans la conduite d'aspiration. - Le remplacer.
c) Chocs hydraulique	1) Aspiration défectueuse (existence d'air dans la conduite d'aspiration). 2) Présence d'air ou des gaz dans la boue.	- Eliminer l'air de la conduite. -Ajuster l'amortisseur d'aspiration.

d) Vibration de la conduite de refoulement	<p>1) Anomalie au niveau de l'amortisseur de pulsation.</p> <p>2) Boulons desserrés.</p> <p>3) Manque de support sous la conduite.</p>	<p>- Réparer ou recharger ou le remplacer.</p> <p>- Il faut resserrer les boulons.</p> <p>- La munir d'un support.</p>
e) Cognement dans la partie mécanique	<p>1) Rotation incorrecte de la pompe à boue.</p> <p>2) Piston-tige desserré.</p> <p>3) Rallonge de crosse desserrée.</p> <p>4) Roulements principaux usés.</p> <p>5) Axe de crosse usé.</p>	<p>-Vérifier le fonctionnement du mécanisme.</p> <p>- Vérifier et serrer.</p> <p>- Il faut les resserrer.</p> <p>- Changer.</p> <p>- Régler les guides ou les remplacer.</p>
f) haute température d'huile	<p>1) Mauvais réglage de la crosse.</p> <p>2) Roulement mal ajusté.</p> <p>3) Diminution de la pression de refoulement de la pompe à l'huile.</p>	<p>- Vérifier et ajuster les jeux.</p> <p>-Ajuster bien les bagues de roulement.</p> <p>- Réparer la pompe ou la remplacer.</p>
g) Basse pression d'huile	<p>1) Diminution de niveau d'huile,</p> <p>2) Lubrification contaminée,</p> <p>3) Fuite dans le circuit d'huile,</p> <p>4) Pompe à huile défectueuse.</p> <p>5) Crépine d'aspiration colmatée.</p> <p>6) Manomètre défectueux.</p>	<p>-Vérifier et ajouter l'huile si nécessaire.</p> <p>- Changer l'huile.</p> <p>- Eliminer toutes les fuites.</p> <p>- réparer ou remplacer celle-ci.</p> <p>- Le nettoyer et changer l'huile.</p> <p>- remplacer.</p>

h) Haute pression d'huile	<p>1) Huile contaminé.</p> <p>2) Colmatage des conduites.</p> <p>3) Manomètre défectueux.</p> <p>4) Filtres à l'huile bouchés.</p>	<p>- Changer l'huile.</p> <p>- Changer le cartouche d'huile.</p> <p>- Le remplacer.</p> <p>- Les nettoyer.</p>
i) Chemises et garniture de pistons rayés	<p>1) Excès de sable ou de matériaux étrangers dans la boue.</p> <p>2) Course de piston déréglé.</p>	<p>-Dessabler, vérifier souvent.</p> <p>-Régler la course.</p> <p>-Réparer le système d'arrosage.</p>
j) Chemise piquée	<p>1) Corrosion excessive.</p>	<p>- Monter des chemises résistantes à la corrosion.</p>
k) Usure décentrée de la chemise ou du piston	<p>1) Manque d'alignement.</p>	<p>- Vérifier l'usure de la crosse, le blocage de la tige de piston.</p>
l) Rayure de l'alésage d'une chemise	<p>1) Piston usé ou abîmé.</p> <p>2) Des pistons endommagés peuvent provoquer de telles rayures.</p>	<p>- Monter un nouveau piston et une chemise neuve.</p>
m) Portée de chemise coupée ou faussée	<p>1) la portée de cylindre peut être usée.</p> <p>2) Le sur blocage peut avoir faussé la chemise.</p>	<p>- Sortir les vis de serrage avant de bloquer la portée de cylindre.</p> <p>-Ne serrer les vis qu'en dernier lieu.</p>
n) Portée de clapet «sifflée»	<p>1) Matériaux étrangers dans la boue.</p> <p>2) Montage de vieux matériel sur du neuf.</p>	<p>- Vérifier l'usure de toutes les pièces.</p> <p>-Remplacer toutes les pièces usées.</p>
o) «sifflage» entre le siège de clapet et le corps de la pompe	<p>1) présence de sable ou de rouille derrière le siège.</p>	<p>- Vérifier que la portée du clapet n'est pas percée.</p> <p>- Le siège et la portée conique doivent être propres et secs lors de la mise en place.</p>

I.9-Conclusion

Une bonne maintenance passe toujours par la connaissance approfondie de l'équipement ainsi de ses différents organes et ses régimes de fonctionnement, et c'est ce que nous avons essayé de faire à travers cette étude.

L'étude de maintenance nous a justifié la conformité de l'équipement étudié par rapport aux spécifications dessinées. Il est à noter que le bon déroulement des opérations de maintenance et la disponibilité des pièces de rechange, ne se traduisent que par une bonne politique de maintenance.

Chapitre II

Surete de fonctionnement Et étude FMD

II.1.1-Définition et Evolution de la discipline

II.1.1.1-Définition de la sûreté de fonctionnement :

La sûreté de fonctionnement (SdF) consiste à évaluer les risques potentiels, prévoir l'occurrence des défaillances et tenter de minimiser les conséquences des situations catastrophiques lorsqu'elles se présentent.

La Sûreté de fonctionnement est appelée la science des « défaillances ». D'autres désignations existent suivant les domaines d'applications : analyse de risque (milieu pétrolier), aléatique, cyndinique (science du danger), FMDS (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité, Sécurité). Elle se caractérise à la fois par les études structurelles statiques et dynamiques des systèmes, du point de vue prévisionnel mais aussi opérationnel et expérimental (essais, accidents), en tenant compte des aspects probabilités et des conséquences induites par les défaillances techniques et humaines. Cette discipline intervient non seulement au niveau de systèmes déjà construits mais aussi au niveau conceptuel pour la réalisation des systèmes.

II.1.1.2-Evolution de la sûreté de fonctionnement :

Introduite en 1962 pour traduire le terme anglais reliability, la fiabilité est la probabilité de non-défaillance d'un équipement sur un intervalle de temps. La disponibilité se définit par la probabilité d'être en état d'accomplir sa fonction à un instant donné. Anglicisme introduit vers 1965, la maintenabilité est l'aptitude d'un système à être maintenu en état. Elle correspond à la probabilité que la remise en état d'une entité en panne soit effectuée dans un intervalle de temps.

Les mots sûreté et sécurité ont en fait la même racine étymologique (latin securus : sûr). Le terme sûreté est plutôt utilisé par les techniciens pour la conception ou l'exploitation de biens et de services pour qualifier la fiabilité et la disponibilité du fonctionnement des installations.

La Sûreté de fonctionnement s'est développée principalement au cours du 20e siècle pour être actuellement un domaine incontournable pour les industries à risques mais aussi, de plus en plus, pour toute l'industrie, en raison de sa corrélation avec la notion de qualité, les problèmes ergonomiques (relation homme-machine) et l'impact sur l'environnement.

Tableau II.1 : Disciplines de la sûreté de fonctionnement

Sûreté de Fonctionnement

Aptitude à assurer un service spécifié

Sécurité	Disponibilité		
Aptitude à ne présenter aucun danger pour les personnes, les biens et l'environnement	Aptitude à être en état de marche à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné		
	Fiabilité	Maintenabilité	Logistique de maintenance
	Aptitude à ne pas présenter des défaillances dans une durée déterminée	Aptitude à être remis en service dans une durée donnée	Politique et moyens de maintenance

II.1.2 Etude de SDF

Les études de sûreté de fonctionnement regroupent les activités d'évaluation prévisionnelle de la fiabilité, de la maintenabilité, de la disponibilité et de la sécurité d'une organisation, d'un système, d'un produit ou d'un moyen.

Ces évaluations permettent, par comparaison aux objectifs ou dans l'absolu, d'identifier les actions de conception ou d'amélioration de l'entité pour atteindre le niveau voulu.

Ces études consistent généralement à analyser les effets des pannes, dysfonctionnements, erreurs d'utilisation ou agressions de l'entité étudiée.

L'étude de sûreté de fonctionnement comporte deux volets complémentaires :

Analyse fonctionnelle va détailler la manière dont le système va opérer dans toutes ses phases de vie ainsi que les autres systèmes avec lesquels il va pouvoir interagir,

Analyse dysfonctionnelle vise à imaginer l'ensemble des défaillances pouvant survenir n'importe où dans le système, seules ou combinées entre elles, et à analyser leur impact.

Les résultats de ces deux études sont mis en commun dans une modélisation du système qui va représenter virtuellement celui-ci avant sa réalisation, tant dans son fonctionnement attendu que dans les pannes susceptibles de lui arriver.

En étudiant cette modélisation, il devient alors possible de valider ou invalider une solution technique, optimiser des choix architecturaux, remplacer des composants critiques, ceci dans le but de :

- Réduire au maximum les risques ;
- Réduire au maximum les coûts d'exploitation ;
- Tolérer, dans la mesure du possible, certaines fautes en autorisant un fonctionnement en mode dégradé sous certaines conditions.

II.1.3-Défaillances, fonctions d'un système et de ses composants

II.1.3.1-Définition de la défaillance fonctionnelle

C'est la cessation de l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise.

Une défaillance est « l'altération ou la cessation de l'aptitude d'un ensemble à accomplir sa ou ses fonction(s) requise(s) avec les performances définies dans les spécifications techniques».

L'ensemble est indisponible suite à la défaillance. La cessation de l'aptitude conduit l'entité à être dans un état appelé panne.

Un ensemble est défaillant si ses capacités fonctionnelles sont interrompues (panne ou arrêt volontaire par action d'un système interne de protection ou une procédure manuelle équivalente). Dans le cas d'une dégradation sans perte totale de la fonction, on considère qu'il s'agit d'une défaillance si sa performance tombe au-dessous d'un seuil défini, lorsqu'un tel seuil minimal est contenu dans les spécifications fonctionnelles du matériel.

Il s'ensuit qu'un ensemble est défaillant s'il est considéré ou déclaré incapable d'assurer les fonctions requises par l'exploitant utilisant des critères fonctionnels simples.

Toute étude de fiabilité implique l'acceptation de deux états totalement exclusifs le fonctionnement normal et le fonctionnement défaillant. Les passages d'un état de fonctionnement normal à un état défaillant pouvant se manifester en fonction du temps de manière progressive, soudaine ou de façon aléatoire, la fiabilité ne connaît pas la notion de défaillance partielle ou progressive.

La figure 1 représente trois cas conduisant tous à une défaillance.

Cette définition inclut de façon très explicite la perte de la fonction d'une entité et, pour cette raison, elle porte souvent à des interprétations différentes suivant les intervenants. Certains secteurs industriels, pour lever cette ambiguïté, ont dressé des listes standardisées de défaillances fonctionnelles.

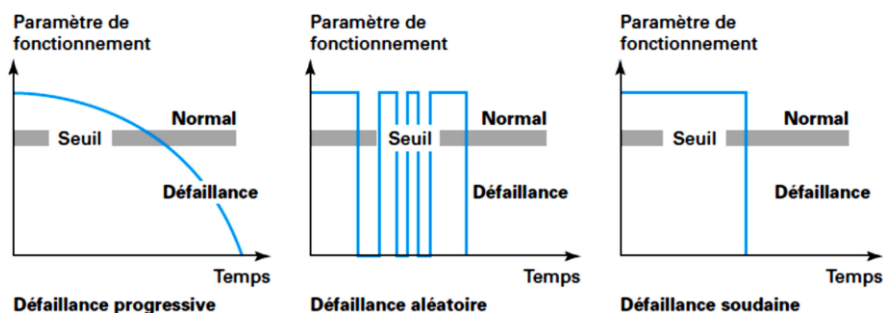


Figure II.1 : Cas de figure conduisant tous à la défaillance

On utilise généralement une échelle de gravité des effets et on considère traditionnellement 4 catégories de défaillances. Ces catégories sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau II.2 : Classification des défaillances en fonction des effets

Défaillance mineure (minor)	Défaillance qui nuit au bon fonctionnement d'un système en causant un dommage négligeable au système ou à son environnement sans présenter de risque pour l'homme
Défaillance significative (major)	Défaillance qui nuit au bon fonctionnement sans causer de dommage notable ni présenter de risque important pour l'homme
Défaillance critique (hazardous)	Défaillance qui entraîne la perte d'une (ou des) fonction(s) essentielle(s) du système et cause des dommages importants au système en ne présentant qu'un risque négligeable de mort ou de blessure.
Défaillance catastrophique (catastrophic)	Défaillance qui occasionne la perte d'une (ou des) fonction(s) essentielle(s) du système en causant des dommages importants au système ou à son environnement et/ou entraîne la mort ou des dommages corporels

La défaillance d'une entité résulte de causes de défaillance ; celles-ci sont définies comme des circonstances liées à la conception, la fabrication ou l'emploi et qui ont entraîné une défaillance. Ces causes sont le résultat d'activation d'erreur suite à des fautes

Définition Erreur : La cause de la défaillance est une erreur affectant une partie de l'état du système (par exemple, une variable erronée).

Définition Faute : La cause de l'erreur est une faute (par exemple un court-circuit sur un composant, une perturbation électromagnétique ou une faute de développement logiciel).

Définition Panne : La panne est l'inaptitude d'une entité à accomplir une mission. Une panne résulte toujours d'une défaillance.

On peut résumer les relations entre ces différents termes par :

Une faute provoque une erreur qui entraîne une défaillance (panne)

Erreur \longrightarrow faute \longrightarrow défaillance [15]

De l'erreur à la défaillance :

Une erreur est susceptible de provoquer une défaillance, mais ne la provoque pas nécessairement (ou pas immédiatement),

Parce qu'il y a une redondance interne suffisante pour que le système continue de fournir le service.

Parce que la partie erronée de l'état n'est pas utilisée pour telle ou telle fonction

Une erreur est latente tant qu'elle n'a pas provoqué de défaillance.

Le temps entre l'apparition de l'état d'erreur et la défaillance est le délai de latence (plus le délai de latence est long, plus la recherche des causes d'une défaillance est difficile).[16]

Les relations entre les notions précédentes sont décrites dans la figure 2. Les définitions sont récursives car la défaillance d'un composant est une faute pour le système qui le contient. Ainsi, les défaillances résultent souvent de phénomènes de propagations d'erreur.

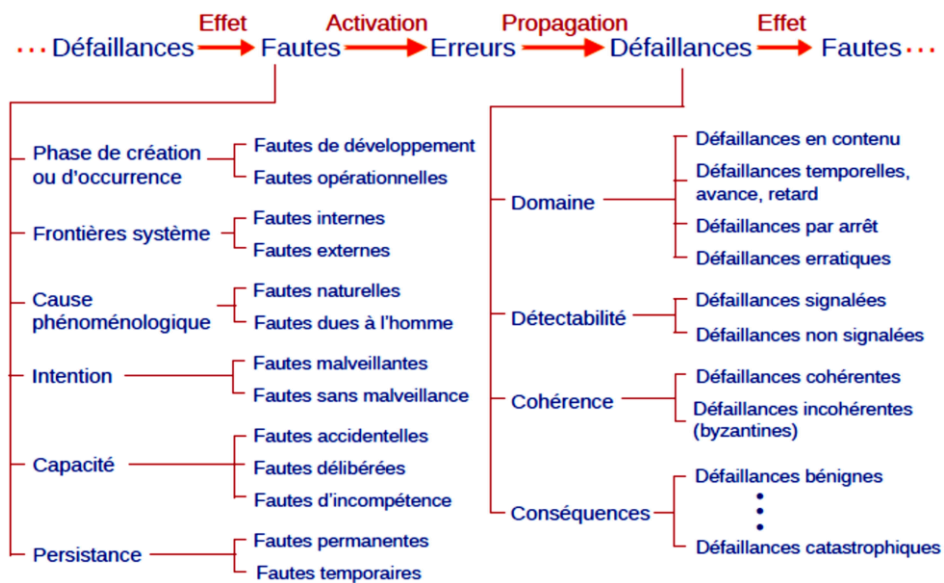


Figure II.2 : Enchaînement et propagation des erreurs [14]

Définition Mode de défaillance : Un mode de défaillance est l'effet par lequel une défaillance est observée. Plus, précisément, il s'agit d'un des états possibles d'une entité en panne pour une fonction requise donnée.

Tableau II.3 : Modes de défaillance

Mode de défaillance	Explication
Fonctionnement prématuré (ou intempestif)	Fonctionne alors que ce n'est pas prévu à cet instant
ne fonctionne pas au moment prévu	ne démarre pas lors de la sollicitation
ne s'arrête pas au moment prévu	continue à fonctionner alors que ce n'est pas prévu
défaillance en fonctionnement	

II.1.4 Fonctions

La compréhension de la notion de fonction et de ses paramètres est l'élément clé sur lequel reposent les analyses de Sûreté de fonctionnement car on recherche les éléments matériels qui vont entraîner la perte ou la dégradation des fonctions.

L'AFNOR définit une fonction comme « l'action d'une entité ou de l'un de ses constituants exprimée en termes de finalité ».

Cette définition de nature qualitative est indispensable pour décrire de façon globale une fonction. La fonction fait appel à des notions qualitatives et quantitatives.

Pour un système tel qu'un propulseur à poudre, la description de sa fonction est simple : fournir une poussée nominale de 15 t pendant 30 s. Cette définition donne ses caractéristiques en termes quantitatifs. Un moteur électrique possède une fonction de base consistant à convertir de l'énergie mécanique en énergie électrique.

Les différences entre ces fonctions sont quelquefois subtiles et l'acceptation de leur terminologie doit toujours faire l'objet d'une acceptation au sens d'une même entreprise et de ses prestataires. Pour des systèmes plus complexes, il est indispensable de classer et de hiérarchiser la nature des fonctions :

- principales
- secondaires
- de protection
- redondantes.

II.1.4.1-Fonctions principales

Une fonction principale peut se définir comme étant la raison d'être d'un bien ou d'un système défini souvent avec ses caractéristiques associées (durée, caractéristiques physiques, chimiques...).

Par exemple, une première définition générale de la fonction principale d'une chaudière est de fournir de la vapeur.

II.1.4.2-Fonctions secondaires

Dans de nombreux cas, un système assure d'autres fonctions que la fonction principale. Ces fonctions sont appelées fonctions secondaires et leur perte peut également avoir des conséquences catastrophiques.

En reprenant l'exemple de la chaudière, une fonction secondaire est de maintenir l'intégrité du confinement de la vapeur. L'existence d'une fuite ou le risque d'une explosion entraînerait une défaillance de la fonction principale. Le calorifugeage de la chaudière est une autre fonction secondaire de la chaudière ayant pour but de minimiser les pertes thermiques.

II.1.4.3-Fonctions de protection

Les fonctions de protection ont pour but de garantir, par des moyens de signalisation ou la mise en route de systèmes redondants, la sécurité des biens, des personnes et de l'environnement. Ces fonctions de protection sont assurées par des systèmes de signalisation, d'alarme ou de protection automatique.

Dans le cas d'une chaudière à vapeur alimentée par un brûleur à gaz, les soupapes de sécurité assurent une protection passive contre le risque de surpression, le système de mesure de pression et de température permet aux opérateurs de contrôler les anomalies de fonctionnement et le système de détection de gaz à l'intérieur de la chaudière a pour rôle d'éviter son explosion.

II.1.4.4-Fonctions redondantes

Dans les industries telles que celles des secteurs aéronautiques, nucléaires et spatiaux, des systèmes ou des matériels redondants (doublés, triplés ou quadruplés) sont couramment mis en œuvre pour assurer le niveau requis de sécurité ou de sûreté. Ces systèmes redondants peuvent fonctionner en permanence (redondance active) ou être en attente (redondance passive).

Dans l'industrie automobile, c'est ainsi que l'on équipe certains véhicules avec un double circuit de freinage. Pour un avion bimoteur, les deux moteurs illustrent la redondance active. En effet, en cas de panne d'un des moteurs, le propulseur restant a été conçu pour pouvoir ramener l'aéronef sur un terrain d'atterrissage avec toutes les conditions de sécurité.

II.1.5-Taxonomie

La sûreté de fonctionnement manipule un certain nombre de concepts que nous précisons dans cette partie en donnant des définitions précises. La sûreté de fonctionnement peut être vue comme étant composée des trois éléments suivants :

- Attributs : points de vue pour évaluer la sûreté de fonctionnement ;
- Entraves : évènements qui peuvent affecter la sûreté de fonctionnement du système ;
- Moyens : moyens pour améliorer la sûreté de fonctionnement.

Ces notions sont résumées dans la figure



Figure II.3 : Arbre de la sûreté de fonctionnement [14]

II.1.6-Méthodes d'analyse de sûreté de fonctionnement

Une analyse prévisionnelle de sûreté de fonctionnement est un processus d'étude d'un système réel de façon à produire un modèle abstrait du système relatif à une caractéristique de sûreté de fonctionnement (fiabilité, disponibilité, maintenabilité, sécurité). Les éléments de ce modèle seront des événements susceptibles de se produire dans le système et son environnement, tels par exemple :

1. des défaillances et des pannes des composants du système,
2. des évènements liés à l'environnement,
3. des erreurs humaines en phase d'exploitation.

Le modèle permet ainsi de représenter toutes les défaillances et les pannes des composants du système qui compromettent une des caractéristiques de SdF.

Afin d'aider l'analyste, plusieurs méthodes d'analyse ont été mises au point. Les principales sont :

1. APD Analyse Préliminaire des Dangers,
2. AMDE Analyse des Modes de Défaillances et de leurs Effets,
3. MDS Méthode du Diagramme de Succès,

4. MTV Méthode de la Table de Vérité,
5. MAC Méthode de l'Arbre des Causes,
6. MCPR Méthode des Combinaisons de Pannes Résumées,
7. MACQ Méthode de l'Arbre des Conséquences,
8. MDCC Méthode du Diagramme Causes-Conséquences,
9. MEE Méthode de l'Espace des Etats.

II.1.7-LES ENJEUX

La découverte tardive d'une erreur de conception peut induire un risque technique lourd de conséquences, et entraîner des surcoûts et des retards parfois importants pour le projet. L'apparition du risque peut aussi conduire à la mise en cause de la sécurité des personnes et des équipements, à la dégradation de l'environnement, à la perte de fonctions ou tout simplement à la dégradation de l'image de marque.

Il faut donc identifier les risques au plus tôt, dès les revues d'opportunité, dans le cycle de vie de la conception de système.

II.1.8-Cout de la sureté de fonctionnement :

Le coût d'un haut niveau de sureté de fonctionnement est très onéreux. Le concepteur doit faire des compromis entre les mécanismes de sureté de fonctionnement nécessaires et les coûts économiques. Les systèmes qui ne sont pas sûrs, pas fiables ou pas sécurisés peuvent être rejetés par les utilisateurs. Le coût d'une défaillance peut être extrêmement élevé. Le coût de systèmes avec un faible niveau de sureté de fonctionnement est illustré dans la figure ci-dessous.

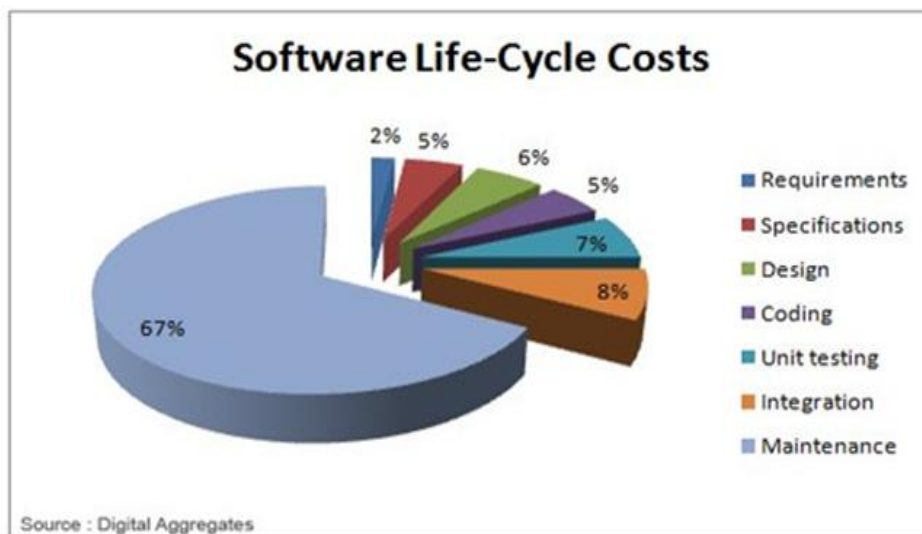


Figure II.4 – Coût de la maintenance

II.1.9-L'IMPORTANCE DE LA SURETE DE FONCTIONNEMENT DANS UNE STEP :

Le système station d'épuration est une reconstitution " industrielle " du phénomène d'autoépuration naturelle. Elle en diffère par une plus grande vitesse de réaction due à une forte concentration en micro-organismes. Il est donc stratégique de le maintenir en bon fonctionnement le long de son cycle de vie. L'importance et la complexité de ce système ne peut admettre de pertes en aucun cas les étapes de ces processus de traitement et d'épuration Il est donc primordial de rechercher la meilleure :

- fiabilité de ses systèmes,
- disponibilité de ses machines et ses ouvrages et leurs pièces de recharges,
- maintenabilité des outils d'épuration,
- sécurité des personnes et du capital industriel.

Ces valeurs que l'on regroupe sous le concept de SURETE DE FONCTIONNEMENT (être sûr) font appel à la notion de confiance. Elles se quantifient en termes d'objectif, se calculent en termes de probabilité, se réalisent en terme d'architecture et de choix de composants, se vérifient par les tests ou l'expérience

II.2.1-Fiabilité

II.2.1.1-Notion de fiabilité d'un système

Un système peut être défini comme un ensemble de composants interdépendants, conçus pour réaliser une fonction donnée, dans des conditions données et dans un intervalle de temps donné, pour chaque système, il importe de définir clairement les éléments qui le caractérisent, à savoir : la fonction, la structure, les conditions de fonctionnement, les conditions d'exploitation, et l'environnement dans lequel il est appelé à opérer.

II.2.1.2-Définition

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir les fonctions requises dans des conditions données pendant une durée donnée. Elle est caractérisée par la probabilité $R(t)$ que l'entité E accomplisse ces fonctions, dans les conditions données pendant l'intervalle de temps $[0 ; t]$, sachant que l'entité n'est pas en panne à l'instant 0.

$$R(t) = \text{Prob} *E \text{ non défaillante sur }]0; t+. [7]$$

Définition selon la NF X 06-501 : la fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation données et pour une période de temps déterminée. [8]

Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF) :

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

Taux de défaillance (λ) :

(λ) représente le taux de défaillance ou le taux d'avarie. Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps. [9]

$$\lambda = \frac{\text{nombre totale de défaillance pendant le service}}{\text{durée totale de bon fonctionnement}}$$

Moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF) :

MTBF (qui vient de l'anglais : Mean Time Between Failure) représente la moyenne des temps de bon fonctionnement entre deux défaillances d'un système réparable ou le temps moyen entre deux défaillances. [9]

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Somme des temps de bon fonctionnement entre les (n) défaillance}}{\text{Nombre d'intervention}}$$

II.2.1.3-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.

II.2.1.4-Les différents sorts de la fiabilité :

On distingue plusieurs types de fiabilité (termes spécifiques) :

- la fiabilité opérationnelle déduite de l'analyse d'entités identiques dans les mêmes conditions opérationnelles à partir de l'exploitation d'un retour d'expérience ;
- la fiabilité prévisionnelle (prédite) correspondant à la fiabilité future d'un système et établie par son analyse, connaissant les fiabilités de ses composants ;
- la fiabilité extrapolée déduite de la fiabilité opérationnelle par extrapolation ou interpolation pour des conditions ou des durées différentes ;
- La fiabilité intrinsèque ou inhérente qui découle directement des paramètres de conception. Sans modification de conception des entités, il n'est pas possible d'obtenir un niveau de fiabilité au plus égal à la fiabilité intrinsèque. [9]

• II.2.1.5-Paramètres nécessaires pour mesurer la fiabilité

- II.2.1.5.1 Densité de probabilité

La densité de probabilité de l'instant de la défaillance T s'obtient en dérivant la fonction de répartition F (t) :

$$f(t) = \frac{df(t)}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt}$$

- II.2.1.5.2 Fonction de répartitions

C'est la probabilité pour que le dispositif soit en panne à l'instant t_i

$$F(t_i) = P_r(T < t_i)$$

Notons que ces deux fonctions sont complémentaires :

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

- II.2.1.5.3 La fonction de fiabilité

Nous appelons $R(t)$ la fonction de fiabilité, qui représente la probabilité de fonctionnement sans défaillances pendant un temps (t) , ou la probabilité de survie jusqu'à un temps (t) .

La probabilité d'avoir au moins une défaillance avant le temps (t) , qui représente la probabilité cumulative des défaillances, est appelé : « probabilité de défaillance ».

- II.2.1.5.4 La MTBF

Le temps moyen jusqu'à défaillance (ou moyenne des temps de bon fonctionnement) est :

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{ temps de bon fonctionnement}}{\text{Nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}}$$

$$MTBF = \int_0^{+\infty} R(t) dt$$

II.2.1.6.1- 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. [6]

II.2.1.6.1-La loi de WEIBULL

C'est un modèle statistique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances. Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentation.

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

II.2.1.6.2-Signification des paramètres du modèle de Weibull

a. 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 $\lambda(t)$.

Courbe en baignoire

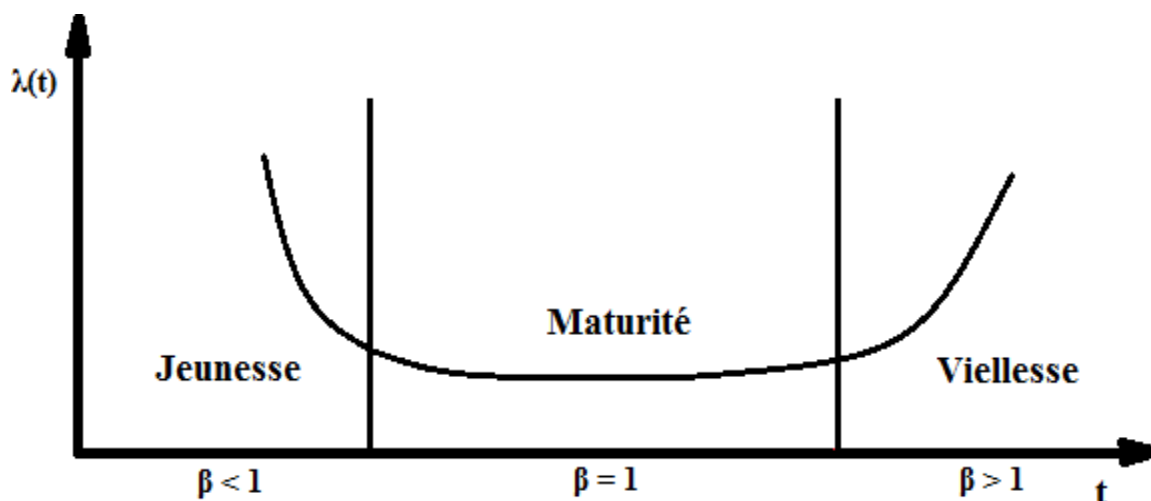


Figure II.5 : Courbe en baignoire

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

($\beta = 1$) Correspond à la zone où 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

($\beta > 1$) Correspond à la zone croissante rapide, c'est la période de vieillesse provoquée par l'usure mécanique.

b. Paramétré d'échelle

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

c. 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 $t=\gamma$.

II.2.1.6.3-Loi de Pareto et la courbe ABC :

a) Diagramme de Pareto :

Le diagramme de Pareto est un outil statistique qui permet d'identifier l'importance relative de chaque catégorie dans une liste d'enregistrements, en comparant leur fréquence d'apparition. Un diagramme de Pareto est mis en évidence lorsque 20 % des catégories produisent 80 % du nombre total d'effets. Cette méthode permet donc de déterminer rapidement quelles sont les priorités d'actions. Si on considère que 20 % des causes représentent 80% des occurrences, agir sur ces 20 % aide à solutionner un problème avec un maximum d'efficacité [10].

b) Définition de la méthode ABC :

La méthode ABC est un moyen objectif d'analyse. Elle permet de classer les éléments qui représentent la fraction la plus importante du caractère étudié, en indiquant les pourcentages pour un caractère déterminé [10].

c) 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 couts de maintenance ;
- ✓ Améliorer la fiabilité des systèmes. Justifier la mise en place d'une politique de maintenance [10].

II.2.2-Maintenabilité

II.2.2.1-Définition

Selon la norme AFNOR X60-010, la maintenabilité définit comme suit: « dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits » Il est possible de donner à la maintenabilité une définition probabiliste : « si la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions avec des moyens prescrits ». La maintenabilité dépend essentiellement de l'accessibilité, de la facilité de démontage et de remontage des éléments constitutifs et de leur interchangeabilité d'un équipement. L'indicateur essentiel de la maintenabilité d'un équipement est la MTTR (Mean Time To Repair) traduite par la (Moyenne des Temps Techniques de Réparation), la maintenabilité concerne donc les responsables de maintenance ou même titre que la fiabilité, tant pour le choix d'équipements nouveaux que pour l'amélioration éventuelle l'équipement existant. [11]

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

II.2.2.2-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. [12]

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

II.2.2.3-Amélioration de la maintenabilité

L'amélioration de la maintenabilité passe par :

- ✓ le développant des documents d'aide à l'intervention,
- ✓ l'aptitude de la machine au démontage (modification, risquant de coûter chère).

- ✓ l'accessibilité.
- ✓ l'interchangeabilité et la standardisation.
- ✓ la facilité de remplacement.
- ✓ Utilisation des systèmes d'aide au diagnostic
- ✓ Disponibilité de la documentation tenue à jour du matériel
- ✓ Utilisation des capteurs intégrés pour la localisation de la panne
- ✓ Disponibilité des accessoires outillages [10].

Il assurera de ce fait la réduction des durées de détection des pannes d'état, diminuant, ainsi que le TTR l'amélioration de la maintenabilité d'une manière considérable.

La maintenance doit améliorer la maintenabilité par les actions suivantes :

- 1- disponibilité de la documentation tenue à jour du matériel.
- 2- utilisation des systèmes d'aide au diagnostic
- 3- utilisation des capteurs intégrés pour la localisation de la panne
- 4- disponibilité des accessoires outillages [6]

II.2.3-Disponibilité

II.2.3.1-Définition

Selon la norme AFNOR X60 – 500, on peut définir la disponibilité comme 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

Pour qu'un équipement présente une bonne disponibilité, il doit :

- avoir le moins possible d'arrêts de production,
- Être rapidement remis en état s'il est défaillant.

La disponibilité relie donc les notions de fiabilité et de maintenabilité. [13]

II.2.3.2-Différents niveaux de la disponibilité

II.2.3.2-1-Disponibilité intrinsèque

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes des temps de bon fonctionnement et les moyennes de réparations, ce qui donne

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

II.2.3.2- Disponibilité opérationnelle

Pour cette mesure, sont pris en compte les temps logistiques, ce qui donne :

$$D_o = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL}$$

Avec :

MTL : moyenne des temps logistiques

II.2.3.3-Amélioration de la disponibilité :

- L'allongement de la MTBF (action sur la fiabilité).
- La réduction de la MTTR (action sur la maintenabilité).
- Fiabilité.
- Maintenabilité.
- Logistique.

II.2.4 -La relation entre MUT, MTBF, et MTTR :

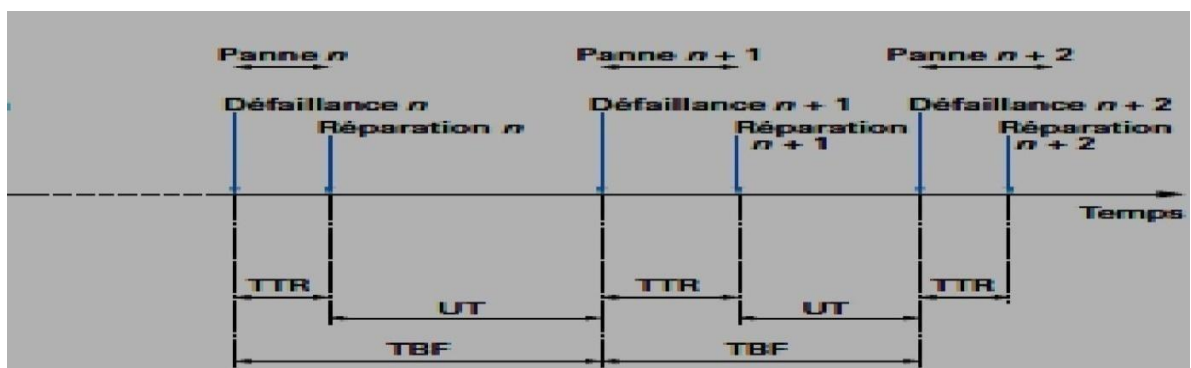


Figure II.6: Vie d'un système : évolution dans le temps.

$$MTBF = MUT + MTTR$$

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

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

II.2.5-La relation entre les notions FMD :

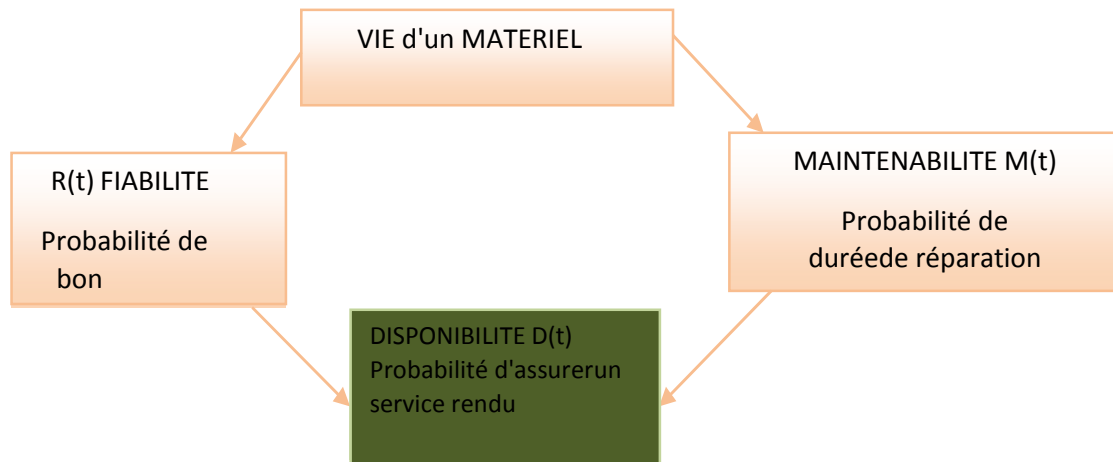


Figure II.7: La relation entre les notions FMD.

Pour qu'un matériel soit disponible il faut s'assurer que sa fiabilité est optimum et qu'il est aussi maintenable.

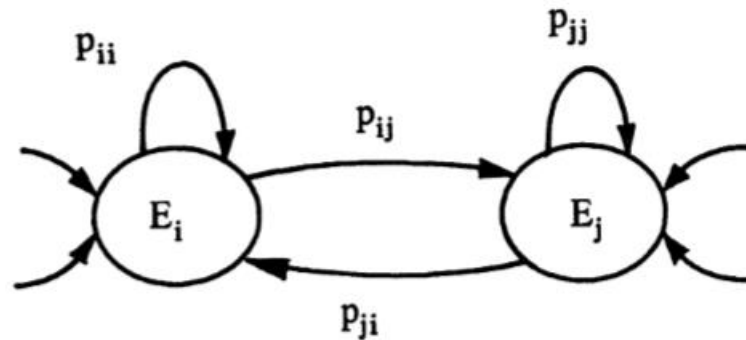
II.2.6- Modélisation de la disponibilité par la chaîne de Markov

Introduction :

Une chaîne de Markov est un processus aléatoire $(X_n)_{n \geq 0}$ dont les transitions sont données par une matrice stochastique $P(X_n, X_{n+1})$. Ces processus possèdent la propriété de Markov, c'est-à-dire qu'observés à partir d'un temps (d'arrêt) T , $(X_{T+n})_{n \geq 0}$ ne dépend que de X_T et est de nouveau une chaîne de Markov. Les états d'une chaîne de Markov peuvent être classés en deux catégories : les états transitoires, qui ne sont visités qu'un nombre fini de fois p.s., et les états récurrents, qui une fois atteints sont visités p.s. une infinité de fois, ainsi que tous les autres états dans la même classe de récurrence. Pour une chaîne de Markov irréductible récurrente, la mesure empirique et la loi marginale du processus convergent soit vers l'unique mesure de probabilité P -invariante (récurrence positive), soit vers le vecteur nul (récurrence nulle). Cette théorie s'applique en particulier aux marches aléatoires et aux modèles de files d'attente.

Généralités:

On considère un système pouvant prendre N états que nous noterons E_1, E_2, \dots, E_N . La modélisation du système consiste alors à décrire les transitions entre ces N états. Ces transitions sont, en général, d'origine aléatoire. Nous noterons $p_{ij}(Dt)$ la probabilité de passage de l'état E_i à l'état E_j entre les instants t et $t + Dt$, sachant que l'on était à l'état E_i à l'instant t .



FigureII.8 : Chaîne de Markov à deux états

Un processus est dit markovien lorsque la probabilité pour que le système soit à l'état E_j au temps $t + \Delta t$ ne dépend que de l'état où il se trouvait au temps t .

Le processus est homogène lorsque les probabilités de transition sont indépendantes du temps. Il est discret si le temps varie de façon discrète ($\Delta t = 1$) (on parle alors de chaîne de MARKOV), permanent lorsque le temps varie de façon continue. Les phénomènes pris en compte dans les études de fiabilité et de maintenabilité nous amènent à considérer plus particulièrement les processus markoviens homogènes à espace d'états fini. En effet :

- le nombre des états de marche ou de panne que peut prendre un système est fini, - les transitions entre états représentent, soit une panne, soit une réparation. Les hypothèses les plus communément utilisées en fiabilité conduisent à considérer que les durées entre pannes et les durées de réparation peuvent être décrites par des lois exponentielles (phénomènes sans mémoire). Les densités de probabilité conditionnelles P_{ij} peuvent alors être assimilées aux taux de défaillance $\lambda = 1/MTBF$ et aux taux de réparation $\mu = 1/MTTR$.

Nous pouvons illustrer cette démarche à l'aide d'un exemple simple. Considérons un système formé de deux équipements identiques en redondance active, deux réparateurs étant disponibles. On peut modéliser le système de la manière suivante :

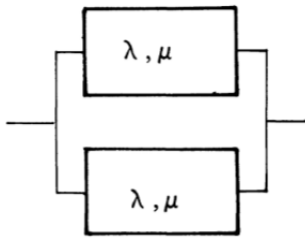


Figure II.9 Diagramme de fiabilité

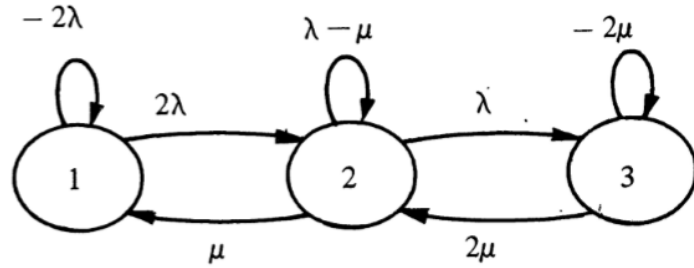


Figure II.10 Graphe de transition

Si la probabilité de se trouver à l'état (2) (un équipement en panne) à l'instant $(t + \Delta t)$ est la somme des trois probabilités composées suivantes :

- probabilité d'être dans l'état (1) (aucun équipement en panne) à l'instant t (soit $P_1(t)$) puis panne entre t et $t + \Delta t$ (soit $2\lambda \cdot \Delta t$) ;
- probabilité d'être dans l'état (2) à l'instant t sans panne $(1 - \lambda \Delta t)$ ni réparation $(1 - \mu \Delta t)$

II.2.7-Conclusion :

L'emploi des techniques de modélisation par chaînes de MARKOV présente, par rapport à des méthodes telles que la simulation, un certain nombre de limites

- La première, liée à la théorie même des processus markoviens, est l'obligation de décrire chaque variable par une distribution exponentielle. Si cette hypothèse n'est pas gênante en ce qui concerne les composants électroniques, elle interdit toute modélisation directe des composants soumis à usure (distribution de WEIBULL) ou des temps de réparation distribués généralement selon une loi log-normale (la technique des "états fictifs", que nous n'avons pas présentée, peut cependant permettre de tourner cette difficulté.
- La seconde, liée au traitement de matrices de grandes dimensions (manque de précision de certains algorithmes).
- La troisième étant la difficulté de construction du diagramme markovien pour un système aussi complexe, bien que des méthodes basées sur les réseaux de PETRI se développent actuellement et permettent de simplifier le problème.

Chapitre III :

Application et Analyse des
résultats



Chapitre III

Pour modéliser la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité de notre équipement (pompe à boue) nous avons exploité son historique des pannes suivant :

III.1-Exploitation de l'historique :

N°	La date De Panne	Heurs D'arrêt (H : m)	Début D'arrêt (H: m)	Fin D'intervention Date Et Heurs (H: m)	Temps De Bon Fonctionnement TBF
01	28/05/2013	1h	12:15	28/05/2013(13:15)	179.45
02	04/06/2013	30min	12:45	04/06/2013(13:15)	30.85
03	05/06/2013	1:30min	20:00	05/06/2013(21:30)	222.95
04	15/06/2013	30min	04:45	15/06/2013(05:15)	177.15
05	22/06/2013	3:15min	14:30	22/06/2013(17:45)	94.55
06	26/06/2013	45min / 1h	16:00 22:00	26/06/2013(16:45 / 23:00)	12
07	27/06/2013	30min / 2:30min	05:45/10:45	27/06/2013(06:15 / 13:15)	15.30
08	28/06/2013	30min	00:15	28/06/2013(00:45)	71.55
09	01/07/2013	1h	00:00	01/07/2013(01:00)	74.45
10	04/07/2013	2:15min	03:45	04/07/2013(06:00)	8026
11	07/06/2014	2h	16:00	07/06/2014(18:00)	238
12	17/06/2014	45min / 45min	16:00/20:45	17/06/2014(16:45 / 21:30)	28.7
13	18/06/2014	30min	22:00	18/06/2014(22:30)	262.65
14	29/06/2014	45min	21:15	29/06/2014(22:00)	30.45
15	01/07/2014	1:15min	04:45	01/07/2014(06:00)	40
16	02/07/2014	30min	22:00	02/07/2014(22:30)	19.9
17	03/07/2014	45min / 30min / 45min / 25min	02:15/08:00 / 12:45 / 21:00	03/07/2014 (03/08:30 / 13:30 / 21:25)	9.8
18	04/07/2014	30min / 30min	02:30 08:15	04/07/2014(03:00 / 8:45)	73.3
19	07/07/2014	30min	10:15	07/07/2014(10:45)	50.7
20	09/07/2014	1:45 / 15min	13:15/20:45	09/07/2014(15:00 / 21:00)	185.75
21	17/07/2014	30min	09:30	17/07/2014(10:00)	1243.15
22	07/03/2015	45min	05:15	07/03/2015(06:00)	2577.45
23	16/03/2015	45min	11:45	16/03/2015(12:30)	571.7
24	09/04/2015	2h	08:00	09/04/2015(10:00)	1233.3
25	30/05/2016	30min	19:30	30/05/2015(20:00)	215.15
26	08/06/2016	1h	19;15	08/06/2016(20:15)	459.45
27	20/06/2016	45min	00:00	20/06/2016(00:45)	301.6

III.2-Étude de la maintenance (FMD) (Pompe à boue "Enafor 47") :

III.2.1- La fiabilité :

a - Application du modèle de Weibull :

Tableau III.2 : Application du modèle de Weibull					
<i>Rang</i>	<i>TBF(croissant)</i>	<i>Ni</i>	$\square Ni$	<i>FTi</i>	<i>FTi %</i>
01	9.8	1	1	0.0357	03.57
02	12	1	2	0.0714	07.14
03	15.30	1	3	0.107	10.7
04	19.9	1	4	0.142	14.2
05	28.7	1	5	0.178	17.8
06	30.45	1	6	0.214	21.4
07	30.85	1	7	0.25	25.5
08	40	1	8	0.285	28.5
09	50.7	1	9	0.321	32.1
10	71.55	1	10	0.357	35.7
11	73.3	1	11	0.392	39.2
12	74.45	1	12	0.428	42.8
13	94.55	1	13	0.464	46.4
14	177.15	1	14	0.5	50
15	179.45	1	15	0.535	53.5
16	185.75	1	16	0.571	57.1
17	215.15	1	17	0.607	60.7
18	222.95	1	18	0.642	64.2
19	238	1	19	0.678	67.8
20	262.65	1	20	0.714	71.4
21	301.6	1	21	0.75	75
22	459.45	1	22	0.785	78.5
23	571.7	1	23	0.821	82.1
24	1233.3	1	24	0.857	85.7
25	1243.15	1	25	0.892	89.2
26	2577.45	1	26	0.928	92.8
27	8026	1	27	0.964	96.4

Chapitre III

A partir du papier de Weibull obtenue par le site Relyence, (Figure VI.1).

On déduire les paramètres : $\beta, \eta, \gamma, ?$

$$\beta = 0.6349$$

$$\eta = 312.3296$$

$$\gamma = 0$$

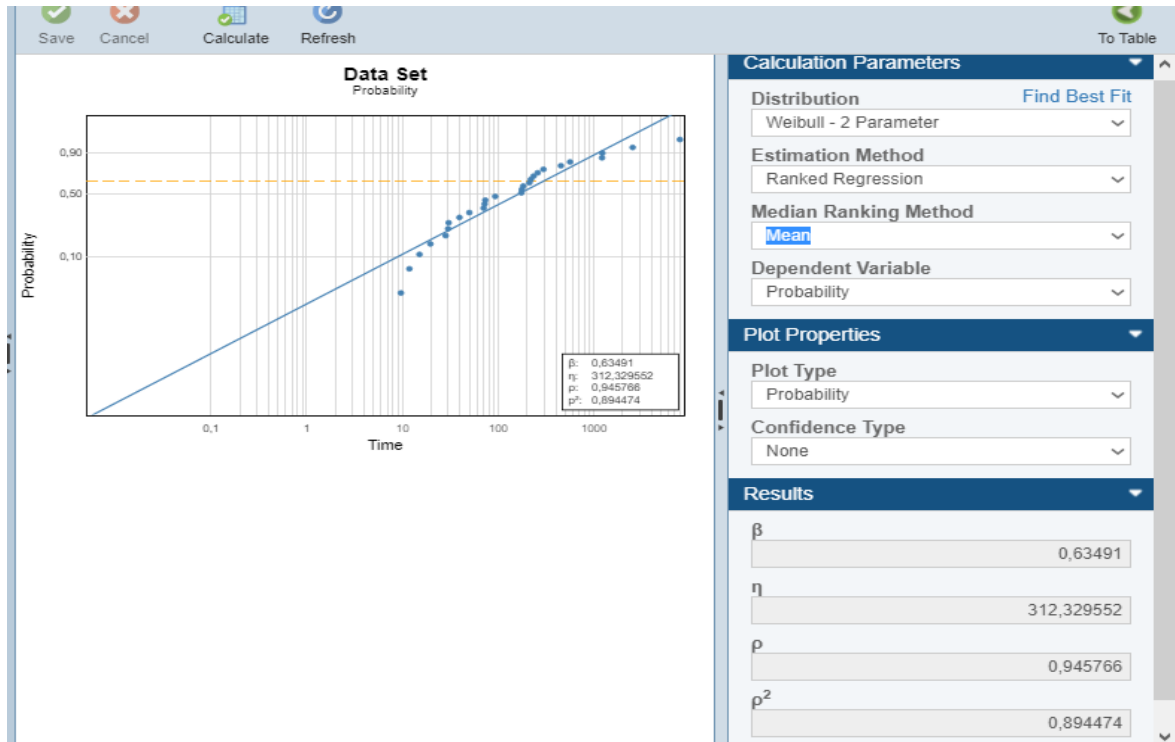


Figure III.1: Le Graphe de Weibull

b- Test de Kolmogorov Smirnov:

Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique $f_e(t_i)$ et la fonction réelle $F(t)$ et prendre le maximum en valeur absolue $D_{n,max}$. Cette valeur est comparée avec $D_{n,\alpha}$ qui est donnée par la table de Kolmogorov Smirnov. Si $D_{n,max} > D_{n,\alpha}$ On refuse l'hypothèse.

N.B

* la valeur de $D_{n,\alpha}$ est donnée par la table de Kolmogorov-Smirnov.

-Fonction de répartition :

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

<i>Rang</i>	<i>TBF (h)</i>	<i>F(t)</i>	<i>fe(ti)</i>	<i>F(t) - fe(ti)</i>
01	9.8	0.105	0.0357	0.0686
02	12	0.118	0.0714	0.0451
03	15.30	0.137	0.107	0.028
04	19.9	0.160	0.142	0.015
05	28.7	0.197	0.178	0.015
06	30.45	0.204	0.214	0.014
07	30.85	0.205	0.25	0.05
08	40	0.238	0.285	0.053
09	50.7	0.270	0.321	0.058
10	71.55	0.325	0.357	0.039
11	73.3	0.329	0.392	0.072
12	74.45	0.331	0.428	0.106
13	94.55	0.374	0.464	0.1
14	177.15	0.502	0.5	0.008
15	179.45	0.505	0.535	0.042
16	185.75	0.513	0.571	0.07
17	215.15	0.546	0.607	0.074
18	222.95	0.554	0.642	0.102
19	238	0.562	0.678	0.131
20	262.65	0.592	0.714	0.137
21	301.6	0.624	0.75	0.142
22	459.45	0.721	0.785	0.081
23	571.7	0.770	0.821	0.069
24	1233.3	0.909	0.857	0.034
25	1243.15	0.910	0.892	0.002
26	2577.45	0.978	0.928	0.03
27	8026	0.9997	0.964	0.014

Chapitre III

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

$$D_{n,\alpha} = 1.36 / \sqrt{n}$$

$$D_{n,\alpha} = D_{21, 0.05} = 0.27 \text{ (selon le tableau de Kolmogorov Smirnov)}$$

$$D_{n,\max} = 0.142 \quad \Rightarrow \quad D_{n,\max} < D_n \quad (\text{Pour La Valeur } D_n \text{)}$$

Donc le modèle de Weibull est acceptable.

Calcul de R (t), f (t), (λ) et F (t) lorsque t = MTBF :

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

A partir du Tableau numérique pour une loi de weibull selon la valeur de β

On a déduit que A=1.3632

$$MTBF = 0 + 1.3632 * 312.3296 = 432.7436 \text{ h}$$

Calcul de R (MTBF) :

$$R(MTBF) = R(9661.98) = e^{\left(-\frac{MTBF}{\eta}\right)^\beta} = 0.299$$

Calcul de F (MTBF) :

$$F(MTBF) = F(9661.98) = 1 - e^{\left(-\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = 0.701$$

Calcul de λ(MTBF) :

$$\lambda(MTBF) = \lambda(9661.98) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^{\beta-1} = 0.00180$$

Calcul de f(MTBF) :

$$f(MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right]^{\beta-1} * e^{\left(-\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = 0.00053$$

Tableau III.4 : Étude du modèle de Weibull

<i>Rang</i>	<i>TBF (h)</i>	<i>F (t)</i>	<i>R (t)</i>	<i>f (t)</i>	$\lambda(t)$
01	9.8	0.105	0.895	0.00643	0.00719
02	12	0.118	0.882	0.00588	0.00668
03	15.30	0.137	0.863	0.00527	0.00611
04	19.9	0.160	0.840	0.00466	0.00555
05	28.7	0.197	0.803	0.00390	0.00485
06	30.45	0.204	0.796	0.00378	0.00475
07	30.85	0.205	0.795	0.00376	0.00473
08	40	0.238	0.762	0.00328	0.00430
09	50.7	0.270	0.730	0.00288	0.00394
10	71.55	0.325	0.675	0.00235	0.00348
11	73.3	0.329	0.671	0.00231	0.00345
12	74.45	0.331	0.669	0.00229	0.00343
13	94.55	0.374	0.626	0.00196	0.00314
14	177.15	0.502	0.498	0.00124	0.00250
15	179.45	0.505	0.495	0.00123	0.00248
16	185.75	0.513	0.487	0.00119	0.00245
17	215.15	0.546	0.454	0.00105	0.00232
18	222.95	0.554	0.446	0.00102	0.00229
19	238	0.562	0.438	0.00098	0.00224
20	262.65	0.592	0.408	0.00088	0.00216
21	301.6	0.624	0.376	0.00077	0.00205
22	459.45	0.721	0.279	0.00049	0.00176
23	571.7	0.770	0.230	0.00037	0.00163
24	1233.3	0.909	0.091	0.000112	0.00123
25	1243.15	0.910	0.090	0.000110	0.00122
26	2577.45	0.978	0.021	0.000019	0.00094
27	8026	0.9997	0.0003	0.00000018	0.00062

Chapitre III

C-1 Fonction de densité de probabilité :

On va tracer la courbe de la densité de probabilité $f(t)$ en fonction de TBF :

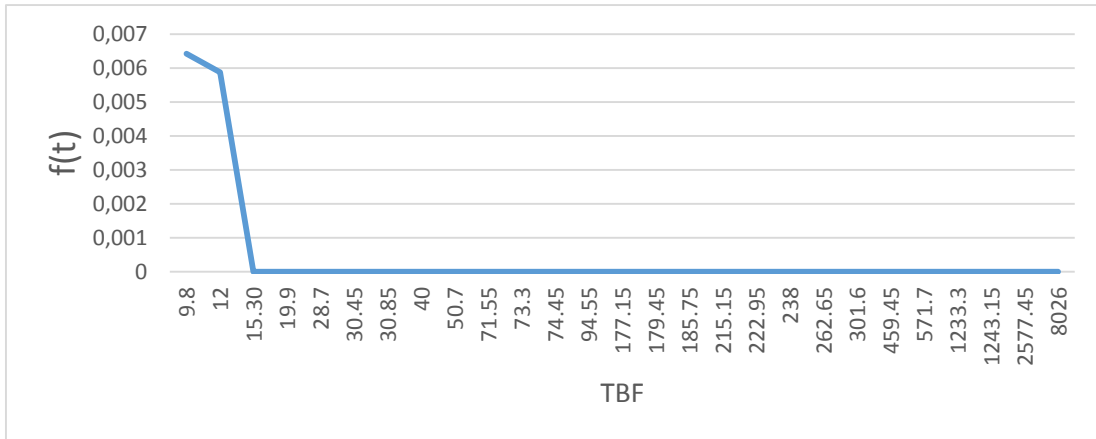


Figure III.2 : Evolution de la densité de probabilité en fonction du TBF.

Analyse de la courbe :

D'après cette courbe on remarque que la fonction $f(t)$ (densité de probabilité) diminue avec l'augmentation du TBF, ce qui implique que la probabilité de la seule avarie au temps (t) diminue successivement.

C-2 Fonction de répartition :

On va tracer la courbe de la densité de probabilité $F(t)$ en fonction de TBF :

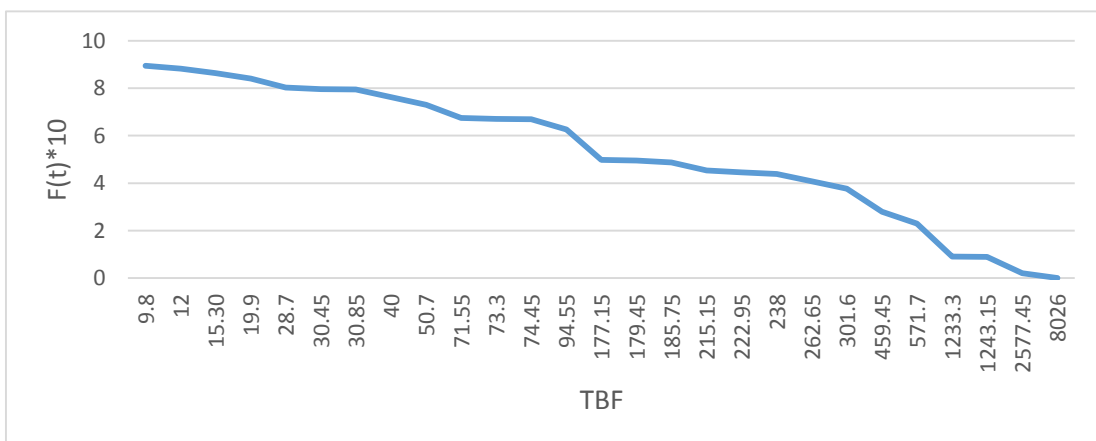


Figure III.3 : Evolution de la fonction de répartition $F(t)$ en fonction du TBF.

Chapitre III

Analyse de la courbe :

L'analyse de la (Figure III.10), montre qu'avec l'augmentation du temps de bon fonctionnement la fiabilité diminue, ce qui explique qu'il existe un mécanisme de dégradation continu. Pour une amélioration de la fiabilité de la pompe, il est nécessaire de faire une analyse approfondie des défaillances, tout en mettant un accent particulier sur les causes, les modes et les conséquences.

C-3 Taux de défaillance :

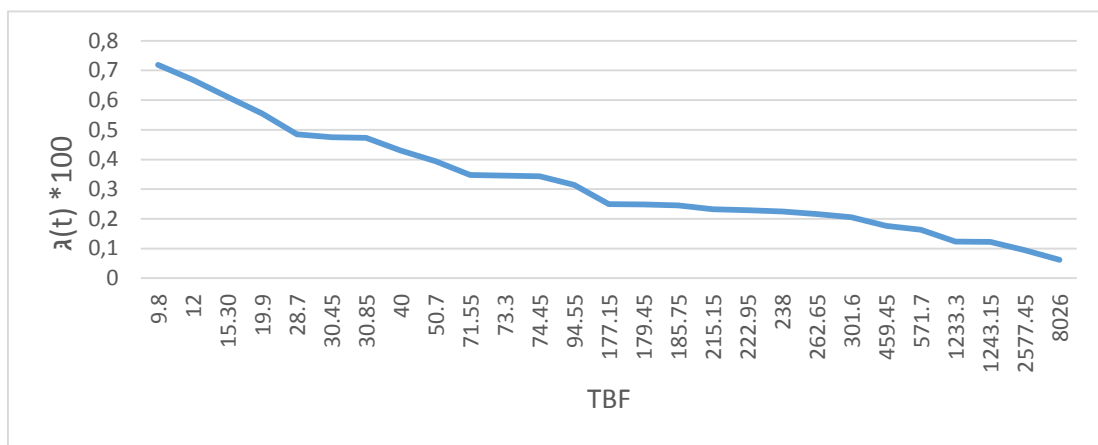


Figure III.4 : Evolution de taux de défaillance $\lambda(t)$ en fonction du TBF.

Analyse de la courbe :

Le taux de défaillance est décroissant en fonction du temps, ce qui implique que notre pompe est en zone de jeunesse.

En effet, sur la courbe de WEIBULL, il a été trouvé $\beta < 1$, donc c'est une phase jeunesse avec défaillances du type de défauts de fabrication ou de montage.

III.2.2- La maintenabilité :

$$MTTR = \frac{\text{Somme des temps de réparation}}{\text{Nombre de réparations}}$$

$$MTTR = \frac{32.93}{27} = 1.219h$$

$$\mu = \frac{1}{\text{MTTR}} = \frac{1}{1.219} = 0.82$$

$$M(t) = 1 - e^{-0.82.t}$$

III.2.2.1. Tableau de la maintenabilité :

Rang	Temps de reparation (h)	M(t)
01	30min	0.336
02	45min	0.459
03	1h	0.559
04	1:15min	0.641
05	1:30min	0.707
06	1:45min	0.761
07	2h	0.806
08	2:15min	0.841
09	2:25min	0.861
10	3h	0.914
11	3:15min	0.930

Tableau III.5 : De la maintenabilité

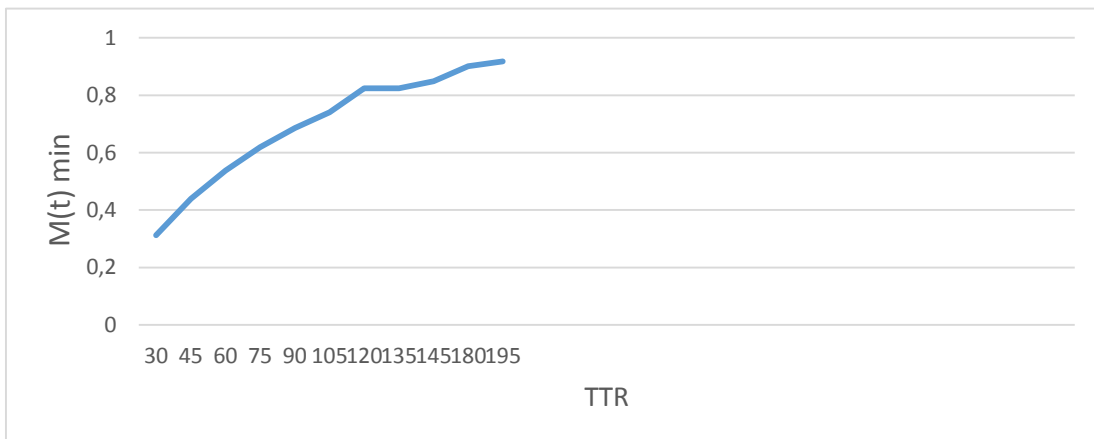


Figure III.5 : Evolution de la maintenabilité M(t) en fonction du TTR.

Analyse de la courbe :

Vu que la maintenabilité augmente rapidement et que le temps augmente mais faiblement, au moment où T=3 heures et 15 min, la maintenabilité est à 91%, cela veut dire que notre maintenabilité est acceptable et que notre pompe peut accomplir sa fonction requise.

Chapitre III

III.2.3-La disponibilité :

2.3. a Disponibilité intrinsèque :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = 0.997$$

$$D_i = 99.7 \%$$

2.3. b Disponibilité instantané :

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

$$D(t) = 0.9970 + 0.0029 \times e^{-(0.7731).t}$$

2.3.c Tableau de la disponibilité :

Tableau III.6: Tableau de la disponibilité														
$\frac{TBF}{Jours}$	0.408	0.50	0.637	0.829	1.062	1.268	1.285	1.666	2.112	2.981	3.054	3.10	3.93	7.38
$D(t)$	0.9943	0.9941	0.9938	0.9934	0.9929	0.9925	0.9924	0.9916	0.9907	0.9890	0.9888	0.9888	0.9871	0.9809
$\frac{TBF}{Jours}$	7.477	7.739	8.964	9.289	9.916	10.943	12.566	19.560	23.820	51.38	51.9	107.39	334.41	
$D(t)$	0.9807	0.9807	0.9782	0.9777	0.9767	0.9751	0.9726	0.9634	0.9587	0.9395	0.9392	0.9277	0.9252	

Chapitre III

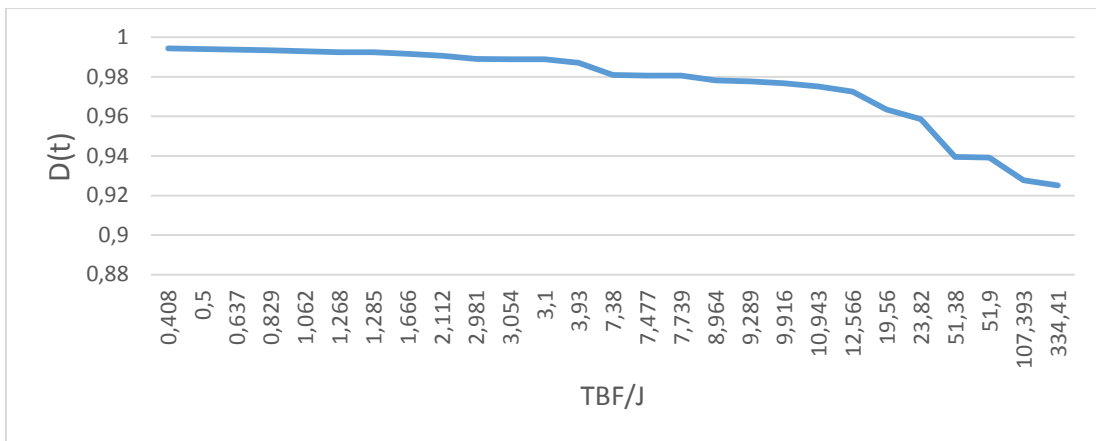


Figure III.6 : Evolution de la disponibilité M(t) en fonction du TBF/J.

Analyse de la courbe :

On voit que la courbe de disponibilité est une courbe descendante, et la disponibilité est le reflet de la fiabilité et de la maintenabilité, l'augmentation de cette caractéristique revient directement à augmenter ces deux paramètres

Dossier Historique des pannes (pompe à boue 12P160)

Rang	TBF (h)	TTR (h)	F(t) (%)	R (t) (%)	$\lambda (t) 10^{-4}$
1	720	96	8,33	91,67	1,36
2	2160	108	20,23	79,77	1,27
3	2880	114	32,14	67,86	1,12
4	5760	48	44,04	55,96	1,01
5	6480	87	55,95	44,05	1
6	7200	56	67,85	32,15	0,988
7	16700	24	79,76	20,24	0,878
8	21600	67	91,66	8,34	0,876

A partir du papier de Weibull obtenue par le site Relyence.

On déduire les paramètres : $\beta, \eta, \gamma, ?$

$$\beta = 0.8628$$

$$\eta = 8880.8306$$

$$\gamma = 0$$

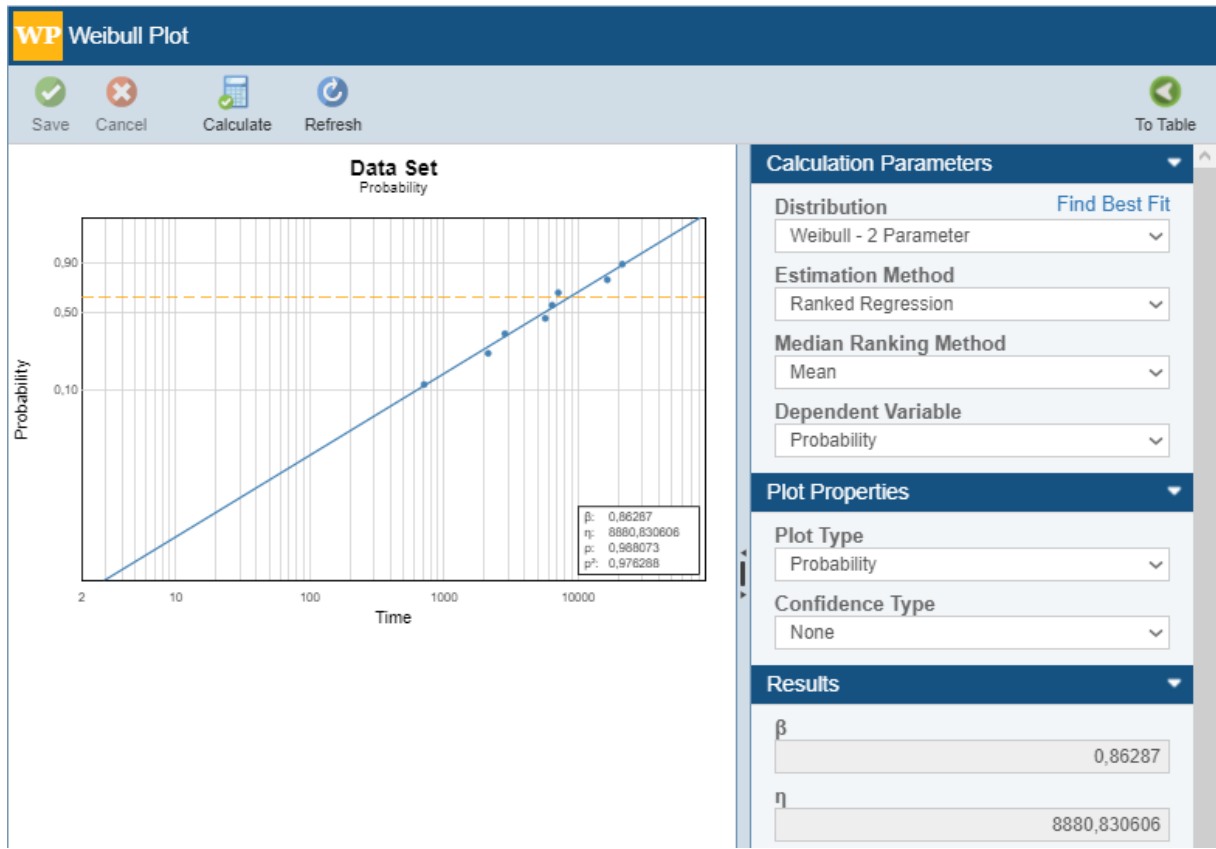


Figure III.7 graphe de Weibull

On remarque que la valeur du paramètre de forme b est inférieure à 1 ce qui signifie qu'on est dans la zone de jeunesse ce qui est justifié par le fait que la maintenance appliquée sur ce matériel est de type préventive ce qui permet de remettre à neuf l'état du bien et donc de le conserver son état générale durant la période de service.

Calcul de $R(t)$, $f(t)$, (λ) et $F(t)$ lorsque $t=MTBF$:

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

A partir du Tableau numérique pour une loi de Weibull selon la valeur de β On a déduit que $A=1.0876$

$$MTBF = 0 + 1.3632 * 8880.8306 = 9661.98 \text{ h}$$

Chapitre III

Calcul de R (MTBF):

$$R(MTBF)=R(9661.98)=e^{\left(-\frac{MTBF}{\eta}\right)^{\beta}} = 0.27$$

Calcul de F (MTBF):

$$F(MTBF)=F(9661.98)=1 - e^{\left(-\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} = 0.729$$

Calcul de λ (MTBF)

$$\lambda(MTBF)=\lambda(9661.98)=\frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta}\right]^{\beta-1} = 0.92 * 10^{-4}$$

Calcul de f(MTBF):

$$f(MTBF)=\frac{\beta}{\eta} \left[\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right]^{\beta-1} * e^{\left(-\frac{MTBF}{\eta}\right)^{\beta}} = 0.26 * 10^{-4}$$

La maintenabilité :

$$MTTR = \frac{\text{Somme des temps de réparation}}{\text{Nombre de réparations}}$$

$$\text{Donc } MTTR = \frac{600}{8} = 75 \text{ h}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{75} = 0.001$$

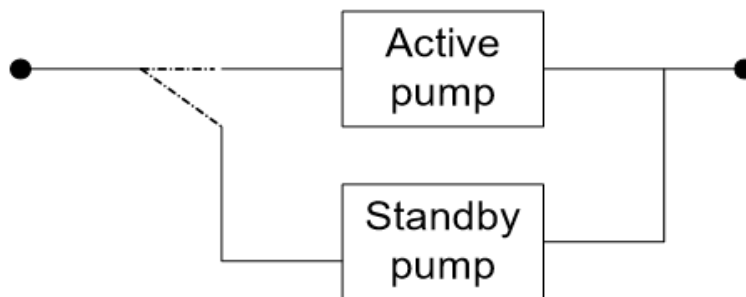
$$M(t) = 1 - e^{-0.01.t}$$

2.3.1. Tableau de la maintenabilité :

Rang	Temps de réparation (h)	M(t)
01	24	0.268
02	48	0.464
03	56	0.517
04	67	0.581
05	87	0.677
06	96	0.712
07	108	0.754
08	114	0.772

III.3-Utilisation de la chaine de Markov:

À titre d'exemple motivant, nous envisagerons un système comprenant une pompe active et une pompe de secours en veille froide. Si la pompe active tombe en panne, le support par pompe est démarré et continue de faire le devoir. La pompe active défectueuse est ensuite réparée. Si la pompe de secours, qui fonctionne maintenant, tombe en panne pendant la réparation de la pompe défaillante, nous aurons une défaillance du système. La situation est illustrée dans la figure ci-dessous :



FigureIV.8 : système de pompage comprenant une pompe active et une pompe standby

Afin d'analyser ce système, nous définissons les différents états pour chaque composant, et pour le système. Pour les composants (pompes), nous utilisons la notation suivante pour le composant i

$$X_i = \begin{cases} 1 & \text{si le composant } i \text{ fonctionne} \\ 0 & \text{si le composant } i \text{ ne fonctionne pas} \end{cases}$$

Le système en tant que tel peut avoir plus de deux états, et nous commençons habituellement la numérotation avec le nombre le plus élevé (tous les composants fonctionnent), jusqu'à 0 ce qui représente que tous les composants sont dans un état de défaut. Dans l'exemple, laissez x_1 indiquer l'état du composant 1 (pompe active), x_2 l'état du composant 2 (pompe de secours), et x_S dénote l'état du système. Ensuite, la combinaison suivante d'états semble pertinente :

Tableau III.7 : les cas possibles de système

Etat de système	Etat de pompe		Résultats
	X1	X2	
2	1	1	Les deux pompes fonctionnent
1	0	1	La pompe active est en panne et la pompe de secours fonctionne
0	0	0	Les deux pompes sont en panne

Pour ce système, nous avons supposé que si la pompe active tombe en panne, la pompe de secours pourrait tous les sens être démarré, En outre, nous supposons que si les deux pompes ont échoué, ils seront tous deux réparés avant que le système est remis en service. La transition entre les différents states système sont maintenant décrites par les taux de défaillance et de réparation. Introduire :

λ_1 = taux de défaillance de la pompe active

λ_2 = taux de défaillance de la pompe de secours (pendant le fonctionnement, $\lambda_2 = 0$ en position de veille)

μ_1 = taux de réparation de la pompe active ($1/\mu_1$ = Temps moyen de réparation lorsque la pompe active a échoué)

μ_b = lorsque les deux pompes sont en état de défaut. C'est-à-dire que nous supposons que si la pompe active a échoué, et une réparation avec le taux de réparation μ_1 est commencé, on va « recommencer » avec le taux de réparation μ_B , si la pompe de secours échoue également, indépendamment de « combien » ont été réparés sur la pompe active

Considérez le système de pompe à la figure (IV.7). Supposons que lorsque la pompe active tombe en panne, il y a une probabilité constante $p = 0,1$ que la pompe de secours ne démarre pas. Dessinez le diagramme de Markov et installez la matrice de transition. Notez les hypothèses que vous faites

III.4-Probabilités d'état stables

Que le vecteur $[P_0, P_1, \dots, P_r]$ représente le temps moyen que le système est dans les différents états du système. C'est-à-dire P_0 est fraction moyenne du temps que le système est dans l'état 0, P_1 est fraction moyenne du temps le système est dans l'état 1 etc.

Chapitre III

Les éléments $P = [P_0, P_1, \dots, P_r]$ sont également notés probabilités d'état stable pour indiquer que dans la situation stationnaire P_i représente la probabilité que le système est dans l'état i . Il peut être démontré que P est la solution de l'équation matricielle suivante :

$$P A_1 = b \dots\dots\dots(0).$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & \dots & 1 \\ a_{10} & a_{11} & \dots & 1 \\ \vdots & & & \\ a_{r0} & a_{r1} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

est la matrice de transition ordinaire, mais avec la colonne la plus à droite remplacée par une seule, et $b = [0, 0, \dots, 0, 1]$ est un vecteur de zéros r et un numéro un sur la dernière position. Nous préférons résoudre (0) analytiquement, de sorte que les P_i peuvent être écrits comme une fonction explicite des taux de transition

. Dans l'exemple que nous avons :

$$\begin{bmatrix} P_0 & P_1 & P_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\mu_b & 0 & 1 \\ \lambda_2 & -\lambda_2 - \mu_1 & 1 \\ 0 & \lambda_1 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

On a :

$$P_0 * \mu_b + P_1 * \lambda_2 = 0 \dots\dots\dots(1)$$

$$P_1 * (-\lambda_2 - \mu_1) + P_2 * \lambda_1 = 0 \dots\dots\dots(2)$$

$$P_0 + P_1 + P_2 = 3 \dots\dots\dots(3)$$

D'après l'équation (1) :

$$P_0 = P_1 * \frac{\lambda_2}{\mu_b} \dots\dots\dots(4)$$

D'après l'équation (2) :

$$P_2 = \frac{P_1 * (\lambda_2 + \mu_1)}{\lambda_1} \dots\dots\dots(5)$$

Chapitre III

En remplace (1) et (2) dans (3) :

$$P_1 \frac{\lambda_2}{\mu_B} + P_1 + \frac{P_1 * (\lambda_2 + \mu_1)}{\lambda_1} = 1$$

$$P_1 = \frac{\mu_B \lambda_1}{(\lambda_2 + \mu_B) \lambda_1 + (\lambda_2 + \mu_1) \mu_B}$$

D'après l'équation (4) :

$$P_0 = \frac{\mu_B \lambda_1 \lambda_2}{[\lambda_1(\mu_B + \lambda_2) + (\lambda_2 + \mu_1) \mu_B] \mu_B}$$

$$P_0 = \frac{\lambda_1 \lambda_2}{(\lambda_2 + \mu_B) \lambda_1 + (\lambda_2 + \mu_1) \mu_B}$$

D'après l'équation (5) :

$$P_2 = \frac{\mu_B (\lambda_2 + \mu_1)}{(\lambda_2 + \mu_B) \lambda_1 + (\lambda_2 + \mu_1) \mu_B}$$

Application :

On a $\mu_1 = 0.82$

$\lambda_1 = 0.0023$

$\mu_2 = 0.01$

$\lambda_2 = 0.0001$

Donc :

$$P_0 = 2.79 * 10^{-5}$$

$$P_1 = 2.79 * 10^{-3}$$

$$P_2 = 0.997$$

III.5-Conclusion :

L'analyse de la FMD des pompes ont démontrés que la fiabilité est très faible car le résultat obtenu est de 29,9% et 34.1%. Ce résultat est dû à plusieurs phénomènes (causes) qui ont influencé le comportement des pompes.

La maintenance conditionnelle représente la politique optimale qui assurera :

- ✓ La surveillance des paramètres significatifs de la pompe (vibrations, température, débit...).
- ✓ L'identification des pannes.
- ✓ La planification des dates d'interventions.
- ✓ La préparation des pièces de rechange.

Pour cela les outils de diagnostic tels que l'analyse vibratoire, l'infrarouge...etc. sont nécessaires.

Plus la maintenabilité accroît plus la fiabilité augmente. Dans ce cas la disponibilité est acceptable.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Au terme de notre étude, nous pouvant constater et conclure qu'il est très important de définir les causes de la panne et comprendre les phénomènes de défaillances et de dégradation des matériels. Ceci va permettre avec exactitude la connaissance et la compréhension du comportement de la fiabilité et de la disponibilité de l'équipement étudié, ce qui va nous faciliter de choisir la meilleure politique de maintenance, qui donne la possibilité de réduire les temps d'arrêts, l'indisponibilité et les coûts de maintenance, tout ça pour concrétiser une meilleure organisation de maintenance.

L'équipement pompe à boue triplex à simple effet objet de notre mémoire fin d'étude est l'élément principal du système de circulation cela justifie toute l'attention que nous lui accordons pour une politique de maintenance appropriée aux spécifications et à l'environnement du travail. Le choix de cette politique est subordonné au bon déroulement de maintenance préventive et à la disponibilité de la pièce de rechange.

L'étude et l'analyse FMD d'un équipement sont utiles pour connaître l'état de ce dernier. L'exploitation des données d'une machine (Historique) permet aux techniciens d'analyser et d'organiser des méthodes de réduction de la probabilité de défaillance et prendre de décisions strictes.

Enfin l'analyse FMD d'une façon générale est très importante dans l'amélioration des équipements qui participent à la production de produits de bonne qualité qui assurent l'évolution et la compétitivité de l'entreprise.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] IAP (Institut Algérien du Pétrole) «les fonctions levage- rotation- pompage et circulation», Cours de forage.
- [2] ENAFOR, Document sur la pompe à boue sur chantier ENF 47.
- [3] P.MOTARD « Forage rotary ; les circuits hydrauliques », édition, juin 1974.
- [4] NGUYEN Jean-Paul, « forage », l'institut français du pétrole, édition 1993.
- [5] SLIMANI et DADDOU. Forage Module : M1, édition Mars 2004.
- [6] Jean Héng, Pratique de la maintenance préventive, DUNOD, Paris, 2002.
- [7] A.villemeur sûreté de fonctionnement de systèmes industriel : fiabilité, facteurs humains, informatisation eyrolles, paris 1988.
- [8] "Manuel de maintenance", NAPHTOGAZ, HMD, (2001).
- [9] Baptiste TRAJIN : « Analyse et traitement de grandeurs électriques pour la détection et le diagnostic de défauts mécaniques dans les entraînements asynchrones ».Thèse de l'université de TOULOUSE. 2009.
- [10] Jaques Morel : « Surveillance vibratoire et maintenance prédictive ».Technique de l'ingénieur R6100.
- [11] FD X 60-000 Fonction maintenance-FHPAD Neuilly sur seine.
- [12] LANNOY A. « Analyse quantitative et utilité du retour d'expérience pour la maintenance des matériels et la sécurité », édition Eyrolles, 1996.
- [13] A.BELHOMME, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011.
- [14] J.C. Laprie Guide de la sûreté de fonctionnement, Cépadues, 1996, 380 p.
- [15] G. Rubino, 2006 --- Introduction à la sûreté de fonctionnement, cours.
- [16] S. Krakowiak, 2003-2004.cours université Joseph Fourier-grenoble1.

Résumé

La technologie de forage des puits de pétrole et de gaz nécessite l'emploi d'un matériel complexe et des outils modernes, ainsi qu'une grande quantité de matériaux, tubes, ciments, réactifs chimiques, etc....

La pompe à boue, étant l'un des principaux équipements utilisés dans le forage des puits, joue un rôle primordial dans la circulation du fluide du forage à haute pression et de fourniture d'un débit nécessaire à la réalisation d'un puits de forage.

Par conséquent, le but de notre travail consiste en une description générale de la pompe à boue et la réalisation d'une étude **FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité)** en utilisant le modèle de Weibull, pour aboutir à une interprétation des graphes obtenus. On essayera de proposer un programme de maintenance efficace afin d'améliorer les performances et augmenter la durée de vie de cette dernière, ainsi qu'éviter l'endommagement et l'arrêt fréquent de la pompe qui a des répercussions néfastes sur la production de l'entreprise.

Abstract

The drilling technology of oil and gas wells requires the use of complex equipment and modern tools, as well as a large quantity of materials, tubes, cements, chemical reagents, etc. ...

The mud pump, being one of the main equipment used in the drilling of wells, plays an essential role in the circulation of the drilling fluid at high pressure and in providing a flow rate necessary for the realization of a wellbore.

Therefore, the goal of my work consists of a general description of the mud pump and the realization of a maintenance study (Reliability, maintainability, availability) using the Weibull model, to lead to an interpretation of the graphs obtained. We will try to propose an effective maintenance program in order to improve the performances and increase the life of our equipment, as well as to avoid the damage and the frequent stopping of the pump, which has to intensify the harmful effects on the production of the enterprise.

المخلص

تتطلب تقنية حفر آبار النفط والغاز استخدام معدات معقدة وأدوات حديثة، فضلاً عن كمية كبيرة من المواد والأنابيب والأسمت والكواشف الكيميائية، تلعب مضخة الطين باعتبارها واحدة من المعدات الرئيسية المستخدمة في حفر الآبار، دوراً أساسياً في تدوير مائع الحفر عند الضغط العالي وفي توفير معدل التدفق الضروري لتحقيق حفرة البئر. لذلك، فإن الهدف من عملي يتكون من وصف عام لمضخة الطين وتنفيذ دراسة الصيانة (الموثوقية، الصيانة، التوفر) باستخدام نموذج Weibull، لتفسير الرسوم البيانية التي تم الحصول عليها. سنحاول تقديم برنامج صيانة فعال لتحسين الأداء وزيادة من عمر المضخة وكذلك لتجنب التلف والتوقف المتكرر للمضخة مما يؤثر سلباً على إنتاج الشركة.

