

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERSCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT : GENIE ELECTRIQUE
N° : MEI°4



FILIERE : ELECTROMECHANIQUE
OPTION : MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS
INDUSTRIEL

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Professionnel**

Par :

**HADJ DOUDOU Yassir
RAEA Sharif Ali Ali Abdullah**

Intitulé

**Etude et amélioration de la disponibilité
d'un système électromécanique**

Soutenu devant le jury composé de :

Mr. DEFDAF Mabrouk	Université MED BOUDIAF. MSILA	Président
Pr. ZINE GHEMARI	Université MED BOUDIAF. MSILA	Rapporteur
Mr. MABRAK SAMIR	Université MED BOUDIAF. MSILA	Examineur

Année universitaire : 2020 /2021

REMERCIEMENT

**Je remercie avant tout ALLAH qui m'a donné la force, la
volonté et le moral pour accomplir mes études.**

**Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants du
département de génie électrique et l'ensemble des membres
du jury et spécialement notre encadreur**

Pr. ZINE GHEMARI.

**En fin, on remercie tout le personnel de la station de
pompage de M'sila (SP3_M'sila) qui nous a aidé pour rendre
ce travail effectif.**

DEDICACE

Nous dédions ce mémoire à nos parents qui nous ont soutenus tout au long de nos études et à toutes nos familles, les frères et les amis et notre encadreur.

Notre dévouement s'adresse également à ceux qui ont participé directement ou indirectement à l'aboutissement de nos efforts.

Table des matières

Remerciement.....	
Dedicace	
Table de matière	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Glossaire.....	
Introduction générale.....	1

CHAPITRE I

Généralité sur la maintenance

I.1. Introduction.....	4
I.2. Définition de la maintenance (norme NF EN 13306).....	4
I.3. Les objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000).....	4
I.4. Le rôle de la maintenance	5
I.4.1.Prévisions à long terme (au-delà d'une année)	5
I.4.2.Prévisions à moyen terme (dans l'année en cours)	5
I.4.3.Prévisions à courts termes	5
I.5.La stratégie de maintenance (normes NF EN 13306 & FD X 60-000)	5
I.6.Historique et évolution de la maintenance.....	6
I.7. La Maintenance comme politique.....	6
I.8. Les avantages et les inconvénients de maintenance	6
I.8.1. Les avantage de la maintenance.....	6
I.8.2. Les inconvénient de la maintenance	6
I.9.Les différents type de maintenance.....	7
I.9.1.Maintenance préventive.....	7
I. 9.1.1. Maintenance conditionnelle	7
I.9.1.2 .Maintenance systématique	8
I.9.1.3. Maintenance prévisionnelle.....	8
I.9.2. Maintenance corrective.....	8
I.9.2.1. Maintenance palliative	9
I.9.2.2. Maintenance curative	9
I.9.3.Maintenance améliorative.....	9

I.10 .Les opérations de maintenance	10
I.10.1. Les opérations de maintenance corrective	10
I.10.1.1. Le dépannage.....	10
I.10.1.2 .La réparation.....	10
I.10.2 .Les opérations de maintenance préventive	10
I.10.2.1. Les inspections	10
I.10.2.2 .Les visites	10
I.10.2.3. Les contrôles.....	10
I.10.3.Autres opérations	11
I.10.3.1. Révision.....	11
I.10.3.2 .Les échanges standards	11
I.11. Les niveaux de la maintenance	11
I.11.1.1er niveau de maintenance.....	11
I.11.2 .2ème niveau de maintenance	11
I.11.3. 3ème niveau de maintenance	12
I.11.4. 4ème niveau de maintenance	12
I.11.5.5ème niveau de maintenance	12
I.12. L'intérêt de maintenance.....	12
I.13. L'environnement de la maintenance.....	13
I.14.Les tâches de maintenance.....	13
I.15. Conclusion	14

CHAPITRE II

Les lois de calcul de FMD

II.1 .Introduction	16
II.2 Etude de FMD	16
II.2.1 .Définition de la fiabilité.....	16
II.2.2 .Objectif de la fiabilité.....	16
II.2.3. Types de Fiabilité des systèmes	17
II.2.3.1. Composants en série.....	17
II.2.3.2. Composants en parallèle	17
II.2.4. Paramètres nécessaires pour estimer la fiabilité.....	18
II.2.4.1 .Densité de probabilité	18
II.2.4.2 .Fonction de répartitions	18
II.2.4.3. Fonction de fiabilité	18

II.2.5. Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF)	18
II.2.5.1. Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF):	18
II.2.6 .Lois principales de fiabilité	19
II.2.6.1. Loi exponentielle.....	19
II.2.6.2. Loi normale	19
II.2.6.3 .Loi log-normale.....	20
II.2.6.4 .Loi Gamma	20
II.2.6.6. Loi Bêta.....	21
II.2.6.6. Loi uniforme	21
II.2.6.7 .La loi de Birnbaum-Saunders	21
II.2.7 .Loi de WEIBULL.....	22
II.2.7.1 .Densité de probabilité $f(t)$	22
II.2.7.2. La fonction de répartition $F(t)$	22
II.2.7.3 .La fonction de fiabilité $R(t)$	22
II.2.7.4 .Taux de défaillance $\lambda(t)$	23
II.2.7.5 .Signification des paramètres du modèle de Weibull.....	23
II.2.8 .Courbe de défaillance	23
II.2.9 .Relation entre la maintenance et la fiabilité	24
II.2.10. Maintenabilité.....	24
II.2.10.1 .Définition	24
II.2.10.2 .Taux de réparation μ	25
II.2.10.3. Amélioration de la maintenabilité.....	25
II.2.10.4 .Indicateurs de maintenabilité	25
II.2.10.5. Expressions mathématiques	26
II.2.11 .Disponibilité	26
II.2.11.1 .Définition	26
II.2.11.2 Différents niveaux de la disponibilité	27
II.2.11.2.1.Disponibilité intrinsèque théorique	27
II.2.11.2.2.Disponibilité moyenne	27
II.2.11.2.3.Disponibilité opérationnelle	27
II.2.11.2.4.Disponibilité asymptotique	27
II.2.11.2.5. Disponibilité instantanée.....	27
II.2.11.3 .Relation entre fiabilité, maintenabilité et disponibilité.....	28
II.3. Conclusion	29

CHAPITRE III

Présentation de l'entreprise

III.1. Introduction	31
III.2 .Présentation de l'entreprise et station SP3 m'sila	31
III.2.1. Description du réseau de transport par canalisation des hydrocarbures	31
III.2.2 .Capacité du transport de pétrole assuré par la RTC	31
III.2.3 .Organisation administrative	32
III.2.4 .Description technique de la station SP3	33
III.3 .La Sécurité.....	33
III.3.1.Hygiène sécurité environnement (HSE).....	33
III.3.1.1. La Sécurité	33
III.3.1.2 .Triangle de feu	33
III.3.2. La Centrale anti-incendie	34
III.3.2.1 .Réseau d'eau anti-incendie	34
III.3.2.1.1. Les pompes jockey	34
III.3.2.1.2. Pompes électrique	34
III.3.2.1.3. Pompe diesel	34
III.3.2.2 .Réseau de mousse	35
III.3.2.3. Circuit CO2.....	36
III.4. Exploitation (EXL).....	37
III.4.1 .Salle de contrôle	37
III.4.2. Rôle des différents composants dans le procès	37
III.4.3. La station de SP3 se composée de	38
III.4.3.1 .Gares racleurs	39
III.4.3.1.1. Gare racleur arrivée (GRA)	39
III.4.3.1.2. Gare racleur départ (GRD)	39
III.4.3.2. Filtres à hydrocarbure	40
III.4.3.3. Réservoirs de stockage tampons	40
III.4.3.4 .Pompes boosters	41
III.4.3.5. Pompes principales d'expédition	42
III.4.3.6 .Les soupapes	42
III.4.3.7. Réservoir de décantation.....	43
III.4.3.8. Citerne de purge gravitaire (B-301).....	44
III.4.3.9 .Traitement des eaux huileuses	44

III.5 .La Maintenance	45
III.5.1 . Les plannings des opérations de maintenance pour SP3	45
III.5.2. L'électricité (ELC).....	45
III.5.2.1. La salle haut tension (HT)	46
III.5.2.2. La salle moyenné tension (MT)	47
III.5.2.3. La salle bas tension (BT)	48
III.5.2.4 .Groupe de secours.....	48
III.5.3 .Mécanique (MEC).....	49
III.5.3.1. Qu'est-ce qu'une pompe ?	49
III.5.3.2. Les types des pompes	49
III.5.3.2.1.Les pompes volumétriques	49
III.5.3.2.2.Les pompes centrifuges	49
III.5.3.3 .Garniture mécanique.....	49
III.5.3.4.Les types des vannes.....	50
III.5.3.4.1.Vanne motorisée	50
III.5.3.4.2.Vanne PCV (Vanne de régulation de pression)	50
III.5.3.4.3.Vanne manuelle	50
III.5.4. L'Instrumentation (INST)	52
III.6 .Conclusion	52

CHAPITRE IV

Calcul et amélioration de FMD

IV.1. Calcul de FMD.....	54
IV.2 .Historique de pannes du groupe électropompe (GEP301 B)	54
IV.3. L'analyse FMD	54
IV.3.1. La fiabilité.....	54
IV.3.1.1. Test (KOLMOGOROV SMIRNOV)	57
IV.3.1.2. Calculs de la fiabilité, de la densité probabilité et du taux de défaillance	57
IV.3.1.3 .Calcul de R (MTBF).....	60
IV.3.1.4. Calcul de F(MTBF)	60
IV.3.1.5 .Calcul de λ (MTBF)	60
IV.3.1.6. La densité de défaillance f (MTBF)	60
IV.3.2 .La maintenabilité	60
IV.3.3. La disponibilité	62
IV.3.3.1. Disponibilité intrinsèque théorique	62

IV.3.3.2. La disponibilité instantanée	62
IV.3.4. Amélioration de fiabilité par l'application de la maintenance préventive systématique	63
IV.3.5. Méthodes d'analyse prévisionnelle (ABC).....	63
IV.3.5.1. La courbe ABC	63
IV.3.5.2. Interprétation des résultats	65
IV.4. Proposition des solutions pour les trois éléments les plus défailants	65
IV.4.1. Pour la température élevée de la garniture mécanique COA:.....	65
IV.4.1.1. La thermographie infrarouge	65
IV.4.1.2. Objectifs de la thermographie	65
IV.4.1.3. Principe de l'analyse thermographique	65
IV.4.2. Pour le blocage de la pompe principale	65
IV.4.2.1. L'analyse vibratoire	66
IV.4.2.2. Objectifs d'analyse vibratoire	66
IV.4.2.3. Principe de l'analyse vibratoire	66
IV.4.2.4. Différent type des défauts de l'analyse vibratoire.....	66
IV.4.3. Blocage de mécanisme de transmission de la vanne d'aspiration	67
IV.5. Conclusion	67
Conclusion générale	69
Références Bibliographies.....	71
Annexe	76

Liste des figures

Figure I-1: Les différents types de maintenance.	7
Figure I-2: Assurance du produit	13
Figure II-1: Système avec n composants en séries	17
Figure II-2: Système avec n composants en parallèles	17
Figure II-3: Courbe de fiabilité et fonction de répartition.	22
Figure II-4: formes de $f(t)$, $R(t)$, $\lambda(t)$ en fonction de β	22
Figure II-5: Allure d'un taux de défaillance « courbe en baignoire ».	22
Figure II-6: l'impact de la maintenance sur la fiabilité des équipements.	24
Figure II-7: Relation entre les paramètres FMD.	28
Figure III-1: Organisation administrative	32
Figure III-2: La station SP3	33
Figure III-3: Triangle de feu	34
Figure III-4: BAC B302	35
Figure III-5: Le Système à mousse	36
Figure III-6: système d'extinction au CO2	36
Figure III-7: Topographie de l'OB1	37
Figure III-8: Epaisseurs de l'OB1	37
Figure III-9: Les différents composants dans le procès	38
Figure III-10: Gare racleur arrivée (GRA)	39
Figure III-11: Gare racleur départ (GRD)	39
Figure III-12 : Les trois filtres	40
Figure III-13: Réservoirs de stockage tampons 3A1- 3A2	41
Figure III-14: Pompe booster	41
Figure III-15: Les Groupe électropompes principale (GEP)	42
Figure III-16: Les soupapes	43
Figure III-17 : Réservoir de décantation 3Y1	43
Figure III-18: Citerne de purge (B-301)	44
Figure III-19: Séparateur CPI	45
Figure III-20: La ligne électrique haute tension de 60 kV	46
Figure III-21: Les transformateurs HT –MT 60 KV/5,5 KV	46
Figure III-22: Le transformateur MT (5,5KV/2X1,3KV)	47
Figure III-23: Les blocs de variateurs	47

Figure III-24: Les transformateurs électrique MT/BT 5,5 KV/230-400 V	48
Figure III-25: Groupe de secours (Groupe électrogène)	48
Figure III-26 : Une pompe	49
Figure III-27: Garniture mécanique	50
Figure III-28: Vanne motorisée.....	50
Figure III-29: Vanne PCV.....	50
Figure III-30: Vanne manuelle.....	50
Figure IV-1: L'interface de logiciel Fiab-Optim.....	55
Figure IV-2: Papier fonctionnel de Weibull.....	56
Figure IV-3: Fonction de répartition F(t).	58
Figure IV-4: La fonction de fiabilité R(t).....	59
Figure IV-5: Densité de probabilité f(t).	59
Figure IV-6: Taux de défaillance.	60
Figure IV-7: La Courbe de Maintenabilité.....	61
Figure IV-8: La Courbe de disponibilité instantanée.	63
Figure IV-9: La courbe ABC	64

Liste des tableaux

Tableau II-1: Les indicateurs de maintenabilité.	25
Tableau III-1: Capacité du transport de pétrole assuré par la RTC.....	32
Tableau III-2: Débit en fonction de la pression.....	38
Tableau IV-1: L'historique des pannes du groupe électropompe (GEP-301 B).....	54
Tableau IV-2: Calcul de la fonction de répartition.	56
Tableau IV-3: les paramètres de calcul de fiabilité.....	57
Tableau IV-4 : Estimation de la fiabilité et la fonction de répartition.	57
Tableau IV-5: Calculs de la fiabilité, du temps de défaillance et de la densité de probabilité. 58	
Tableau IV-6: le calcul de la Maintenabilité.....	61
Tableau IV-7: Tableau de disponibilité instantané.	62
Tableau IV-8: les données pour tracer la courbe ABC	64
Tableau IV-9: plan de maintenance préventif systématique additionnel pour le mécanisme de transmission de la vanne d'aspiration.	67

Glossaire

MTBF La durée moyenne entre deux défaillances consécutives.

MTTR Le temps moyen mis pour réparer le système.

$\lambda(t)$ Taux de défaillance.

TBF Temps de bon fonctionnement entre deux défaillances.

f(t) Densité de probabilité.

F(t) La fonction de répartition.

R(t) La fonction de fiabilité.

M(t) Fonction maintenabilité.

D(t) Fonction de disponibilité.

$\mu(t)$ Taux de réparation.

FMD Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité.

Di Disponibilité intrinsèque.

Dn La différence de test de Kolmogorov Smirnov.

TTR Le temps mis pour réparer le système.

INTRODUCTION
GENERALE

Introduction générale

En générale, la maintenance a pour but d'établir une politique ou stratégie pour assurer la continuité de production des installations industriels et d'augmenter la durée de vie et le niveau de la sécurité ainsi que d'améliorer la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité de ces installations.

Les entreprises industrielles exigent l'amélioration de la production qualitativement et quantitativement en assurant la sûreté de fonctionnement des équipements de fabrication, les concepteurs pensent toujours à construire des systèmes fiables de très hautes performances, en cherchant des solutions techniques afin d'augmenter la disponibilité et la fiabilité des équipements de production.

La bonne santé de ces équipements est assurée par la surveillance de leurs comportements. L'apparition d'un comportement inhabituel signifie qu'il existe une défaillance causée par l'interaction de plusieurs situations, ce qui provoque l'arrêt du système et l'interruption de la production.

Plusieurs travaux ont été fait pour améliorer la disponibilité des systèmes électromécaniques tels que :

Dans le travail [1], l'évaluation de la disponibilité et de la fiabilité de l'appareil à cylindres est faite par deux approches dont la première est l'analyse FMD qui facilite l'analyse et le choix d'une politique de maintenance efficace et le deuxième est la théorie processus de Markov qui serve comme outil mathématique.

Par contre dans le travail [2], différents procédés ont été utilisés dans le domaine de maintenance des systèmes électromécaniques pour l'amélioration de la fiabilité de la machine Aléseuse Fraiseuse.

Cependant, dans le travail [3], la méthode "maintenance basée sur la Fiabilité (MBF)" a été présentée pour l'appliquer sur les équipements et les machines de production, afin de planifier l'exécution des autres tâches de maintenance, en altérant le moins possible le plan de production, et tout en respectant au mieux la périodicité de maintenance des équipements.

Le travail [4] a été présentée une méthode pour évaluer la fiabilité et la disponibilité, basée sur L'analyse FMD. L'application de cette méthode sur la station de production électrique (SPE) a pour but d'améliorer sa fiabilité et sa disponibilité.

Dans notre mémoire, on va essayer d'améliorer la disponibilité d'un système électromécanique choisi dans une entreprise, par une proposition d'un ensemble des solutions concernant les organes le plus tombent en panne et par suggestion d'un plan préventif basé sur les opérations de la maintenance préventive systématique, pour atteindre cet objectif, notre mémoire est structuré en quatre chapitres comme suit :

- Le premier chapitre présentera les concepts de base de la maintenance telle que les types de

- maintenance, leur objectif et leurs niveaux.
- Le deuxième chapitre est consacré à étudier la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité et leurs lois de calculs.
 - Le troisième chapitre illustrera la station de pompage de SONATRACH(SP3) dans la wilaya de M'sila.
 - Le quatrième chapitre est une application de l'analyse F.M.D sur un système électromécanique choisi pour évaluer les paramètres de la sureté de fonctionnement puis on améliorera ces paramètres.
 - Finalement, une conclusion générale qui résumera tous les résultats obtenus et leurs valeurs sur le fonctionnement et la production du système choisi.

CHAPITRE I

Généralité sur la maintenance

I.1. Introduction

La maintenance s'exerce sur des équipements industriels de production placés dans le contexte économique de l'entreprise. Chaque équipement plus ou moins complexe, constitue un système technique, conçu pour mettre en œuvre un procédé et destiné à réaliser, partiellement ou totalement, un produit ou un service.

La maintenance a pour mission de veiller sur les systèmes techniques que sont les systèmes de production pour :

- Préserver leur bon état de fonctionnement en évitant l'apparition de défaillance (maintenance préventive).
- Rétablir leur bon état de fonctionnement quand il est dégradé par l'apparition de défaillance (maintenance corrective).
- Optimiser leurs conditions d'exploitation (maintenance améliorative).

Dans tous les cas, il est indispensable de bien connaître l'équipement pour savoir sur quoi, où, quand, comment intervenir, afin de remédier aux défaillances, de les prévenir et surtout d'éviter d'engendrer la moindre gêne à la production.

I.2. Définition de la maintenance (norme NF EN 13306)

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

Une fonction requise est une fonction, ou un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné [5].

I.3. Les objectifs de la maintenance (norme FD X 60-000)

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- la disponibilité et la durée de vie du bien ;
- la sécurité des hommes et des biens ;
- la qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- l'optimisation des coûts de maintenance ... etc.

La politique de maintenance conduit, en particulier, à faire des choix entre :

- maintenance préventive et/ou corrective, systématique ou conditionnelle.
- maintenance internalisée et/ou externalisée [5].

I.4. Le rôle de la maintenance :

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise ; cette politique devant permettre d'atteindre le rendement maximal des systèmes de production.

Cependant, tous les équipements n'ont pas le même degré d'importance d'un point de vue maintenance. Le service devra donc, dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux diverses situations. [2].

La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées :

I.4.1. Prévisions à long terme (au-delà d'une année) :

Elles concernent les investissements lourds ou les travaux durables. Ce sont des prévisions qui sont le plus souvent dictées par la politique globale de l'entreprise. [2].

I.4.2. Prévisions à moyen terme (dans l'année en cours) :

La maintenance doit se faire la plus discrète possible dans le planning de charge de la production. Il lui est donc nécessaire d'anticiper, autant que faire se peut, ses interventions en fonction des programmes de production. La production doit elle aussi prendre en compte les impératifs de suivi des matériels. [2].

I.4.3. Prévisions à courts termes :

Elles peuvent être de l'ordre de la semaine, de la journée, voire de quelques heures. Même dans ce cas, avec le souci de perturber le moins possible la production, les interventions devront elles aussi faire l'objet d'un minimum de préparation. [2].

I.5. La stratégie de maintenance (normes NF EN 13306 & FD X 60-000)

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

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

- Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance.
- Elaborer et optimiser les gammes de maintenance.
- Organiser les équipes de maintenance.
- Internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance.
- Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables.

- Etudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité. [5]

I.6. Historique et évolution de la maintenance

a)– Le terme "maintenance" a son origine dans le vocabulaire militaire, dans le sens maintien dans des unités de combat, de l'effectif et du matériel à un niveau constant.

Il est évident que les unités qui nous intéressent ici sont les unités de production, et le combat est avant tout économique.

L'apparition du terme "maintenance" dans l'industrie a eu lieu vers 1950 aux USA. En France, il se superpose progressivement à "l'entretien".

b) –Entretien ou Maintenance ?

-Entretien c'est dépanner et réparer un parc matériel, afin d'assurer la continuité de la production. (Entretien c'est subir).

- Maintenir c'est choisir des moyens de prévenir, de corriger ou de rénover le matériel, suivant sa criticité économique afin d'optimiser le coût global de possession. (Maintenir c'est maîtriser).

[5]

I.7.La Maintenance comme politique

La maintenance est une politique qui prend en compte :

a)- le choix des méthodes d'entretien (les différents modes de maintenances).

b)- les améliorations.

c)- la place des équipements dans le procédé de fabrication (hiérarchisation).

d)- la formation du personnel d'entretien et de production [6]

I.8. Les avantages et les inconvénients de maintenance

I.8.1.Les avantage de la maintenance

C'est une maintenance facile à gérer car les périodes d'interventions sont fixes, elle permet

-d'éviter les détériorations importantes.

-de diminuer les risques d'avaries imprévues. [2]

I.8.2. Les inconvénient de la maintenance

Reposer sur la notion de MTBF et ne prends pas en compte les phénomènes d'usure. [2]

I.9. Les différents type de maintenance

Dans la définition de la maintenance, nous trouvons trois mots-clés : maintenir, rétablir et amélioration. Le premier fait référence à une action préventive. Le deuxième fait référence à l'aspect correctif. Le troisième fait référence à améliorative (voir figure I.1). [7]

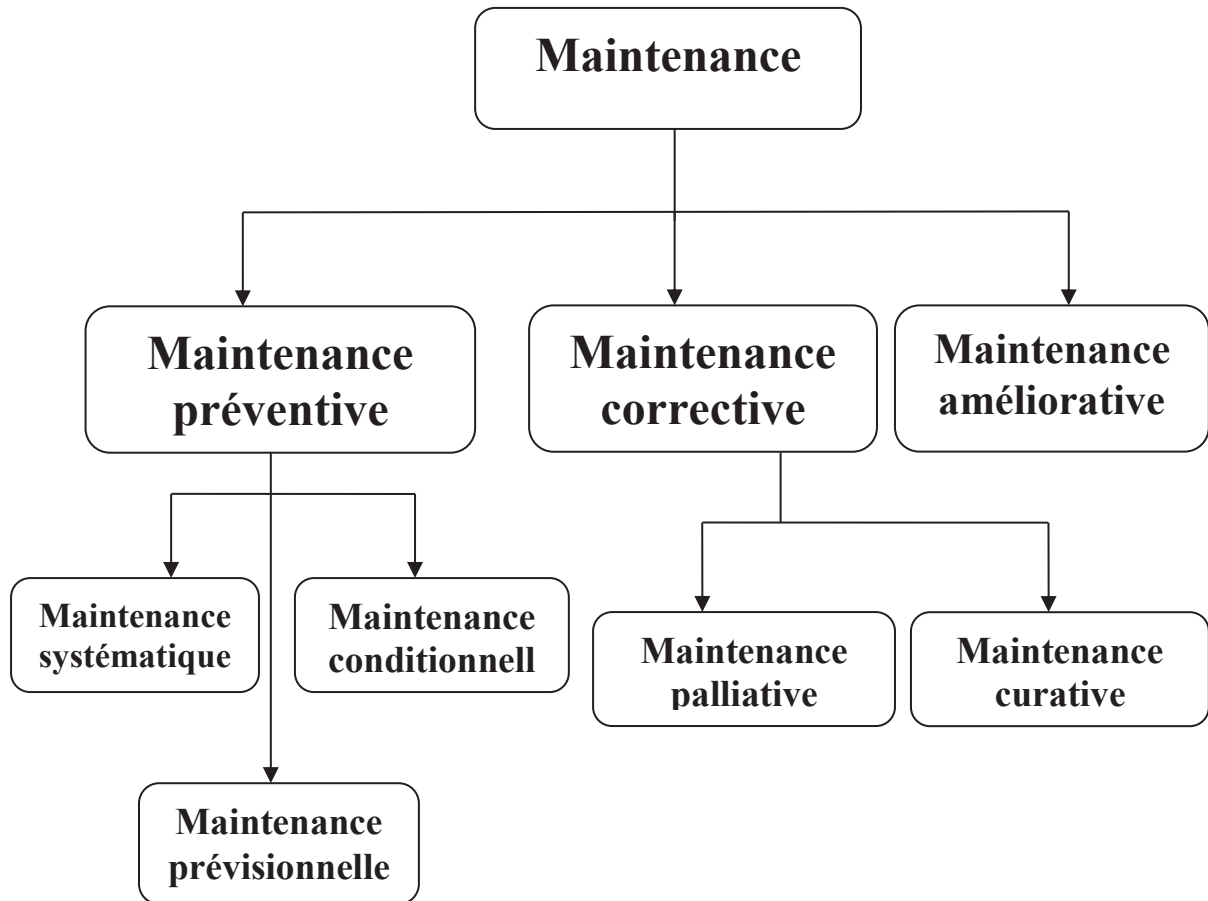


Figure I-1: Les différents types de maintenance.

I.9.1. Maintenance préventive

Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation. Selon l'AFNOR : « La maintenance préventive est une maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de défaillance ou de dégradation d'un bien ». La maintenance préventive se subdivise en trois types : [8]

I. 9.1.1. Maintenance conditionnelle

D'après la norme AFNOR X 60-100, la maintenance conditionnelle se définit comme une maintenance préventive subordonnée à un type d'évènement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure), révélateur de l'état de dégradation du bien [9] Ce type de maintenance comprend toutes les tâches de restauration de matériels ou de composants non défaillants, entreprise en application d'une évaluation d'état et de la comparaison avec un critère d'acceptation préétabli (défaillance potentielle) [10].

Elle est liée à la surveillance et au diagnostic du système et n'entraîne l'action de réparation que si une panne (présente ou future) est détectée. [11]

I.9.1.2.Maintenance systématique

D'après la norme AFNOR X 60-100, la maintenance systématique se définit comme «une maintenance effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien» [9].

Ce type de maintenance comprend l'ensemble des actions destinées à restaurer, en totalité ou partiellement, la marge de résistance des matériels non défaillants, lorsque ces tâches sont décidées en fonction du temps ou de la production, sans considération de l'état des matériels à cet instant. [10]

La maintenance systématique a été la première à s'imposer, parce qu'elle ne demande pas de moyen d'analyse. Elle se traduit par des arrêts réguliers de la machine, avec démontage, contrôle et remplacement systématique d'organes. La date de l'arrêt est planifiée par l'expérience ou en fonction d'impératifs de sécurité.

Ce mode de maintenance est essentiellement basé sur la statistique. Bien que simpliste, il reste encore le plus utilisé à l'heure actuelle, souvent, parce qu'il ne demande pas d'analyse du comportement [12].

I.9.1.3.Maintenance prévisionnelle

Parfois appelée « maintenance prédictive », la maintenance prévisionnelle est, selon l'AFNOR, « Maintenance exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien ». Elle est basée sur l'analyse de l'évolution des paramètres techniques qui permettent de quantifier l'état du bien et de déceler les dégradations potentielles dès leur apparition, elle permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'intervention devra être réalisée. [8]

I.9.2.Maintenance corrective

La maintenance corrective, encore appelée "fonctionnement jusqu'à la rupture" ou "arrêt sur panne", est une méthode de maintenance qui demande peu d'engagement. C'est l'ensemble des activités réalisées après la défaillance ou dégradation d'un élément actif. [9] La norme NF EN 13306) définit ainsi la maintenance corrective : « Exécutée après détection d'une panne est destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise » [13].

Dans le contexte actuel, cette approche se révèle souvent la plus chère et la plus dangereuse. En théorie, elle ne devrait plus exister, même pour des industries qui possèdent de nombreuses machines peu coûteuses, et qui peuvent les doubler systématiquement. Elle est effectuée en cas de panne du système [11].

I.9.2.1.Maintenance palliative

Activité de maintenance corrective destinées à permettre de bien d'accomplir provisoirement tout ou une partie d'une fonction requise. Appelée couramment dépannage, cette maintenance palliative est principalement constituée d'action à caractère provisoire qui devront être suivies d'action curative. [7]

I.9.2.2.Maintenance curative

C'est une activité 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. Ces activités peuvent être des réparations, des modifications ou aménagement ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances. [10]

La maintenance optimale est donc un mélange harmonieux d'entretien préventif systématique et d'entretien correctif [14].

I.9.3.Maintenance améliorative

L'amélioration des biens d'équipements qui consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel correspond à la maintenance d'amélioration. Dans ce domaine beaucoup de choses restent à faire.

C'est un état d'esprit qui nécessite une attitude créative. Cette créativité impose la critique. Les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectif l'augmentation des performances de production du matériel , l'augmentation de la fiabilité, c'est-à-dire diminuer les fréquences d'interventions , l'amélioration de la maintenabilité (amélioration de l'accessibilité des sous- systèmes et des éléments à haut risque de défaillance) ,la standardisation de certains éléments pour avoir une politique plus cohérente et améliorer les actions de maintenance, l'augmentation de la sécurité du personnel. Tous les matériels sont concernés à condition que la rentabilité soit vérifiée.

Cependant une petite restriction pour les matériels à renouveler dont l'état est proche de la réforme, pour usure généralisée ou par obsolescence technique. Même si ces activités sortent du cadre direct de la maintenance, elles s'intègrent bien dans le champ de compétence des professionnels de maintenance.

En période de crise économique, certains industriels peuvent se montrer prudents à l'égard des investissements et trouvent des possibilités d'amélioration par l'intermédiaire de ces formes de maintenance. [15].

I.10. Les opérations de maintenance

I.10.1. Les opérations de maintenance corrective

I.10.1.1. Le dépannage

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation. Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation sont à la base d'un bon diagnostic et permettent souvent de gagner du temps. Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses. De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance (pour en mesurer son efficacité) prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.[16].

I.10.1.2. La réparation

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.[16].

I.10.2. Les opérations de maintenance préventive

I.10.2.1. Les inspections

C'est l'activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies, et d'exécution de réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ni l'arrêt des équipements.[16].

I.10.2.2. Les visites

Opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.[16].

I.10.2.3. Les contrôles

Il correspond à des vérifications de conformité par rapport à des données prédéterminées suivies d'un jugement. Le contrôle peut comporter une activité d'information, inclure une décision, acceptation, rejet..... [16].

I.10.3. Autres opérations

I.10.3.1. Révision

Ensemble des actions d'examens, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné.

Il faut distinguer suivant l'étendue des opérations à effectuer les révisions partielles et les révisions générales. Dans les 2 cas, cette opération nécessite la dépose de différents sous-ensembles. Le terme révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections. Les 2 types d'opérations définis (révision générale ou partielle) relèvent du 4ème niveau de maintenance. [5].

I.10.3.2. Les échanges standards

Reprise d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble identique, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennant le paiement d'une soulte dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état. Soulte : somme d'argent qui, dans un échange ou dans un partage, compense l'inégalité de valeur des biens échangés. [5].

I.11. Les niveaux de la maintenance

Les interventions de maintenance peuvent être classées par ordre croissant de complexité (selon norme X60-000 de 2002) :

I.11.1. 1er niveau de maintenance

Les actions de maintenance premier niveau sont des actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisés sur des éléments facilement accessibles, en toute sécurité, à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien.

Ce sont par exemple les réglages et contrôles ou inspections nécessaires à l'exploitation, les opérations élémentaires de maintenance préventive, le remplacement d'articles consommables ou d'accessoires (fusibles, ampoules ...).

Ce type d'opérations peut être effectué par l'exploitant du bien avec les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation [17].

I.11.2. 2ème niveau de maintenance

Les actions qui nécessitent des procédures simples et / ou des équipements de soutien (intégrés ou extérieurs) d'utilisation et de mise en œuvre simples.

Ce sont par exemple les contrôles de performances, certains réglages, les réparations par échange standard de sous-ensembles dont le remplacement est aisé.

Ce type de maintenance peut être effectué par un personnel habilité avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance.

Sont ainsi concernés par ce niveau les opérations de remplacement de pièces n'entraînant pas de démontage global de l'équipement. C'est donc un travail portant sur des éléments isolés ou des opérations de vérification de résultats tels que le contrôle des performances du matériel livré [17].

I.11.3.3ème niveau de maintenance

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes. Ce type d'opération de maintenance peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance [17].

I.11.4.4ème niveau de maintenance

Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés. Ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières [17].

I.11.5.5ème niveau de maintenance

Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et des équipements de soutien industriels, Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné [18].

I.12.L'intérêt de maintenance

Généralement, la maintenance est jouée un rôle très important dans le domaine industriel à cause de leurs intérêts tel que:

- Diminuer les travaux urgents.
- Faciliter la gestion de la maintenance.
- Favoriser la planification des travaux.
- Rendre possible la préparation, l'ordonnancement et la gestion des stocks

-Eviter les périodes de dysfonctionnement avant pannes, ainsi que les dégâts éventuels provoqués par une panne intempestive.

-Augmenter la sécurité. [18]

I.13. L'environnement de la maintenance.

La maintenance s'intègre dans le concept global de la sûreté de fonctionnement, qui lui-même s'intègre dans l'assurance Produit. [19].

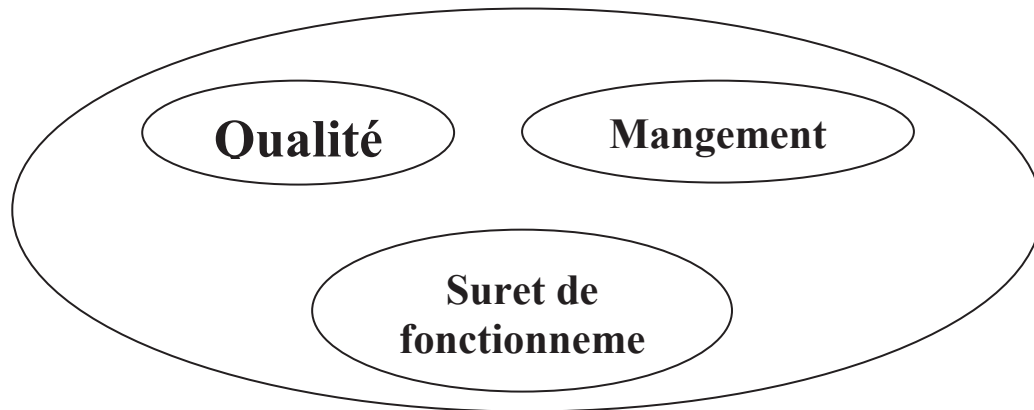


Figure I-2: Assurance du produit [19].

I.14. Les tâches de maintenance

Les politiques de maintenance définies selon la méthode OMF sont composées d'opérations de maintenance différentes :

Des tâches de maintenance préventive systématique : des remplacements de tout ou partie d'un matériel effectués à dates fixes, des observations de l'état du matériel (contrôles, inspections, tests, ...), des tâches de maintenance préventive conditionnelle : des tâches de remise en état entraînées par la détection d'une éventuelle dégradation, des tâches de maintenance corrective : des tâches de remise en état effectuées suite à la défaillance du matériel.

Les tâches de remise en état préventives systématiques et correctives sont relativement simples à décrire puisque leur processus de décision dépend soit d'une Périodicité donnée soit de l'apparition d'un mode de défaillance. On peut dans ce cas se référer aux modèles de maintenance élémentaires, parmi lesquels :

- les modèles basés sur l'âge, ou âge-replacement policiers.
- les modèles de remplacement par blocs, ou block-replacement policiers.

En revanche, les tâches de maintenance préventive conditionnelle sont basées sur l'observation de l'état de dégradation du matériel. Il faut donc représenter les phénomènes qui peuvent être à l'origine des décisions de remise en état, à savoir:

- le mécanisme de dégradation lui-même, comme dans la majorité des modèles de maintenance conditionnelle en général [20].

I.15. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé une vue générale sur les concepts de maintenance industrielle et leurs méthodes.

Les objectifs et les intérêts de la maintenance dans le domaine industriel sont présentés, ainsi que les opérations de la maintenance préventive et corrective.

Dans le chapitre suivant, on va étudier les paramètres de la sûreté de fonctionnement (fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité).

CHAPITRE II

Les lois de calcul de FMD

II.1. Introduction

L'objectif principal des études de FMD est d'aider à obtenir des meilleures conceptions.

Dans son terme "sûreté de fonctionnement" représente "l'ensemble des aptitudes d'un produit qui lui permettent de disposer des performances fonctionnelles spécifiées, au moment voulu, pendant la durée prévue, sans dommage pour lui-même et son environnement" [AUG98].

La sûreté de fonctionnement couvre ainsi les quatre notions que sont la fiabilité, la sécurité, la maintenabilité et la disponibilité, auxquelles on peut ajouter, selon les applications l'invulnérabilité.

La sûreté dans son ensemble doit être étudiée d'un bout à l'autre de la conception du système.

Elle se fera par:

- le choix des composants de la partie opérative : puissance et distribution d'énergie
- l'implantation des composants
- le choix de la partie commande et de son câblage
- les procédures de fonctionnement. [21]

II.2. Etude de FMD

II.2.1. Définition de la fiabilité

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.

$$R(t) = \text{Prob}\{[E \text{ non défaillante sur } [0; t]]\}. [22]$$

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. [23]

II.2.2. Objectif de la fiabilité

La fiabilité utilisée depuis bientôt un dizaine d'années dans l'industrie, le concept de fiabilité permet à l'aide de renseignement statistique recueilli pendant la vie du matériel:

- Mesurer une garantie dans le temps.
- Evaluer rigoureusement de degré de confiance.
- Déchiffrer une durée de vie.
- Evaluer avec précision du temps de bon fonctionnement.
- Calculer le risque pris.

- Déterminer la stratégie d’entretien.
- Choisir le stock magasin judicieux. [24].

II.2.3.Types de Fiabilité des systèmes

Dans le cas des systèmes multi composants la défaillance du système dépend de la défaillance d’un certain nombre de composants suivant la structure du système. Pour calculer la fiabilité d’un système, son taux de défaillance et son MTTF à partir des propriétés de ses composants (fiabilité, taux de défaillance et MTTF), il faut définir la structure de propagation des défaillances dans le système.

En fiabilité, deux types de systèmes sont à distinguer les systèmes ayant une structure élémentaire et ceux ayant une structure complexe. Une structure élémentaire contient des composants indépendants en série ou en parallèle ou toutes combinaisons possibles de ces deux cas. Un système pouvant être décomposé en plusieurs modules à structure élémentaire est considéré comme système simple ou compliqué si sa taille est très importante. À l’inverse nous parlons de systèmes complexes quand le système n’est pas constitué de structure élémentaire et si les composants ne sont pas indépendants. [25]

II.2.3.1.Composants en série

Soit un système S constitué de n composants Ci en série, i = 1 . . . n.



Figure II-1: Système avec n composantes en séries [26].

La fiabilité du système est :

$$R_{sys}(t) = \prod_{i=1}^n R_i \quad (II. 1)$$

Avec Ri(t) la fiabilité du composant Ci.

II.2.3.2.Composants en parallèle

Soit un système S constitué de n composants Ci en parallèle,

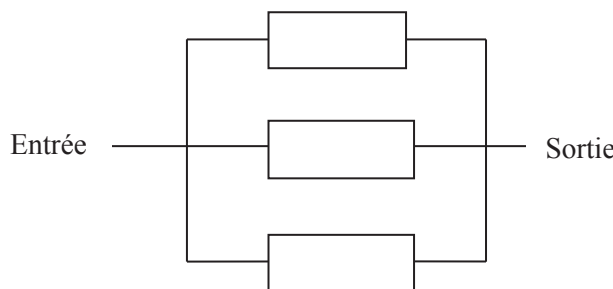


Figure II-2: Système avec n composants en parallèles [26].

La fiabilité du système est :

$$R_{\text{sys}}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t)) \quad (\text{II. 2})$$

II.2.4. Paramètres nécessaires pour estimer la fiabilité

II.2.4.1. Densité de probabilité

La densité de probabilité de l'instant de la défaillance T s'obtient en dérivant la fonction de répartition $F(t)$: [7].

$$f(t) = \frac{df(t)}{dt} = - \frac{dr(t)}{dt} \quad (\text{II. 3})$$

II.2.4.2. Fonction de répartition

C'est la probabilité pour que le dispositif soit en panne à l'instant t_i : [7].

$$f(t_i) = p_r(T < t_i) \quad (\text{II. 4})$$

Notons que ces deux fonctions sont complémentaires :

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (\text{II. 5})$$

II.2.4.3. 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 ». [7]

II.2.5. Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF) :

Précédemment le taux de défaillance λ a été défini par des expressions mathématiques à travers un calcul de probabilité. On peut également l'exprimer par une expression physique. Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps. La durée de bon fonctionnement est égale à la durée totale en service moins la durée des défaillances. [27].

$$\lambda(t) = \frac{\text{nombre total de défaillances pendant le service}}{\text{durée totale de bon fonctionnement}} \quad (\text{II. 6})$$

II.2.5.1. Temps moyen de bon fonctionnement (MTBF):

Le MTBF (Mean Time Between Failure) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes, Il correspond à l'espérance de la durée de vie t .

$$\text{MTBF} = \int_0^{\infty} R(t) \quad (\text{II. 7})$$

Physiquement le MTBF peut être exprimé par le rapport des temps

$$\text{MTBF} = \frac{\text{somme des temps de fonctionnement entre les (n) défaillances}}{\text{nombre d'intervention de maintenance avec immobilisation}} \quad (\text{II. 8})$$

Si λ est constant :

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda} \quad (\text{II. 9})$$

Par définition le MTBF est la durée de vie moyenne du système. [27].

II.2.6. Lois principales de fiabilité

La fiabilité est, de plus en plus fréquemment, une grandeur quantitative et nécessite la connaissance des distributions de durée de vie afin de l'estimer. Ces distributions doivent absolument tenir compte de tous les mécanismes de défaillance associés aux différentes technologies.

Nous présentons dans cette section les lois et les modèles de fiabilité susceptibles, selon l'expérience, de représenter des distributions de durée de vie qui interviennent le plus fréquemment dans l'analyse de la fiabilité mécatronique. Nous rappelons les principales propriétés de ces lois, les fonctions de fiabilité associées, les densités de probabilité ainsi que les taux de défaillance. [28].

II.2.6.1. Loi exponentielle

Cette loi a de nombreuses applications dans plusieurs domaines. Elle décrit la vie des matériels qui subissent des défaillances brutales. La loi exponentielle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant (défaillance aléatoire). Elle décrit le temps écoulé jusqu'à une défaillance, où l'intervalle de temps entre deux défaillances. [28]

Elle est définie par un seul paramètre, le taux de défaillance, λ .

Elle est caractérisée par :

– La fiabilité

$$R(t) = e^{-\lambda t} \quad (\text{II. 10})$$

– La densité de probabilité

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (\text{II. 11})$$

– Le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \lambda \quad (\text{II. 12})$$

II.2.6.2. Loi normale

La loi normale est très répandue parmi les lois de probabilité car elle s'applique à de nombreux phénomènes. La loi normale est définie par la moyenne μ et l'écart type σ : [28]

– La fonction de répartition

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \quad (\text{II. 14})$$

– La densité de probabilité

$$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{II. 15})$$

– La fiabilité est donnée par:

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{(t-\mu)}{\sigma}\right) \quad (\text{II. 16})$$

Si t suit une loi Normale (μ, σ) , $u = \frac{t-\mu}{\sigma}$ suit une loi normale centrée réduite dont la fonction de répartition, notée Φ , est donnée par :

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (\text{II. 17})$$

II.2.6.3.Loi log-normale

Une variable aléatoire continue et positive t est distribuée selon une loi log normale si son logarithme est distribué suivant une loi normale. Cette distribution est utilisée en fiabilité pour modéliser les défaillances par fatigue. La loi log-normale a deux paramètres μ et σ : [28]

– la fiabilité

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\log(t) - \mu}{\sigma}\right) \quad (\text{II. 18})$$

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{1}{\sigma \cdot t \cdot \sqrt{2\Pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{II. 19})$$

– le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)^2}}{t \int_0^{\infty} \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}} f(t) dt} \quad (\text{II. 20})$$

II.2.6.4.Loi Gamma

Elle représente la loi de probabilité d'occurrence de a événements dans un processus poissonien. Par exemple si t_i est le temps entre les défaillances successives d'un système, et que t_i suive une distribution exponentielle, le temps cumulé d'apparition de a défaillances suit une loi Gamma : [28]

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{t^{a-1} e^{-\frac{t}{b}}}{b^a \Gamma(a)} \quad (\text{II. 21})$$

– le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{t^{a-1} e^{-\frac{t}{b}}}{b^a \int_t^{\infty} \Gamma(a) f(u) du} \quad (\text{II. 22})$$

II.2.6.5.Loi Bêta

Cette loi représente, en particulier, la probabilité pour qu'un matériel survive jusqu'à un instant t, quand on essaie n matériels. D'où son intérêt dans l'évaluation de la durée des essais de fiabilité. La loi Bêta a deux paramètres a et b : [28]

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{\Gamma(a + b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} t^{a-1} \cdot (1 - t)^{b-1} \quad (II. 23)$$

II.2.6.6.Loi uniforme

La loi uniforme est souvent utilisée en fiabilité pour les essais bayésiens en l'absence de connaissances pour construire l'information a priori. Cette loi peut prendre toute valeur dans un intervalle (a, b) avec une densité de probabilité constante.[28]

– la fonction de répartition

$$F(t) = \frac{t - a}{b - a} \quad (II. 24)$$

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{1}{b - a} \quad (II. 25)$$

II.2.6.7.La loi de Birnbaum-Saunders

Pour caractériser des défaillances dues à la propagation de fissure par fatigue, Birnbaum et Saunders(1969) ont proposé une distribution de vie basée sur deux paramètres. Cette distribution, pour une variable aléatoire non négative T, est obtenue en tenant compte des caractéristiques de base du processus de fatigue. La variable aléatoire T représente les instants de défaillance. La densité de probabilité d'une loi Birnbaum et Saunders de paramètres α et β est donnée par la formule :

$$f(t) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}\alpha^2\beta^2} \cdot \frac{t^2 - \beta^2}{\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{\beta}{t}\right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \exp\left[\frac{1}{2\alpha^2}\left(\frac{t}{\beta} + \frac{\beta}{t}\right)^2\right] \quad (II. 26)$$

Avec $t > 0 ; \alpha > 0, \beta > 0$

La fonction de fiabilité est donnée par la formule:

$$R(t) = 1 - \Phi\left\{\frac{1}{\alpha}\left[\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{\beta}{t}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\} > 0, \quad t > 0 \quad (II. 27)$$

Où Φ est la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite. [29].

II.2.7.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. [29]

II.2.7.1.Densité de probabilité f(t)

En fiabilité, elle représente la probabilité instantanée de défaillance (juste au temps t). [29].

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right) \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (II. 28)$$

II.2.7.2.La fonction de répartition F(t)

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (II. 29)$$

II.2.7.3.La fonction de fiabilité R(t)

C'est la probabilité de non défaillance au-delà du temps t. [29].

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = 1 - F(t) \quad (II. 30)$$

Probabilité complémentaire

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (II. 31)$$

$$\int_0^t f(t)dt + \int_0^\infty f(t)dt = 1 \quad (II. 32)$$

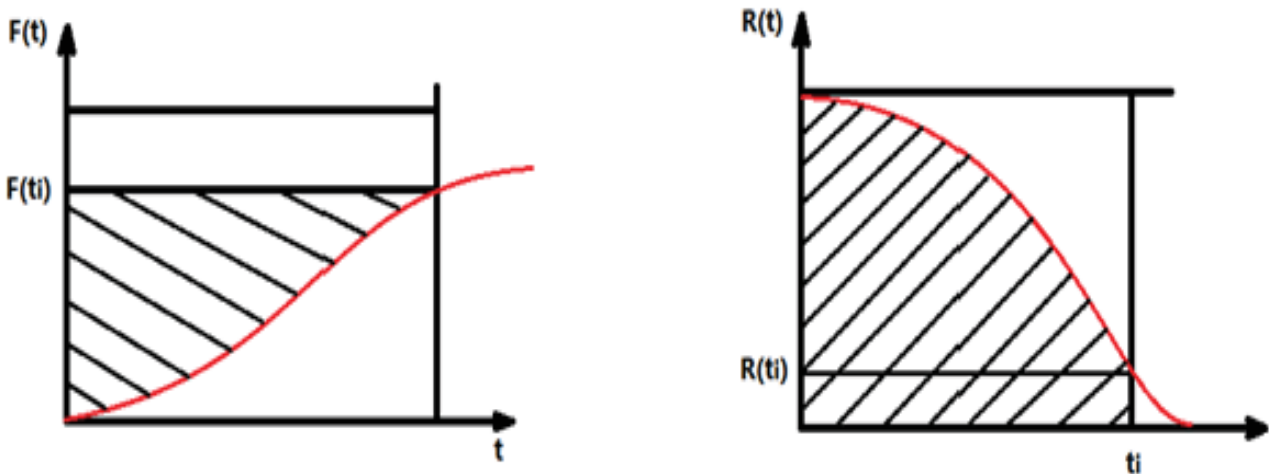


Figure II-3: Courbe de fiabilité et fonction de répartition. [29].

II.2.7.4. Taux de défaillance $\lambda(t)$

C'est la probabilité de défaillance à l'instant $(t+dt)$, sachant que le dispositif était bon à l'instant t . [29].

$$\lambda(t) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right) \left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (II. 33)$$

II.2.7.5. Signification des paramètres du modèle de Weibull

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

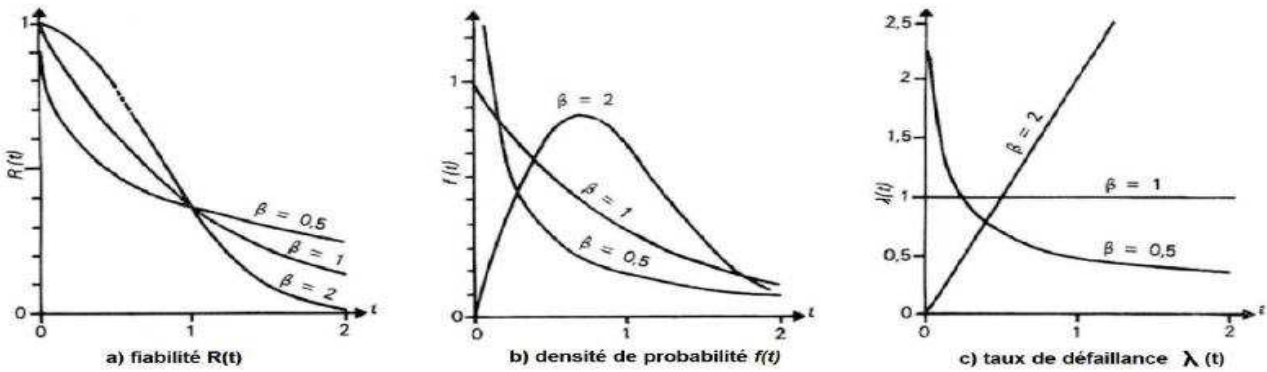


Figure II-4: formes de $f(t)$, $R(t)$, $\lambda(t)$ en fonction de β . [29]

II.2.8. Courbe de défaillance

- $\beta < 1$: Correspondre à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place de rodage de l'installation (période de jeunesse).
- $\beta = 1$: Correspondre 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.
- $\beta > 1$: Correspondre à la zone croissante rapide, c'est la période de vieillesse provoqué par l'usure mécanique. [29].

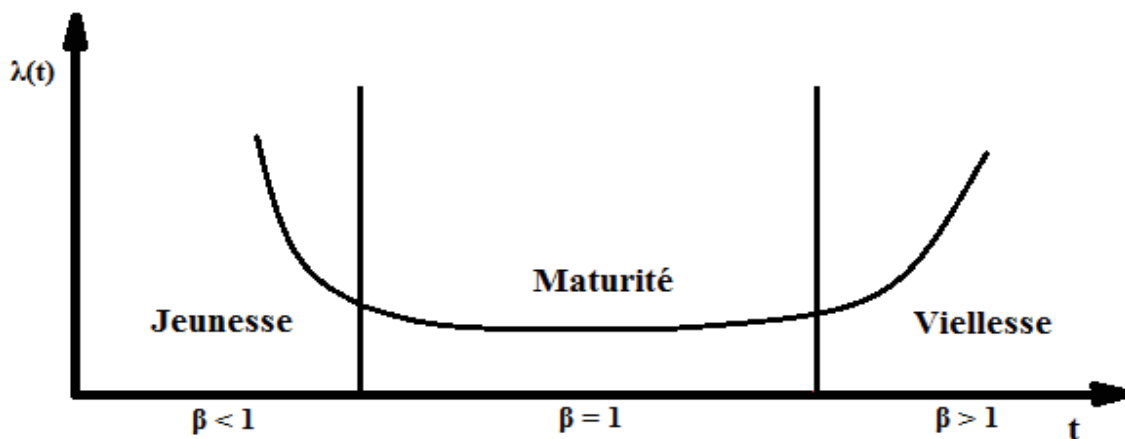


Figure II-5: Allure d'un taux de défaillance « courbe en baignoire ».

II.2.9. Relation entre la maintenance et la fiabilité

La figure II.6 présente la contribution des différents types de maintenance en ce qui concerne la fonction de fiabilité $R(t)$ et la durée de vie utile de l'équipement.

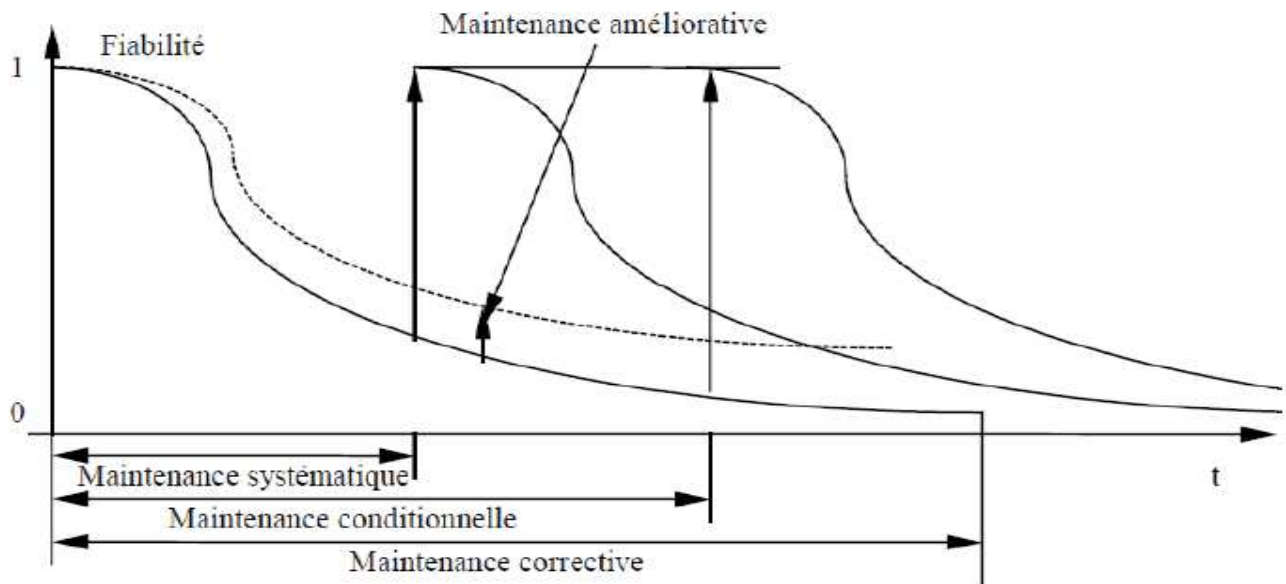


Figure II-6: l'impact de la maintenance sur la fiabilité des équipements.

Il va sans dire qu'une réduction du taux de panne $\lambda(t)$ entraîne une amélioration de la fonction de fiabilité $R(t)$. C'est dans cette optique que la maintenance améliorative a été instaurée. La maintenance préventive, avec toutes ses variantes, va en revanche tenter de ramener le taux de panne à son niveau le plus bas en remplaçant le composante usée sans améliorer les caractéristiques intrinsèques de l'équipement. [30]

II.2.10. Maintenabilité

II.2.10.1. 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 (Moyen Time To Repair) traduite par la (Moyenne des Temps Techniques de Réparation), la maintenabilité concerne donc les

responsable de maintenance ou même titre que la fiabilité, tant pour le choix d'équipements nouveaux que pour l'amélioration éventuelle l'équipement existant. [31]

$$MTTR = \frac{\sum \text{temps d'intervention pour n pannes}}{\text{Nombre de pannes (n)}} \quad (\text{II. 34})$$

II.2.10.2. 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. [32]

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (\text{II. 35})$$

II.2.10.3. 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.
- l'aide au diagnostic.

Il assurera de ce fait la réduction des durées de détection des pannes d'état, diminuant, ainsi les 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 [33].

II.2.10.4. Indicateurs de maintenabilité

Le tableau (II.1) suivant représenté les indicateurs de maintenabilité.

Indice	Description
MTTR	La MTTR est le principal indicateur de maintenabilité. Elle peut être obtenue par la moyenne statistique d'un échantillon de valeurs TTR ou par l'espérance mathématique de TTR obtenue à partir d'un modèle probabiliste. n
M(T)	C'est la fonction de maintenabilité stricte. C'est la probabilité associée à un instant T, d'une remise en état de fonctionnement. Elle est déterminée à partir d'un modèle probabiliste.

Tableau II-1: Les indicateurs de maintenabilité. [34]

II.2.10.5. Expressions mathématiques

Il y a analogie entre l'étude probabiliste de la fiabilité et la maintenabilité. Dans le cas de la maintenabilité, la variable aléatoire est la durée de l'intervention ou temps technique de réparation (TTR). La densité de probabilité est notée $g(t)$.

La maintenabilité $M(t)$ s'exprime en fonction de la densité de probabilité, notée $g(t)$, par la relation suivante [10]:

$$M(t) = \int_0^t g(t)dt \quad (\text{II. 36})$$

$M(t)$ représente également la probabilité de réparation d'une durée TTR $< t$:

$$M(t) = \Pr (TTR < t) \quad (\text{II. 37})$$

Le taux de réparation est noté $\mu(t)$ et s'exprime par :

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{(1 - M(t))} \quad (\text{II. 38})$$

D'où :

$$M(t) = 1 - \exp\left[-\int_0^t \mu(t)dt\right] \quad (\text{II. 39})$$

$\mu(t)$ est souvent considéré comme constant (modèle exponentiel), d'où:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (\text{II. 40})$$

Le MTTR est donné par :

$$MTTR = \int_0^{+\infty} tg(t)dt \quad (\text{II. 41})$$

$MTTR = 1 / \mu$ dans le cas où le taux de réparation $\mu(t)$ est constant.

En ce qui concerne l'obtention des données, les TTR sont saisis sur les bons de travaux (BT), et la procédure d'estimation de $M(t)$ est semblable à celle de la fiabilité. [10].

II.2.11. Disponibilité

II.2.11.1. 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 . [33].

II.2.11.2. Différents niveaux de la disponibilité

II.2.11.2.1. Disponibilité intrinsèque théorique

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes des temps de bon fonctionnement et les moyennes de réparations, ce qui donne [33] :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (\text{II. 42})$$

II.2.11.2.2. Disponibilité moyenne

La disponibilité moyenne sur un intervalle de temps donné peut-être évalué par les rapports suivants :

$$D_m = \frac{TCBF}{MCBF + TCI} \quad (\text{II. 43})$$

TCI: Temps cumulé d'immobilisation. [33].

II.2.11.2.3. Disponibilité opérationnelle

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

$$D_0 = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL} \quad (\text{II. 44})$$

Avec :

MTL : moyenne des temps logistiques. [33].

II.2.11.2.4. Disponibilité asymptotique

Lorsque λ et μ sont indépendants de temps et quand (t) devient grand, on constate que D (t) tend vers une valeur constante. Cette valeur est souvent dénommée disponibilité asymptotique et se note A_∞ est égale à [33]:

$$A_\infty = \frac{\mu}{\mu + \lambda} \quad (\text{II. 45})$$

Avec :

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (\text{II. 46})$$

Et :

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (\text{II. 47})$$

II.2.3.2.5. Disponibilité instantanée

Pour un système avec l'hypothèse d'un taux de défaillance λ constant et d'un taux de réparation μ constant, on montre que la disponibilité instantanée a pour expression [33]:

$$D(t) = \frac{\mu}{(\mu + \lambda)} + \frac{\lambda}{(\mu + \lambda)} e^{-(\mu + \lambda)t} \quad (\text{II. 48})$$

II.2.11.3 Relation entre fiabilité, maintenabilité et disponibilité

Une fiabilité parfaite (c.-à-d., aucune défaillance pendant la vie du système) est difficile à réaliser. Même lorsqu'un bon niveau de fiabilité est réalisé, quelques défaillances sont prévues, Les effets des défaillances sur le coût de disponibilité des systèmes réparables peuvent être réduits au minimum avec un bon niveau de maintenabilité. Un système qui est fortement maintenable peut être remis au plein fonctionnement dans un minimum de temps avec un minimum dépense de ressource. La valeur de disponibilité est un compromis entre la durée moyenne pour le quelle le produit est disponible pour effectuer ces fonctions et le temps de non-fonctionnement pour cause de panne, réparation ...etc. Cela implique que la fiabilité du produit soit mise en balance avec les performances du service de maintenance afin d'obtenir la même valeur de disponibilité dans tous les cas. [35]

La figure suivante montre la relation entre les paramètres de la sureté de fonctionnement :

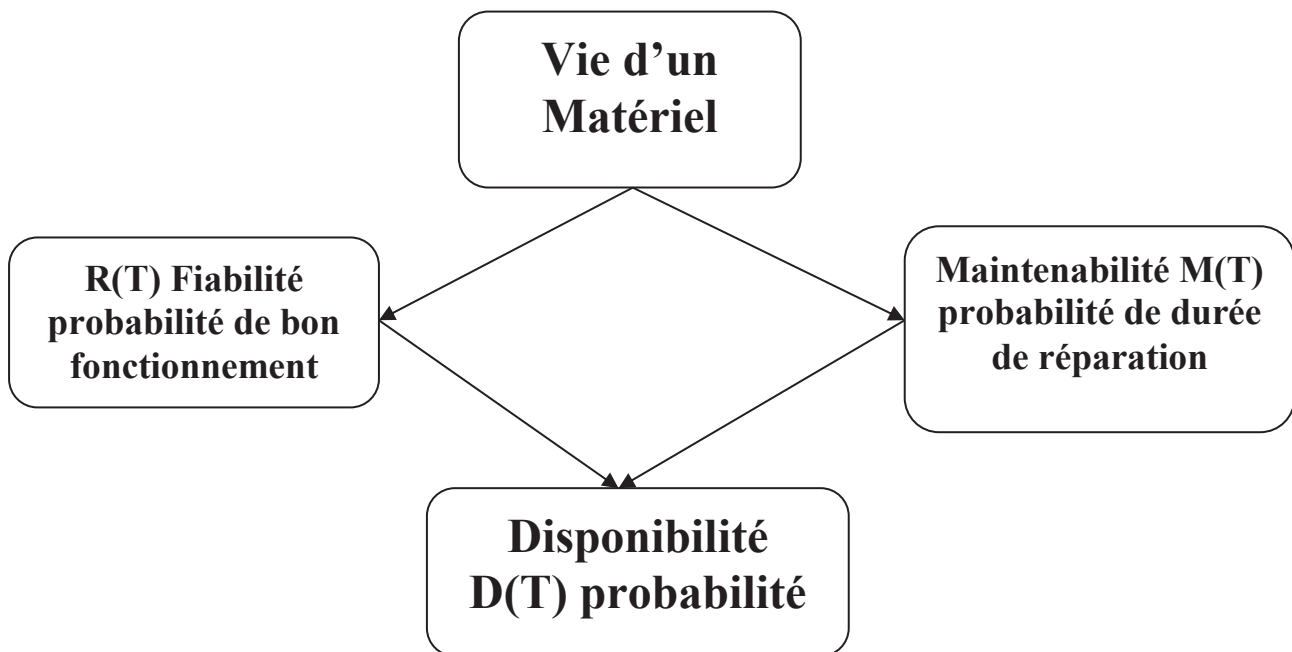


Figure II-7: Relation entre les paramètres FMD.

Pour qu'un matériel soit disponible il faut s'assurer que sa fiabilité est optimum et qu'il est aussi maintenable. [33]

II.3.Conclusion

Dans ce chapitre, des notions de base sur les lois de calcul de F.M.D (fiabilité, maintenabilité, disponibilité) sont illustrés.

Les différentes méthodes de calcul pour estimer la fiabilité, la fonction de répartition, le taux de défaillance et la densité de probabilité ont été présentées ainsi que les tests de vérification de ces méthodes.

Dans le chapitre suivant, on va décrire l'entreprise SP3 (Sonatrach) que nous allons faire notre stage.

CHAPITRE III

Présentation de l'entreprise

III.1 Introduction

Sonatrach est la plus importante compagnie d'hydrocarbure en Algérie et en Afrique, elle intervient dans l'exploitation, la production, le transport par canalisation, la transformation et la commercialisation des hydrocarbures et leurs dérivés. Adoptant une stratégie de diversification, SONATRACH se développe dans les activités de génération électrique, d'énergie nouvelles et renouvelables, de dessalement d'eau de mer, de recherche et de d'exploitation minière, pour suivant sa stratégie d'internationalisation, SONATRACH opère en Algérie et dans plusieurs régions du monde :

- En Afrique (MALI, NIGER, LIBYE, EGYPTE)
- En Europe (Espagne, Italy, Portugal, GRANDE BRETAGNE)
- En Amérique latine(PERO)
- Et aux USA

Dans notre étude on a envisagé la station de pompage numéro 3(SP3_M'sila) qui appartient à l'oléoduc OB1, reliant le départ de Haoud El Hamra au terminal Bejaia , ce fut le premier pipe-line utilisé en Algérie par la société étrangère française SOPEG, qui a été fondée le 12 Mars 1957. [36].

III.2.Présentation de l'entreprise et station SP3 m'sila :

III.2.1.Description du réseau de transport par canalisation des hydrocarbures

Le Réseau de Transport des Hydrocarbures Liquides et Gazeux est constitué d'un ensemble de canalisations, de stations de pompage, de stations de compression et de parcs de stockage, assurant le transport des effluents issus des champs de production, d'un centre de stockage ou d'un dispatching, vers les pôles industriels de traitement et de liquéfaction, de transformation, d'exportation et d'alimentation du marché national.

Le développement du Réseau de Transport depuis la construction de la première canalisation en 1959, a été engendré par les besoins en matière de transport en constante croissance, nécessitant ainsi le développement continu de nouvelles Capacités de transport. [36].

III.2.2.Capacité du transport de pétrole assuré par la RTC

Le tableau (III.1) suivant représenté capacité du transport de pétrole assuré par la RTC :

Dénomination	Ouvrages	Diamètre (Pouce)	Départ	Arrivée	Longueur (KM)	Capacité		
						Réelle	Réservée	Disponible
						Millions de TM/an(MTA)		
STC OB1/OG1	OB1	24"/22"	Haoud El Hamra	Béjaia	668	11.40	8.870	2.530
	OG1	20"	Beni Mansour	Alger	145	4	2.562	1.438

Tableau III-1: Capacité du transport de pétrole assuré par la RTC

III.2.3.Organisation administrative

La figure (III.1) suivant représenté l'organisation administrative :

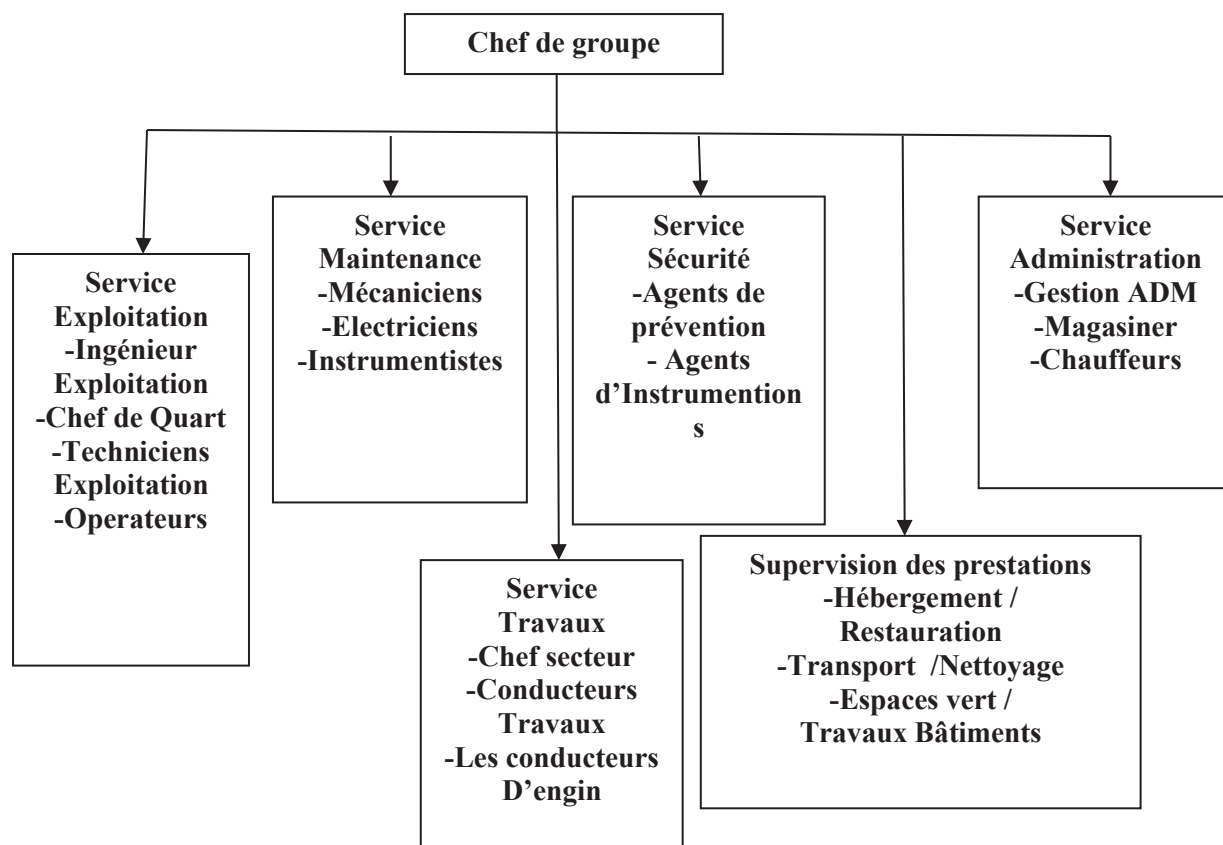


Figure III-1: Organisation administrative

III.2.4. Description technique de la station SP3

La figure(III.2) suivant représenté la description technique de la station SP3 :

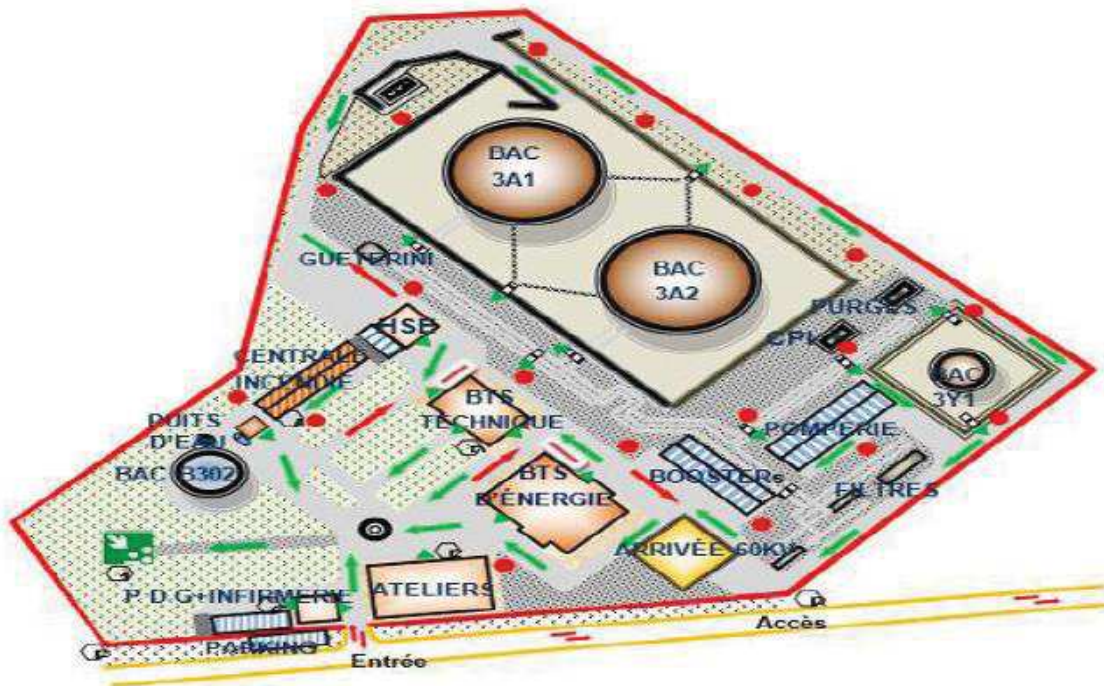


Figure III-2: La station SP3

III.3. La sécurité

III.3.1. Hygiène sécurité environnement (HSE)

III.3.1.1. La Sécurité

La sécurité est un ensemble des règles de conduite, de moyens et d'hygiène, quand ils sont bien mis en œuvre, ils concourent à protéger l'être humain et les installations contre les effets néfastes des accidents et des incidents, généralement c'est un état d'esprit dont la finalité est de créer certaines conditions de travail en éliminant les accidents et les avaries.

Dans la station et ses installations, le grand danger est bien les incendies. Elles peuvent revêt en un temps court un caractère de gravité exceptionnelle, tant en ce que les personnes que les biens. [36].

III.3.1.2. Triangle de feu

Le processus de combustion est une réaction chimique d'oxydation d'un combustible par un comburant, cette réaction nécessite une source d'énergie. La présence simultanée des trois éléments forme ce qu'on appelle le triangle de feu, il symbolise la Combustion, l'absence d'un des trois éléments empêche le déclenchement de la combustion. [36].



Figure III-3: Triangle de feu

III.3.2.La Centrale anti-incendie

La centrale anti-incendie est constituée de :

- 1- Un bac anti-incendie : ce bac est d'une capacité de 2970 m³/h alimenté par une pompe de puits immergé à 140m de profondeur dans un puits, ce bac est équipé de deux (2) levelswitsh de haut niveau et deux levelswitsh pour le niveau bas.
- 2- deux réseaux anti-incendie eau et mousse.
- 3- 18 poteaux incendient.
- 4- 7 Canons à eau.
- 5- 10 vannes déluges à déclenchement automatique.
- 6- cinq pompes
- 7- un système des bords sur les toits des bacs 3A1 et 3A2
- 8- un système anti-incendie CO₂ pour Bâtiment énergie
- 9- Un système anti-incendie CO₂ pour Bâtiment Administration (Salle de contrôle Salle de climatisation Local technique).

Tout ça pour les interventions et protections de toutes les installations de la station contre les incendies, il existe trois sortes de système de lutte :

III.3.2.1.Réseau d'eau anti-incendie

C'est un circuit qui cerce toutes les installations et équipé denourrisses. Ce dernier est alimenté à partir d'un bac d'eau à toit fixe d'une capacité de 3000m³ qui doit être toujours maintenu plein d'où aspire différentes pompes, on trouve :



Figure III-4: BAC B302

III.3.2.1.1. Les Pompes Jockey

Qui ont pour rôle le maintien de pression du réseau d'eau à 12bars et sont au nombre de deux dont une pompe démarre et s'arrête en automatique selon la pression du réseau et l'autre en réserve. La capacité fournie par chacune d'elles est de 25m³/h. [36].

III.3.2.1.2. Pompes électrique

Ce sont des pompes centrifuge entraînées par des moteurs électrique, la capacité de chacune est de 150m³/h. ces deux pompes sont placées en parallèle ce qui permet d'avoir un débit d'environ 300m³/h pour les besoins très important en eau. [36].

III.3.2.1.3. Pompe diesel

En cas de défaillance de l'énergie électrique et lors d'un besoin important en eau celle-ci est mis en service. C'est une pompe d'une capacité de 300m³/h entraînée par un moteur diesel. [36].

III.3.2.2. Réseau de mousse

À côté des pompes anti-incendie se trouve une citerne d'émulseur. La mousse est faite à partir d'un pré mélange eau/émulseur par une pompe volumétrique FIRE-DOS celle-ci est mise en service par la pression refoulement d'eau des pompes anti-incendie. [36].



Figure III-5: Le Système à mousse

III.3.2.3.Circuit CO2

Installé à l'intérieur des salles châssis et équipé de détecteurs infrarouges et de fumée qui sont fixés sur le toit et au-dessous des armoires électriques des disjoncteurs et des diffuseurs de CO2. Ce circuit est relié à un ensemble de bouteilles de CO2 se trouvant dans un conteneur à l'extérieur de l'enceinte, équipées d'un déclencheur automatique qui réagit en percutant ces bouteilles lors de détection d'incendie ou de fumée jusqu'à concentration de la salle en CO2. [36].



Figure III-6: système d'extinction au CO2

III.4. Exploitation (EXL)

III.4.1. Salle de contrôle

La figure (III.7) suivant représenté la Salle de contrôle :



Figure III-7: Topographie de l'OB1

L'épaisseur du tube varie entre 6,32 mm et 9,5 mm suivant les conditions des pressions sur l'aligne, à la sortie des station l'épaisseur égale à 12,7 mm, la nuance d'acier des tubes est le X52 - X42.

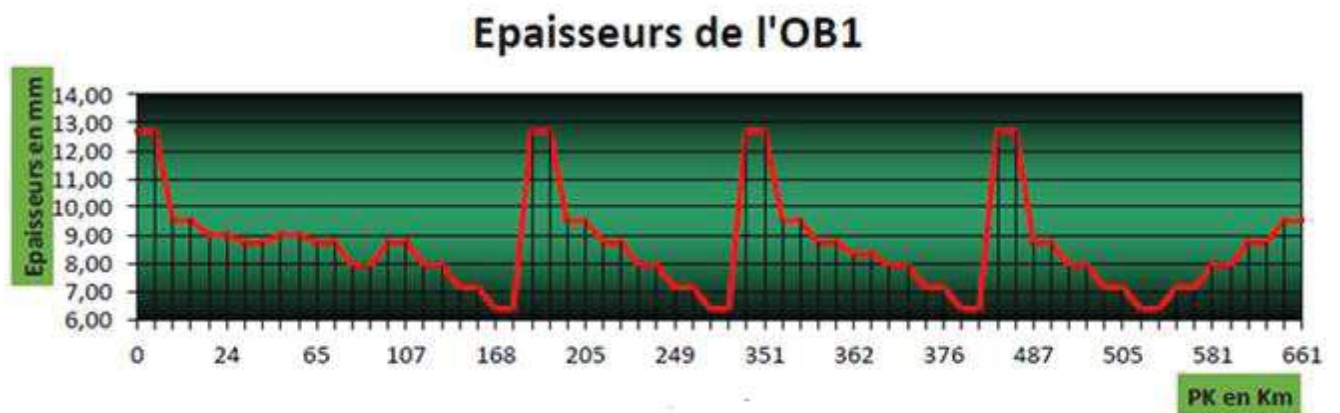


Figure III-8: Epaisseurs de l'OB1

III.4.2. Rôle des différents composants dans le procès

A l'arrivée du pétrole brut à la station juste à la sortie des filtres, celui-ci peut :

- Soit by passer les réservoirs tampons et les pompes boosters donc aspirer directement par les pompes principales ceci dans le cas où la pression entrée station est supérieure à 3.5bars.
- Soit by passer les réservoirs tampons et aller directement à l'aspiration des pompes boosters puis refouler vers l'aspiration des pompes principales. [36].
- Soit pénétrer dans les réservoirs tampons.

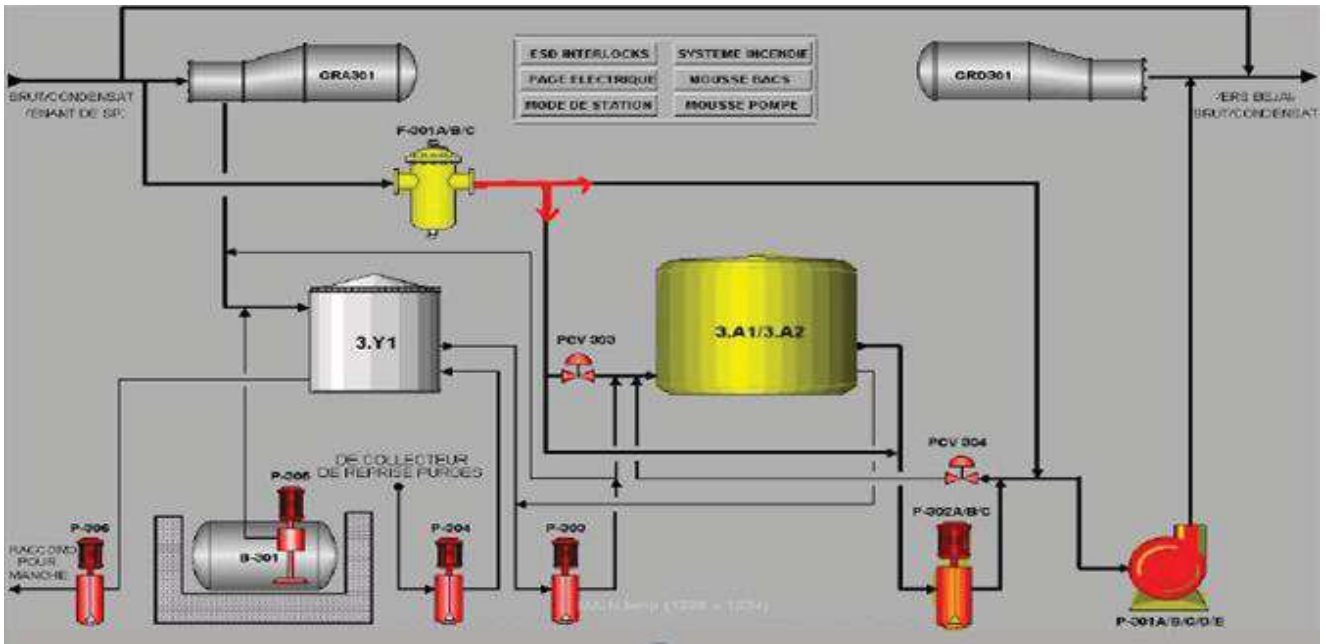


Figure III-9: Les différents composants dans le procès

-Le tableau (III.2) suivant représenté le débit en fonction de la pression :

DEBIT EN FONCTION DE LA PRESSION		
Débit (m ³ /h)	Pression sortie station (bar)	Nombre de pompes en servies
800	48	1
1400	53	2
1800	59	3
2200	71	4

Tableau III-2: Débit en fonction de la pression

III.4.3.La station de SP3 se composée de

- Deux (02) gares racleurs (GRA et GRD)
- Trois (03) filtres à hydrocarbure en parallèle.
- Deux (02) réservoirs tampons 3A1 et 3A2 d'une capacité de 20000 m³ chacun
- Trois (03) pompes boosters.
- Cinq (05) Groupes électropompes principales.
- Un bac de décantation et de décharge 3Y1 d'une capacité de 2900 m³.
- Une citerne de purge gravitaire des réseaux (B-301).
- Un Bacs à eaux anti-incendie (B302) d'une capacité de 2970 m³
- Un système de Traitement des Eaux Huileuses (W-305) CPI
- Une installation de sécurité anti-incendie
- Un réseau d'alimentation en énergie électrique.

III.4.3.1. Gares racleurs

III.4.3.1.1. Gare racleur arrivée (GRA)

A l'arrivée de l'oléoduc 24" à la station SP3, celui-ci se termine à son prolongement par la gare racleur arrivée qui sert à la réception d'un racleur lors de l'envoi de ce dernier à partir de la station SP2. En fonctionnement normal, la gare racleur arrivée est isolée en fermant sa vanne d'entrée MOV301 et MOV302 qui envoient les hydrocarbures vers le bac de décantation pendant la réception. En plus des vannes d'isolement, celle-ci est équipée de deux pigsignaler qui permettent de confirmer l'entrée du racleur dans la gare et d'une soupape de sécurité tarée à 9.8bars. [36].



Figure III-10: Gare racleur arrivée (GRA)

III.4.3.1.2. Gare racleur départ (GRD)

Au refoulement des pompes principales, en série avec l'oléoduc d'expédition 24" se trouve la GRD qui sert à envoyer un racleur vers le terminal Bejaia. En fonctionnement normal, les pompes principales refoulent directement vers le pipe d'expédition sans passer par la gare racleur. Celle-ci est isolée par sa vanne de sortie MOV327 et sa vanne de mise sous pression MOV326 (fermées). [36].



Figure III-11: Gare racleur départ (GRD)

III.4.3.2. Filtres à hydrocarbure

A l'entrée de la station, le pétrole brut ou le condensât passe à travers des filtres à hydrocarbure qui sont au nombre de trois (03) placés en parallèles dont deux (02) en fonctionnement et un (01) en réserve servant à retenir les particules solides supérieures à 500microns. Chaque filtre a une capacité de passage de 1100m³/h et est supposé bouché si la différence de pression entre l'entrée et la sortie du filtre est supérieure à 0.4bars. Dans ce cas, on l'isole et on le remplace par celui qui est en réserve pour nettoyer ou changer carrément les filtres colmatés. [36].



Figure III-12 : Les trois filtres

III.4.3.3 Réservoirs de stockage tampons

Ce sont des bacs à toits flottants d'une capacité de 20000m³ chacun servant de stockage et à maintenir un débit constant pour ne pas perturber la bonne marche de la station. Ces deux réservoirs sont communicants donc si la pression entrée station est supérieure à 3.5bars, l'excès est acheminé vers les bacs tampons par l'ouverture de la vanne PCV301. Dans le sens contraire s'il y'a une chute de débit, les pompes boosters soutirent des bacs pour compenser ceci dans le cas où la station est en pétrole brut. Les réservoirs tampons 3A1 et 3A2 reçoivent aussi du pétrole brut du bac de décantation 3Y1 par la pompe de transfert MP303 et de Guetirini avec camion-citerne par la pompe de transfert MP307. [36].



Figure III-13: Réservoirs de stockage tampons 3A1- 3A2

III.4.3.4.Pompes boosters

Ce sont des pompes verticales placées en parallèles dont généralement deux en fonctionnement et une en réserve, leur débit maximum est de 1100m³/h chacune. Le rôle des boosters consiste à relever la pression à l'aspiration des pompes principales à plus de 3.5bars soit par la conduite 24''directement, soit par les réservoirs tampons. Dans un cas très rare, les pompes boosters peuvent être à l'arrêt si la pression à l'aspiration des pompes d'expédition est supérieure à 3.5bars. [36].



Figure III-14: Pompe booster

III.4.3.5.Pompes principales d'expédition

Ce sont des pompes horizontales placées en parallèles au nombre de cinq (05) dont au maximum quatre (04) en service et une en réserve. Ces pompes sont de type centrifuge à 05 étages (05 roues) chacune entraînées par des moteurs électriques à vitesse variable et conçues pour un service intensif.

Ce dernier consiste à vaincre la pression de l'écoulement du pétrole brut ou du condensât jusqu'au col de Selatna puis à partir de ce point par gravité jusqu'au terminal arrivé de Bejaia. La pression de refoulement de ces pompes principales d'expédition est contrôlée et limitée par un contrôleur indicateur de pression PIC315 qui agit directement sur la vitesse de celles-ci. [36].



Figure III-15: Les Groupe électropompes principale (GEP).

III.4.3.6.Les soupapes

La station SP3 est protégée contre les surpressions depuis l'entrée du 24" jusqu'à la sortie (expédition) par des soupapes de sûreté qui s'ouvrent pour envoyer l'excès de pression vers le bac de décantation 3Y1. Ces dernières sont tarées à la pression suivante :

- Protection entrée station (oléoduc 24") : 4 soupapes tarées à 12.5bars
- Protection filtres : une soupape sur chacun tarée à 14.7bars.
- Protection GRA : une soupape tarée à 9.8bars.
- Protection aspiration pompes principales : une soupape tarée à 14.7bars.
- Protection GRD : une soupape tarée à 98bars.
- Protection sortie station : 02 soupapes tarées à 74.5bars.



Figure III-16: Les soupapes

III.4.3.7. Réservoir de décantation

Le réservoir de décantation 3Y1 est un bac à toit fixe et de volume 2900m³. Son utilité consiste surtout à la récupération des décharges des soupapes de sécurité, la réception des débris lors de l'envoi d'un racleur par la station SP2 et le transfert du pétrole de la citerne de purge vers celui-ci. Les hydrocarbures de ce réservoir de décantation peuvent être envoyés vers les réservoirs tampons par la pompe de transfert MP303 ou chargés sur camions citerne par la pompe de vidange MP 306. [36].



Figure III-17 : Réservoir de décantation 3Y1

III.4.3.8. Citerne de purge gravitaire (B-301)

C'est une citerne placée au-dessous du niveau du sol pour permettre de purger par gravité tous les circuits susceptibles d'être vidangés pour entamer des travaux par exemple. Tous les réseaux de purge sont collectés à cette citerne de volume 10m³ puis lors d'un haut niveau, une pompe émergée (MP305) démarre en automatique pour transférer les hydrocarbures dans le bac de décantation. [36].



Figure III-18: Citerne de purge (B-301)

III.4.3.9. Traitement des eaux huileuses

Les eaux huileuses sont expédiées au système de traitement W-305. Ce système est du type "séparateur CPI", où s'effectue la séparation huile/eau grâce à leur différence de gravité. Le séparateur CPI est constitué par :

- Une chambre de coalescence de longueur suffisante pour permettre la séparation des traces d'huile de l'eau courante.
- Une chambre de collecte et sortie d'huile.
- Une chambre d'évacuation de l'eau traitée.

L'huile récupérée est envoyée à la citerne de purge B-301 par la Pompe de Vidange de Brut P-314. Le démarrage et l'arrêt de cette pompe est fait automatiquement par les levelswitsh LSHH-308 et LSSL-308, installés dans la chambre d'huile. L'eau traitée est envoyée vers l'égout principal par la Pompe de Vidange Eau Traitée P-314. L'opération de cette pompe est automatique, par les levelswitsh LSHH-309 et LSSL-309, installés dans la chambre d'évacuation de l'eau



Figure III-19: Séparateur CPI

III.5.La Maintenance

Le service maintenance assure la maintenance systématique conditionnelle et curative des équipements.

III.5.1.Les plannings des opérations de maintenance pour SP3 :

Est un document de travail permet de lister des opérations de maintenance niveau 1 et 2 en passant en revue systématique tous les organes, et travaille également sur l'élaboration des plannings de maintenance dans la station de M'sila comme but :

- Une diminution des défaillances rencontrées
- D'améliorer la maintenance préventive

La section assure toutes les opérations de maintenance dans le domaine électrique, mécanique, instrumentation. Elle comporte trois sections :

III.5.2.L'électricité (ELC)

Le rôle de cette section est la maintenance préventive (contrôle ; Vérification ; Nettoyage) et curative (changement) des équipements électrique moteurs électriques – éclairage – transformateurs – disjoncteurs – relais de protection.

La station SP3 est alimentée en énergie électrique à partir de la ligne Sonal gaz de 60kv.

A partir de cette dernière, sont branchées deux autres lignes en parallèles qui alimentent les transformateurs 5.5kv pour le fonctionnement des moteurs des pompes boosters et les pompes d'expédition, puis du 5.5kv vers la basse tension 400/230v pour le fonctionnement des pompes de transferts, de vidange citerne, anti-incendie et de l'éclairage. [36].

En cas de coupure de courant de Sonal gaz, un groupe électrogène diesel de secours démarré en automatique pour assurer le fonctionnement des auxiliaires de basse tension telles que l'éclairage, les pompes anti-incendie. [36].



Figure III-20: La ligne électrique haute tension de 60 kV

Le câble de 60 KV deviser en deux parties et alimenter trois salles de tension, HT, MT, BT en série.

III.5.2.1.La salle haut tension (HT) :

-Deux transformateurs HT –MT (60 KV/5,5 KV) l'un en service l'autre secours en stand baye



Figure III-21: Les transformateurs HT –MT 60 KV/5,5 KV

III.5.2.2. La salle moyenné tension (MT) :

-Cinque transformateurs MT (5,5KV/2X1, 3KV) pour les variateurs de vitesse VVF des moteurs électriques.



Figure III-22: Le transformateur MT (5,5KV/2X1, 3KV)

-Cinque blocs de variateurs de vitesse VVF des moteurs électrique avec une commande locale ou à distance.



Figure III-23: Les blocs de variateurs

III.5.2.3. La salle basse tension (BT) :

- Deux transformateurs électriques MT/BT 5,5 KV/230-400 V qui alimentent les auxiliaires station



Figure III-24: Les transformateurs électrique MT/BT 5,5 KV/230-400 V

III.5.2.4. Groupe de secours

Quand l'alimentation de SONALGAZE est coupée, on peut alimenter la partie sécuriser par le groupe secour, mais elle est nécessaire l'isolation de la partie qui est alimenter par les deux lignes A et B (non sécuriser) avant le démarrage de la groupe secour. [36].



Figure III-25: Groupe de secours (Groupe électrogène)

La partie sécuriser alimente par exemple :

- Les pompes jockey.
- La pompe de forage
- Tableau éclairage
- Bateman sécurité
- Les redresseurs électriques

III.5.3.Mécanique (MEC)

La mécanique est chargé d'animer de cordonner et de contrôler la préparât ion de la maintenance mécanique mener des modifications et rénovation a la partie mécanique des équipements superviser les travaux d'interventions préparer le matériel pour travaux préparation des inspections gérer pour chaque pièce mécanique dossier matériel et historique des interventions. [36].

III.5.3.1.Qu'est-ce qu'une pompe ?

Une pompe est une machine tournante, qui transmet de l'énergie à un fluide en vue de son déplacement.



Figure III-26 : Une pompe

III.5.3.2.Les types des pompes

III.5.3.2.1.Les pompes volumétriques

Le pompage du liquide est réalisé par variation ou déplacement de volume Ce type de pompe convient particulièrement aux petits débits, grandes hauteurs / pressions liquides visqueux.

III.5.3.2.2Les pompes centrifuges

C'est la rotation d'une turbine à grande vitesse qui centrifuge le liquide. Le corps de la pompe canalise le fluide : coté aspiration vers le centre de la roue. Autour de la turbine vers e bride de refoulement

III.5.3.3.Garniture mécanique

Garniture mécanique de type TSBOPFFST-0700-F001 et de marque JOHN CRANE. La garniture

mécanique de la pompe booster et la garniture de la pompe principale ont les mêmes constitutions et le même principe de fonctionnement avec quelques différences sont :

- L'arrosage à partir de tubulure de l'aspiration vers le boîtier de garniture avec un débit de 3.5 l/min.
- Sans rondelle anti-extrusion.
- Garniture à ressort axiale.



Figure III-27: Garniture mécanique

III.5.3.4. Les types des vannes

III.5.3.4.1. Vanne motorisée :

Au niveau de la station nous avons 13 vannes motorisées pouvant être commandés localement ou à distance pour l'ouverture et la fermeture des vannes. C'est une vanne à boisseau sphérique de type TRunion et de marque Rserresse avec un actionneur électrique est un moteur électrique de marque Limitorque Actuation System à vitesse de 1425 tr/min, en plus du réducteur de type MR50 et équipé d'un carter scellé. [36].



Figure III-28: Vanne motorisée

III.5.3.4.2. Vanne PCV (Vanne de régulation de pression)

Nous avons trois vannes PCV sont PCV 301, PCV 302, PCV320, c'est une vanne papillon commandée par actionneur électrique ou commandée manuellement. [36].



Figure III-29: Vanne PCV

III.5.3.4.3. Vanne manuelle :

Vanne à opercule de marque WCB avec volant et deux brides. Chaque vanne elle a un diamètre et une classe différente selon la pression et diamètre de pipe (ex. diamètre 24 pouce, classe 900), possèdent un bec de graisseur ou deux pour le graissage. [36].



Figure III-30: Vanne manuelle

III.5.4.L'Instrumentation (INST)

L'instrumentation joue un rôle important dans le bon fonctionnement des équipements de la station, car sans ce dernier l'exploitation est quasiment impossible, des capteurs sont placés dans des endroits bien déterminés grâce à ces derniers ils transforment la grandeur physique ou numérique donnant la mesure en un affichage numérique ou à aiguille.

Cette transformation nécessite généralement un apport d'énergie extérieure au système en règle générale l'élément sensible du capteur est lié à un transducteur ou traducteur permettant la transformation du déplacement ou de la déformation de cet élément sensible en un signal ou une indication de mesure. [36].

III.6.Conclusion :

Le stage que nous avons fait au sein de l'entreprise SP3, nous a permis de voir de près le domaine pratique et de développer nos capacités scientifiques et technologiques.

Au début, nous avons fait une description générale sur la société pétrolière SONATRACH et sur les réseaux de transport par canalisation, par la suite nous avons parlé sur le premier oléoduc installé en Algérie OB1 et sur la station de pompage SP3 M'sila.

CHAPITRE IV

Calcul et amélioration de FMD

IV.1.Calcul de FMD

Dans notre travail, le système électromécanique que nous avons choisi est le groupe électropompe (GEP301 B) à cause de son importance dans l'entreprise SP3 de M'sila.

Pour évaluer le niveau de sureté de fonctionnement (fiabilité, maintenabilité et disponibilité) de ce système, il faut extraire leur historique de panne.

IV.2.Historique de pannes du groupe électropompe (GEP301 B)

D'après l'historique de pannes du groupe électropompe (GEP-301 B),on peut résumer les données dans le tableau suivant (tableau IV.1) :

N°	Elément en panne	Date de début de panne	Date de fin de Panne	Temps d'arrêt (h)
01	Température élevée de la garniture mécanique COA	02/02/2016	04/02/2016	48
02	Alarme détectrice de fuite de la garniture mécanique CA	10/04/2016	10/04/2016	06
03	Vibrations au niveau du ventilateur	13/11/2016	13/11/2016	02
04	Blocage du mécanisme de transmission de vanne d'aspiration (MOV-306)	06/12/2016	08/12/2016	72
05	Détérioration de la carte UF14 du VVF	18/01/2017	18/01/2017	16
06	Fissure du filetage la conduite d'arrosage de la garniture mécanique CA.	06/03/2017	06/03/2017	01
07	Vibrations élevées au niveau du palier	07/11/2017	09/11/2017	48
08	Colmatage du filtre d'eau de refroidissement du VVF	24/12/2017	24/12/2017	12
09	Blocage de pompe principale	04/02/2018	09/02/2018	120
10	Fuite au niveau du joint torique du filtre de refroidissement du VVF	16/04/2018	16/04/2018	05
11	Appointment d'huile du palier pompe COA	23/08/2018	23/08/2018	01
12	Reprise étalonnage du manomètre de pression d'aspiration	08/10/2018	08/10/2018	04
13	Bruit anormal au niveau de l'accouplement moteur /pompe	22/01/2019	22/01/2019	04
14	Fuite importante au niveau de la garniture mécanique COA	03/02/2019	05/02/2019	48
15	Problème sur le relais de température TEMON 8 d'un enroulement (TE-354B) du VVF.	12/06/2019	13/06/2019	08
16	Température élevée de la garniture mécanique COA	02/09/2019	05/09/2019	96
17	Colmatage du filtre d'eau de refroidissement du VVF	12/11/2019	12/11/2019	04
18	Fissure du filetage la conduite d'arrosage de la garniture mécanique CA.	12/05/2020	12/05/2020	01
19	Reprise étalonnage du manomètre de pression d'aspiration	11/10/2020	11/10/2020	02
20	Blocage du mécanisme de transmission de vanne d'aspiration (MOV-306)	13/12/2020	15/12/2020	48

Tableau IV-1: L'historique des pannes du groupe électropompe (GEP-301 B).

IV.3.L'analyse FMD

IV.3.1.La fiabilité

Pour évaluer la fiabilité du groupe électropompe, on utilisera un logiciel de simulation qui s'appelle FIABOPTIM, ce dernier est un logiciel destiné à l'analyse numérique et graphique des données de Fiabilité. Il permet, à partir des données opérationnelles ou expérimentales, d'estimer la loi de distribution des défaillances, d'estimer les paramètres caractéristiques de ces lois et de calculer ensuite la fiabilité prévisionnelle du système étudié pour les dates désirées. L'interface de ce logiciel est illustrée par la (figure IV.1). Le logiciel opère à partir d'un fichier où sont stockées les données de fiabilité.

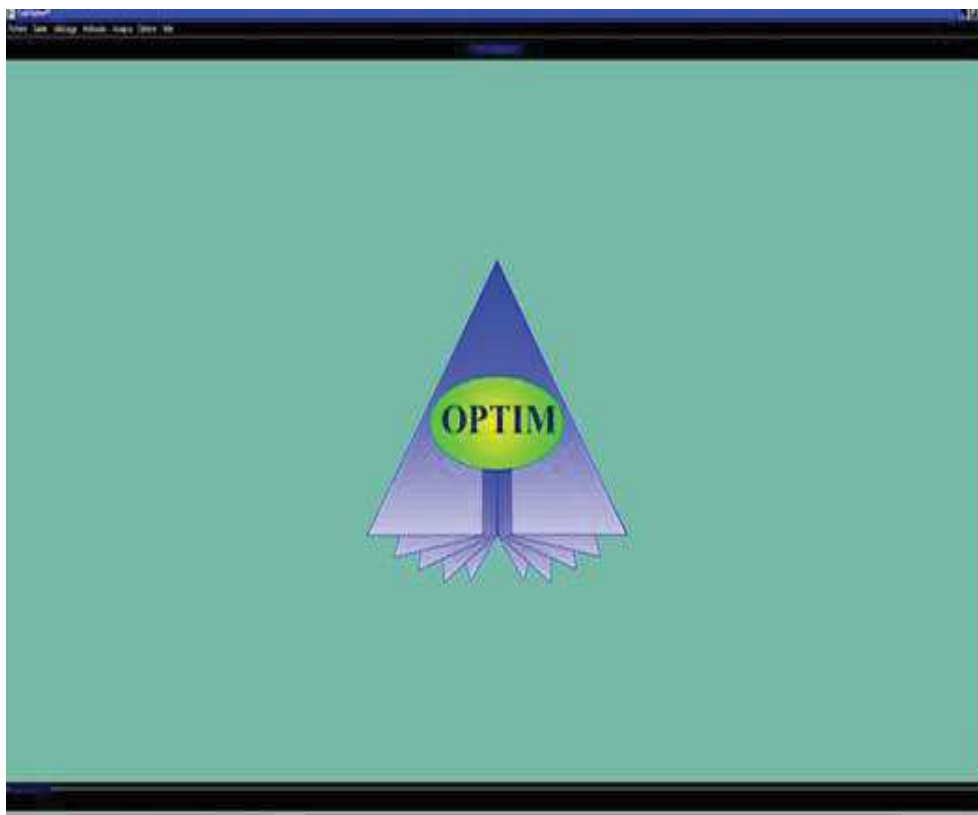


Figure IV-1: L'interface de logiciel Fiab-Optim.

Le tableau suivant (tableau IV.2) comporte le TBF classés par ordre croissant, et les F(i) calculés par la méthode des ranges moyen :

$$F(t) = \frac{i - 0.3}{N + 0.4}$$

Indice	TBF	F(t)
01	312	0.0361
02	576	0.0876
03	1008	0.1392
04	1032	0.1907
05	1128	0.2423
06	1130	0.2938
07	1152	0.3454
08	1536	0.3969
09	1608	0.4485
10	1610	0.5
11	1656	0.5515
12	1968	0.6031
13	2568	0.6546
14	3072	0.7061
15	3120	0.7577
16	3672	0.8093
17	4392	0.8608
18	5160	0.9123
19	5232	0.9639

Tableau IV-2: Calcul de la fonction de répartition.

La figure suivante illustre la représentation graphique de la fonction de répartition sur le papier de Weibull

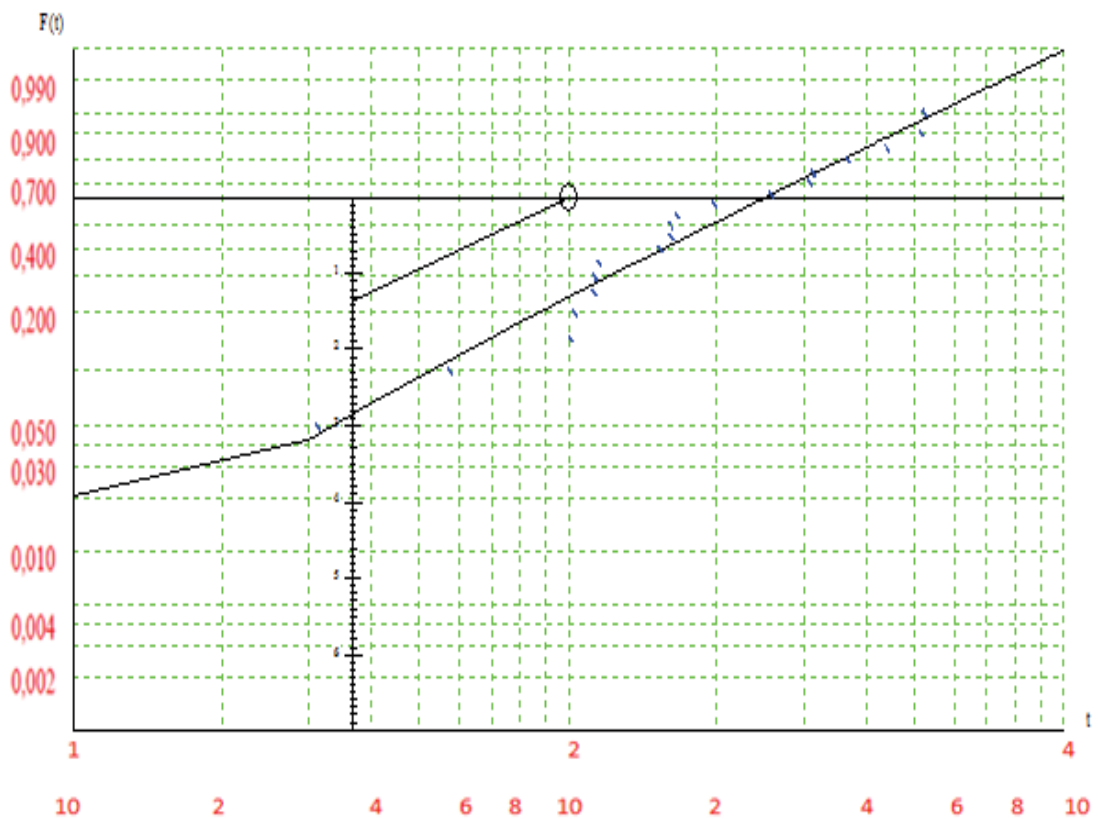


Figure IV-2: Papier fonctionnel de Weibull

D'après la courbe de la figure (IV.2), on peut déterminer les paramètres de la loi de Weibull pour calculer la fonction de répartition théorique $F(t)$. Le calcul de $F(t)$ a pour but de choisir le modèle de calcul adéquat (acceptable). Les valeurs de ces paramètres sont résumées dans le tableau suivant :

Paramètres	Valeurs
Beta(β)	1.3577317
Eta(η)	2443.2294
Gamma(γ)	58.058549
MTBF	2206.9474

Tableau IV-3: les paramètres de calcul de fiabilité.

Pour vérifier que le modèle est accepté pour calculer les différentes fonctions (la fiabilité, la densité de probabilité et le taux de défaillance), on utilise le test de KOLMOGOROV-SMIRNOV.

IV.3.1.1. Test (KOLMOGOROV SMIRNOV)

Avant la validation de toutes les lois de fiabilité, il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de K-S avec un seuil de confiance $\alpha=5\%$. Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique $F(t)$ et la fonction réelle $F(i)$ puis prendre le maximum en valeur absolue Dn_{\max} . Cette valeur est comparée avec Dn_{α} Qui est donnée par le tableau de Kolmogorov Smirnov.

La valeur de Dn est donnée par le tableau de KOMOGOROV – SMIRNOV (tableau IV.4).

Les résultats de comparaison entre les deux fonctions de réparation sont présentés dans le tableau suivant :

Range	F(t) théorique	F (ti) réelle	Dn_i
01	0.0452	0.0361	0.0091
02	0.1146	0.0876	0.027
03	0.2422	0.1392	0.103
04	0.2494	0.1907	0.0587
05	0.2781	0.2423	0.0358
06	0.2787	0.2938	0.0151
07	0.2853	0.3454	0.0601
08	0.3967	0.3969	0.0002
09	0.4167	0.4485	0.0318
10	0.4173	0.5	0.0827
11	0.4299	0.5515	0.1216
12	0.5112	0.6031	0.0919
13	0.6456	0.6546	0.009
14	0.7354	0.7061	0.0293
15	0.7430	0.7577	0.0147
16	0.8176	0.8093	0.0083
17	0.8867	0.8608	0.0259
18	0.9340	0.9123	0.0217
19	0.9373	0.9639	0.0266

Tableau IV-4 : Estimation de la fiabilité et la fonction de répartition.

Le tableau IV.4 montre que $Dn_{max} = 0,1216$ et d’après le tableau de KOMOGOROV –SMIRNOV (voir l’annexe) :

$$Dn_{\alpha} = D_{11,0.05} = 0,39122.$$

$Dn_{max} < Dn_{\alpha}$ implique que le modèle de Weibull est acceptable.

L’utilisation du logiciel MATLAB permet de présenter graphiquement la fonction de répartition qui montrée par la figure (IV.3). La figure ci-dessous représente la fonction de répartition $F(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement TBF(h).

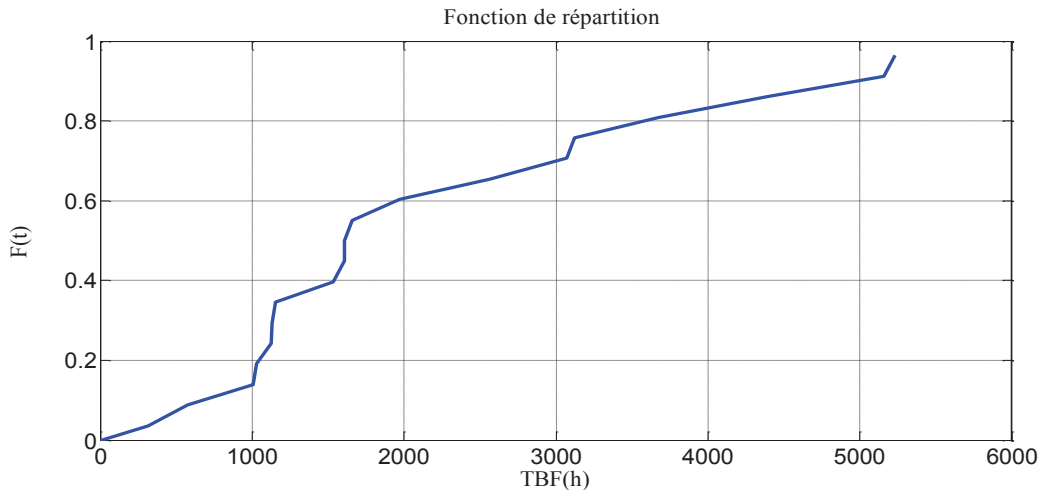


Figure IV-3: Fonction de répartition $F(t)$.

On observe d’après cette figure que la fonction de répartition augmente avec l’augmentation du temps de bon fonctionnement (TBF).

IV.3.1.2.Calculs de la fiabilité, de la densité probabilité et du taux de défaillance

On résume les calculs des valeurs de fiabilité, de la densité de probabilité et du temps de défaillance dans le tableau (IV.5).

TBF	R(t)	$\lambda(t) \times 10^{-4}$	$f(t) \times 10^{-4}$
312	0.9548	2.4725	2.3607
576	0.8854	3.1905	2.8249
1008	0.7578	3.9636	3.0036
1032	0.7506	3.9991	3.0017
1128	0.7219	4.1359	2.9857
1130	0.7213	4.1386	2.9852
1152	0.7147	4.1688	2.9794
1536	0.6033	4.6425	2.8008
1608	0.5833	4.7222	2.7545
1610	0.5827	4.7243	2.7528
1656	0.5701	4.7740	2.7217
1968	0.4888	5.0885	2.4873
2568	0.3544	5.6108	1.9885
3072	0.2646	5.9903	1.5850
3120	0.257	6.0243	1.5482
3672	0.1824	6.3923	1.1660
4392	0.1133	6.8215	0.7729
5160	0.066	7.2314	0.4773
5232	0.0627	7.2677	0.4557

Tableau IV-5: Calculs de la fiabilité, du temps de défaillance et de la densité de probabilité.

Les présentations graphiques de la fiabilité, de la densité de probabilité et du temps de défaillance sont illustrées par les figures suivantes (Figure IV.4, IV.5 et IV.6) :

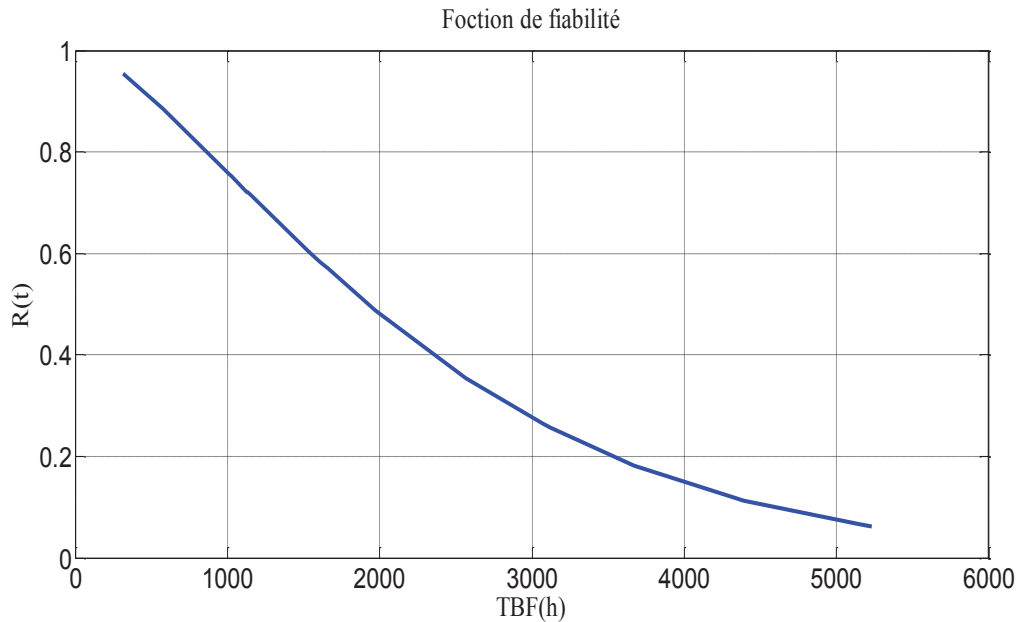


Figure IV-4: La fonction de fiabilité $R(t)$.

La figure IV.4 illustre la fonction de fiabilité $R(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF). On observe d'après cette figure que la fonction de fiabilité diminue avec l'augmentation du temps de bon fonctionnement (TBF).

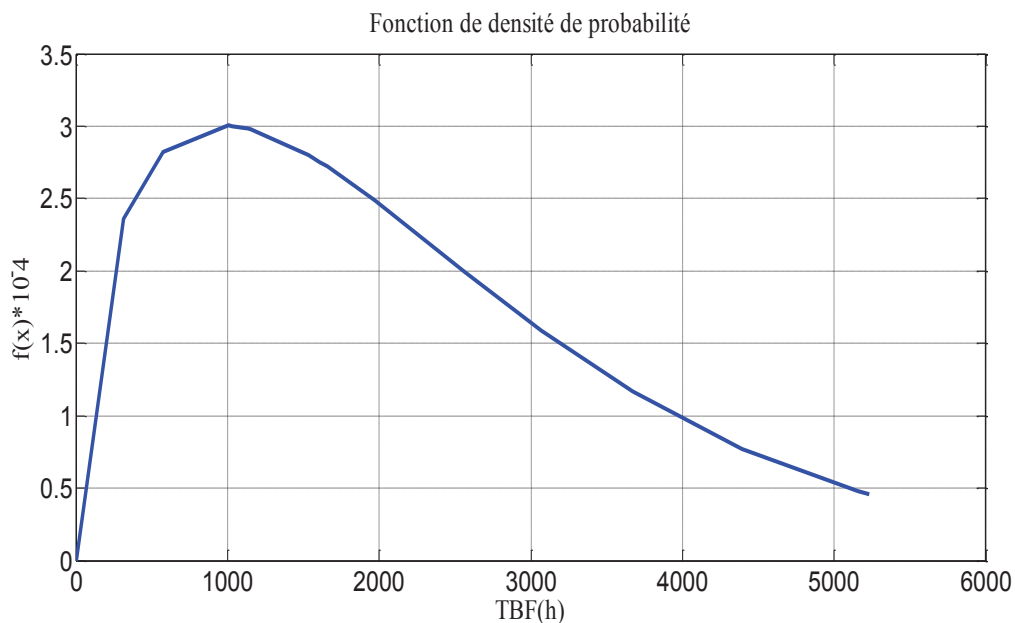


Figure IV-5: Densité de probabilité $f(t)$.

La figure IV.5 illustre la densité de probabilité $f(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF). On observe d'après cette figure que la densité de probabilité augmente jusqu'à atteindre un pic après quoi elle diminue, et tout cela augmente avec l'augmentation du temps de bon de fonctionnement (TBF).

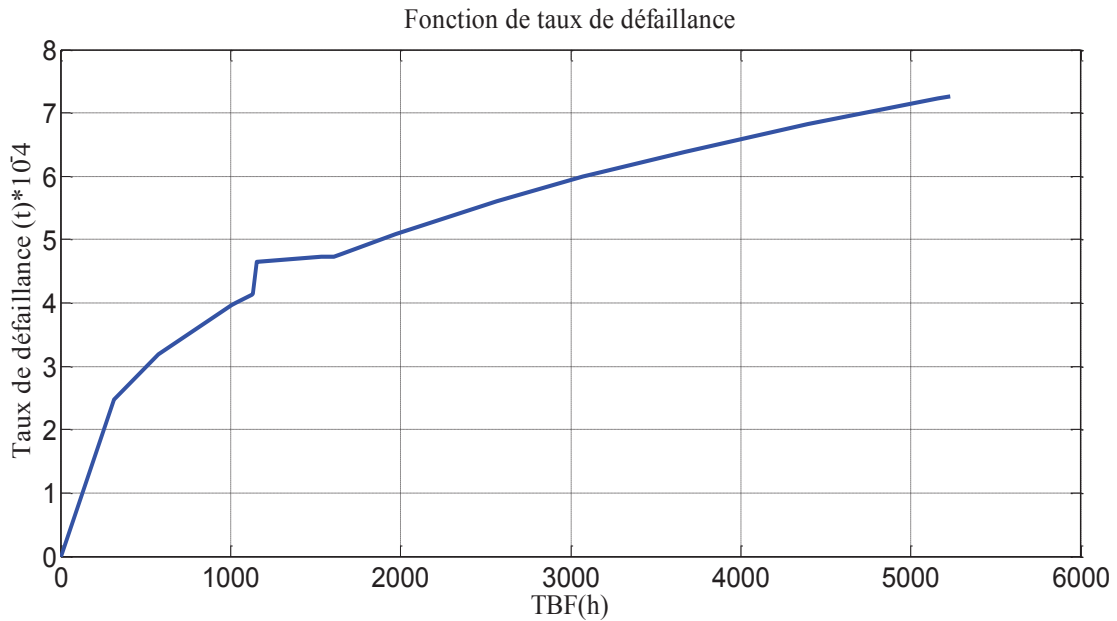


Figure IV-6: Taux de défaillance.

La figure IV.6 illustre le taux de défaillance en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF). On observe d’après cette figure que le taux de défaillance augmente avec l’augmentation du temps de bon de fonctionnement (TBF).

IV.3.1.3.Calcul de R (MTBF)

Pour la moyenne de temps de bon fonctionnement MTBF =2298.4998 h, la fiabilité est de :

$$R(MTBF) = e^{-\left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (IV. 1)$$

$$R(MTBF) = 0.41106 \text{ h}$$

On voit que la fiabilité du groupe électropompe est réduite.

IV.3.1.4.Calcul de F(MTBF)

La fonction de répartition pour la moyenne du temps de bon fonctionnement est :

$$F(MTBF) = 1 - e^{-\left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (IV. 2)$$

$$F(MTBF) = 1 - 0.41106 = 0.58894 \text{ h}$$

IV.3.1.5.Calcul de λ(MTBF)

Le taux de défaillance en fonction de moyenne du temps de bon fonctionnement est :

$$\lambda(t) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right) \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (IV. 3)$$

$$\lambda(MTBF) = 0.0005387 \text{ h}$$

IV.3.1.6 La densité de défaillance f (MTBF)

La densité de défaillance correspondante à la moyenne du temps de bon fonctionnement est

$$f(MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (IV. 4)$$

$$f(MTBF) = 0.0005387 * 0.41106 = 0.00022144 \text{ h}$$

IV.3.2.La maintenabilité

La fonction de maintenabilité est donnée par la relation suivante:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (IV.5)$$

Le taux de réparation μ est exprimé par:

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (IV.6)$$

$$MTTR = \frac{\sum \text{temps d'intervention pour n pannes}}{\text{Nombre de pannes (n)}} = \frac{498}{19} = 26.2105 \text{ h}$$

$$\mu = \frac{1}{26.2105} = 0.0381 \text{ h}^{-1}$$

Le tableau ci-dessous résume la maintenabilité pour l'historique des pannes précédent.

N°	Temps de réparation TTR (h)	Maintenabilité M(t)
01	01	0.0374
02	01	0.0374
03	01	0.0374
04	02	0.0734
05	02	0.0734
06	04	0.1414
07	04	0.1414
08	04	0.1414
09	05	0.1735
10	06	0.2044
11	08	0.2627
12	12	0.3669
13	16	0.4564
14	48	0.8394
15	48	0.8394
16	48	0.8394
17	72	0.9356
18	96	0.9742
19	120	0.9897

Tableau IV-6: le calcul de la Maintenabilité.

Le tableau IV.6 permet de présenter la fonction de maintenabilité en fonction des temps de réparation comme illustré la figure suivante :

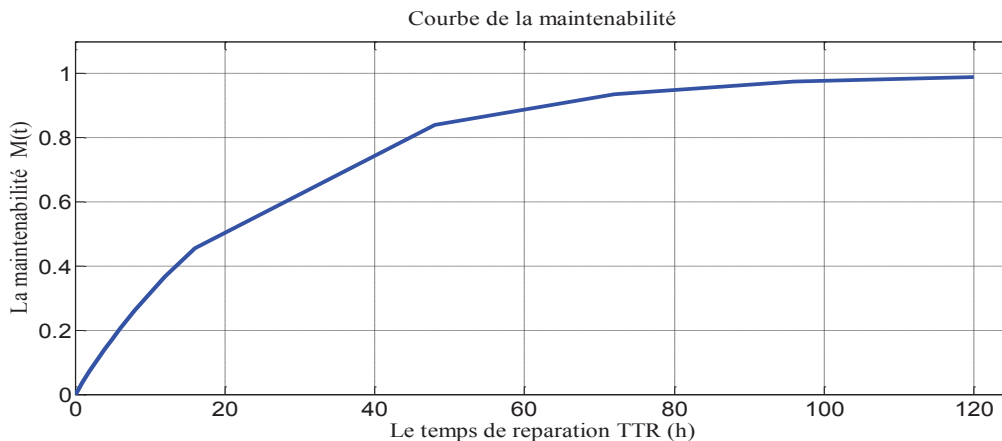


Figure IV-7: La Courbe de Maintenabilité.

La figure IV.7 illustre la maintenabilité en fonction des temps de réparation (TTR), on remarque d'après cette figure que la maintenabilité augmente avec l'augmentation du temps de réparation (TTR). La maintenabilité pour la moyenne du temps de réparation égale à 0.6316.

IV.3.3.La disponibilité

IV.3.3.1.Disponibilité intrinsèque théorique

On peut calculer la disponibilité intrinsèque théorique par l'équation suivante :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (IV. 7)$$

Avec : MTBF=2298.4998 h et MTTR=26.2105 h

$$D_i = \frac{2298.4998}{2298.4998 + 26.2105} = 0.9887 = 98.87\%$$

IV.3.3.2.La disponibilité instantanée

La disponibilité instantanée en fonction du taux de défaillance et du taux de réparation est exprimée comme suit :

$$D(t) = \frac{\mu}{(\mu + \lambda)} + \frac{\lambda}{(\mu + \lambda)} e^{-(\mu+\lambda)t} \quad (IV. 8)$$

$$\lambda(MTBF) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right) \left(\frac{MTBF - \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} = 0.0005387 \text{ h}$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{26.2105} = 0.0381 \text{ h}^{-1}$$

Le tableau suivant résume les calculs de la disponibilité intrinsèque :

N°	Temps de réparation TTR (h)	Disponibilité D(t)
01	01	70.7340
02	01	70.7340
03	01	70.7340
04	02	70.7335
05	02	70.7335
06	04	70.7325
07	04	70.7325
08	04	70.7325
09	05	70.7321
10	06	70.7316
11	08	70.7308
12	12	70.7293
13	16	70.7281
14	48	70.7228
15	48	70.7228
16	48	70.7228
17	72	70.7214
18	96	70.7209
19	120	70.7207

Tableau IV-7: Tableau de disponibilité instantané.

Les résultats de calculs de la disponibilité intrinsèque sont illustrés par la figure suivante :

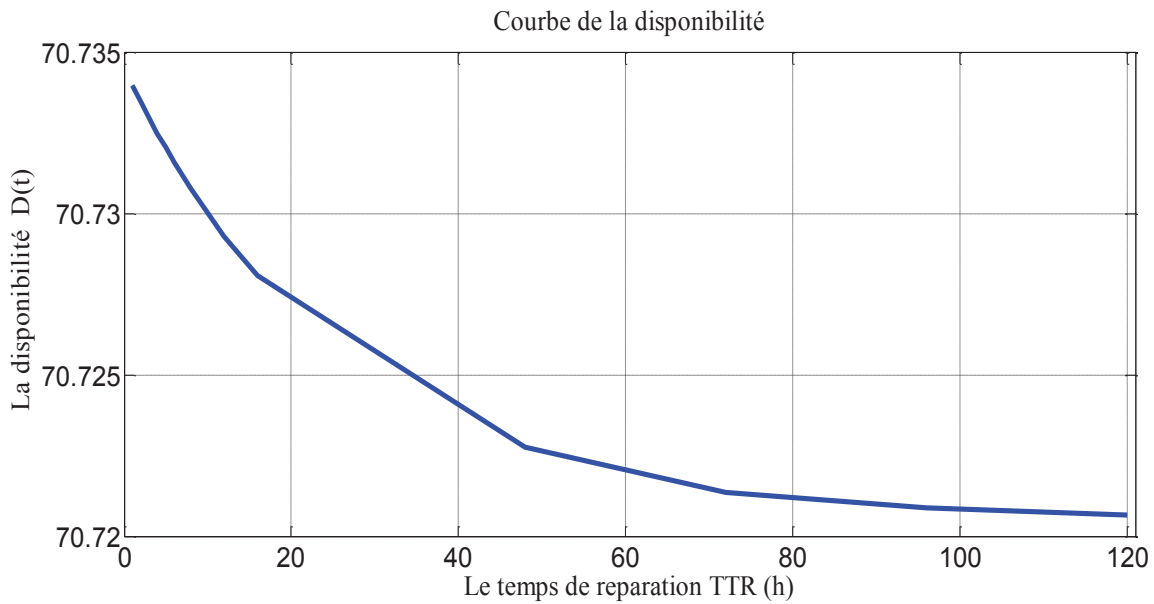


Figure IV-8: La Courbe de disponibilité instantanée.

La figure IV.8 illustre la disponibilité intrinsèque en fonction du temps de réparation. D’après cette figure, on remarque que la disponibilité diminue avec l’augmentation du temps de réparation.

IV.3.4. Amélioration de fiabilité par l’application de la maintenance préventive systématique :

Calcul du temps de bon fonctionnement souhaitable pour améliorer la fiabilité à 75%

$$R(t) = 75\% \implies t = ?$$

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \implies \ln R(t) = -\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta = \ln(0.75) \implies \frac{1}{\beta} = \frac{t-\gamma}{\eta}$$

$$\implies t = -\eta[\ln R(t)]^{\frac{1}{\beta}} + \gamma \implies t = 575.7526 \text{ h}$$

IV.3.5. Méthodes d’analyse prévisionnelle (ABC)

L’objectif de la méthode ABC est de classer les défaillances et extraire les éléments les plus défaillants, le tableau IV.8 montre les données pour tracer la courbe ABC.

IV.3.5.1. La courbe ABC

À l’aide du tableau IV.8, on peut utiliser les pourcentages du cumul de temps de panne et du cumul de nombre de panne pour tracer la courbe ABC.

N°	Type de panne	Temps d'arrêt (h)	Cumul Temps d'arrêt (h)	% Temps d'arrêt (h)	Nombre de panne	Cumul nombre de panne	% Nombre de panne
1	Température élevée de la garniture mécanique COA	144	144	26.3736	02	02	10
2	Blocage de pompe principale	120	264	48.3516	01	03	15
3	Blocage du mécanisme de transmission de vanne d'aspiration (MOV-306)	120	384	70.3297	02	05	25
4	Vibrations élevées au niveau du palier	48	432	79.1209	01	06	30
5	Fuite importante au niveau de la garniture mécanique COA	48	480	87.9121	01	07	35
6	Détérioration de la carte UF14 du VVF	16	496	90.8424	01	08	40
7	Colmatage du filtre d'eau de refroidissement du VVF	16	512	93.7729	02	10	50
8	Problème sur le relais de température TEMON 8 d'un enroulement (TE-354B) du VVF.	08	520	95.2381	01	11	55
9	Alarme détecteur de fuite de la garniture mécanique CA	06	526	96.3370	01	12	60
10	Reprise étalonnage du manomètre de pression d'aspiration	06	532	97.4352	02	14	70
11	Fuite au niveau du joint torique du filtre de refroidissement du VVF	05	537	98.3516	01	15	75
12	Bruit anormal au niveau de l'accouplement moteur /pompe	04	541	99.0842	01	16	80
13	Vibrations au niveau du ventilateur	02	543	99.4505	01	17	85
14	Fissure du filetage la conduite d'arrosage de la garniture mécanique CA.	02	545	99.8168	02	19	95
15	Appointement d'huile du palier pompe COA	01	546	100	01	20	100

Tableau IV-8: les données pour tracer la courbe ABC

La Figure suivante montre la courbe ABC qui contient trois zones :

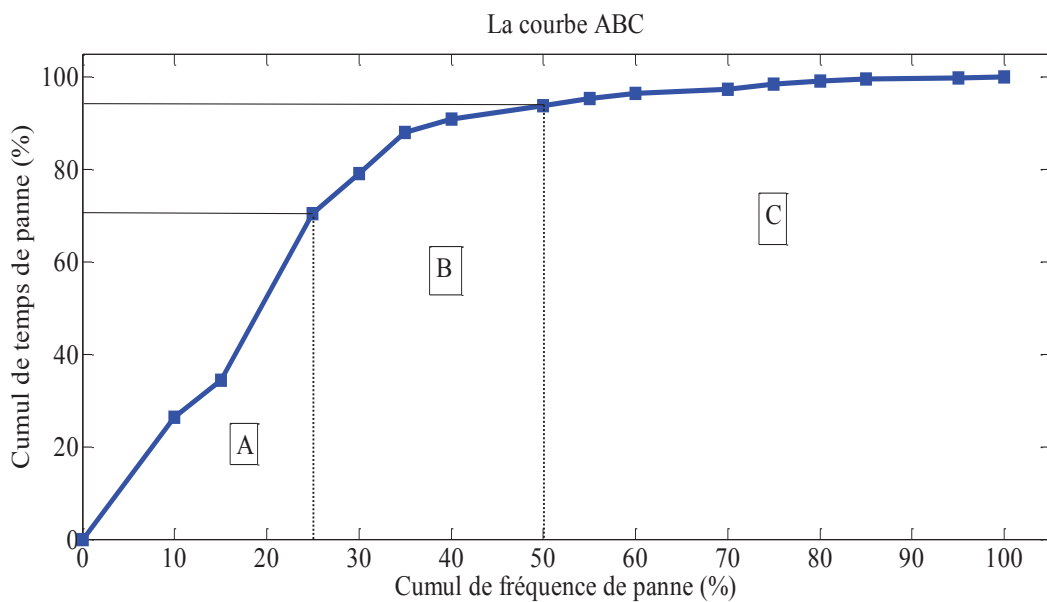


Figure IV-9: La courbe ABC

IV.3.5.2. Interprétation des résultats :

Zone(A):on voit que d'après cette zone qu'environ de 25 % des pannes représente 70.3297 % des heures d'arrêts, cette zone contient les éléments les plus défectueux.

Zone (B):Dans cette zone, les 25% des pannes représentent 23.4432% des heures d'arrêts, c'est une zone contient des éléments moins de temps d'arrêt par comparaison avec les éléments de la zone.

Zone (C):Dans cette zone les 50% des pannes restantes ne représente que de 6.2271% des heures d'arrêts.

IV.4. Proposition des solutions pour les trois éléments les plus défaillants :**IV.4.1. Pour la température élevée de la garniture mécanique COA:**

Pour contrôler la température de la garniture mécanique, on propose la technique de la maintenance préventive conditionnelle qui s'appelle la thermographie.

IV.4.1.1. La thermographie infrarouge :

Suscite un intérêt encore récent dans le domaine de la maintenance jusqu'alors réservée au contrôle d'installations électriques. Elle est peu utilisée pour la surveillance des machines tournantes notamment pour la détection de défauts qui se manifestent par un échauffement anormal à la surface de l'équipement. La thermographie permet de réaliser des mesures à distances et d'obtenir instantanément une image thermique de la zone inspectée [37].

IV.4.1.2. Objectifs de la thermographie :

Le but d'une analyse thermographique est avant toute chose de déterminer les causes des déperditions pour apporter les correctifs en matière d'isolation et donc au final réduire au maximum la note en matière de dépense en chauffage ou climatisation.

IV.4.1.3. Principe de l'analyse thermographique :

- a) Image visible d'un disjoncteur électrique.
- b) Visualisation d'un défaut de connexion sur l'image thermique [38].

IV.4.2. Pour le blocage de la pompe principale :

Pour traiter ce défaut, on propose à l'entreprise d'appliquer la technique de l'analyse vibratoire. Cette technique nous permet de surveiller la pompe en fonctionnement et de détecter leurs défauts au stade précoce.

IV.4.2.1.L'analyse vibratoire :

Est la plus connue et la plus largement utilisée car adaptée aux des composants mécaniques et aux machines industrielles en fonctionnement. Elle permet de détecter la majorité des défauts susceptibles d'apparaître dans les machines tournantes [37].

L'analyse vibratoire est une chaîne de mesure composée par les éléments suivants :

- Capteur de vibration
- Amplificateur
- Analyseur FFT

IV.4.2.2.Objectifs d'analyse vibratoire :

L'analyse vibratoire poursuit deux objectifs :

- La détection des défauts.
- L'analyse détaillée des défauts.

On utilise à cet effet des paramètres calculés :

- Soit dans le domaine temporel.
- Soit dans le domaine fréquentiel.
- Soit dans les deux à la fois.

IV.4.2.3.Principe de l'analyse vibratoire :

- a) Mesures des vibrations.
- b) Représentation du spectre vibratoire [39].

IV.4.2.4.Déférent type des défauts de l'analyse vibratoire

La technique de l'analyse vibratoire détecte la majorité des défauts mécaniques, électriques et hydrauliques de la pompe principale GEP.B tels que :

- Défaut de balourd (défaut de Balourd statique, défaut de Balourd dynamique, défaut d'alignement, défaut de d'alignement angulaire, défaut de désalignement axial).
- Défauts des engrenages.
- Défauts de serrage.
- Défauts de roulements (défaut sur la bague extérieure, défaut sur la bague intérieure, défaut sur l'élément roulant, défaut sur la cage, défauts de type déversement de bague).

L'application de cette technique permet de surveiller la pompe et détecter leurs défauts au stade précoce ainsi que minimiser le temps de panne, augmenter le temps de bon fonctionnement et progresser la fiabilité de la pompe.

IV.4.3. Blocage de mécanisme de transmission de la vanne d'aspiration :

Pour minimiser la probabilité de défaillance du mécanisme de transmission de la vanne d'aspiration, on propose à l'entreprise d'ajouter des interventions préventives: mensuelle, bimensuelle, trimestriel, semestriel et annuels pour ce mécanisme. Ces interventions sont des visites, contrôles, inspections, nettoyages...etc.

Le plan de maintenance préventif systématique additionnel proposé pour le blocage du mécanisme de transmission de la vanne d'aspiration est donné par le tableau suivant :

Désignation des opérations	Q	H	M	T	S	A	CM	Observation
Contrôle visuel des fuites d'huile		X					MEC	
Vérification du niveau de d'huile					X		MEC	
Graissage du corps de la vanne					X		MEC	
Contrôle du serrage des connexions						X	INST, ELE	Inspections annuelle
Changement de pile 9V de l'actionneur						X	INST	Inspections annuelle
Contrôle l'état de l'afficheur			X				INST	
Ouverture et fermeture des vannes			X				EXL	

Tableau IV-9: plan de maintenance préventif systématique additionnel pour le mécanisme de transmission de la vanne d'aspiration.

Ces interventions préventives de ce mécanisme vont permettre d'améliorer le temps de bon fonctionnement, réduire la probabilité de panne et augmenter la fiabilité de ce dernier.

IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pris l'historique de panne de la pompe principal pour calculer leurs temps de bon fonctionnement à travers les temps de pannes. Pour évaluer la fiabilité de cette pompe, on a utilisé le logiciel Fiab-Optim, ce qui permet de tracer la fonction de répartition réelle en fonction des temps de bon fonctionnement et d'extraire les paramètres de la loi de Weibull. Grace à ces paramètres, on a pu d'estimer la fonction de répartition théorique qui nous aide d'appliquer le test de validation Kolmogorov-Smirnov, ce dernier a montré que la loi de Weibull est acceptée pour calculer la fiabilité, la densité de probabilité et le taux de défaillance. D'après les résultats obtenus, on a vu que la fiabilité de la pompe principale est réduite, et pour l'améliorer ; on a extrait les éléments les plus tombent en panne par l'application de la méthode ABC, ces éléments sont : la garniture mécanique COA, la pompe principale, et le mécanisme de transmission de vanne d'aspiration.

A cet effet, on a proposé des solutions pour ces éléments telles que :

- La technique de thermographie pour surveiller la température de la garniture mécanique COA.
- La technique d'analyse vibratoire pour surveiller la pompe principale et détecter ses défauts au stade précoce.
- Plan de maintenance préventif systématique additionnel pour minimiser la probabilité de défaillance du mécanisme de transmission de vanne d'aspiration.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La disponibilité est caractérisée par la fiabilité et la maintenabilité, l'amélioration de ces deux dernières progresse la disponibilité à partir de la réduction de la moyenne du temps de réparation et de l'amélioration du temps de bon fonctionnement.

Dans notre travail, nous avons présenté les généralités et les notions de base sur la maintenance ainsi que l'importance du diagnostic et de surveillance des systèmes électromécaniques pour la réduction de leur probabilité de défaillance et une étude approfondie sur les paramètres de la sûreté de fonctionnement a été effectué. Pour évaluer la disponibilité ; il doit choisir un système et connaître leurs historiques de panne, pour cela ; nous avons fait un stage pratique au sien de l'entreprise Sonatrach (SP3) et on a choisi le groupe électropompe (pompe principal) grâce à son rôle important dans cette entreprise.

L'historique de panne de la pompe principal a été pris pour extraire les temps de bon fonctionnement à partir detemps de pannes ou de réparation puis on a estimé la fonction de répartition réelle et la tracée en fonction de temps de bon fonctionnement sur le papier de Weibull à l'aide du logiciel Fiab-Optim. Cette présentation graphique nous a permis de trouver les paramètres de la loi de Weibull.

Grace à ces paramètres, on a pu de calculer la fonction de répartition théorique qui nous a aidée faire le test de validation Kolmogorov-Smirnov, ce dernier a montré que la loi de Weibull est acceptée pour calculer la fiabilité, la densité de probabilité et le taux de défaillance.

D'après les résultats obtenus, on a vu que la fiabilité de la pompe principale est réduite ainsi que la maintenabilité, ce qui nous a obligé de tracer la courbe ABC pour extraire les éléments les plus tombent en panne (les éléments sont : la garniture mécanique COA, la pompe principale, et le mécanisme de transmission de vanne d'aspiration).

Pour améliorer la disponibilité de la pompe principale, nous avons proposé les solutions suivantes pour les éléments les plus défaillants telles que :

- La technique de thermographie pour surveiller la température de la garniture mécanique COA.
- La technique d'analyse vibratoire pour surveiller la pompe principale et détecter ses défauts au stade précoce.
- Plan de maintenance préventif systématique additionnel pour minimiser la probabilité de défaillance du mécanisme de transmission de vanne d'aspiration.
- Dans les travaux futurs, nous allons améliorer le niveau de la sureté de fonctionnement des systèmes électromécaniques par l'application des techniques de la maintenance préventive conditionnelle telles que la thermographie, l'analyse vibratoire et l'analyse acoustique.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIES

Références Bibliographiques

- [1] **CHEIKHI Omar, DJOUDI Ismail**, « Amélioration des performances opérationnelles des systèmes de production en utilisant la théorie des chaînes de Markov » Mémoire de MASTER en génie électrique, université Mohamed Boudiaf de m'sila - M'sila, 2018.
- [2] **BELOUADAH ABDENACEUR**, « Amélioration de la fiabilité d'un système électromécanique par l'utilisation des opérations de la maintenance préventive » Mémoire de MASTER en génie électrique, université Mohamed Boudiaf de m'sila - M'sila, 2016.
- [3] **NOURAboubakr**, « Application de la méthode MBF pour l'amélioration de la disponibilité d'un système électromécanique » Mémoire de MASTER en génie électrique, université Mohamed Boudiaf de m'sila - M'sila, 2012.
- [4] **DIF ZAKARYA, ADJISSI MEHDI**, « Amélioration de la production d'un système par l'application de la maintenance préventive » Mémoire de MASTER en génie électrique, université Mohamed Boudiaf de m'sila - M'sila, 2018.
- [5] **A. BELHOMME**, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011.
- [6] **Abdelhadi BENKHELIFA ET Mourad MOHAMMEDI**, « Fiabilité des équipements de D.T.M., analyse fonctionnelle et implications organisationnelles de la fonction maintenance de transport » Mémoire Master, Université Kasdi Merbah Ouargla 2011.
- [7] **DAFDABdElhak et FAID Omar**, « Optimisation de la fiabilité d'un système électromécanique » Mémoire de MASTER en génie électrique, université Mohamed Boudiaf de m'sila - M'sila, 2018.
- [8] **REZGI IMANE**, Cours maintenance industriel université-Ouargla 2017.
- [9] **SCHENK S A** « vibrations équilibrage sur le site : Application à la maintenance industriel », Edition Schenk S A. 1994.
- [10] **Zwengelstein G** : « Diagnostic des défaillances. Théorie et pratique pour les systèmes industriels », Traité des Nouvelles Technologies - Série Diagnostic et Maintenance. Editions Hermès, Paris 1995.
- [11] **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.

- [12] **Djouada Mohamed** : « Etude des performances de la classification par couplage réseaux de neurones artificiels (RNA) – algorithmes génétiques (AG) : application au diagnostic vibratoire », Thèse magister. UFAS. 2008.
- [13] **Belhour Samira** : « Contribution à l'optimisation de la maintenance prédictive par l'utilisation du logiciel OMNITREND (Système on line) cas : Cimenterie HAMMABOUZIANE ». Thèse de l'université de Mentouri CONSTANTINE. 2008.
- [14] **Jaques Morel** : « Surveillance vibratoire et maintenance prédictive ». Technique de l'ingénieur R6100.
- [15] **Moukhli Amir**, Optimisation de la maintenance de roues de turbines hydroélectriques soumises à une dégradation par cavitation. Maîtrise ès sciences appliquées, école polytechnique de Montréal, 2011.
- [16] **Oustani Mebrouk / Nedjaa Mohammed Mokhtar**, « Etude maintenance préventive d'un turbocompresseur par analyse des huiles » Mémoire de master Génie mécanique, Université KasdiMerbah - Ouargla juin 2014
- [17] **INGEXPERT**, Conseil, Accompagnement du Management de la Maintenance industrielle, tertiaire, BTP, transport et biomédicale Fiabilisation des équipements Ce document est conçu et diffusé par www.ingexpert.com.
- [18] **ANTER LEBIDI**, « Développement de la production d'un système électromécanique par une proposition d'une politique de maintenance efficace » Mémoire de Master en génie électrique, université de M'sila, 2014.
- [19] **Abdoulaye.M**, « Analyse et conception d'un système d'information pour la Maintenance des équipements de la SOCOCIM », Thèse de doctorat d'université CHEKH ARTA DIOP Sénégal, 2007.
- [20] **Valerie Zille**, « Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants » Thèse de Doctorat, l'Université de Technologie de Troyes, 28 janvier 2009.

- [21] **ABDALLAH KABOUCHE**, « Techniques de Maintenance Prédicative pour l'Amélioration de la disponibilité des Installations » Mémoire de doctorat en génie électromécanique, université Badji Mokhtar – Annaba.
- [22] **A. villemeur** suereté de fonctionnement de systèmes industriel : fiabilité, facteurs humains, informatisation eyrolles, paris 1988.
- [23] "**Manuel de maintenance**", NAPHTOGAZ, HMD, (2001).
- [24] **Rabiai. A, Laichi.I, Rabiai.A**, « Etude de la sureté de fonctionnement par analyse FMD application (PRESSE2500T) », Thèse d'ingénieur d'université m'silla, 2010.
- [25] "**Manuel de maintenance**", NAPHTOGAZ, HMD, (2001).
- [26] **GUENABFateh** « Contribution aux systèmes tolérants aux défauts : Synthèse d'une méthode de reconfiguration et/ou de restructuration intégrant la fiabilité des composant », Thèse de doctorat « Ecole Doctorale IAEM Lorraine », 2007.
- [27]. "**Pr. Ahmed BELLAOUAR**" « FIABILITE MAINTENABILITE DISPONIBILITE », livre FMD, 24/12/2013. Doctorat « UNIVERSITED'ANGERS », 2005.
- [28] **Alin Gabriel MIHALACHE** « Modélisation et évaluation de la fiabilité Des systèmes mécatroniques : application sur système embarque », thèse de doctorat « Université D'ANGERS », 2007.
- [29] **OuahibaTabbi** « Estimation des lois de fiabilité en mécanique par les essais accélères », Thèse De Doctorat « UNIVERSITED'ANGERS », 2005.
- [30] **Jean. B** « la TPM : un système de production » Technologie (SCEREN - CNDP) – Revue Française de gestion Industrielle, Paris, avril 2008.
- [31] **Rabiai.A, Laichi.I**, « Etude de la sureté de fonctionnement par analyse FMD application (PRESSE2500T) », Thèse d'ingénieur d'université m'silla, 2010.
- [32] **M. KADI**, Etude et amélioration FMD d'une motopompe centrifuge, Mémoire de master professionnel, Université de Ouargla, (2014).
- [33] **HATHAT ABDELKADER, DEBLAOUI HICHAM**, Mémoire (Etude analytique FMD d'une turbine DR 990) université Kasdi Merbah, Ouargla 2014/2015.

- [34] **ASBAI Samir**, « Evaluation des caractéristiques de la sûreté de fonctionnement d'une turbine à gaz » Mémoire de Master en Génie Mécanique, Université de Bejaïa, 2017.
- [35] **A. Benouareth**. Contribution `à l'étude de la fiabilité' des postes de distribution 'électrique (application des processus semi-markoviens). Thèse de Magister, Université M'Hamed Bougara de Boumerdés, 2005.
- [36] Document "société de maintenance des équipements industriels".
- [37] **Omar DJEBILI**. « Contribution à la maintenance prédictive par analyse vibratoire des composants mécaniques tournants. Application aux butées à billes soumises à la fatigue de contact de roulement » Thèse de Doctorat, M'Hamed Bougara de Boumerdés 2012/2013.
- [38] **Nabti Mohamed Taha**. « Etude de l'évolution des indicateurs spectraux et cepstraux dans la détection des défauts mécaniques » Mémoire de Magister, Université Ferhat Abbas Sétif 2011.
- [39] **BOUDIAF Adel**. « Contribution au Diagnostic des Défauts dans les Machines Tournantes par Analyse Multi résolution » Thèse de Doctorat, Université 08 mai 1945 Guelma 2016.

ANNEXES

Annexe :

Table d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov

α N	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.621	0.610
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	1.18	0.19	0.21	0.23	0.27
> 35	$1.07/\sqrt{N}$	$1.14/\sqrt{N}$	$1.22/\sqrt{N}$	$1.36/\sqrt{N}$	$1.63/\sqrt{N}$

Tableau : Table d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov.

Tableau : Valeurs critiques de $d(n, \alpha)$, pour une taille n de l'échantillon et des niveaux de signification α .

Résumé :

L'objectif principal de notre travail est de faire une étude statistique approfondie des défauts (historique de pannes) d'un système choisi. Dans le stage pratique qu'on a fait au sien de l'entreprise SP3, le système choisi est le groupe électropompe, sa disponibilité et sa fiabilité sont estimées et pour les améliorer, des solutions efficaces concernant leurs défauts fréquents sont proposées pour minimiser le temps d'arrêt et agrandir le temps de bon fonctionnement.

Mots clés : Maintenance, Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité.

ملخص:

الهدف الرئيسي لعملنا هو إجراء دراسة إحصائية متعمقة لأخطاء (تاريخ الفشل) للنظام المختار. في التدريب العملي الذي قمنا به في شركة الضخ رقم 3 في المسيلة، النظام الذي تم اختياره هو مجموعة المضخة الكهربائية، ويتم تقدير مدى توفرها وموثوقيتها وتحسينها، يتم اقتراح حلول فعالة فيما يتعلق بأعطالها المتكررة لتقليل وقت الإغلاق وزيادة وقت التشغيل.

الكلمات المفتاحية: الصيانة، الموثوقية، الصيانة، التوفر.

Abstract:

The main objective of our work is to make an in-depth statistical study of the faults (failure history) of a chosen system. In the practical internship we did at his company SP3, the system chosen is the electric pump group, its availability and reliability are estimated and to improve them, effective solutions concerning their frequent faults are proposed to minimize the time. Shut down and increase uptime.

Keywords: Maintenance, Reliability, Maintainability, Availability.