

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF – M'SILA

FACULTE: TECHNOLOGIE

DOMAINE: SCIENCES ET TECHNOLOGIES

DEPARTEMENT: GENIE ELECTRIQUE



FILIERE: ELECTROMECHANIQUE

N° : MI °3

OPTION: MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Mémoire présenté pour l'obtention

Du diplôme de Master Académique

Par : DAFDAF Abd Elhak et FAID Omar

Intitulé

Optimisation de la fiabilité d'un système électromécanique

Soutenu devant le jury composé de :

- | | | |
|------------------|---------------------------------------|------------|
| - DEFDAF Mabrouk | université : Mohamed Boudiaf – M'sila | Président |
| - GHEMARI Zine | université : Mohamed Boudiaf – M'sila | Rapporteur |
| - ZORIG Assam | université : Mohamed Boudiaf – M'sila | Examineur |

Année universitaire : 2017/2018

REMERCIEMENT

Je remercie avant tous ALLAH pour son aide, ses innombrables dons, 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 spécialement l'encadreur Mr. ZINE GHEMARI, Qui ont contribué à
notre formation.*

Je remercie également l'ensemble des membres du jury pour avoir
consacrer leur
temps à examiner ce travail malgré leurs nombreuses responsabilités,
je leur suis reconnaissant pour l'attention qu'ils ont
portée à mon travail.

Je remercie tout le personnel de la station de pompage de M'sila
(SP3_M'sila) : chef de station, service HSE, Exploitation, Maintenance
et sur tout l'effectif de service mécanique *qui m'a aidé pour rendre ce
travail effectif.*

*Enfin, Je tiens aussi à remercier ma famille et mes amis pour leur
soutientInconditionnel et leur présence continue.*

DEDICACE

Je dédie ce travail :

le pur esprit de mon père

*A ma mère, qui m'ont entouré, tout le long de ma vie, de leur amour
et soutien, dont les sacrifices qu'ils ont consentis m'ont permis
d'atteindre ce niveau.*

*A mes belles sœurs : Amina et khadija et Hayet qui m'ont toujours
soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*A mon frère Ayoub, et grâce auxquels j'ai pu poursuivre mes études
ainsi que mon travail de recherche dans de bonnes conditions.*

A tous mes amis, de près ou de loin.

Faid Aomar

DEDICACE

Je dédie ce travail :

A la mémoire de ma chère mère et mon cher père,

A mes chers frères et sœurs,

A toute ma famille,

A tous mes amis,

A tous mes collègues de la promotion 2018.

Dafdaf abdelhak

SOMMAIRE

Introduction générale.....	01
----------------------------	----

Chapitre. I: Concepts de base de maintenance

I. Concepts de base de maintenance.....	03
I.1.Historique de maintenance.....	03
I.2.définition de maintenance.....	03
I.3.Les objectifs de maintenance.....	04
I.3.1. Objectifs techniques (opérationnels).....	04
I.3.2. Objectifs économiques.....	04
I.3.3.Objectifs humains et écologiques.....	04
I.4.Les différents type de maintenance.....	05
I.4.1. La maintenance préventive.....	05
I. 4.1.1. La maintenance conditionnelle.....	05
I.4.1.2. Maintenance systématique.....	06
I.4.1.3 .Maintenance prévisionnelle	06
I.4.2. La maintenance corrective.....	06
I.4.2.1. La maintenance palliative.....	07
I.4.2.2. La maintenance curative.....	07
I.5.les opérations de maintenance.....	07
I.5.1.Les opérations de maintenance corrective.....	07
I.5.1.1.Le dépannage	07
I.5.1.2.La réparation.....	07
I.5.2.Les opérations de maintenance préventive.....	08
I.5.2.1.Les inspections	08
I.5.2.2.Les visites	08
I.5.2.3.Les contrôles.....	08

I.5.3. Autres opérations.....	08
I.5.3.1. Révision	08
I.6. La stratégies de maintenance.....	09
I.7. L'environnement de la maintenance.....	09
I.8. Evolution de la maintenance.....	10
I.9. Niveaux de maintenance.....	10
I.10. Conclusion	11

Chapitre. II: Les méthodes d'analyse de défaillance

II. Les méthodes d'analyse de défaillance.....	12
II.1. Diagramme Cause-Effets.....	12
II.1.1. définition.....	12
II.1.2. LES 5M	12
II.1.3. Etapes de construction d'un diagramme d'Ishikawa.....	13
II.2. Méthode ABC (Diagramme Pareto).....	14
II.2.1. Diagramme de Pareto.....	14
II.2.2. Définition de la méthode ABC.....	14
II.2.3. But de la méthode ABC.....	15
II.3. La méthode AMDEC.....	15
II.3.1. Définition.....	15
II.3.2. Types d'AMDEC.....	15
II.3.3. Objectifs de l'AMDEC.....	16
II.3.4. Démarche pratique de l'AMDEC.....	16
II.4. Conclusion.....	17

Chapitre III Etude de FMD

III. Etude de FMD	18
III.1. fiabilité.....	18
III.1.1. Notion de fiabilité d'un système.....	18
III.1.2. Définition.....	18
III.1.3. Objectifs de la fiabilité.....	18

III.1.4. Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité.....	18
III.1.4.1. La loi exponentielle	19
III.1.4.2. La loi de WEIBULL.....	19
III.1.4.3. La loi normale.....	19
III.1.4.4. La loi log-normale (ou loi de GALTON).....	19
III.1.4.5. La loi binomiale	19
III.1.4.6. La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités	20
III.1.5. paramètres nécessaires alla mesure de fiabilité.....	20
III.1.5.1. Densité de probabilité.....	20
III.1.5.2. Fonction de répartitions	20
III.1.5.3. La fonction de fiabilité	20
III.1.5.4. La MTBF.....	20
III.1.6. La loi de WEIBULL.....	22
III.1.6.5. Signification des paramètres du modèle de Weibull.....	22
III.1.6.6. Test d'adéquation.....	23
III.1.6.6.1. Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV	23
III.2. Maintenabilité.....	24
III.2.1. définition.....	24
III.2.2. Taux de réparation μ	24
III.2.3. Amélioration de la maintenabilité.....	25
III.3. Disponibilité.....	25
III.3.1. Définition.....	25
III.3.2. Différents niveaux de la disponibilité.....	25
III.4. Conclusion.....	26

Chapitre IV : présentation de l'entreprise

IV. présentation de l'entreprise.....	27
---------------------------------------	----

IV.1. introduction.....	27
IV.2. STATION DE POMPAGE SP3 DE M’SILA.....	27
IV.2.1. Emplacement.....	27
IV IV.2.3. Description technique de la Station SP3	28
.2.2. Organisation administrative.....	28
IV.2.3.1.Groupe électropompes GEP	29
IV.2.3.2.Pompes Booster	29
IV.2.3.3.Arrivée des Produits et Filtrage.....	30
IV.2.3.4.Les soupapes de décharges.....	31
IV.2.3.5.Les Bacs de stockage.....	32
IV.2.3.6.Réseau des Purges Gravitaires.....	34
IV.2.3.7.Traitement Des Eaux Huileuses.....	35
IV.2.3.8. Energie Electrique.....	35
IV.2.3.9.Oupe De Secours	38
IV.2.4. Sécurité	39
IV.2.4.1. Description de la Centrale anti-incendie.....	39
IV.3.La maintenance a la station SP3.....	41
IV.3.1.La section des activités de maintenance à station SP3.....	41
IV.3.1.1. Section Instrumentation.....	42
IV.3.1.2. Section Electricité	42
IV.3.1.3. section Mécanique	42
IV.3.2. Activités de la section mécanique dans la station SP3.....	42
IV.3.2. Activités de la section mécanique dans la station SP3.....	42
IV.3.2.2.La maintenance curative.....	42
IV.3.3. Recueil des opérations de maintenance niveau 1 et 2 pour la station SP3.....	43
IV.3.3.1. Intervenants.....	43

IV.3.4. Planning des opérations de maintenance SP3.....	43
---	----

IV.4. CONCLUSION.....	43
-----------------------	----

Chapitre V: L'analyse statistique de la FMD

V. L'analyse statistique de la FMD.....	45
---	----

V.1.Historique de pannes du groupe électropompe (GEP301 A).....	45
---	----

V.2. L'application des méthodes d'analyse.....	47
--	----

V.2.1. La méthode de la courbe ABC.....	47
---	----

V.3.L'analyse FMD.....	48
------------------------	----

V.3.1. La fiabilité.....	48
--------------------------	----

V.3.1.1.Test KOMOGOROV – SMIRNOV.....	52
---------------------------------------	----

V.3.1.2.Calculs de la fiabilité, de la densité probabilité et du temps de défaillance.....	55
--	----

V.3.1.3.Calcul de R (MTBF).....	58
---------------------------------	----

V.3.1.4.Calcul de F(MTBF).....	58
--------------------------------	----

V.3.1.5.La densité de probabilité f(MTBF).....	58
--	----

V.3.1.6.Calcul de λ (MTBF).....	59
---	----

V.3.2.La maintenabilité.....	59
------------------------------	----

V.3.3.Disponibilité.....	61
--------------------------	----

V.3.3.1.Disponibilité intrinsèque au asymptotique.....	61
--	----

V.3.3.2.Disponibilité intrinsèque au asymptotique.....	61
--	----

V.3.4.Recommandation.....	64
---------------------------	----

V.3.5.Conclusion.....	64
-----------------------	----

Conclusion générale.....	65
--------------------------	----

Liste des figures

Les figures de chapitre I

Figure I.1:Les différents types de maintenance.....05

Figure 0.1:L'assurance du produit.....09

Les figures de chapitre II

Figure II.1:Diagramme d'Ishikawa.....13

Figure II.2:Diagramme de Pareto ou courbe ABC.....15

Les figures de chapitre III

Figure III.1:Courbe de fiabilité et fonction de répartition.....21

Figure III.2:formes de $f(t)$, $R(t)$, $\lambda(t)$ en fonction de β 22

Figure III.3:Courbe en baignoire.....22

Les figures de chapitre IV

Figure IV.1:La station SP3.....28

Figure IV.2:Les électro- pompes principale GEP(A,B,C,D,E.....29

Figure IV.3:Pompe booster A.B.et C.....30

Figure IV.4:les trois filtres A, B et C.....31

Figure IV.5:Soupapes de décharges PSV 303 et 304.....32

Figure IV.6:Réservoirs de Stockage 3A1- 3A2.....33

Figure IV.7:Bac de Décantation 3Y1.....33

Figure IV.8:Citerne de purge (B-301).....34

Figure IV.9:Séparateur CPI.....35

Figure IV.10:La ligne électrique haute tension de 60 kV.....36

Figure IV.11:Les transformateurs HT –MT 60 KV/5,5 KV.....36

Figure IV.12:Le transformateur MT (5,5KV/2X1,3KV).....	37
Figure IV.13:Les blocs de variateurs.....	37
Figure IV.14:Les transformateurs électrique MT/BT 5,5 KV/230-400 V.....	38
Figure IV.15:Groupe de secours.....	38
Figure IV.16:triangle du feu.....	39
Figure IV.17: Bac B302.....	40
Figure IV.18: Le Système à Mousse.....	41
Figure IV.19: système d'extinction au CO ₂	41

Les figures de chapitre V

Figure V.1: La Courbe d'ABC.....	48
Figure 0.1 : L'interface de logiciel FiabOptim.....	49
Figure V.3 : Papier fonctionnel de Weibull.....	51
Figure. V.4:Fonction de répartition F(t).....	55
Figure V.5 : La fonction de fiabilité R(t).....	57
Figure V.6 : Densité de probabilité f(t).....	57
Figure V.7:Taux de défaillance lambda(t).....	58
Figure V.8 : La Courbe de Maintenabilité.....	61
Figure V.9: La Courbe de disponibilité instantanée.....	63

Liste des Tableaux

Tableau 0.1.L’historique des pannes de la GEP301 A.....	46
Tableau V.2. L’analyse ABC (Pareto).....	47
Tableau V.3 : Estimation de la fonction de répartition.....	49
Tableau V.4 : les paramètres de la loi de Wiebull.....	51
Tableau V.5: La fiabilité et la fonction de répartition.....	52
Tableau V.6:Calculs de la fiabilité, le temps de défaillance et la densité de probabilité..	55
Tableau V.7 : le calcul de la maintenabilité.....	59
Tableau V.8: Tableau de disponibilité instantané.....	62

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.
D_i	Disponibilité intrinsèque.
D_n	La différence de test de Kolmogorov Smirnov.
TTR	Le temps mis pour réparer le système.

Introduction générale

La maintenance joue un rôle très important dans le domaine industriel, à partir leur influence sur le niveau de la sureté de fonctionnement des systèmes électromécaniques. Le niveau de la sureté de fonctionnement peut améliorer par l'optimisation d'un ensemble des paramètres tel que la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité

Pour entretenir les équipements en état de bon fonctionnement dans une entreprise industrielle, il doit exécuter la maintenance. La maintenance, dans sa plus large définition, est l'ensemble de toutes les opérations de gestion, de programmation et d'exécution. Le calcul de la fiabilité d'un équipement constitue un outil incontournable pour évaluer l'efficacité de n'importe quelle entité. Les concepteurs et les utilisateurs sont souvent confrontés à des contraintes par pauvreté ou par manque de modèles permettant de faire des études prévisionnelles correctes. Le taux de défaillance est souvent considéré comme constant ce qui est manifestement faux en électromécanique d'où l'intérêt d'outils, de modèles ou de méthodes plus adaptées. Le calcul de la fiabilité des systèmes électromécaniques est influencé par les caractéristiques suivantes:

- La notion du taux de défaillance n'existe pas
- Le recueil des informations sur la fiabilité est plus difficile
- Les défaillances ont des origines variées (la durée de vie des composants est principalement conditionnée par les problèmes de fatigue avec une forte influence des différentes contraintes).
- Le système électromécanique est de plus en plus performant et compliqué.

La stratégie de la maintenance est l'ensemble des décisions qui conduisent :

- à définir le portefeuille d'activités de la production de maintenance, c'est-à-dire, à décider des politiques de maintenance des matériels (méthodes correctives, préventives, amélioratives à appliquer à chaque matériel)
- conjointement, à organiser structurellement le système de conduite et les ressources productives pour y parvenir dans le cadre de la mission impartie (objectifs techniques, économiques et humains).

La maintenance optimale des systèmes électromécanique a une importance indispensable pour assurer une production continue et augmenter la durée de vie de ces systèmes.

Dans notre travail, on va évaluer et améliorer les paramètres de la sureté de fonctionnement d'un système électromécanique choisi dans une entreprise, pour atteindre cet objectif, notre mémoire est structuré en cinq chapitres

- Dans le premier chapitre, nous allons présenter les concepts de base de maintenance telle que les types de maintenance, leur objectif et leurs niveaux.
- Dans le deuxième chapitre, on va étudier les méthodes d'analyses de défaillance et leurs causes (AMDEC, PARETO et ICHEKAWA).
- Dans le troisième chapitre, on va étudier la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité et leurs lois de calculs.
- Dans le quatrième chapitre, on présentera la station de pompage de SONATRACH(SP3) dans la wilaya de M'sila.
- Dans le cinquième chapitre, nous allons appliquer l'analyse FMD 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

Concepts de base de maintenance

I. Concepts de base de maintenance

I.1. Historique de maintenance

A la fin des années 70, l'entretien était souvent le parent pauvre des services de l'entreprise.

Les dirigeants le considéraient uniquement comme un poste de dépenses et ne pensaient qu'à réduire ses coûts.

L'entretien se contentait d'intervenir sur un système défaillant pour relancer la production et effectuait les opérations courantes préconisées par le constructeur. Il n'y avait donc pas de prise en compte des caractéristiques spécifiques et des conditions de fonctionnement (cadence, ancienneté, température ambiante, etc.) des matériels. On pouvait donc être conduit à effectuer (sans évaluation à priori ou à posteriori) trop ou pas assez d'entretien.

Les choses ont évolué

La part du coût machine dans le coût de production ne cesse d'augmenter aux dépens de celui de la main-d'œuvre. Ceci est dû à l'automatisation presque systématique des procédés, et à leurs coûts croissants.

Ainsi les arrêts inopinés coûtent cher.

Dans ces conditions, la fonction maintenance est devenue stratégique

Entretien, c'est subir alors que maintenir, c'est prévoir et anticiper

Les coûts directs de maintenance sont devenus secondaires voire négligeables par rapport aux coûts indirects (non production, conséquences de la panne). Pour le gestionnaire la disponibilité des machines est devenue l'indicateur clé. Parallèlement à cette évolution, la maintenance s'est dotée de méthodes de gestion, d'organisation, d'aide au diagnostic des pannes, de stratégies.

Des techniques d'auscultation sophistiquées se sont développées (analyse vibratoire, analyse des huiles, thermographie IR, etc.). La qualification des techniciens s'est accrue. La gestion de la maintenance requiert aujourd'hui une spécialisation professionnelle (STS, IUT, écoles d'ingénieurs [1])

I.2. définition de maintenance

D'après la norme AFNOR X 60-000 (Association française de normalisation), La maintenance est l'ensemble des 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 [2]

I.3.Les objectifs de maintenance

C'est la nature de l'entreprise qui dicte les objectifs du service de maintenance clairement définis par une politique bien déterminée à partir de la prise en compte de trois facteurs essentiels :

- Facteur technique
- Facteur économique
- Facteur humain et écologique

I.3.1. Objectifs techniques (opérationnels)

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

I.3.2. Objectifs économiques

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

I.3.3.Objectifs humains et écologiques

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

I.4. Les différents type de maintenance

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

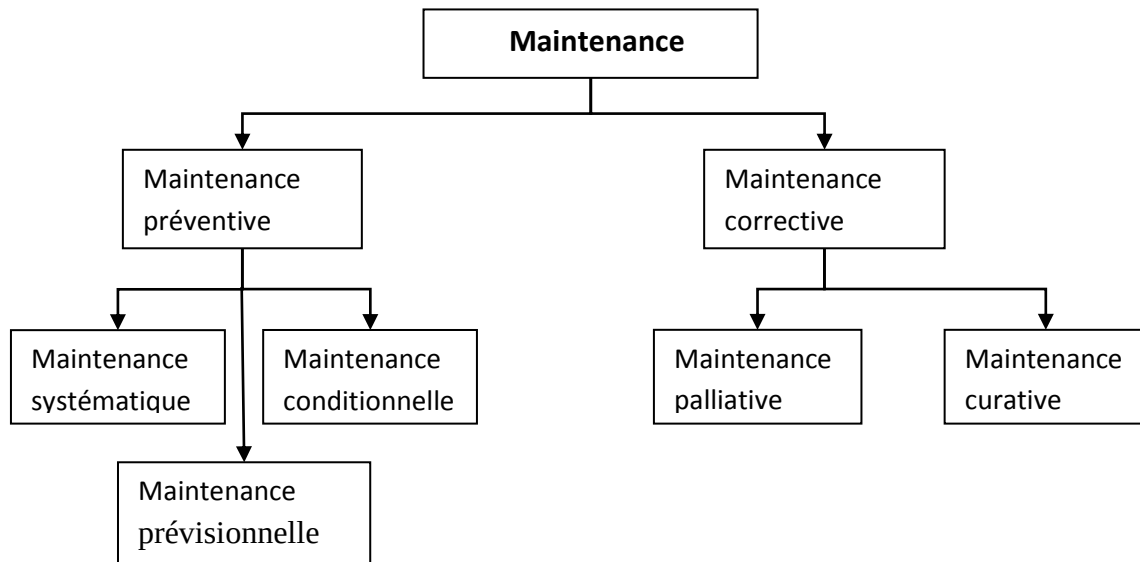


Figure I.1 Les différents types de maintenance

I.4.1. La 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 : [3]

I. 4.1.1. La 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 [4]

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) [5]

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. [6]

I.4.1.2. 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» [4]

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. [5]

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 [7]

I.4.1.3 .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. [3]

I.4.2. La 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.[5] 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». [8]

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.[6]

I.4.2.1. La 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 ».

I.4.2.2. La 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. [5]

La maintenance optimale est donc un mélange harmonieux d’entretien préventif systématique et d’entretien correctif.[9]

I.5.les opérations de maintenance**I.5.1.Les opérations de maintenance corrective****I.5.1.1.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.

I.5.1.2.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.

I.5.2.Les opérations de maintenance préventive**I.5.2.1.Les inspections**

Activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

I.5.2.2.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.

I.5.2.3.Les contrôles

Vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective

I.5.3.Autres opérations**I.5.3.1.Révision**

Ensemble des actions d'exams, 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.

I.5.3.2.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 spécification du constructeur, moyennant le paiement d'une soulte dont le

montant est déterminé d'après le coût de remise en état. Soutle : somme d'argent qui, dans un échange ou dans un partage, compense l'inégalité de valeur des biens échangés[2].

I.6.La stratégies de maintenance

Selon la norme NF EN 13306 & FD X 60-000, la stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance."

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

- développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance ;
- élaborer et optimiser les gammes de maintenance ;
- organiser les équipes de maintenance ;
- internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance ;
- définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables ;
- étudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité. [10]

I.7.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.

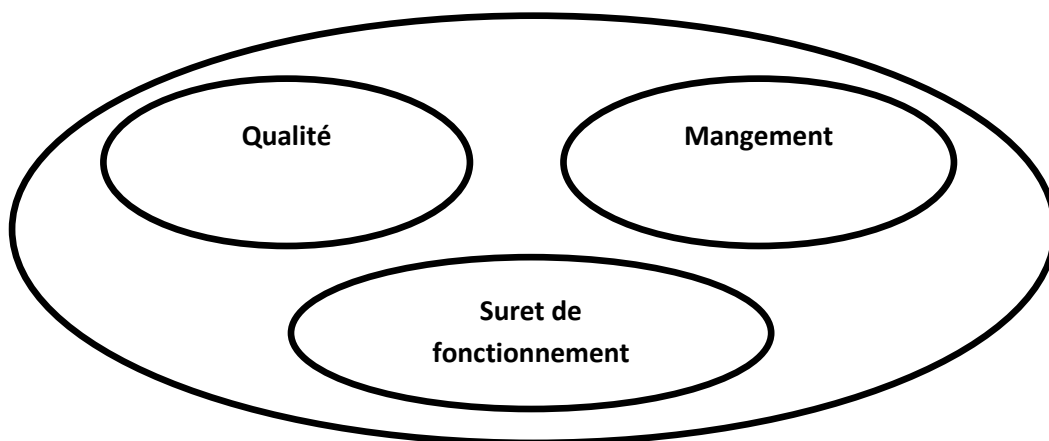


Figure 0.2 : L'assurance du produit [11]

Les intérêts de la maintenance sont :

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

5. Eviter les périodes de dysfonctionnement avant panne, ainsi que les dégâts éventuels provoqués par une panne intempestive.
6. Augmenter la sécurité.

I.8.Evolution de la maintenance

Au fil du développement de la concurrence et de la course à la compétitivité qui entraîne la recherche de la qualité totale et surtout la réduction des coûts, au fur et à mesure de la complexification et de l'automatisation des processus de production, la maintenance est devenue une des fonctions stratégiques de l'entreprise. Loin d'être aujourd'hui stabilisée, elle évolue au gré des nouvelles technologies de l'information et de communication NTIC, l'introduction de nouvelles méthodes de gestion, du développement technologique des outils de production, en particulier dans les domaines de la mesure et du contrôle de fonctionnement, de la systématisation progressive, de l'usage des normes et des procédures.[12]

I.9.Niveaux de maintenance

1^{er} niveau de maintenance

Opérations nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements intégrés à celui-ci (jauge, indicateurs de pression,...) Cette opération peut être effectuée par l'utilisateur du bien avec si besoin des équipements nécessaires (jauges, indicateurs,...) ou des instructions d'utilisation.

2^{ème} niveau de maintenance

Opérations qui nécessitent des procédures simples d'utilisation ou de mise en œuvre. Ces actions doivent être effectuées par un personnel qualifié avec des procédures détaillées et les équipements de maintenance détaillés dans les instructions de maintenance. Ainsi un personnel est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un équipement présentant des risques et étant reconnu apte pour l'exécution de travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

3^{ème} niveau de maintenance

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de maintenance portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexe. Ces opérations peuvent être effectuées par un technicien qualifié à l'aide de procédures détaillées et des équipements de maintenance prévus dans les instructions de maintenance.

4^{eme} niveau de maintenance

Opérations dont les procédures impliquent la maîtrise une technique ou technologique particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de maintenance spécialisés. Ces opérations de maintenance sont effectuées par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide d'instructions nécessaires.

5^{eme} niveau de maintenance

Opérations dont les procédures font appel à un savoir-faire, à des techniques, des technologies particulières, des processus industriels. Ce type d'opération de maintenance est effectué par le constructeur ou par un service de maintenance définis par le constructeur de l'équipement. [5]

I.10. Conclusion

Au cours ce chapitre, nous avons vu les concepts de base de la maintenance et on a défini la maintenance et leurs méthodes. Les objectifs et les intérêts de la maintenance dans le domaine industriel sont présentés, ainsi que les opérations de maintenance préventive et corrective.

On a aussi vu les procédures à suivre pour poser une stratégie de maintenance efficace concernant les systèmes électromécaniques.

Chapitre II

Les méthodes d'analyse de défaillance

II. Les méthodes d'analyse de défaillance

II.1.Diagramme Cause-Effets

II.1.1.définition

Cet outil a été créé par Ishikawa, professeur à l'Université de la TOKYO dans les années 60 et concepteur d'une méthode de management de la qualité totale. Le diagramme causes-effet est une représentation graphique du classement par familles de toutes les causes possibles pouvant influencer un processus. Ces familles de causes au nombre de 5 engendrent la non qualité dans un processus de fabrication. Leur nom commence par la lettre M d'où l'appellation 5M. Ishikawa a proposé une représentation graphique en « arête de poisson » [13]

II.1.2.LES 5M

Le diagramme d'Ishikawa appelé aussi la méthode des 5M, le diagramme cause à effet ou le diagramme en arête de poisson est une démarche qui permet d'identifier les causes possibles d'un problème ou un défaut (effet).

Il convient ensuite d'agir sur ces causes pour corriger le défaut en mettant en place des actions correctives appropriées.

Alors Pour tenter de diminuer ou d'anéantir un problème de qualité, il faut connaître toutes les causes qui peuvent lui donner naissance. Puis en cherchant leur poids relatif, on peut déterminer sur quelle cause agir en priorité.

IL ne garantit pas le résultat mais elle contribue (grandement) à structurer les idées et les réflexions comme, par exemple, lorsque cette méthode est utilisée lors d'un groupe de travail. Il peut être utilisé comme support de communication, de formation. Il peut être vu comme une base de connaissance. Le diagramme causes -effet n'apporte pas directement de solutions, il permet néanmoins de bien poser les questions.

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

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

M1 - Matières: matières premières, pièces, ensembles, fournitures, identification, stockage, qualité, manutention

M2 - Matériel: Recense les causes probables ayant pour origine les supports techniques et les produits utilisés. Machines, outils, équipements, capacité, âge, nombre, maintenance

M3-Main d'œuvre: directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence, d'organisation, de management

M4 - Milieu : environnement physique, éclairage, bruit, aménagement, relations, température, climat, marché, législation

M5 – Méthodes : instructions, manuels, procédures, modes opératoires. [14]

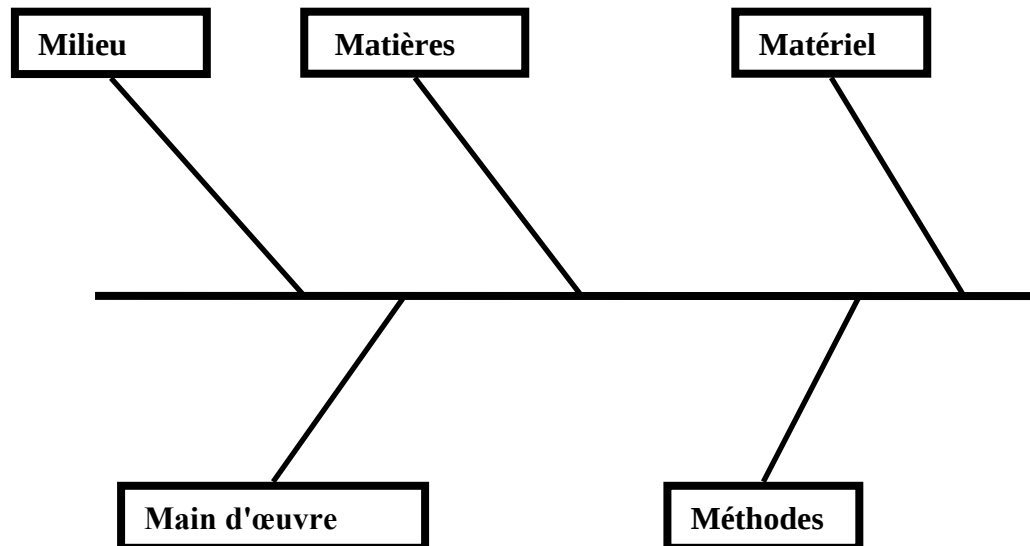


Figure II.1: Diagramme d'Ishikawa

Le diagramme Causes-Effet est donc l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système. Il se veut le plus exhaustif possible en représentant toutes les causes qui peuvent avoir une influence sur la sûreté de fonctionnement. Les 5 grandes familles ou 5 facteurs primaires sont renseignés par des facteurs secondaires et parfois tertiaires; Les différents facteurs doivent être hiérarchisés [13].

II.1.3.Etapes de construction d'un diagramme d'Ishikawa

La construction du diagramme d'Ishikawa est basée sur un travail de groupe. Il est élaboré en plusieurs étapes :

- 1) Décrire le problème ou la défaillance.
- 2) Déterminer les causes qui ont pu déclencher le problème. En général, on utilise soit le Brainstorming, soit la méthode des 5M.
- 3) Tracer le squelette du diagramme d'Ishikawa (sous forme d'arêtes de poisson) en y mentionnant les 5M.
- 4) Pour chaque catégorie de 5M, inscrire les causes suggérées par les membres du groupe en posant toujours la question : pourquoi telle cause produit-elle cet effet ?

- 5) Classer les causes proposées ou les hypothèses en de sous catégories.
- 6) Définir les causes premières qu'il est possible de soustraire, voire même éradiquer.
- 7) Trouver les solutions adéquates aux causes en mettant en place des actions correctives.

Toutes ces étapes permettent de décortiquer les causes provoquant le défaut. L'outil Ishikawa a été principalement conçu afin d'effectuer la gestion de la qualité. Il identifie les causes réelles à une problématique, permet une analyse, en équipe très intéressante en lien avec un problème résoudre et amène l'équipe à se poser les vraies questions et, surtout, à amener de la rigueur dans l'analyse sur des faits réels et non pas sur des perceptions ou des préjugés. [14]

II.2.Méthode ABC (Diagramme Pareto)

II.2.1. Diagramme de Pareto

Le diagramme de Pareto est un outil statistique qui permet d'identifier l'importance relative de chaque catégorie dans une liste d'enregistrements, en comparant leur fréquence d'apparition.

Un diagramme de Pareto est mis en évidence lorsque 20 % des catégories produisent 80 % d'un ombre total d'effets. Cette méthode permet donc de déterminer rapidement quelles sont les priorités d'actions. Si on considère que 20 %des causes représentent 80% des occurrences, agir sur ces 20 % aide à solutionner un problème avec un maximum d'efficacité.

II.2.2. Définition de la méthode ABC

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

La méthode ABC apporte une réponse. Elle permet l'investigation qui met en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin de faciliter les choix et les priorités.

On classe les événements (pannes par exemple) par ordre décroissant de coûts (temps d'arrêts, coût financier, nombre, etc..), chaque événement se rapportant à une entité.

On établit en suite un graphique faisant correspondre les pourcentages de coûts cumulés aux pourcentages de types de pannes ou de défaillances cumulés. Sur le schéma (figure II.2), on observe trois zones.1. Zone A : 20% des pannes occasionnent 80% des coûts;2. Zone B : les 30% de pannes supplémentaires ne coûtent que 15% supplémentaires;3. Zone C : les 50% de pannes restantes ne concernent que 5% du coût global.

Conclusion : il est évident que la préparation des travaux de maintenance doit porter sur les pannes de la zone A. toujours de façon claire.

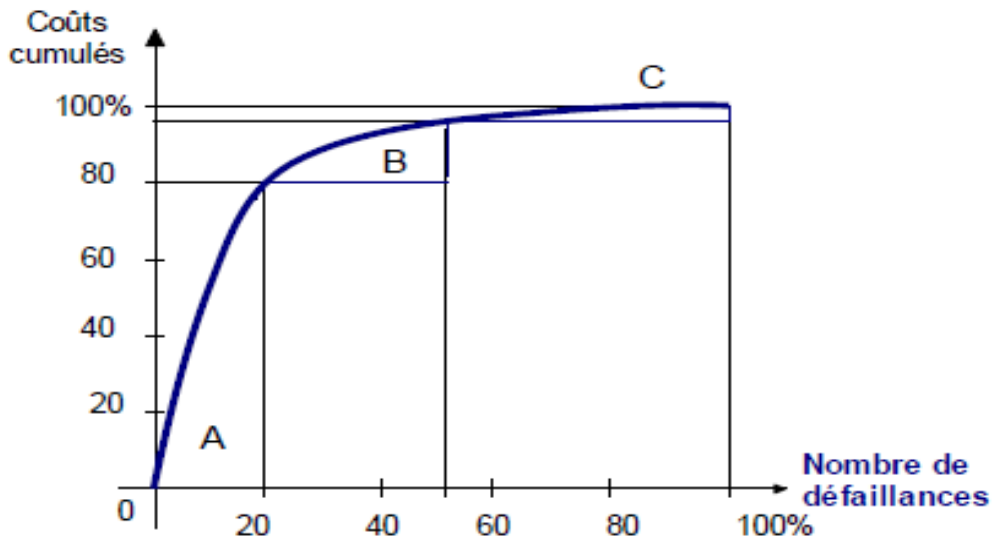


Figure II.2. Diagramme de Pareto ou courbe ABC

II.2.3. But de la méthode ABC

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

- Diminuer les coûts de maintenance.
- Améliorer la fiabilité des systèmes. Justifier la mise en place d'une politique de maintenance. [15]

II.3. La méthode AMDEC

II.3.1. Définition

L'AMDEC (**A**nalyse des **M**odes de **D**éfaillances, de leurs **E**ffets et de leur **C**riticité) est une technique d'analyse prévisionnelle de la fiabilité, de la maintenabilité et de la sécurité des produits et des équipements.

D'après AFNOR, l'analyse des modes de défaillance de leurs effets et de leur criticités (AMDEC) est une méthode inductive permettant pour chaque composant d'un système, de recenser son mode de défaillance et son effet sur le fonctionnement ou sur la sécurité du système.

II.3.2. Types d'AMDEC

Selon les objectifs visés plusieurs types de l'AMDEC sont utilisés lors de phases successives de développement d'un produit :

a) AMDEC produit

S'assurer que la conception du produit (appareil électroménager, sous-ensemble automobile, produit chimique...) satisfera aux exigences des clients

b) AMDEC processus

- S'assurer que chaque étape de la fabrication du produit ne générera pas de défauts de qualité
- Les sorties de l'étude sont :
 - Modes opératoires de fabrication
 - Plan de contrôle

c) AMDEC machine

- S'assurer que les équipements, les machines fonctionneront avec la meilleure disponibilité possible
- Les sorties de l'étude sont
 - Modes opératoires de conduite et de maintenance
 - Formation du personnel (production et maintenance)
 - Politique de maintenance et de pièces de rechange
 - Modifications pour améliorer la fiabilité ou la maintenabilité
- Le présent document concerne essentiellement l'AMDEC Moyen. [17]

II.3.3. Objectifs de l'AMDEC

L'AMDEC est une technique d'analyse prévisionnelle qui permet d'estimer les risques d'apparition de défaillance ainsi que les conséquences sur le bon fonctionnement du moyen de production, et d'engager les actions correctives nécessaires.

Les objectifs intermédiaires sont les suivants :

- Analyser les conséquences des défaillances,
- Identifier les modes de défaillances,
- Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection,
- Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance,
- Classer les modes de défaillance,
- Etablir des échelles de signification et de probabilité de défaillance. [17]

II.3.4.Démarche pratique de l'AMDEC

L'emploi des AMDEC crée une ossature qu'il convient de compléter et d'outiller. Pour cela une analyse plus fine de la pertinence des informations est nécessaire. Le groupe AMDEC est tenu de maîtriser la machine et de mettre à jour et s'assurer de la validité de toutes les

informations utiles à l'étude. Il appartient à ce groupe de s'appuyer sur le retour d'expérience de tous les opérateurs de tous les services de cycle de fabrication de produit, qui peuvent apporter une valeur ajoutée à l'analyse. [16]

La démarche pratique de l'AMDEC se décompose en 4 étapes suivantes :

Etape 1 : initialisation de l'étude qui consiste :

- La définition de la machine à analyser,
- La définition de la phase de fonctionnement,
- La définition des objectifs à atteindre,
- Constitution de groupe de travail,
- La définition de planning des réunions,
- La mise au point des supports de travail.

Etape 2 : description fonctionnelle de la machine qui consiste

- Découpage de la machine, décision des actions à engager
- Inventaire des fonctions de service,
- Inventaire des fonctions techniques.

Etape 3 : analyse AMDEC qui consiste :

- Analyse des mécanismes de défaillances,
- Evaluation de la criticité à travers :
 - La probabilité d'occurrence F.
 - La gravité des conséquences G.
 - La probabilité de non détection D.

Etape 4 : synthèse de l'étude/décisions qui consiste :

- Bilan des travaux,
- Décision des actions à engager [18]

II.4. Conclusion

Pour réduire le temps de panne des systèmes électromécaniques, il doit connaître la nature du défaut et leurs causes. Dans ce chapitre, nous avons étudié deux méthodes qui permettent d'analyser les défauts des systèmes, ces méthodes sont la méthode de la courbe ABC et la méthode d'AMDEC. La courbe ABC a pour but d'extraire les éléments les plus tombent en panne pour les analyser et la méthode AMDEC a pour but de connaître le mode et la conséquence de défauts.

Chapitre III

Etude de FMD

III. Etude de FMD

III.1. fiabilité

III.1.1. Notion de fiabilité d'un système

Un système peut être défini comme un ensemble de composants interdépendants, conçus pour réaliser une fonction donnée, dans des conditions données et dans intervalle de temps donné, pour chaque système, il importe de définir clairement les éléments qui le caractérisent, à savoir : la fonction, la structure, les conditions de fonctionnement, les conditions d'exploitation, et l'environnement dans lequel il est appelé à opérer.[19]

III.1.2. Définition

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

$$R(t) = \text{Prob} \{E \text{ non défaillante sur } [0; t]\} . [20]$$

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. [15]

III.1.3. Objectifs de la fiabilité

La fiabilité a pour objectif de :

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

III.1.4. Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité

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

- La loi exponentielle
- La loi de WEIBULL

- La loi normale
- La loi log-normale (ou loi de GALTON)
- La loi binomiale
- La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités. [19]

III.1.4.1. La loi exponentielle

Elle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant. Elle décrit le temps écoulé jusqu'à une défaillance, ou l'intervalle de temps entre deux défaillances successives.

III.1.4.2. La loi de WEIBULL

C'est une loi continue à trois paramètres, donc d'un emploi très souple. En fonction de la valeur de ses paramètres, elle peut s'ajuster à toutes sortes de résultats expérimentaux. Cette loi a été retenue pour représenter la durée de vie des pièces.

III.1.4.3. La loi normale

C'est une loi continue à deux paramètres; la valeur moyenne et l'écart type caractérise la dispersion autour de la valeur moyenne. Elle est la plus ancienne, utilisée pour décrire les phénomènes d'incertitudes sur les mesures, et ceux de fatigue des pièces mécaniques.

III.1.4.4. La loi log-normale (ou loi de GALTON)

Soit une VA continue positive ; si la variable $y = \text{Log}x$ est distribuée selon une loi normale, la variable x suit une loi log-normale. De nombreux phénomènes de mortalité ou de durée de répartition sont distribués selon des lois log-normale.

III.1.4.5. La loi binomiale

La loi binomiale est une loi discrète. On l'applique pour décrire un phénomène ayant deux occurrences s'excluant mutuellement (succès ou échec, état défaillant ou en fonctionnement par exemple). En fiabilité cette loi représente la probabilité de voir k défaillances de matériels lors de l'exécution de n essais, sachant que la probabilité élémentaire de défaillance d'un matériel est P . [21]

-Sa variance :
$$V = nP(1 - P) \quad (\text{III.01})$$

-Son écart type :
$$\sigma = \sqrt{nP(1 - P)} \quad (\text{III.02})$$

III.1.4.6. La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités

La réalisation d'évènements aléatoires dans le temps se nomme « processus de poisson » et caractérise une suite de défaillances indépendantes entre elles et indépendantes du temps.

La loi de POISSON est une loi discrète, elle exprime la probabilité d'apparition d'un évènement lorsque celui-ci peut se manifester de nombreuses manières mais avec une faible probabilité. [21]

Ses paramètres sont, en posant sa variance : $m = \lambda t$

- Sa fréquence :
$$\Pr[x=k] = \frac{m^k}{k!} e^{-m} \quad (III.03)$$

- Sa fonction de répartition :
$$F(x) = \sum_{k=0}^x \frac{m^k}{k!} e^{-m} \quad (III.04)$$

III.1.5. paramètres nécessaires alla mesure de fiabilité

III.1.5.1. Densité de probabilité

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

$$f(t) = \frac{df(t)}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt} \quad (III.05)$$

III.1.5.2. Fonction de répartitions

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

$$F(t_i) = P_r(T < t_i) \quad (III.06)$$

Notons que ces deux fonctions sont complémentaires :

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (III.07)$$

III.1.5.3. La fonction de fiabilité

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

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

III.1.5.4. La MTBF

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

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

$$MTBF = \int_0^{+\infty} R(t) dt \quad (III.08)$$

III.1.6.La loi de WEIBULL

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

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

- TBF : temps de bon fonctionnement entre deux défaillances;
- Le nombre de pannes correspondant au TBF.

Nous pouvons associer à chaque instant t , soit analytiquement soit graphiquement, les fonctions liées au comportement du matériel à savoir

III.1.6.1.Densité de probabilité $f(t)$

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

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right) \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{III.09})$$

III.1.6.2.La fonction de répartition $F(t)$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{III.10})$$

III.1.6.3.La fonction de fiabilité $R(t)$

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

$$R(t) = e^{-(t-\gamma/\eta)^\beta} = 1 - F(t). \quad (\text{III.11})$$

Probabilité complémentaire

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (\text{III.12})$$

$$\int_0^t f(t)dt + \int_0^\infty f(t)dt = 1 \quad (\text{III.13})$$



Figure III.4 : Courbe de fiabilité et fonction de répartition

III.1.6.4. 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 .

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\frac{\beta-1}{\eta}} \quad (\text{III.14})$$

III.1.6.5. Signification des paramètres du modèle de Weibull

a. Paramètres de forme β

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

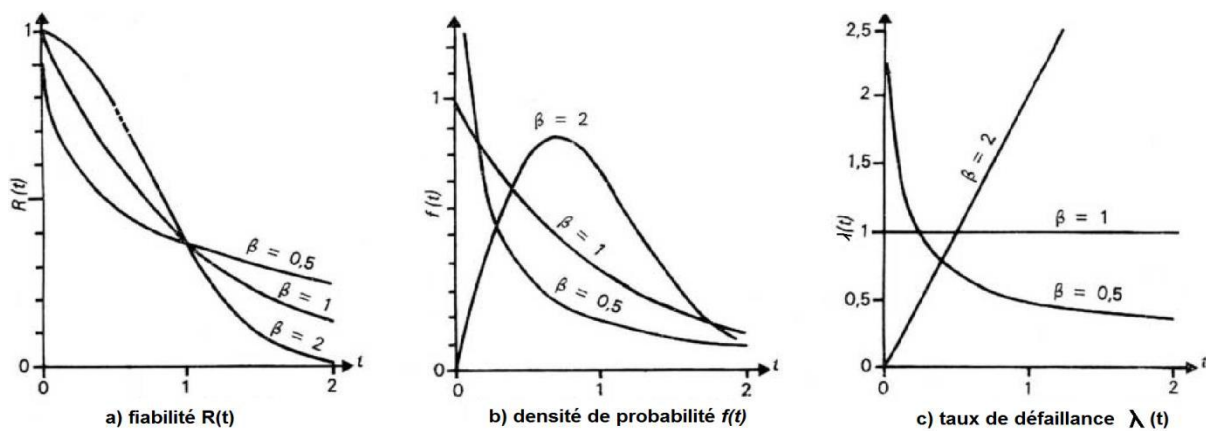


Figure III.5 : formes de $f(t)$, $R(t)$, $\lambda(t)$ en fonction de β

Courbe en baignoire

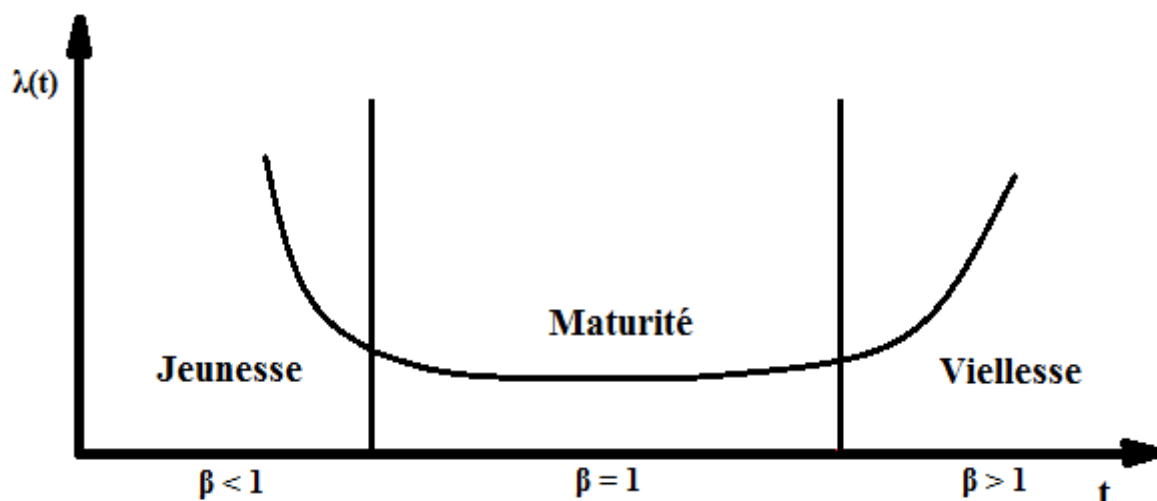


Figure III.6 : Courbe en baignoire

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

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

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

b. Paramétré d'échelle

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

c. Paramétré de position

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

Si :

$\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant l'origine du temps ;

$\gamma = 0$: les défaillances ont débuté dès l'origine du temps ;

$\gamma > 0$: il y a une survie totale entre $t=0$ et $t=\gamma$.

III.1.6.6. Test d'adéquation

Le modèle qu'on peut établir en fiabilité est issu d'un échantillon de population puis on fait l'hypothèse qu'ils suivent une loi particulière (loi de Weibull pour notre cas); Ainsi, il reste à vérifier la validité de cette loi; la vérification est obtenue par un test d'adéquation.

L'utilisation des statistiques a un risque d'erreur (α) petit, α est ce niveau de signification (est égal à la probabilité de tromper en utilisant ce test).

III.1.6.6.1. Test de KOLMOGOROV-SMIRNOV

Au une restriction n'est nécessaire, quel que soit la taille (n) on peut l'appliquer. L'idée du test est de comparer la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique. Il consiste à mesurer l'écart point par point entre ces deux fonctions :

$$D_n \max = |F(i) - F(t)|$$

Où : $F(t)$ est la fonction de répartition réelle ; elle peut être obtenue par la méthode des ranges moyens :

$$F(t) = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{n+1} \quad (III.15)$$

Un exemple d'équation : (Copier et coller pour une autre équation.)

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (III.16)$$

On montre que $D_n = \max |F(i) - F(t)|$

suit une loi ne dépendant que de η , et on écrit que :

$$P(\text{Max} | F(i) - F(t) | < D_{n,\alpha}) = 1 - \alpha$$

Si $D_{n, \text{Max}} > D_{n, \alpha}$, on refuse l'hypothèse du modèle théorique.

Si $D_{n, \text{Max}} < D_{n, \alpha}$, on refuse l'hypothèse du modèle théorique.

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

N.B : La démarche pour calculer MTBF et les paramètres γ, η, β par le modèle de Weibull :

Cumuler les avaries n_i ;

Recherche les fréquences cumulées $F(t)$:

$$\text{Si } n \leq 20 \text{ méthode des rangs médians : } F(t) = \frac{\sum n_i - 0.3}{N + 0.4} \quad (\text{III.17})$$

$$\text{Si } n > 20 \text{ méthode des rangs moyens : } F(t) = \frac{\sum n_i}{N + 1} \quad (\text{III.18})$$

[22]

III.2.Maintenabilité

III.2.1.définition

Selon la norme AFNOR X60-010, la maintenabilité définit comme suit: « dans des conditions données d'utilisation, aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits » Il est possible de donner à la maintenabilité une définition probabiliste : « si la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions avec des moyens prescrits ». La maintenabilité dépend essentiellement de l'accessibilité, de la facilité de démontage et de remontage des éléments constitutifs et de leur interchangeabilité d'un équipement. L'indicateur essentiel de la maintenabilité d'un équipement est la MTTR (Mean Time To Repaire) 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. [23]

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

III.2.2.Taux de réparation μ

La probabilité de réparation d'un composant est principalement fonction du temps écoulé depuis l'instant de défaillance. Il existe un certain délai t avant que le composant puisse être

réparé. Ce délai t comprend le temps de détection et le temps d'attente de l'équipe de réparation. [21]

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (\text{III.19})$$

III.2.3. Amélioration de la maintenabilité

L'amélioration de la maintenabilité passe par :

- le développant des documents d'aide à l'intervention,
- l'aptitude de la machine au démontage (modification, risquant de coûter chère).
- l'accessibilité.
- l'interchangeabilité et la standardisation.
- la facilité de remplacement.
- 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 [19]

III.3.Disponibilité

III.3.1.Définition

Selon la norme AFNOR X60 – 500, on peut définir la disponibilité comme aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée ».

III.3.2.Différents niveaux de la disponibilité

III.3.2.1.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

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad (\text{III.20})$$

III.3.2.2. Disponibilité moyenne

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

$$D_m = \frac{TCBF}{MCBF+TCI} \quad (III.21)$$

TCI: Temps cumulé d'immobilisation

III.3.2.3. Disponibilité opérationnelle

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

$$D_0 = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR+MTL} \quad (III.22)$$

Avec :

MTL : moyenne des temps logistiques

III.3.2.4. 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 :

$$A_\infty = \frac{\mu}{\mu+\lambda} \quad (III.23)$$

$$\text{Avec} \quad \lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (III.24)$$

$$\text{et} \quad \mu = \frac{1}{MTTR} \quad (III.25)$$

III.3.2.4. 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 :

$$D(t) = \frac{\mu}{(\mu+\lambda)} + \frac{\lambda}{\mu+\lambda} e^{-(\lambda+\mu)t} \quad (III.26)$$

[19]

III.4. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons vu les différentes méthodes de calcul pour évaluer la fiabilité, la fonction de répartition et le taux de défaillance ainsi que les tests de vérification de ces méthodes.

On a aussi défini et modélisé la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité pour faciliter les calculs dans le chapitre suivant.

Chapitre IV

Présentation de l'entreprise

IV. présentation de l'entreprise

IV.1. introduction

L'exportation Algérienne dépend de 95% des produit hydrocarbure, ces derniers subissent tout un cheminement pour arriver au port (ou raffinerie).L'activité transport par canalisation est un outil privilégié de la stratégie du leader SONATRACH, elle est considérée comme le véritable maillon régulateur de la chaîne des hydrocarbures. La station de pompage SP3 de M'sila est l'une des stations principales de la ligne l'oléoduc OB1, donc les équipements de la station qui ont besoin d'un entretien programmé et continu est très important.

IV.2. STATION DE POMPAGE SP3 DE M'SILA

IV.2.1. Emplacement

La SP3 est située au PK 493,477 à environ 248 KM d'Alger et à Pour des Vois d'accès principaux :

- * Routes Nationales N° 40 et 45.
- * Gare Ferroviaire d'Alger Bejaia et Constantine.
- * Port d'Alger Bejaia Jijel et Skikda.

Elle dépend fonctionnellement de la direction régionale de Bejaia (DRGB), elle joue un rôle très important sur l'OB1 vue sa situation géodésique caractérisée par une hauteur de 465,2m et un Pt de 480 Km.

Elle se situe en amant du col Slatna le Plus haut pt dans la ligne (1032m) se qui impose à la station d'avoir une pression minimale de **42 kgf/Cm²** pour que le fluide puisse gravir le col et qu'au-dessous de cette pression c'est l'arrêt de l'exploitation de l'OB1. La SP3 est projetée pour pomper un débit de 2200m³/h venant de la SP2. Le pétrole brut arrive à la station SP3 de 24''. La pression d'arrivée, varie entre 0-7 Bar généralement, et à la température ambiante elle est à 3,5bar.

IV.2.2. Organisation administrative

Section exploitation: (Ingénieur d'exploitation, Chefs de quart, Opérateurs)

Section maintenance : (Section instrumentation, Section mécanique, Section électricité)

Section hygiène sécurité et environnement (HSE): Fonction du service sécurité , Ingénieur (HSE)

IV.2.3. Description technique de la Station SP3

La figure suivante représente la description de la station SP3 :

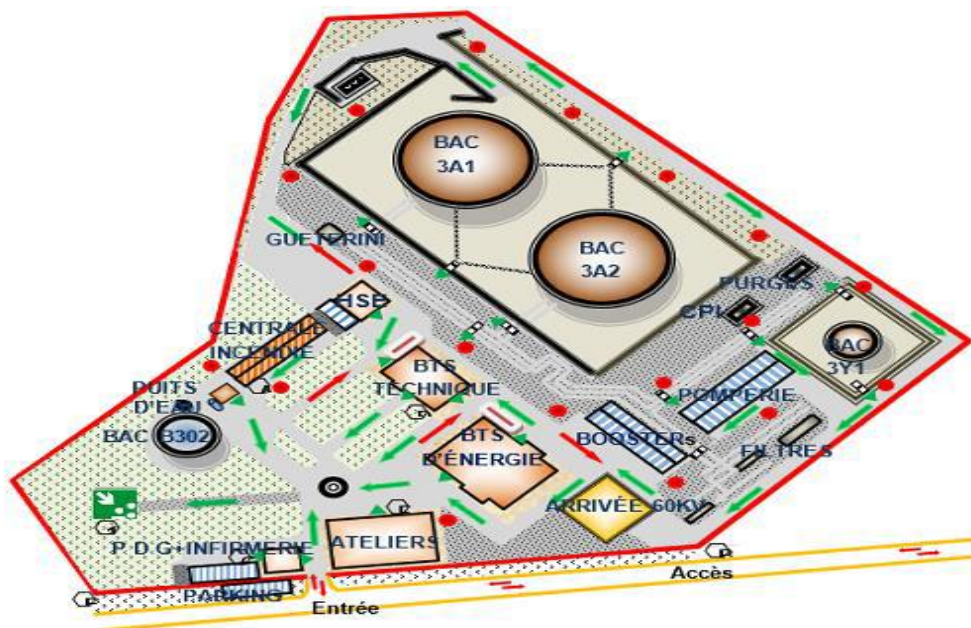


Figure IV.1: La station SP3

La station SP3 est Composée de :

- 1/ Une ligne Electrique haute tension spécialisé de 60 Kw
- 2/ Une pompries de 05 Groupes électropompes avec variateurs de de vitesse
- 3/ Trois 03 Pompes Boosters
- 4/ Batiment énergie
- 5/ Batiment Administratif + Salle de contrôle

6/ Deux Bacs de Stockage (3A1 3A2) d'une capacité de 20000 m³

7/ Un Bacs de détente 3Y1 d'une capacité de 2900 m³

8/ Un Bacs à eaux anti-incendie d'une capacité de 2970 m³

9/ Une Centrale anti-incendie

IV.2.3.1. Groupe électropompes GEP

Cinq groupes électropompes GEP alimentés en parallèle, Au point de vue physique la pompe transforme l'énergie mécanique issue de son moteur électrique à vitesse variable d'entraînement en énergie hydraulique. La pompe objet de notre étude est une pompe centrifuge multicellulaire à joint axial, elle fournit au pétrole une énergie cinétique avant de la transformer en énergie de pression. Son avantage est de pouvoir véhiculer des gros débits d'une manière régulière. Le moteur électrique ASI Robicon de type 'ET63012' est caractérisé par : Puissance (P) = 1600 Kw ; la tension (U) = 3300 V ; la fréquence (F) = 59,7 Hz ; IP55 ; nombre de tours (N) = 3560 tr/min. La pompe centrifuge GUINARD de type 'DVMX6*8*11 ; 5étages' est caractérisée par le débit (Q) = 800 m³/h



Figure IV.2: Les électro- pompes principale GEP(A,B,C,D,E)

IV.2.3.2. Pompes Booster

Trois électropompes booster pompes centrifuge à deux étages immergées entraînées par des moteurs électriques. Son rôle est d'assurer une pression atteindre jusqu'à 8 bars et un débit de

1155 m³/h pour une pompe, une seule pompe booster en marche il est possible d'utiliser 2 pompes principales GEP. Avec 3 pompes principales GEP où plus en marche, il faut démarrer également une deuxième pompe. Les boosters sont utilisés pour éviter la cavitation au niveau des GEP tel que le conduite refoulement de boosters et l'aspiration des GEP .



Figure IV.3: Pompe booster A.B.et C

Les Trois pompes boosters qui sont entraînées par des moteurs électriques. Le moteur électrique ASI Robicon de type 'CADV355C4' est caractérisé par : Puissance (P) = 220 Kw ; la tension nominale (Un) = 5500±5% V ; la fréquence (F) = 50±2% Hz ; IP55 ; nombre de tours (N) = 1486 tr/min. La pompe centrifuge GUINARD de type 'VLB*01150*25-3' est caractérisée par le débit (Q) = 1155m³/

IV.2.3.3.Arrivée des Produits et Filtrage

L'hydrocarbure (pétrole brut ou condensas) arrive à la station de pompage (Gare racleur GRA301) avec une pression variable entre 0 et 7 kg/cm². La pression à l'entrée de la station est contrôlée par le PIC-303, qui règle la vanne de contrôle motorisée PCV-301 sur la ligne d'interconnexion entre l'entrée station et les réservoirs de stockage tampon 3A1 et 3A2.

A l'entrée, le pétrole passe par les filtres placés parallèlement (F-301 /A B C) deux sont en fonction, le troisième est en réserve la DP avec le filtre bouché est 0.4 bar. La pression en aval des filtres est réglée par une vanne de contrôle motorisée (PCV 301) qui fonctionne selon une pression dite « point de livraison » et les différents cas de fonctionnement. Si la pression à l'entrée de la station est supérieure à celle définie comme « seuil d'expédition » et établie par les différents cas de fonctionnement, la vanne PCV-301 envoie l'excès de débit qui cause la

surpression vers les réservoirs. En cas où l'excès de débit est très important (avec une pression correspondante à l'entrée de la station supérieure à $7 \text{ kg/cm}^2\text{g}$), le système s'ouvre par la logique – autrement dit l'opérateur pourra ouvrir- la MOV-329 (by-pass de la PCV-301) de diamètre 20" pour envoyer le débit en excès vers les réservoirs tampons.

L'opérateur fermera la vanne de by-pass quand la pression normale est restaurée. Les soupapes de sûreté PSV301/302/303/304 (2 en service et 2 en réserve), avec un point de consigne de 12.5 kg/cm^2 , sont installées à l'arrivée de l'oléoduc pour limiter la pression d'entrée station.



Figure IV.4:les trois filtres A, B et C

IV.2.3.4.Les soupapes de décharges

Quatre soupapes de décharges installé à l'entrée station, assure la protection contre la surpression tarée a 12 bars deux en service et deux en réserve, plus une soupape de décharge installé à la sortie station tarée à 74,5 bars.



Figure IV.5: Soupapes de décharges PSV 303 et 304

IV.2.3.5. Les Bacs de stockage

A)- Les Bacs de stockage à toit flottant 3A1 et 3A2

Le toit flottant est un disque mobile qui flotte sur le liquide en suivant les mouvements de descente et de montée du produit. Pour permettre ces déplacements, un espace annulaire libre existe entre le toit et la robe de la cuve. Il est obturé par un système d'étanchéité déformable qui permet au toit de coulisser sans entraves à l'intérieur de la robe. Les réservoirs de stockage tampon 3A1 et 3A2 sont tous les deux utilisés en opération. Leurs capacités sont de 20 000 m³ chaque un. C'est deux bacs tampon jouent un rôle très important pour le bon fonctionnement de la station ainsi que de la ligne. Chaque réservoir est muni d'alarmes de haut et bas niveau :

- En cas de très haut niveau dans le réservoir 3A1, LSHH 302 fermera automatiquement MOV 323.
- En cas de très haut niveau dans le réservoir 3A2, LSHH 303 fermera automatiquement MOV321.
- En cas de très bas niveau dans le réservoir 3A1, LSLI 302 fermera automatiquement MOV 322.
- -En cas de très bas niveau dans le réservoir 3A2, LSLI 303 fermera automatiquement MOV 320



Figure IV.6: Réservoirs de Stockage 3A1- 3A2

B)-Réservoir de Décantation 3Y1

Le réservoir de décantation à toit fixe 3Y1 a pour but de récupérer les décharges des soupapes de sûreté et permettre le stockage et la décantation des produits mélangés en correspondance de l'arrivée du racleur.

Il un volume utile de 2900 m^3 aussi, il et connecter aux bacs 3A1 et 3A2.

Le liquide de ce réservoir peut être envoyé aux réservoirs de stockage 3A1 et 3A2 par la Pompe de Transfert P-303 ou peut être chargé sur camions par la Pompe de Vidange P-306. En cas de haut niveau dans le réservoir 3Y1, LSHH 301 fermera automatiquement MOV 302.



Figure IV.7: Bac de Décantation 3Y1

IV.2.3.6. Réseau des Purges Gravitaires

Les purges gravitaires de la station de pompage sont récupérées par le Réservoir de Purge B-301, une citerne instrumentée et installée dans une fosse, les purges sont réinjectées dans le réservoir de décantation pour être ensuite envoyées dans les réservoirs de stockage tampon 3A1 et 3A2.

Le circuit est constitué par:

- Un collecteur principal, 8"-HC-3840-AB01B-W, qui réunit les conduites de purge de tous les équipements et se termine dans la citerne de purge B-301. Sur le collecteur, à proximité de la citerne de purge, est installée une vanne manuelle de sectionnement qui doit être toujours ouverte, pour assurer la purge des équipements.
- Une citerne de purge (B-301) installée dans une fosse, avec un volume total de 10 m³. Sur la citerne de purge sont installés:
 - Une pompe de purge (P-305); le démarrage et l'arrêt de la pompe est effectuée normalement par l'opérateur; ils peuvent être exécutés également par le système automatique de contrôle (LSHH-305/LSLL-305).
 - Un transmetteur de niveau (LT305) qui transmet à la salle de contrôle l'indication du niveau et les alarmes de haut et bas niveau. La valeur de réglage de l'alarme est fixée de façon à avvertir l'opérateur qui doit préparer la vidange de la citerne de purge.



Figure IV.8: Citerne de purge (B-301)

IV.2.3.7. 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 levelswitch 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 level Switch LSHH-309 et LSSL-309, installés dans la chambre d'évacuation de l'eau



Figure IV.9: Séparateur CPI

IV.2.3.8. Energie Electrique

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.

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



Figure IV.10: La ligne électrique haute tension de 60 kV

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



Figure IV.11: Les transformateurs HT –MT 60 KV/5,5 KV

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



Figure IV.12: Le transformateur MT (5,5KV/2X1,3KV)

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



Figure IV.13: Les blocs de variateurs

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



Figure IV.14: Les transformateurs électrique MT/BT 5,5 KV/230-400 V

IV.2.3.9.Oupe De Secours

Un groupe de secours qui alimente la barre préférentielle lors de la disjonction coupure énergie SONELGAZ et qui possède les caractéristiques suivantes : Marque: PERKINS, Puissance =630 KVA, Tension =400 V, Vitesse =1500 tr/mn



Figure IV.15: Groupe de secours

IV.2.4. Sécurité



Figure IV.16: triangle du feu

La présence simultanée de ces trois (03) éléments forme ce qu'on appelle le triangle du feu. Il symbolise la combustion. L'absence d'un des trois (03) éléments empêche le déclenchement de la combustion.

IV.2.4.1. Description de la Centrale anti-incendie

La centrale anti-incendie est constitué 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, mais malheureusement on a trouvé la pompe et corrompu pendant la période de stage ce bac est équipé de deux (02) level switch de haut niveau et deux level switch pour le niveau bas
- 2- deux réseaux anti-incendie eau et mousse
- 3- 18 poteaux incendies
- 4- 07 Canons à eau
- 5- 10 vannes déluges à déclenchement automatique
- 6- cinq pompes
- 7- un système rimseal sur les toits des bacs 3A1et 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)

A- Réseau d'eau anti-incendie : c'est un circuit qui cerce toute les installations et équipé de nourrisse. 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 :

- 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.
- 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.
- 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.



Figure IV.17: Bac B302

B- 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.



Figure IV.18: Le Système à Mousse

C- Circuit CO2 : installé à l'intérieur des salles châssis et équipé de détecteurs infrarouge et de fumée qui sont fixés sur le toit et au-dessous des armoires électrique 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.

Figure IV.19: système d'extinction au CO₂

IV.3.La maintenance a la station SP3

IV.3.1.La section des activités de maintenance à station SP3

La section maintenance assure la maintenance préventive et curative des équipements. la section assure toutes les opérations de maintenance, par les différents secteurs et sections de maintenance (Mécanique, Electricité, instrumentation) elle comporte trois sections:

IV.3.1.1. Section Instrumentation

Le rôle de cette section est le contrôle et intervention sur les instruments groupes GEP (Température, Pression, Débit, Niveau). Régulation et contrôle sur les système automates (DCS ESD FG) mesure et contrôle des vibrations Etalonnage et calibrage des différents instruments (pression, débit, niveau et Température).

IV.3.1.2. Section Electricité

Le rôle de cette section est la maintenance préventive et curative des équipements électrique moteurs électriques- Eclairage- transformateurs- disjoncteurs- Relais deprotection, maintenance des installations de climatisation

La section Electricité réalise les taches suivantes :

- Contrôle visuel des équipements électriques (vvf, transformateur, ...etc.)
- Contrôle et lecture des différents paramètres électriques.
- Visites programmées des équipements électriques.
- Intervention sur les pannes imprévues.
- Vérification des installations des climatisations.
- Nettoyage et entretien de système de climatisation.

IV.3.1.3. section Mécanique

La section mécanique réalise les taches suivantes :

- Visites programmées des équipements.
- Entretien général.
- Contrôle systématique des équipements et diagnostic.
- Les pannes non programmées.
- Graissage des équipements (pompes, vannes.....etc.)
- le contrôle d'alignement des GEP

IV.3.2. Activités de la section mécanique dans la station SP3

La politique de maintenance d'une la station SP3 est mise en œuvre par la section mécanique autour de deux (02) missions principales :

IV.3.2. Activités de la section mécanique dans la station SP3

Ex : appoint d'huile – contrôle la température de Garniture Mécanique – vérifie l'accouplement ...etc.

IV.3.2.2.La maintenance curative

Ex : changement de roulement de palier pour le pompe anti-incendie-
Rénovation Garniture Mécanique avec kit joint neuf...etc.

IV.3.3. Recueil des opérations de maintenance niveau 1 et 2 pour la station SP3

Le recueil des opérations de maintenance pour SP3 est un document de travail des méthodes qui permet de lister les opérations en passant en revue systématique tous les organes. Ce document comporte les éléments suivants :

IV.3.3.1. Intervenants

- MEC : mécanicien
- EXL : exploitation
- ELC : électricien
- INST : instrumentation
- HSE : hygiène sécurité environnement

IV.3.4. Planning des opérations de maintenance SP3

L'élaboration de ces plannings de maintenance dans la station de M'sila comme but :

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

Sonatrach a alloué pour ce service grâce à la création de sections spéciales pour la maintenance des équipements pour augmenter la durée de sa vie

Ex :

- DMB "Direction Maintenance Biskra" (pour révisions générales les moteurs électriques GEP et moteurs booster MP marque asi-robicon)
- RTC "Région Transport Centre" atelier centrale de maintenance Bejaïa (pour les révisions générales de pompe guinard DVMX et VLBX)

Et les deux directions spéciales pour la station de pompage M'sila SP3

IV.4. CONCLUSION

Le stage pratique qui on a fait à la station de pompage SP3 de M'sila a permis d'avoir des connaissances pratiques sur leur fonctionnement et leur maintenance de ses différents équipements.

Durant mon stage pratique à la station de pompage SP3 de M'sila, ce qui m'a permis d'avoir des connaissances pratiques sur le fonctionnement et la maintenance de différents équipements de la station SP3. La station de pompage SP3 de M'sila est considérée parmi les plus importantes stations de pompage de pétrole et de condensât vers le port de Bejaia. Après avoir visité toute la station on observe toute la rigueur et le travail bien fait des différentes

sections de la station. Tout en passant sur la sécurité qui joue un grand rôle pour la sauvegarde des vies humaine à travers les accidents probables. Et n'oubliant pas la gestion technique qui permet d'améliorer les différentes tâches et le travail continu de toutes les sections. Tout notre souhait est à faire de notre mieux pour la prospérité et le développement de la station de pompage SP3 de m'sila.

Chapitre V

L'analyse statistique

Application sur un groupe électropompe

V. L'analyse statistique de la FMD

Le choix d'un système électromécanique est basé sur leur rôle et leur importance dans la chaîne de production d'une industrie. Pour évaluer le niveau de sûreté de fonctionnement (fiabilité, maintenabilité et sécurité) de système choisi, il faut extraire son historique de panne. Dans notre travail, on a choisi le groupe électropompe (GEP301 A) à cause de son importance dans l'entreprise SP3 de M'sila.

V.1. Historique de pannes du groupe électropompe (GEP301 A)

Le tableau suivant résume l'historique de pannes de groupe électropompe de SP3 M'sila de puis l'année 2009 jusqu'à 2017.

N°	Elément en panne	Date de début de panne	Date de fin de Panne	Temps d'arrêt (h)
1	GM-COA	21-02-2009	27-02-2009	144
2	GM-CA	26-05-2009	28-05-2009	48
3	joint de VVF	24-09-2009	24-09-2009	02
4	Fuite GM-CA	15-10-2009	16-10-2009	24
5	inspection annuelle	28-10-2009	28-10-2009	04
6	cartouche filtre osmose VVF	15-11-2009	15-11-2009	02
7	Reprise soudure prise de pression manomètre	23-11-2009	24-11-2009	36
8	GM-COA	07-12-2009	09-12-2009	48
9	GM- CA	14-12-2009	19-12-2009	120
10	Inspection annuelle	04-01-2010	04-01-2010	04
11	circuit arrosage GM-CA et COA	15-04-2010	15-04-2010	02
12	Fuit sur GM- CA	10-01-2011	11-01-2011	24
13	joint de VVF	27-01-2011	27-01-2011	4
14	GM-COA	17-02-2011	20-02-2011	72
15	cartouche filtre osmose VVF	22-02-2011	22-02-2011	04

16	le circuit du curage de GM	25-02-2011	26-02-2011	24
17	Le clapet de non-retour	03-03-2011	05-03-2011	48
18	inspection annuelle	09-08-2011	09-08-2011	04
19	le ventilateur palier AR	31-05-2012	31-05-2012	04
20	GM- COA	06-06-2012	10-06-2012	96
21	inspection annuelle	15-06-2012	15-06-2012	04
22	accouplement moteur / pompe	02-07-2012	04-07-2012	48
23	GM-COA	10-02-2013	11-02-2013	24
24	ventilateur palier AR	22-05-2013	22-05-2013	04
25	inspection annuelle	02-07-2013	02-07-2013	04
26	GM-CA	03-01-2014	05-01-2014	48
27	GM- COA	01-02-2014	03-02-2014	48
28	la vanne 315 et clapet non-retour	17-03-2014	19-03-2014	48
29	le central MOV 305	21-03-2014	22-03-2014	24
30	Pose de la MOV 205 et clapet non-retour	18-08-2014	19-08-2014	24
31	inspection annuelle	01-09-2014	01-09-2014	04
32	inspection annuelle	31-12-2014	31-12-2014	03
33	GM- CA	05-05-2015	09-05-2015	96
34	inspection annuelle	21-12-2015	21-12-2015	04
35	le ventilateur palier AR	12-01-2016	13-01-2016	24
36	inspection annuelle	13-02-2016	13-02-2016	04
37	le mécanisme de transmission de vanne (MOV)	06-04-2017	06-04-2017	06
38	inspection annuelle	11-07-2017	11-07-2017	04
39	accouplement moteur / pompe	18-09-2017	21-09-2017	72
40	circuit arrosage GM-CA et COA	06-12-2017	06-12-2017	06

Tableau 0.2.L'historique des pannes de la GEP301 A.

V.2. L'application des méthodes d'analyse

V.2.1. La méthode de la courbe ABC

Pour appliquer la méthode ABC, il doit classer en premier temps les pannes du groupe électropompe par ordre décroissant en suite calculer leurs cumuls et leurs pourcentages et calculer en deuxième temps le cumul et le pourcentage de fréquence de panne comme illustré par le tableau suivant:

N°	Types des pannes	Fréquence	Temps de pannes	Cumul de fréquence	Cumul de T-p	Cumul de fréquence %	Cumul NT,P (%)
1	GM-COA	6	432	6	432	15	36,27
2	GM-CA	4	288	10	720	25	60,45
3	accouplement moteur / pompe	2	120	12	840	30	70,53
4	Fuit sur GM- CA	2	48	14	888	35	74,56
5	le clapet de non-retour	1	48	15	936	38	78,59
6	La vanne 315 et clapet non- retour	1	48	16	984	40	82,62
7	inspection annuelle (5000h)	10	39	26	1023	65	85,90
8	Reprise soudure prise de pression manomètre	1	36	27	1059	67	88,92
9	ventilateur palier AR	3	32	30	1091	75	91,60
10	circuit du curage de GM	1	24	31	1115	77,50	93,62
11	central MOV 305	1	24	32	1139	80	95,63
12	la MOV 205 et clapet non-retour	1	24	33	1163	82,50	97,65
13	joint de VVF	2	8	35	1171	87,50	98,32
14	circuit arrosage GM-CA et COA	2	8	37	1179	92,50	98,99
15	cartouche filtre osmose VVF	2	6	39	1185	97,50	99,50
16	mécanisme de transmission de vanne	1	6	40	1191	100	100

Tableau V.2. L'analyse ABC (Pareto)

La figure suivante (Fig. V.1) montre la présentation graphique de la courbe ABC, cette courbe est le pourcentage du cumul des heures de panne en fonction du pourcentage de cumul de fréquence de panne.

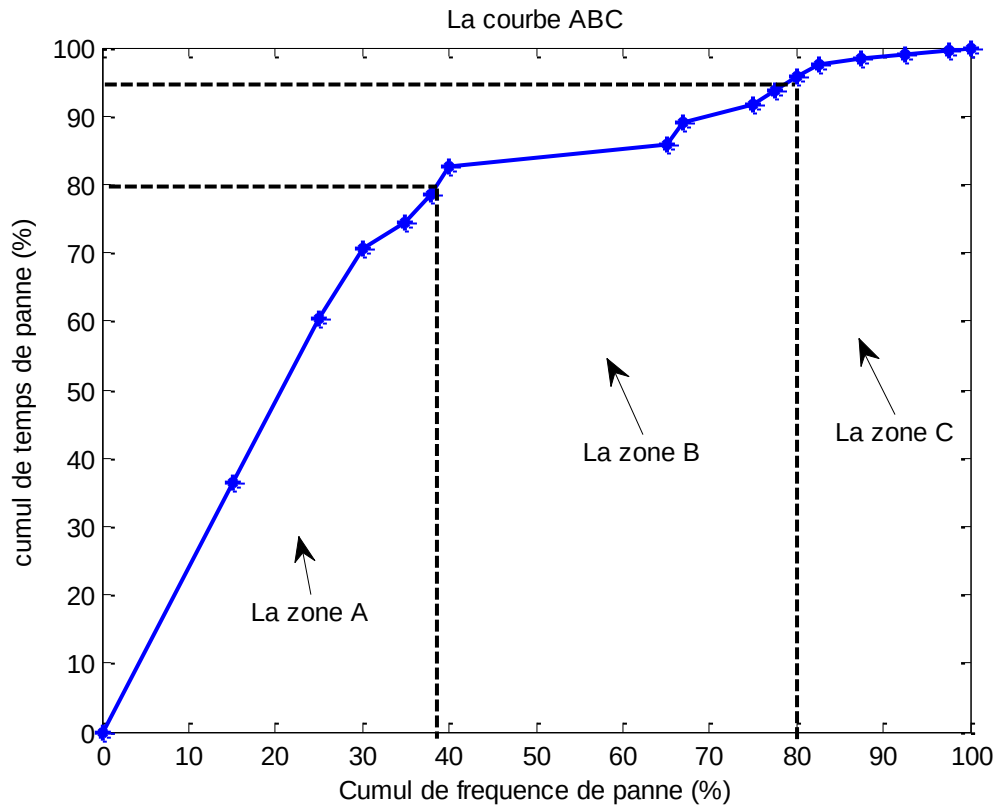


Figure V.1: La Courbe d'ABC

D'après cette figure, on observe que la courbe ABC contient trois zones d'où :

Zone "A": les 78.59% des heures de panne représentent 38% de fréquence de panne, cette zone contient les éléments les plus tombent en panne : (GM-COA, GM-CA, accouplement moteur / pompe, Fuit sur GM- CA, le clapet de non-retour)

Zone "B": les 15% des heures de panne représentent 42% de fréquence de panne.

Zone "C": les 5% des heures de panne représentent 20% de fréquence de panne.

V.3.L'analyse FMD

V.3.1. La fiabilité

Pour représenter graphiquement la fonction de fiabilité, on utilisera un logiciel de simulation qui s'appelle **FiabOptim**.

FIABOPTIM 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 (temps, cycles, km, etc...) désirées. L'interface de ce logiciel est illustrée par la (figure V.2)



Figure V.2 : L'interface de logiciel FiabOptim.

Le logiciel opère à partir d'un fichier où sont stockées les données de fiabilité.

Vous pouvez enregistrer les données sous format OFI pour les données individuelles.

Si vos données ne sont pas encore enregistrées, vous devez les saisir à l'aide d'une fenêtre de saisie (bouton Saisie).

Vous pouvez vérifier la saisie des données de type individuelles en cliquant sur le bouton Affichage, et même les corriger à partir de ce tableau.

Dans l'étude individuelle, on consiste à choisir une méthode parmi celles proposées en fonction du module choisi.

On réalise l'estimation suivant la méthode choisie (estimation par la méthode de : Johnson Rangs Moyens)

Les résultats de simulation par ce logiciel sont présentés par le tableau V.3 et la figure V.3.

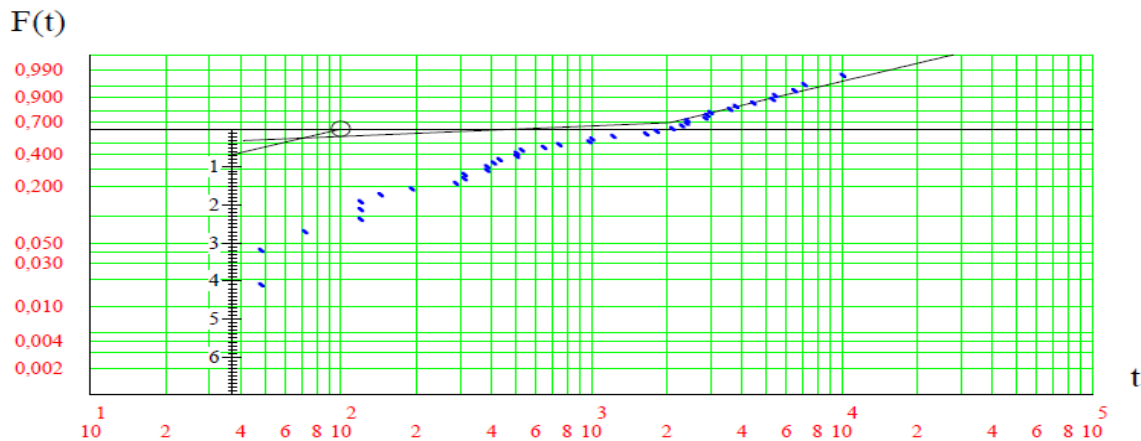
Rangs	TBF	F(t)
1	48	0,026751608
2	48	0,026751608
3	72	0,069459818
4	120	0,125778502
5	120	0,125778502
6	120	0,125778502

7	144	0,148328865
8	192	0,187378249
9	288	0,250738926
10	312	0,264502354
11	312	0,264502354
12	384	0,302226438
13	384	0,302226438
14	408	0,313796227
15	432	0,324934809
16	504	0,356080842
17	504	0,356080842
18	528	0,365793229
19	648	0,410214977
20	744	0,441629945
21	984	0,508285115
22	1008	0,514193543
23	1224	0,562500323
24	1656	0,639049205
25	1824	0,663475933
26	2112	0,700121464
27	2304	0,721494761
28	2400	0,731394938
29	2424	0,733794273
30	2856	0,772427012
31	2904	0,776244352
32	3000	0,783628263

33	3576	0,821848731
34	3768	0,832629752
35	4440	0,864423841
36	5304	0,895038842
37	5424	0,898589679
38	6480	0,924330278
39	7104	0,935876716
40	10080	0,969168687

Tableau V.3 : Estimation de la fonction de répartition

La figure suivant illustre la représentation graphique de la fonction de répartition sur le papier de Wiebull

**Figure V.3 : Papier fonctionnel de Weibull**

D'après la courbe de la figure (V.3), on peut extraire les paramètres de la loi de Wiebull pour calculer la fonction de répartition théorique $F(t)$. Le calcul de $F(t)$ a pour but de choisir le modèle adéquat (acceptable). Les valeurs de ces paramètres sont résumées dans le tableau suivant:

Paramètres	Valeurs
Beta(β)	0,67213651
Eta(η)	1570.6915
Gamma(γ)	40.67085
MTBF	2110.8849

Tableau V.4 : les paramètres de la loi de Wiebull.

Pour vérifier l'acceptation de la loi du calcul de différentes fonctions telles que la fiabilité, la densité de probabilité, la fonction de répartition et le taux de défaillance, on utilise le test de KOLMOGOROV-SMIRNOV.

V.3.1.1. Test KOMOGOROV – SMIRNOV

L'idée du test est de comparer la fonction réelle de répartition des défaillances à la fonction de répartition théorique.

Il consiste à mesurer l'écart point par point entre ces deux fonctions:

$$D_{ni} = |F(ti) - F(t)|$$

Où:

F (ti) est la fonction de répartition réelle; elle peut être obtenue par la méthode des rangs moyens:

$$F(ti) = \frac{\sum ni}{n + 1}$$

F(t) est la fonction de répartition théorique donné par l'équation suivante:

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

On montre que: $D_n = \text{Max}|F(ti) - F(t)|$

Suit une loi ne dépendant que de η et on écrit que:

$$P(\text{Max}|F(ti) - F(t)|D_n, \alpha) = 1 - \alpha$$

La valeur de D_n, α est donnée par le tableau de KOMOGOROV – SMIRNOV.

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

Rangs	TBF	n _i	Σn _i	F (t)	Fe(t)	$D_{ni} = Fe(t) - F(t) $
01	48	1	1	0,026751608	0,024390244	0,002361364
02	48	1	2	0,026751608	0,048780488	0,02202888
03	72	1	3	0,069459818	0,073170732	0,003710913
04	120	1	4	0,125778502	0,097560976	0,028217527
05	120	1	5	0,125778502	0,12195122	0,003827283
06	120	1	6	0,125778502	0,146341463	0,020562961

07	144	1	7	0,148328865	0,170731707	0,022402843
08	192	1	8	0,187378249	0,195121951	0,007743702
09	288	1	9	0,250738926	0,219512195	0,031226731
10	312	1	10	0,264502354	0,243902439	0,020599915
11	312	1	11	0,264502354	0,268292683	0,003790329
12	384	1	12	0,302226438	0,292682927	0,009543512
13	384	1	13	0,302226438	0,317073171	0,014846732
14	408	1	14	0,313796227	0,341463415	0,027667187
15	432	1	15	0,324934809	0,365853659	0,040918849
16	504	1	16	0,356080842	0,390243902	0,034163061
17	504	1	17	0,356080842	0,414634146	0,058553305
18	528	1	18	0,365793229	0,43902439	0,073231161
19	648	1	19	0,410214977	0,463414634	0,053199658
20	744	1	20	0,441629945	0,487804878	0,046174933
21	984	1	21	0,508285115	0,512195122	0,003910007
22	1008	1	22	0,514193543	0,536585366	0,022391823
23	1224	1	23	0,562500323	0,56097561	0,001524713
24	1656	1	24	0,639049205	0,585365854	0,053683351
25	1824	1	25	0,663475933	0,609756098	0,053719836
26	2112	1	26	0,700121464	0,634146341	0,065975122
27	2304	1	27	0,721494761	0,658536585	0,062958176
28	2400	1	28	0,731394938	0,682926829	0,048468109
29	2424	1	29	0,733794273	0,707317073	0,0264772
30	2856	1	30	0,772427012	0,731707317	0,040719695
31	2904	1	31	0,776244352	0,756097561	0,020146791
32	3000	1	32	0,783628263	0,780487805	0,003140458

33	3576	1	33	0,821848731	0,804878049	0,016970682
34	3768	1	34	0,832629752	0,829268293	0,00336146
35	4440	1	35	0,864423841	0,853658537	0,010765304
36	5304	1	36	0,895038842	0,87804878	0,016990061
37	5424	1	37	0,898589679	0,902439024	0,003849346
38	6480	1	38	0,924330278	0,926829268	0,00249899
39	7104	1	39	0,935876716	0,951219512	0,015342796
40	10080	1	40	0,969168687	0,975609756	0,006441069

Tableau V.5: La fiabilité et la fonction de répartition.

Le tableau (tableau IV.5) montre que $D_{nmax} = 0,07323$ et d'après le tableau de KOMOGOROV – SMIRNOV

$$D_{n, \alpha} = D_{18, 0.05} = 0.2101$$

$D_{n, max} < D_{18, 0.05}$ implique que le modèle de Wiebull est acceptable.

La figure ci-dessous représente la fonction de répartition en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF).

Nous avons développé un programme de simulation sous Matlab pour représenter graphiquement les modèles mathématiques de fonction de répartition, de fiabilité, de densité de probabilité, du taux de défaillance, de maintenabilité et de disponibilité.

Les paramètres d'entrée de ce programme sont :

- Le temps de bon fonctionnement (TBF)
- Le temps de réparation (TTR)
- Les paramètres de Wiebull (β , η et γ)
- Le nombre des TBF (n)
- Courbe de la Fonction de répartition $F(t)$

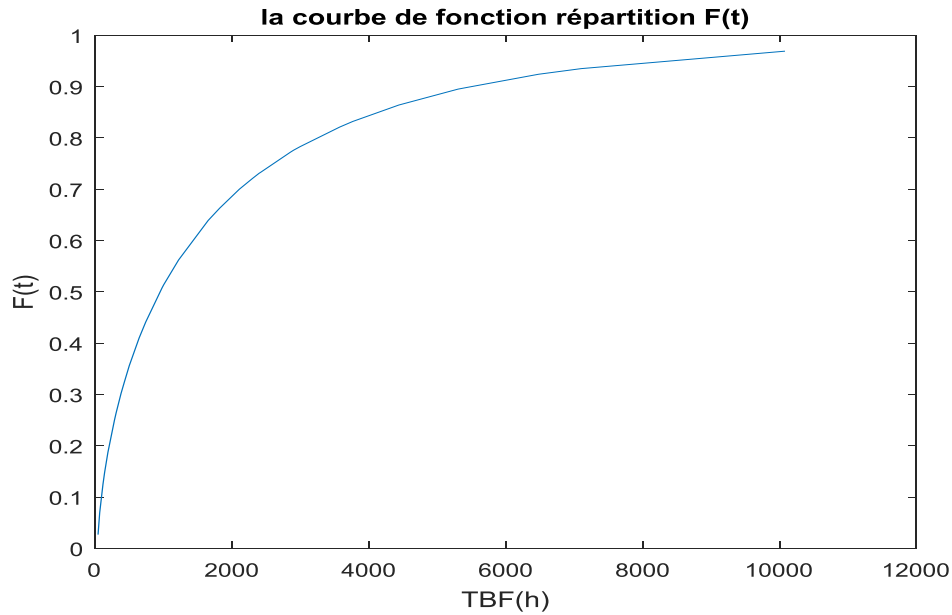


Figure. V.4:Fonction de répartition F(t).

La figure V.4 illustre la fonction de répartition $F(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF). On observe d'après cette figure que la fonction de répartition augmente avec l'augmentation du temps de bon de fonctionnement (TBF).

V.3.1.2.Calculs de la fiabilité, de la densité probabilité et du temps de défaillance

Le tableau V.6 est résumé les calculs de fiabilité, de densité de probabilité et du temps de défaillance.

TBF	f(t)	R(t)	$\lambda(t)$
48	0,00242021	0,97324839	0,00248673
48	0,00242021	0,97324839	0,00248673
72	0,0014372	0,93054018	0,00154448
120	0,00099567	0,8742215	0,00113892
120	0,00099567	0,8742215	0,00113892
120	0,00099567	0,8742215	0,00113892
144	0,00088947	0,85167114	0,00104438
192	0,00074889	0,81262175	0,00092158
288	0,00058778	0,74926107	0,00078448
312	0,00055973	0,73549765	0,00076102
312	0,00055973	0,73549765	0,00076102
384	0,00049158	0,69777356	0,0007045
384	0,00049158	0,69777356	0,0007045

408	0,00047284	0,68620377	0,00068906
432	0,00045561	0,67506519	0,00067491
504	0,00041118	0,64391916	0,00063856
504	0,00041118	0,64391916	0,00063856
528	0,00039833	0,63420677	0,00062807
648	0,00034463	0,58978502	0,00058434
744	0,00031095	0,55837005	0,00055689
984	0,0002487	0,49171489	0,00050578
1008	0,0002437	0,48580646	0,00050163
1224	0,00020543	0,43749968	0,00046956
1656	0,00015305	0,3609508	0,00042401
1824	0,00013814	0,33652407	0,00041048
2112	0,0001172	0,29987854	0,00039081
2304	0,00010573	0,27850524	0,00037962
2400	0,00010059	0,26860506	0,00037448
2424	9,936E-05	0,26620573	0,00037324
2856	8,0426E-05	0,22757299	0,00035341
2904	7,8639E-05	0,22375565	0,00035145
3000	7,5227E-05	0,21637174	0,00034767
3576	5,843E-05	0,17815127	0,00032798
3768	5,395E-05	0,16737025	0,00032234
4440	4,139E-05	0,13557616	0,00030529
5304	3,0214E-05	0,10496116	0,00028786
5424	2,8977E-05	0,10141032	0,00028574
6480	2,0389E-05	0,07566972	0,00026944
7104	1,6762E-05	0,06412328	0,0002614
10080	7,1817E-06	0,03083131	0,00023294

Tableau V.6: Calculs de la fiabilité, du temps de défaillance et de la densité de probabilité.

Les figures suivantes (Fig. V.5, V.6, V.7) montrent les courbes de fiabilité, de densité de probabilité et du temps de défaillance.

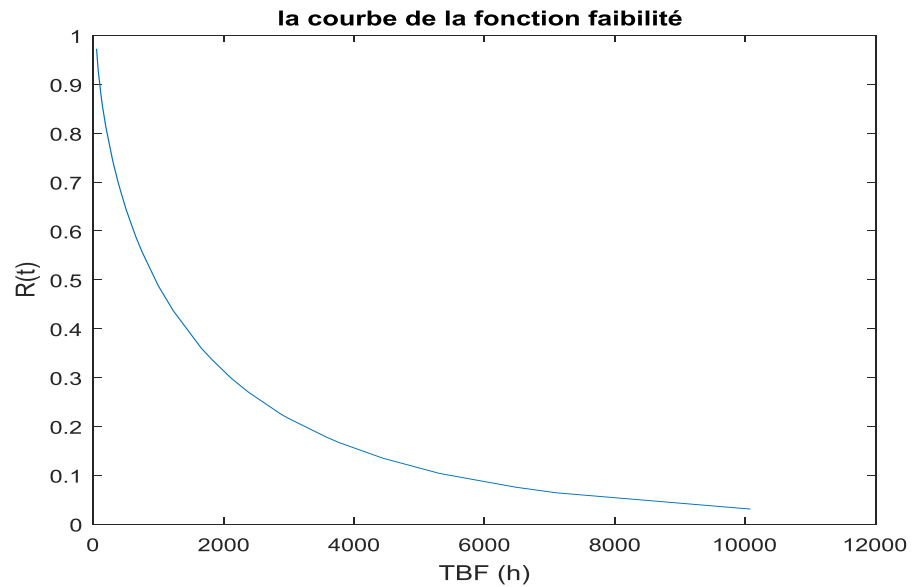


Figure V.5 : La fonction de fiabilité $R(t)$.

La figure. V.5 montre la fonction de fiabilité $R(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF), on remarque à partir de cette courbe que la fiabilité diminue avec le temps.

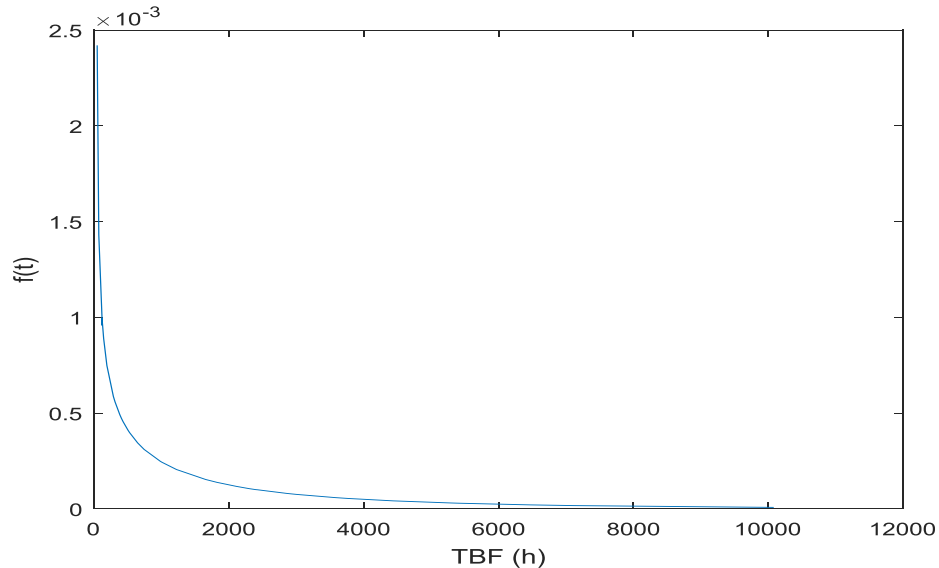


Figure V.6 : Densité de probabilité $f(t)$.

La Figure. V.6 présente la densité de probabilité $f(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF).

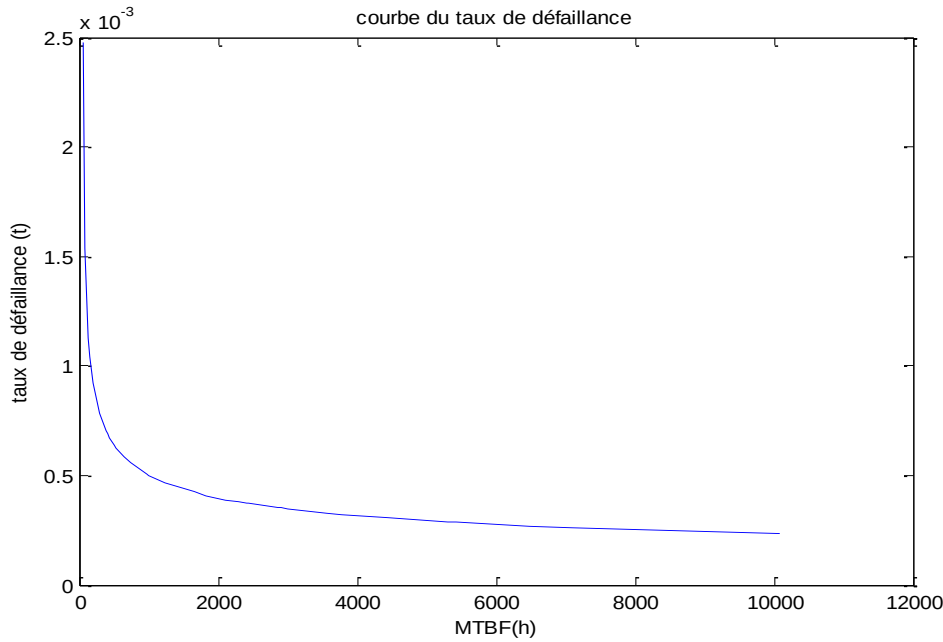


Figure V.7: Taux de défaillance $\lambda(t)$.

La Figure. V.7 présente le Taux de défaillance $\lambda(t)$ en fonction du temps de bon fonctionnement (TBF).

V.3.1.3. Calcul de R (MTBF)

D'après les calculs, on a la moyenne des temps de bon fonctionnement $MTBF = 2110.8849$ h, alors la fiabilité est:

$$R(MTBF) = e^{-\left[\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right]^\beta} \quad R(MTBF) = e^{-\left[\frac{2110.8849-40.67085}{1570.6915}\right]^{0.67213651}} = 0,300009263$$

V.3.1.4. Calcul de F(MTBF)

La fonction de répartition pour la moyenne des temps de bon fonctionnement est

$$\begin{aligned} F(MTBF) &= 1 - e^{-\left[\frac{MTBF-\gamma}{\eta}\right]^\beta} \\ &= 1 - e^{-\left[\frac{2110.8849-40.67085}{1570.6915}\right]^{0.67213651}} = 0,69999074 \end{aligned}$$

V.3.1.5. La densité de probabilité $f(MTBF)$

La densité de probabilité pour la moyenne des temps de bon fonctionnement $f(MTBF)$ est :

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

$$f(MTBF) = \frac{0.67213651}{1570.6915} \left(\frac{2110.8849+40.67085}{1570.6915} \right)^{0.67213651-1} e^{-\left[\frac{2110.8849+40.67085}{1570.6915} \right]^{0.67213651}}$$

$$=0,00011727$$

V.3.1.6.Calcul de $\lambda(MTBF)$

Le taux de défaillance pour la moyenne des temps de bon fonctionnement $\lambda(MTBF)$ est :

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

$$\lambda(MTBF) \frac{0.67213651}{1570.6915} \left(\frac{2110.8849-40.67085}{1570.6915} \right)^{0.67213651-1} =0,00039088$$

V.3.2.La maintenabilité

La fonction de maintenabilité est donnée par la relation suivante:

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

Le taux de réparation μ est exprimé par:

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

Avec $MTTR = \frac{\sum TTR}{N^{\circ}} = 30,325h$

$$\mu =0,03297609h^{-1}$$

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

N°	Temps de Réparation (h)	M(t)
1	2	0,06382437
2	2	0,06382437
3	2	0,06382437
4	3	0,09419233
5	4	0,1235752
6	4	0,1235752
7	4	0,1235752
8	4	0,1235752
9	4	0,1235752
10	4	0,1235752
11	4	0,1235752
12	4	0,1235752
13	4	0,1235752

14	4	0,1235752
15	4	0,1235752
16	4	0,1235752
17	4	0,1235752
18	6	0,17951246
19	6	0,17951246
20	24	0,54680202
21	24	0,54680202
22	24	0,54680202
23	24	0,54680202
24	24	0,54680202
25	24	0,54680202
26	24	0,54680202
27	36	0,69490721
28	48	0,79461159
29	48	0,79461159
30	48	0,79461159
31	48	0,79461159
32	48	0,79461159
33	48	0,79461159
34	48	0,79461159
35	72	0,90691839
36	72	0,90691839
37	96	0,9578156
38	96	0,9578156
39	120	0,98088212
40	144	0,99133581

Tableau V.7 : le calcul de la maintenabilité.

Le tableau V.7 permet de présenter la fonction de maintenabilité en fonction des temps de réparation comme illustré la figure suivante.

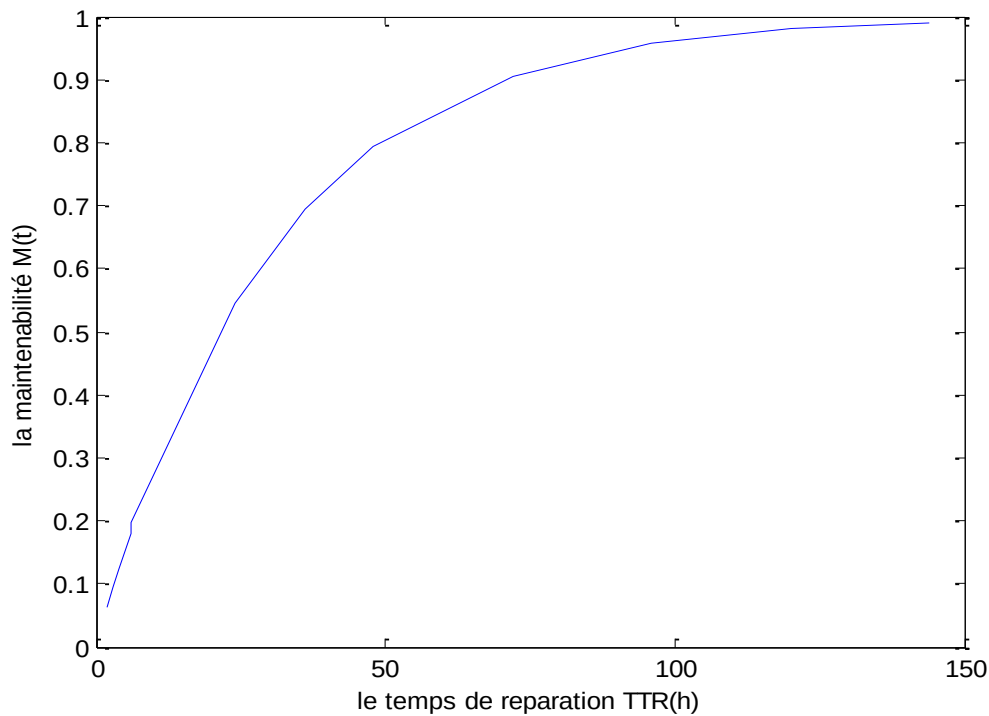


Figure V.8 :. La Courbe de Maintenabilité

La figure V.8 montre 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).

V.3.3.Disponibilité

V.3.3.1.Disponibilité intrinsèque au asymptotique

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

Avec:

$$MTBF = 2110.8849$$

$$MTTR = 30,325$$

Alors:

$$D = \frac{2110.8849}{2110.8849 + 30,325} = 0,985$$

V.3.3.2.Disponibilité intrinsèque au asymptotique

L'utilisation de la formule suivante permet de calculer la disponibilité intrinsèque :

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

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{2110,8849} = 0,00039088$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{30,325} = 0,03297609$$

$$\mu + \lambda = 0,03297609 + 0,00039088 = 0,03344983$$

$$D(t) = \frac{0,03297609}{0,03344983} + \frac{0,00039088}{0,03344983} e^{0,03344983 * TTR}$$

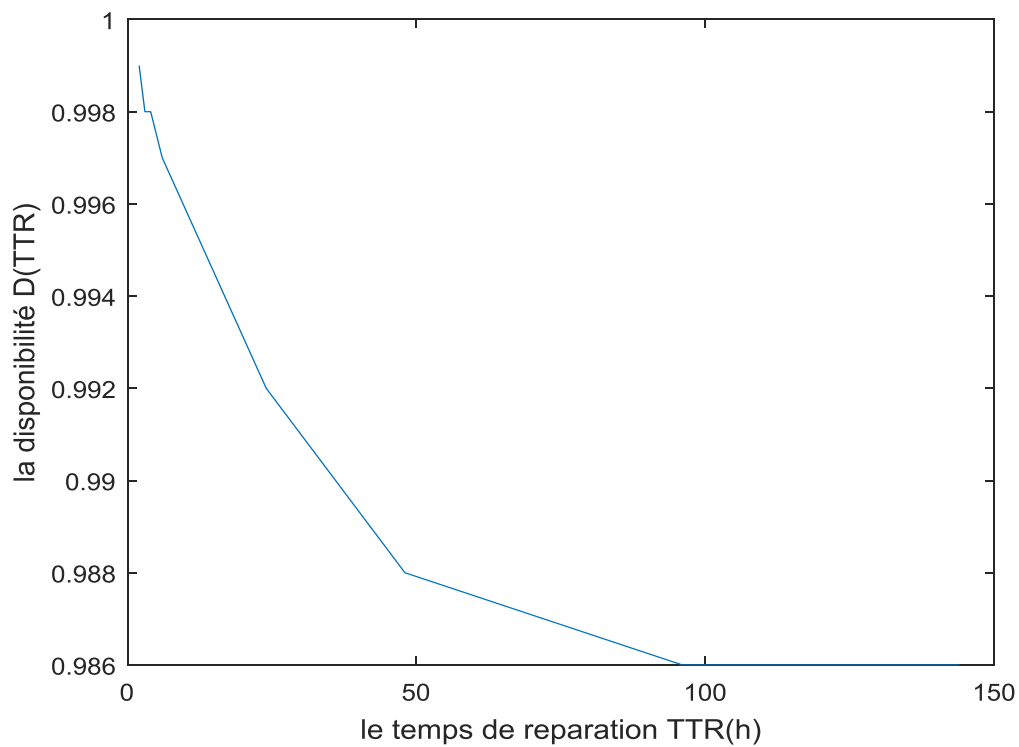
Le tableau suivant résume les calculs de la disponibilité intrinsèque :

[illegible]

36	0,99008527
48	0,98868087
48	0,98868087
48	0,98868087
48	0,98868087
48	0,98868087
48	0,98868087
48	0,98868087
72	0,98711151
72	0,98711151
96	0,98640832
96	0,98640832
120	0,98609324
144	0,98595206

Tableau IV.8: Tableau de disponibilité instantané

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

**Figure V.9: La Courbe de disponibilité instantanée**

La figure IV.9 montre 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.

V.3.4.Recommandation

D'après les résultats obtenus, on voit que la fiabilité est très réduite et le taux de défaillance est constant ainsi que le temps de panne est très élevé, on peut conclure que le groupe électropompe est dans l'époque de vieillissement parce que le temps de panne est plus que le temps de bon fonctionnement. Dans ce cas, on recommande la dégradation du groupe électropompe et remplacer par un autre.

V.3.5.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons extrait l'historique de panne du groupe électropompe à travers le stage que nous avons fait à l'entreprise SP3 M'sila, ensuite; on a choisi la loi de calcul de fiabilité, de densité de probabilité, de fonction de répartition et du taux de défaillance grâce au test de Kolmogorov-Smirnov. Ce test a montré que la loi de Wiebull est acceptable et les calculs ont montrés que la fiabilité est réduite, le taux de défaillance est considérable et constant et le temps de panne est élevé, cela nous a permis de recommander la dégradation du groupe électropompe.

Conclusion générale

La maintenance des systèmes électromécaniques est obligatoire à appliquer pour minimiser le temps de panne, améliorer le temps de bon fonctionnement et augmenter la production de ces systèmes et leurs profits économiques. Elle est considérée comme une meilleure solution aux secteurs industriels pour minimiser les dépenses de défauts des systèmes électromécaniques à partir la réduction de probabilité de défaillance.

Dans notre travail, nous avons fait un stage pratique au sien de l'entreprise SP3 de M'sila, pour avoir des connaissances pratiques sur leur fonctionnement de cette entreprise d'une part et d'extraire l'historique de panne du système choisi (groupe électropompe) d'une autre part.

L'historique de panne du groupe électropompe a permis d'appliquer la méthode ABC pour extraire les éléments les plus tombent en panne. A partir cette courbe, les éléments de la zone A sont les éléments les plus tombent en panne. Pour choisir la méthode de calculs de fonction de répartition, de fiabilité, de densité de probabilité et du taux de défaillance, nous avons appliqué le test de KOLMOGOROV-SMIRNOV, d'après l'application de ce test, la méthode acceptée à utiliser est la méthode de Wiebull.

La simulation est faite par le logiciel Fiab-Optim et des programmes développés sous Matlab, on a utilisé le logiciel Fiab-Optim pour trouver les paramètres de Wiebull et les programmes sous Matlab pour visualiser les courbes de fonction de répartition, de densité de probabilité, de fiabilité, du taux de défaillance, de maintenabilité et de disponibilité.

Les résultats obtenus ont montrés que la fiabilité du groupe électropompe est plus réduite, c'est-à-dire le taux de défaillance est croissant ainsi que le temps de panne est plus grand par rapport au temps de bon fonctionnement. Nous avons recommandé la dégradation du groupe électropompe et remplacer par un autre à cause de la croissance du temps de maintenance et la réduction du temps de bon fonctionnement de ce système.

Dans les travaux futurs, nous allons améliorer la technique de l'analyse vibratoire pour minimiser les erreurs de mesure du capteur de vibration et avoir un diagnostic précoce des défauts des systèmes électromécaniques.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] **cédrie**, (cours maintenance industriel CH1) 2009/2010
- [2] **A.BELHOMME**, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011.
- [3] **REZGI IMANE**, Cours maintenance industriel université-ouargla 2017.
- [4] **SCHENK S A** « vibrations équilibrage sur le site : Application à la maintenance industrielle ». Edition Schenk S A. 1994.
- [5] **Zwingelstein G** : « Diagnostic des défaillances. Théorie et pratique pour les systèmes industriels ». Traité des Nouvelles Technologies - Série Diagnostic et Maintenance. Editions Hermès, Paris 1995.
- [6] **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.
- [7] **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
- [8] **Belhour Samira** : « Contribution à l'optimisation de la maintenance predictive par l'utilisation du logiciel OMNITREND (Système on line) cas : Cimenterie HAMMA BOUZIANE ». Thèse de l'université de Mentouri CONSTANTINE. 2008.
- [9] **Jaques Morel** : « Surveillance vibratoire et maintenance prédictive ». Technique de l'ingénieur R6100.
- [10] **BELHOMME .A**, Cours de stratégie de maintenance 2010/2011.
- [11] **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.
- [12] **Jean .B**, « la TPM : un système de production », Technologie (SCEREN - CNDP) – Revue Française de gestion Industrielle, Paris, avril 2008.

[13] **ISET Nabeul** , cours ; Introduction à la maintenance 2013/ 2014

[14] [http://erwan.neau.free.fr/Toolbox/Diagramme d ISHIKAWA.htm](http://erwan.neau.free.fr/Toolbox/Diagramme%20d%20ISHIKAWA.htm)

[15] "**Manuel de maintenance**", NAPHTOGAZ, HMD, (2001).

[16] [https://fr.wikipedia.org/wiki/ Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité](https://fr.wikipedia.org/wiki/Analyse_des_modes_de_d%C3%A9faillance,_de_leurs_effets_et_de_leur_criticit%C3%A9)

[17] <https://qualite.ooreka.fr/comprendre/amdec>

[18] **BRAHIM HEROU.MOHAMED ELGHORBA**, L'AMDC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à une moto compresseur d'une PME Marocaine, Ecole nationale supérieure, d'électricité de mécanique Casablanca, Maroc, 2005.

[19] **HATHAT ABDELKADER, DEBLAOUI HICHAM**, Mémoire (Etude analytique FMD d'une turbine DR 990) université Kasdi Merbah, Ouargla 2014/2015.

[20] **A.villemeur** sûreté de fonctionnement de systèmes industriels: fiabilité, facteurs humains, informatisation Eyrolles, Paris 1988

[21] **M. KADI**, Etude et amélioration FMD d'une motopompe centrifuge, Mémoire de master professionnel, Université de Ouargla, (2014).

[22] **Mathieu.G**, « Modélisation des coûts de cycle de vie prévision des coûts de maintenance et de la fiabilité Application à l'aéronautique », Thèse de doctorat d'Ecole centrale de Lyon, 2005.

[23] **Rabiai.A, Laichi.I**, « Etude de la sûreté de fonctionnement par analyse FMD application (PRESSE2500T) », Thèse de ingénieur d'université m'silla, 2010.

Annexe : tableau de loi kolmogrov-smirnov [19]

N	Niveau significatif				
	0,2	0,15	0,1	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	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,410	0,490
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,252	0,274	0,295	0,328	0,392
17	0,250	0,266	0,286	0,318	0,381
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,371
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,363
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,356
25	0,210	0,220	0,240	0,270	0,320
30	0,190	0,200	0,220	0,240	0,290
35	0,180	0,190	0,210	0,230	0,270
>35	$\frac{1,07}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{N}}$	$\frac{0,188}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{N}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{N}}$

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE**

SPECIALITE : MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Proposé et dirigé par :DR. GHEMARI ZINE

Présenté par :Mr. DAFDAF ABD ELHAK ET FAID AOMAR

Thème

Optimisation de la fiabilité d'un système électromécanique

Résumé :

Dans ce travail ; nous allons optimiser la fiabilité du groupe électropompe dans l'entreprise SP3 de M'sila par une étude statistique approfondie des défauts de ce système (historique de pannes) et la préconisation des solutions efficaces concernant ces défauts pour minimiser le temps d'arrêt et agrandir le temps de bon fonctionnement.

ملخص:

خلال هذا العمل قمنا بتحسين دقة آلة (groupe électropompe) في مؤسسة SP3 المسيلة عن طريق دراسة احصائية معمقة لأعطال هذا النظام (تاريخ الأعطال) مع إعطاء اقتراحات لحلول ناجعة متعلقة بهاته الأعطال من اجل إنقاص ازمنة التوقف وزيادة ازمنة الأداء الجيد.

Mots clés: Maintenance, fiabilité, sécurité, sureté, Disponibilité.

Nombre d'ordre :° MI 03