



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire



وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة غرداية

N°

Université de Ghardaïa

d'enregistrement

كلية العلوم والتكنولوجيا

...../...../.....

Faculté des Sciences et de la Technologie

قسم الآلية والكهروميكانيك

Département d'automatique et d'électromécanique

Mémoire de fin d'étude, en vue de l'obtention du diplôme

Master

Domaine : Sciences et Technologies

Filière : électromécanique

Spécialité : maintenance industrielle

Thème

**Etude maintenance et analyse AMDEC d'une
machine de préparation des bobines d'acier
"ALFAPIPE"**

Présenté par :

BOUHADDA Ahmed & TAHTAH Mustafa Ahmed

Soutenue publiquement le :/06/2023

Devant le jury composé de :

CHENINI Kelthoumgrade.....	Univ. Ghardaïa	Président
MERZOUG Houcine	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
ZITANI Ibrahim	MAA	Univ. Ghardaïa	Examineur
BOUKHARI Hamed	MAA	Univ. Ghardaïa	Encadreur

Année universitaire 2022/2023

Dédicace

Ce travail ne l'aurait pas éclairé sans l'aide de Dieu qui est capable de me donner la santé, le courage, la patience, la volonté et la force pour affronter toutes les difficultés et les obstacles de mon cheminement d'études.

Je remercie ma chère mère qui m'a donné tant de courage pour maréussite.

Mon cher père, qui a été un modèle pour moi dans ma vie,

Je remercie tous les membres de ma famille (frères, sœurs, oncles et grands-parents)

Je tiens également à remercier mes amis, binôme, collègues de l'université pour leur patience et leur soutien tout au long des périodes d'études.

BOUHADDA Ahmed

Dédicace

A mon père (رحمة الله عليه) qui m'a dit un jour {Ne sois pas comme moi pour être fier de toi, alors j'ai délibérément voulu être comme lui pour être fier de moi !}.

Et à ma très chère mère pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien, pour me permettre de réaliser mes objectifs et qu'ils trouvent ici toute ma reconnaissance et ma gratitude.

A mes frères et sœurs à mon binôme Ahmed à tous mes amis à tous mes enseignants depuis les primaires jusqu'à maintenant

TAHTAH Mustafa Ahmed

Remerciements



Nous tenons à remercier

ALLAH

*Le tout puissant de nous avoir donné
puissance et connaissance Pour réaliser ce
travail.*

*Nous tenons aussi à exprimer notre profonde gratitude à toute
l'équipe de l'organisme d'accueil*

*L'entreprise **ALFAPIPE.***

*Pour le bon accueil qu'ils nous ont
réservé tout au long du stage et de manière
très spéciale nous exprimons nos chaleureux
remerciements et notre profond respect à
notre promoteur*

Eng. HANNAI Yassine

Qui nous a aidés tout au long du stage.

Nous remercions également

l'honorable encadrant

M : BOUKHARI Hamed.

*Et remerciements à tous ceux qui nous ont aidé de
loin ou de près à la réalisation et à la mise au point de ce
travail.*

Résumé

Les industriels cherchent continuellement à améliorer leur production et à accélérer la mise sur le marché de leurs produits en adoptant des solutions rapides.

Pour notre part, nous avons étudié les objectifs spécifiques liés à la machine de fabrication de tubes Alfa Pipe, à savoir l'amélioration de la faisabilité, de la fiabilité et de la disponibilité maintenabilité. Nous vous guiderons dans une analyse en profondeur pour atteindre ces objectifs en réduisant les temps d'arrêt et en augmentant les temps de fonctionnement de la machine.

Mot clé : la fiabilité, maintenabilité, disponibilité, Temps d'arrêt, temps de fonctionnement.

المخلص

يسعى المصنعون باستمرار إلى تحسين إنتاجهم وتسريع وصول منتجاتهم إلى السوق عن طريق اعتماد حلول سريعة. من جانبنا، قمنا بدراسة الأهداف المحددة المتعلقة بآلة تصنيع أنابيب ألفا بيب، والتي تشمل تحسين الجدوى والموثوقية والتوافرية وقابلية الصيانة الآلات. سنوجهكم في تحليل شامل لتحقيق هذه الأهداف من خلال تقليل أوقات التوقف وزيادة أوقات تشغيل الآلة.

كلمات مفتاحية: الموثوقية، التوافرية، قابلية الصيانة، الجدوى، أوقات التشغيل، أوقات التوقف.

Table des matières

Dédicace	II
Remerciement	IV
Résumé	V
الملخص	V
Table de matières	VI
LISTE DES TABLEAUX	XI
LISTE DES FIGURES	XII
LISTE DE ABREVIATIONX	XIV
Introduction Générale	1
Chapitre I : Présentation de l'entreprise ALFAPIPE	
I.1. Présentation du lieu de stage	4
I.2. Historique	5
I.3. Domaine d'activité	5
I.4. Domaine d'application	6
I.5. Description de procédure de fabrication	6
I.5.1. Machine à souder en spiral	6
I.5.2. Contrôle visuel	7
I.5.3. Contrôle radioscopique	7
I.5.4. Contrôle radiographique	8
I.5.5. Banc d'essai hydrostatique	9
I.5.6. Chanfreinage	9
I.5.7. Examen ultra-sons	9
I.5.8. Processus de revêtement intérieur	10
I.5.9. Processus de revêtement extérieur	10
I.6. Schéma synoptique de la procédure de fabrication des tubes	12

I.7. Schéma générale de d'entreprise ALFA PIPE	13
I.8. Certifications	14
I.9. Conclusion	15
Chapitre II : Généralité sur la maintenance, FMD et AMDEC	
II.1. Introduction	17
II.2. La maintenance	17
II.3. Objectifs de la maintenance	17
II.4. Les Méthodes de la maintenance	18
I.4.1. La maintenance préventive	18
II.4.1.1. La maintenance e préventive systématique	18
II.4.1.2. La maintenance préventive conditionnelle	18
II.4.1.3. La maintenance préventive prévisionnelle	19
II.4.2. La maintenance corrective	19
II.4.2.1. Maintenance palliative	19
II.4.2.2. Maintenance curative	19
II.4.3. Maintenance améliorative	19
II.5. Opérations de la maintenance préventive	19
II.6. Les niveaux de maintenance	20
II.7. Les temps de maintenance	22
II.8. Fiabilité, maintenabilité et disponibilité (FMD) du système	22
II.8.1. Définition de fiabilité	22
II.8.2. Différents types de fiabilité	22
II.8.2.1. Fiabilité prévisionnelle	22
II.8.2.2. Fiabilité intrinsèque	22
II.8.2.3. Fiabilité opérationnelle	23
II.8.3. Les indicateurs de fiabilité	23
II.8.3.1. Taux de défaillance instantané	23

II.8.3.2. Temps moyen de bon fonctionnement	24
II.8.4. Les lois de fiabilité	24
II.8.4.1. Les lois de probabilité utilisées en fiabilité	25
II.8.4.2. Les lois usuelles de la fiabilité	25
II.8.5. Estimation des paramètres de la loi de Weibull	26
II.8.6. Diagramme de fiabilité	26
II.8.7. Fiabilité de système constitué de plusieurs composants	27
1. En série	27
2. En parallèle	27
II.9. Maintenabilité	28
II.9.1. Définition de la maintenabilité	28
II.9.2. Temps Techniques de Réparation TTR	28
II.9.3. Expressions mathématiques	29
II.9.4. Les indicateurs de maintenabilité	30
II.10. Disponibilité	30
II.10.1. Définition de disponibilité	30
II.10.2. Différentes formes de disponibilité	30
II.11. AMDEC	31
II.11.1. Introduction	31
II.11.2. Définition de l'AMDEC	31
II.11.3. Objectifs de l'AMDEC	32
II.11.4. Les avantages de l'AMDEC	32
II.11.5. TYPES D 'AMDEC	32
II.11.6. Démarche pratique de l'AMDEC	33
II.11.7. Les indices de criticité	33
II.12. Conclusion	34

Chapitre III : Généralité sur la Machine de Préparation des Bobines

III.1. Description De La Machine	36
III.1.1. Le Dispositif D'ouverture est Composé de	36
III.2. Caractéristiques De La Machine	37
III.3. Composants de la machine	38
III.3.1. Chariot de rotation bobine	38
III.3.2. Dispositif de coin de manœuvre	39
III.3.3. Dispositif du rouleau supérieur	39
III.3.4. Dispositif de dressage	40
III.3.5. Dispositif de serrage	40
III.3.6. Dispositif d'équerrage	41
III.3.7. Dispositif d'oxycoupage	41
III.4. Déclencheurs De La Machine	42
III.4.1. Armoire électrique	42
III.4.2. Groupe Hydraulique	42
III.4.3. Panneau De Commandes	43
III.5. Fonctionnement De La Machine	43
III.5.1. La Bobine	44
III.6. Conclusion	46
 Chapitre VI : Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine	
IV.1. Introduction	48
IV.2. Exploitation de l'historique	48
IV.3. L'application Pratique des méthodes d'analyse	49
IV.3.1 Méthode d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »	49
IV.3.2. Interprétation des résultats	50
IV.4. Calcul les paramètres de Weibull	51
IV.5. La méthode des moindres carrés	51
IV.6. Exploitation les paramètres de WEIBULL	53

IV.6.1. Le MTBF	53
IV.6.2. La fonction de réparation en fonction de MTBF	53
IV.6.3. La fiabilité en fonction de MTBF	54
IV.6.4. Le taux de défaillance en fonction de MTBF	54
IV.6.5. Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique	54
IV.7. Étude de modèle de Weibull	54
IV.7.1. La fonction de la densité de probabilité	54
IV.7.2. Fonction de répartition $F(t)$	55
IV.7.3. La Fiabilité	56
IV.7.4. Le taux de défaillance	58
IV.7.5. Calcul la Maintenabilité de la machine	59
IV.8. Calcul la disponibilité D_i	60
IV.8.1. Disponibilité intrinsèque à l'asymptotique	60
IV.8.2. Disponibilité instantané $D(t)$	60
IV.9. L'analyse AMDEC	62
IV.9.1. Les indices de criticité	62
IV.9.2. Classification des éléments par leur criticité	66
IV.9.3. Recommandations	66
IV.10. Conclusion	67
Conclusion Générale	69
Références bibliographiques	71
Annexes	74

Liste de Tableaux

Tableau IV. 1. Dossier historique de machine préparation bobine.....	49
Tableau IV. 2. L'analyse ABC (Pareto).....	50
Tableau IV. 3. Fonction de préparation réel.....	51
Tableau IV. 4. La fonction de la densité de probabilité.....	54
Tableau IV. 5. Fonction de répartition.....	55
Tableau IV. 6. La fiabilité.....	57
Tableau IV. 7. Le taux de défaillance.....	58
Tableau IV. 8. La maintenabilité.....	59
Tableau IV. 9. Tableau de disponibilité instantané.....	61
Tableau IV. 10. Détection.....	62
Tableau IV. 11. fréquence.....	62
Tableau IV. 12. Gravité.....	63
Tableau IV. 13. AMDEC.....	65
Tableau IV. 14. Classe de criticité.....	66
Tableau IV. 15. Classement décroissant par priorité.....	67
Tableau IV. 16. Plan de maintenance préventive.....	68

Liste de Figures

FIG I. 1. Entreprise ALFAPIPE -GHARDAIA-	5
FIG I. 2. Machine à souder.	7
FIG I. 3. Contrôle visuel.	7
FIG I. 4. Contrôle radioscopique	8
FIG I. 5. Contrôle radiographique	8
FIG I. 6. Banc d'essai hydrostatique	9
FIG I. 7. Examen ultra-sons	10
FIG I. 8. Revêtement intérieur	10
FIG I. 9. Revêtement extérieur	11
FIG I. 10. Schéma Synoptique du procédé de fabrication des tubes	12
FIG I. 11. Schéma générale de d'entreprise ALFA PIPE	13
FIG I. 12. Certifications API/ISO de l'entreprise	14
FIG I. 13. Certifications API/ISO de l'entreprise	15
FIG II. 1. Type de maintenance	18
FIG II. 2. Les Temps De Maintenance	21
FIG II. 3. Taux de défaillance instantané	24
FIG II. 4. Système en série	27
FIG II. 5. Système en parallèle	28
FIG III. 1. Une photo prise de machine de réparation des bobines	38
FIG III. 2. Une photo prise de Chariot de rotation bobine	38
FIG III. 3. Une photo prise de dispositif de coin de manœuvre	39
FIG III. 4. Une photo prise de dispositif du rouleau supérieur.	39
FIG III. 5. Une photo prise de dispositif de dressage.	40
FIG III. 6. Une photo prise de dispositif de serrage.	40
FIG III. 7. Une photo prise de dispositif d'équerrage.	41
FIG III.8. Une photo prise de dispositif d'oxycoupage	41
FIG III.9. Une photo prise de l'armoire électrique	42
FIG III.10. Une photo prise de Groupe Hydraulique	42
FIG III.11. Une photo prise du Panneau De Commandes.	43

FIG III.12. Une photo prise l'entrepôt des bobines..	44
FIG III.13. Une photo prise depuis le début coupé du la bobine.....	45
FIG III.14. Les deux photo prise après coupé la bobine..	45
FIG IV. 1. La Courbe d'ABC	50
FIG IV. 2. page de calcul en Excel.....	52
FIG IV. 3. Papier de WeiBull en logiciel minitab19	53
FIG IV. 4. La Courbe Densité De Probabilité(logiciel matlab)	55
FIG IV. 5. La Courbe De Fonction Répartition (logiciel matlab)	56
FIG IV. 6. La Courbe De la Fonction Fiabilité	57
FIG IV. 7. Le courbe taux de défaillance (logiciel matlab)	58
FIG IV. 8. La Courbe de Maintenabilité (logiciel matlab).....	60
FIG IV.9. Disponibilité instantanée.....	61

Liste des abréviations explicitées

TTR : Temps de réparation

TBF : Temps de bon fonctionnement

UT : Up Time

R(t) : Fonction de fiabilité

F(t) : Fonction de défaillances

f (t) : Densité de probabilité

λ (t): Taux de défaillance

MUT : Moyenne temps entre défaillance

MTTR : Moyenne de temps de réparation

μ : Taux de réparation

MTBF : Moyenne de Temps de bon fonctionnement

F : Fiabilité

M : Maintenabilité

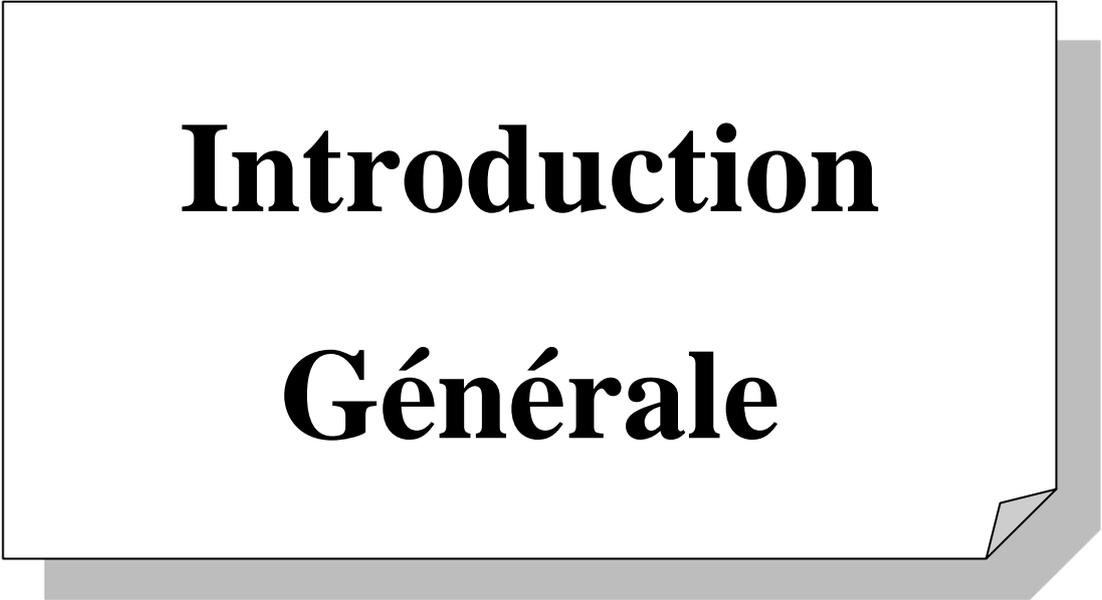
D : Disponibilité

β : Paramètre de forme

γ : Paramètre de position

η : Paramètre d'échelle

AMDEC : Analyse des Modes des Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité



Introduction

Générale

Introduction Générale

Dans un contexte de concurrence internationale croissante, l'efficacité d'une entreprise dépend de sa capacité à optimiser l'utilisation des moyens de production.

Les entreprises doivent réduire les perturbations des outils de production. Pour ce faire, il doit assurer une meilleure fiabilité, disponibilité et sécurité de ses installations.

Ce sont donc les principaux objectifs de la fonction maintenance et ils sont atteints grâce à une bonne organisation, une meilleure gestion et une amélioration continue du service maintenance.

La maintenance industrielle est d'une importance capitale dans le domaine de l'industrie, où le seul but n'est plus de réparer un équipement, mais de prévoir sa défaillance. Au cours de ces évolutions, la fonction maintenance a évolué pour intégrer des compétences techniques de management.

Compte tenu de son importance dans la fabrication, la machine de préparation de rouleaux est un élément essentiel, et comme il s'agit d'un système courant, sa maintenance devient essentielle, qu'il s'agisse de pièces mécaniques, hydrauliques ou électriques, de commandes ou de puissance. En fait, il faut s'assurer que la bobine est prête pour la machine.

Une des questions qui se pose est de savoir comment mettre en place une maintenance efficace ?

Pour résoudre ce problème, il serait intéressant de faire une étude complète des données de la machine.

Notre objectif dans ce travail est d'étudier et de maintenir la machine de préparation de bobines afin de détecter les pannes et faiblesse ou dysfonctionnement qui pourrait compromettre ses performances, entraînant une augmentation des délais ou des coûts de production.

Pour découvrir tout cela, nous avons classifié en quatre Chapitre :

1. Chapitre I : Au cours de notre formation de 15 jours chez ALFAPIPE à Ghardaïa, nous avons eu l'opportunité de découvrir l'entreprise en profondeur et de recueillir des informations précieuses sur son système de production. Nous avons ainsi pu en apprendre

davantage sur le transport, le stockage, les processus de fabrication, les laboratoires, l'instrumentation ainsi que les matériaux divers utilisés, ce qui nous a permis de mieux comprendre le fonctionnement de l'entreprise dans son ensemble.

2. Chapitre II : Dans le cadre de ce chapitre, nous avons proposé une vue d'ensemble détaillée des concepts liés à la maintenance, la fiabilité, la disponibilité et l'Amdec. Nous avons abordé ces sujets de manière exhaustive pour permettre une meilleure compréhension des enjeux et des pratiques liées à ces domaines.

3. Chapitre III : Nous étudierons et analyserons les inconvénients et les avantages de la machine de préparation bobine et connaître l'importance de la machine dans l'entreprise.

4. Chapitre IV : Nous allons recueilli l'historique des défauts de l'appareil sur une période de trois ans (2020/2021/2022), et nous avons effectué une étude analytique en utilisant la méthode FMD et AMDEC.

En finalise notre travail par des conclusions que qui prouvent les règles applicables.

Chapitre I

Présentation de l'entreprise ALFAPIPE

Chapitre I

Présentation de l'entreprise ALFAPIPE

Les tubes sont fabriqués à partir de bobines laminées à chaud pesant de 10 à 30 tonnes et ayant une largeur de 600 à 1800 mm, en fonction du diamètre souhaité pour le tube.

Les bobines sont déroulées et aplaties, puis elles sont façonnées en forme d'hélice et soudées par un processus d'arc immergé sous flux.

Cette opération se fait en deux passes successives sur une machine spécifique appelée machine à souder en spirale.

Chez ALFA PIPE, la qualité des tubes soudés en spirale est primordiale, et elle repose sur un contrôle rigoureux à chaque étape, depuis la réception de la matière première (les bobines) jusqu'au produit fini (le tube). Ce processus de contrôle suit la norme américaine API 5L et comprend plusieurs étapes de vérification.

I.1. Présentation du lieu de stage : [11]

ALFAPIPE GHARDAIA est située dans la zone industrielle de Bounoura à Ghardaïa, à seulement 10 km de la capitale de la wilaya. Occupant une superficie de 230 000 m², cette usine compte en moyenne 700 employés. Elle est en activité depuis 1977.

L'usine se spécialise dans la fabrication de tubes en acier soudés en spirale, avec des diamètres allant de 16 à 64 pouces, des épaisseurs comprises entre 7,92 et 15 mm, et des longueurs de 7 à 13 mètres. Ces tubes sont adaptés à diverses utilisations selon les besoins spécifiques :

- La construction de pipelines (gazoducs et oléoducs).
- Les grands transferts d'eau entre les barrages et les agglomérations.
- Les activités des travaux publics.



Figure I.1. Entreprise ALFAPIPE -GHARDAIA-

I.2. Historique :[13]

Les puits de pétrole et de gaz situés à proximité de Hassi R'mel et Hassi Massoud ont généré des besoins importants en matière de transport des hydrocarbures, dépassant les capacités de la tuberie en spirale d'El-Hadjar à Annaba. C'est pourquoi il a été décidé de créer une deuxième unité similaire à la première.

Le projet de construction de cette deuxième unité a débuté en avril 1974, avec la participation d'une entreprise allemande. Elle est entrée en production en 1977, avec une capacité annuelle de 120 000 tonnes, équivalant à 375 km de tubes de 42 pouces de diamètre.

Les installations de cette usine permettent la fabrication de tubes de diamètres allant de 16 à 64 pouces, d'une épaisseur de 7,92 à 15 mm, et d'une longueur de 7 à 13 mètres.

Les bobines produites sont transportées par voie ferrée depuis Annaba jusqu'à Touggourt, où elles sont stockées dans un dépôt d'une capacité de 40 000 tonnes. Ensuite, elles sont acheminées par camion SNTR sur une distance de 350 km jusqu'à Ghardaïa. Ce mode de transport a été mis en place pour éviter les éventuels goulots d'étranglement qui pourraient affecter les paramètres de production.

I.3. Domaine d'activité :

L'objectif d'ALFAPIPE est de convertir les bobines et les produits plats en tubes soudés en spirale qui sont utilisés pour transporter divers liquides tels que le pétrole, le gaz, l'eau et autres sous haute pression.

- ✓ **Pipe-line:**
 - Oléoducs (transport du pétrole) ;
 - Gazoducs (transport du gaz) ;
 - Hydraulique .
- ✓ **Transport d'eau :**
 - Alimentation en eau potable ;
 - Infrastructure hydraulique ;
 - Assainissement (Ségou) ;
 - Drainage.

I.4. Domaine d'application :

- **Entendue de la spécification :**

La spécification actuelle énonce les exigences techniques relatives à la fabrication, au contrôle (destructif et non destructif) et à la fourniture des tubes en acier utilisés dans la construction d'infrastructures de transport d'hydrocarbures en service non corrosif. L'usine de production des tubes doit être certifiée selon les normes API Q1, API et ISO. Les tubes sont fabriqués et revêtus conformément aux normes internationales ainsi qu'aux exigences techniques spécifiques du client. De plus, ils doivent être en conformité avec les réglementations de sécurité algériennes applicables aux pipelines de transport d'hydrocarbures.

- **Les normes de Confiat :**

Sauf en cas de dérogations spécifiques mentionnées dans cette spécification ou dans la commande, tous les tubes devront strictement respecter les critères suivants :

- API 5L -45ème Edition : American Petroleum Institute Standards spécification for line Pipe.
- ISO 21 809 : International Organisation for Standardisation for external coating pipelines.
- API RP 5L : Recommended practice for internal coating pipelines.

- **ALFAPIPE Tuberie de Ghardaïa est certifiées :**

- API Q1 et ISO 9001 depuis janvier 2001.
- Le pipeline fabriqué par les deux (02) unités est certifié API 5L.

I.5. Description de procédure de fabrication :

I.5.1. Machine à souder en spirale :

La machine de soudage en spirale est utilisée pour produire des tubes à partir de bandes de différentes largeurs et épaisseurs qui sont déroulées à partir de bobines. Cest bandes sont enroulées en spirale et sont ensuite soudées à la fois à l'intérieur et à l'extérieur en

utilisant la méthode de soudage en flux.



FIG I.2. Machine à souder.

I.5.2. Contrôle visuel :

L'objectif est d'assurer visuellement la qualité des soudures intérieures et extérieures à l'aide de soudeurs professionnels. Si un défaut est détecté, le tube sera réparé avant de poursuivre le processus de fabrication.



FIG I.3. Contrôle visuel

I.5.3. Contrôle radioscopique :

Il s'agit d'une configuration où un tube de rayons est supporté par un barreau de fer et pénètre dans un tube rotatif de manière hélicoïdale. Cette configuration permet la transmission d'images sur un écran. Grâce à cette installation de radioscopie, le contrôleur est en mesure de détecter avec précision les défauts préalablement identifiés ainsi que les défauts non signalés, en les marquant précisément sur la zone défectueuse.

Ensuite, le contrôleur prend la décision d'envoyer le tube pour la réception finale s'il est conforme, de le renvoyer pour réparation en cas de soudure non conforme, ou de l'envoyer au tronçonneur pour une coupe si le dédoublement est irréparable.



FIG I.4. Contrôle radioscopique

I.5.4. Contrôle radiographique :

Ce contrôle est basé sur l'absorption différentielle du rayonnement X2.

Les différences de rayonnement émergeant de la pièce engendrent sur le film une (image-latente) Le contrôle radiographique des soudures est effectué dans deux chambres à rayon X2.

Le cordon de soudure est visualisé en totalité par radioscope. Toute fois le repérage de défaut est sanctionnée par une prise de clichés.[12]

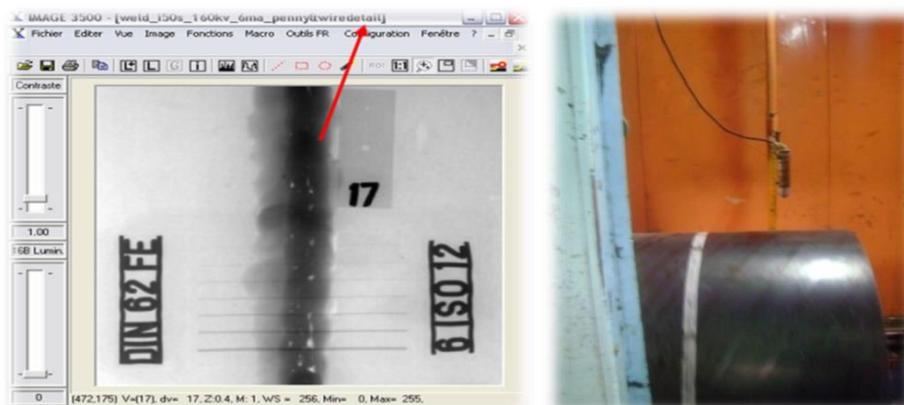


FIG I.5. Contrôle radiographique

I.5.5. Banc d'essai hydrostatique :

Chaque tube est soumis à une épreuve hydraulique, au cours de laquelle il est placé entre deux têtes remplies d'eau. À l'aide d'une pompe haute pression, une pression prescrite est appliquée sur le tube, correspondant à une sollicitation proche de la limite élastique. Cette pression est maintenue pendant une durée prédéterminée.



FIG I.1. Banc d'essai hydrostatique

I.5.6. Chanfreinage :

Afin de permettre une connexion cohérente et efficace entre deux tubes adjacents sur un chantier de canalisation, les extrémités des tubes sont préparées avec des chanfreins. Cette opération de chanfreinage consiste à fixer le tube à ses deux extrémités, puis à utiliser deux machines rotatives équipées d'outils spéciaux pour usiner les circonférences des extrémités du tube.

I.5.7. Examen ultra-sons :

Est testé par deux palpeurs à ultra-son, disposés de part et d'autre du cordon de soudure, à une distance de 15 cm environ. Ces deux palpeurs gérés par une carte électronique, procèdent par un cycle d'émission et de réception de signaux, pour enfin signaler l'existence ou non d'un défaut de soudure. [12]

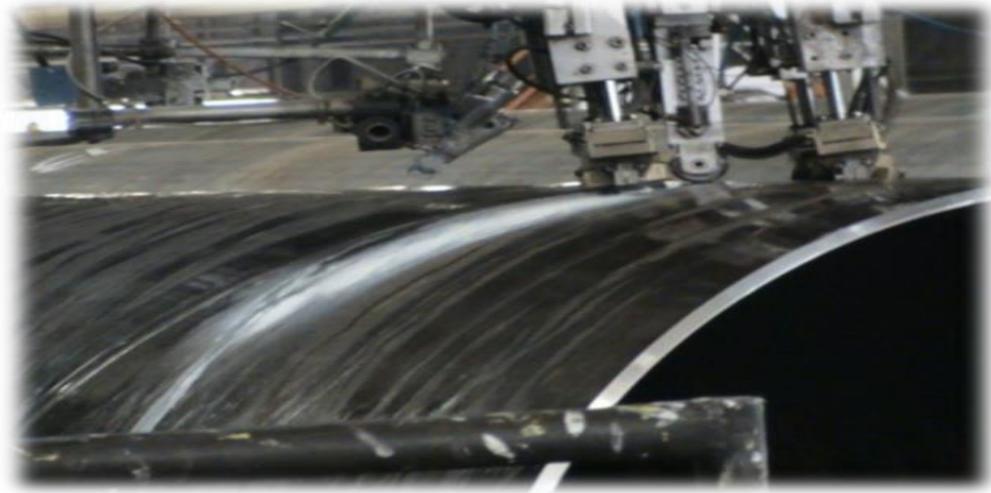


FIG I.7. Examen par ultra-sons

I.5.8. Processus de revêtement intérieur : [3]

- Nettoyage au karcher.
- Séchage par bruleur à gaz.
- Grenailage tube.
- Peinture intérieure.
- Contrôle final.



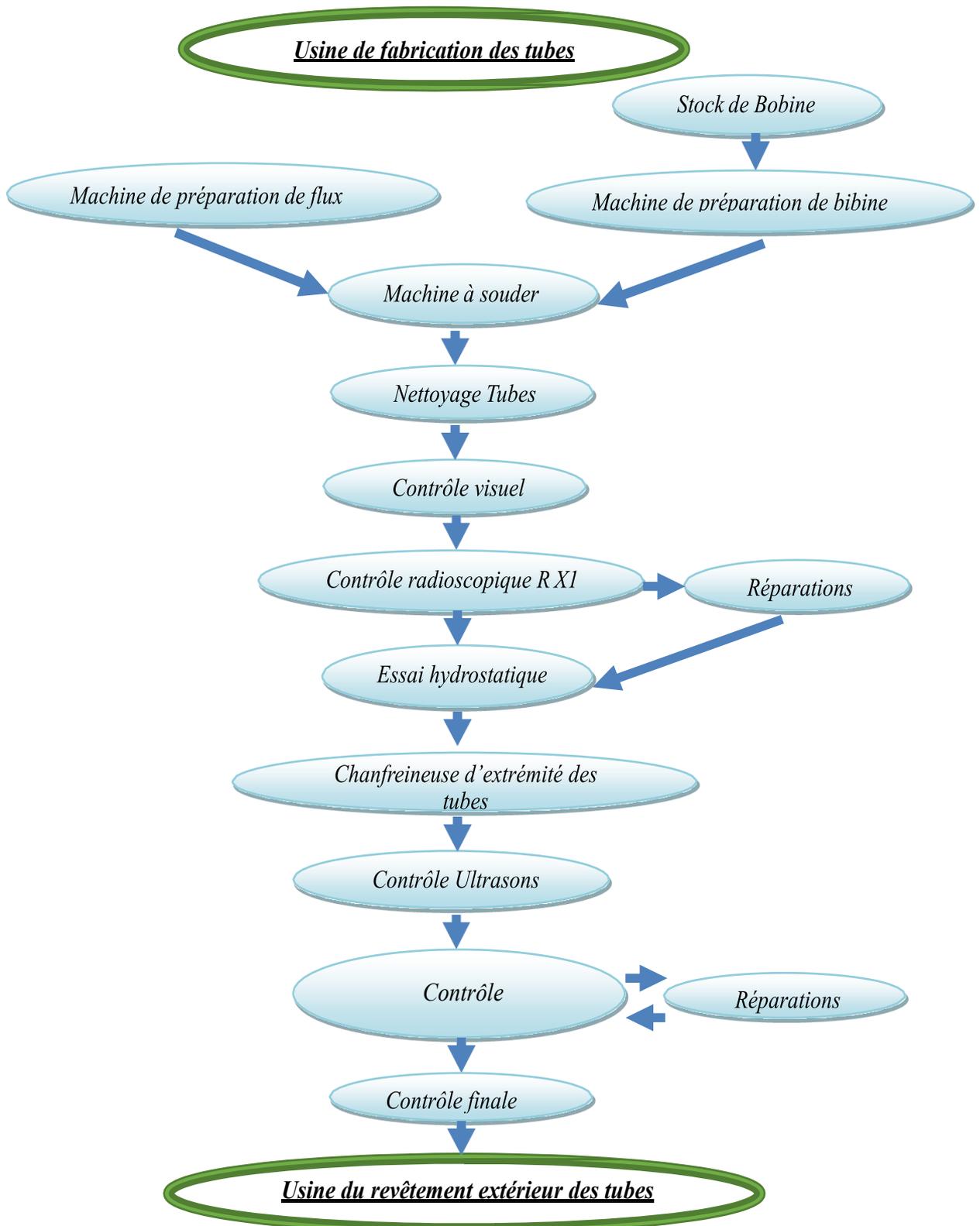
FIG I.8. Revêtement intérieur

I.5.9. Processus de revêtement extérieur : [3]

- Séchage ;
- Grenailages extérieurs ;
- Chauffage par induction ;
- Revêtement de tube en polyéthylène ;
- Tunnel de refroidissement ;
- Cut-back d'extrémité ;
- Bosseuse d'extrémité ;
- Contrôle d'électrique de défaut de revêtement.



FIG I.9. Revêtement extérieur

I.6. Schéma synoptique de la procédure de fabrication des tubes :**FIG I.10.** Schéma Synoptique du procédé de fabrication des tubes

I.7. Schéma générale de d'entreprise ALFA PIPE :

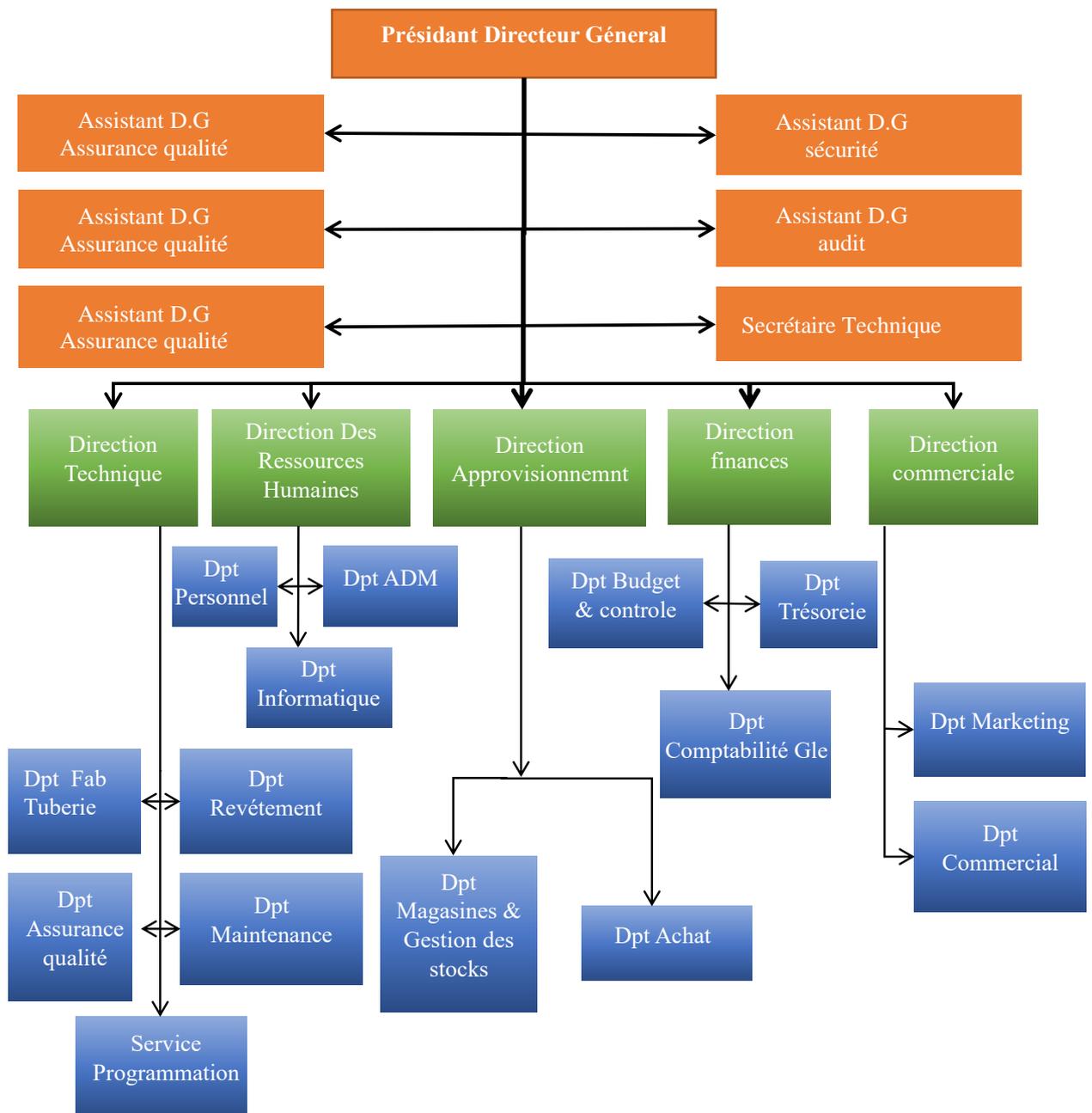


FIG I.11. Schéma générale de d'entreprise ALFA PIPE

I.8. Certifications :

QUALIFICATIONS :

ALFAPIPE Tuberie de Ghardaïa est certifiée API Q1 et ISO 9001 depuis le 02 janvier 2001.
Le tube fabriqué par ALFAPIPE Tuberie de Ghardaïa est certifié API 5L.

energy **API**

IAF

ANAB ACCREDITED

API ISO/TS 29001 Registered

American Petroleum Institute

Q1 API Spec Q1 Registered

N° API-0213

N° TS-0314 N° 5L-0403 N° Q1-0499

API AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

REGISTRATION NO. Q1-0499

Certificate of Registration

The American Petroleum Institute certifies that the quality management system of

ALFAPIPE-TUBERIE DE GHARDAIA
Zone Industrielle de Bououara
Ghardaia
Algeria

has been assessed by the American Petroleum Institute and found to be in compliance with the following:

API Specification Q1

The scope of this registration and the approved quality management system applies to the:

Manufacture and Coating of Line Pipe

API approves the organization's justification for excluding:

Section 7.3, Design and Development

Effective Date: July 14, 2008
Expiration Date: July 14, 2011
Registered Since: June 11, 2007

W. D. Whitaker
Manager of Operations, APQR

Q1
API Spec Q1
Registered

This certificate is valid for the period specified herein. The registered organization must continuously meet all requirements of API Spec Q1, Specification for Quality Programs for the Petroleum, Petrochemical and Related Pipe Industry, and the requirements of the Registration Agreement. Registration is maintained and valid only if renewed through annual surveillance audits. This certificate has been issued from API offices located at 1200 L Street, N.W., Washington, D.C. 20044-4070, U.S.A. It is the property of API, and must be returned when issued. To verify the authenticity of this certificate, go to www.api.org/verifycertificates.

API AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE

REGISTRATION NO. TS-0314

Certificate of Registration

The American Petroleum Institute certifies that the quality management system of

ALFAPIPE-TUBERIE DE GHARDAIA
Zone Industrielle de Bououara
Ghardaia
Algeria

has been assessed by the American Petroleum Institute and found to be in compliance with the following:

ISO/TS 29001

The scope of this registration and the approved quality management system applies to the:

Manufacture and Coating of Line Pipe

API approves the organization's justification for excluding:

Section 7.3, Design and Development

Effective Date: July 14, 2008
Expiration Date: July 14, 2011
Registered Since: June 11, 2007

W. D. Whitaker
Manager of Operations, APQR

ISO/TS
29001
Registered

This certificate is valid for the period specified herein. The registered organization must continuously meet all requirements of ISO/TS 29001, Petroleum, Petrochemical and Related Pipe Industry - Under License Quality Management System, and the requirements of the Registration Agreement. Registration is maintained and valid only if renewed through annual surveillance audits. This certificate has been issued from API offices located at 1200 L Street, N.W., Washington, D.C. 20044-4070, U.S.A. It is the property of API, and must be returned upon request. To verify the authenticity of this certificate, go to www.api.org/verifycertificates.

FIG I.12. Certifications API/ISO de l'entreprise



FIG I.13. Certifications API/ISO de l'entreprise

I.9. Conclusion :

Au cours de ce chapitre, nous avons exploré en profondeur l'entreprise, acquérant ainsi une mine d'informations précieuses sur son système de production complet, comprenant le transport, le stockage, les processus de fabrication, les laboratoires, les équipements et les différents matériaux utilisés.

Cette expérience de stage a solidifié nos aspirations futures dans le domaine de la mécanique, même si nous avons conscience qu'il nous reste encore beaucoup à apprendre.

Chapitre II

Généralité sur la maintenance, FMD et AMDEC

Chapitre II

Généralité sur la maintenance, FMD et AMDEC

II.1. Introduction :

La maintenance industrielle joue un rôle crucial dans les entreprises, visant à garantir le bon fonctionnement des équipements de production. Elle est une fonction stratégique qui évolue en étroite relation avec le développement technologique constant, l'émergence de nouvelles méthodes et organisations, ainsi que la nécessité de réduire les coûts de production. Son objectif ne se limite plus seulement à la réparation des pannes, mais englobe également la prévision et la prévention des dysfonctionnements.

Dans ce chapitre, nous présentons un aperçu général sur la maintenance, FMD (Fiabilité, maintenabilité, disponibilité) et AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leur Effets et de leur Criticité).

II.2. La maintenance :

D'après la norme AFNOR (NF EN 13306) ; La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Une fonction requise est une fonction, ou un ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné. [1]

II.3. Objectifs de la maintenance:

- Éliminer les arrêts et les pertes de production afin de garantir la capacité de livraison.
- Accroître la durée de vie des équipements.
- Améliorer la sécurité et la protection du personnel ainsi que de l'environnement.
- Assurer la qualité et la quantité des produits fabriqués, tout en respectant les délais.
- Optimiser les coûts de maintenance.

II.4. Les Méthodes de la maintenance :

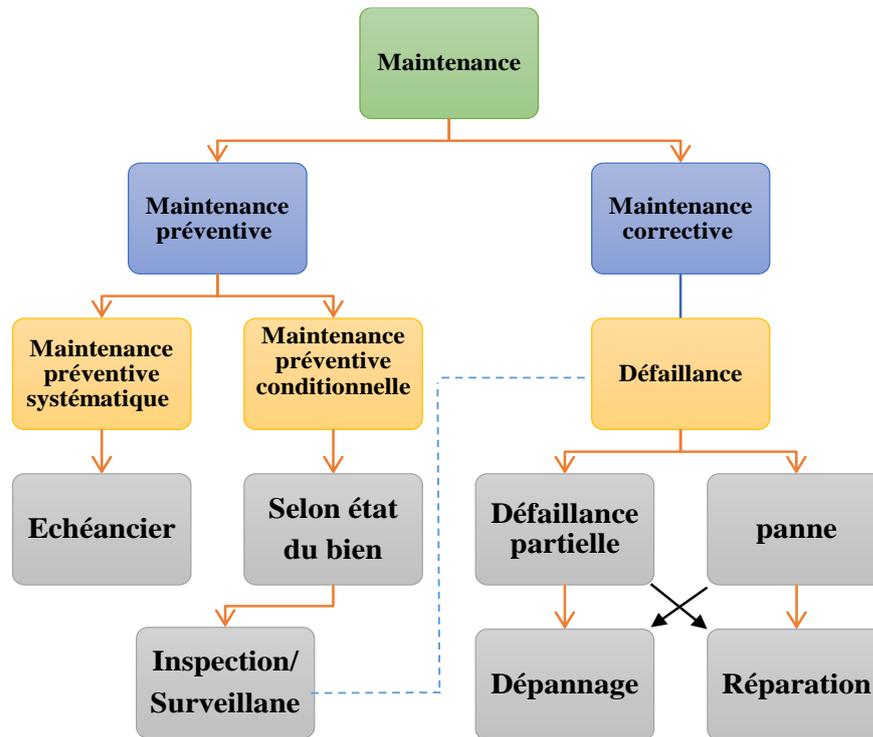


FIG II.1. Type de maintenance

II.4.1. La maintenance préventive :

C'est la maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien. [1]

II.4.1.1. La maintenance préventive systématique :

C'est la maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.

II.4.1.2. La maintenance préventive conditionnelle :

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

II.4.1.3. La maintenance préventive prévisionnelle :

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

II.4.2. La maintenance corrective :

C'est la maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. [1]

II.4.2.1. Maintenance palliative :

Dépannage provisoire de l'équipement permettant de perturber le moins possible l'activité de l'entreprise. Cette solution restant fragile, elle doit être suivie assez rapidement d'une maintenance curative.

II.4.2.2. Maintenance curative :

Réparation du dysfonctionnement et remise le matériel dans son état initial.

II.4.3. Maintenance améliorative :

L'amélioration des biens d'équipement est un « ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise. On apporte donc des modifications à la conception d'origine dans le but d'augmenter la durée de vie des composants, de les standardiser, de réduire la consommation d'énergie, d'améliorer la maintenabilité, etc...., C'est une aide importante si l'on décide ensuite de construire un équipement effectuant le même travail mais à la technologie moderne : on n'y retrouvera plus les mêmes problèmes. [2]

II.5. Opérations de la maintenance préventive :

- **Inspection** : contrôle de conformité, réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un équipement ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- **Contrôle** : vérification de la conformité avec des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement. [3]

- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments d'un équipement et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.
- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.
- **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un équipement. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel. Le terme révision ne doit donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance de niveau. [2]

II.6. Les niveaux de maintenance :

▪ 1^{er} niveau :

Réglages simples assurés par le constructeur grâce à des éléments accessibles sans aucune pièce démonter ou ouvrir l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc.... Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant de la propriété, sur place, sans outils et à l'aide d'un mode d'emploi. Inventaire les pièces d'usure nécessaires sont très faibles.

▪ 2^{ème} niveau :

Concerne les actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés ou extérieurs) d'utilisation et de mise en œuvre simples. Ce sont par exemple les contrôles de performances, certains réglages, les réparations par échange standard de sous-ensembles dont le remplacement est aisé. Ce type de maintenance peut être effectué par un personnel habilité avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance. Sont ainsi concernées par ce niveau les opérations de remplacement de pièces n'entraînant pas de démontage global de l'équipement. C'est donc un travail portant sur des éléments isolés ou des opérations de vérification de résultats tels que le contrôle des performances du matériel livré.

- **3^{ème} niveau :**

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures et toutes opérations courantes de maintenance préventive. Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

- **4^{ème} niveau :**

Concerne les opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés.

Ce sont par exemple les réparations spécialisées, les vérifications d'appareils de mesure.

- **5^{ème} niveau :**

Activités de rénovation ou de reconstruction dont les procédures impliquent un savoir-faire faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels.

II.7. Les temps de maintenance :

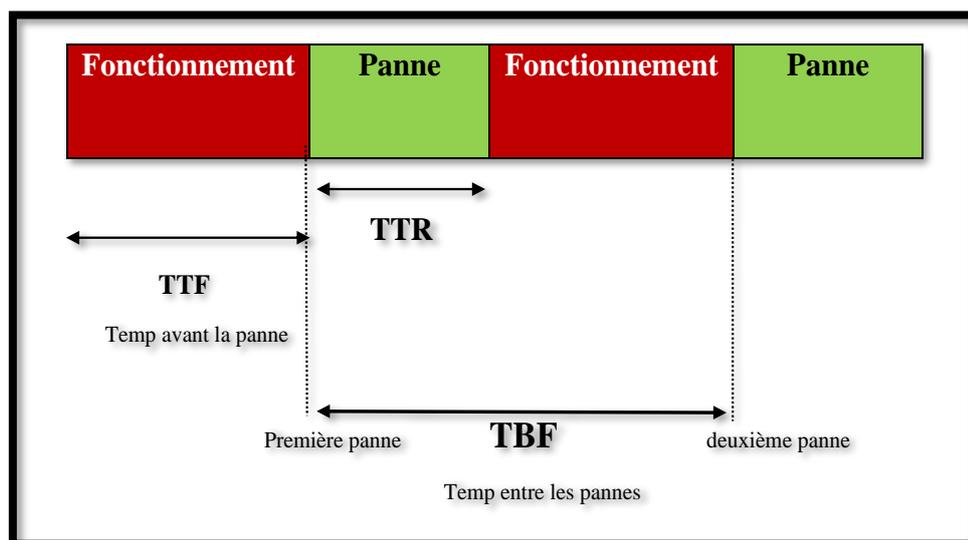


FIG II.1. Les Temps De Maintenance

✓ La MTBF :

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

Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances (norme X60-500)

$$MTBF = \frac{\text{somme des temps de fonctionne ment entre les (n) defaillance}}{\text{nombre d'interventi on de maintenanc e avec immobilisati on}}$$

✓ La MTTR :

Est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR). Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service.

II.8. Fiabilité, maintenabilité et disponibilité (FMD) du système :**II.8.1. Définition de fiabilité :**

Selon [AFNOR X60-500], la fiabilité est l'aptitude d'un système à accomplir une fonction donnée durant une période donnée et dans des conditions spécifiées d'exploitation. Les conditions sont toutes les contraintes externes, qu'elles soient d'origine humaine, climatique, physique. [4]

II.8.2. Différents types de fiabilité :**II.8.2.1. Fiabilité prévisionnelle :**

La fiabilité prédictive est utilisée pour évaluer la fiabilité d'un composant, d'un appareil ou d'un système. Pour ce faire, le comportement de chaque élément constitutif est comparé à des modèles mathématiques et physiques de probabilité et de vieillissement. La construction de ces modèles comportementaux dans une perspective de fiabilité est basée sur des retours d'expérience empiriques et l'exécution de tests. [3]

II.8.2.2. Fiabilité intrinsèque :

Fiabilité de l'appareil mesurée lors de tests spécifiques dans le cadre du protocole de test Entièrement défini (obtenu à partir de tests de laboratoire).

II.8.2.3. Fiabilité opérationnelle :[16]

C'est la fiabilité mesurée sur un matériel en exploitation.

Elle dépend des conditions réelles d'exploitations et du support logique.

II.8.3. Les indicateurs de fiabilité :

N : nombre de panne.

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

MTBF : (Mean Time Between Failure) est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes. [4]

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

MTTR : Permet de voir combien de temps il faut pour réparer un équipement dans une période de temps définie. Si cela prend trop de temps, cela peut mettre en évidence la nécessité de trouver des moyens de simplifier et d'accélérer les opérations de maintenance.

II.8.3.1. Taux de défaillance instantané : [14]

$$\lambda = \frac{\text{Nombre de défaillance}}{\text{Durée d'usage}}$$

La fonction $\lambda(t)$ qui représente la probabilité d'apparition d'une défaillance d'un équipement à l'instant t : c'est le taux de défaillance instantané. Par conséquent, l'appareil considéré est encore en fonctionnement à l'instant t .

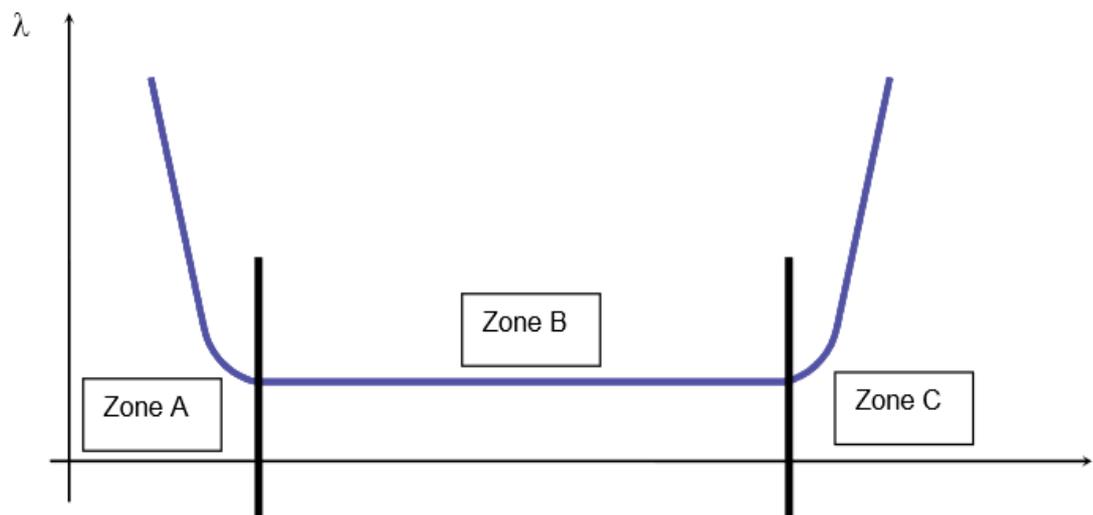


FIG II.2. Taux de défaillance instantané

- **Zone A** : période de jeunesse
- **Zone B** : Période de maturation, fonctionnement normal et surveillance indépendante du temps.
- **Zone C** : période d'obsolescence, pannes d'usure ou de vieillesse.

II.8.3.2. Temps moyen de bon fonctionnement :

La moyenne des temps de bon fonctionnement, représente la moyenne des temps entre deux défaillances. En d'autres termes. [4]

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

Par définition le MTBF est la durée de vie moyenne du système :

$$\lambda \text{ est constant} \quad MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

II.8.4. Les lois de fiabilité :

Il est toujours possible d'attribuer une probabilité à une variable aléatoire et de définir ainsi une loi de probabilité. Lorsque le nombre de tests augmente inexorablement, les modèles de fréquence observés pour les tests augmentent également.

Les probabilités et les distributions observées ont tendance à être des distributions de probabilité ou des distributions de loi de probabilité. Une loi de probabilité est un modèle qui représente le " meilleur " scénario.

Distribution de fréquence d'une variable alphanumérique.

II.8.4.1. Les lois de probabilité utilisées en fiabilité :

- Lois discrètes : loi de binomiale et la loi de poisson
- Lois continues : la loi de Weibull, loi d'exponentiel, loi normale, et loi log normale.

II.8.4.2. Les lois usuelles de la fiabilité :

Loi exponentielle : En raison des multiples applications de cette loi, il ne s'agit que d'un cas particulier de la loi de Weibull, et nous introduirons plusieurs applications après le développement approfondi de cette loi.

- **Fonction de la fiabilité** : $R(t) = e^{-\lambda t}$
- **Fonction de défaillance** : $F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$

- **Densité de probabilité** : $f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t}$

La loi de Weibull : Il s'agit d'une loi de fiabilité à trois paramètres que l'on peut considérer les périodes où le taux de défaillances n'est pas constant (jeunesse et vieillesse). La loi permet :

- Une estimation de la **MTBF**.
- Les calculs de $\lambda(t)$ et de **R(t)** et leurs représentations graphiques.
- Grâce au paramètre de forme β pour guider le diagnostic, car β peut être ? certains modes de défaillance.

Avec les paramètres de signification :

- β : paramètre de forme ($\beta > 0$)
- η : paramètre échelle ($\eta > 0$)
- γ : paramètre de position ($-\infty > \gamma > +\infty$).

Les différentes formules utilisées pour la distribution de Weibull sont :

➤ **La fonction de fiabilité** :

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

R(t) : probabilité de suivi cumulée au-delà temps

➤ **La densité de probabilité** :

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

$f(t)$: probabilité d'avarie au temps t.

➤ **La fonction répartition** :

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

F(t) : probabilité d'avarie cumulée au-delà du temps

II.8.5. Estimation des paramètres de la loi de Weibull :

Un des problèmes essentiels est l'estimation des paramètres : (β, η, γ) Préparation des données : [5]

- 1) Calcul des Temps de bon fonctionnement.
- 2) Classement des temps de bon fonctionnement en ordre croissant.

- 3) N = nombre de Temps de bon fonctionnement.
- 4) Recherche des données F(i), F(i) représente la probabilité de panne au temps correspondant au Temps de bon fonctionnement.

On a 3 cas différents :

1. Si $N > 50$, regroupement des Temps de bon fonctionnement par classes avec la fréquence cumulée (Méthode des rangs bruts) :

$$F(i) = \frac{ni}{N} \approx F(t)$$

2. Si $20 < N < 50$ on affecte rang « Ni » à chaque défaillance (approximation des rangs moyens) :

$$F(i) = \frac{ni}{N + 1} \approx F(t)$$

3. Si $N < 20$ on affecte un rang « Ni » à chaque défaillance (approximation des rangs médians) :

$$F(i) = \frac{ni - 0.3}{n + 0.4}$$

II.8.6. Diagramme de fiabilité :

Les diagrammes de fiabilité sont des modèles graphiques utilisés pour représenter des états en sécurité opérationnelle Le système est basé sur l'état opérationnel de ses composants.

Il partage la même base booléenne et les mêmes probabilités que les arbres de défaillances. Cet article décrit sa mise en œuvre travail, difficulté et solutions qualitatives (coupes minimales) et quantitatives l'utilisant (disponibilité, fréquence des pannes ou fiabilité). Il décrit l'art antérieur basé sur l'utilisation de graphes orientés décisions, fournir des exemples illustratifs et discuter des extensions qui ont des aspects incohérents ou incohérents Dynamique. [6]

II.8.7. Fiabilité de système constitué de plusieurs composants :

1. En série :

La fiabilité (Rs) d'un ensemble de n composants connectés en série est déterminée par le produit des fiabilités respectives (RA, RB, RC, Rn) de chaque composant.

$$R_s = R_A * R_B * R_C * \dots * R_n$$

Si les “n” composants sont identiques avec une même fiabilité **R** la formule sera

La suivante : $R(s) = R^n$

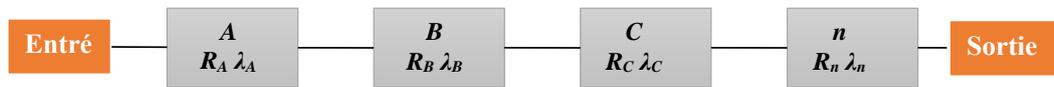


FIG II. 3. Système en série

Si les taux de défaillances sont constants au cours du temps la fiabilité sera calculée suivant la formule :

$$R(s) = (e^{-\lambda_A t}) * (e^{-\lambda_B t}) * (e^{-\lambda_C t}) * \dots * (e^{-\lambda_n t})$$

Avec :

$$MTBF = \frac{1}{\lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \dots + \lambda_n}$$

2. En parallèle :

En plaçant les composants en parallèle, la fiabilité d'un système peut être accrue. Dans un dispositif composé de n composants en parallèle, le système ne peut tomber en panne que si tous les n composants tombent en panne simultanément. [3]

Si **Fi** est la probabilité de panne d'un composant, la fiabilité associée **Ri** est son complémentaire : $Ri = 1 - Fi$

Fi : représentant la fiabilité associée.

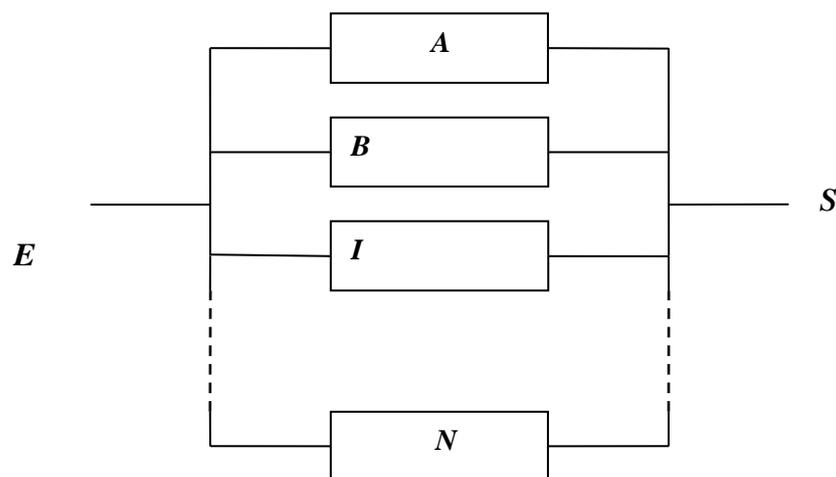


FIG II.5. Système en parallèle

Considérons les "n" composants représentés dans la figure ci-dessous, montés en parallèle. Si la probabilité de panne de chaque composant identifié (i) est notée F_i , alors : [7]

$$R(s) = 1 - (1 - R)^n$$

Le cas particulier de deux dispositifs en parallèle si λ est constant RS est obtenu par :

$$R(s) = 1 - (1 - R_a)(1 - R_b) = R_a + R_b - R_a R_b$$

$$R(s) = e^{-\lambda_a t} + e^{-\lambda_b t} - e^{-(\lambda_a + \lambda_b)t}$$

II.9. Maintenabilité : [15]

II.9.1. Définition de la maintenabilité :

La maintenabilité est « l'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, avec des procédures et des moyens précis ».

La maintenabilité est une mesure de la facilité de remise en état ou de maintien d'un bien dans un état de fonctionnement optimal. [8]

II.9.2. Temps Techniques de Réparation TTR :

Le **TTR** d'une intervention se compose en général de la somme des temps suivants :

- Temps de vérification de la réalité de la défaillance (quelquefois, il y a de fausses alarmes)
- Temps de diagnostic.
- Temps d'accès à l'organe défaillant (déposes ou bien démontages).
- Temps de remplacement ou de réparation.
- Temps de réassemblage.
- Temps de contrôle et d'essais.

Les temps « morts » suivants sont à éliminer du **TTR** :

- Temps d'attente pour indisponibilité des techniciens, des outils ou des pièces de rechange
- Arrêts de travail

Si les temps « morts » sont supérieurs ou égaux au **TTR**, une remise en cause de l'organisation et de la gestion de la maintenance est indispensable.

II.9.3. Expressions mathématiques :

Il existe une analogie entre l'étude probabiliste de la fiabilité et de la maintenabilité. Dans le contexte de la maintenabilité, la durée de l'intervention ou le temps technique de réparation (TTR) est considéré comme une variable aléatoire. Sa densité de probabilité est notée $g(t)$.

La maintenabilité $M(t)$ peut être exprimée en fonction de cette densité de probabilité $g(t)$ par la relation suivante :

$$M(t) = \int_0^t g(t) dt$$

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

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

$$\mu(t) = \frac{g(t)}{(1 - M(t))}$$

Le **MTTR** est donné par :

$$MTTR = \int_0^{+\infty} t g(t) dt$$

Dans le cas où le taux de réparation $\mu(t)$ est constant :

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

II.9.4. Les indicateurs de maintenabilité :

MTTR : La MTTR « Mean Time To Repair » est l'indicateur principal de la maintenabilité. Elle peut être calculée en prenant la moyenne statistique d'un échantillon de temps de réparation (TTR) ou en utilisant l'espérance mathématique du TTR obtenue à partir d'un modèle probabiliste. n

M(t) : La fonction de maintenabilité stricte représente la probabilité qu'un système soit réparé et rétabli en état de fonctionnement à un instant T spécifique. Cette probabilité est calculée à partir d'un modèle probabiliste défini.

N : Nombre de pannes.

II.10. Disponibilité :

II.10.1. Définition de disponibilité :

La norme AFNOR X 60-500 définit la disponibilité comme « l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée ». [8]

II.10.2. Différentes formes de disponibilité :

Pour qu'un appareil ait une bonne ergonomie, il doit :

- Le moins de temps d'arrêt possible.
- Être rapidement remis en bon état s'il tombe en panne.

La disponibilité relie les concepts de fiabilité et de maintenabilité.

La disponibilité se présente sous trois formes :

➤ Disponibilité moyenne :

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

$$D(t) = \frac{\text{temps de disponibilité}}{\text{temps de disponibilité} + \text{temps d'indisponibilité}}$$

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \left(1 - \frac{\lambda}{\mu} e^{-(\lambda + \mu)t}\right)$$

➤ Disponibilité intrinsèque :

Il présente le point de vue du concepteur, qui a conçu et fabriqué le produit en lui attribuant un ensemble de caractéristiques intrinsèques. Ces caractéristiques prennent en compte les conditions d'installation, d'utilisation, de maintenance et d'environnement, en supposant un scénario idéal.

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

MTBF : moyen de temps de bon fonctionnement.

MTTR : temps moyen de réparation.

➤ Disponibilité opérationnelle :

Il est essentiel de prendre en compte les conditions réelles d'exploitation et de maintenance pour évaluer la disponibilité du point de vue de l'utilisateur.

Ce calcul exécute les mêmes paramètres TBF, TTR et TTT que les calculs TBF, TTR et TTE, sauf que ces trois paramètres sont basés sur des conditions de fonctionnement réelles (historique d'utilisation). Il est nécessaire de s'assurer qu'un équipement est à la fois fiable et entretenu pour pouvoir être utilisé.

II.11. AMDEC :**II.11.1. Introduction :**

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthodologie utilisée pour effectuer une analyse systématique des éventuelles défaillances d'un produit, d'un processus ou d'une installation.

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.[9]

II.11.2. Définition de l'AMDEC :

L'AMDEC, également connue sous le nom d'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité, est une méthode d'analyse de risques largement applicable, notamment dans l'industrie et divers autres domaines.

II.11.3. Objectifs de l'AMDEC :

L'AMDEC est une technique qui permet de réaliser un examen approfondi et critique de la conception en vue de :

- ✓ Identifier les modes de défaillance potentiels
- ✓ Évaluer les conséquences de chaque mode de défaillance
- ✓ Évaluer la criticité de chaque mode de défaillance
- ✓ Proposer des mesures préventives
- ✓ Suivre et contrôler l'efficacité des mesures préventives

II.11.4. Les avantages de l'AMDEC :

- Identification des risques
- Amélioration de la qualité
- Réduction des coûts
- Amélioration de la sécurité
- Communication efficace

II.11.5. TYPES D 'AMDEC :**– AMDEC produit :**

Est une méthode appliquée à un produit pour analyser les modes potentiels de défaillance, évaluer les conséquences de ces défaillances et déterminer leur criticité.

– L'AMDEC Processus :

Cette méthode est utilisée pour analyser les modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité dans un processus de production. Cette méthode permet d'identifier les risques potentiels associés à chaque étape du processus et de proposer des mesures préventives pour réduire ces risques.

– L'AMDEC Moyen ou Machine :

Est une méthodologie appliquée à un équipement, une machine ou un moyen de production pour analyser les modes de défaillance potentiels. Elle évalue l'impact de ces défaillances sur la qualité du produit, la productivité et les coûts de maintenance, et propose des mesures préventives afin de réduire les risques et d'optimiser les performances de l'équipement.

– AMDEC sécurité :

Dans le but d'améliorer la sécurité et la fiabilité, il est essentiel d'effectuer une analyse des défaillances et des risques prévisionnels sur l'équipement en question.[10]

II.11.6. Démarche pratique de l'AMDEC : [3]**✓ Initialisation de l'étude qui consiste :**

- La définition de la phase de fonctionnement
- Constitution de groupe de travail

✓ Description fonctionnelle de la machine qui consiste :

- Découpage de la machine
- Inventaire des fonctions de service et techniques.
- ✓ **Analyse AMDEC qui consiste :**
 - Analyse des mécanismes de défaillances.
 - Évaluation de la criticité à travers.
- ✓ **Synthèse de l'étude/décisions qui consiste :**
 - Bilan des travaux.
 - Décision des actions à engager.

II.11.7. Les indices de criticité : [7]

Détection	
Note	Critère
1	Visite par opérateur
2	Détection par un agent de maintenance
3	Détection difficile
4	Indétectable

TAB II.1. Détection

Fréquence	
Note	Critère
1	1 défaillance maxi par an
2	1 défaillance maxi par trimestre
3	1 défaillance maxi par mois
4	1 défaillance maxi par semaine

TAB II.2. Fréquence

Gravité	
Note	Critère
1	Mineure (pas d'arrêt de production)
2	Moyenne (arrêt \leq 1h)

3	Majeure ($1h < \text{arrêt} \leq 8h$)
4	Très critique ($\text{arrêt} > 8h$)

TAB II.3. Gravité**II.12. Conclusion :**

Durant ce chapitre, nous avons présenté une vue d'ensemble exhaustive des notions de maintenance, de fiabilité, de disponibilité et d'AMDEC.

Chapitre III

Généralité sur la Machine de Préparation des Bobines

Chapitre III

Généralité sur la Machine de Préparation des Bobines

III.1. Description De La Machine :

C'est une machine mécanique actionnée par système hydraulique par groupe hydraulique.[11]

La machine et le distributeur sont exploités par une armoire électrique. Le poste de préparation de bobines sert à déplier et à dresser le début de la bande et à en sectionner les langues à angle droit.

Le chariot à bobines, disposé coté entrée, est muni de deux rouleaux rugueux, à surface trempée, à paliers lisses.

Chaque rouleau est commandé par un moteur hydraulique, par roues dentée à roulements à rouleaux. Les quatre galets de roulement sont logés sur paliers lisses. Le déplacement est assuré par un vérin hydraulique monté en sous-sol. La fosse du vérin de déplacement est recouverte de tôles.

III.1.1. Le Dispositif D'ouverture : [11]

- 1) Rouleau de dressage rugueux, trempé en surface, commandé par moteur hydraulique par roues dentées. Le rouleau est à suspension pivotante ; il est déplacé à la verticale par deux vérins hydrauliques.
- 2) Rouleau de dépliage mobile, sur palier à rouleaux, avec burin de dépliage monté, trempé. Il est également pivotant et se déplace au moyen de vérins hydraulique.
- 3) Second rouleau de dressage mobile, sur paliers à rouleaux, déplacé à la verticale par le bas au moyen d'engrenage à vis sans fin et motoréducteur.
- 4) Serrage de la bande, muni d'une poutre inférieure de serrage sur glissière de

guidage, se déplaçant à la verticale par vérin hydraulique. La poutre de serrage supérieure est fixe (soudée) et constitue, avec la poutre inférieure, l'entonnoir d'entrée.

- 5) Guidage du bruleur, disposé horizontalement de façon pivotante de quelques degrés. Sur ce guidage se trouvent les rails de guidage proprement dits ainsi qu'un dispositif hydraulique de cintrage, lequel permet d'obtenir un réglage à angle droit par rapport à la rive de bande et de ce fait, une section à angle droit. Sur le côté sortie se trouve une table recouverte de bois dur, destinée à recevoir les langues sectionnées.

III.2. Caractéristiques De La Machine : [11]

- Largeur de passage..... 1900 mm
- Ø Chariot à bobines et galets de pression 360 mm
- Ø Galets de cintrage..... 300 mm
- Vitesse de la bande..... 5 m/min
- Pression hydraulique..... 160 atu

Commande des galets du chariot à bobines et rouleau de dressage par :

- 3 moteurs hydrauliques Md= 1780 kpm
- Commande du groupe hydraulique 30 CV

Le poste de préparation de bobines permet de traiter des bobines présentant les dimensions suivantes :

- Poids max. de la bobine 30 to
- Largeur max. de la bande (brute) 1800 mm
- Diamètre max. de la bobine 2000 mm
- Diamètre min. de la bobine 1200 mm
- Epaisseur max. de la bande 16 mm
- Qualité max. de l'acier X 70.

III.3. Composants de la machine : [11]

1. Chariot de rotation bobine ;
2. Dispositif de coin de manœuvre ;
3. Dispositif du rouleau supérieur ;
4. Dispositif de dressage ;
5. Dispositif de serrage ;
6. Dispositif d'équerrage ;
7. Dispositif d'oxycoupage.



FIG III.1. Une photo prise de machine de réparation des bobines.

III.3.1. Chariot de rotation bobine :

Est transporté la bobine dans la machine et travailler " avant et arrière" avec rotation pour rouleau supérieur.



FIG III.2. Une photo prise de Chariot de rotation bobine.

III.3.2. Dispositif de coin de manœuvre :

Ce coin glisser-déposer de la bobine à couper.



FIG III.3. Une photo prise de dispositif de coin de manœuvre.

III.3.3. Dispositif du rouleau supérieur :

Dans Cette Rouleau Il y a rotation et installation de Bobine.



FIG III.4. Une photo prise de dispositif du rouleau supérieur.

III.3.4. Dispositif de dressage :

C'est Dresser et glisser et déposez la bobine.



FIG III.5. Une photo prise de dispositif de dressage.

III.3.5. Dispositif de serrage :

Ici, serrage se fait d'en haut et en bas dans bobine.



FIG III.6. Une photo prise de dispositif de serrage.

III.3.6. Dispositif d'équerrage :

Ici, d'équerrage et Régler pour ne pas sortir bobines pour Hors de portée.



FIG III.7. Une photo prise de dispositif d'équerrage.

III.3.7. Dispositif d'oxycoupage :

L'oxycoupage est un procédé continu de découpe de bobine, réalisé en utilisant un jet d'oxygène pur pour provoquer une oxydation localisée. Pour ce faire, il est essentiel d'élever la température du point de départ de la coupe, appelée température d'amorçage (ou d'ignition), à environ 1 300 °C. [11]

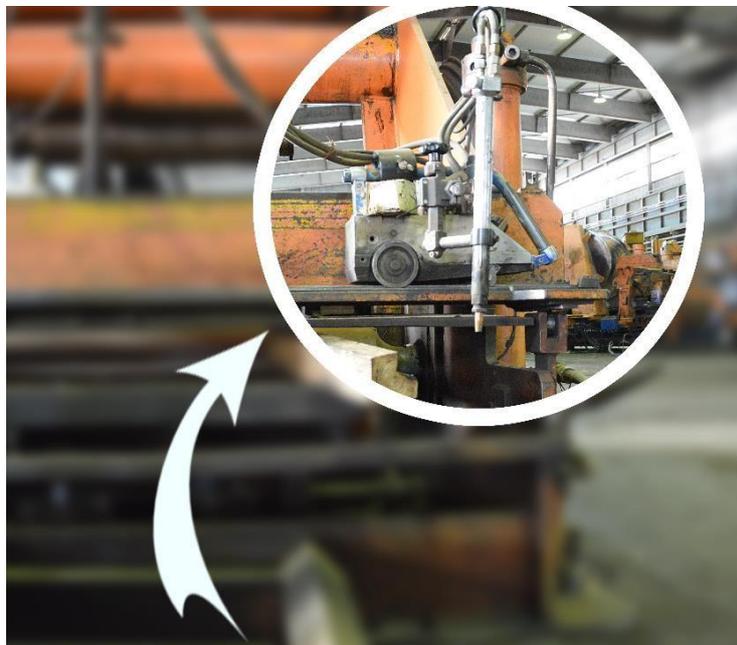


FIG III.8. Une photo prise de dispositif d'oxycoupage.

III.4. Déclencheurs De La Machine :

III.4.1. Armoire électrique :



FIG III.9. Une photo prise de l'armoire électrique.

III.4.2. Groupe Hydraulique :



FIG III.10. Une photo prise de Groupe Hydraulique.

III.4.3. Panneau De Commandes :



FIG III.11. Une photo prise du Panneau De Commandes.

III.5. Fonctionnement De La Machine :[17]

La machine est approvisionnée en bobines horizontales à l'aide d'un pont roulant. Une fois positionnée, la bobine est déroulée sur une certaine longueur afin de subir plusieurs opérations successives :

La première partie de la bobine est coupée d'équerre suivant l'axe de la bonde et elle est soumise à :

- Un contrôle dimensionnel (épaisseur, criques...etc.)
- Un contrôle visuel (empreintes, criques...etc.)
- Un contrôle ultrasonique pour détecter les éventuels défauts interne (des doublures).
- Si le début de la bande ne présente aucun défaut, la bobine est considérée comme apte à être utilisée. Cependant, si le début de la bobine présente des défauts, celle-ci sera rejetée.

III.5.1. La Bobine :

La matière première pour la fabrication de tube est la bobine en tôle d'acier. C'est une tôle en acier, longue de plusieurs mètres large de 1 m et plus, d'épaisseur allant 12 mm. La tôle est bobinée sur un diamètre final aux environs de 2 m.



FIG III.12. Une photo prise l'entrepôt des bobines.

Des bobines de 20T en moyenne ; 7 à 20mm d'épaisseur et de 1600 à 1800mm de largeur et de matière principale qui est l'acier sont importées de FRANCE ou Turquie ou d'Espagne.

Ensuite, les bobines sont transportées par voie ferrée depuis Annaba jusqu'à Touggourt, où elles sont stockées dans un dépôt d'une capacité de 40 000 tonnes, en vue de leur transport ultérieur par camion SNTR sur une distance de 350 km jusqu'à GHARDAIA.

Lors de la préparation de la bobine, on effectue les opérations suivantes :

- Déroulage de la bobine.
- Dressage de la bobine et cisailage de la languette à angle droit.
- Galetage des rives.

En utilisant une cisaille on coupe une vingtaine de centimètres au début de chaque bobine afin de la rendre droite pour une meilleure concordance avec les autres bandes lors de la production.



FIG III.13. Une photo prise depuis le début coupé du la bobine.

Après cisaillement la bobine, il est passé par le levier automatique à une autre machine.



FIG III.14. Les deux photo prise après coupé la bobine.

III.6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons examiné la machine de préparation de bobine en générale, en mentionnant ses composants et son fonctionnement.

Chapitre IV

Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine

Chapitre IV

Etude de maintenance FMD et AMDEC de la machine

IV.1. Introduction :

Effectuer une maintenance de localisation dans un système de production est une tâche difficile, car il est toujours difficile à simplifier les choses dans un environnement complexe. L'objectif du chapitre précédent était d'utiliser l'historique des défaillances d'une Machine préparation bobine (M3) pour étudier expérimentalement les indicateurs FMD de ce Machine le long de trois courbes indicatrices.

Dans ce chapitre nous allons présenter les résultats d'étude de maintenance de Pareto, et puis la fiabilité et maintenabilité et disponibilité (FMD) et AMDEC

IV.2. Exploitation de l'historique :

L'historique de panne (Machine préparation bobine) ;

Le traitement des données brutes de l'historique (tableau IV.1), passe par :

- Le calcul des heures d'arrêt suite à des pannes (TTR) qui résultent des différences entre les dates d'arrêt et de démarrage.
- Le calcul des heures de bon fonctionnement (TBF), qui résultent des différences entre deux pannes successives.

N°	Date de démarrage	Date d'arrêt	TBF (h)	TTR (h)	Mode	Action
1	01/01/2020	15/03/2020	1800	2.5	Fuite d'huile groupe hydraulique	Appoint d'huile
2	16/03/2020	03/05/2020	1152	1	Haute température du groupe hydraulique	Changement de filtre d'huile
3	05/05/2020	16/08/2020	2472	5	Bruit au niveau de pignon de chariot de rotation	Démontage et équilibrage De pignon
4	17/08/2020	29/11/2020	2496	3	Vibration sur le palier de bras de rouleau de rotation	Démontage et équilibrage de palier

5	30/11/2020	28/03/2021	2832	2.5	Haute température de pompe hydraulique	Changement d'huile
6	28/03/2021	12/06/2021	1824	2.5	Mauvaise fonction de capteur pression de moteur POKLIN	Démontage et changement capteur de pression
7	13/06/2021	06/09/2021	2040	1.5	Bruit anormal au niveau de pignon de chariot de rotation	Changement des roulements
8	07/09/2021	03/01/2022	2833	2.5	Cisaillement bride de refoulement pompe hydrau	Soudage bride de refoulement
9	03/01/2022	30/05/2022	3528	2.5	Fuite au niveau de flexible A6φ	Changement de flexible
10	31/05/2022	15/07/2022	1080	5	Vibration importante de flasque	Serrage et fixation
11	16/07/2022	20/10/2022	2304	2.5	Haute température de pompe hydraulique	Changement du filtre d'huile
12	20/10/2022	07/11/2022	408	3.5	Fuite d'huile au niveau de tige de vérin	Changement la bague de tancheté
13	08/11/2022	20/12/2022	1008	3	Déclanchement de disjoncteur de chariot rotation	Rearmement de disjoncteur
14	20/12/2022	15/01/2023	624	3	Fuite d'huile groupe hydraulique	Appoint d'huile

Tableau IV.1. Dossier historique de Machine préparation bobine

IV.3. L'application Pratique des méthodes d'analyse :

IV.3.1 Méthode d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »

Pour appliquer la méthode ABC, la première étape consiste à classer les pannes par ordre décroissant en fonction du temps d'arrêt causé par chaque panne. Ensuite, il est nécessaire de construire un diagramme de Pareto.

N°	Organe	TTR(h)	Cumul TTR	% TTR	Nombre de panne	Cumul des pannes	% de pannes Cumulées
1	Groupe hydraulique	8	8	18.6	3	3	21.43
2	Chariot de rotation	7.5	15.5	36.04	3	6	42.85
3	Pompe hydraulique	6.5	22	51.16	2	8	57.14
4	Vérin	6.5	28.5	66.27	2	10	71.43

5	Flasque	5.5	34	79.07	1	11	78.57
6	Disjoncteur	5	39	90.7	1	12	85.71
7	Flexible	1	40	93.02	1	13	92.85
8	Palier	3	43	100	1	14	100

Tableau IV.2 : L'analyse ABC (Pareto)

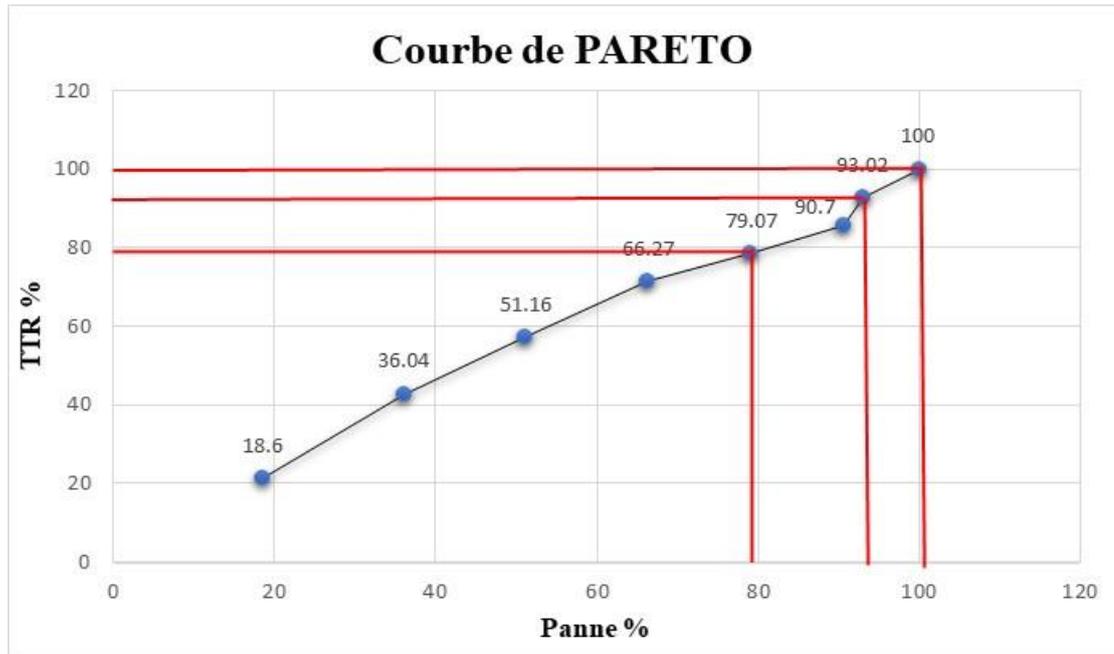


FIG IV.1. La Courbe d'ABC

IV.3.2. Interprétation des résultats :

- **ZONE A :** Dans la majorité des cas, on constate qu'environ 78.57% des pannes représentent 79.07% des heures d'arrêts, ceci constitue la zone A, zone des priorités (**Groupe hydraulique, Chariot de rotation, Pompe hydraulique, Vérin**).

Pour cette zone Il convient du faire un maintenance préventive systématique chaque semaine pour faire vérifier les vibrations ; vérification générale et fournir les pièces de rechange dans le magasin.

- **ZONE B :** Dans cette tranche, les 14.28 % des pannes représentent 13.95 % supplémentaire (**flasque, disjoncteur et flexible**).

Pour cette zone on a besoin d'un maintenance corrective palliative et fournir des pièces de rechange.

- **ZONE C** : Dans cette zone les 7.69 % des pannes restantes ne représentent que 6.98% des heures d'arrêts (**Palier**).

Pour cette zone une maintenance conditionnelle nécessite pour vérification l'état du palier.

IV.4. Calcul les paramètres de Weibull :

Le tableau ci-dessous présente les temps de bon fonctionnement (TBF) classés par ordre croissant, ainsi que les valeurs calculées $F(i) = \frac{\sum ni - 0.3}{N + 0.4}$ par la méthode des rangs médians (dans notre cas, $N = 14 \leq 20$). Ensuite, une courbe de Weibull est tracée.

N°	TBF(h)	N	$\sum ni$	F(i)	F(i) %
1	408	1	1	0,0486	4,86
2	624	1	2	0,1180	11,80
3	1008	1	3	0,1875	18,75
4	1080	1	4	0,2569	25,69
5	1152	1	5	0,3263	32,63
6	1800	1	6	0,3958	39,58
7	1824	1	7	0,4652	46,52
8	2040	1	8	0,5347	53,47
9	2304	1	9	0,6041	60,41
10	2472	1	10	0,6736	67,36
11	2496	1	11	0,7430	74,30
12	2832	1	12	0,8125	81,25
13	2833	1	13	0,8819	88,19
14	3528	1	14	0,9513	95,13

Tableau IV.3. Fonction de préparation réel

La méthode des moindres carrés est utilisée, entre autres, pour estimer les paramètres β , η et γ de la distribution de Weibull à partir des temps de bon fonctionnement (TBF).

IV.5. La méthode des moindres carrés :

Cette méthode implique de rechercher la droite qui minimise la somme des carrés des distances horizontales entre les différents points et la droite. Elle permet d'obtenir les paramètres de "Weibull" (β et η). Les valeurs de ces paramètres sont

estimées à l'aide de la méthode des moindres carrés, en utilisant les expressions suivantes :

$$\eta = e^{(\bar{x}-\bar{y})/\beta}$$

$$\beta = \frac{\sum xi yi - \bar{y} \sum xi}{\sum (xi)^2 - \frac{(\sum xi)^2}{n}}$$

$$\bar{x} = \sum_{i=0}^n \frac{Xi}{n}$$

Avec : $\gamma = 0$

$$Xi = Ln(TBF)$$

$$\bar{y} = \sum_{i=0}^n \frac{Yi}{n}$$

$$Yi = Ln[Ln(1 / (1 - f(i)))]$$

TBF	Fi	Xi	Yi	Xi*Yi	Xi^2	Yi^2		Xi	Yi	Xi*Yi	Xi^2	Yi^2
408	0.0486	6.0112672	-2.999324819	-18.029743	36.135333	8.9959494		103.46609	-7.4756873	-46.04475	769.77471	21.018762
624	0.118	6.4361504	-2.074945879	-13.354664	41.424032	4.3054004						
1008	0.1875	6.9157234	-1.571952527	-10.871189	47.827231	2.4710347						
1080	0.2596	6.9847163	-1.202092246	-8.3962733	48.786262	1.4450258	β		η			MTBF
1152	0.3263	7.0492548	-0.928944527	-6.5483667	49.691994	0.8629379	1.7992894		2120.5456			1885.7857
1800	0.3958	7.4955419	-0.685476654	-5.138019	56.183149	0.4698782						
1824	0.4652	7.5087872	-0.468624686	-3.518803	56.381885	0.2196091						
2040	0.5347	7.6207051	-0.267784129	-2.0407039	58.075146	0.0717083						
2304	0.6041	7.742402	-0.076240186	-0.5902822	59.944789	0.0058126					\bar{x}	\bar{y}
2472	0.6736	7.8127828	0.112999753	0.8828425	61.039575	0.0127689					7.3904352	-0.5339777
2496	0.743	7.8224447	0.306513047	2.3976814	61.190642	0.0939502						
2832	0.8125	7.9487385	0.515201894	4.0952051	63.182443	0.265433						
2833	0.8819	7.9490915	0.759039577	6.033675	63.188056	0.5761411						
3528	0.9513	8.1684864	1.105944095	9.0338893	66.72417	1.2231123						

FIG IV.2. Page de calcul en Excel

Donc :

$$\sum_{i=1}^{14} Xi = 103.46609$$

$$\sum_{i=1}^{14} Yi = -7.476$$

$$\sum_{i=1}^{14} (Xi)^2 = 769.3775$$

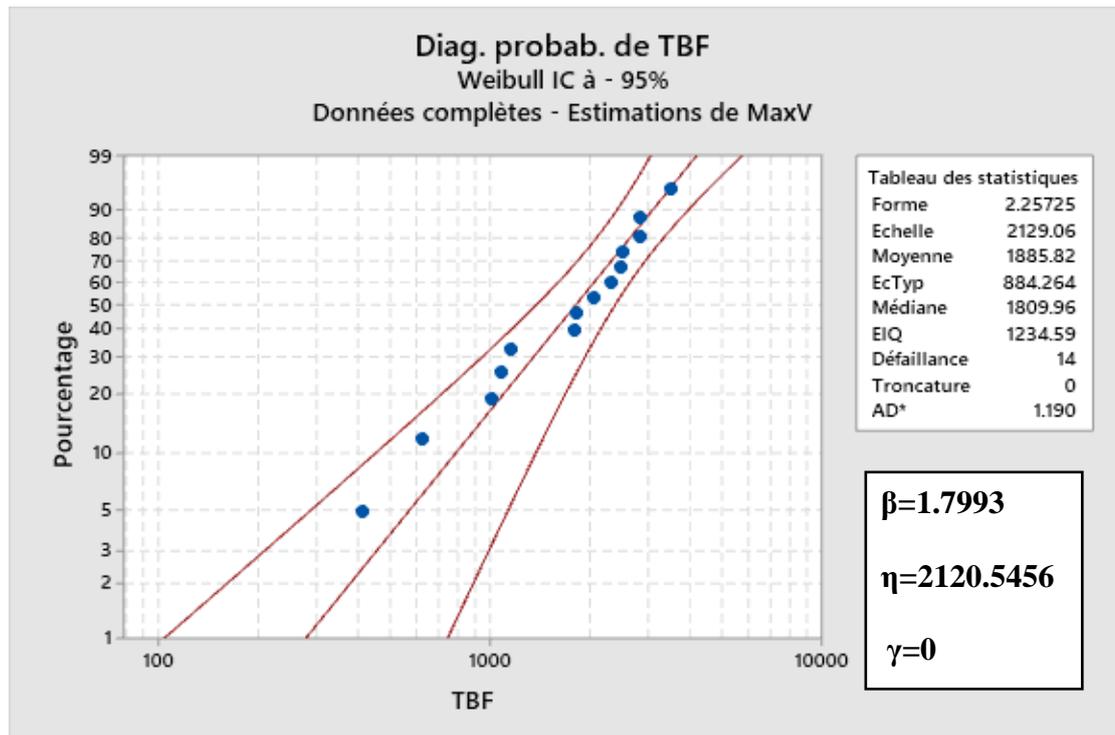
$$\sum_{i=1}^{14} XiYi = -46.0447$$

Donc :

$$\eta = 2120.5456$$

$$\beta = 1.7992894$$

$$\gamma = 0$$



FIV IV.3. Papier de Weibull en logiciel minitab19

IV.6. Exploitation les paramètres de WEIBULL :

IV.6.1. Le MTBF :

Le tableau de MTBF donne $A=0,88929$, $B=0,511$ (voir annexe 1) ;

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

$$MTBF = 0.88929 * 2120.5456$$

$$MTBF = 1885.78 \text{ h}$$

La densité de probabilité en fonction de MTBF :

$$f(t = MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \exp \left[- \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] = 0.00034 = 0.034\%$$

IV.6.2. La fonction de réparation en fonction de MTBF :

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

$$F(t = MTBF) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{1885.78}{2120.5456} \right)^{1.799} \right] = 0.54 = 54\%$$

IV.6.3. La fiabilité en fonction de MTBF :

$$R(t = MTBF) = 1 - F(t = MTBF) = 1 - 0.54 = 0.46$$

$$R(MTBF) = 46\%$$

IV.6.4. Le taux de défaillance en fonction de MTBF :

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

$$\lambda(t = MTBF) = \frac{1.79}{2120.5456} \left(\frac{1885.78}{2120.5456}\right)^{1.799-1} = 0.000732075 \text{ panne/heure}$$

IV.6.5. Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique :

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

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

$$\ln R(t) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta = \ln(0.8) \leftrightarrow -[\ln R(t)]^{1/\beta} = t/\eta \rightarrow t = \eta[\ln(1/R(t))]^{1/\beta}$$

$$T = 2120.5456 \ln[(1/0.46)]^{1/1.799}$$

$$T_{sys} = 1842.42 \text{ heures.}$$

Pour garder la fiabilité de la machine à 80% il faut intervenir chaque
Temps systématique 1842.42h.

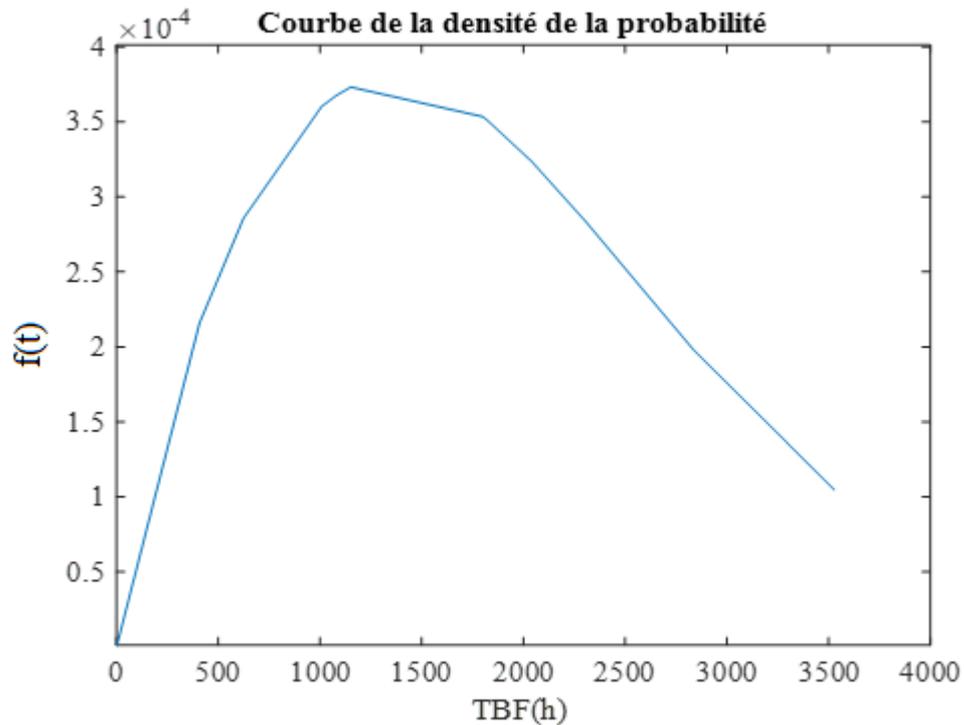
IV.7. Étude de modèle de Weibull :**IV.7.1. La fonction de la densité de probabilité:**

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

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

TBF(h)	f(t)
408	0.00021585
624	0.00028573
1008	0.00036022
1080	0.00036767
1152	0.00037323
1800	0.00035349
1824	0.0003509
2040	0.0003237
2304	0.00028394
2472	0.0002568
2496	0.00025288
2832	0.00019869
2833	0.00019854
3528	0.00010471

Tableau IV.4. La fonction de la densité de probabilité



FIV IV.4. La Courbe Densité De Probabilité (logiciel matlab)

Analyse de la courbe :

D'après cette courbe, il est observé que la fonction $f(t)$ (densité de probabilité) augmente au fur et à mesure que le temps progresse jusqu'à atteindre $t=1800h$. Après cette valeur, la fonction $f(t)$ diminue avec le temps.

IV.7.2. Fonction de répartition $F(t)$:

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

TBF(h)	f(t)
408	0.05022835
624	0.10478279
1008	0.23074511
1080	0.25696047
1152	0.28364379
1800	0.52508582
1824	0.53353866
2040	0.60650894
2304	0.68683127
2472	0.73226393
2496	0.73838006
2832	0.8141762
2833	0.81437481
3528	0.91784345

Tableau IV.5. Fonction de répartition

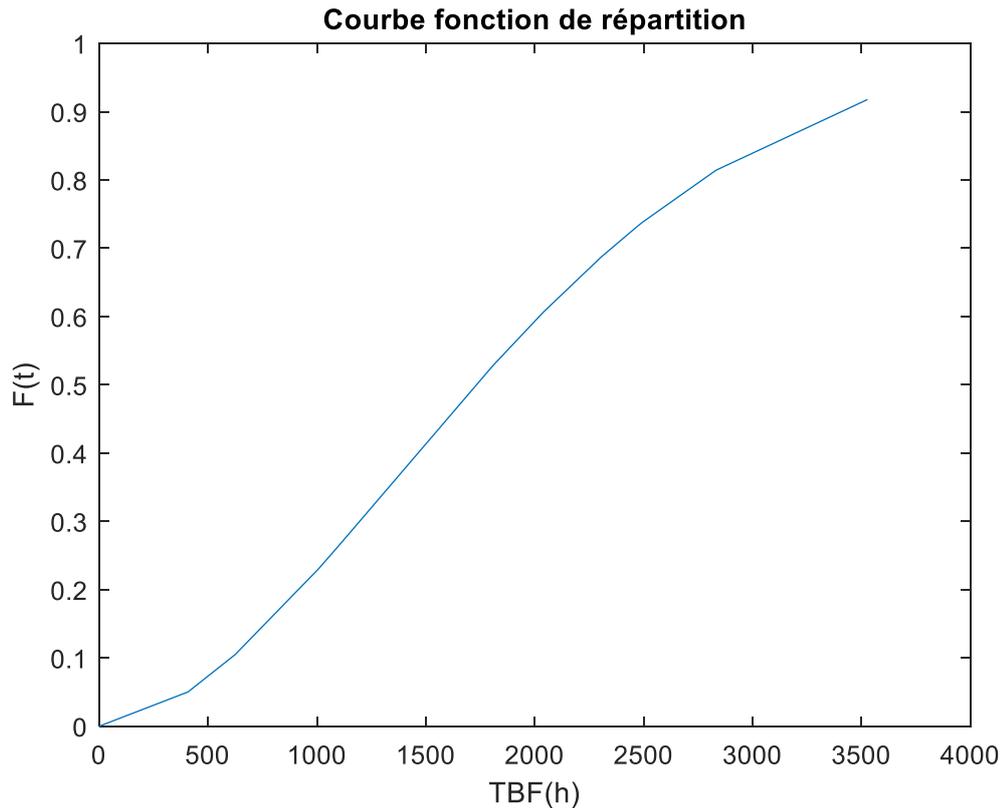


FIG IV.5. La Courbe De Fonction Répartition (logiciel matlab)

Analyse de la courbe :

La fonction de défaillance augmente avec le temps

IV.7.3. La Fiabilité :

La fonction de fiabilité est définie par la fonction de répartition : $\mathbf{R(t) = 1 - F(t)}$. Lorsque nous calculons la fiabilité de la machine à un temps donné, $t = \text{MTBF}$, et constatons que sa valeur n'est pas satisfaisante, nous pouvons conclure que la machine n'est pas fiable à $t = \text{MTBF}$.

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

$$R(t = \text{MTBF}) = 0.46$$

TBF(h)	R(t)
408	0.94977165
624	0.89521721
1008	0.76925489
1080	0.74303953
1152	0.71635621
1800	0.47491418
1824	0.46646134
2040	0.39349106
2304	0.31316873
2472	0.26773607
2496	0.26161994
2832	0.1858238
2833	0.18562519
3528	0.08215655

Tableau IV.6. La fiabilité

Courbe de la fiabilité :

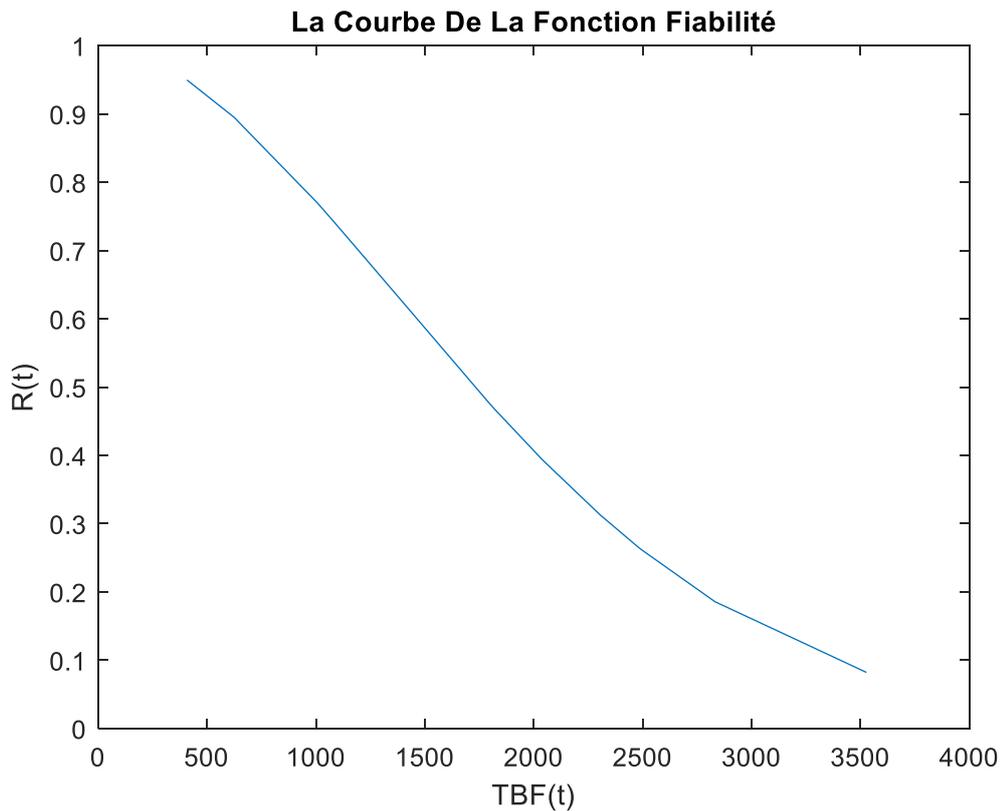


FIG IV.6. La Courbe De la Fonction Fiabilité

Analyse de la courbe :

Le graphe montre une décroissance en fonction du temps, ce qui peut être expliqué par le phénomène de dégradation, tel que l'usure, par exemple.

Pour améliorer la fiabilité de machine, il est essentiel de procéder à une analyse des défaillances incluant une étude approfondie de leurs causes, de leurs modes et de leurs conséquences.

IV.7.4. Le taux de défaillance :

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

TBF(h)	$\lambda(t)$
408	0.00022726
624	0.00031917
1008	0.00046827
1080	0.00049481
1152	0.00052101
1800	0.00074433
1824	0.00075225
2040	0.00082264
2304	0.00090668
2472	0.00095915
2496	0.00096659
2832	0.00106925
2833	0.00106956
3528	0.00127456

Tableau IV.7. Le taux de défaillance

Courbe du taux de défaillance :

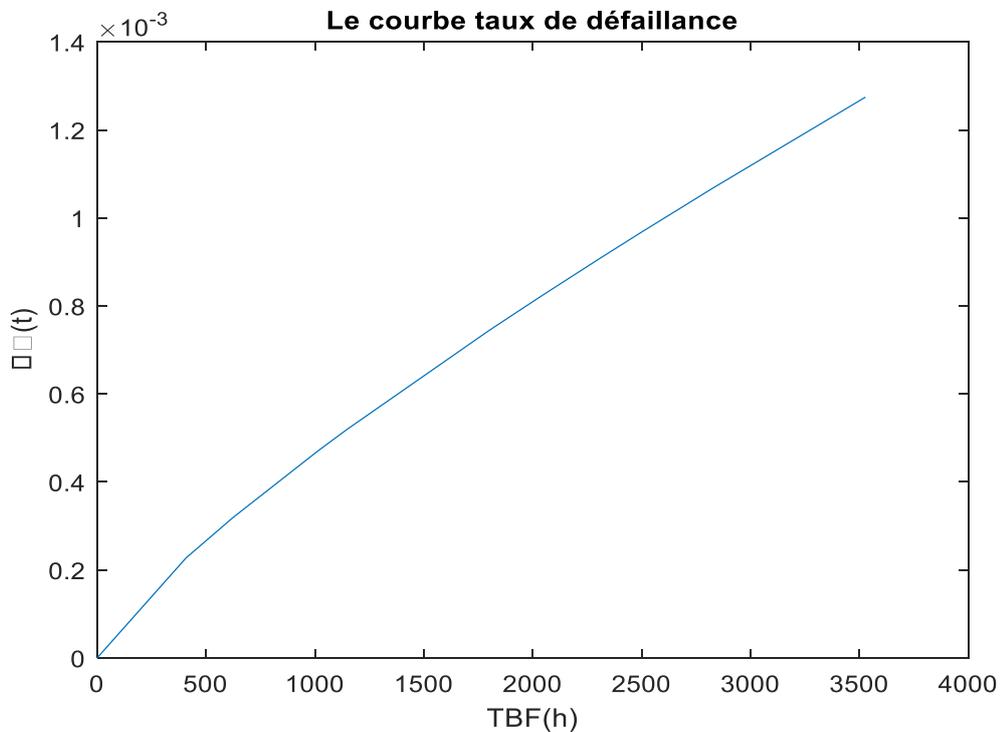


FIG IV.7. Le courbe taux de défaillance (logiciel matlab)

Analyse de la courbe :

Le taux de défaillance est croissant en fonction de temps.

IV.7.5. Calcul la Maintenabilité de la machine :

D'après l'historique des pannes de la machine :

$$MTTR = \sum TR/N$$

TR : temps de réparation.

N : nombre de panne.

$$MTTR = 43/14 = 3.07h.$$

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

Avec : $\mu = 1/MTTR = 1/3.07 = 0.325 \text{ intervention / heure.}$

TTR(h)	M(t)
20	0.59343034
40	0.83470111
60	0.93279449
80	0.97267628
100	0.988891
160	0.99925341
180	0.99969646
200	0.99987659
220	0.99994983
240	0.9999796
260	0.99999171
280	0.99999663

Tableau IV.8. La maintenabilité

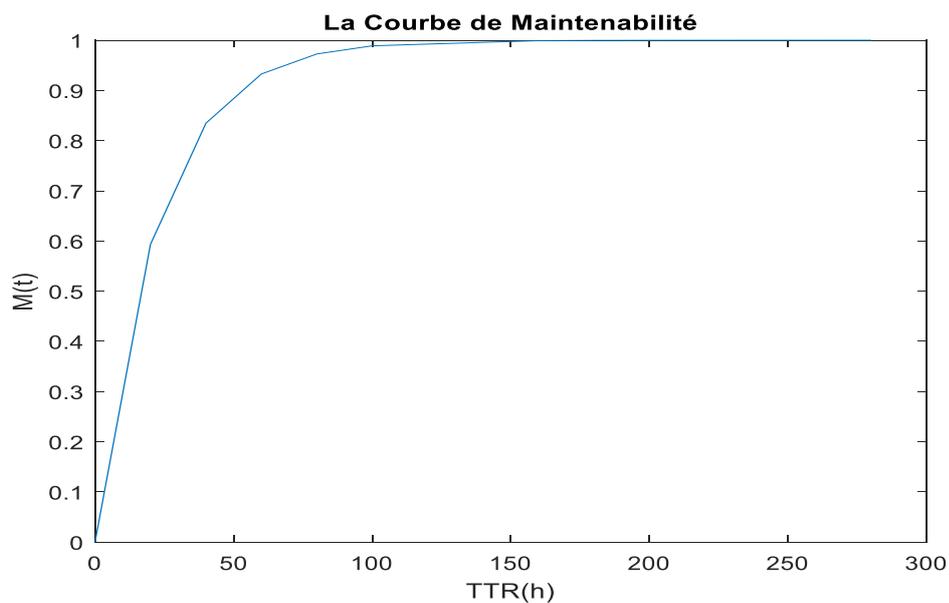
Courbe de maintenabilité :

FIG IV.8. La Courbe de Maintenabilité (logiciel matlab)

Analyse de la courbe :

La Maintenabilité est croissant en fonction de temps à l'instant T=100heurs, la maintenable 99.99%.

IV.8. Calcul la disponibilité Di :**IV.8.1. Disponibilité intrinsèque à l'asymptotique :**

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = \frac{1885.78}{1885.78+22.2857143} = 0.98832$$

IV.8.2. Disponibilité instantané D(t) :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda+\mu} \left(1 + \frac{\lambda}{\mu} \exp(-(\lambda + \mu)t)\right)$$

$$MTBF = 1/\lambda \rightarrow \lambda = 1/MTBF = 1/1885.78 = 0.00053$$

$$MTTR = 1/\mu \rightarrow \mu = 1/MTTR = 1/3.07 = 0.325$$

$$\lambda + \mu = 0.00053 + 0.325 = 0.32553$$

$$D(t) = \frac{0.0449}{0.04543} \left(1 + \frac{0.00053}{0.0449} \exp(-(0.32553)t)\right)$$

T(h)	D(t)
10	0.99572428
20	0.99302592
30	0.99131275
40	0.99022508
50	0.98953452
60	0.98909609
70	0.98881774
80	0.98864101
90	0.98852881
100	0.98845757
110	0.98841235
120	0.98838363
130	0.9883654
140	0.98835383

Tableau IV.9. Tableau de disponibilité instantané

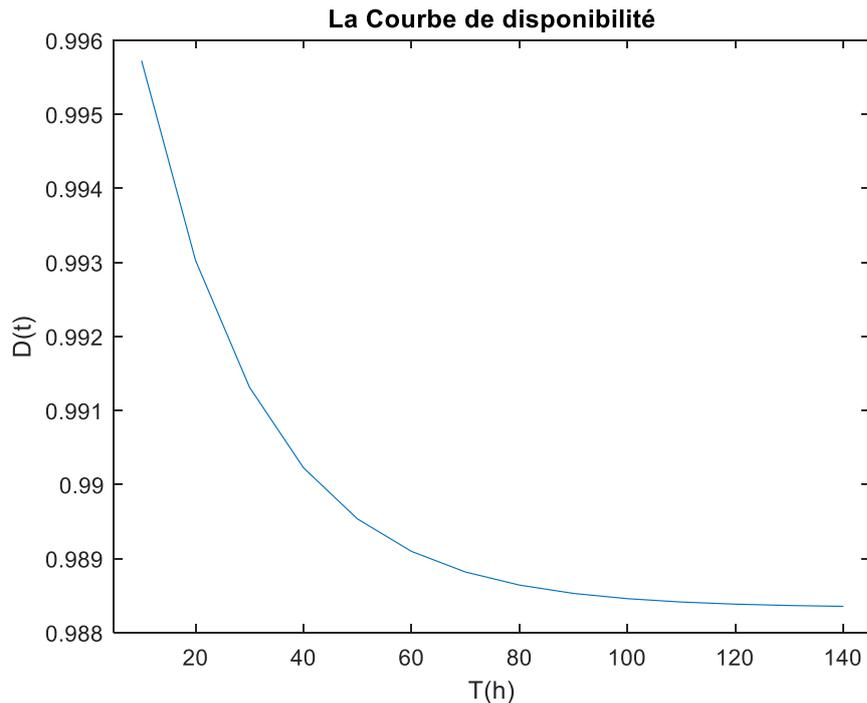


FIG IV.9. Disponibilité instantanée

Analyse de la courbe :

La disponibilité d'une machine diminue avec le temps. Pour accroître la disponibilité, il est nécessaire de réduire le nombre d'arrêts de la machine (augmenter sa fiabilité) et de raccourcir le temps nécessaire pour résoudre les causes de ces arrêts (améliorer sa maintenabilité).

IV.9. L'analyse AMDEC :

Après avoir regardé l'archives de la machine nous avons constaté que Les tableaux ci-dessous présente la décomposition fonctionnelle des organes et le calcul des criticités de chaque organe en se basant sur ces paramètre F, G, D afin d'envisager l'action à engager pour remédier au problème des pièces.

IV.9.1. Les indices de criticité : [7]

Détection	
Note	Critère
1	Visite par opérateur

2	Détection par un agent de maintenance
3	Détection difficile
4	Indéfectable

TAB IV.10. Détection

Fréquence	
Note	Critère
1	1 défaillance maxi par an
2	1 défaillance maxi par trimestre
3	1 défaillance maxi par mois
4	1 défaillance maxi par semaine

TAB IV.11. Fréquence

Gravité	
Note	Critère
1	Mineure (pas d'arrêt de production)
2	Moyenne (arrêt \leq 1h)
3	Majeure (1h < arrêt \leq 8h)
4	Très critique (arrêt > 8h)

TAV IV.12. Gravité

L'élément	Fonction	Modes de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Action
						F	G	D	C	
Chariot De Rotation Bobine	Supporter et guider la Bobine	-Usure	-Inclinaison -Vibration	-Mauvaise alignement -Blocage de chariot	-Visual	2	2	1	4	Changement de rouleur de chariot
Pompe hydraulique	Alimentation les vérins	Mauvaise fonctionnement	-Fuite d'huile -Fatigue	-Marche dégradée -Dégradation de rendement	-Auditif -Visual	3	2	1	6	-Réparation de pompe -Vérifier systématiquement le niveau d'huile
rouleau supérieur	Supporter la bobine	-Usure -Cassure	-Inclinaison -Forçage	Mauvaise alignement	-Visual -Auditif	3	2	1	6	Changement les roulements du rouleur
Vérin	-monte Descent la charge	Mauvaise fonctionement	-Fuite d'huile -Cisaillement tige vérin	Vérin ne marche pas	-Visual	2	3	2	12	-changement le joint-spi -Changement de vérin
Capture pression	Lecteur la pression	incontrôlée pression du moteur	Déclenchement immédiate	Échauffement	Affichage	1	3	2	6	Changement de capteur

Disjoncteur	Protéger les circuits des collier chauffente	protection	-Court-circuit -surtension	coupure de courant	-Visual	2	2	2	8	Vérification les circuit électrique
Groupe hydraulique	Assurer La commode Hydraulique	-Temperature élevée -Vibration -Fuite externe	-échauffement des shunts -La fatigue	-Déclenchement variateur -Groupe ne démarer pas	-Visual -Auditif	2	2	3	12	Changement et vérification systématique
Flexible	Transporter l'énergie	-Cisaillement -fuite	Haut pression	-Mauvaise translation -Éclatement	-Visual	3	3	2	18	Changement systématique
Réducteur	Déplacement De chariot	-Vibrations -Endommagement Des roulements	-Manque De sérage -Fatigue -vibrations	-Arrête Le chariot Finale -Vibrations -Mauvais Fonctionnement	-Visuel	1	2	3	6	-Changement Des roulements -Assurer une Bonne Lubrification
Filtre	Filtre d'huile	Pas de filtration	Filtre déchire	Marche dégradée	-Auditif	4	2	3	24	- changement de filtre
Joint	Evites fuites	Fuite externe	-Usure par le temps -mauvais positionnement	-Baisse production -arrêt	-Auditif	4	3	3	36	- changement le joint

Tableau IV.13. AMDEC

IV.9.2. Classification des éléments par leur criticité :

Difficultés fondamentales de la recherche visant à prévoir les problèmes et à trouver des solutions Les précautions découlent d'une variété de problèmes potentiels qui doivent être pris en compte. Donc besoin d'un Hiérarchie, qui permet de catégoriser les modes de défaillance et d'organiser séquentiellement leur traitement important. La priorisation selon le niveau de criticité détermine les actions prioritaires. Efficace, Il s'agit d'une liste de projets ou de processus clés. Le tri se fait généralement par ordre décroissant Répartis en cinq catégories :

Valeur de la criticité	Politique de la maintenance
$C < 10$	Mise sous corrective.
$10 \leq C < 20$	Mise sous préventif à la fréquence faible.
$20 \leq C < 30$	Mise sous préventif à la fréquence élevée
$30 \leq C < 40$	Recherche amelioration.
$40 \leq C < 50$	Reprendre la conception

Tableau IV.14. Classe de criticité [3]

Cette catégorisation permet d'ajuster les mesures de prévention dont la priorité varie selon la catégorie :

Elément	Valeurs de la criticité	Politique de la maintenance
1. Joint	36	- Recherche amelioration.
2. Filter	24	-Mise sous préventif à la fréquence élevée
3. Flexible	18	-Mise sous préventif à la fréquence faible.
4. Groupe hydraulique	12	

5. Vérin	12	-Mise sous corrective.
6. Disjoncteur	8	
7. Réducteur	6	
8. Pompe hydraulique	6	
9. Rouleau supérieur	6	
10. Capture pression	6	
11. Chariot de rotation bobine	4	

Tableau IV.15. Classement décroissant par priorité

IV.9.3. Recommandations :

Après l'analyse et l'interprétation des résultats, nous être présentent des solutions et recommandations pour les composants, afin de réduire l'occurrence élève, ce qui conduit à une criticité réduite. Le tableau suivant présente les solutions proposées :

Machine : Préparation de Bobine							
Opération exécutable en fonctionnante		Fréquence					Observations
Composant	Operations	J	M	T	S	A	
Disjoncteur	Vérification les circuit électrique			X			Visuelle
Flexible	Changement systématique		X				Visuelle
Groupe hydraulique	Vérifier la qualité de l'huile dans le système de lubrification		X				Les caractéristiques d'huile
Vérin	-Changement le joint-spi -Vérifier la qualité de l'huile			X			Visuelle

Joint	Vérifier Joint	X					Visuelle
Filtre	Nettoyer la cartouche de filtre		X				Visuelle
Date:	J= jour, M = mensuel, T = trimestrielle, S = semestrielle- A = annuelle						

Tableau IV.16. Plan de maintenance préventive

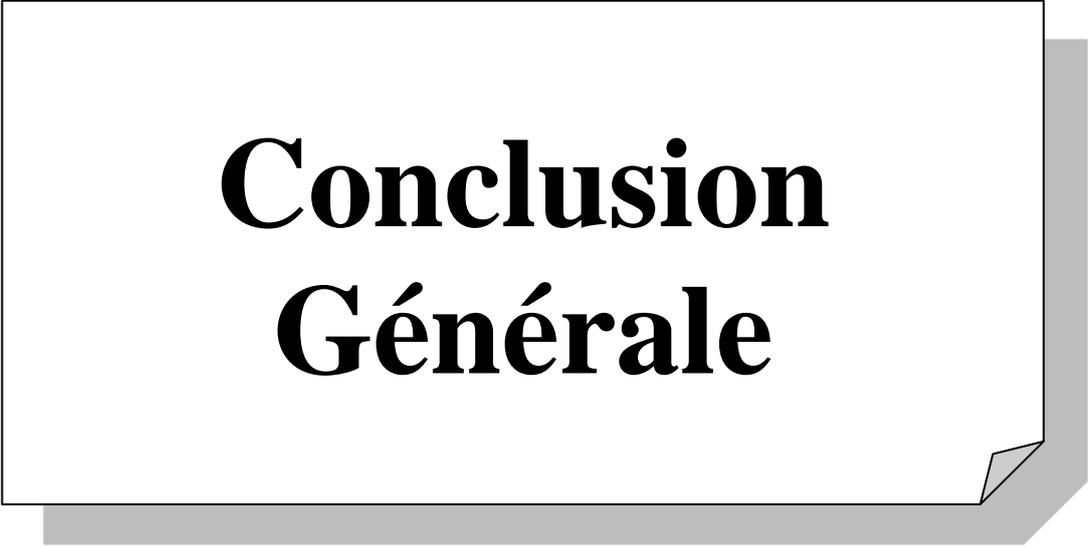
IV.10. Conclusion :

Nous avons pris l'historique de la machine sélectionnée, calculer les temps entre les pannes « TBF » et les temps de réparation « TTR » puis d'utiliser la loi de "Weibull" pour déterminer la fonction de répartition théorique et réelle.

Le but était de choisir la méthode appropriée pour évaluer la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité de la machine.

Ensuite, nous avons rempli le tableau AMDEC avec les résultats de notre analyse de la machine, y compris toutes les recommandations réalisables pour les défauts critiques identifiés.

Cela représente la partie la plus importante de nos recherches.



Conclusion Générale

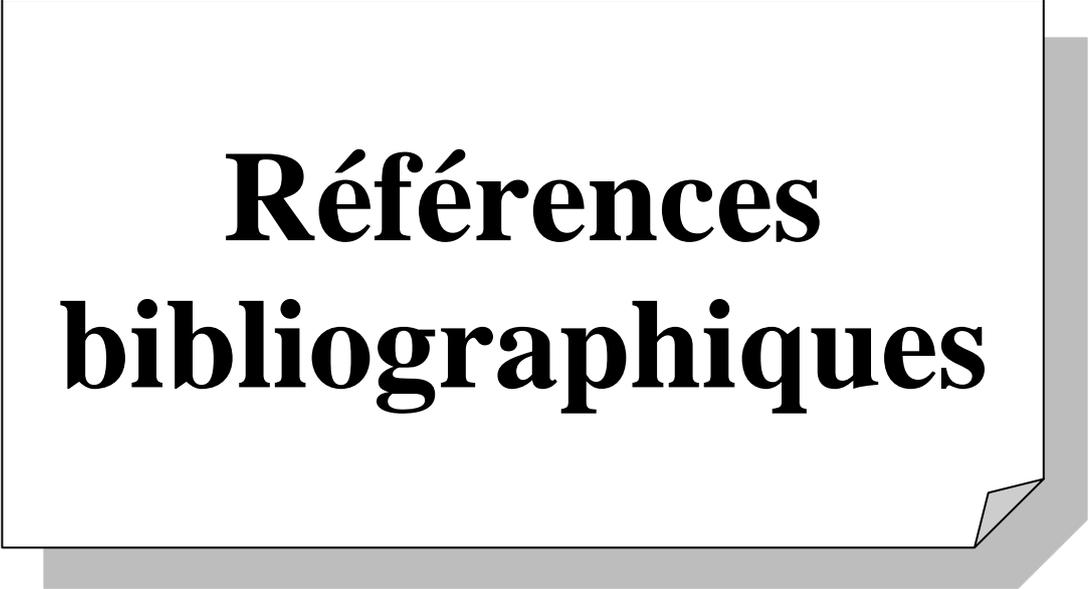
Conclusion générale

Notre stage chez ALFAPIPE avait pour objectif de nous immerger dans le milieu industriel, de comprendre la philosophie de l'entreprise et d'obtenir un aperçu global de ses produits et de ses employés. Cette connaissance nous a conduit à nous intéresser particulièrement à une machine cruciale, à savoir une machine de préparation des bobines. Nous avons ensuite étudié son historique de pannes.

En analysant l'historique des pannes de la machine choisie sur une période de trois ans (2020/2021/2022), nous avons pu calculer les temps de bon fonctionnement (TBF) selon les spécifications du fabricant, ainsi que les temps d'arrêt (TTR). Pour estimer ces paramètres, nous avons utilisé la méthode de Weibull et trouvé les valeurs suivantes : $\beta = 1,79$, $\eta = 2120,5456$, $\gamma = 0$. Ces résultats indiquent que la machine est en phase d'obsolescence et qu'elle subit des défaillances en raison de la fatigue et de l'usure.

Sur la base de ces résultats, il a été déterminé que la fiabilité de la machine est extrêmement faible $R(t) = 46\%$ principalement en raison de l'adoption d'une maintenance corrective et d'une augmentation des temps d'arrêt. [18]

En conclusion, ce travail met en évidence l'influence positive de la maintenance préventive sur l'amélioration de la fiabilité et de la disponibilité de la machine.



**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

- [1] M. A. BELHOMME, Cours de STRATEGIE DE MAINTENANCE, 2011.
- [2] BELLAOUAR Ahmed et BELEULMI Salima, Fiabilité Maintenabilité Disponibilité, Univ de Constantine, 2014
- [3] Optimisation de la maintenance par la méthode AMDEC et FMD d'un banc hydrostatique. ABOUNA MUSTAFA ET HABIRECHE SALAH, Mémoire de Master, Université de Ghardaïa, 2022.
- [4] COURS Fiabilité des systèmes, PAR M. MERZOUG Hocine, Université de Ghardaia, 2020
- [5] BENSACI MAHMOUD, Surveillance, détection et diagnostic des défaillances dans une machine tournante, Thèse de Doctorat, UNIVERSITE DU 20 AOUT 1955 SKIKDA ,2019.
- [6] BENNECIB SOFIANE, étude analytique FMD d'un banc d'épreuve 500, Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar –Annaba,2017.
- [7] BELEKEBIR Lamine : Etude de FMD et l'analyse de l'AMDEC sur la turbine à gaz, Mémoire de Master, Université de Ghardaïa,2019.
- [8] TALEB Ahmed Hashed Mohammed Aqel et AL-MAQTRI Ehab Tawfik Hasan Thabit, Etude de maintenance de la presse 1600T (Algal+), Mémoire de Master, Université MOHAMED BOUDIAF - M'SILA, 2021.
- [9] Optimisation de la fiabilité d'un système électromécanique. Thèse de Master, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF – M'SILA 2018.
- [10] BABASSI Akram, Standardisation des AMDEC processus et l'élaboration d'un plan de surveillance, Université Sidi Mohamed Ben Abdellah.
- [11] Bank historique du département de la maintenance, ALFAPIPE, Tuberie Ghardaïa.
- [12] MEHALLI Mouatez, Billah BENAMOR Elhadj (Identification expérimentale des caractéristiques mécaniques de l'acier X70 D'ALFAPIPE) Université Kasdi Merbah Ourgla,2020.
- [13] DJEKAOUA, et HACINI : Archive, Présentation d'entreprise, ALFA PIPE, 2020.

- [14] A. BELHOMME : stratégie de maintenance, présente par Dr. BELLAOUR université de Ghardaïa, 2018 p33.
- [15] ASBI Samir : évaluation des caractéristiques du fonctionnement d'une turbine à gaz, univ Bejaïa 2017. P 22.
- [16] H. Kaffel, "La maintenance distribuée : concept, évaluation et mise en oeuvre". Thèse présentée à la faculté de l'étude supérieure de l'université Laval pour l'obtention du grade de philosophie doctorat (ph.d) département de génie mécanique faculté des sciences et de génie université Laval Québec, octobre 2001.
- [17] Documentation technique, Alfa pipe Ghardaïa, 2014.
- [18] Moyen de fiabilité de la machine **70-80%**, Documentation Alfapipe, 2010.

Annexes

Annexe 1

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

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,2	120	1901	1,7	0,8922	0,54	4,4	0,9146	0,235
0,25	24	199	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9125	0,23
0,3	9,2625	50,08	1,8	0,88929	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,35	5,291	19,98	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,4	3,3234	10,44	1,9	0,8874	0,486	4,8	0,9116	0,218
0,45	2,4686	6,46	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,5	2	4,47	2	0,8862	0,463	5	0,9162	0,21
0,55	1,7024	3,35	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,6	1,546	2,65	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,65	1,3663	2,18	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,2
0,7	1,2638	1,85	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,75	1,1906	1,61	2,5	0,8873	0,38	5,5	0,9232	0,194
0,8	1,133	1,43	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
0,85	1,088	1,29	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,186
0,9	1,0522	1,17	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,9226	0,165
0,95	1,0234	1,08	2,9	0,8919	0,334	5,9	0,9269	0,183
1	1	1	3	0,893	0,316	6	0,9277	0,18
1,05	0,9803	0,934	3,1	0,8943	0,325	6,1	0,9266	0,177
1,1	0,9649	0,878	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,15	0,9517	0,83	3,3	0,897	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,2	0,9407	0,787	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,9331	0,17
1,25	0,99314	0,75	3,5	0,8997	0,285	6,45	0,9313	0,168
1,3	0,9236	0,716	3,6	0,9011	0,278	6,5	0,9316	0,167
1,35	0,917	0,667	3,7	0,9025	0,272	6,55	0,9321	0,166
1,4	0,9114	0,66	3,8	0,9083	0,266	6,6	0,9325	0,166
1,45	0,9067	0,635	3,9	0,9051	0,26	6,65	0,9329	0,164
1,5	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254	6,7	0,9335	0,163
1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249	6,75	0,9336	0,162
1,6	0,8966	0,574	4,2	0,9086	0,244	6,8	0,9334	0,161
1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239	6,9	0,9347	0,15

Annexe 3

Dossier (Documentation) technique de la machine de préparation de bobine

