

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

FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

N° : 04



DOMAINE : SCIENCE ET TECHNOLOGIE
FILIERE : ELECTROMECHANIQUE
OPTION : MEI

Mémoire présenté pour
l'obtention du diplôme de
master académique

Présenté par :

-HADJLAROUSSI Aymen
- M'AHAMMEDI Ali

Intitulé

Progression de la fiabilité d'un système électromécanique par
l'application d'une stratégie de maintenance

Soutenu devant le jury composé de :

Dr. DEFDAF Mabrouk	Université Mohamed Boudiaf - M'sila	Président
Pr. GHEMARI Zine	Université Mohamed Boudiaf - M'sila	Rapporteur
Dr. CHERIF Bilal Djamal Eddine	Université Mohamed Boudiaf – M'sila	Examineur

Année Universitaire : 2021/2022

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Remerciements

Nous remercions avant tout notre seigneur le tout puissant, le miséricordieux de nous avoir donnés la capacité, la volonté et la force afin de mener à bien ce projet de fin d'étude.

*Nous commençons par remercier Monsieur **GHEMARI Zine** qui nous a fait l'honneur d'être notre encadreur. Nous le remercions profondément pour son encouragement continue et aussi d'être toujours là pour nous écouter,*

nous

aider et nous guider à retrouver Le bon chemin par sa sagesse et ses précieux conseils, Ainsi que son soutien moral et sa preuve de compréhension, ce qui nous a donné la force et le courage d'accomplir ce projet.

Nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui

nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

*Nous remercions aussi les ingénieurs et les techniciens d'ALGAL+ en particulier chef de dép. Maintenance **MUSTAPHA HAJI**.*

Nous remercions également les membres de jury qui nous font honneur en acceptant d'examiner et de juger notre travail

En fin, nous ne pouvons achever ce mémoire sans exprimer notre gratitude à tous les professeurs de département d'électrique, pour leur dévouement et leur assistance tout au long de nos études universitaires

Dédicace

إلى من أفضلها على نفسي ولم لا فلقد ضحت من أجلي، ولم تدخر جهداً في
سبيل إسعادي على الدوام أُمي الحبيبة
نسير في دروب الحياة، ويبقى من يسيطر على أذهاننا في كل مسلك نسلكه
صاحب الوجه الطيب والأفعال الحسنة، فلم يبخل علي طيلة حياته والذي العزيز
ولا ينبغي أن أنسى أساتذتي ممن كان لهم الدور الأكبر في مساندتي ومدي
بالمعلومات القيمة
إلى أصدقائي وجميع من وقفوا بجواري وساعدوني بكل ما يملكون وفي أصعدة
كثيرة
نتقدم بخالص الشكر والتقدير للأساتذة المشرفين غماري زين و حاجي
مصطفى
إلى كل عمال شركة سونطراك و شركة ألغال +
أقدم لكم هذا البحث وأتمنى أن يحوز على رضاكم

HADJLAROUSSI Aymen .

Dédicace

Je dédie ce projet :

A ma chère mère YAHY HAFSA

A mon cher père AISSA

A ma chère grande mère ZAHOUY FATIMA

*Qui n'ont jamais cessé, de formuler des prières à mon égard, de me soutenir
Et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs.*

A mes frères islem, yakoub, siraje, sanad, nour, bilel

Et les petits abd elbari, ahmed, sirine, mouad, noussiba

A mes chères sœurs

A tous les familles m'ahammmedi, yahy, khodja et zahouy

Pour ses soutiens moraux et leurs conseils précieux tout au long de mes études.

A monsieur DR GHEMARI Zine

Qui m'a aidé et supporté dans les moments difficiles.

A mes chères amis MOUNIR, AMIR, YAKOUB, MAZARI, LAICHI, HAKO,

KHAOULA, CHAIMA et LIDYA

A tous mes autres amis

A tous ceux que j'aime et ceux qui m'aiment.

M'AHAMMEDI Ali

ABREVIATION

MTBF : Moyenne de temps de bon fonctionnement

MTTR : Moyenne de temps de réparation

R (t) : Fonction de fiabilité

F (t) : Fonction de défaillance

f (t) : Densité de probabilité

D : Disponibilité

λ (t) : Taux de défaillance

μ : Taux de réparation

γ : Paramètre de position

η : Paramètre d'échelle

β : Paramètre de forme

Γ : Paramètre de position

a et b : Nombre réel

FMD : Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité

M(t) : Fonction maintenabilité

ABC : méthode de Pareto (priorité d'actions)

ni : cumuler les avaries

C : La criticité

F : La fréquence d'apparition

G : La Gravité

D : Le risque de non détection

AMDEC : analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité

Liste des Matières

Remerciement	
Dédicace	
Résumé	
<i>Introduction générale</i>	2
<i>I.1. Introduction</i>	5
<i>I.2. Historique de la maintenance</i>	5
<i>I.3. Définition de la maintenance</i>	5
<i>I.4. Les types de la maintenance</i>	6
<i>I.5. Maintenance préventive</i>	6
<i>I.6. Maintenance corrective :</i>	6
A. Maintenance curative :	7
B. Maintenance palliative :	7
<i>I.7. Le rôle de la maintenance</i>	7
<i>I.8. Les objectifs de la maintenance</i>	7
1. Les objectifs de coût :	7
2. Les objectifs opérationnels :	7
<i>I.9. LA FONCTION DE LA MAINTENANCE:</i>	8
I.9.1. Maintenance préventive (MP):	8
I.9.2. Maintenance P -Systématique (MPS) :	8
I.9.3. Maintenance Préventive conditionnelle (MPE)	8
I.9.3.1. Définition :	8
I.9.3.2. Condition d'application:	8
I.9.3.3. Cas d'application:	8
<i>I.10. La défaillance:</i>	8
I.10.1. Défaillance partielle :	8
I.10.2. Défaillance complète:	8
<i>I.11. Opérations de la maintenance préventive :</i>	9
<i>I.12. Niveaux de la maintenance</i>	9
I.12.1. 1 ^{er} niveau de maintenance	9
I.12.2. 2 ^{ème} niveaux de maintenance	10
I.12.4. 4 ^{ème} niveaux de maintenance	10
I.12.5. 5 ^{ème} niveaux de maintenance	10
I.13.1. Méthode d'Ichikawa	10
<i>I.14. Méthode ABC (Pareto) :</i>	12
I.14.1. But de la méthode ABC	12

<i>I.15 Méthode AMDEC</i>	13
I.15.1 Différents types d'AMDEC	13
<i>I.16. La méthode GANTT</i>	14
I.16.2 Présentation de la méthode	15
I.16.3 Le diagramme de GANTT classique utilise le critère de représentation suivant	16
<i>I.17 Optimisation</i>	17
<i>I.19. CONCLUSION :</i>	19
<i>CHAPITRE II</i>	19
<i>Lois de calcul de FMD</i>	19
<i>II.1 Introduction</i>	20
<i>II.2 Définitions la fiabilité</i>	21
<i>II.4 Les fonctions de probabilité</i>	21
II.4.1 La fonction de fiabilité	21
II.4.2.Fonction de répartitions	21
II.4.3.Densité de probabilité	21
II.4.4.Taux de défaillance	21
II.4.5.Les courbes de fiabilité	21
II.4.6 Les lois principales de fiabilité :	23
II.4.6.1 La loi exponentielle	23
II.4.6.2 La loi normale (Laplace-Gauss)	24
II.4.6.3 La loi de Weibull	24
II.4.6.4 La loi Log-normale (ou de Galton)	25
II.4.6.5 La loi Gamma	25
II.4.6.6 La loi uniforme	26
II.4.6.7 La loi du Khi-deux	26
II.4.6.8 Loi de distribution combinée	26
II.4.6.9 La loi de Birnbaum – Saunders	27
<i>II.4.7 Fiabilité d'un système complexe</i>	28
<i>II.5 Définition de la Maintenabilité:</i>	28
II.5.1 Taux de réparation μ :	28
II.5.2 Amélioration de la maintenabilité	29
II.5.3 Maintenabilité et maintenance	29
II.5.4 Maintenabilité et disponibilité	30
<i>II.6. Etude de la disponibilité</i>	30
II.6.1. Différents types de la disponibilité	30
II.6.1.1. Disponibilité intrinsèque théorique	30
II.6.1.2. Disponibilité moyenne	30
II.6.1.3. Disponibilité opérationnelle	31
II.6.1.4. Disponibilité asymptotique	31
II.6.1.5. Disponibilité instantanée	31
<i>II.7. Conclusion</i>	31
<i>CHAPITRE III</i>	32

<i>Description de l'entreprise</i>	32
<i>Introduction</i>	33
III.1.1 Présentation de la société ALGAL PLUS	33
III.1.2 Les activités de cette société	34
III.1.4 Les unités d'entreprise	35
III.1.5 Les étapes de fabrication	36
III.1.5.1 Unité de recyclage et valorisation	36
III.1.5.1.1 L'atelier de tri	36
III.1.5.1.2 La refonte	36
III.1.5.2 Le four de fusion	36
III.1.5.3 Le four d'homogénéisation	37
III.1.5.4 La chambre de refroidissement	38
III.1.5.5 Sciage et stockage des billettes	38
III.1.5.6 Unité d'extrusion	39
III.1.5.7 L'unité de l'anodisation et laquage	39
III.1.5.7.1 L'anodisation	40
III.1.5.7.2 Laquage de l'aluminium	40
<i>III.2. Conclusion</i>	41
<i>Chapitre IV</i>	42
<i>Application de l'analyse FMD sur la presse 2500T</i>	42
<i>IV.1. Introduction</i>	43
<i>IV.2. Les pannes de la presse 2500T:</i>	43
<i>IV.3 Etude de FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité)</i>	45
IV.3.2 Test (Kolmogorov Smirnov)	50
IV.1.3.6 Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique	55
IV .3.4.1 La densité de probabilité $f(t)$	57
IV .3.4.2 La répartition $F(t)$	58
IV .3.4.3 La fiabilité La fonction de fiabilité	59
IV.3.4.4 Le taux de défaillance	60
<i>IV.3.5 Calcul de la maintenabilité</i>	61
IV.3.6 Calcul la disponibilité	64
<i>IV.4 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »</i>	67
<i>IV.5. Thermographie infrarouge</i>	69
IV.5.1. Définition	69
IV.5.2. Domaines d'application	69
IV.5.3. Principe de l'analyse thermographique	70
<i>IV.6. Analyse vibratoire</i>	71
IV .6.1. Techniques d'analyse	71
IV 6.2. L'analyse vibratoire	71
IV 6.3. Intérêt du diagnostic de l'analyse vibratoire	72
IV 6.4. Champs d'application privilégiée	72
IV.6.5. Choix de techniques d'analyse	72

IV.6.6. La surveillance et le diagnostic par l'analyse vibratoire	73
IV.6.6.1.La surveillance	73
IV 6.6.2 Le diagnostic	73
IV 6.6.3 Vibrations des machines tournantes	73
<i>IV 7. La chaine de mesure des vibrations</i>	<i>74</i>
IV 7.1. Capteur de vibration	74
IV 7.2. Amplificateur	74
IV .7.3 L'analyseur FFT	75
<i>IV .8. Détermination des seuils</i>	<i>75</i>
IV 8.1. Méthode du relevé global	75
IV 8.2.Méthode de l'analyse spectrale	75
<i>IV.9.Conclusion</i>	<i>76</i>
<i>CONCLUSION GENERALE</i>	<i>74</i>
<i>REFERENCE BIBLIOGRAPHIQUE</i>	<i>76</i>
Annexe	79

Liste des Figures

Chapitre I

Fig. I. 1 Les types de la maintenance	6
Fig. I. 2 Diagramme d'Ishikawa	11
Fig. I. 3 La Courbe Pareto	12

Chapitre II

Fig. II. 1 Courbe de la loi normale	22
Fig. II. 2 Courbe en baignoire	23
Fig. II. 3 probabilités de réparation au cours de temps	29
Fig. II. 4 Composant de la disponibilité	30

Chapitre III

Fig. III. 1 Cartographie de la chaine de valeurs ALGAL PLUS.	34
Fig. III. 2 Cartographie des processus ALGAL PLUS.	35
Fig. III. 3 Représentation la situation du service de maintenance dans une entreprise	35
Fig. III. 4 four de fusion.	37
Fig. III. 5 moules des billettes.	37
Fig. III. 6 four d'homogénéisation	38
Fig. III. 7 chambre de refroidissement	38
Fig. III. 8 Scie à billettes.	39
Fig. III. 9 Principe d'extrusion.	39
Fig. III. 10 Principe de l'anodisation.	40
Fig. III. 11 Principe de laquage.	40

Chapitre IV

Fig. IV. 1 Détermination des parametres de la loi de Wiebull par l'utilisation du logiciel minitab.	50
Fig. IV. 2 Courbe de la densité de probabilité	58
Fig. IV. 3 Courbe de la fonction de répartition $F(t)$.	59
Fig. IV. 4 La fonction de fiabilité $R(t)$	60
Fig. IV. 5 Le taux de défaillance $\lambda(t)$.	61
Fig. IV. 6 La maintenabilité $M(t)$	64
Fig. IV. 7 Disponibilité instantané.	67
Fig. IV. 8 La courbe ABC	68
Fig. IV. 9 Image visible et thermogramme correspondant d'un rouleau	70
Fig. IV. 10 Exemple de défaut électrique de connexion (mauvais serrage).	70
Fig. IV. 11 Différentes méthodes d'analyse	71
Fig. IV. 12 Déroulement d'une analyse vibratoire	74
Fig. IV. 13 Les différents directions de mesure	74

Liste des Tableaux

Chapitre I

<i>Tableaux. I. 1 Cotation d'un mode de défaillance</i>	13
<i>Tableaux. I. 2 Opérations à réaliser</i>	15
<i>Tableaux. I. 3 tableau quadrillé de diagramme de GANTT</i>	16
<i>Tableaux. I. 4 Utilisation du diagramme de GANT</i>	17
<i>Tableaux. I. 5 le diagramme de GANTT</i>	18

Chapitre II

<i>Tableaux. II. 1 Principales propriétés de la distribution exponentielle</i>	24
<i>Tableaux. II. 2 Principales propriétés de la distribution normale</i>	24
<i>Tableaux. II. 3 Principales propriétés de la loi de weibull</i>	25
<i>Tableaux. II. 4 Principales propriétés de la distribution log-normale</i>	25
<i>Tableaux. II. 5 Principales propriétés de la distribution Gamma</i>	26

Chapitre IV

<i>Tableaux. IV. 1 Historique des pannes de la presse 2500T</i>	43
<i>Tableaux. IV. 2 calcul de la fonction de réparation réelle</i>	46
<i>Tableaux. IV. 3 Test de Kolmogorov-Smirnov.</i>	51
<i>Tableaux. IV. 4 la fiabilité et la fonction de réparation et de densité et taux de des faillence</i>	56
<i>Tableaux. IV. 5 Calcul de la maintenabilité</i>	61
<i>Tableaux. IV. 6 Calcul de la disponibilité instantanée.</i>	65
<i>Tableaux. IV. 7 calcul l'analyse ABC (Pareto).</i>	67

Introduction générale

Introduction générale

Le développement économique qu'a connu la dernière décennie a engendré une concurrence intense entre les secteurs industriels. Cette concurrence s'est propagée sur le plan international et s'est caractérisée par l'implantation des entreprises étrangères partout dans le monde et parfois dans le même pays et ce, pour des raisons économiques et logistiques (près des marchés/clients et/ou près des matières premières).

Dans le domaine de l'automatisation, l'évolution technique a contribué à l'amélioration de la situation des entreprises industrielles en termes de fiabilité et de réduction du nombre d'interventions. Cette amélioration s'accompagne par une bonne gestion des outils et moyens techniques et une exigence en personnels de plus en plus spécialisés. Malgré le niveau de fiabilité atteint, le «zéro panne» reste impossible [1].

Dans ce cadre, la maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, est une fonction stratégique dans les entreprises industrielles, liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et d'éviter les dysfonctionnements au moindre coût. Au fil de ces changements, l'activité des personnels de maintenance a également évolué.

Pour combiner les compétences technologiques, organisationnelles et relationnelles ; le champ de la maintenance industrielle regroupe les activités de maintenance qui se déroulent dans un milieu industriel, ce champ, exclus la maintenance des matériels de transport, des bâtiments ainsi que la réparation (service après-vente) des matériels de la grande industrie : mécanique, électronique, informatique...etc [2-3].

Notre travail a pour but de progresser la fiabilité de la presse 2500T par l'implémentation d'une politique de maintenance basée sur leurs méthodes (préventive et corrective). Pour atteindre cet objectif, notre mémoire structuré comme suit :

Dans ce contexte, le mémoire comporte quatre chapitres structuré comme suit.

- Le premier chapitre est consacré à l'étude de la maintenance industrielle en générale. Il présentera les différents types de maintenance et les opérations et les techniques de maintenance préventive .

- Le deuxième chapitre montrera les lois de calcul et les notions globales de la fiabilité, maintenabilité et la disponibilité et les différents outils d'aide à la décision pour faire choisir une politique de maintenance appropriée du système choisi.
- Le troisième chapitre est une description de l'entreprise qui on va faire notre stage d'une part et les ateliers de l'entreprise ALGAL+ de Msila d'une autre part.
- Le quatrième chapitre est la partie spéciale de notre mémoire où on va calculer puis améliorer la fiabilité du système choisi par une proposition des solutions de défaillances.

A la fin de ce mémoire une conclusion qui montera tous les résultats obtenu avec des recommandations.

Chapitre I : Notions de base sur la maintenance

I.1. Introduction

Quel que soient les efforts entreprise au stade de la conception et la fabrication des machines pour assurer leur sûreté de fonctionnement, des défaillances apparaissant au cours de leur exploitation, les causes d'apparition de ces défaillances sont variables. Elles vont du coût de simple remplacement d'une pièce détériorée à d'importants frais d'immobilisation pour la machine donnée, elles peuvent aussi provoquer de graves accidents corporels.

C'est pourquoi on fait appel à la maintenance à fin de maintenir en état les machines et rétablir leur performance après défaillance. La maintenance implique un certains nombres de mesures organisationnelles, techniques et économiques. Après avoir démontré sa rentabilité la maintenance représente une fonction principale dans beaucoup d'entreprises industrielles et de services.

Dans ce chapitre, nous présentons un aperçu général sur les concepts généraux de la maintenance industrielle [4].

I.2. Historique de la maintenance

Le terme « maintenance », forgé sur les racines latines manus et tenere, est apparu dans la langue française au XII^{ème} siècle. L'etymologiste Wace a trouvé la forme mainteneor (celui qui soutient), utilisé en 1169 : c'est une forme archaïque de mainteneur. L'usage du mot « maintenance » dans la littérature française trouve trace depuis le seizième siècle, et pour les anglo-saxons l'utilisation de ce terme est plus moderne surtout dans le vocabulaire militaire : « le maintien dans des unités de combat, de l'effectif et du matériel à un niveau constant » [F. Monchy, 2003]. Au cours du dernier demi-siècle, la maintenance a connu une évolution très profonde. Cette évolution a touché les stratégies, les attitudes, les habitudes, les moyens et les méthodes.

La maintenance a évolué du concept d'entretien suite à la défaillance d'un système, à celui d'une politique de maintenance basée sur des stratégies préventives, correctives, proactives et même a amélioratives [5]

I.3. Définition de la maintenance

Selon la définition de l'AFNOR, la maintenance vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié afin que celui-ci soit en mesure d'assurer un service déterminé. La maintenance regroupe ainsi les actions de dépannage et de réparation, de réglage, de révision, de contrôle et de vérification des équipements matériels (machines, véhicules, objets manufacturés, etc.) ou même immatériels (logiciels). [6]

I.4. Les types de la maintenance

L'organigramme ci-dessous illustre les deux méthodes de la maintenance (préventive et corrective) :

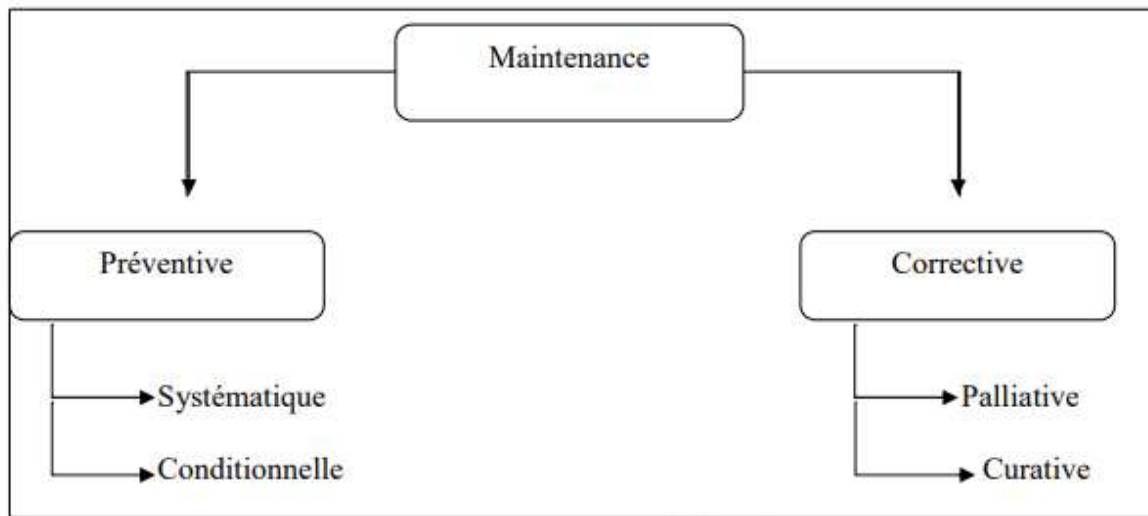


Fig. I. 1 Les types de la maintenance

I.5. Maintenance préventive

Elle vise à diminuer la probabilité de défaillance d'un système, pour cela elle s'appuie sur la maintenance systématique et la maintenance conditionnelle. La maintenance préventive se divise en deux formes essentielles [6].

A. Maintenance préventive systématique : C'est la maintenance qui est effectuée selon un échéancier établi en fonction du temps, ou du nombre d'unités d'usage. Elle se pratique quand on souhaite procurer un équipement pour une sécurité de fonctionnement [6].

B. Maintenance préventive conditionnelle : C'est une maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé révélateur de l'état de dégradation du bien. Cette forme de maintenance permet d'assurer une surveillance continue des points sensibles de l'équipement au cours des visites préventives dont le rôle est d'éliminer les pannes accidentelles ou de les réduire à un niveau acceptable [6].

I.6. Maintenance corrective :

D'après la norme AFNOR X 60-010, c'est une opération de maintenance effectuée après défaillance. [6]

A. Maintenance curative :

Réparation (donc durable) consistant en une remise en l'état initial. [6]

B. Maintenance palliative :

Dépannage (donc provisoire) de l'équipement, permettant à celui-ci d'assurer tout ou partie d'une fonction requise ; elle doit toutefois être suivie d'une action curative dans les plus brefs délais. [6]

I.7. Le rôle de la maintenance

Est la maîtrise de la disponibilité opérationnelle de équipements a fin qui ils soient unis à la disposition de la production par ces action, la maintenance ammeistre le profit cumule durant la vie des équipements par :

- La réduction des coûts de maintenance
- L'accroissement de la durée rentable de vie des équipements.
- Réduction des accidents et des risques concernant la sécurité des hommes et de l'environnement. [7]

I.8. Les objectifs de la maintenance**1. Les objectifs de coût :**

- Minimiser les dépenses de maintenance.
- Assurer la maintenance dans les limites d'un budget.
- Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par l'installation
- en fonction de leur âge et de leur taux d'utilisation.
- Tolérer à la discrétion du responsable de la maintenance une certaine quantité de
- dépense imprévue

2. Les objectifs opérationnels :

- Maintenir le bien durable:
 1. Dans un état acceptable
 2. Dans des meilleures conditions
- Assure la disponibilité maximale à un coût raisonnable.
- Eliminer les pannes à tout moment et au meilleur coût.
- Maximiser la durée de vie de bien.
- Remplacer le bien à des périodes prédéterminées.
- Assurer au bien des performances de haute qualité.
- Assurer au bien un fonctionnement sûr et efficace.

- Obtenir de l'investissement un rendement maximum.
- Garder au bien une présentation suffisamment satisfaisante.
- Maintenir le bien dans un état de propreté absolue

I .9. LA FONCTION DE LA MAINTENANCE:

I.9.1. Maintenance préventive (MP):

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou d'un service rendu, il y a deux sortes de maintenance préventive.

I .9.2. Maintenance P -Systématique (MPS) :

Condition d'application : cette méthode nécessite à connaître : Le comportement du matériel Les usures Les méthodes de dégradation Le temps moyen de bon fonctionnement entre deux Avariât Cas d'application : Equipement soumis à la liquidation en rigueur Equipement ayant un coût de défaillance élevé Equipement dont la panne risque d'induire des accidents graves. [8]

I .9.3. Maintenance Préventive conditionnelle (MPE)

I .9.3.1. Définition :

Maintenance préventive subordonnée à un domaine prédéterminé (auto - diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.)

I .9.3.2. Condition d'application:

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles suivant les cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et à partir de là nous pourrions décider d'axer l'intervention lorsqu'un critère seul est attendu mais les contrôles de maintenance systématique en font partie des moyens de contrôle non destructifs. [8]

I .9.3.3. Cas d'application:

Tout matériel est concerné par cette maintenance

I .10. La défaillance:

C'est altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise,

Il y a deux formes de défaillances:

I .10.1. Défaillance partielle :

Altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

I .10.2. Défaillance complète:

Cession de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

La maintenance corrective appelée aussi curative a pour objet de redonner une disponibilité

immédiate, ou à très bien échéance une dépréciation en qualité de service rendu. Les actions de la maintenance corrective sont le test de section, c'est à dire détecter la défaillance à localiser, ainsi que l'anomalie. Le diagnostic identifie la cause et enfin le dépannage, c'est à dire la réparation. [8]

I.11. Opérations de la maintenance préventive :

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306.

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; 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 à 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'acceptations ou d'ajournement.

- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien 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 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 bien.

I.12. Niveaux de la maintenance

Les opérations à réaliser sont classées, selon leur complexité, en cinq niveaux. Les niveaux pris en considération sont ceux de la norme NF X-60-010.[9]

I.12.1. 1^{er} niveau de maintenance

Actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien. Ce type d'opération peut être effectué par l'utilisateur du bien avec, le cas échéant, les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

I .12.2. 2^{ème} niveaux de maintenance

Actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simple. Ce type d'actions de maintenance est effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance. Un personnel est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant certains risques potentiels, et est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

I .12.3. 3^{ème} niveaux de maintenance

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes.

Ce type d'opération de maintenance peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance.

I .12.4. 4^{ème} niveaux de maintenance

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

I .12.5. 5^{ème} niveaux de maintenance

Opérations dont les procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels, Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné [10]

I .13. Les méthodes d'analyse de défaillance :**1.13.1. Méthode d'Ichikawa [11]**

Diagramme d'Ishikawa, qu'est-ce que c'est?

C'est un outil qui permet d'identifier les causes d'un problème. On a une vision globale des causes génératrices d'un problème avec une représentation structurée de l'ensemble des causes qui produisent un effet. Il y a une relation hiérarchique entre les causes et on est en mesure d'identifier es

racines des causes d'un problème.

Le diagramme d'Ishikawa (ou diagramme en arête de poisson, diagramme cause-effet ou 5M) permet de limiter l'oubli des causes et de fournir des éléments pour l'étude des solutions. Cette méthode permet d'agir sur les causes pour corriger les défauts et donner des solutions en k2employant des actions correctives.

Les règles d'or Groupe de travail = Avant de commencer, il faut former un groupe de travail pluridisciplinaire et chaque membre doit y participer.

Brainstorming = Il est recommandé de pratiquer auparavant un brainstorming pour trouver toutes les causes au problème. Donc chaque membre du groupe peut librement exprimer ses opinions.

Démarche = Par la suite il faut identifier les causes principalement responsables du problème et les classer selon leur relation par rapport au problème posé.

Déroulement du diagramme d'Ishikawa

Étape 1 : Définir clairement le problème

une flèche horizontale, pointée vers le problème.

Étape 2 : Classer les causes recherchées en grandes familles

Matière: matière première, fourniture, pièces, ensemble, qualité

Matériel: machines, outils, équipement, maintenance, ... recense les causes qui ont pour origine les supports techniques et les produits utilisés.

Main d'œuvre: directe, indirecte, motivation, formation, absentéisme, expérience, problème de compétence,

Milieu: environnement physique, lumière, bruit, poussière, localisation, aménagement, température

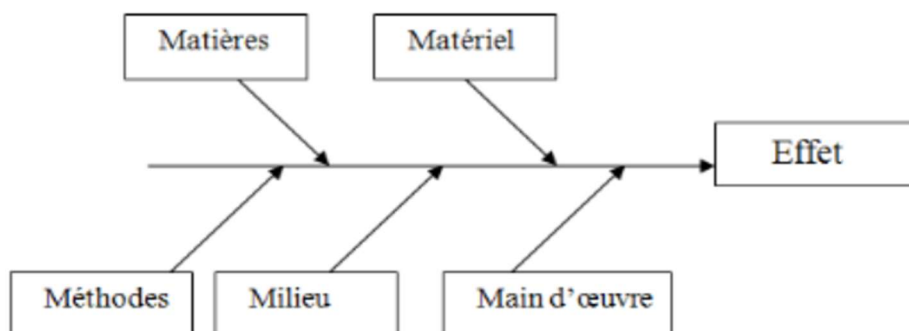


Fig. I. 2 Diagramme d'Ishikawa

I.14. Méthode ABC (Pareto) :

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 III.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. [11]

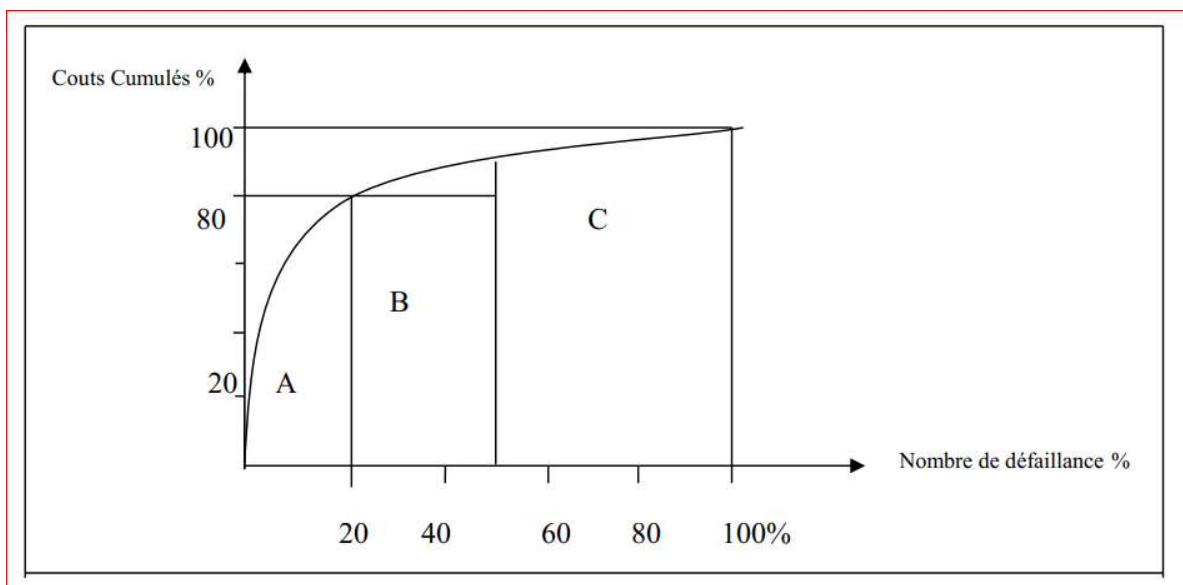


Fig. I. 3 La Courbe Pareto

I.14.1. But de la méthode ABC

L'exploitation de cette loi permet de :

- Diminuer les coûts de maintenance.

- Améliorer la fiabilité des systèmes. Justifier la mise en place d'une politique de maintenance.
[12]
- Déterminer les éléments les plus pénalisants afin d'en diminuer leurs effets
[12]

I.15 Méthode AMDEC [13]

Méthode AMDEC consiste à noter chaque mode de défaillance identifié selon 3 axes : la fréquence d'apparition (F), la gravité de l'effet pour le client (G) et enfin la probabilité de détection (D). On définit alors un « niveau de priorité de risque ».

NPR ou criticité C : $NPR = F * G * D$.

En adoptant le tableau suivant de cotation d'un mode de défaillance, dès que le NPR dépasse 100, il faut déclencher une action corrective afin de le ramener en dessous de la limite. Chaque action doit préciser : quel type d'action envisagée, qui est responsable de l'action, la note espérée à l'issue de l'action, le délai.

Tableaux. I. 1 Cotation d'un mode de défaillance

Cotations	Fréquences	Gravité	Détection
1 à 3	Jamais ou presque	Sans conséquence	100% ou presque
4 à 6	Possible	Mécontentement	Non optimale
7 à 9	Souvent	Très mécontent/panne critique	Inexistante/incertaine
10	Toujours	Problème de sécurité	Impossible

I.15.1 Différents types d'AMDEC

On peut distinguer trois types d'AMDEC :

1 : AMDEC moyens de production (moyen ou machine) : analyse des défaillances à la conception et/ou à l'utilisation d'un outil de production par rapport à la sûreté de son fonctionnement et à la conformité du produit à fabriquer.

2 : AMDEC produit ou service : analyse de la conception du produit ou du service afin de déterminer les défaillances potentielles à partir de l'analyse fonctionnelle de ce produit ou de ce service.

3 : AMDEC processus : analyse des défauts qui peuvent affecter le produit (output) et qui sont imputable au processus.

I.15.2. La démarche AMDEC

Initialisation de l'étude AMDEC : son but est de préciser le sujet étudié ainsi que les objectifs et les causes limites de l'étude, ensuite planifier les tâches à faire et distribuer les rôles du groupe de travail.

Préparation de l'analyse : préparer un cahier de charges fonctionnelles détaillé pour la démarche.

Identification des causes de défaillance : identifier les modes de défaillance potentiels de la machine, du produit ou du processus étudié. La méthode utilisée est le « déballage d'idées » ou brainstorming. On exprime pour chaque type d'AMDEC les défaillances possibles en les catégorisant ; comme par exemple : la fonction ne se réalise pas, cesse de se réaliser, réalise mais de manière dégradée ou bien la fonction se réalise de façon intempestive. Quel que soit le type d'AMDEC, chaque mode sera déclinée en : effet, causes, détection.. L'identification des causes de défaillance constitue l'ossature de l'AMDEC. La recherche de la cause consiste à mettre en évidence les causes, sous causes ... (la chaîne causale) qui entraînent le défaut jusqu'à la cause maîtrisable, il faut donc identifier l'arbre de défaillance.

Évaluation et hiérarchisation des causes de défaillance : il faut évaluer chaque mode de défaillance en termes de criticité et veiller à l'homogénéité de la notation.

Recherche des actions correctives : diminuer la probabilité d'apparition de la cause ou de mettre en place un contrôle pour diminuer le risque lié à la détection. Pour chaque action corrective, il faut préciser le triplet : une action, une personne, un délai.

Mise en œuvre des solutions : les décisions sont prises en tenant compte : de l'analyse AMDEC, des orientations stratégiques et économiques du produit, des coûts et délais des différentes solutions. Un calendrier des actions à réaliser doit être établi.

Suivi des actions et bouclage si nécessaire : Après la mise en œuvre des solutions, il est impératif de vérifier si les objectifs visés sont atteints. Dans le cas contraire, il faut reboucler sur l'étude AMDEC.

I.16. La méthode GANTT[14]

I.16.1 Généralités

C'est une méthode de type diagramme, créée vers 1918, encore très répandue. On peut en utiliser la technique sans pour autant présenter le diagramme. Elle consiste à déterminer la meilleure manière possible de positionner les différentes tâches d'un projet à exécuter sur une période déterminée en fonction :

- des durées de chacune des tâches;
- des contraintes d'antériorité entre les différentes tâches,
- des capacités de traitement (qui peuvent évoluer en fonction des heures supplémentaires accordées, des investissements réalisés).

- des délais à respecter,

I.16.2 Présentation de la méthode

Il faut tout d'abord:

- se fixer le projet à réaliser
- définir les différentes opérations à réaliser dans le cadre du projet,
- définir les durées de ces différentes opérations,
- définir les liens entre ces différentes opérations. Méthode Gantt

Opérations à réaliser :

Tableaux. I. 2 Opérations à réaliser

Réf des pièces à produire	Durée de fabrication
A	3 heures
B	6 heures
C	4 heures
D	7 heures
E	5 heures

Lien entre les différentes opérations:

Pour respecter les délais clients, il est nécessaire de fabriquer:

B et D après A,

C après B

E après D.

Le diagramme de GANTT se présente sous forme d'un tableau quadrillé

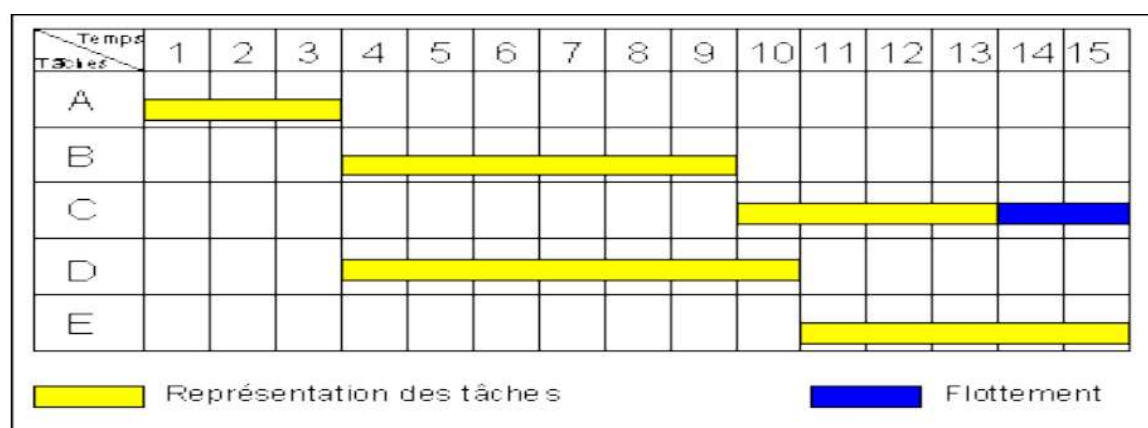
où:

- chaque colonne correspond à une unité de temps,
- chaque ligne correspond à une opération à réaliser.

On définit une barre horizontale pour chaque tâche; la longueur de celle-ci correspond à la durée de la tâche. La situation de la barre sur le graphique est fonction des liens entre les différentes tâches.

Ainsi, le GANTT correspondant à l'exemple précédent est le suivant:

Tableaux. I. 3 tableau quadrillé de diagramme de GANTT



I.16.3 Le diagramme de GANTT classique utilise le critère de représentation suivant

On commence le plus tôt possible les tâches qui n'ont pas d'antécédent, puis on représente les tâches ayant pour antécédent les tâches déjà représentées et ainsi de suite. Ce système conduit à créer des stocks, et ne correspond pas à un système juste à temps. On peut cependant le modifier en commençant les tâches au plus tard. Pour définir les liens entre les différentes tâches d'un projet, différentes

possibilités existent:

- Priorité à la fabrication du produit ayant la date de livraison la plus rapprochée (pour respecter les délais).
- Première commande confirmée, première commande exécutée (ce qui n'est pas forcément une bonne solution, car elle peut conduire à augmenter les stocks).

Priorité à la tâche dont la durée est la plus courte (méthode qui permet de diminuer le temps de changement de série).

- Priorité à la tâche ayant la plus petite marge.

Marge = temps restant à courir jusqu'à la livraison - le temps total d'achèvement
Priorité à la tâche ayant le ratio critique le plus faible.

Ces deux derniers critères ont pour objectif de tenir compte à la fois des délais et des temps de fabrication.

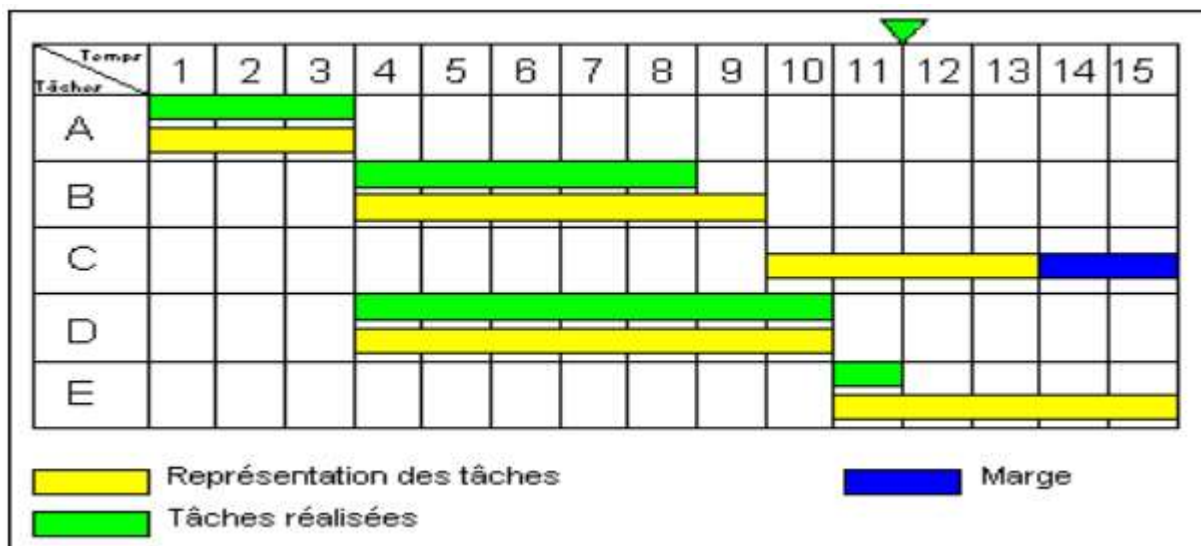
I.6.4 Utilisation du diagramme

Il permet de visualiser l'évolution du projet, de déterminer sa durée de réalisation

On peut mettre en évidence les flottements existants sur certaines tâches,

(le flottement correspond au temps de retard qu'on peut avoir sur une tâche, sans pour autant augmenter la durée globale de réalisation du projet). On peut représenter la progression du travail sur le diagramme et connaître à tout moment l'état d'avancement du projet.

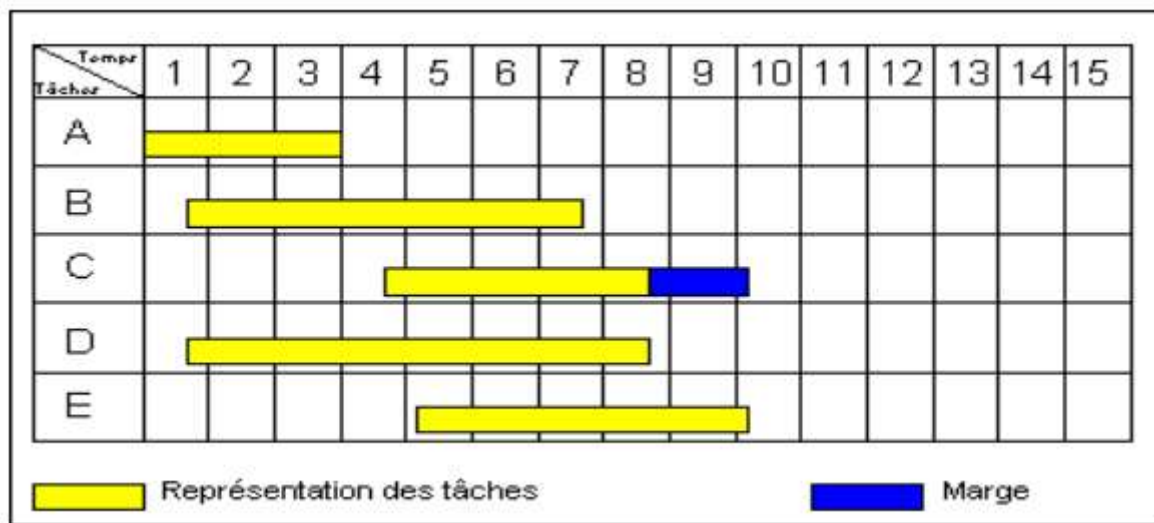
Tableaux. I. 4 Utilisation du diagramme de GANT



I.17 Optimisation

Il est possible de raccourcir le délai total de fabrication quand il n'est pas nécessaire d'attendre qu'une tâche antérieure soit entièrement terminée pour démarrer la suivante. Le calcul du délai optimum est alors fonction du personnel compétent disponible, du matériel et des coûts engendrés. Dans l'exemple précédent, si l'on considère que on peut démarrer les tâches B et D alors que 20% de la tâche A est effectuée, et que les tâches B et E peuvent démarrer alors que 50% des tâches précédentes (B et D) sont effectuées, le diagramme de GANTT sera alors le suivant:

Tableaux. I. 5 le diagramme de GANTT



On aura gagné près de 5 heures sur le délai précédent.

Aujourd'hui, de nombreux logiciels de gestion de production utilisent la méthode GANTT. Le diagramme de GANTT est un outil très simple à comprendre et à utiliser. Son utilisation est limitée aux problèmes simples ne comportant pas de nombreuses tâches. Le GANTT est avant tout une méthode de visualisation.

I.18. Utilité de la méthode GANTT

Elle permet de

- Modéliser la planification de tâches nécessaires à la réalisation d'un projet.
- Visualiser l'évolution du projet, de déterminer sa durée de réalisation.
- Mettre en évidence les flottements existant sur certaines tâches.
- Le flottement correspond au temps de retard qu'on peut avoir sur une tâche particulière sans autant augmenter la durée globale de réalisation de projet.
- Représenter la progression du travail et de connaître à tout moment l'état d'avancement du projet, mais également un bon moyen de communication entre les différents acteurs d'un projet.
- Le diagramme de GANTT est donc très utile pour manière évidente. Actuellement, ce diagramme est surtout un outil complémentaire de contrôle du déroulement du projet. « visualiser » le projet ; cependant si ce dernier comporte un grand nombre de tâches,

I.19. CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons présenté une étude générale sur la maintenance, les différents types de maintenance, les opérations de maintenance et les niveaux de maintenance. Pour être efficace, il faut d'abord avoir une idée aussi claire que possible des mécanismes qui influent sur les grandeurs significatives.

Dans le chapitre suivant, on va étudier les lois de calcul de FMD.

CHAPITRE II

Lois de calcul de FMD

II.1 Introduction

L'exécution de la maintenance dans une entreprise industrielle est d'une importance capitale pour maintenir les équipements en état de bon fonctionnement. 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 mécanique d'où l'intérêt d'outils, de modèles ou de méthodes plus adaptées. Le calcul de la fiabilité des systèmes mécaniques 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 mécanique est de plus en plus performant et compliqué. Ainsi, le choix d'une loi de comportement du matériel (calcul de la fiabilité) devient une tâche très compliquée .

Le but de la maintenance c'est de mettre en œuvre les objectifs (coûts, délai, qualité, etc.)

Fixés par la direction de production en tenant compte des événements (perturbations, aléas, etc.)de l'environnement.

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

- A 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, a 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).[15]

II .2 Définitions de la fiabilité

Probabilité qu'une entité puisse accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné $[t_1, t_2]$; que l'on écrit $R(t_1, t_2)$.

II .3 Objectifs de la fiabilité

La fiabilité a pour objectif de :

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

II.4 Les fonctions de probabilité [16] [8] :

II.4.1 La fonction de fiabilité :

Nous appelons $R(t)$ la fonction de fiabilité, qui représente la probabilité de fonctionnement sans défaillances pendant un temps (t) , ou la probabilité de survie jusqu'à un temps (t) . La probabilité d'avoir au moins une défaillance avant le temps (t) , qui représente la probabilité cumulative des défaillances, est appelé : « probabilité de défaillance »

II.4.2.Fonction de répartitions :

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

II.4.3.Densité de probabilité :

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

$$f(t) = \frac{df(t)}{dt} = -\frac{dR(t)}{dt} \quad (II.1)$$

II.4.4.Taux de défaillance :

C'est la probabilité instantanée d'une panne au temps $(t + \Delta t)$ sachant que mon dispositif est bon à l'instant t . [17]

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (II.2)$$

II.4.5. Les courbes de fiabilité :[16]

A. La courbe de la loi normale :

Dans la plupart des cas d'usure présente les caractères d'une distribution normale ou gaussienne.

La formule donnant la densité de probabilité de la loi normale s'écrit :

$$P(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(\frac{t-T}{2\sigma}\right)^2} \quad (\text{II.3})$$

Où T : désigne la vie moyenne et t le temps de fonctionnement accumulé

σ : l'écart type de durée de vie par rapport à la moyenne **Erreur ! Signet non défini.**

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum (t-T)^2} \quad (\text{II.4})$$

n : le nombre de pannes

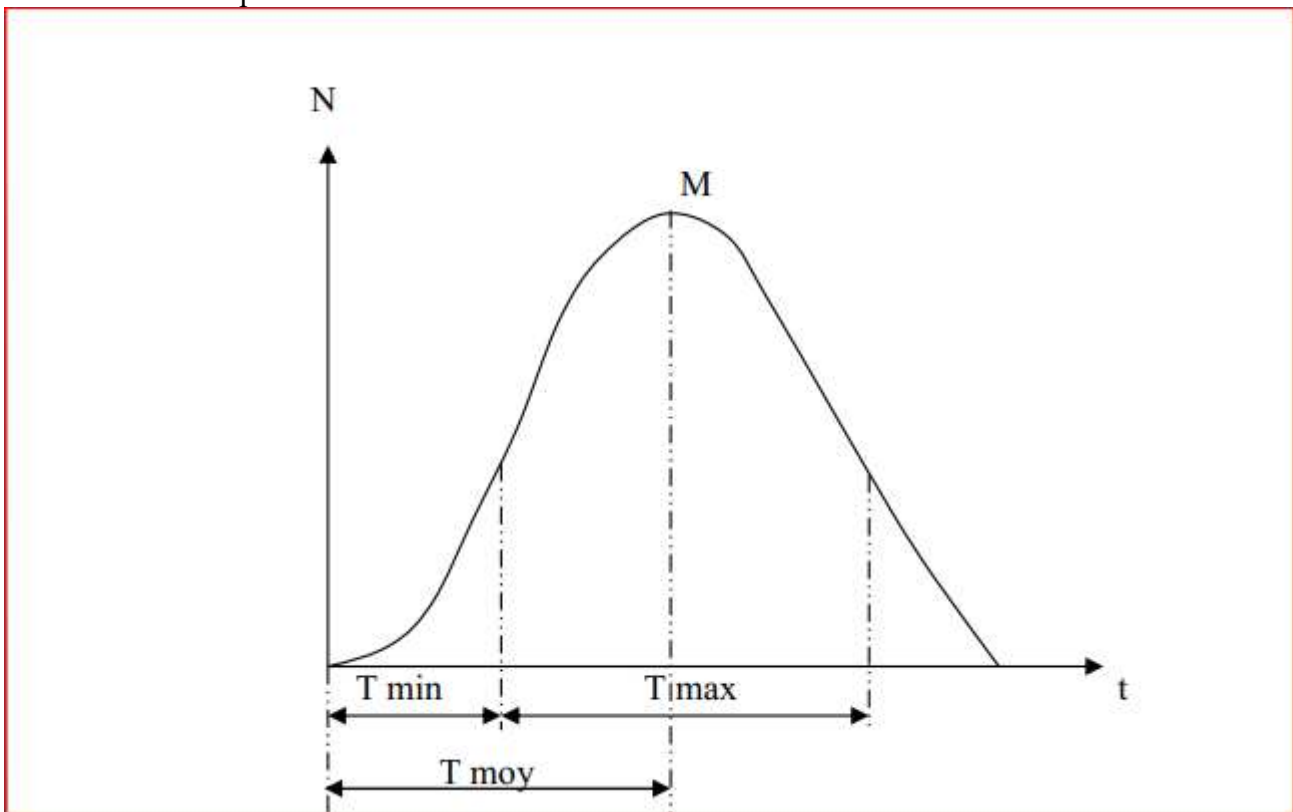


Fig. II. 1 Courbe de la loi normale

Comme on le voit à partir de cette courbe de la loi normale, la probabilité de pannes par usure croît avec l'âge de manière extrêmement lente au début, mais à mesure que l'âge se rapproche de la vie moyenne cet accroissement devient très rapide. [12]

B. Courbe des modes de défaillances ou courbe en baignoire :

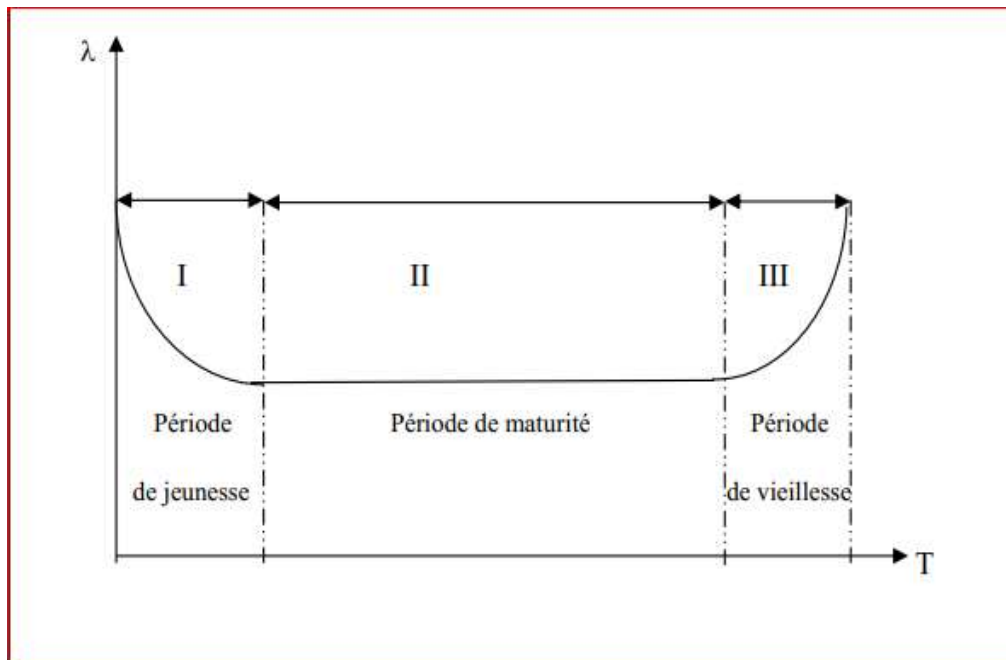


Fig. II. 2 Courbe en baignoire

Zone I : Epoque de jeunesse.

Zone II : Epoque de maturité, fonctionnement normal, défaillance aléatoire indépendante du temps.

Zone III : Epoque d'obsolescence, défaillances d'usure ou pannes de vieillesse. Le taux de défaillance, noté $\lambda(t)$, est un indicateur de la fiabilité. Il représente une proportion de dispositifs survivants à un instant. [18]

II.4.6 Les lois principales de fiabilité :

II.4.6.1 La loi exponentielle

Cette loi a de nombreuses applications dans plusieurs domaines. C'est une loi simple, très utilisée en fiabilité dont le taux de défaillance est constant. Elle décrit la vie des matériels qui subissent des défaillances brutales [19].

Les propriétés principales de la distribution exponentielle sont :

Tableaux. II. 1 Principales propriétés de la distribution exponentielle

Désignation	Formules
Densité de probabilité	$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$
Fonction de répartition	$F(t) = 1 - e^{-\lambda t}$
Fiabilité	$R(t) = e^{-\lambda t}$
Taux de défaillance	$\lambda(t) = \lambda = c^{te}$
Espérance	$E(t) = 1/\lambda$
Variance	$\sigma^2 = 1/\lambda^2$
Ecart type	$\sigma = 1/\lambda$

II.4.6.2 La loi normale (Laplace-Gauss)

La loi normale est très répandue parmi les lois de probabilité car elle s'applique à de nombreux phénomènes. En fiabilité, la distribution normale est utilisée pour représenter la distribution des durées de vie de dispositifs en fin de vie (usure) car le taux de défaillance est toujours croissant. On ne l'utilisera que si la moyenne des durées de vie est supérieure à 3 fois l'écart type. En effet, t est toujours positif, alors que la variable normale est définie de $-\infty$ à $+\infty$

Tableaux. II. 2 Principales propriétés de la distribution normale

Densité de probabilité	Fonction de répartition	Fiabilité	Taux de défaillance
$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2\right]$	$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$	$R(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^\infty e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}} dt$	$\lambda(t) = \frac{e^{-\frac{(t-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\int_t^\infty e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx}$
$f(t) = \frac{1}{\sigma} \phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$	$F(t) = \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$	$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)$	$\lambda(t) = \frac{1}{\sigma} \frac{\phi\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)}{\Phi\left(\frac{\mu-t}{\sigma}\right)}$

$u = (t - \mu) / \sigma$: variable normale centrée réduite.

(II.5)

II.4.6.3 La loi de Weibull

C'est la plus populaire des lois, utilisée dans plusieurs domaines (électronique, mécanique,...), elle permet de modéliser en particulier de nombreuses situations d'usure de matériel, elle caractérise le comportement du système dans les trois phases de vie : période de jeunesse, période de vie utile et période d'usure ou vieillissement.

Dans sa forme la plus générale, la distribution de Weibull dépend des trois paramètres suivants : [20].

β : Paramètre de forme ($\beta > 0$);

η : Paramètre d'échelle ($\eta > 0$);

γ : Paramètre de position ($\gamma \geq 0$);

Tableaux. II. 3 Principales propriétés de la loi de weibull

Fiabilité	Densité de probabilité	Taux de défaillance
$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ ($t > \gamma$)	$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ ($t > \gamma$)	$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$

Suivant les valeurs de β , le taux de défaillance est soit décroissant ($\beta < 1$) soit constant ($\beta = 1$), soit croissant ($\beta > 1$). La distribution de Weibull permet donc de représenter les trois périodes de la vie d'un dispositif décrites par la courbe en baignoire. Le cas $\gamma > 0$ correspond à des dispositifs dont la probabilité de défaillance est nulle jusqu'à un certain âge γ .

Le cas $\gamma < 0$ est non défini

Le cas $\gamma = 0$ correspond à des dispositifs neufs la formule de Weibull est dite à deux variables

II.4.6.4 La loi Log-normale (ou de Galton)

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

Tableaux. II. 4 Principales propriétés de la distribution log-normale

Fiabilité	Densité de probabilité	Taux de défaillance
$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)$	$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)^2}$	$\lambda(t) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right)^2}}{t \int_0^\infty \sigma\sqrt{2\pi} f(x) dx}$

II.4.6.5 La loi Gamma

La loi gamma est la loi de l'instant d'apparition du $\alpha^{\text{ème}}$ évènement dans un processus de Poisson.

Soit $\{T_i\}$ $i = 1, 2, \dots, \alpha$, le vecteur représentant les durées inter-évènements (les temps entre les défaillances successives d'un système). Si ces durées sont des variables aléatoires indépendantes et identiquement distribuées selon une loi exponentielle de paramètre β , alors le temps cumulé d'apparition de α défaillances suit une loi Gamma de paramètre (α, β) .

Sa densité de probabilité s'écrit :

Tableaux. II. 5 Principales propriétés de la distribution Gamma

Densité de probabilité	Taux de défaillance
$f(t) = \frac{\beta^\alpha \cdot t^{\alpha-1} e^{-\beta t}}{\Gamma(\alpha)} \quad \alpha \geq 0, \text{ et } \beta \geq 0$	$\lambda(t) = \frac{\beta^\alpha \cdot t^{\alpha-1} e^{-\beta t}}{\int_t^\infty \Gamma(\alpha) f(u) du}$ avec $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty e^{-x} X^{\alpha-1} dx$

La loi gamma est très utilisée dans l'approche bayésienne, elle est la conjuguée naturelle de la loi exponentielle de paramètre λ .

II.4.6.6 La loi uniforme

C'est une loi utilisée dans l'approche bayésienne pour modéliser l'avis d'experts face à une situation donnée. La densité de probabilité d'une loi uniforme sur $[0, a]$ sont données par les formules suivantes: [10].

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{a} & \text{si } 0 \leq t \leq a \\ 0 & \text{si } t > a \end{cases} \quad (\text{II.6})$$

Plus généralement, la distribution de probabilité d'une loi uniforme sur $[a, b]$ s'écrit:

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{a} & \text{si } 0 \leq t \leq a \\ 0 & \text{sin on} \end{cases} \quad (\text{II.7})$$

II.4.6.7 La loi du Khi-deux

La loi du Khi-deux, ou loi de Pearson, ne sert pas à modéliser directement la fiabilité, mais essentiellement au calcul des limites de confiance lors des estimations par intervalle de confiance. Elle est caractérisée par un paramètre positif v appelé degrés de liberté et n'est définie que pour des valeurs positives.

La densité de probabilité d'une loi de Khi-deux à v degrés s'écrit :

$$f(t) = \frac{1}{2^{\frac{v}{2}} \Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} t^{\frac{v}{2}-1} e^{-\frac{t}{2}} \quad t \geq 0 \quad (\text{II.8})$$

La loi du Khi-deux est décrite par une table statistique.

II.4.6.8 Loi de distribution combinée

Dans beaucoup d'équipements on peut observer le phénomène suivant [10]: L'ensemble de la machine est en période de vieillesse alors que certains des éléments ou sous-

ensembles continuent d'avoir des comportements exponentiels. En considérant que ces 2 types de pannes (usure et aléatoire) sont indépendants on peut écrire pour l'intensité de pannes de l'ensemble:

$$\lambda = \lambda_{\text{aléatoire}} + \lambda_{\text{usure}}$$

Où $\lambda_{\text{aléatoire}}$, λ_{usure} - intensité de pannes due à des pannes aléatoires et d'usure; La probabilité de non défaillance de l'ensemble serait celle où il n'y aurait ni pannes aléatoires, ni pannes d'usure. [21].

$$R(t) = R_{\text{al}}(t) \cdot R_{\text{us}}(t)$$

(Seulement pour les systèmes en série)

Les pannes aléatoires suivent une loi de distribution exponentielle, les pannes graduelles suivent une loi de distribution normale

$$R_{\text{al}}(t) = e^{-\lambda_{\text{al}} t}$$

$$R_{\text{us}}(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-MTBF)^2}{2\sigma^2}} dt \quad \text{Alors} \quad R(t) = \frac{e^{-\lambda_{\text{al}} t}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-MTBF)^2}{2\sigma^2}} dt \quad (\text{II.9})$$

La densité de probabilité s'écrit:

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

$$R(t) = \frac{\lambda_{\text{al}} e^{-\lambda_{\text{al}} t}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^{\infty} e^{-\frac{(t-MTBF)^2}{2\sigma^2}} dt + e^{-\lambda_{\text{al}} t} \cdot \frac{e^{-\frac{(t-MTBF)^2}{2\sigma^2}}}{\sigma\sqrt{2\pi}} \quad (\text{II.10})$$

En intégrant de 0 à ∞ l'expression $R(t)$ on obtient la formule approximative de l'espérance mathématique pour cette loi.

$$M(t) = \frac{1}{\lambda_{\text{al}}} \left(1 - e^{-\lambda_{\text{al}} \cdot MTBF + \frac{\lambda_{\text{al}} \sigma^2}{2}} \right) \quad (\text{II.11})$$

II.4.6.9 La loi de Birnbaum – Saunders

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

$$f(t) = \frac{1}{\beta t^2 a^2 2\sqrt{2\pi}} \frac{t^2 - \beta^2}{\left[\frac{t}{\beta}\right]^{\frac{1}{2}} - \left[\frac{\beta}{t}\right]^{\frac{1}{2}}} e^{\left[\frac{1}{2a^2} \left(\frac{t}{\beta} + \frac{\beta}{t} - 2\right)\right]} \quad (\text{II.12})$$

Avec

$$t \geq 0, \alpha \geq 0 \text{ et } \beta \geq 0$$

La fonction de fiabilité est donnée par la formule

$$R(t) = 1 - \Phi \left\{ \frac{1}{\alpha} \left[\left(\frac{t}{\beta} \right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{\beta}{t} \right)^{\frac{1}{2}} \right] \right\} \quad \alpha \geq 0 \text{ et } \beta \geq 0 \quad (\text{II.13})$$

Où $\Phi(t)$ est la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite.

$$F(t) = \Phi \left(\frac{1}{\alpha} \xi \left(\frac{1}{\beta} \right) \right) \quad t > 0, \alpha > 0 \text{ et } \beta > 0 \quad (\text{II.14})$$

$$\xi(t) = \sqrt{t} - \frac{1}{\sqrt{t}} \quad (\text{II.15})$$

II.4.7 Fiabilité d'un système complexe

• **Système série:** la défaillance d'un seul composant entraîne la défaillance du système

$$R_{\text{syst}}(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t)$$

• **Système parallèle:** il faut que tous les composants soient défaillants pour que le C1 système soit défaillant (chacun des composants peut assurer seul la mission)

$$R_{\text{syst}}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)]$$

• **système mixte:** constitué de sous-ensembles série, en parallèle. [22]

II.5 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 caractérise la facilité de remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement.

La maintenabilité est caractérisée par la moyenne des temps techniques de réparation MTTR : [23]

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N} \quad (\text{II.16})$$

II.5.1 Taux de réparation μ :

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

(II.17)

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. Il s'y ajoute le temps de réparation proprement dit (Figure II-3) donne l'allure de la probabilité de réparation d'un composant tombé en panne en $t=0$.

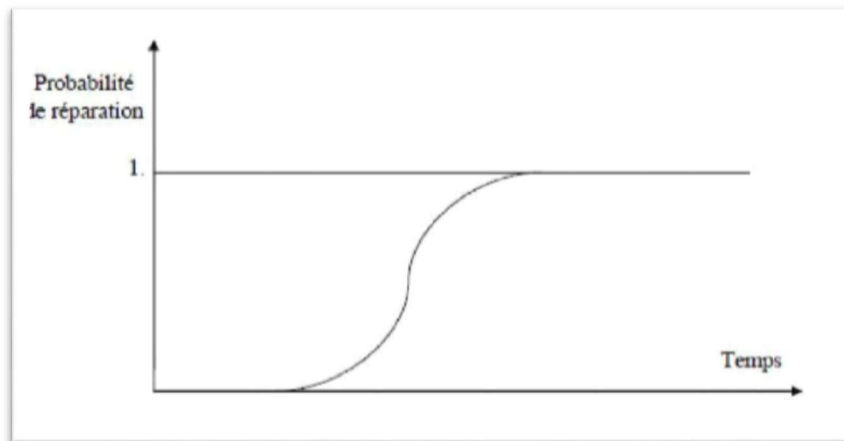


Fig. II. 3 probabilités de réparation au cours de temps

II.5.2 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.

Le maintenicien doit améliorer la maintenabilité par les actions suivantes: [23]

- 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

II.5.3 Maintenabilité et maintenance

Pour un technicien de maintenance, la maintenabilité est la capacité d'un équipement à être

rétabli lorsqu'un besoin de maintenance apparaît. L'idée de « facilité de maintenir » se matérialise par

des mesures réalisées à partir des durées d'intervention.

Il est évident que la maintenabilité intrinsèque est le facteur primordial pour que la maintenance soit performante sur le terrain. En effet, une amélioration ultérieure de la maintenabilité initiale n'est jamais chose facile.

Il est donc indispensable que la maintenance sache définir ses besoins et les intégrer au cahier des charges d'un équipement nouveau afin que celui-ci puisse être facilement maintenable.[24]

II.5.4 Maintenabilité et disponibilité

La figure suivante montre la relation entre la disponibilité, la fiabilité et la maintenabilité :

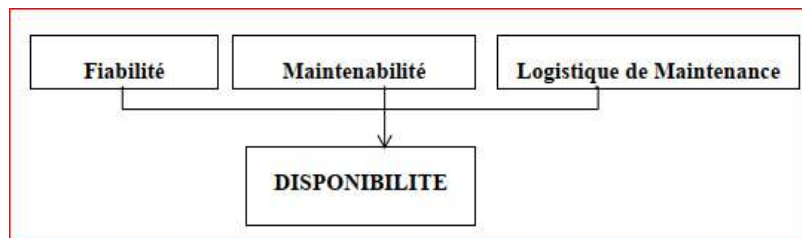


Fig. II. 4 Composant de la disponibilité

Le schéma ci-dessus rappelle les composantes de la disponibilité d'un équipement. Il met en évidence :

- Que la maintenabilité est un des leviers d'action pour améliorer la disponibilité et donc la productivité d'un équipement,
- Que la fiabilité et la maintenabilité sont 2 notions parallèles de même importance (et dont les démarches d'analyse sont semblables)

II.6. Etude de la disponibilité [25]

AFNOR X60 – 500 : « 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 ».

II.6.1. Différents types de la disponibilité

II.6.1.1. 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 :

II.6.1.2. Disponibilité moyenne

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

TCI: Temps cumulé d'immobilisation

II.6.1.3. Disponibilité opérationnelle

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

Avec

:

MTL : moyenne des temps logistiques.

II.6.1.4. 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 :

$$A^\infty = \frac{\mu}{(\mu + \lambda)} \quad \text{Avec} \quad (\text{II.18})$$

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} \quad (\text{II.19})$$

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

II.6.1.5. Disponibilité instantanée

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

$$D(t) = \frac{\mu}{(\mu + \lambda)} + \frac{\lambda}{\mu + \lambda} e^{-(\mu + \lambda)t} \quad (\text{II.20})$$

II.7. Conclusion

Nous avons consacré à travers ce chapitre les notions de base concernant la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité pour bien comprendre les mots clés de notre travail, on a vu aussi au cours de ce chapitre, les méthodes d'analyse de défaillance telles que la courbe ABC et l'histogramme de PARETO et la méthode d'Ichikawa. Dans le chapitre suivant ; on présentera l'entreprise qu'on va faire notre stage.

CHAPITRE III

Description de l'entreprise

Introduction

La maintenance est devenue une nécessité dans les entreprises, elle consiste à conserver ou à remettre un équipement en état de bon fonctionnement. Dans ce sens, les entreprises font appel aux services de maintenance pour la bonne marche de l'exploitation de ses équipements. Ces services organisent les moyens humains et matériels pour accomplir leur fonction de maintenance.

Les installations, les équipements tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples telles que l'usure, la déformation due au fonctionnement ou l'action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphères, etc.). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement, diminuer les capacités de production, mettre en péril la sécurité des biens et des personnes, provoquer des rébus ou diminuer la qualité, augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.) ou diminuer la valeur marchande de ces moyens. Maintenir c'est donc effectuer des opérations de dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration etc., qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Bien maintenir c'est aussi ces opérations au coût global optimum.

Ce chapitre donne un aperçu de l'entreprise de transformation d'aluminium ALGAL PLUS à M'sila avec une explication des procédés de fabrication de l'aluminium. En plus de quelques notions générales de maintenance ; définition, rôle, objective, et types de maintenance.

III.1 Description de l'entreprise ALGAL PLUS**III.1.1 Présentation de la société ALGAL PLUS**

La société ALGAL+ est une société installée à M'sila située dans wilaya de M'SILA plus précisément dans la zone industrielle spécialisée à la transformation de l'aluminium. La fonction principale est la production des profilés d'aluminium de toutes les formes selon l'exigence du client en utilisant la technique de l'extrusion. Cette entreprise est un complexe industriel qui a été installée dans l'année 1985 par la société japonaise qu'est appelée **UBE**,

Il y a deux presses d'extrusion UBE à une commande Automatique, une chaîne verticale de thermo laquage et faux bois, une chaîne d'anodisation et de coloration chimique, deux ateliers de fonderie (refonte), un atelier de tri/traitement de déchets et plus des ateliers en cours de constructions.

Il y a des autres unités et des ateliers on va les sites dans le développement la suite.

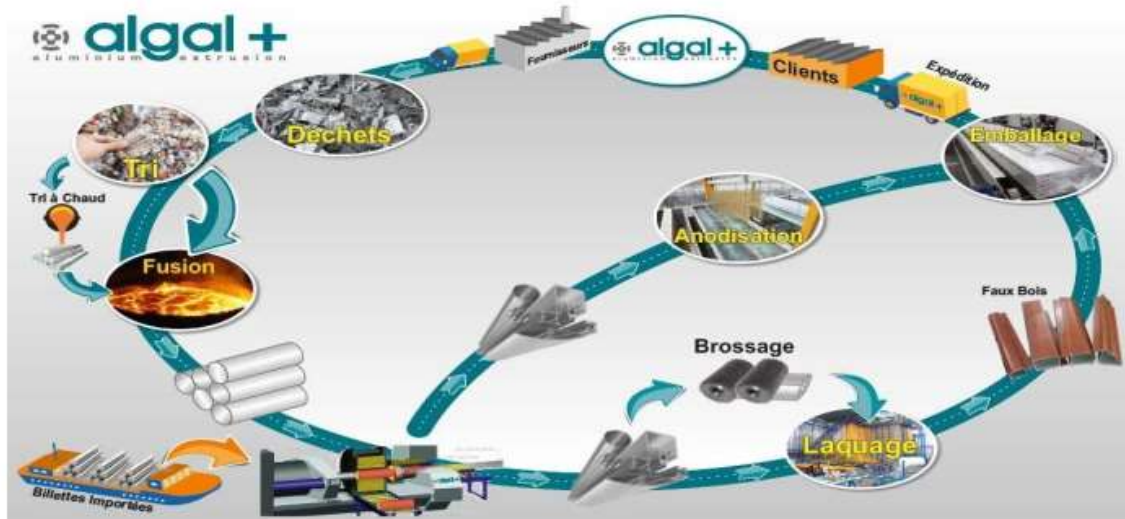


Fig. III. 1 Cartographie de la chaîne de valeurs ALGAL PLUS.

III.1.2 Les activités de cette société

- La production des plusieurs types des profilés d'aluminium.
- Traitement des surfaces, anodisation, coloration et laquage.
- Fournir des matériaux préliminaires comme les billettes, lingots, produits chimiques, les filières et pièces de rechanges.
- Produite les séries des profilés :29000, 41000, 42000 et de la longueur 600 mm
- La capacité de fabrication de 32 tonnes/jour.
- Exportation des profilés extrudé.

III.1.3 Cartographies des processus ALGAL PLUS

Avec une progression de 3000 tonnes/an sur les huit prochaines années, pour atteindre une capacité de production de l'ordre de 40000 tonnes/an aux dix années prochaines.

Le complexe d'aluminium M'SILA conservera sa position de leader pour répondre à la demande croissante du marché. En effet, les installations déjà installées sur une superficie de 123000 m², à savoir station électrique haute tension 63KV, station électrique moyenne tension 30KV, station essence, station de traitement des eaux, sont dimensionnées pour accueillir quatre autres presses en plus des presses en service.

La **figure III.1** montre le processus de la production de profiles d'aluminium et dévers processus de support.

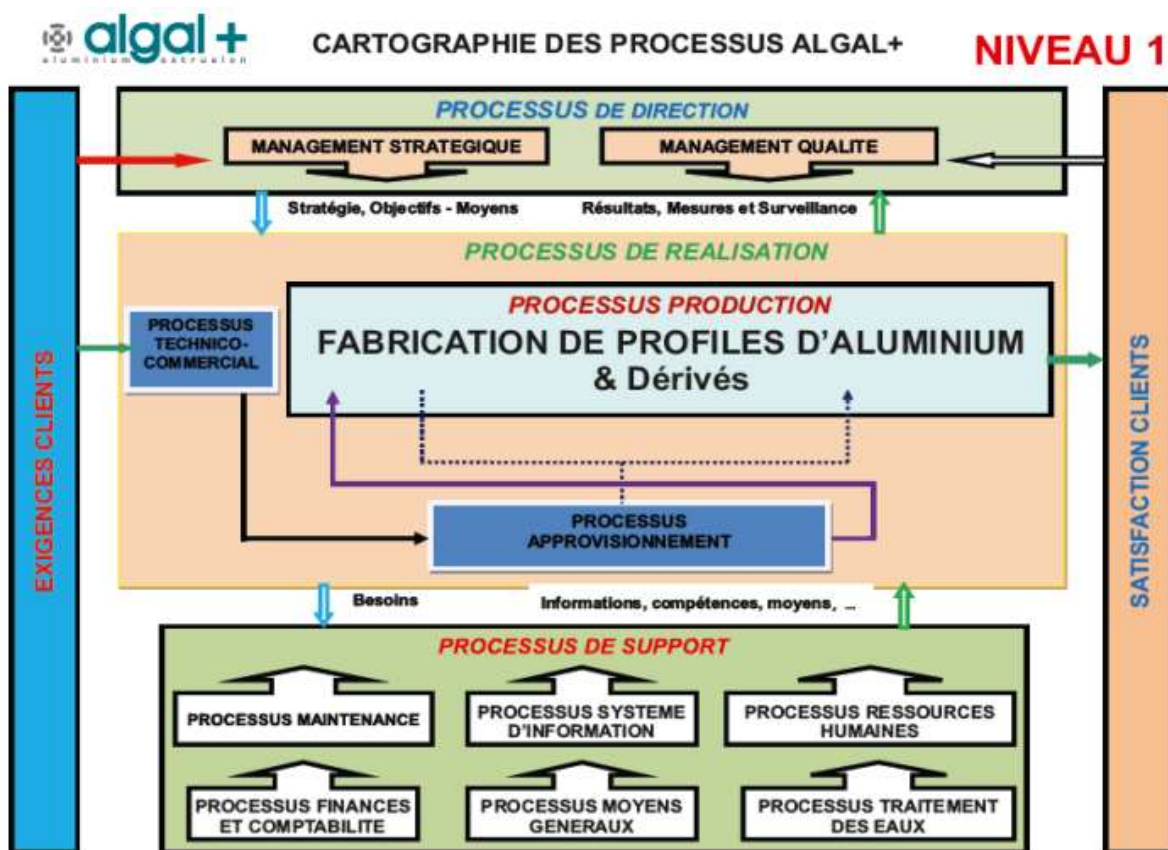


Fig. III. 2 Cartographie des processus ALGAL PLUS.

III.1.4 Les unités d'entreprise

Le Figure suivant illustre la répartition géographique des différentes unités.

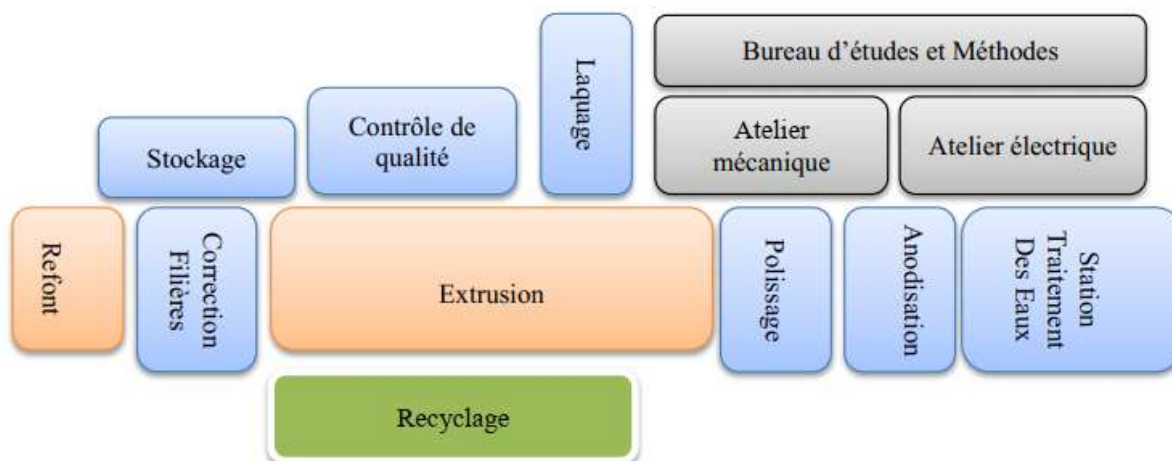


Fig. III. 3 Représentation la situation du service de maintenance dans une entreprise

III.1.5 Les étapes de fabrication

III.1.5.1 Unité de recyclage et valorisation

Dans cette unité, on refond (recycle) les produits défectueux apparus dans le processus de fabrication des profilés ainsi que les déchets en Aluminium provenant de l'extérieur, tout ça pour obtenir les billettes.

- Il y a deux billettes sont réalisés :
 - Billette de diamètre 172 mm et poids linéaire 62.8 kg/m.
 - Billette de diamètre 216 mm et poids linéaire 98.9 kg/m.
- La longueur de billette est de 3700 mm max.

Pour fabriquer la billette il faut passe par les deux ateliers mentionnés ci-dessus.

III.1.5.1.1 L'atelier de tri

Cet atelier chargé a découpe les pièces en l'aluminium des grandes dimensions a des petites, et après le découpage on faire sortir les éléments non désirés par des procédés comme le plastique, le fer, le cuivre pour garder la teneur de l'aluminium nette . Ces pièces sont des déchets de l'extérieur (toute pièces en aluminium).

III.1.5.1.2 La refonte

Dans cette unité, on refond (recycle) les produits défectueux apparus dans le processus de fabrication des profilés ainsi que les déchets en aluminium provenant de l'extérieur pour produire les billettes.

III.1.5.2 Le four de fusion

dans la l'atelier de refont il y a deux fours de fusion de même construction et de même mission qui est la fusion de notre métal, donc le four est un récipient dans laquelle s'accumule l'aluminium fondu à haute température, les matériaux réfractaires en contact avec le métal fondu doivent supporter suffisamment l'atmosphère réductrice à haute température, le four porté à une température de l'atmosphère de 900 à 100° C et à une température du métal fondu de 720 à 750 °C , le four construite à l'intérieur par céramique et à l'extérieur par une superalliage à base de nickel.



Fig. III. 4 four de fusion.

Après la fusion d'aluminium on l'oriente à travers une conduite et on le décharge dans des moules prenant la forme d'une billette.

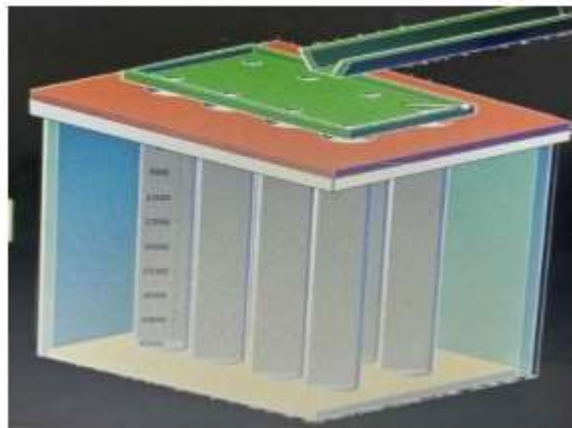


Fig. III. 5 moules des billettes.

III.1.5.3 Le four d'homogénéisation

On oriente les billettes vers cette étape pour faire l'homogénéisation des phases de métal par le chauffage pour assurer la distribution uniforme pendant 7 heures de réchauffement et 4 autres heures de maintien sous haute température de 560 °C



Fig. III. 6 four d'homogénéisation

III.1.5.4 La chambre de refroidissement

Après le réchauffement des billettes on les prend à une chambre de refroidissement, cette dernière assurée par turbo ventilateur.



Fig. III. 7 chambre de refroidissement

III.1.5.5 Sciage et stockage des billettes

Les deux bouts des billettes coulées par la machine de coulée ne sont pas lisses et possèdent une crique et un dépôt d'oxyde. Par conséquent, il y a lieu de couper leurs deux bouts. La machine à couper réservée à cet usage est généralement une scie circulaire. Pour le débitage du métal doux tel que l'aluminium, il faut que l'opération soit effectuée avec les dents plus espacés et à une grande vitesse de coupe.



Fig. III. 8 Scie à billettes.

Cette étape c'est la dernière dans l'unité de recyclage et valorisation, donc on saute à l'unité de l'extrusion.

III.1.5.6 Unité d'extrusion

L'extrusion est un processus de déformation plastique dans lequel un bloc de métal (Billette) est forcé à s'écouler par compression à travers l'ouverture de filière d'un Inférieure à celle de la billette d'origine, comme le montre la Figure 1.9. L'extrusion est un procédé de compression directe.

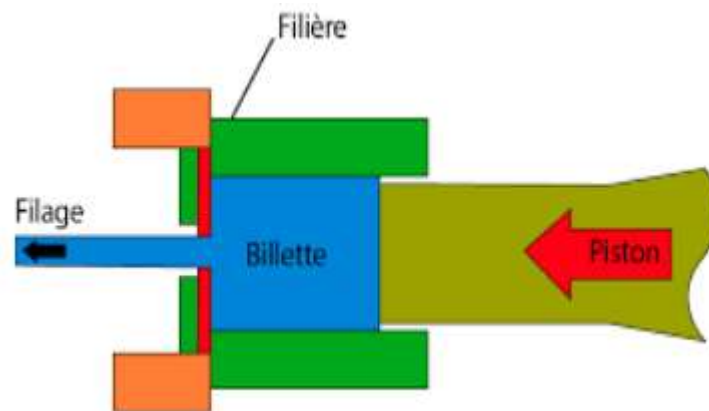


Fig. III. 9 Principe d'extrusion.

III.1.5.7 L'unité de l'anodisation et laquage

La coloration ou bien la peinture des profilés se fait dans cette unité, mais avant de faire ça il faut on fait polissage pour traiter la surface, elle retirera toute trace de coupe.

III.1.5.7.1 L'anodisation

S'agit d'une technique basée sur l'électrolyse qui dépose sur la surface de la pièce une couche protectrice alors les profilés deviennent plus durs et résistants.

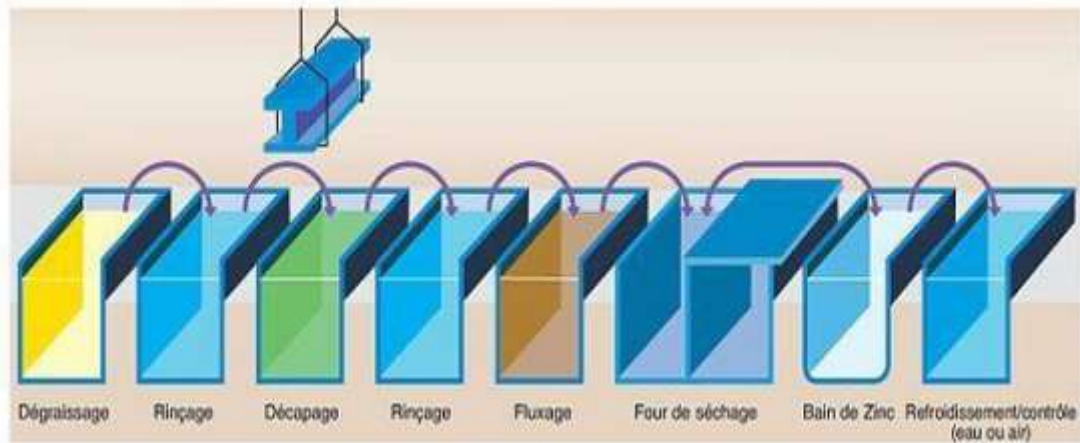


Fig. III. 10 Principe de l'anodisation.

III.1.5.7.2 Laquage de l'aluminium

Laquage de l'aluminium est un procédé par lequel on applique sur l'aluminium de la peinture (sous forme de poudre) qui est ensuite polymérisation et cuite. Avant de laquage, l'aluminium subit différentes étapes de traitement de surface (le dégraissage), le laquage de l'aluminium permet d'obtenir une très vaste palette de couleurs et rend le matériau particulièrement résistant aux rayures et aux chocs, donne les profilés une excellente durée de vie.



Fig. III. 11 Principe de laquage.

III.2.Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé une vue générale de l'entreprise ALGAL PLUS de transformation d'aluminium à M'sila avec une explication des procédés de fabrication de l'aluminium.

Chapitre IV

Application de l'analyse FMD sur la presse 2500T

IV.1.Introduction

Pour faire l'analyse des paramètres FMD (fiabilité, maintenabilité et disponibilité), Il doit être choisi un système important dans l'industrie et leur historique de pannes. L'évaluation de l'état de santé de la machine faite par le calcul de la fiabilité, la maintenabilité et la disponibilité. Dans notre travail, on a choisi la presse 2500T à cause de son importance dans l'entreprise ALGAL+.

IV.2. Les pannes de la presse 2500T:

Le stage qu'on a fait au sien de l'entreprise ALGAL+ nous a permet de prendre l'historique de panne de la presse 2500T pendant 4 mois. Cet historique est montré dans le tableau suivant:

Tableaux. IV. 1 Historique des pannes de la presse 2500T

TBF	TTR	pane	date	TBF	TTR	pane	date
1	0,83	table billets	06/01/2021	7	0,41	palan filieres	08/02/2021
1	0,74	tracteur de fillage	06/01/2021	7	0,33	table chargée	08/02/2021
1	0,5	four	07/01/2021	7	0,58	four a billettes	09/02/2021
3	0,58	sci initial	07/01/2021	7	2,16	Table billettes	10/02/2021
3	0,41	tracteur de fillage	07/01/2021	7	0,74	table billettes	13/02/2021
4	0,83	sci initial	08/01/2021	7	4,16	tracteur de fillage	14/02/2021
4	0,33	thermocouple	08/01/2021	7	1,74	four a billettes	16/02/2021
4	1,5	tracteur de fillage	08/01/2021	7	1,16	table billettes	16/02/2021
4	0,74	tracteur de fillage	09/01/2021	7	0,5	table chargée	16/02/2021
4	0,5	four	10/01/2021	7	0,91	table billettes	17/02/2021
4	0,25	tracteur de fillage	10/01/2021	7	0,5	reglage presse	17/02/2021
4	1,83	Etireuse	#####	7	0,25	palan filieres	20/02/2021
4	0,66	four a billettes	13/01/2021	7	0,74	four a billettes	20/02/2021
5	0,33	tracteur de filage	16/01/2021	7	1,83	tracteur de filage	21/02/2021
5	0,25	thermocouple	17/01/2021	8	6,41	tracteur de filage	22/02/2021
5	1,16	palan filièrès	17/01/2021	8	3,74	réglage presse	22/02/2021
5	1,41	sci finale	17/01/2021	10	2,33	tracteur de filage	23/02/2021
5	1,66	sci finale	18/01/2021	10	0,33	thermocouple	23/02/2021
5	1,83	Table de refroidissement	18/01/2021	10	0,66	Table de refroidissement	23/02/2021
5	0,41	tracteur de filage	19/01/2021	10	1,08	tracteur de filage	24/02/2021
6	0,66	poussoir billettes	19/01/2021	10	0,58	thermocouple	25/02/2021
6	0,5	table chargé	20/01/2021	10	23	coupure de courant	26/02/2021
6	0,41	table chargée	21/01/2021	10	5	Table de refroidissement	27/02/2021
6	0,58	tracteur de filage	21/01/2021	10	0,91	convoyeur de profilée	28/02/2021
6	0,91	table billettes	23/01/2021	10	0,5	four a billettes	28/02/2021
6	0,33	thermocouple	24/01/2021	10	0,41	thermocouple	28/02/2021
6	0,5	sci initiale	25/01/2021	10	1,83	tracteur de filage	28/02/2021
6	1	palan filièrès	27/01/2021	10	0,16	tracteur de filage	01/03/2021

7	1	thermocouple	27/01/2021
7	0,74	tracteur de filage	28/01/2021
7	2,16	sci initiale	28/01/2021
7	1,5	température de huile	31/01/2021
7	0,5	tracteur de filage	02/02/2021
7	0,66	tracteur de filage	03/02/2021
7	0,5	coupure de courante	04/02/2021
7	2,16	tracteur de filage	04/02/2021
7	1,16	tracteur de filage	06/02/2021
7	0,25	tracteur de filage	07/02/2021
7	0,83	convoyeur de profilée	08/02/2021

10	0,41	tracteur de filage	02/03/2021
10	1,16	convoyeur de profilée	02/03/2021
10	0,58	convoyeur de profilée	03/03/2021
10	0,5	convoyeur de profile	04/03/2021
10	0,25	sci initiale	04/03/2021
10	1,83	tracteur de filage	06/03/2021
11	1,25	sci finale	06/03/2021
11	1	convoyeur de profilée	07/03/2021
11	1,41	tracteur de filage	07/03/2021
11	1,5	réglage presse	08/03/2021
11	2,66	tracteur de filage	09/03/2021
11	2	four a filière	09/03/2021

11	1,16	convoyeur de profilée	10/03/2021
11	0,16	Thermocouple	10/03/2021
11	1	tracteur de filage	10/03/2021
11	2,25	convoyeur de profilée	11/03/2021
11	1	tracteur de filage	11/03/2021
11	23	coupure de courante	12/03/2021
11	1,83	four a billettes	13/03/2021
11	0,41	tracteur de filage	14/03/2021
11	0,5	four a billettes	14/03/2021
11	1	convoyeur de profile	15/03/2021
11	1,41	tracteur de filage	16/03/2021
11	1	sci finale	16/03/2021
11	1,74	convoyeur de profilée	16/03/2021
11	1,83	tracteur de	17/03/2021

22	2,16	tracteur de filage	31/03/2021
22	1,5	table chargée	01/04/2021
22	3,74	convoyeur de profilée	02/04/2021
22	2,58	convoyeur de profilée	03/04/2021
22	0,91	four a billettes	03/04/2021
22	0,16	reglage presse	04/04/2021
23	0,16	convoyeur de profilie	04/04/2021
23	2,25	convoyeur de profilie	05/04/2021
23	1	pompe auxiliaire	05/04/2021
23	0,5	table chargée	05/04/2021
23	0,41	tracteur de filage	06/04/2021
23	0,74	Table de refroidissement	06/04/2021
23	0,58	convoyeur de profilée	07/04/2021
23	1,25	coupure de	07/04/2021

		filage				courante	
11	6,5	four a billettes	17/03/2021	23	1,16	etireuse	07/04/2021
13	1,83	four a billettes	18/03/2021	23	0,25	tracteur de filage	07/04/2021
13	1	tracteur de filage	19/03/2021	23	0,66	tracteur de filage	08/04/2021
13	0,25	Thermocouple	20/03/2021	23	0,66	table billettes	08/04/2021
13	0,74	tracteur de filage	20/03/2021	23	3,16	four a billettes	08/04/2021
13	1,58	tracteur de filage	21/03/2021	23	1	tracteur de filage	09/04/2021
13	1,41	tracteur de filage	22/03/2021	23	0,41	sci initiale	10/04/2021
13	0,74	Thermocouple	22/03/2021	24	0,33	tracteur de filage	10/04/2021
13	1,16	Thermocouple	23/03/2021	24	3,91	tracteur de filage	11/04/2021
14	0,41	tracteur de filage	23/03/2021	25	0,91	tracteur de filage	12/04/2021
15	0,5	tracteur de filage	24/03/2021	26	0,58	tracteur de filage	13/04/2021
15	0,33	foue a billettes	25/03/2021	27	0,5	thermocouple	13/04/2021
16	1,25	tracteur de filage	25/03/2021	35	0,25	tracteur de filage	14/04/2021
19	23	cupure de courant	26/03/2021	35	0,41	four a billettes	15/04/2021
19	1,41	table chargée	28/03/2021	35	1	tracteur de filage	18/04/2021
19	0,58	Thermocouple	28/03/2021	46	4,74	tracteur de filage	19/04/2021
19	1,25	coupure de courant	28/03/2021	47	1,33	tracteur de filage	20/04/2021
20	0,25	table chargée	29/03/2021	47	3	tracteur de filage	21/04/2021
20	1	tracteur de filage	29/03/2021	54	0,33	tracteur de filage	22/04/2021
20	0,58	Table de refroidissement	29/03/2021	70	0,91	table chargée	25/04/2021
21	0,91	sci initial	29/03/2021	71	2	tracteur de filage	27/04/2021
21	0,25	four a billettes	29/03/2021	71	2	tracteur de filage	27/04/2021
22	2,5	tracteur de filage	30/03/2021	71	1,74	tracteur de filage	29/04/2021
22	0,41	Table de refroidissement	30/03/2021	71	0,41	thermocouple	29/04/2021

IV.3 Etude de FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité)

IV.3.1 Calcul des paramètres de la loi de Weibull

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les $F(t_i)$ calculés par la méthode

des rangs moyens
$$F(t) = \frac{\sum ni}{N+1}$$
 IV 1

(Dans notre cas $05 > N = 157 < 20$) et on trace la courbe de Weibull :

Tableaux. IV. 2 calcul de la fonction de réparation réelle

N	TBF	Fe (t)	$\sum ni$	NI
1	1	0,006329	1	1
2	1	0,012658	2	1
3	1	0,018987	3	1
4	3	0,025316	4	1
5	3	0,031646	5	1
6	4	0,037975	6	1
7	4	0,044304	7	1
8	4	0,050633	8	1
9	4	0,056962	9	1
10	4	0,063291	10	1
11	4	0,06962	11	1
12	4	0,075949	12	1
13	4	0,082278	13	1
14	5	0,088608	14	1
15	5	0,094937	15	1
16	5	0,101266	16	1
17	5	0,107595	17	1

N	TBF	Fe (t)	$\sum ni$	NI
41	7	0,259494	41	1
42	7	0,265823	42	1
43	7	0,272152	43	1
44	7	0,278481	44	1
45	7	0,28481	45	1
46	7	0,291139	46	1
47	7	0,297468	47	1
48	7	0,303797	48	1
49	7	0,310127	49	1
50	7	0,316456	50	1
51	7	0,322785	51	1
52	7	0,329114	52	1
53	7	0,335443	53	1
54	8	0,341772	54	1
55	8	0,348101	55	1
56	10	0,35443	56	1
57	10	0,360759	57	1

18	5	0,113924	18	1
19	5	0,120253	19	1
20	5	0,126582	20	1
21	6	0,132911	21	1
22	6	0,139241	22	1
23	6	0,14557	23	1
24	6	0,151899	24	1
25	6	0,158228	25	1
26	6	0,164557	26	1
27	6	0,170886	27	1
28	6	0,177215	28	1
29	7	0,183544	29	1
30	7	0,189873	30	1
31	7	0,196203	31	1
32	7	0,202532	32	1
33	7	0,208861	33	1
34	7	0,21519	34	1
35	7	0,221519	35	1
36	7	0,227848	36	1

58	10	0,367089	58	1
59	10	0,373418	59	1
60	10	0,379747	60	1
61	10	0,386076	61	1
62	10	0,392405	62	1
63	10	0,398734	63	1
64	10	0,405063	64	1
65	10	0,411392	65	1
66	10	0,417722	66	1
67	10	0,424051	67	1
68	10	0,43038	68	1
69	10	0,436709	69	1
70	10	0,443038	70	1
71	10	0,449367	71	1
72	10	0,455696	72	1
73	10	0,462025	73	1
74	11	0,468354	74	1
75	11	0,474684	75	1
76	11	0,481013	76	1

37	7	0,234177	37	1
38	7	0,240506	38	1
39	7	0,246835	39	1

77	11	0,487342	77	1
78	11	0,493671	78	1
79	11	0,5	79	1

80	11	0,506329	80	1
81	11	0,512658	81	1
82	11	0,518987	82	1
83	11	0,525316	83	1
84	11	0,531646	84	1
85	11	0,537975	85	1
86	11	0,544304	86	1
87	11	0,550633	87	1
88	11	0,556962	88	1
89	11	0,563291	89	1
90	11	0,56962	90	1
91	11	0,575949	91	1
92	11	0,582278	92	1
93	11	0,588608	93	1
94	13	0,594937	94	1
95	13	0,601266	95	1

121	22	0,765823	121	1
122	22	0,772152	122	1
123	22	0,778481	123	1
124	22	0,78481	124	1
125	22	0,791139	125	1
126	23	0,797468	126	1
127	23	0,803797	127	1
128	23	0,810127	128	1
129	23	0,816456	129	1
130	23	0,822785	130	1
131	23	0,829114	131	1
132	23	0,835443	132	1
133	23	0,841772	133	1
134	23	0,848101	134	1
135	23	0,85443	135	1
136	23	0,860759	136	1

96	13	0,607595	96	1
97	13	0,613924	97	1
98	13	0,620253	98	1
99	13	0,626582	99	1
100	13	0,632911	100	1
101	13	0,639241	101	1
102	14	0,64557	102	1
103	15	0,651899	103	1
104	15	0,658228	104	1
105	16	0,664557	105	1
106	19	0,670886	106	1
107	19	0,677215	107	1
108	19	0,683544	108	1
109	19	0,689873	109	1
110	20	0,696203	110	1
111	20	0,702532	111	1
112	20	0,708861	112	1
113	21	0,71519	113	1
114	21	0,721519	114	1
115	22	0,727848	115	1

137	23	0,867089	137	1
138	23	0,873418	138	1
139	23	0,879747	139	1
140	23	0,886076	140	1
141	24	0,892405	141	1
142	24	0,898734	142	1
143	25	0,905063	143	1
144	26	0,911392	144	1
145	27	0,917722	145	1
146	35	0,924051	146	1
147	35	0,93038	147	1
148	35	0,936709	148	1
149	46	0,943038	149	1
150	47	0,949367	150	1
151	47	0,955696	151	1
152	54	0,962025	152	1
153	70	0,968354	153	1
154	71	0,974684	154	1
155	71	0,981013	155	1
156	71	0,987342	156	1

116	22	0,734177	116	1
-----	----	----------	-----	---

157	71	0,993671	157	1
-----	----	----------	-----	---

117	22	0,734555	117	1
118	22	0,746835	118	1
119	22	0,753165	119	1
120		0,759494	120	1

L'utilisation de logiciel minitab permet d'extraire les paramètres de la loi de Wiebull : β , η et γ .

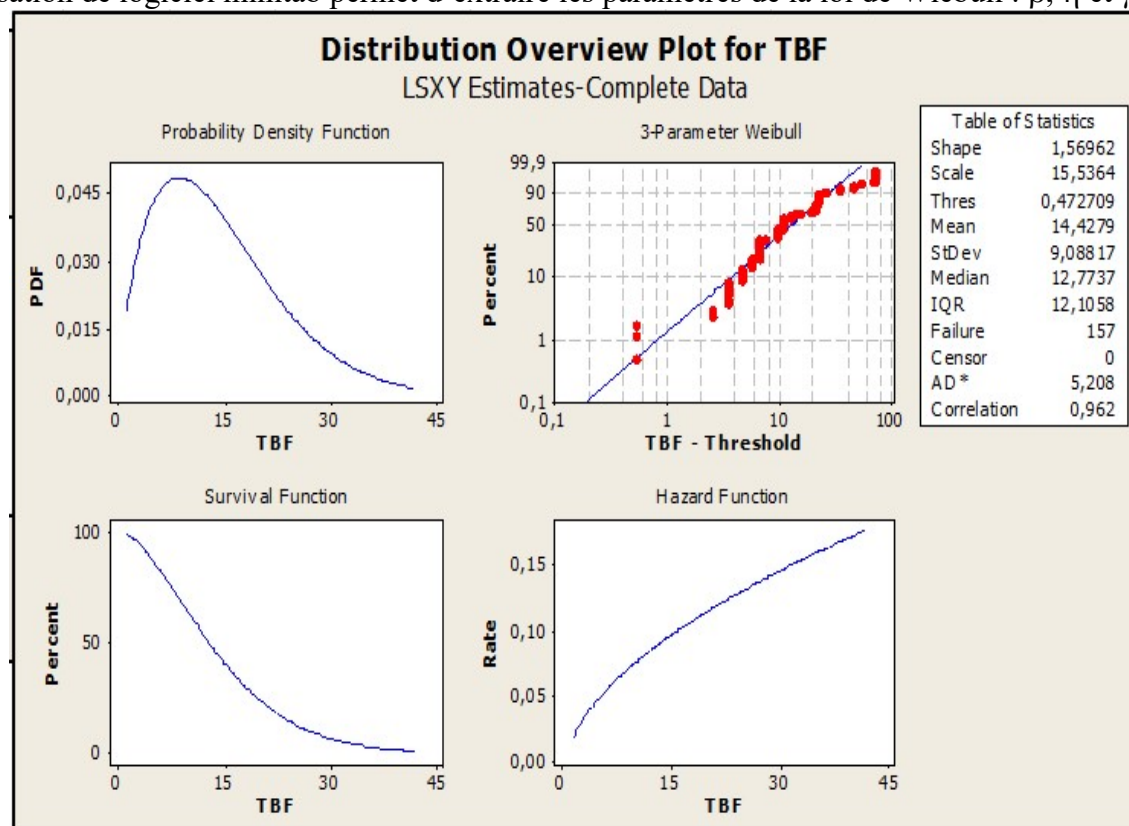


Fig. IV. 1 Détermination des paramètres de la loi de Wiebull par l'utilisation du logiciel minitab.

$$\beta=1.5696, \eta=15.5364, \gamma=0.4727$$

IV.3.2 Test (Kolmogorov Smirnov)

Avant de valider toutes les lois de fiabilité, il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de **Kolmogorov Smirnov**

avec un seuil de confiance de $\alpha = 5\%$. Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique $F(i)$ et la fonction réelle $F(t)$ et prendre le maximum en valeur absolue .

Cette valeur est comparée avec qui est donnée par la table de Kolmogorov Smirnov (voir sur table Annexe 1).

➤ Si $D_{n,\max} > D_{n,\alpha}$ On refuse l'hypothèse.

➤ Si $D_{n,\max} < D_{n,\alpha}$ On accepte l'hypothèse.

Tableaux. IV. 3 Test de Kolmogorov-Smirnov.

N°	TBF (min)	ni	$\sum ni$	Ft (t)	Fr (t)	$= Ft(t)-Fr(t) $
1	1	1	1	0,006329	0,00168155	0,004648
1	2	1	2	0,012658	0,00168155	0,010977
1	3	1	3	0,018987	0,00168155	0,017306
3	4	1	4	0,025316	0,110571059	0,085255
3	5	1	5	0,031646	0,110571059	0,078925
4	6	1	6	0,037975	0,163336618	0,125362
4	7	1	7	0,044304	0,163336618	0,119033
4	8	1	8	0,050633	0,163336618	0,112704
4	9	1	9	0,056962	0,163336618	0,106375
4	10	1	10	0,063291	0,163336618	0,100045
4	11	1	11	0,06962	0,163336618	0,093716
4	12	1	12	0,075949	0,163336618	0,087387
4	13	1	13	0,082278	0,163336618	0,081058
5	14	1	14	0,088608	0,213803599	0,125196
5	15	1	15	0,094937	0,213803599	0,118867
5	16	1	16	0,101266	0,213803599	0,112538
5	17	1	17	0,107595	0,213803599	0,106209
5	18	1	18	0,113924	0,213803599	0,09988
5	19	1	19	0,120253	0,213803599	0,09355
5	20	1	20	0,126582	0,213803599	0,087221
6	21	1	21	0,132911	0,261817878	0,128906

N°	TBF (min)	ni	$\sum ni$	Ft (t)	Fr (t)	$= Ft(t)-Fr(t) $
7	41	1	41	0,259494	0,307348058	0,047854
7	42	1	42	0,265823	0,307348058	0,041525
7	43	1	43	0,272152	0,307348058	0,035196
7	44	1	44	0,278481	0,307348058	0,028867
7	45	1	45	0,28481	0,307348058	0,022538
7	46	1	46	0,291139	0,307348058	0,016209
7	47	1	47	0,297468	0,307348058	0,00988
7	48	1	48	0,303797	0,307348058	0,003551
7	49	1	49	0,310127	0,307348058	0,002779
7	50	1	50	0,316456	0,307348058	0,009108
7	51	1	51	0,322785	0,307348058	0,015437
7	52	1	52	0,329114	0,307348058	0,021766
7	53	1	53	0,335443	0,307348058	0,028095
8	54	1	54	0,341772	0,350423267	0,008651
8	55	1	55	0,348101	0,350423267	0,002322
10	56	1	56	0,35443	0,429476189	0,075046
10	57	1	57	0,360759	0,429476189	0,068717
10	58	1	58	0,367089	0,429476189	0,062388
10	59	1	59	0,373418	0,429476189	0,056058
10	60	1	60	0,379747	0,429476189	0,049729
10	61	1	61	0,386076	0,429476189	0,0434

6	22	1	22	0,139241	0,261817878	0,122577
6	23	1	23	0,14557	0,261817878	0,116248
6	24	1	24	0,151899	0,261817878	0,109919
6	25	1	25	0,158228	0,261817878	0,10359
6	26	1	26	0,164557	0,261817878	0,097261
6	27	1	27	0,170886	0,261817878	0,090932
6	28	1	28	0,177215	0,261817878	0,084603
7	29	1	29	0,183544	0,307348058	0,123804
7	30	1	30	0,189873	0,307348058	0,117475
7	31	1	31	0,196203	0,307348058	0,111146
7	32	1	32	0,202532	0,307348058	0,104816
7	33	1	33	0,208861	0,307348058	0,098487
7	34	1	34	0,21519	0,307348058	0,092158
7	35	1	35	0,221519	0,307348058	0,085829
7	36	1	36	0,227848	0,307348058	0,0795
7	37	1	37	0,234177	0,307348058	0,073171
7	38	1	38	0,240506	0,307348058	0,066842
7	39	1	39	0,246835	0,307348058	0,060513
7	40	1	40	0,253165	0,307348058	0,054184

10	62	1	62	0,392405	0,429476189	0,037071
10	63	1	63	0,398734	0,429476189	0,030742
10	64	1	64	0,405063	0,429476189	0,024413
10	65	1	65	0,411392	0,429476189	0,018084
10	66	1	66	0,417722	0,429476189	0,011755
10	67	1	67	0,424051	0,429476189	0,005426
10	68	1	68	0,43038	0,429476189	0,000904
10	69	1	69	0,436709	0,429476189	0,007233
10	70	1	70	0,443038	0,429476189	0,013562
10	71	1	71	0,449367	0,429476189	0,019891
10	72	1	72	0,455696	0,429476189	0,02622
10	73	1	73	0,462025	0,429476189	0,032549
11	74	1	74	0,468354	0,465626421	0,002728
11	75	1	75	0,474684	0,465626421	0,009057
11	76	1	76	0,481013	0,465626421	0,015386
11	77	1	77	0,487342	0,465626421	0,021715
11	78	1	78	0,493671	0,465626421	0,028044
11	79	1	79	0,5	0,465626421	0,034374
11	80	1	80	0,506329	0,465626421	0,040703

11	81	1	81	0,512658	0,46562642	0,04703 2
11	82	1	82	0,518987	0,46562642	0,05336
11	83	1	83	0,525316	0,46562642	0,05969
11	84	1	84	0,531646	0,46562642	0,06601
11	85	1	85	0,537975	0,46562642	0,07234

22	121	1	121	0,765823	0,744400148	0,021423
22	122	1	122	0,7721	0,744400148	0,027752
22	123	1	52	0,778481	0,744400148	0,034081
22	124	1	123	0,78481	0,744400148	0,04041
22	125	1	124	0,791139	0,744400148	0,046739

11	86	1	86	0,544304	0,46562642	0,07867
11	87	1	87	0,550633	0,46562642	0,08500
11	88	1	88	0,556962	0,46562642	0,09133
11	89	1	89	0,563291	0,46562642	0,09766
11	90	1	90	0,56962	0,46562642	0,10399
11	91	1	91	0,575949	0,46562642	0,11032
11	92	1	92	0,582278	0,46562642	0,11665
11	93	1	93	0,588608	0,46562642	0,12298
11	94	1	94	0,594937	0,46562642	0,12931
13	95	1	95	0,601266	0,53165716	0,06960
13	96	1	96	0,607595	0,53165716	0,07593
13	97	1	97	0,613924	0,53165716	0,08226
13	98	1	98	0,620253	0,53165716	0,08859
13	99	1	99	0,626582	0,53165716	0,09492
13	100	1	100	0,632911	0,53165716	0,10125
13	101	1	101	0,639241	0,53165716	0,10758
13	102	1	102	0,64557	0,53165716	0,11391
14	103	1	103	0,651899	0,56173715	0,09016
15	104	1	104	0,658228	0,58999222	0,06823
15	105	1	105	0,664557	0,58999222	0,07456
16	106	1	106	0,670886	0,61651896	0,05436
19	107	1	107	0,677215	0,68665099	0,00943
19	108	1	108	0,683544	0,68665099	0,00310
19	109	1	109	0,689873	0,68665099	0,00322
19	110	1	110	0,696203	0,68665099	0,00955
20	111	1	111	0,702532	0,70716908	0,00463
20	112	1	112	0,708861	0,70716908	0,00169
20	113	1	113	0,71519	0,70716908	0,00802

23	126	1	125	0,797468	0,761261296	0,036207
23	127	1	126	0,803797	0,761261296	0,042536
23	128	1	127	0,810127	0,761261296	0,048865
23	129	1	128	0,816456	0,761261296	0,055194
23	130	1	129	0,822785	0,761261296	0,061524
23	131	1	130	0,829114	0,761261296	0,067853
23	132	1	131	0,835443	0,761261296	0,074182
23	133	1	132	0,841772	0,761261296	0,080511
23	134	1	133	0,848101	0,761261296	0,08684
23	135	1	134	0,85443	0,761261296	0,093169
23	136	1	135	0,860759	0,761261296	0,099498
23	137	1	136	0,867089	0,761261296	0,105827
23	138	1	137	0,873418	0,761261296	0,112156
23	139	1	138	0,879747	0,761261296	0,118486
23	140	1	139	0,886076	0,761261296	0,124815
24	141	1	140	0,892405	0,777045503	0,11536
24	142	1	141	0,898734	0,777045503	0,121689
25	143	1	142	0,905063	0,791817773	0,113246
26	144	1	143	0,911392	0,805639646	0,105753
27	145	1	144	0,917722	0,818569316	0,099152
35	146	1	145	0,924051	0,895869672	0,028181
35	147	1	146	0,93038	0,895869672	0,03451
35	148	1	147	0,936709	0,895869672	0,040839
46	149	1	148	0,943038	0,951989728	0,008952
47	150	1	149	0,949367	0,955276035	0,005909
47	151	1	150	0,955696	0,955276035	0,00042
54	152	1	151	0,962025	0,972831705	0,010806
70	153	1	152	0,968354	0,991409894	0,023055

21	114	1	114	0,721519	0,72639348	0,00487
21	115	1	115	0,727848	0,72639349	0,00145
22	116	1	116	0,734177	0,74440014	0,01022
22	117	1	117	0,740506	0,74440014	0,00389
22	118	1	118	0,746835	0,74440014	0,00243
22	119	1	119	0,753165	0,74440014	0,00876
22	120	1	120	0,759494	0,74440014	0,01509

71	154	1	153	0,974684	0,992010286	0,017327
71	155	1	154	0,981013	0,992010286	0,010998
71	156	1	155	156	0,992010286	0,004669
71	157	1	157	0,993671	0,992010286	0,001661

D'après ce tableau ; on voit que la grande différence est la valeur maximale $D_{n.\max} = |F_i - F_t|$.

$N=6$

$D_{n.\max} = 0.1253$ tandis que $D_{n.\alpha} = D_{n.\beta} = 0.1300$

$0.1253 < 0.1300$ donc l'hypothèse du modèle de Wei Bull est acceptable.

IV.3.3 Les fonction de la loi de Weibull

IV.3.3.1 Le MTBF

D'après la Le tableau de MTBF donne **A=0.8966** , **B=0.574** (voir annexe tab.2).

MTBF=A * η + γ .

IV 4

MTBF= 0,8966* 15,5364+ 0,4727

MTBF = 14,3924 Heurs

IV.3.3.2 La densité de probabilité pour MTBF

$$f(t = MTBF) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \quad \text{IV 5}$$

$$f(14.2924) = \frac{1,5696}{15,5364} \left(\frac{14.2924 - 0,4727}{15,5364} \right)^{(1.5696-1)} e^{-\left(\frac{14.2924-0.4727}{15.5364} \right)^{1.5696}} = 0.041 = 4.1\%$$

IV.3.3.3 La fonction de répartition pour MTBF

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \quad \text{IV 6}$$

$$F(MTBF) = 1 - e^{-\left(\frac{MTBF - \gamma}{\eta} \right)^{\beta}} \quad \text{IV 7}$$

$$F(14,3924) = 1 - e^{-\left(\frac{14,3924 - 0,4727}{15,5364} \right)^{1.5696}} = 0.5689 = 56.89\%$$

IV.3.3.4 La fiabilité pour MTBF

$$R(t = MTBF) = 1 - F(t = MTBF) = 1 - 0.5689 = 0.4311 = 43.11\%$$

$$R(MTBF) = 43.11\%$$

On remarque que la fiabilité de la (presse 2500T

) est faible.

IV.3.3.5 Le taux de défaillance pour MTBF

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad \text{IV.8}$$

$$\lambda(14,3924) = \frac{1,5696}{15,5364} \left(\frac{14,3924 - 0,4727}{15,5364} \right)^{1,5696-1} = 0.094$$

IV.1.3.6 Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \quad \ln R(t) = \left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta = \ln(0.8) \quad \text{IV9}$$

$$R(t) = 80\% \quad R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta}$$

$$\ln R(t) = \left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta = \ln(0.80)$$

$$[\ln R(t)]^{1/\beta} = t / \eta$$

$$t = \eta [\ln R(t)]^{1/\beta}$$

$$t = 15,5364 \left[\frac{1}{0.80} \right]^{1/1.5696}$$

$$t = 6 \text{Heures}$$

Pour garder la fiabilité de la presse 2500T 80%, il faut faire une intervention à chaque 6 heures.

III.3.4 Étude de modèle de Wei bull**III.3.4.1 La fonction de la densité de probabilité**

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t - \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t - \gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad f(t) = \lambda(t) * R(t) \quad \text{IV10}$$

Tableaux. IV. 4 la fiabilité et la fonction de réparation et de densité et taux de des failliance

N	TBF	f(t)	F(t)	R(t)	$\lambda(t)$
1	1	0,014635	0,004929	0,995071	0,014707
2	1	0,014635	0,004929	0,995071	0,014707
3	1	0,014635	0,004929	0,995071	0,014707
4	3	0,033891	0,056179	0,943821	0,035909
5	3	0,033891	0,056179	0,943821	0,035909
6	4	0,039382	0,092962	0,907038	0,043418
7	4	0,039382	0,092962	0,907038	0,043418
8	4	0,039382	0,092962	0,907038	0,043418
9	4	0,039382	0,092962	0,907038	0,043418
10	4	0,039382	0,092962	0,907038	0,043418
11	4	0,039382	0,092962	0,907038	0,043418
12	4	0,039382	0,092962	0,907038	0,043418
13	4	0,039382	0,092962	0,907038	0,043418
14	5	0,043323	0,134428	0,865572	0,050051
15	5	0,043323	0,134428	0,865572	0,050051
16	5	0,043323	0,134428	0,865572	0,050051
17	5	0,043323	0,134428	0,865572	0,050051
18	5	0,043323	0,134428	0,865572	0,050051
19	5	0,043323	0,134428	0,865572	0,050051
20	5	0,043323	0,134428	0,865572	0,050051
21	6	0,046028	0,179197	0,820803	0,056076
22	6	0,046028	0,179197	0,820803	0,056076
23	6	0,046028	0,179197	0,820803	0,056076
24	6	0,046028	0,179197	0,820803	0,056076
25	6	0,046028	0,179197	0,820803	0,056076
26	6	0,046028	0,179197	0,820803	0,056076
27	6	0,046028	0,179197	0,820803	0,056076
28	6	0,046028	0,179197	0,820803	0,056076
29	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
30	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
31	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
32	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
33	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
34	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
35	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
36	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
37	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
38	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
39	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
40	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648

N	T B F	f(t)	F(t)	R(t)	$\lambda(t)$
41	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
42	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
43	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
44	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
45	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
46	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
47	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
48	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
49	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
50	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
51	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
52	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
53	7	0,047707	0,226142	0,773858	0,061648
54	8	0,04852	0,274322	0,725678	0,066862
55	8	0,04852	0,274322	0,725678	0,066862
56	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
57	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
58	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
59	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
60	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
61	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
62	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
63	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
64	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
65	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
66	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
67	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
68	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
69	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
70	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
71	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
72	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
73	10	0,048072	0,371323	0,628677	0,076466
74	11	0,047032	0,418914	0,581086	0,080939
75	11	0,047032	0,418914	0,581086	0,080939
76	11	0,047032	0,418914	0,581086	0,080939
77	11	0,047032	0,418914	0,581086	0,080939
78	11	0,047032	0,418914	0,581086	0,080939
79	11	0,047032	0,418914	0,581086	0,080939
80	11	0,047032	0,418914	0,581086	0,080939

81	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
82	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
83	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
84	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
85	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
86	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
87	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
88	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939

121	22	0,022936	0,811464	0,188536	0,121651
122	22	0,022936	0,811464	0,188536	0,121651
123	22	0,022936	0,811464	0,188536	0,121651
124	22	0,022936	0,811464	0,188536	0,121651
125	22	0,022936	0,811464	0,188536	0,121651
126	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
127	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
128	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838

89	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
90	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
91	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
92	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
93	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
94	11	0,04703	0,418914	0,58108	0,080939
95	13	0,04379	0,50996	0,49004	0,089369
96	13	0,04379	0,50996	0,49004	0,089369
97	13	0,04379	0,50996	0,49004	0,089369
98	13	0,04379	0,50996	0,49004	0,089369
99	13	0,04379	0,50996	0,49004	0,089369
100	13	0,04379	0,50996	0,49004	0,089369
101	13	0,04379	0,50996	0,49004	0,089369
102	13	0,04379	0,50996	0,49004	0,089369
103	14	0,04175	0,552754	0,44724	0,093365
104	15	0,03953	0,593413	0,40658	0,097236
105	15	0,03953	0,593413	0,40658	0,097236
106	16	0,03718	0,631782	0,36821	0,100994
107	19	0,02988	0,73241	0,26759	0,111684
108	19	0,02988	0,73241	0,26759	0,111684
109	19	0,02988	0,73241	0,26759	0,111684
110	19	0,02988	0,73241	0,26759	0,111684
111	20	0,02749	0,761095	0,23890	0,115079
112	20	0,02749	0,761095	0,23890	0,115079
113	20	0,02749	0,761095	0,23890	0,115079
114	21	0,02516	0,787419	0,21258	0,118399
115	21	0,02516	0,787419	0,21258	0,118399
116	22	0,02293	0,811464	0,18853	0,121651
117	22	0,02293	0,811464	0,18853	0,121651

129	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
130	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
131	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
132	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
133	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
134	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
135	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
136	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
137	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
138	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
139	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
140	23	0,020807	0,833326	0,166674	0,124838
141	24	0,018796	0,853117	0,146883	0,127965
142	24	0,018796	0,853117	0,146883	0,127965
143	25	0,016909	0,870959	0,129041	0,131036
144	26	0,015151	0,886978	0,113022	0,134053
145	27	0,013523	0,901304	0,098696	0,137019
146	35	0,004797	0,969873	0,030127	0,159215
147	35	0,004797	0,969873	0,030127	0,159215
148	35	0,004797	0,969873	0,030127	0,159215
149	46	0,000837	0,995511	0,004489	0,186379
150	47	0,000702	0,996278	0,003722	0,1887
151	47	0,000702	0,996278	0,003722	0,1887
152	54	0,000192	0,99906	0,00094	0,204382
153	70	6,48E-06	0,999973	2,73E-05	0,237212
154	71	5,15E-06	0,999978	2,15E-05	0,23915
155	71	5,15E-06	0,999978	2,15E-05	0,23915
156	71	5,15E-06	0,999978	2,15E-05	0,23915
157	71	5,15E-06	0,999978	2,15E-05	0,23915

Les figures suivantes représentent les diverses fonctions de la loi de Weibull :

IV .3.4.1 La densité de probabilité $f(t)$

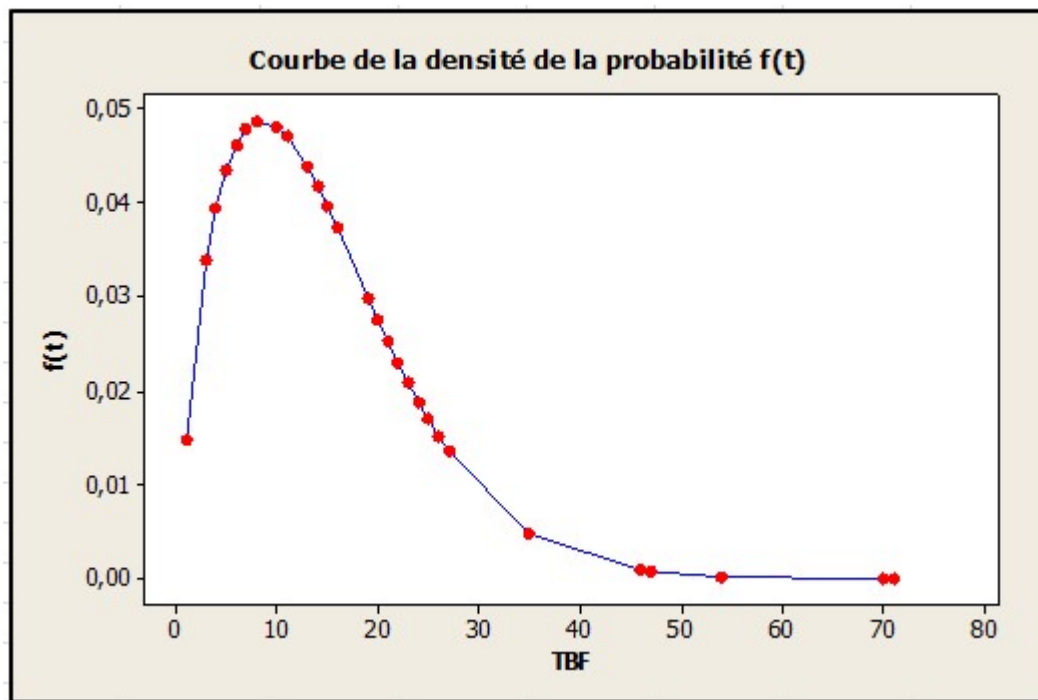


Fig. IV. 2 Courbe de la densité de probabilité

A partir de cette figure, la densité de probabilité est une fonction croissante en première temps dans l'intervalle du temps de $[0, 10]$ et elle prend une valeur maximale qui égale à 0.04872 puis cette fonction revient une fonction décroissante en deuxième temps et elle prend une valeur minimale qui égale à $5,15 \times 10^{-6}$.

IV .3.4.2 La répartition F(t)

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

IV.11

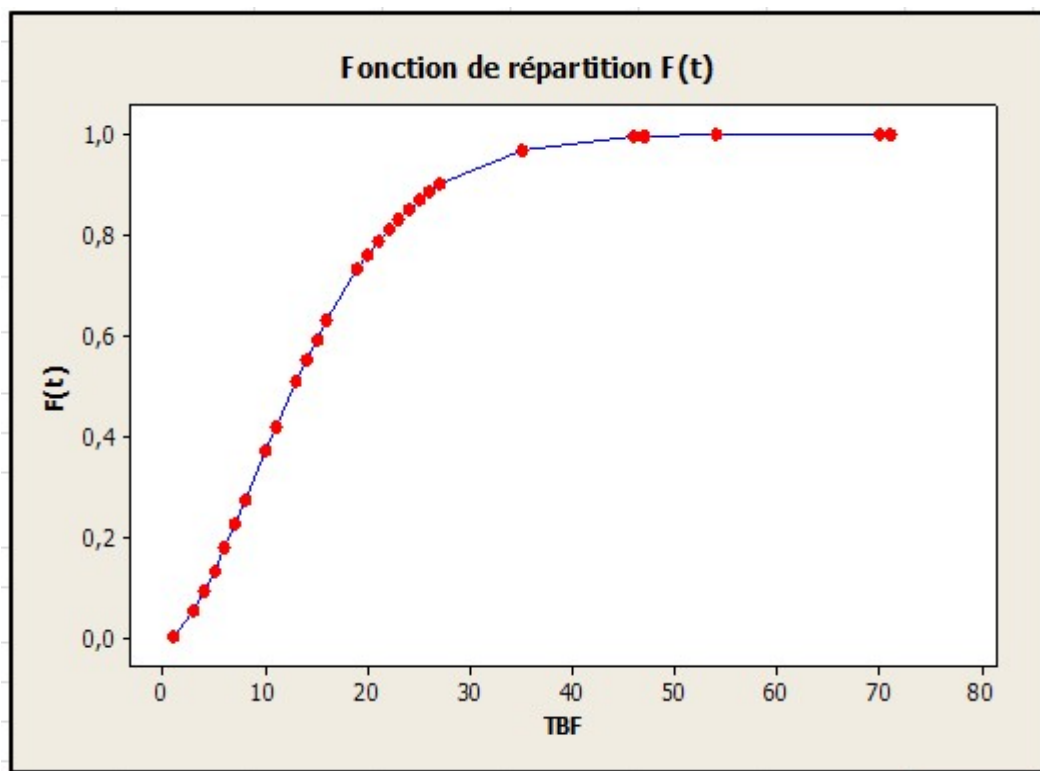


Fig. IV. 3 Courbe de la fonction de répartition F(t) .

D'après cette figure, on voit que la fonction de répartition est une fonction croissante avec le temps et elle prend une valeur maximal qui égale à 1(100%)

IV .3.4.3 La fiabilité

La fonction de fiabilité est donnée par :

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

$$R(t=MTBF) = 0.44524 = 44 \%$$

IV.12

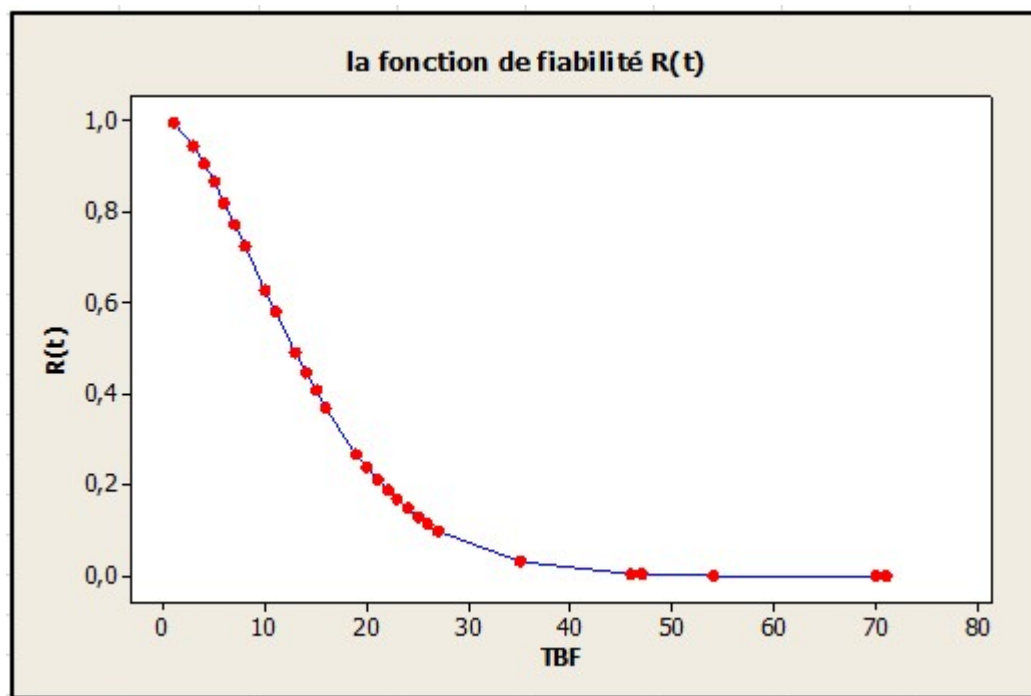


Fig. IV. 4 La fonction de fiabilité R(t)

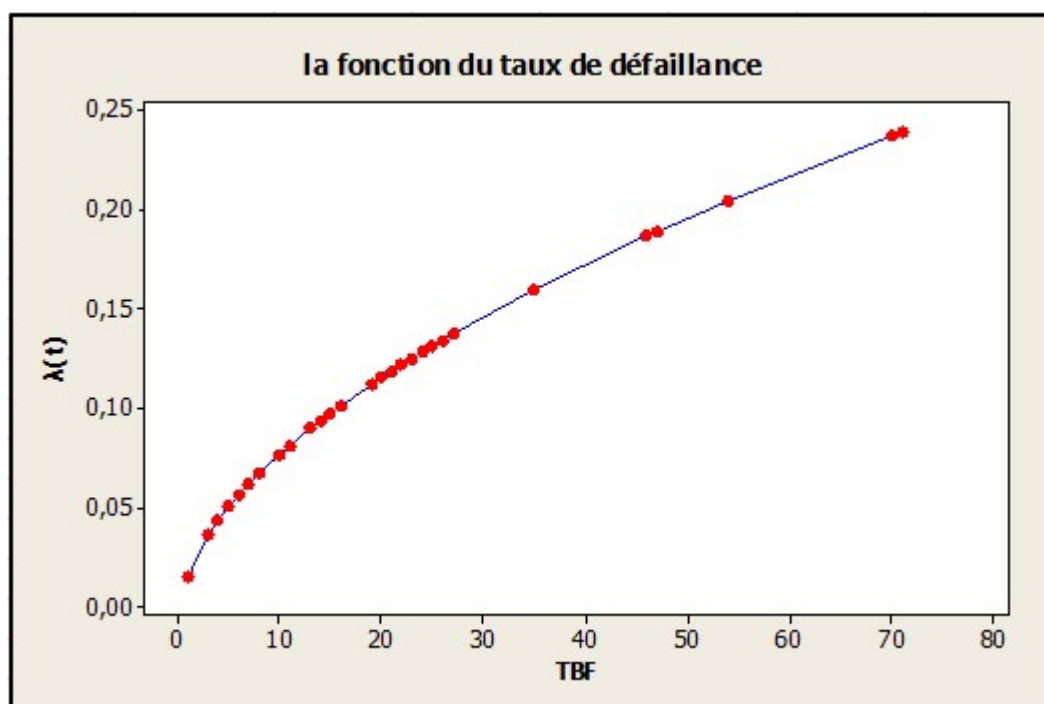
On observe d'après cette figure que la fiabilité est une fonction décroissante avec le temps . Elle prend une valeur maximale qui égale 1 %, et une valeur minimale égale à 0 %.

IV.3.4.4 Le taux de défaillance

Le taux de défaillance est exprimé comme suit :

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

IV.13

Fig. IV. 5 Le taux de défaillance $\lambda(t)$.

Cette figure montre que le taux de défaillance est croissant avec le temps c'est à dire que montre système (presse 2500T) est vieille.

IV.3.5 Calcul de la maintenabilité

D'après l'historique de pannes :

$$MTTR = \Sigma TTR / N$$

TTR : temps de réparation.

N : nombre de panne.

$$MTTR = 250.32 / 157 = 1,5944 \text{ HEURS} \quad (\text{IV.14})$$

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (\text{IV.15})$$

Avec $\mu = 1/MTTR$

$$\mu = 1/1.5944 = 0.6271 \text{ intervention /HEUR}$$

Tableaux. IV. 5 Calcul de la maintenabilité

N	TTR	M(t)
1	0,16	0,09548031
2	0,16	0,09548031
3	0,16	0,09548031
4	0,16	0,09548031
5	0,25	0,14512391
6	0,25	0,14512391

N Nnnn	TTR	M(t)
41	0,5	0,26918688
42	0,5	0,26918688
43	0,5	0,26918688
44	0,5	0,26918688
45	0,5	0,26918688
46	0,5	0,26918688

7	0,25	0,14512391
8	0,25	0,14512391
9	0,25	0,14512391
10	0,25	0,14512391
11	0,25	0,14512391
12	0,25	0,14512391
13	0,25	0,14512391
14	0,25	0,14512391
15	0,33	0,1869595
16	0,33	0,1869595
17	0,33	0,1869595
18	0,33	0,1869595
19	0,33	0,1869595
20	0,33	0,1869595
21	0,33	0,1869595
22	0,33	0,1869595
23	0,41	0,22674774
24	0,41	0,22674774
25	0,41	0,22674774
26	0,41	0,22674774
27	0,41	0,22674774
28	0,41	0,22674774
29	0,41	0,22674774
30	0,41	0,22674774
31	0,41	0,22674774
32	0,41	0,22674774
33	0,41	0,22674774
34	0,41	0,22674774
35	0,41	0,22674774
36	0,5	0,26918688
37	0,5	0,26918688
38	0,5	0,26918688
39	0,5	0,26918688
40	0,5	0,26918688

47	0,5	0,26918688
48	0,5	0,26918688
49	0,5	0,26918688
50	0,58	0,30495112
51	0,58	0,30495112
52	0,58	0,30495112
53	0,58	0,30495112
54	0,58	0,30495112
55	0,58	0,30495112
56	0,58	0,30495112
57	0,58	0,30495112
58	0,58	0,30495112
59	0,66	0,33896514
60	0,66	0,33896514
61	0,66	0,33896514
62	0,66	0,33896514
63	0,66	0,33896514
64	0,66	0,33896514
65	0,74	0,3713146
66	0,74	0,3713146
67	0,74	0,3713146
68	0,74	0,3713146
69	0,74	0,3713146
70	0,74	0,3713146
71	0,74	0,3713146
72	0,74	0,3713146
73	0,83	0,40581933
74	0,83	0,40581933
75	0,83	0,40581933
76	0,91	0,43489711
77	0,91	0,43489711
78	0,91	0,43489711
79	0,91	0,43489711
80	0,91	0,43489711

81	0,91	0,43489711
82	0,91	0,43489711
83	1	0,46591218
84	1	0,46591218
85	1	0,46591218
86	1	0,46591218
87	1	0,46591218
88	1	0,46591218
89	1	0,46591218
90	1	0,46591218
91	1	0,46591218
92	1	0,46591218
93	1	0,46591218
94	1	0,46591218
95	1	0,46591218
96	1	0,46591218
97	1,08	0,49204916
98	1,16	0,51690705
99	1,16	0,51690705
100	1,16	0,51690705
101	1,16	0,51690705
102	1,16	0,51690705
103	1,16	0,51690705
104	1,16	0,51690705
105	1,25	0,5434211
106	1,25	0,5434211
107	1,25	0,5434211
108	1,25	0,5434211
109	1,33	0,56576497
110	1,41	0,58701539
111	1,41	0,58701539
112	1,41	0,58701539
113	1,41	0,58701539
114	1,41	0,58701539
115	1,5	0,60968161
116	1,5	0,60968161
117	1,5	0,60968161
118	1,5	0,60968161
119	1,58	0,62878286
120	1,66	0,64694933

121	1,74	0,66422678
122	1,74	0,66422678
123	1,74	0,66422678
124	1,83	0,68265534
125	1,83	0,68265534
126	1,83	0,68265534
127	1,83	0,68265534
128	1,83	0,68265534
129	1,83	0,68265534
130	1,83	0,68265534
131	1,83	0,68265534
132	2	0,7147502
133	2	0,7147502
134	2	0,7147502
135	2,16	0,74198594
136	2,16	0,74198594
137	2,16	0,74198594
138	2,16	0,74198594
139	2,25	0,75614677
140	2,25	0,75614677
141	2,33	0,76808036
142	2,5	0,79153571
143	2,58	0,80173745
144	2,66	0,81143994
145	3	0,84765156
146	3,16	0,86219783
147	3,74	0,90422076
148	3,74	0,90422076
149	3,91	0,91390745
150	4,16	0,92640154
151	4,74	0,94884547
152	5	0,95654264
153	6,41	0,98205278
154	6,5	0,98303779
155	23	0,99999946
156	23	0,99999946
157	23	0,99999946

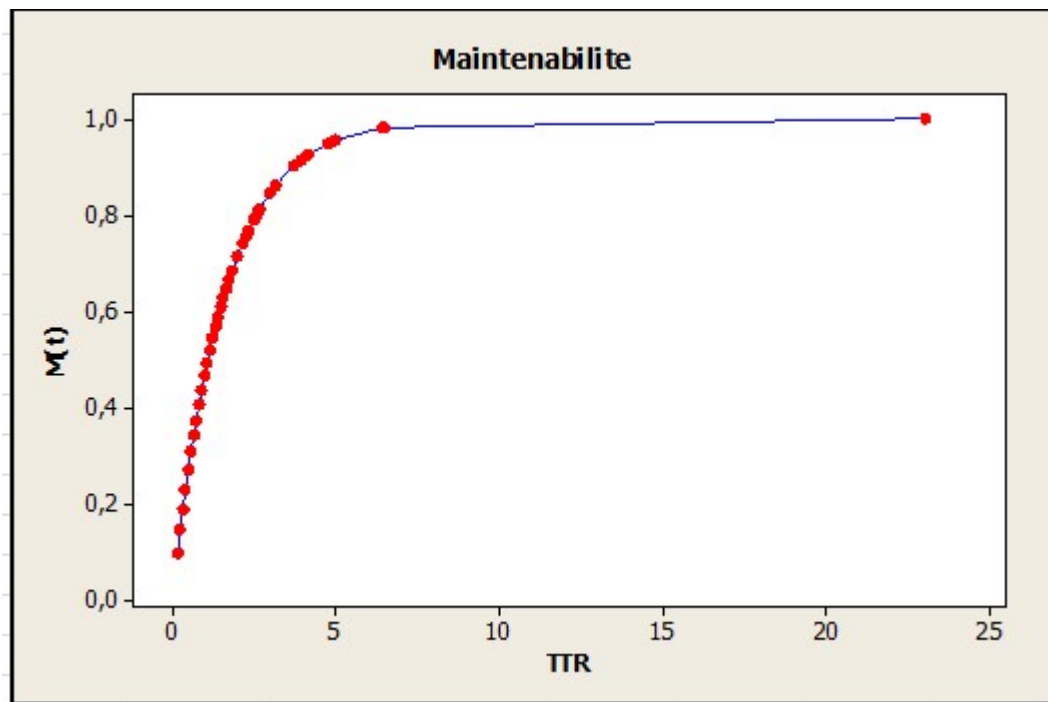


Fig. IV. 6 La maintenabilité M(t)

On remarque d'après cette figure M(t) que la maintenabilité est augmentée avec le temps

IV.3.6 Calcul la disponibilité

La disponibilité est calculé par l'utilisation de l'équation suivante :

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

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

$$MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

$$MTBF = 14.3924 \quad (IV.16)$$

$$MTTR = \frac{250}{157} = 1.5944$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{1.5944} = 0.6271$$

$$\lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{14.3924} = 0.06948$$

Tableaux. IV. 6 Calcul de la disponibilité instantanée.

N	T	D(t)
1	1	0,949674
2	2	0,928439
3	3	0,915189
4	4	0,908112
5	5	0,904333
6	6	0,902314
7	7	0,901236
8	8	0,90066
9	9	0,900353
10	10	0,900188
11	11	0,900101
12	12	0,900054
13	13	0,900029
14	14	0,900015
15	15	0,900008
16	16	0,900004
17	17	0,900002
18	18	0,900001
19	19	0,900001
20	20	0,9
21	21	0,9
22	22	0,9
23	23	0,9
24	24	0,9
25	25	0,9
26	26	0,9
27	27	0,9
28	28	0,9
29	29	0,9
30	30	0,9
31	31	0,9
32	32	0,9
33	33	0,9
34	34	0,9
35	35	0,9
36	36	0,9
37	37	0,9
38	38	0,9
39	39	0,9
40	40	0,9
41	41	0,9
42	42	0,9

43	43	0,9
44	44	0,9
45	45	0,9
46	0,9	46
47	0,9	47
48	0,9	48
49	0,9	49
50	0,9	50
51	0,9	51
52	0,9	52
53	0,9	53
54	0,9	54
55	0,9	55
56	0,9	56
57	0,9	57
58	0,9	58
59	0,9	59
60	0,9	60
61	0,9	61
62	0,9	62
63	0,9	63
64	0,9	64
65	0,9	65
66	0,9	66
67	0,9	67
68	0,9	68
69	0,9	69
70	0,9	70
71	0,9	71
72	0,9	72
73	0,9	73
74	0,9	74
75	0,9	75
76	0,9	76
77	0,9	77
78	0,9	78
79	0,9	79
80	0,9	80
81	0,9	81
82	0,9	82
83	0,9	83
84	0,9	84

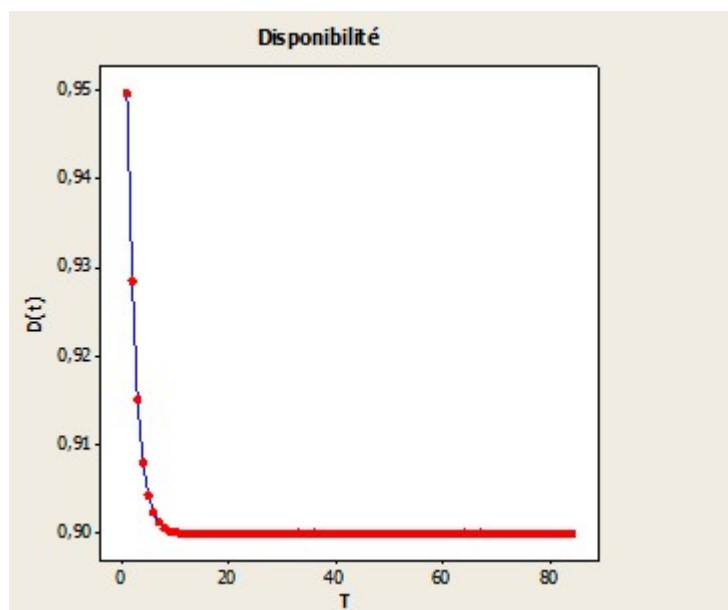


Fig. IV. 7 Disponibilité instantané.

On observe d'après cette figure que la disponibilité est diminuée avec le temps.

Les résultats obtenus illustrent que la fiabilité de la presse est réduite, pour l'améliorer il faut réduire leur temps de panne.

Pour réduire le temps de panne il doit connaître les éléments les plus tombent en panne, et pour cela on utilisera la courbe AB

IV.4 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »

Tableaux. IV. 7 calcul l'analyse ABC (Pareto).

Panne	nb panne	cumul de panne	cumul de panne percent	duré	Cumul duré	Durée %
Coupure de courant	7	7	4,458599	76,25	76,25	30,40877
Tracteur de filage	56	63	40,12739	75,4	151,65	60,47856
Convoyeur DE PROFILIE	16	79	50,31847	20,5	172,15	68,65404
Four a billettes	17	96	61,1465	20	192,15	76,63011
Table de refroidissement	6	102	64,96815	9,32	201,47	80,34696
Table Billettes	8	110	70,06369	8,48	209,95	83,72881
Réglage presse	5	115	73,24841	8	217,95	86,91924
Thermocouple	14	129	82,16561	7,6	225,55	89,95015
Table chargée	9	138	87,89809	6,31	231,86	92,4666
Scie initiale	7	145	92,35669	5,64	237,5	94,71585

Scie finale	4	149	94,90446	5,33	242,83	96,84148
Etireuse	2	151	96,17834	3	245,83	98,03789
Palan filières	4	155	98,72611	2,82	248,65	99,16251
température d'huile basse	1	156	99,36306	1,5	250,15	99,76072
Poussoir billettes	1	157	100	0,6	250,75	100

Courbe d'ABC (PARETO)

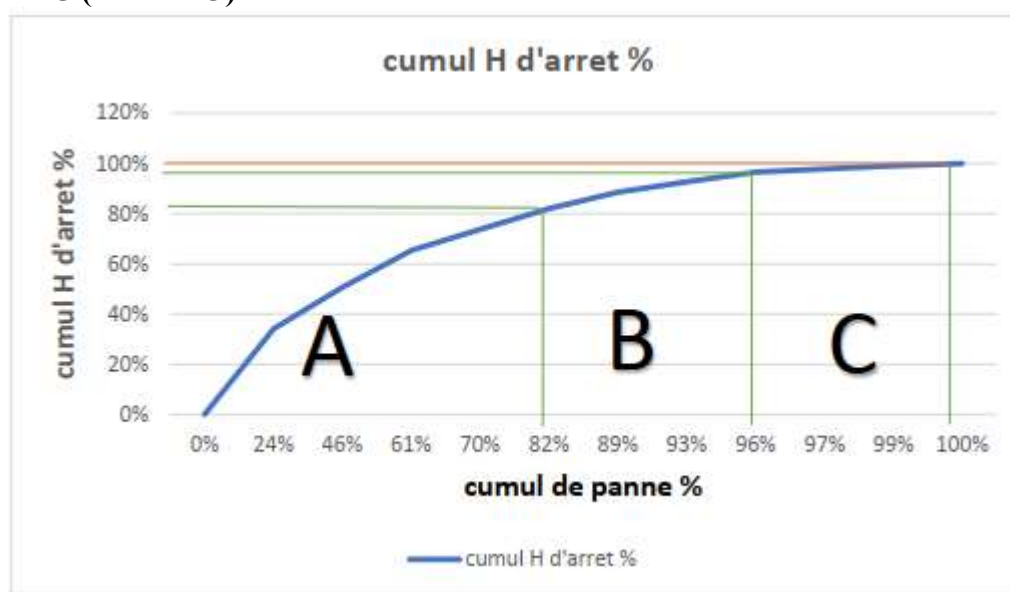


Fig. IV. 8 La courbe ABC

Analyse de la courbe

- Zone "A" :

Dans la zone A, 40.13% des pannes représentent 60.48 % de temps de panne cette zone contient les éléments les plus tombent en panne.

- Zone "B" :

Dans cette zone, les 14 % des pannes représentent 15 % de temps de panne.

- Zone "C" :

Dans cette zone, les 4 % des pannes représentent 3% de temps de panne.

D'après cette courbe, on a vu que les éléments les plus défaillants de la presse 2500T sont : la coupure de courant et le tracteur de filage.

- Concernant la coupure du courant, nous proposons à l'entreprise (ALGAL+) d'ajouter un groupe électrogène pour assurer la présence de l'électricité dans le cas de la coupure. Cette proposition permet de minimiser le temps de panne de cette presse à 50%.
- Concernant les défauts au niveau du tracteur de filage, on propose à l'entreprise d'utiliser la technique d'analyse vibratoire et la thermographie.

IV.5. Thermographie infrarouge

IV.5.1. Définition

La thermographie est la technique permettant d'obtenir, au moyen d'un appareillage approprié, l'image thermique d'une scène observée dans un domaine spectral de l'infrarouge ». Thermographie signifie « écrire avec la chaleur » tout comme photographie signifie « écrire avec la lumière ». Ce cliché ainsi généré est appelé thermo gramme ou image thermique. La démarche consiste donc à produire des images à partir de radiations thermiques invisibles. De ce fait, la thermographie infrarouge est un moyen instantané de détection des zones à problèmes, elle met en évidence des défauts que les méthodes plus conventionnelles ne peuvent déceler.

IV.5.2.Domainses d'application

La thermographie infrarouge permet de détecter les problèmes dans les réseaux électriques (surtensions...) ou les déperditions thermiques (fuites dans l'isolation d'un bâtiment...). Il est également possible d'utiliser la thermographie embarquée (terrestre ou aérienne) afin de diagnostiquer rapidement un réseau (lignes à haute tension par exemple). Le thermographe évalue à l'aide de sa caméra thermique les anomalies thermiques d'une construction depuis l'intérieur ou l'extérieur de l'habitation.

- La thermographie et construction automobile.
- La thermographie du bâtiment.
- La thermographie et aéronautique / aérospatial.
- La thermographie et recherche scientifique.
- La thermographie et Contrôle Non Destructif (CND).
- La thermographie et médecine / vétérinaire

Dans le domaine de l'industrie, l'imagerie infrarouge permet (sans toucher ni dégrader l'échantillon ou l'objet étudié) de révéler de nombreux types d'anomalies dans le contrôle de fabrication, par exemple de systèmes de combustion ou de propulsion, de systèmes de refroidissement, de circuits imprimés, de nouveaux matériaux, pour étudier des phénomènes de changement de phase ou certaines réactions thermiques (exothermiques ou endothermiques), ou encore les écoulements laminaires ou certains vortex d'une conception aérodynamique.

Elle permet de mieux voir et mesurer certaines contraintes mécaniques, des phénomènes de contrainte thermique, de La caméra infrarouge capte au travers d'un milieu transmetteur les rayonnements émis par une scène thermique. Le système radiométrique convertit la puissance de rayonnement en signaux numériques ou analogiques : ceux-ci sont transcrits en température par le

calculateur et transformés en points lumineux sur un écran. L'image ainsi obtenue s'appelle « Thermo gramme ».

chocs thermiques, des anomalies de température, de dissipation thermique, de chaleur latente ou d'autres caractéristiques thermiques de matériaux, qui parfois traduisent des frottements anormaux, défaut de lubrification, des vices ou défauts cachés (bulles, fissures, interstices, phénomène de corrosion ou de délamination ou un décollement, etc.

IV.5.3.Principe de l'analyse thermographique

La lumière visible, les ondes radio, TV, les rayons X sont des rayonnements électromagnétiques. Le domaine visible s'étend des longueurs d'onde allant de 0,4 à 0,8 μm . La bande infrarouge (figure III.30) s'étend de 0,8 à 1000 μm . En thermographie infrarouge, on travaille généralement dans une bande spectrale qui s'étend de 2 à 15 μm et plus particulièrement dans les fenêtres 2-5 μm et 7-15 μm .

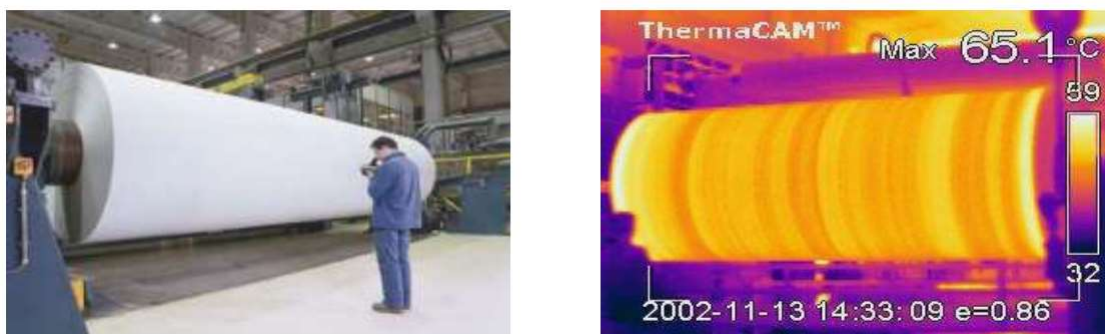


Fig. IV. 9 Image visible et thermogramme correspondant d'un rouleau

La caméra infrarouge mesure tous les rayonnements émis et les restitue sous forme de thermogramme :

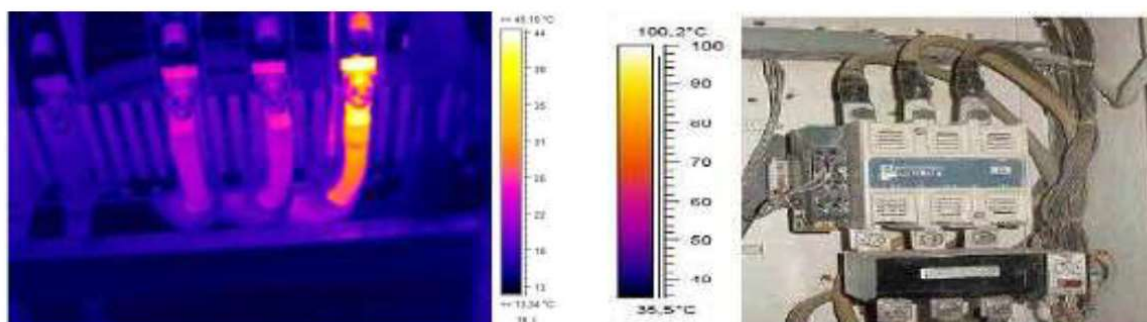


Fig. IV. 10 Exemple de défaut électrique de connexion (mauvais serrage).

Cette image thermique est composée par des niveaux de couleur), qui sont en corrélation avec les niveaux de T° mesures (échelle des températures). Dans ce cas, par comparaison des températures des trois connexions, le thermo gramme nous indique un mauvais serrage au niveau du câble droit.

IV.6. Analyse vibratoire

IV .6.1.Techniques d'analyse[26]

La surveillance d'un équipement de machine est assurée en relevant périodiquement un indicateur d'état de dégradation ou de performance, il existe différentes techniques d'analyse (figure IV.11) tels que l'analyse vibratoire, l'émission acoustique, la thermographie, l'analyse des huiles et des lubrifiants, la variation de résistance dans un circuit électrique, etc...

Le choix de l'indicateur dépend du type de machine à étudier et du type de défaillance que l'on souhaite détecter. Pour les machines tournantes, un indicateur de type vibratoire permet de détecter la plupart des défauts, on établit une courbe d'évolution de l'indicateur au cours du temps. Sur cette courbe, on définit différents seuils correspondant à un niveau d'alerte, à une alarme, à un niveau de défaillance, ces niveaux sont établis soit par expérience soit en appliquant une norme pour les roulements, on utilise des abaques de sévérité vibratoire pour définir les différents seuils.

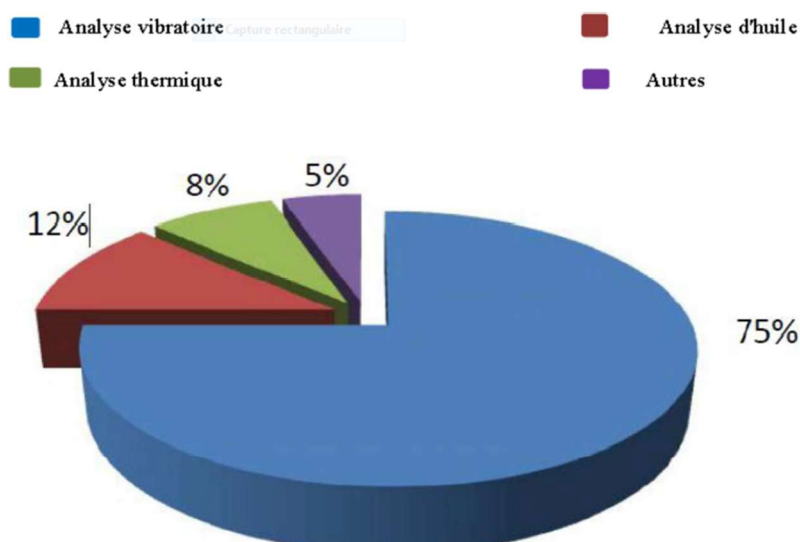


Fig. IV. 11 Différentes méthodes d'analyse

IV 6.2. L'analyse vibratoire[27]

L'analyse vibratoire est la plus connue et la plus largement utilisée car adaptée aux des composants mécaniques et aux machines industrielles en fonctionnement. Elle permet de détecter la majorité des défauts susceptibles d'apparaître dans les machines tournantes.

IV 6.3. Intérêt du diagnostic de l'analyse vibratoire[28]

L'analyse vibratoire poursuit deux objectifs :

- ☐ la détection des défauts
- ☐ l'analyse détaillée des défauts.

On utilise à cet effet des paramètres calculés :

- ☐ soit dans le domaine temporel,
- ☐ soit dans le domaine fréquentiel,
- ☐ soit dans les deux à la fois.

a. Les avantages

- ☐ détection de défauts à un stade précoce,
- ☐ Possibilités de réaliser un diagnostic approfondi,
- ☐ autorise une surveillance continue,
- ☐ permet de surveiller, l'équipement à distance,

b. Les inconvénients

- ☐ spectres parfois difficile interpréter,
- ☐ dans le cas de la surveillance continue, installations relativement coûteuses.

IV 6.4. Champs d'application privilégiée

Détection des défauts de tous les organes cinématiques de la machine (balourd, défauts d'alignement, jeux, etc...) Et de sa structure.

IV.6.5. Choix de techniques d'analyse [29]

Chaque méthode a son champ d'application privilégié. Par exemple, l'analyse vibratoire convient aux défauts liés à la cinématique et à la structure de la machine, mais dans une plage de fréquences déterminées (situées généralement entre quelques Hertz et plusieurs dizaines de KHz). Elle couvre aussi les défauts spécifiques aux roulements (à plus hautes fréquences).

Au-delà de 20 KHz, il est souvent préférable d'utiliser un contrôle par ultrasons ou par émission acoustique. L'analyse acoustique se limite à la détection de bruits dans les fréquences audibles, mais lorsque la dégradation d'un roulement se manifeste en une fréquence audible, il est souvent trop tard pour intervenir. L'analyse d'huile consiste principalement à analyser les particules présentes dans l'huile, ce qui va révéler une usure anormale d'un ou plusieurs organes. Elle doit être appliquée dans le cas de machines où l'huile joue un rôle primordial et lorsque l'analyse des débris d'usure est

significative.

IV.6.6. La surveillance et le diagnostic par l'analyse vibratoire[30]

IV.6.6.1. La surveillance

Le but de la surveillance est de suivre l'évolution d'une machine par comparaison des relevés successifs de ses vibrations. Une tendance à la hausse de certains indicateurs par rapport à des valeurs de référence, constituant la signature, alerte généralement le technicien sur un dysfonctionnement probable.

Idéalement, la signature est établie à partir d'une première campagne de mesures sur la machine neuve ou révisée.

IV 6.6.2 Le diagnostic[31]

Il met en oeuvre des outils mathématiquement plus élaborés. Il fait suite à une évolution anormale des vibrations constatée lors de la surveillance et il permet de désigner l'élément de la machine défectueux.

Le diagnostic n'est réalisé que lorsque la surveillance a permis de détecter une anomalie ou une évolution dangereuse du signal vibratoire. Le diagnostic fait appel à des connaissances approfondies en mécanique et une formation spécifique en analyse du signal.

IV 6.6.3 Vibrations des machines tournantes[21]

En pratique, une bonne conception produira de faibles niveaux vibratoires dans une machine tournante. Cependant, la machine vieillissant, les fondations travaillent, les pièces se déforment et s'usent, et de légers changements dans ses propriétés dynamiques apparaissent.

Les arbres se désalignent, les paliers s'usent, les rotors se déséquilibrent, les courroies se détendent, les jeux augmentent. Tous ces facteurs se traduisent par une augmentation de l'énergie vibratoire qui excite les résonances et ajoute une charge dynamique considérable aux

paliers. Les vibrations recueillies lors des campagnes de mesures sont porteuses d'informations qui caractérisent l'état de fonctionnement de certains composants mécaniques constituant la machine analysée. C'est grâce à l'analyse de ces vibrations qu'il est possible de détecter les composants défectueux et éventuellement de les localiser. Lorsqu'un certain seuil (correspondant à un niveau de vibration limite) fixé est atteint, il est possible d'estimer la durée de vie résiduelle du composant dans les conditions de fonctionnement données à partir de la connaissance des lois d'endommagement.

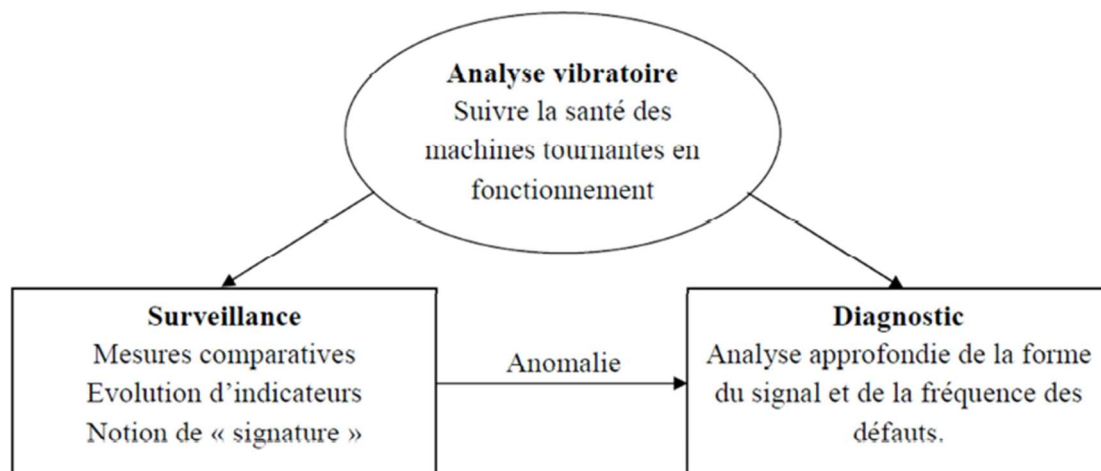


Fig. IV. 12 Déroulement d'une analyse vibratoire

IV 7. La chaine de mesure des vibrations

L'analyse vibratoire est faite par une chaine de mesure structurée par les éléments suivants:

IV 7.1. Capteur de vibration[22]

Le capteur de vibration est le premier élément de la chaine de mesure considéré comme un dispositif électronique qui permet de convertir une charge mécanique (mouvements vibratoires) en un signal électrique temporel. Le capteur doit être placé de façon à assurer un trajet direct (rotor-structure) aux vibrations. Les mesures peuvent se faire :

- dans un plan radial (vertical: V, horizontal: H, oblique :O)
- et/ou dans un plan axial (axial: A)

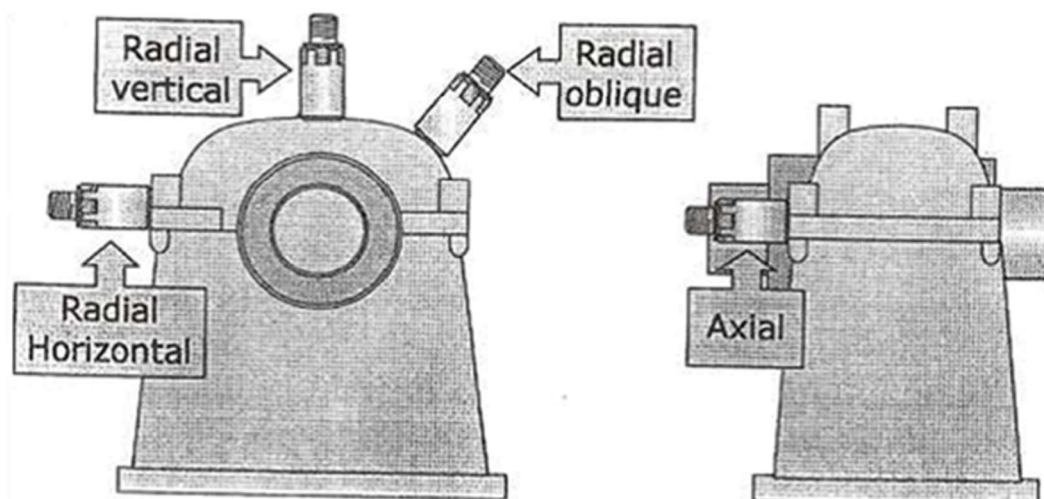


Fig. IV. 13 Les différent directions de mesure

IV 7.2. Amplificateur

Le rôle des amplificateurs est, une fois le filtrage effectué, d'amplifier le signal de façon automatique

(auto range) ou manuelle, et d'adapter sa dynamique à celle de la chaîne d'acquisition dans le but de réduire le bruit et de transmettre l'information de façon exploitable. En effet, dans le cadre du diagnostic et de la surveillance des machines à partir d'un signal accélérométrique, les amplitudes crêtes susceptibles d'être mesurées sur un palier, qui dépendent de la nature de la machine, du défaut et de la vitesse de rotation de la ligne d'arbre affectée par ce dernier, peuvent s'étendre de quelques mg à plusieurs centaines de g et nécessitent souvent de ce fait :

- Soit d'effectuer la mesure avec un capteur d'une sensibilité beaucoup plus élevée, ce qui se traduit par une nette réduction du bruit analogique et du bruit de quantification par rapport à la situation précédente, rendant ainsi le signal tout à fait exploitable,
- Soit d'amplifier fortement le signal avant son échantillonnage .

IV .7.3 L'analyseur FFT

Un analyseur FFT est un dispositif de mesure destiné à afficher les différentes fréquences contenues dans un signal ainsi que leurs amplitudes respectives. Les signaux peuvent être de natures diverses : électrique, optique, sonore, radioélectrique.

IV .8. Détermination des seuils

Une mesure de vibrations doit être considérée comme relative. En effet, elle n'a aucune signification lorsqu'elle est isolée.

Elle n'est que le résultat des forces émises par les différents éléments de la machine pondérées par la fonction de transfert des liaisons (roulements, film d'huile, film d'air, boulons, supports élastiques, ressorts, ...etc.).

Il faut donc définir des méthodes qui permettront de déterminer des seuils "d'avertissement" et "d'arrêt", avec une bonne probabilité de réussite.

Le seuil d'avertissement est également appelé niveau d'alarme.

IV 8.1. Méthode du relevé global

Cette méthode consiste à relever les mesures globales sur une machine lorsqu'elle est réputée fonctionner de manière satisfaisante (rendement, consommations, disponibilité, ...). Cet état est dit "de référence". Dans la pratique, le seuil d'alarme est généralement fixé à 8 dB (rapport 2,5) au-dessus du niveau de référence. De même, le seuil d'arrêt est généralement fixé à 8 dB (rapport 2,5) au-dessus du niveau d'alarme.

IV 8.2.Méthode de l'analyse spectrale

Cette méthode met en œuvre un analyseur en lieu et place d'un vibromètre.

Les seuils d'alarme et d'arrêt sont déterminés selon la même méthode que précédemment, sur le spectre au lieu de la mesure globale.

Cette méthode devra être préférée lorsque les défauts à surveiller émettent des vibrations très faibles, comme les défauts d'engrènement ou de roulement.

IV.9.Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons apporté l'historique de panne de la presse 2500T à travers notre stage qu'on a fait au sien de ALGAL+. Cet historique a permis de calculer les temps de bon fonctionnement de la presse à partir de leurs conditions de fonctionnement. La fiabilité, le taux de défaillance, la fonction de répartition, la densité de probabilité, la maintenabilité et la disponibilité sont calculés par l'utilisation du logiciel de simulation MINITAB, et les résultats obtenus ont montrés que la fiabilité de presse soit réduite et le temps de panne et le taux de défaillance soient croissants. Finalement, on a des solutions concernant les éléments les plus tombent en panne.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

La maintenance intervient dans les différentes étapes du cycle de vie d'un équipement, elle assure le bon fonctionnement des outils de production et elle contribue d'une manière significative à la performance de l'entreprise.

L'application de la maintenance a pour but de diminuer le nombre d'arrêts non planifiés, d'augmenter la disponibilité des équipements, d'éviter les détériorations de l'équipement et d'assurer la qualité du produit fabriqué.

Pour appliquer la maintenance sur un système électromécanique, nous avons fait un stage au sein de l'entreprise ALGAL+ qui est composé d'un ensemble des systèmes électromécaniques, parmi ces systèmes, nous avons choisi la presse 2500T parce qu'elle a un rôle très important dans cette entreprise.

Ce stage nous a permis de connaître la constitution de l'entreprise d'une part et de prendre l'historique de panne de la presse d'une autre part. Cet historique de panne nous a facilité de calculer les temps de panne de la presse et à travers les conditions de fonctionnement de cette dernière, nous avons extrait les temps de bon fonctionnement (TBF). Par l'utilisation du logiciel Minitab, on a vérifié l'acceptation de la loi de calcul pour évaluer les paramètres de la sûreté de fonctionnement (fiabilité, maintenabilité et disponibilité) et on a confirmé que la loi de Weibull est acceptée pour les calculs. On a calculé la fiabilité, le taux de défaillance, la fonction de répartition, la densité de probabilité, la maintenabilité et la disponibilité par l'utilisation du logiciel Minitab, et les résultats obtenus ont montré que la fiabilité de la presse 2500T soit réduite et le temps de panne et le taux de défaillance soient croissants.

On a tracé la courbe ABC et le diagramme de Pareto grâce à les temps d'arrêt, et d'après ces courbes, on a connu les éléments les plus tombent en panne de la presse.

Nous avons proposé un des recommandations et des solutions, notamment :

- Concernant la coupure du courant, nous proposons à l'entreprise (ALGAL+) d'ajouter un groupe électrogène pour assurer la présence de l'électricité dans le cas de la coupure. Cette proposition permet de minimiser le temps de panne de cette presse à 50%.
- Concernant les défauts au niveau du tracteur de filage, on propose à l'entreprise d'utiliser la technique d'analyse vibratoire et la thermographie.

REFERENCE
BIBLIOGRAPHIQUE

- [1] DIF ZAKARYA.ADJISSI MEHDI,« Amélioration de la production d'un système par l'application de la maintenance préventive» , mémoire de Master, Université de M'SILA, 2018.
- [2] CHEIKHI Omar et DJOUDI Ismail « Amélioration des performances opérationnelles des systèmes de production en utilisant la théorie des chaînes de Markov », mémoire de Master, Université de M'SILA , 2018.
- [3] <https://www.scribd.com/document/254295442/Introduction-a-La-Maintenance-Industrielle>
- [4] TAYEB HOUASNIA «Pondération des taux de défaillances des équipements qui operent dans des milieux hostiles» Comme exigence partiellede la maîtrise en génie industrie, décembre 1999.
- [5] TALEB Ahmed Hashed Mohammed Aqel et AL-MAQTTRI Ehab Tawfik Hasan Thabi «Etude de maintenance de la presse 2500T (Algal+)», Mémoire de master, Universite mohamed boudiaf - m'sila, 2021.
- [6] SOLOIS Zeid & HADJ KOUIDER Nacer« Etude, Analyse et Calcul FMD de la turbine à gaz MS5002b)» Mémoire de master , Universite mohamed boudiaf - m'sila, 2019.
- [7] MAKROUD Nouredine intégration des technique du datamining dans la processs des gestion des connaissances bassé sur raisonnement à partir des cas :applicatiois à la maintenance industrielle» Mémoire de magister , université de setif 2009.
- [8] Kherbouche Amine et Boutalbi Mabrouk «L'impact D'amélioration De La Fiabilité Sur La Durée De Vie D'une Machine Stratégique Dans un Appareil De Forage Pétrolier. Cas De (Top Drive 8050 AC-712) » Mémoire de master ; université Kasdi Merbah ouargla, 2019.
- [9] MOUHED Bilal et LAMOURI Nadir et MASMOUDI Nadir «Étude et Amélioration de la maintenance (FMD) de la pompe à boue (IDECO 800) » Mémoire de master, Département de Forage et Mécanique des chantiers pétroliers, 2017.
- [10] A.DAFDAF, O.FAID : « Optimisation de la fiabilité d'un système électromécanique», mémoire de master, université Mohamed Boudiaf – M'sila,(2018).
- [11] A.HERZALLAH : « Etude thermodynamique, maintenance et fiabilité d'un turbine à gaz MS5002b», Mémoire d'ingénieur d'Etat, université de Boumerdas, (2007).
- [12] Monchy F. « Maintenance : Méthodes et organisation » Editions DUNOD, Paris, 2000
- [13] A.ABDICHE : «ETUDE THERMODYNAMIQUE, MAINTENANCE ET FIABILITE D'UNE TURBINE A GAZ MS 5002b», Mémoire d'ingénieur d'Etat, Université de Boumerdas

- [15] MOUHED Bilal et LAMOURI Nadir et MASMOUDI Nadir « Étude et Amélioration de la maintenance (FMD) de la pompe à boue (IDECO 800) » Mémoire de master, université Kasdi Merbah Ouargla, 2017.
- [16] Souheil AYED «Contribution au développement des stratégies de gestion de maintenance intégrée faisant appel à la sous-traitance» , Pour obtenir le grade de Docteur de l'Université Paul Verlaine de Metz ,2005
- [18] MEBARKIA Djalal «Recherche d'une solution optimale d'exploitation et de maintenance des gazoducs algériens tenant compte de la fiabilité des équipements des différentes lignes » ,Mémoire de magister 2013
- [19] SALAH OUSSAMA et MEDDOUR ABDESSALEM « UTILISATION DE LA GMAO POUR LA PLANIFICATION DE LA MAINTENANCE PREVENTIVE » Mémoire Master, 2018
- [21] DI.CHO et M. PARLAR, 'Servey of maintenance models for multi unit système' , europe&n journal of operation resaerch, Vol. 51, No. 01 pp : 1-23, 1991.
- [22] Les Rencontres du CIMI « cours Sûreté de Fonctionnement des installations industrielles » Université Paris , 18 octobre 2001.
- [23] Cours 'Techniques de détection des défaillances' Faculté technologie, Université de M'sila
- [24] Zine Ghemari « Modélisation, simulation et analyse expérimentale du capteur de vibration (accéléromètre) » Thèse de doctorat, Université Badji Mokhtar Annaba, 2013.
- [25] Zine Ghemari et all « Mechanical Resonator Sensor Characteristics Development for Precise Vibratory Analysis » Sensing and Imaging 22 (1) 2022, PP : 1-12.
- [26] Zine Ghemari et all « Appropriate Choice of Damping Rate and Frequency Margin for Improvement of the Piezoelectric Sensor Measurement Accuracy » Journal of Advanced Manufacturing Systems, 20 (3), PP: 537-548.
- [27] Zine Ghemari et all « Improvement of the Vibratory Analysis by Enhancement of Accelerometer Characteristics » Sensor Letters 18 (1), 39-42.
- [28] Zine Ghemari et all « Enhancement of the vibratory analysis technique by the accelerometer characteristics evolution » The 7th International Conference on Control Engineering & Information Technology, octobre 2019, Maroc.
- [29] Zine Ghemari et all « The accelerometer characteristics improvement » The 7th International Conference on Control Engineering & Information Technology, octobre 2019, Maroc.
- [30] Zine Ghemari et all Enhancement of capacitive accelerometer operation by parameters

improvement, International Journal of Numerical Modelling: Electronic Networks, Devices and Fields, Vol.32, No.3, 2019.

[31] Zine Ghemari et all « Improvement of the vibratory diagnostic method by evolution of the piezoelectric sensor performances » International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, Vol.20, No.8, PP : 1361-1369.

Annexe

Le tableau suivant représente les valeurs de A et B en fonction de β

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0.50	2.0000	4.470	1.50	0.9027	0.613	3.00	0.8930	0.325
0.55	1.7024	3.350	1.55	0.8994	0.593	3.10	0.8943	0.316
0.60	1.5046	2.650	1.60	0.8966	0.574	3.20	0.8957	0.307
0.65	1.3663	2.180	1.65	0.8942	0.556	3.30	0.8970	0.299
0.70	1.2638	1.850	1.70	0.8922	0.540	3.40	0.8984	0.292
0.75	1.1906	1.610	1.75	0.8906	0.525	3.50	0.8997	0.285
0.80	1.1330	1.430	1.80	0.8893	0.511	3.60	0.9011	0.278
0.85	1.0880	1.290	1.85	0.8882	0.498	3.70	0.9025	0.272
0.90	1.0522	1.770	1.90	0.8874	0.486	3.80	0.9038	0.266
0.95	1.0234	1.080	1.95	0.8867	0.474	3.90	0.9051	0.260
1.00	1.0000	1.000	2.00	0.8862	0.463	4.00	0.9064	0.254
1.05	0.9803	0.934	2.10	0.8857	0.443	4.10	0.9077	0.249
1.10	0.9649	0.878	2.20	0.8856	0.425	4.20	0.9089	0.244
1.15	0.9517	0.830	2.30	0.8859	0.409	4.30	0.9102	0.239
1.20	0.9407	0.787	2.40	0.8865	0.393	4.40	0.9114	0.235
1.25	0.9314	0.750	2.50	0.8873	0.380	4.50	0.9126	0.230
1.30	0.9236	0.716	2.60	0.8882	0.367	4.60	0.9137	0.226
1.35	0.9170	0.687	2.70	0.8893	0.355	4.70	0.9147	0.222
1.40	0.9114	0.660	2.80	0.8905	0.344	4.80	0.9160	0.218
1.45	0.9067	0.635	2.90	0.8917	0.334	4.90	0.9171	0.214

Table de valeurs de A et B en fonction de β

Table d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov

α	0.20	0.15	0.10	0.05	0.01
N					
1	0.900	0.925	0.950	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.828
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.733
5	0.446	0.474	0.510	0.565	0.669
6	0.410	0.436	0.470	0.621	0.610
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.457	0.543
9	0.339	0.360	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.410	0.490
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.450
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.392
17	0.250	0.266	0.286	0.318	0.381
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.371
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.363
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.356
25	0.21	0.22	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.20	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.19	0.21	0.23	0.27
> 35	$1.07/\sqrt{N}$	$1.14/\sqrt{N}$	$1.22/\sqrt{N}$	$1.36/\sqrt{N}$	$1.63/\sqrt{N}$

Table d'ajustement de Kolmogorov-Smirnov

الملخص :

الصيانة الصناعية أمر في غاية الأهمية بالنسبة للشركات والتي تهدف إلى ضمان التشغيل جيد والمستمر لمرافق الإنتاج هي وظيفة استراتيجية في مجال الأعمال التطبيقية ترتبط ارتباطاً وثيقاً بالتطور التكنولوجي المستمر. في هذا العمل سنعمل على تحسين موثوقية مكبس 2500 طن في شركة ALGAL PLUS في المسيلة من خلال دراسة احصائية للأعطال في هذا النظام و التوصية بالحلول الفعالة للتقليل من هذه الأعطال اثناء فترة التشغيل

Résumé

La maintenance industrielle est très importante pour les entreprises, qui vise à assurer le bon et continu fonctionnement des installations de production est une fonction stratégique dans le domaine des métiers appliqués étroitement liée au développement technologique continu.

Dans ce travail, nous travaillerons à améliorer la fiabilité d'une presse de 2500 tonnes dans la société ALGAL PLUS à Al-M'sila à travers une étude statistique des défauts de ce système et recommander des solutions efficaces pour réduire ces défauts pendant la période d'exploitation.

abstract

Industrial maintenance is very important for companies, which aims to ensure good and continuous operation of production facilities is a strategic function in the field of applied business closely linked to continuous technological development.

In this work, we will work to improve the reliability of a 2500 ton press in ALGAL PLUS company in Al-Masila through a statistical study of faults in this system and recommend effective solutions to reduce these faults during the operating period.