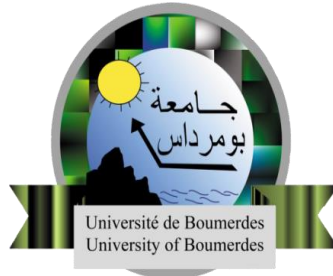


N° Ordre...../DGM/FSI/UMBB/2019

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté des Science de l'Ingénieur

Département Génie Mécanique

MEMOIRE DE MASTER

En vue de L'obtention Du Diplôme de MASTER en :

FILIERE : Electromécanique

OPTION : Maintenance industrielle

THEME

Etude de FMDS d'un Secteur d'usinage et expertise par

La méthode A B C

Réalise par :

- TAREK Brahim***
- MOKHTAR AHDOUGA Mohammed***

Promoteur :

Pr. AKNOUCHE Hamid

Encadreur :

Mr. IFRANE Ahmed

Promotion 2018-2019/ MMI-17

Remerciements

Nous tenons en premier lieu à remercier vivement le bon dieu de nous avoir mis sur le bon chemin

Nos vifs remerciements vont à nos très chers parents pour leurs efforts fournis et leurs conseils pendant tous nos cursus de formation.

*Nous remercions notre promoteur **Pr. Hamid AKNOUCHE** pour sa volonté durant toute cette période de leur disponibilité, nous lui devons toute notre gratitude et notre respect.*

*Nous tenons à remercier notre encadreur **M. Ahmed IFRANE** et toute l'équipe de SNVI qui nous a ouvert les portes du bureau à tout moment.*

Nos remerciements s'adressent à nos professeurs qui ont contribué à notre formation.

Nous remercions à la fin les membres de jury qui ont bien voulu examiner notre travail.

Et enfin, nous remercions tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail

Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire:

A ma très chère Mère et à mon cher Père, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutiens permanents durant toutes mes années d'études, leurs sacrifices illimités, leurs réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance:

A toute ma famille

A mon binôme et sa famille

A tous mes amis

MOHAMMED

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

La personne la plus chère dans le monde, la lumière de ma vie, la source de tendresse, celle qui a sacrifiée et souffert les plus belles années de sa vie pour me voir un jour réussir :

♥♥ Ma chère mère ♥♥

A mon cher père, le plus noble qui par son courage et son amour a consacré toutes ses efforts, et ses moyens pour m'aider à accomplir ce rêve, et pour me faire réussir.

A ma chère fiancée

A mes chers frères et sœurs

A tous les membres de ma famille

A toute la famille TAREK et la famille ANEB

A mon binôme et sa famille

A tous mes amis(ies).

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

Brahim

Sommaire

Sommaire

Introduction générale.....	1
Profil d'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) :	4
I.1. Historique :.....	4
I.1.2. Mission :.....	5
I.1.3. Objets Socio-économique :	5
I.1.4. Organisation de la (S.N.V.I.) :	5
I.1.5. Les unités de production :	5
I.1.5. Les unités de distribution et de maintenance :	6
I.2. Machine-outil à commande numérique.....	6
Définition	6
I.2.2 Origines de la commande numérique.....	7
I.2.3. Architecture d'une MOCN :	7
I.2.4. Les différents types de MOCN :	9
I.2.5. Présentation de la fraiseuse :	9
I.2.6. Caractéristiques principales:	10
I.2.7. Les différents types de fraiseuses :	11
I.2.8. Procédés de fraisage:.....	12
I.2.9. Opérations de fraisage:	13
I.2.10. Caractéristiques des fraises:	13
I.2.10. Différents types des fraises:	14
I.2.11. Modes de coupe :	15
Conclusion.....	15
<i>Chapitre II</i>	16
Introduction	17
II.1.1. Fonction de la maintenance	18

Sommaire

II.1.2. Types de la maintenance.....	19
II.1.2.1.La maintenance préventive	19
II.1.2.2. Maintenance corrective :	20
II.1.3. Niveaux de la maintenance	21
II.1.4. Actions de maintenance	22
a. Actions de maintenance préventive :.....	22
b. Actions de maintenance corrective.....	22
b. Autres actions de maintenance	22
II.1.5. Fonctions de la maintenance.....	23
I.1.6. Maintenabilité et disponibilité	28
- Maintenabilité	28
-Disponibilité:.....	28
Détermination des maintenabilité MTTR	28
Introduction	29
Définition de la fiabilité	29
II.2.1. La fonction de fiabilité	30
II.2.2. Caractéristiques de la fiabilité	30
II.2.3. Défaillance et mode de défaillance.....	30
II.2.4. La fonction de défaillance	31
II.2.5. Le taux de défaillance.....	31
II.2.6. Temps moyen de bon fonctionnement.....	31
II.2.7. La courbe en baignoire	32
II.2.8. La variable aléatoire (v.a) :.....	32
II.2.9. Fonction de répartitions :	33
Introduction	34
Définition de La méthode ABC	34
II.3. 1. Objectif	34

Sommaire

II.3.2. Fonction	34
II.3.3. Méthode	35
Définition de l'objectif de l'étude et de ses limites.....	35
a) Choisir le critère de classement	35
c) Construire un graphique	35
d) Déterminer les zones ABC.....	35
III.1. La loi de Weibull.....	38
III.1. 1 Domaine d'utilisation.....	38
III.1. 2. Expression mathématique	38
III.1.3. Analyse du taux de défaillance.....	38
III.2. Maintenabilité et Disponibilité.....	39
III.3.1. Classement des TBF (par ordre croissant)	40
III.3.2. Table de valeur	42
III.3.2. Détermination des paramètres de Weibull Nous parton sur le papier de Weibull le nuage de points (TBF , F(i)) qui nous fait apparaitre.....	44
III.3.3. Recherche de MTBF	44
Probabilité de défaillance cumulée F(t) :	45
Taux de défaillance $\lambda(t)$	45
III.3.4. Représentation des résultats de l'étude de fiabilité	45
III.3.5. Etude maintenabilité et disponibilité.....	46
III.3.5.1. calcul de la moyenne technique de temps de réparation	46
III.3.5.2. Calcul de la disponibilité : D.....	46
III.3.5.3. Calcul de l'indisponibilité : I.....	46
III.3.5.4. Interprétation :	46
III.3.5.5. Courbe de fonction de fiabilité R (t)	46
III.3.5.6. Courbe de taux de défaillance $\lambda(t)$:	47
Conclusion.....	48

Sommaire

III.4. Application de loi Pareto	49
III.4.1. Etude d'un cas sur la machine fraiseuse (REIDEN C01393).....	49
III.4.2. Construction du graphe de Pareto :	49
Tableau 7 : Classement des Pièces de ' REIDEN C01393' de selon leur criticités.....	49
III.4.3. Commentaires sur la courbe :	51
Conclusion.....	51
III.5.1. Classement des TBF (par ordre croissant)	52
III.5.2. Table de valeur	53
III.5.3. Détermination des paramètres de weibull	55
III.5.4. Recherche de MTBF	55
III.5.5. Représentation des résultats de l'étude de fiabilité	56
III.5.6. Comportement du matériel :.....	57
III.5.7. Etude maintenabilité et disponibilité.....	57
III.5.8. Courbe de fonction de fiabilité R (t)	57
III.5.9. Courbe de fonction de défaillance $\lambda(t)$:.....	58
Figure 15 : La courbe de défaillance $\lambda(t)$:.....	59
III.6. Etude d'un cas sur la machine fraiseuse (FOREST LINE C03112)	59
III.6.1-Construction du graphe de Pareto :.....	59
III.6.2. Commentaires sur la courbe :.....	62
Conclusion.....	62
Conclusion générale	63
Références Bibliographiques.....	64
Les Annexes.....	67

Liste des figures

Liste des figures

Figure 1: Partie commande et opérative.....	8
Figure 2: chaîne cinématique d'une fraiseuse.....	10
Figure 3: Fraiseuse horizontale et verticale.....	11
Figure 4 : Fraiseuse universelle.....	12
Figure 5 : Fraiseuse d'établi.....	12
Figure 6 : Types des fraises.....	15
Figure 7 : Organigramme de types et typologie de maintenance.....	21
Figure 8: courbe en baignoire [10].....	32
Figure 9 : la courbe ABC.....	36
Figure 10: La courbe de fiabilité $R(t)$	47
Figure 11 : La courbe de défaillance $\lambda(t)$	48
Figure 12 : diagramme Pareto.....	50
Figure 13: courbe ABC.....	50
Figure 14 : La courbe de fiabilité $R(t)$	58
Figure 15 : La courbe de défaillance $\lambda(t)$:.....	59
Figure 16 : Diagramme Pareto.....	61
Figure 17 : Courbe ABC.....	61

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les différents niveaux de la maintenance.....	21
Tableau 2 : Expression mathématique	38
Tableau 3 : Formulations de la maintenabilité et disponibilité	39
Tableau 4 : Classement des TBF par ordre croissant de la machine REIDEN	40
Tableau 5 : Table de valeur de la machine REIDEN	42
Tableau 6 : Récapitulatif des paramètres	45
Tableau 7 : Classement des Pièces de ‘ REIDEN C01393’ de selon leur criticités.	49
Tableau 8 : Classement des TBF par ordre croissant de la machine FOREST LINE.....	61
Tableau 9 : Table de valeur de la machin FOREST LINE.....	53
Tableau 10 : Récapitulatif des paramètres	56
Tableau 11 : Classement des Pièces de ‘FOREST LINE’ de selon leur criticités.	60

Liste des abréviations utilisés

Liste des abréviations utilisés

N	Nombre de panne
N_i	Rang
F(i)	La formule d'approximation des rangs moyens
TA	Temps d'arrêt
TBF	Temps de bon fonctionnement
MTBF	Moyenne de temps de bon fonctionnement
δ	L'écart type
R (t)	Probabilité de bon fonctionnement
f(t)	La densité de probabilité
F(t)	Probabilité de défaillance cumulée
$\lambda(t)$	Taux de défaillance
TTR	Temps technique de réparation
MTTR	Moyenne des temps techniques de réparation
D	La disponibilité
I	L'indisponibilité
β	Est appelé paramètre de forme
η	Est appelé paramètre d'échelle
γ	Est appelé paramètre de position
B	Coefficient
A	Coefficient

Résumé

Résumé

Dans l'industrie, on parle de plus en plus de sûreté de fonctionnement. Cette discipline, qui a acquis ce nom et sa forme actuelle, principalement au cours du dernier demi-siècle.

Son objectif est alors de connaître et de maîtriser les risques, dans notre travail nous avons essayé de donner quelques notions fondamentales sur les machines à commande numérique

Ensuite étudié les principales lois utilisées en fiabilité ainsi que la Méthode ABC pour déterminer les paramètres de fiabilité qui caractérisent le degré de défaillance et permettent de bien suivre l'état de secteur d'usinage (fraiseuse à commande numérique).

À la fin, nous avons proposé de faire une amélioration du système.

Mots clés : industrie, les risques, la sûreté de fonctionnement, machine à commande numérique, fiabilité, ABC

في مجال الصناعة ، هناك حديث متزايد عن الموثوقية. هذا الانضباط، الذي اكتسب هذا الاسم وشكله الحالي، وبشكل رئيسي خلال نصف القرن الماضي.

هدفه هو معرفة المخاطر والسيطرة عليها، في عملنا حاولنا إعطاء بعض المفاهيم الأساسية على آلات التصنيع باستخدام الحاسب الآلي.

بعد ذلك ، درسنا القوانين الرئيسية المستخدمة في الموثوقية وكذلك طريقة **ABC** لتحديد معلمات الموثوقية التي تميز درجة الفشل وتسمح بمتابعة حالة قطاع الآلات (آلة طحن يتم التحكم بها رقميًا) بشكل جيد. في النهاية، اقترحنا إجراء تحسين النظام.

الكلمات المفتاحية: الصناعة ، المخاطر ، الاعتمادية ، آلة CNC ، الموثوقية, ABC

Introduction générale

Introduction générale

L'évaluation de l'état de dégradation des équipements industriels s'avère un élément indispensable à la définition optimale des opérations de maintenance, destinées à garantir un niveau de disponibilité et de sécurité sous un coût maîtrisé.

Chaque action de maintenance a deux caractéristiques, ce qu'elle coûte et ce qu'elle fait gagner, cette notion est peu intégrée dans le choix d'une politique de maintenance elle peut intervenir au moment du choix d'un plan de maintenance et pour arriver à un bon fonctionnement et gestion de la maintenance on doit suivre des démarches stratégiques qui nous permettent de connaître l'état de fonctionnement de notre matériel

Donc on va choisir des outils d'aides à la décision et la gestion de temps et puis appliquer une analyse sur le matériel pour détecter la défaillance de matériel.

Dans la première démarche on va appliquer une étude de fiabilité sur les machines qui présentent la majorité de pourcentage de défaillance.

Dans la deuxième démarche on applique la méthode de Pareto qui sert à déterminer les machines critiques qui se sont classées en priorité d'intervention selon leurs nombre de pannes.

Donc l'étape suivante est de savoir faire les actions à engager pour mettre notre système à l'état de bon fonctionnement et d'augmenter la durée de service des machines considérées.

Dans le premier chapitre, on a présenté l'entreprise (la S.N.V.I) ou on a fait notre stage, Ensuite une idée générale sur les machines à commande numérique précisément les fraiseuses.

Le deuxième chapitre de notre manuscrit est dédié à une étude bibliographique sur la maintenance en générale. Un approfondissement est donné pour les méthodes d'expertises par le calcul des différents paramètres de la théorie de Weibul. Dans ce chapitre, une application sur notre parc machines de la loi de Pareto qui vient seconder la lois de weibul.

Le troisième chapitre est consacré en une étude de cas ou on a procédé aux différentes applications énumérées dans le chapitre précédant.

Introduction générale

Ce manuscrit commence par une introduction générale, où on a donné quelques renseignements concernant l'entreprise d'accueil ainsi que la problématique prise en charge dans ce travail. Une conclusion générale, vient finir le manuscrit, elle met en valeur les différents résultats notables à prendre en charge par les gestionnaires de l'entreprise. Cette conclusion générale est aussi dotée d'un certain nombre de recommandations qui serviront de thématique d'étude pour les futurs Masters.

Chapitre I

ETUDE BEBLIOGRAPHIQUE DES MACHINES OUTILS A COMMANDE NUMERIQUE

Profil d'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) :

L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) est une Entreprise Publique Economique constituée en société par actions depuis mai 1995, produit et commercialise des véhicules industriels.

L'Entreprise nationale de véhicules industriels (SNVI) a pour vocation la conception, fabrication, commercialisation et le soutien après-vente d'une importante gamme de produits. la SNVI construit des camions et camions-tracteurs, autocars, des autobus, des équipements de carrosserie industrielle et des équipements ferroviaires. [1]

I.1. Historique :

De 1957 à 1966 : Implantation de la société française BERLIET sur le territoire Algérien par la construction en juin 1957 d'une usine de montage de véhicules "poids lourds" à 30 km à l'est d'Alger, plus exactement à Rouïba.

De 1967 à 1980 : En 1967, fut créée la SONACOME (Société Nationale de Construction Mécanique). Le schéma d'organisation adopté pour la SO.NA.CO.ME regroupant en son sein dix (10) entreprises autonomes.

De 1981 à 1994 : La S.N.V.I (Entreprise Nationale de Véhicules Industriels) devient une entreprise publique socialiste (EPS). La S.N.V.I est née à l'issue de la restructuration de la SO.NA.CO.ME et le décret de sa création lui consacra un statut d'entreprise socialiste à caractère économique régit par les principes directifs de la Gestion Socialiste des Entreprises (G.S.E).

De 1995 à 2011 : Le mois de Mai 1995, la S.N.V.I a changé de statut juridique pour devenir une Entreprise Publique économique régie par le droit commun : la S.N.V.I est alors érigée en Société Par Actions (SPA), au capital social de 2,2 milliards de Dinars. La S.N.V.I devenue groupe industriel.

De 2011 à à Janvier 2015 : Le mois d'Octobre 2011, la S.N.V.I a changé de statut juridique pour devenir un Groupe Industriel composé d'une Société Mère et de quatre filiales.

Depuis Février 2015 à ce jour : Suite à la réorganisation du Secteur Public Marchand de l'Etat en date du 23 Février 2015, l'EPE FERROVIAL et toutes ses participations a été rattachée au Groupe SNVI comme 5ème Filiale. [1]

I.1.2. Mission :

La SNVI est chargée dans le cadre du plan national de :

Production de véhicule industriel.

Développement et amélioration de la production ,

L'exportation du produit,

Les véhicules industriels qu'elle est chargée de produire sont :

Les camions et les camions spéciaux,

Les autos bus et cars ,

Les remorques et semi-remorque. [1]

I.1.3. Objets Socio-économique :

La société a pour objectifs de la recherche, le développement de la production, de l'exportation et de la distribution dans le secteur des véhicules industriels. Elle participe a la réduction du chômage en employant plus de 8000 salaries.

Elle participe également a la formation des cadres, techniciens et ouvriers qualifiés dans plusieurs filières (méthodes, ordonnancement, achat, outillage, gestion, maintenance, etc.), ainsi qu'a l'effort de l'exportation hors hydrocarbures en pénétrant les marches africains. [1]

I.1.4. Organisation de la (S.N.V.I.) :

Le siège social de la (S.N.V.I.) se situe à Rouïba, à 30Km L'est d'Alger, elle couvre une superficie de 10 hectares. La (S.N.V.I.) adopte le modèle organisationnel uniforme structure en cohérence parfaite avec les objectifs du contrat de performance de la manière suivante :

Une assemblée des travailleurs soutenue par des commissions permanentes.

Un conseil de surveillance.

Un directeur général de l'entreprise assiste par les cadres dirigeants, des directeurs d'unités (production et commerciale, prestation de service).[1]

I.1.5. Les unités de production :

Les unités de production prennent en charge le processus de fabrication des véhicules industriels depuis la forge jusqu'au montage.

Les unités de production :

- Fonderie de Rouïba « F.R »,
- Véhicules Industriels de Rouïba « V.I.R »,
- Carrosseries Industrielles de Rouïba « C.I.R »,
- Carrosseries Industrielles de Tiaret « C.I.T »,
- Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires « FERROVIAL » d'Annaba.[1]

I.1.5. Les unités de distribution et de maintenance :

Cette importante activité qui concerne la vente du matériel « SNVI », la réparation et l'entretien est assurée par des réseaux primaires et secondaire répartis à travers le territoire national.[1]

Introduction sur les machines-outils

Une machine-outil a pour but de réaliser physiquement les mouvements de coupe nécessaires à l'obtention d'une surface par enlèvement de matière. Elle réalise le mouvement de coupe et le mouvement d'avance de l'outil par rapport à la pièce. De plus, elle doit permettre l'obtention de pièces en respectant les spécifications fonctionnelles. Après une présentation des machines-outils, nous fournirons dans ce chapitre, quelques « définitions » que l'on pourra, utiliser d'une machine-outil. [2]

I.2. Machine-outil à commande numérique

Définition

Elle est dédiée à des fabrications variées de pièces différentes lancées en petits lots répétitifs. Dans le domaine de la fabrication mécanique, le terme « commande » désigne l'ensemble des matériels et logiciels ayant pour fonction de donner les instructions de mouvements à tous les éléments d'une machine-outil :

- l'outil (ou les outils) d'usinage équipant la machine,
- les tables ou palettes où sont fixées les pièces,
- les systèmes de magasinage et de changement d'outil,
- les dispositifs de changement de pièce. [2]

On peut aussi découper la famille des commandes numériques en quatre sous familles de Machine :

- fraisage à commande numérique (*FCN*) ;
- tournage à commande numérique (*TCN*) ;
- centre d'usinage à commande numérique (*CUCN*) ;
- rectification à commande numérique ;
- électroérosion à commande numérique.

Dans chaque famille, les méthodes de montage et de travail sont totalement différentes, mais elles se rejoignent sur le principe de programmation, la grande majorité des machines utilisant un langage *ISO*. A cela peuvent se rajouter des interfaces dites conversationnelles ou par apprentissage qui simplifient l'utilisation de la machine. [3]

I.2.2 Origines de la commande numérique

C'est en 1942 aux Etats-Unis que la *CN* a commencé à être exploitée, pour permettre

L'usinage de pompes a injection pour moteurs d'avions. Il s'agissait en fait de cames, dont le

Profil complexe était irréalisable au moyen d'une machine traditionnelle. [4]

I.2.3. Architecture d'une MOCN :

Une machine-outil à commande numérique est composée de deux principales parties (Figure 1) :



Figure 1: Partie commande et opérative. [3]

- a) Partie opérative
- b) Partie commande.

a). Partie opérative :

Les mouvements sont commandés par des moteurs; presque comparable à une machine-outil classique. La partie opérative est composée de la :

- Table support de pièce, équipée de systèmes de commande (vis et écrou à billes), mobile selon deux ou trois axes.
- Moteurs d'entraînement de la table suivant les divers axes.
- L'élément de mesure ou capteur de position qui informe à tout instant sur la position du mobile (sur chaque axe).
- Capteur de vitesse (dynamo bathymétrique) qui mesure la vitesse de rotation

b). Partie commande :

La fonction de la partie commande est de transformer les informations codées du programme

en ordres aux servomécanismes de la partie opérative, afin d'obtenir les déplacements des organes mobiles. La partie commande comprend :

- Le support d'information (bande perforée, bande ou disque magnétique) sur lequel est

Consigné le programme d'usinage dans un langage compréhensible par le directeur de commande numérique.

-L'élément logique ou comparateur, ayant pour fonction la confrontation permanente de la position actuelle du mobile avec la position programmée. [3]

I.2.4. Les différents types de MOCN :

On distingue plusieurs types des machines les:

Machines à enlèvement de copeaux : les perceuses, les tours, les centres de tournages, les fraiseuses, les centres d'usinage, les rectifieuses, les affûteuses, les machines d'usinage à très grande vitesse...

-Electroérosions: les machines à enfonçages, les machines à fil.

-Machines de découpes : oxycoupage, laser, jet d'eau...

- Presses : métal, injection plastique.- Machines à bois: portiqueur col de cygne. [3]

I.2.5. Présentation de la fraiseuse :

La fraiseuse est une machine-outil permettant de réaliser des opérations d'usinage à l'aide d'une fraise. Elle peut également être équipée d'un foret, de taraud ou d'alésoir pour réaliser des opérations de perçage et taraudage. [4]

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé sur les fraiseuses, Permettant l'obtention de surfaces géométriques simples (principalement des plans) ou des surfaces géométriques simples associées (rainure, épaulement, ...). Au fraisage le métal est travaillé avec un outil multi tranchants appelé fraise. La coupe est obtenue à partir de la combinaison de 2 mouvements :

- Un mouvement de rotation de l'outil (fraise) appelé mouvement de coupe (Mc) qui

S'exprime en tour / minute (tr/min).

- Un déplacement rectiligne de la pièce appelé mouvement d'avance (M f), qui s'exprime en millimètre / minute (mm/min).

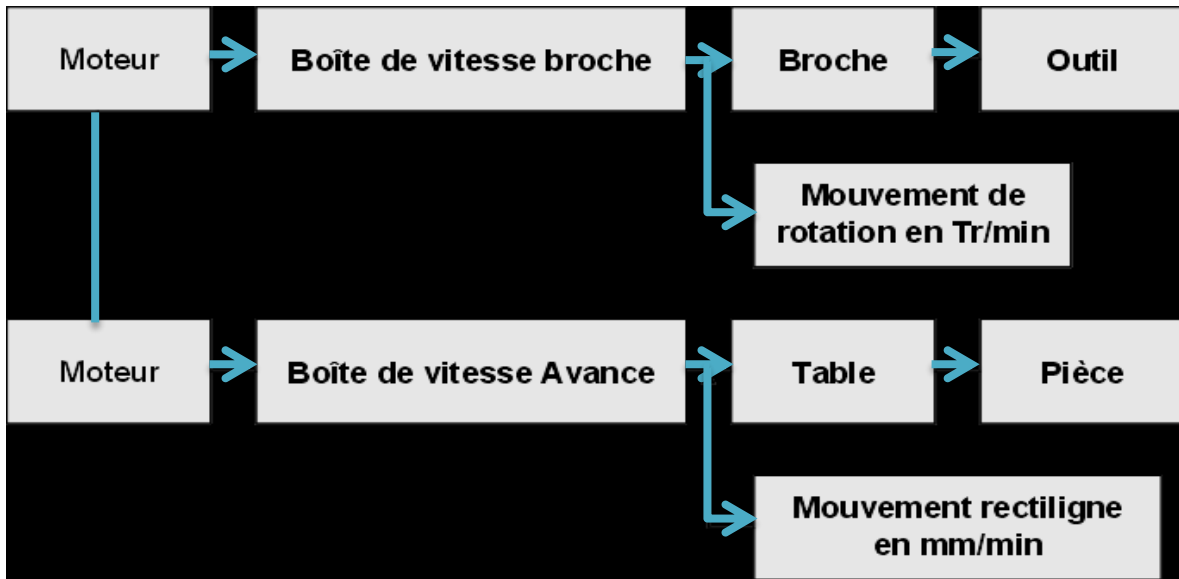


Figure 2: chaîne cinématique d'une fraiseuse. [5]

I.2.6. Caractéristiques principales:

Courses X, Y, Z (mm): elles correspondent à l'amplitude des mouvements de la table suivant les directions X (longitudinale), Y (transversale) et Z (verticale).

Surface de la table (mm) : elle correspond aux dimensions de la table (longueur x largeur)

Vitesse de broche (tr/min): c'est le nombre de rotations par minute que peut effectuer la broche.

Puissance de broche (kW ou cv): elle détermine la capacité de la fraiseuse à usiner des matériaux plus ou moins durs. 1 cv = 736 W

Cône de broche: il existe différents cônes de broche (ISO 40, ISO 50, HSK 40, SK 40...). Le choix des cônes dépend de la vitesse de rotation utilisée, de la précision souhaitée, des efforts de coupe.

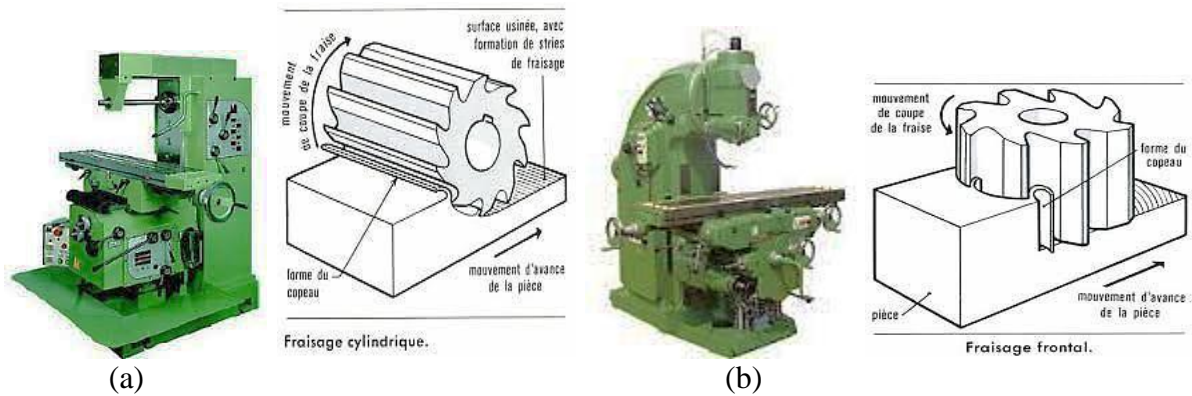
Vitesses d'avance X, Y, Z (mm/min) : Elles correspondent aux vitesses de déplacement de la table suivant les axes X, Y et Z lors de l'usinage de la pièce.

Vitesses d'avance rapide X, Y, Z (mm/min) : Elles correspondent aux vitesses de déplacement maximales de la table suivant les axes X, Y et Z lorsque l'outil n'est pas en contact avec la pièce. [5]

I.2.7. Les différents types de fraiseuses :

a) Fraiseuse horizontale :

Elle est appelée fraiseuse horizontale parce que la coupe survient dans un plan horizontal. Elle est rigide et robuste destinée pour les pièces lourdes



b) Fraiseuse verticale :

Elle est très similaire à la fraiseuse horizontale dans la construction et possède les mêmes parties de base, mais la broche de la machine est positionnée verticalement.

c) Fraiseuse universelle :

Elle est appelée ainsi parce qu'il peut être adapté à une très vaste palette d'opérations de fraisage. La FU est principalement utilisée dans les travaux de l'atelier d'outillage. Outre les mouvements de la table obtenus dans une fraiseuse verticale ou horizontale, la tête universelle conçue en genou peut être inclinée à un angle requis, dont le plus connu est celui du fabricant HURE avec 2 coulisses l'une verticale C1 et l'autre inclinée C2, dans quelque versions, la table de la machine de fraisage universelle peut pivoter de 45 ° de chaque côté et ainsi travaux de fraisage hélicoïdales peuvent être effectués. Elle peut recevoir des forets, alésoirs, des fraises avec un très haut degré de précision. [5]



Figure 4 : Fraiseuse universelle.

d) Fraiseuse d'établi :



Figure 5 : Fraiseuse d'établi.

I.2.8. Procédés de fraisage:

a) Fraisage en bout :

L'axe de la fraise est placé perpendiculairement à la surface à usiner. La fraise coupe avec son diamètre, mais aussi avec sa partie frontale. Les copeaux sont de même épaisseur, ainsi la charge de la machine est plus régulière. La capacité de coupe est supérieure à celle réalisée par le fraisage en roulant. La qualité de l'état de surface est meilleure. [6]

b) Fraisage en roulant :

L'axe de la fraise est placé parallèlement à la surface à usiner. La fraise coupe avec son diamètre. La charge de la machine en est irrégulière, surtout lors de l'emploi de fraises à denture droite.

Les à-coups provoqués par cette façon de faire donnent une surface ondulée et striée.

Pour pallier ces défauts, on utilisera une fraise à denture hélicoïdale. L'amélioration enregistrée s'explique ainsi: la denture est chargée et déchargée progressivement.

I.2.9. Opérations de fraisage:

- **Surfaçage** : Le surfaçage c'est l'usinage d'un plan par une fraise.
- **Plans épaulés** : C'est l'association de 2 plans perpendiculaires.
- **Rainure** : C'est l'association de 3 plans. Le fond est perpendiculaire au deux autres plans.
- **Poche** : La poche est délimitée par des surfaces verticales quelconques. C'est une forme creuse dans la pièce.
- **Perçage** : Ce sont des trous. Ils sont débouchant ou Borgnes. [6]

I.2.10. Caractéristiques des fraises:

➤ **La taille :**

Correspondant nombre d'arêtes tranchantes par dents

- Fraises à une taille.
- Frais à deux tailles.
- Frais à trois tailles.

➤ **La forme :**

- Fraises cylindriques.
- Fraises coniques, biconiques.
- Fraise cloche.
- Fraises de forme.
- Fraises à lames ou à outils rapportés.

➤ **La denture :**

- Si l'arête tranchante est parallèle à la de la fraise, on a :
 - une denture droite.
- Si l'arête tranchante est inclinée par rapport à l'axe de la fraise, on a :

- une denture hélicoïdale à droite ou à gauche.
- une denture à double hélice alternée.

Une fraise est également caractérisée par son nombre de dents.

➤ **Le mode de fixation :**

On distingue deux modes de fixation distincts :

- à trou : lisse, lisse rainurer ou taraudé.
- à queue : cylindrique ou conique. [6]

I.2.10. Différents types des fraises:

Il existe beaucoup types des fraises, la figure 6 présente les principaux types. [7]



Figure 6 : Types des fraises

I.2.11. Modes de coupe :

Il existe deux modes de coupe, selon le sens de rotation de la fraise et la direction du déplacement de la pièce à usiner. [7]

Conclusion

Nous avons présentés dans ce chapitre une revue générale sur les machines-outils, qui nous a permis de montrer les différents organes et leur rôle dans l'usinage.

Chapitre II

Notions fondamentales de maintenance, fiabilité, méthode ABC

Introduction

Dans le passé, la maintenance a eu souvent une existence non bien définie à l'ombre de la production ou d'un autre service d'exploitation des biens durables. Son rôle était plutôt comparable à celui des pompiers, qui interviennent quand le mal est arrivé. Les maintenances, qui sont généralement des spécialistes hautement qualifiés, ont longtemps été considérées comme des improductifs et comme une charge pour l'entreprise.

La mauvaise perception de la finalité de l'activité de maintenance par l'exploitant de l'investissement, et les difficultés de son évaluation par le financier, ont été réglées par une meilleure adéquation des coûts de maintenance par rapport aux services apportés.

C'est ainsi que la maintenance d'aujourd'hui, est placée dans une relation fournisseur-client. Le client est l'utilisateur du bien et le fournisseur assure avec ses prestations la fiabilité et la disponibilité de l'outil de production.

La maintenance contribue en effet, avec des mesures ponctuelles (préventifs, contrôles, visites etc.) à diminuer l'indisponibilité et à préserver la fiabilité des biens et des systèmes techniques. [8]

Définition de la maintenance

Selon la norme *AFNOR060-010* c'est « ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant **le cycle de vie** d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la **fonction requise**. » [8]

-Le cycle de vie d'un bien commence à la conception du bien et se termine avec son élimination.

-La fonction requise d'un bien est la fonction ou l'ensemble des fonctions considérées comme nécessaires pour fournir un service donné.

-Maintenir contient la notion de prévention et rétablir contient la notion correction.

-Bien : tout élément, composant, mécanisme, sous système, unité fonctionnelle, équipement ou système qui peut être considéré individuellement. Un nombre donné de biens, par exemple un ensemble de biens, ou un échantillon, peut lui-même être considéré comme un bien. Parmi

les biens, on distingue les biens réparables qui peuvent, après une défaillance et dans des conditions données être rétablis dans un état dans lequel ils peuvent accomplir une fonction requise. [8]

-Durabilité : aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données d'usage et de maintenance, jusqu'à ce qu'un état limite soit atteint. Seul ce type de biens est concerné par la maintenance.

-État de fonctionnement : état d'un bien qui accomplit une fonction requise.

-Fonction requise : fonction, ou ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service donné.

Il existe un très grand nombre de termes liés à la notion de maintenance qui ont fait l'objet de normes citées dans plusieurs ouvrages. [8]

Management de la maintenance : toutes les activités des instances de direction qui déterminent les objectifs, la stratégie et les responsabilités concernant la maintenance et qui les mettent en application par des moyens tels que la planification, la maîtrise et le contrôle de la maintenance, l'amélioration des méthodes dans l'entreprise, y compris dans les aspects économiques. [8]

II.1.1. Fonction de la maintenance

La maintenance est une fonction à part entière de l'entreprise. À ce titre, elle doit par son optimisation être une source de profit.

La maintenance intervient à tous les niveaux du cycle de vie d'un bien, de sa conception à son élimination. La fonction de la maintenance est de :

- ❖ Améliorer la disponibilité des moyens de production ou de service : en minimisant le nombre et la durée des pannes et en organisant au mieux les activités de maintenance, permettant ainsi d'optimiser les coûts de non-production.
- ❖ Améliorer la sécurité des biens et des personnes : en préservant la santé des personnes, en assurant leur sécurité, en maîtrisant les risques et en respectant les textes de réglementation.

La fonction maintenance s'intègre également dans le processus de qualité de l'entreprise en mettant en place une démarche de progrès dans toutes ses activités, en assurant une vielle technologie constante et en exploitant au mieux les retours d'expérience. Les métiers de la maintenance doivent mobiliser :

Des compétences pluri techniques permettant d'aborder différentes technologies.
Des capacités de travail en équipe et d'échanges avec les services internes de l'entreprise et avec les partenaires extérieurs. [9]

II.1.2. Types de la maintenance

Selon que l'activité de la maintenance ait lieu avant ou après la défaillance d'un bien, c'est-à-dire la cessation de son aptitude à accomplir une fonction requise et correspondant à un état panne, on distingue :

II.1.2.1. La maintenance préventive

La maintenance ayant pour objet de réduire la probabilité de la défaillance ou de dégradation d'un bien ou d'un service rendu.

Autrement dit, La maintenance préventive permet de réduire les risques et probabilité de dysfonctionnement des systèmes de production.

La maintenance préventive peut être :

- systématique.
- conditionnelle.
- prévisionnelle. [9]

❖ Maintenance systématique

Lorsque la maintenance préventive est réalisée a des intervalles prédéterminées, ou parle de la maintenance systématique, l'opération de maintenance est effectué conformément à un calendrier.

❖ Maintenance conditionnelle

Lorsque l'opération de maintenance préventive est subordonnée à l'analyse de l'évolution de paramètres significatifs (température, pression,...etc.) de la dégradation ou de basse de performance conditionnelle.

❖ **Maintenance prévisionnelle**

Lorsque la maintenance préventive est effectuée sur la base de l'estimation du temps de fonctionnement correct avant l'observation de l'évènement redouté on parle de maintenance prévisionnelle. [9]

➤ **Objectives visés par la maintenance préventive**

-Améliorer la fiabilité du matériel.

-Garantir la qualité des produits.

-Assurer la sécurité humaine.

-Améliorer la gestion des stocks.

II.1.2.2. Maintenance corrective :

La maintenance corrective regroupe l'ensemble des activités réalisées après la défaillance (totale ou partielle) d'un bien, ou la dégradation de sa fonction, pour lui permettre d'accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

La maintenance corrective peut être :

- palliative.

- curative. [9]

❖ **Maintenance palliative**

La maintenance palliative regroupe les activités de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Ces activités du type dépannage qui présentent un caractère provisoire devront être suivies d'activités curatives.

❖ **Maintenance curative**

La maintenance curative regroupe les activités de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Ces activités du type réparation, modification ou amélioration doivent présenter un caractère permanent.

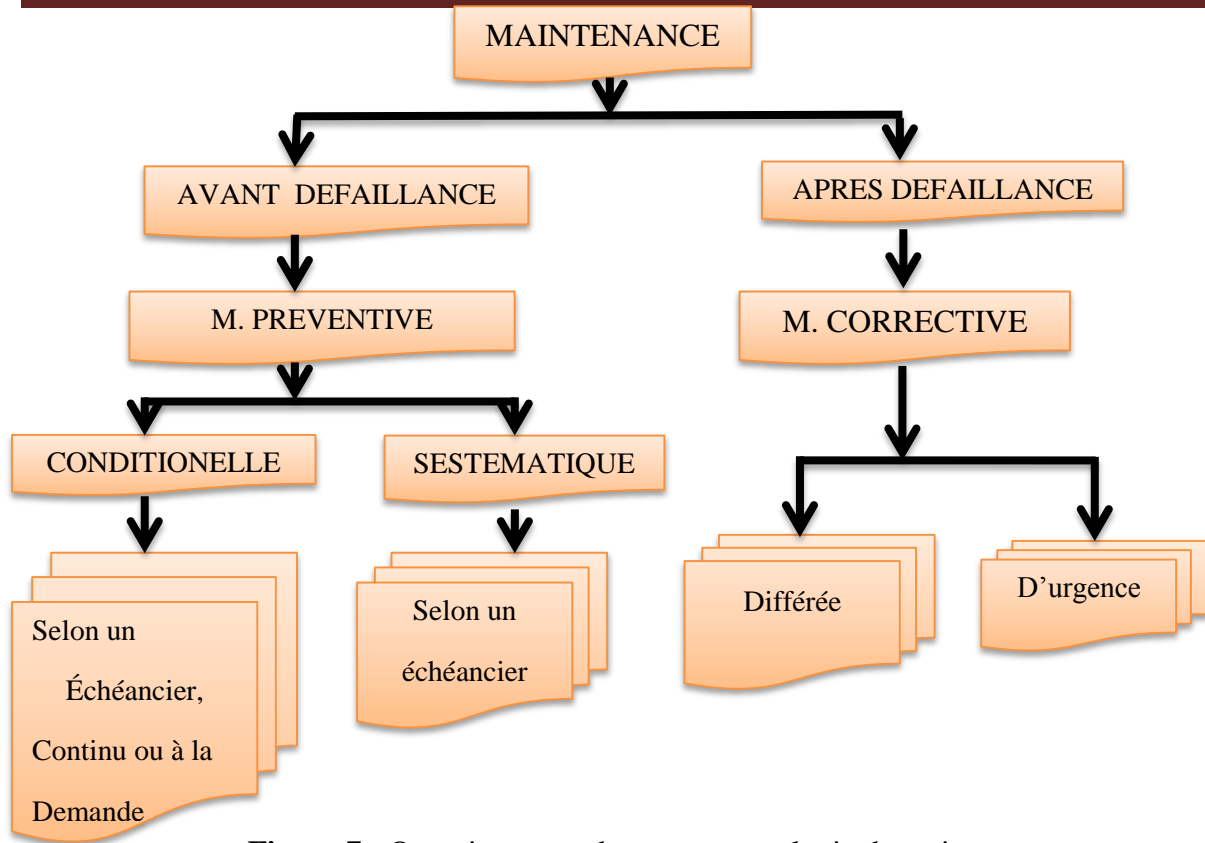


Figure 7 : Organigramme de types et typologie de maintenance.

II.1.3. Niveaux de la maintenance

Le tableau ci-dessous présente une explication des niveaux de maintenance :

Tableau 1 : Les différents niveaux de la maintenance

Niveaux	Actions	Exemples
1ère niveau	- Des réglages simples prévus par le constructeur ou le service maintenance.	- Echange d'élément consommable tels que : fusibles, voyants,... etc.
2ème niveau	- Dépannage par échanges standard des éléments prévus à cet effet d'opérations mineures de maintenance préventive.	- Graissage d'une machine - contrôle de bon fonctionnement d'un four de traitements thermique.
3ème niveau	- D'échange de constituants - De réparations mécaniques mineures -De réglage et réétalonnage générale des mesures.	- Remplacement d'une clavette cisailée nécessitant l'ajustage de la nouvelle clavette.
4ème niveau	- Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction.	- Révision générale d'un compresseur ; - Démontage, Réparation, règle d'un treuil de levage.
5ème niveau	- Tous les travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante, confiés a un atelier centrale de maintenance ou a une entreprise exérieure prestataire de service.	- Révision générale de la chaufferie d'une usine. - Réparation d'un engin de levage portuaire partiellement endommagé à la suite d'une tempête.

II.1.4. Actions de maintenance

Les actions de maintenance sont destinées à empêcher (ou à reculer) l'apparition d'une défaillance ou à la réparer. Parmi ces actions on peut citer [9] :

a. Actions de maintenance préventive :

Inspection : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien.

Contrôle : vérification de la conformité par rapport à des données préétablies, suivies d'un jugement (décision de non-conformité, d'acceptation, d'ajournement)

Révision : ensemble complet d'examens et d'actions réalisés afin de maintenir le niveau requis de disponibilité et de sécurité.

Surveillance de fonctionnement : activité exécutée manuellement ou automatiquement ayant pour objet d'observer l'état réel d'un bien.

b. Actions de maintenance corrective

Diagnostic de panne : actions menées pour la détection de la panne, sa localisation et l'identification de la cause.

Réparation : actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne.

Dépannage : actions physiques exécutées pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée.

b. Autres actions de maintenance

Essai de fonctionnement : actions menées après une action de maintenance pour vérifier que le bien est capable d'accomplir la fonction requise.

Reconstruction : action suivant le démontage d'un bien et la réparation ou le remplacement des composants qui approchent de la fin de leur durée de vie utile et/ou devraient être systématiquement remplacés.

Amélioration : ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise.

Modification : ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à changer la fonction d'un bien.

Les travaux neufs : ils contiennent, entre autres, les tâches suivantes :

Avis sur le choix du matériel,

Réception technique et vérification de la conformité,

Installation,

Mise au point (réglages, essais préliminaires...),

Mise en service. [10]

II.1.5. Fonctions de la maintenance

La maintenance comme toute autre activité dans une entreprise a besoin d'organisation, de moyens de logistiques et d'outils d'analyse et de gestion. La répartition, des tâches et des responsabilités se fait à travers toutes les fonctions de la maintenance. Il n'existe pas un modèle d'organisation. Chaque entreprise conçoit sa structure de maintenance en tenant compte de ces spécificités techniques, économiques et sociales. Mais l'approche reste pratiquement semblable. [10]

Les principales fonctions que doit remplir un service maintenance sont :

1. Fonction méthodes :

Cette fonction est responsable de la stratégie à mettre en place en vue de satisfaire les exigences de l'entreprise en terme de disponibilité des équipements, des coûts de maintenance et a pour mission de définir (en se basant sur les données, les analyses, les diagnostics, les expertises, ...) les politiques et les règles de maintenance à suivre ainsi que les procédures correspondantes.

Ses tâches essentielles sont :

❖ Documentation technique :

- la codification des machines selon leur lieu d'implantation,
- la création des fiches techniques et historiques des machines,
- la création et la tenue à jour des dossiers-machines,

❖ Programmation de la maintenance préventive :

- la détermination des travaux de maintenance préventive,

- le choix de procédés à employer en fonction des moyens locaux,
- la préparation de l'arrêt annuel,
- la création des formulaires et documents à utiliser par les différents services de la Maintenance et détermination de leur flux,
- l'analyse des avaries répétitives,
- ❖ Gestion de la maintenance :
 - l'assistance au bureau d'études pour le suivi des travaux neufs,
 - la collaboration à la standardisation et à la normalisation du matériel,
 - la participation aux diagnostics sur le tas en cas de pannes délicates,
 - l'amélioration des méthodes concernant les travaux importants,
 - la collaboration avec la gestion des stocks pour la désignation des matières et pièces de rechange à mettre au magasin ainsi que leurs paramètres de gestion.
- ❖ Environnement :
 - étude du recyclage, de l'épuration ou du stockage des matières ou produits polluants provenant des équipements à maintenir.

2. Fonction préparation :

C'est la fonction chargée de prévoir, de définir et de réaliser les conditions optimales d'exécution d'un travail de maintenance. Elle s'occupe de la définition des modes opératoires, de la définition des besoins et de l'édition des documents opérationnels. La préparation des travaux de la maintenance regroupe l'ensemble des mesures à entreprendre pour la planification, le pilotage et l'analyse de la maintenance.

L'objectif est d'atteindre un résultat de travail économique avec un déploiement (investissement) optimum en utilisant une méthode adéquate et la composante humaine appropriée pour effectuer les travaux de la maintenance.

Le succès de la préparation des travaux est conditionné par la définition des objectifs de la maintenance et par la garantie de la disponibilité des installations avec un minimum de coût.

Cette fonction complète la fonction 'méthodes' et est axée sur un travail bien déterminé.

On distingue:

- ❖ Une préparation des travaux neufs,
- ❖ Une préparation des travaux de dépannage,
- ❖ Une préparation des travaux de réparation.

Ses tâches essentielles sont :

- le processus,
- les différentes phases,
- les moyens nécessaires,
- les durées opératoires,
- les charges en main-d'œuvre.

3. Fonction exécution :

C'est la composante réalisation de la fonction maintenance. Sa mission consiste à utiliser les moyens mis à sa disposition, suivant les procédures imposées (préétablies) et les directives données, pour maintenir ou rétablir les équipements dans leur état spécifié. Elle réalise effectivement la maintenance et assure la remise en route des machines par l'exécution des interventions physiques sur les machines.

Son aspect pluri technique nécessite une grande expérience sur les matériels et une connaissance approfondie des différentes technologies.

Les interventions sont demandées dans le cadre du **préventif** ou du **correctif**.

Ses tâches essentielles sont :

- Réception ordre de démarrage du lancement et réception des dossiers,
- analyse et étude des dossiers par chaque opérateur,
- organisation de l'intervention,
- préparation du chantier,
- réalisation de l'intervention,
- mise en œuvre des procédures de requalification,
- remise en configuration de l'environnement du matériel (remise de l'ensemble du matériel de chantier),
- retour de l'information au lancement pour le travail exécuté.

4. Fonction gestion des stocks et magasinage :

C'est la fonction qui se charge de maintenir à un seuil acceptable le niveau des pièces de rechange et des outillages stockés. Son rôle est de trouver un compromis permettant d'obtenir le rôle positif de régulation indiqué pour un coût minimal.

Ses tâches essentielles sont :

- la tenue à jour du catalogue des articles en gestion (codification, nomenclature),
- la gestion des stocks (niveaux des stocks, seuils mini, maxi),
- les réapprovisionnements (demandes d'achat, suivi des commandes, attendus),
- la gestion des articles en réparation,
- les achats (fournisseurs, produits, catalogues etc.),
- l'historique et statistique des articles en stock (consommations, utilisateurs, dates d'entrées, dates et quantités de sortie, articles en rupture etc.),
- les anomalies (articles sans mouvement, avec consommation très irrégulière),
- l'élaboration et le suivi de l'analyse globale de la fonction « Gestion des Stocks ».

5. Fonction gestion des coûts :

C'est la fonction qui se charge de la comptabilité et de la valorisation Elle a pour mission de valoriser les solutions adoptées par le calcul des différentes expressions du coût global dans le but de comparer à titre prévisionnel, pour un équipement donné, plusieurs politiques de maintenance, de choisir entre divers équipements pour un même programme donné, d'optimiser la politique de maintenance des équipements en service, de déterminer l'âge optimal de remplacement des équipements et d'établir le budget maximum admissible de maintenance des principaux équipements.

Ses tâches essentielles sont :

- déterminer les coûts (coûts de la maintenance, coûts de défaillance, coûts d'indisponibilité),
- établir les prévisions du budget maintenance,
- constituer le tableau de bord,
- calculer et analyser les écarts,
- suivi des dépenses et respects du budget,
- décider du recours ou non à la sous-traitance et à la main-d'oeuvre externe.

6. Fonction ordonnancement :

C'est l'unité de réception des différents ordres de sollicitation des services de la maintenance, c'est aussi le centre de la gestion des activités de maintenance.

C'est la fonction qui se charge de la programmation dans le temps des travaux de maintenance et d'intégrer ces derniers au programme directeur de production (découpage, détection des liens d'antériorité entre les différents travaux, détection des priorités,...).

Elle a pour mission de contrôler la bonne marche des équipements et de s'assurer de leur mise en marche dans des conditions normales.

Ses tâches essentielles sont :

Elle a pour mission de contrôler la bonne marche des équipements et de s'assurer de leur mise en marche dans des conditions normales.

- réception et enregistrement des demandes de travaux (DT)
- classement et analyse des travaux,
- planification des travaux,
- régulation et transmission.

7. Fonction lancement :

Cette fonction assure la distribution du travail selon un planning établi en fonction de la charge des équipes. Elle constitue une nécessité pour une bonne utilisation de la main-d'œuvre. Le planning tient compte d'une charge réservée pour des travaux imprévus, urgents ou retardés. Un planning spécial pour la maintenance préventive permet de contrôler facilement, si à une date donnée, les travaux prévus ont été faits.

Ses tâches essentielles sont :

- Assurer la distribution du travail en fonction de la charge des équipes et des machines
- Suivre l'avancement des travaux. [10]

I.1.6. Maintenabilité et disponibilité

- Maintenabilité

Définition (suivant norme NFX 60-500)

La maintenabilité est au sens défini dans le concept de la disponibilité élevée dans des conditions données d'utilisation. La maintenabilité est l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie sur un intervalle de temps, dans un état dans lequel elle puisse accomplir une fonction requise. [10]

La maintenabilité se caractérise par la MTTR "Moyenne des Temps Techniques de Réparation (Mean time to repair)" qui représente la valeur moyenne des temps de réparation d'un même équipement.

$MTTR = (\sum \text{temps d'intervention} / \text{nombre de pannes})$

$$MTTR = \frac{\sum TTR}{N}$$

-Disponibilité:

Définition (Suivant norme NFX 60-500)

La disponibilité est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, en supposant que les fournitures des moyens extérieurs nécessaires soit assurées. Le terme générique entité est défini comme étant les éléments, composant sous-systèmes, matériel ou processus que l'on peut considérer individuellement. [10]

➤ La disponibilité s'écrit:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad \text{Tel que:}$$

MTBF: moyenne de temps de bon fonctionnement

MTTR: moyenne des temps techniques de réparation

Détermination des maintenabilité MTTR

La MTTR est la moyenne de temps de réparation correspondant à la somme de temps nécessaires pour effectuer les tâches d'une action de maintenance corrective (diagnostique, réparation et contrôle), est un paramètre important pour l'étude de maintenabilité, cette dernière recherche toujours la diminution du temps d'intervention, déterminer par : [10]

$$MTBF = \frac{TCI = \text{temps cumulé d'intervention}}{NI = \text{nombre d'intervention}}$$

Avant d'entamer la bibliographique sur la fiabilité, on se propose une introduction :

Introduction

Toute action dans l'entreprise doit généralement être rentable. Pour satisfaire à cette exigence, il faut déceler les problèmes qui valent la peine d'être abordés. Faire des choix valables sans se laisser accaparer par les détails.

La fiabilité est un vaste domaine contribuant à la compréhension, à la modélisation et à la prédiction des mécanismes de dégradation et de vieillissement susceptibles de conduire le composant à la défaillance et le système à la panne. La connaissance des relations entre les limites physiques, les défauts intrinsèques, les imperfections technologiques et les contraintes environnementales et internes constitue la substance même de cette activité vaste et complexe. Cette connaissance exhaustive restera sans doute une utopie, mais nous devons nous en rapprocher. En attendant, la fiabilité peut toujours apporter des palliatifs : adapter les contraintes aux limites physiques, protéger le composant à l'égard d'agressions internes ou externes, ou inversement faire évoluer les composants pour les rendre plus robustes et plus tolérants à l'égard des contraintes réelles. [11]

Définition de la fiabilité

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions d'utilisation données et pour une durée donnée. Cette définition peut être formulée différemment : la fiabilité d'une entité est la probabilité moyenne de non défaillance de cette entité sur un intervalle de temps donné. Les paramètres importants de la fiabilité sont donc les conditions d'utilisation du système, le temps ou le nombre de cycles. La fiabilité d'un dispositif dépend aussi de la fonction remplie par ce dispositif [11].

❖ Commentaires sur la définition de la fiabilité

Fonction requise

La définition de la fonction requise implique un seuil d'admissibilité sur laquelle la fonction n'est plus remplie.

Condition d'utilisation

Définition des conditions d'usage, c'est-à-dire l'environnement et ses variations.

Il est évident que le même matériel placé dans deux contextes de fonctionnements différents n'aura pas la même fiabilité.

durée de temps

Définition de la durée de mission en unités d'usage.

❖ Qualité et fiabilité

Ces notions sont indissociables.

Nous appelons qualité la conformité d'un produit à sa spécification à sa sortie d'usine ($t=0$), et fiabilité son aptitude à y demeurer conforme pendant sa durée de vie.

Notons deux réflexions importantes :

- Il n'y a pas de bonne fiabilité sans qualité initiale.
- La fiabilité est un déploiement de la qualité dans le temps. [11]

II.2.1. 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 ». [12]

$$R(t) = P(T_f > t) = \int_t^{+\infty} f(s) ds . \quad (1)$$

II.2.2. Caractéristiques de la fiabilité

On a la modélisation suivante :

Un dispositif, mis en marche pour la première fois, tombera en panne inévitablement à un instant T_f , non connu à priori.

T_f est une variable aléatoire continue qui représente la durée de vie (le temps de bon fonctionnement) du dispositif.

Pour T_f on associe une fonction de répartition $F(t)$ et une fonction de distribution $f(t)$. [12]

II.2.3. Défaillance et mode de défaillance

Par défaillance ou panne, on entend la cessation de l'aptitude d'une entité ou d'un système à accomplir une fonction requise. Une défaillance résulte d'une ou plusieurs fautes (écart anormal avec la caractéristique désirée), ou encore anomalie de fonctionnement. Une défaillance peut être complète, partielle, fugitive, intermittente ou permanente. La défaillance peut conduire à la panne du système.

Le mode de défaillance est le cheminement d'un défaut initial vers une défaillance visible du système. [12]

II.2.4. La fonction de défaillance

C'est la probabilité de tomber en panne (avoir une défaillance) sur l'intervalle de temps $[0, t]$.

$$F(t) = P(T \leq t) = \int_0^t f(s) ds \quad (2)$$

II.2.5. Le taux de défaillance

Le taux de défaillance est très souvent la mesure de la fiabilité, c'est un des concepts les plus importants de la sûreté de fonctionnement. Le taux de défaillance est défini mathématiquement (statistiquement) comme la probabilité moyenne de défaillance ramenée sur un intervalle de temps : [12]

C'est la probabilité conditionnelle d'avoir une défaillance sur l'intervalle de temps $[t, t+dt]$ sachant qu'il n'y a pas eu de défaillance durant la période $[0, t]$.

Par hypothèse on a :

$$\lambda(t) = \lim_{dt \rightarrow 0} \frac{F(t+dt) - F(t)}{1 - F(t)} \quad (3)$$

$$\lambda(t) dt = \frac{dF(t)}{1 - F(t)} \quad (4)$$

Après l'intégration, avec comme condition initiale : $F(t=0) = 0$; on obtient :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (5)$$

II.2.6. Temps moyen de bon fonctionnement

C'est la moyenne des temps de bon fonctionnement, notée MTBF, entre deux défaillances successives correspond à l'espérance mathématique de la variable aléatoire T_f . [12]

$$MTBF = E(T_f) = \int_0^{+\infty} t f(t) dt = \int_0^{+\infty} R(t) dt \quad (6)$$

II.2.7. La courbe en baignoire

L'évolution du taux de défaillance $\lambda(t)$ se présente sous la forme d'une courbe dite en baignoire

❖ Représentation graphique

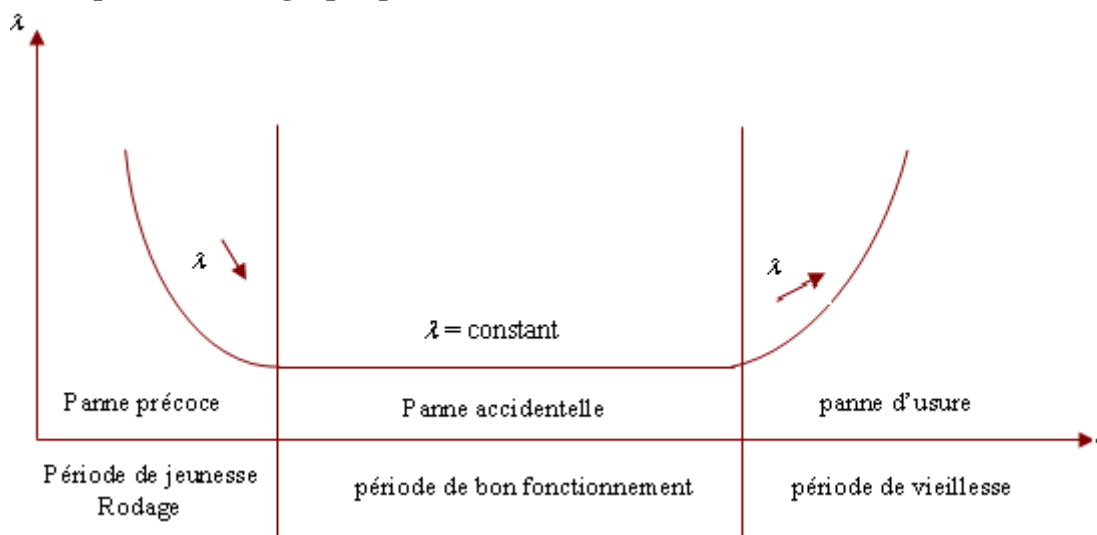


Figure 8: courbe en baignoire [12].

On distingue trois périodes de vie [12]:

- **La période de jeunesse ou de rodage** (défaillance précoce) : correspond à l'apparition de défaillances, dues à des maux façons ou à des contrôles insuffisants. Dans la pratique, le fabricant procède à un rodage de son matériel afin d'éviter que cette période ne se produise après l'achat du matériel.

- **La période de bon fonctionnement** (période de vie utile, défaillances aléatoires) : dans cette période, le rendement optimal du matériel, le taux d'avaries est sensiblement constant, les avaries surviennent de manière aléatoire et ne sont pas prévisibles par examen du matériel ; ces défaillances sont dues à un grand nombre de causes et sont liées à la fabrication des dispositifs.

- **La période de vieillissement** : le taux d'avaries est croissant, cette période correspond à une dégradation irréversible des caractéristiques du matériel, d'où une usure progressive.

II.2.8. La variable aléatoire (v.a) :

On appelle variable aléatoire T , une variable telle qu'à chaque valeur t de T on puisse associer une probabilité. Une V.A peut être discrète ou continue. La correspondance entre V.A et la

probabilité qui lui est associée établit une loi de probabilité. De ce fait, on distingue les lois continues et celles discrètes. [13]

Exemple :

V.A continue: les TBF d'un équipement.

V.A discrète : nombre de défaillance de roulements pour 500 000 kms parcourus.

II.2.9. Fonction de répartitions :

Si $N > 50$: on regroupe les TBF par classe. Dans ce cas la fréquence cumulée de défaillance est calculé comme suit : [13]

$$F(i) = \frac{i}{N} \quad (7)$$

Si $20 < N < 50$: on donne un rang i à chaque défaillance. On utilise la formule de l'approximation des rangs moyens, donc :

$$F(i) = \frac{i}{N + 1} \quad (8)$$

- Si $N < 20$: on utilise la formule de l'approximation des rangs médians :

$$F(i) = \frac{i - 0.3}{N + 0.4} \quad (9)$$

Dans cette partie on a fait une expertise avec comme outils la théorie de Pareto

Introduction

Pareto est un économiste et sociologue italien qui le premier, au début du 20ème siècle, a représenté graphiquement la répartition des richesses et a montré que 20% de la population italienne détenait 80% de la richesse totale.

Le diagramme de Pareto est donc basé sur ce principe, qui veut que bien souvent quelques causes seulement (20%) soient responsables de la majeure partie des effets (80%), ce diagramme permet de représenter graphiquement ce 20% à fort impact et de lui accorder un effort prioritaire d'amélioration. [14]

Définition de La méthode ABC

La méthode **ABC** est une méthode objective et efficace de choix, basée sur la connaissance d'une période antérieure. Les résultats se présentent sous forme d'une courbe dit « courbe **ABC** ». [14]

II.3. 1. Objectif

Le diagramme de Pareto est un moyen simple pour classer les phénomènes par ordre d'importance, ce diagramme et son utilisation sont aussi connus sous le nom de « règle des 20/80 » ou méthode ABC.

Les objectifs sont :

- Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène ;
- Hiérarchise les causes d'un problème ;
- Evaluer les effets d'une solution ;
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre ; [15]

II.3.2. Fonction

Suggérer objectivement un choix, c'est-à-dire classer par ordre d'importance des éléments (produits, machines, pièces...) à partir d'une base de connaissance d'une période antérieure (historique de pannes par exemple). Les résultats se présentent sous la forme d'une courbe appelée courbe ABC dont l'exploitation permet de détecter les éléments les plus significatifs du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant sa résolution. [15]

II.3.3. Méthode

L'étude suppose obligatoirement que l'on est :

- Un historique.
- Des prévisions.

Pour un secteur ou un système donne l'application de la loi de Pareto impose plusieurs étapes:

Définition de l'objectif de l'étude et de ses limites

Ces éléments peuvent être :

- Des matériels.
- Des causes de pannes.
- Des natures de pannes. [15]

a) Choisir le critère de classement

Organiser le classement selon les critères de valeurs retenus (les couts, les temps, les rebuts...).

c) Construire un graphique

Ce graphe fera apparaitre les constituants sur la situation étudiée.

d) Déterminer les zones ABC

Il s'agit de délimiter sur la courbe obtenue des zones à partir de l'allure de la courbe. En général la courbe possède deux cassures, ce qui permet de définir trois zones :

- La partie droite de la courbe OM détermine la zone A.
- La partie courbe MN détermine la zone B.
- La partie assimilée à une droite NP détermine la zone C. [15]

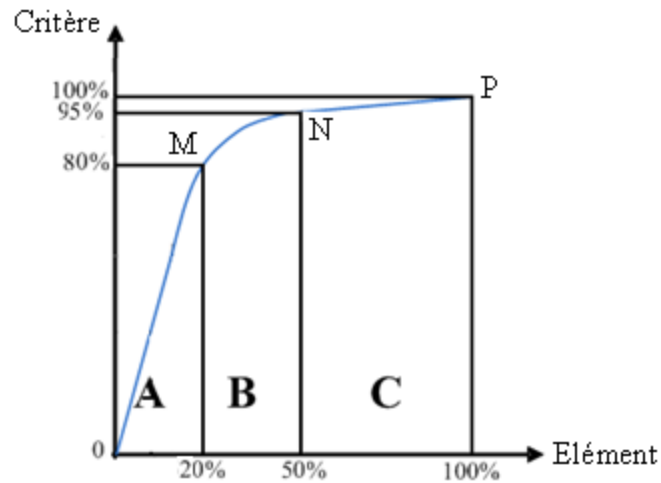


Figure 9 : la courbe ABC

- Zone A : 20% du nombre des éléments représentent 80% du critère étudié.
- Zone B : les 30% d'éléments en plus représentent 15% en plus du critère étudié.
- Zone C : les 50% d'éléments restants ne représentent plus que 5% du critère étudié.

❖ **Interprétation de la courbe**

L'étude porte dans un premier temps sur les éléments constituant la zone A en priorité si les décisions et modifications apportées aux éléments de la zone A ne donnent pas satisfaction, on continuera l'étude sur les premiers éléments de la zone B jusqu'à satisfaction, Les éléments appartenant à la zone C peuvent être négligés, car ils ont peu d'influence sur le critère étudié.

[15]

Chapitre III

Partie calculs

III.1. La loi de Weibull

III.1. 1 Domaine d'utilisation

le modèle de Weibull est très simple car la loi a trois paramètres β , η , γ permettant d'ajuster correctement toutes sortes de résultats exprimés en heures et opérationnels contrairement au modèle exponentiel.

La loi de Weibull couvre les cas où le taux de défaillance λ est variable et permet donc de s'ajuster aux périodes de jeunesse et aux différentes formes de vieillissement.

Son utilisation implique des résultats d'essais sur échantillons ou la saisie des résultats en fonctionnement (TBF intervalle entre défaillances) ces résultats permettant d'estimer la fonction de répartition $F(t)$ correspondant à chaque instant.

La détermination des trois paramètres permettra ; à partir des valeurs tabulaires d'évaluer la MTBF et l'écart type. [16]

La connaissance du paramètre de forme β un outil de diagnostic des modes de défaillance

III.1. 2. Expression mathématique

Tableau 2 : Expression mathématique. [16]

La densité de probabilité : $f(t)$	$f(t) = \exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right)$ avec $t > \gamma$
La fonction de répartition : $F(t)$	$F(t) = \int f(t)dt = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$
L'expression de la fiabilité : $R(t)$	$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$
Taux de défaillance	$\lambda = \frac{F(t)}{R(t)}$

III.1.3. Analyse du taux de défaillance

On peut conclure que le modèle de Weibull peut représenter une courbe en Baignoire (taux de défaillance) suivant de b

- $\beta < 1 \implies \lambda(t)$ décroît avec (t) période de défaillance
- $\beta = 1 \implies \lambda(t)$ constante, indépendance du processus et du temps
- $\beta > 1 \implies \lambda(t)$ croît avec (t) période de vieillissement, on a si :
- $1.5 < \beta < 2.5$ vieillissement par phénomène de fatigue.
- $3 < \beta < 4$ vieillissement par cassure ou corrosion [16]

III.2. Maintenabilité et Disponibilité

Tableau 3 : Formulations de la maintenabilité et disponibilité. [16]

Maintenabilité	$MTTR = \sum TTR / N$
Disponibilité	$D = MTBF / (MTBF + MTTR)$
Moyenne de temps de bon fonctionnement	$MTBF = TCI / NI$

- ✓ **MTBF (Mean Time between Failure)** : C'est la durée moyenne entre 2 défaillances.
Elle est calculée sur un produit.
- ✓ **MTTR (Mean Time To Repair)**: C'est le temps moyen pour réparer le système.
Il est calculé sur un équipement
- ✓ **TCI** = temps cumulé d'intervention
- ✓ **NI** = nombre d'intervention

- ✓ **Etude de la machine 1 (REIDEN C01393)** : (voir l'annexe 01 on a prêt une photo de la machine)

On recueille d'après l'historique Durant les années 2014 jusqu'à 2018, les données de machine sans défaillance TBF de l'équipement

III.3.1. Classement des TBF (par ordre croissant)

TBF = (nombre des jours ouvrable entre 2 panne * 16)-TA

Tableau 4 : Classement des TBF par ordre croissant de la machine 1

<i>TBF</i>	<i>Ni</i>	$\sum ni$
16	2	2
40	1	3
56	1	4
64	1	5
80	1	6
112	1	7
144	1	8
152	1	9
176	1	10
232	1	11
284	1	12
280	1	13
344	1	14
360	1	15
368	1	16
400	1	17
480	1	18
544	1	19
608	1	20
640	1	21
720	1	22
800	1	23
856	1	24
904	1	25
1120	1	26

- Si $20 < N < 50$: nous utilisons alors la formule d'approximation des rangs moyens

Donc :

$$F(I) = \frac{\sum ni}{N+1} \quad (10)$$

N : nombre de panne

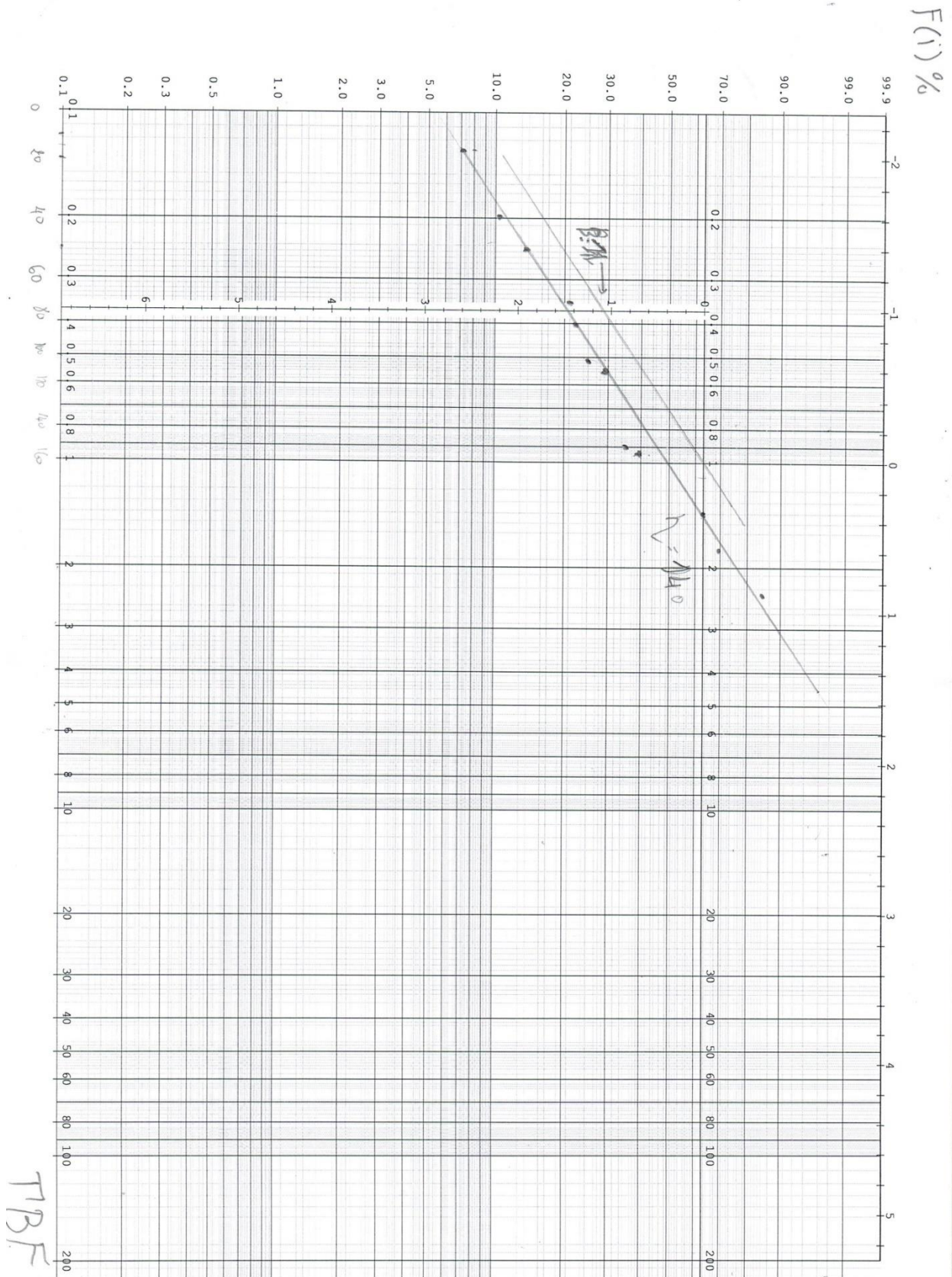
NI : Rang

TA : temps d'arrêt

III.3.2. Table de valeur

Tableau 5 : Table de valeur de la machine 1

I	TBF [h]	TTR [h]	F(i)=(i/N+1)	F(i)%	R(i)%	$R(t) = e^{-\frac{t-\gamma}{\eta}^\beta}$	F(t)=I- R(t)	$\lambda(t) = \frac{F(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$ [h]*10⁻⁴
1	16	2	0.0740	7.40	96.29	0.9121	0.0879	62.70
2	40	5	0.1111	11.11	92.59	0.8410	0.1590	68.82
3	56	4	0.1481	14.81	88.88	0.7578	0.2422	71.14
4	64	2	0.1851	18.51	85.18	0.7158	0.2842	72.15
5	80	8	0.2222	22.22	81.48	0.6332	0.3668	73.71
6	112	9	0.2592	25.92	77.77	0.4810	0.5190	76.27
7	144	4	0.2962	29.62	74.07	0.3533	0.6467	78.22
8	152	21	0.3333	33.33	74.37	0.3256	0.6744	78.64
9	176	43	0.3703	37.03	66.66	0.2521	0.7479	79.80
10	232	2	0.4074	40.74	62.96	0.1749	0.8251	82.04
11	284	8	0.4444	44.44	59.29	0.1133	0.8867	83.71
12	289	6	0.4814	48.14	55.55	0.0714	0.9286	83.86
13	344	21	0.5185	51.85	51.85	0.0679	0.9321	85.33
14	360	4	0.5555	55.55	48.14	0.0592	0.9408	85.72
15	368	23	0.5929	59.29	44.44	0.0552	0.9448	85.91
16	400	14	0.6296	62.96	40.74	0.0418	0.9582	86.63
17	480	12	0.6666	66.66	37.03	0.0206	0.9794	88.22
18	544	7	0.7037	70.37	33.33	0.0116	0.9884	89.33
19	608	4	0.7407	74.07	29.62	0.0065	0.9935	90.33
20	640	12	0.7777	77.77	25.92	0.0048	0.9952	90.80
21	720	16	0.8148	81.84	22.22	0.0023	0.9977	91.87
22	800	8	0.8518	85.18	18.51	0.0011	0.9989	92.85
23	856	6	0.8888	88.88	14.81	0.0006	0.9994	93.48
24	904	14	0.9259	92.59	11.11	0.0004	0.9996	93.99
25	1120	5	0.9629	96.29	7.40	0.00005	0.9999	96.02



III.3.2. Détermination des paramètres de Weibull Nous parton sur le papier de Weibull le nuage de points (TBF , F(i)) qui nous fait apparaitre

une droite D1

Donc $\gamma=0$

- La droite D1 coupe l'axe (t,η) a l'abscisse en : $\eta= 140$
- La droite D2// D1 coupe l'axe (β) a l'ordonné en : $\beta= 1.1$

► **Paramètres de Weibull**

$\gamma=0$	$\beta= 1.1$	$\eta= 140$
------------	--------------	-------------

III.3.3. Recherche de MTBF (moyenne de temps de bon fonctionnement)

Utilisation de tables donnant :

Pour $\beta= 1.1$ on aura $A =0.9649$ $B= 0.878$

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

$$MTBF = 0.9649*140 + 0 = 135.086 \text{ heures}$$

$$MTBF= 135.086 \text{ heures}$$

► **Recherche de l'écart δ**

$$\delta =B.\eta \implies \delta = 0.878*140 = 122.92$$

$$\delta=122.92 \text{ heures}$$

► **Probabilité de bon fonctionnement**

$$R(t)= \exp^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{11}$$

$$R(t) = \exp^{-\left(\frac{MTBF - \gamma}{\eta}\right)^\beta} \tag{12}$$

$$R(\text{MTBF}) = \exp^{-\left(\frac{135.08}{140}\right)^{1.1}}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.3823$$

$$R(\text{MTBF}) = 38.23 \%$$

Probabilité de défaillance cumulée F(t) :

$$F(t) = 1-R(t) \implies F(\text{MTBF}) = 1-R(\text{MTBF})$$

$$F(\text{MTBF}) = 1-0.3823 = 0.6176$$

$$F(\text{MTBF}) = 61.76 \%$$

Taux de défaillance $\lambda(t)$

$$\lambda(\text{MTBF}) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{\text{MTBF} + \gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \tag{13}$$

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

$$\implies \lambda(t) = \frac{1.1}{140} \left(\frac{135.08}{140}\right)^{1.1-1} = 0.00782 \text{ pannes / heure}$$

$$\lambda(t) = 7.82 \times 10^{-3} \text{ pannes/heure}$$

III.3.4. Représentation des résultats de l'étude de fiabilité

Tableau 6 : Récapitulatif des paramètres

B	MTBF (h)	R (MTBF) (%)	F (MTBF) (%)	λ (MTBF) défaillance/heures
1.1	135.08	38.23	61.76	0.00782

- L'étude de l'équipement en fonction de β
- Le comportement de matériel par les valeurs R(t), F(t), $\lambda(t)$ d'après la valeur de β notre unité est en période d'indépendance du processus et du temps $\beta=1.1$

- **Comportement du matériel :**

Durant les années 2014 jusqu'à 2018 la machine RIEDEN C01393 a fonctionné pendant moyenne de temps de bon fonctionnement égale a 140 heures.

Une fiabilité de 36.78 % ce qui signifie qui il y a 36.78 chance sur 100 pour que la machine fonctionne sans défaillances durant cette même moyenne de temps de bon fonctionnement

Une probabilité d'apparition des pannes égales à 63.22 % ce qui signifie qui il y a 63.22 chance sur 100 pour que l'unité tombe en panne pondant la même durée.

Une probabilité de 71 pannes chaque 10 000 heure.

III.3.5. Etude maintenabilité et disponibilité

III.3.5.1. calcul de la moyenne technique de temps de réparation

$$MTTR = \sum TTR/N$$

MTTR : temps technique de réparation

$$MTTR = 227/21 = 10.80 \text{ heures}$$

III.3.5.2. Calcul de la disponibilité : D

$$D = (MTBF / (MTBF + MTT))$$

$$D = (140 / (140 + 10,80)) = 0.9283 \text{ soit } 92.83 \%$$

$$\text{Donc : } D = 92.83 \%$$

III.3.5.3. Calcul de l'indisponibilité : I

$$I = 1 - D$$

$$I = 1 - 0.9283 = 0.071$$

$$I = 7.16 \%$$

III.3.5.4. Interprétation :

Les résultats de calcul de disponibilité, montre que sur une durée de (5)ans , la machine REIDEN C01393 a eu une disponibilité de 92.83 % pour une moyenne de temps de bon fonctionnement égale à 140 heures.

III.3.5.5. Courbe de fonction de fiabilité R (t)

$$\text{L'équation est : } R(t) = e^{-(t/140)^{1,1}} \quad (14)$$

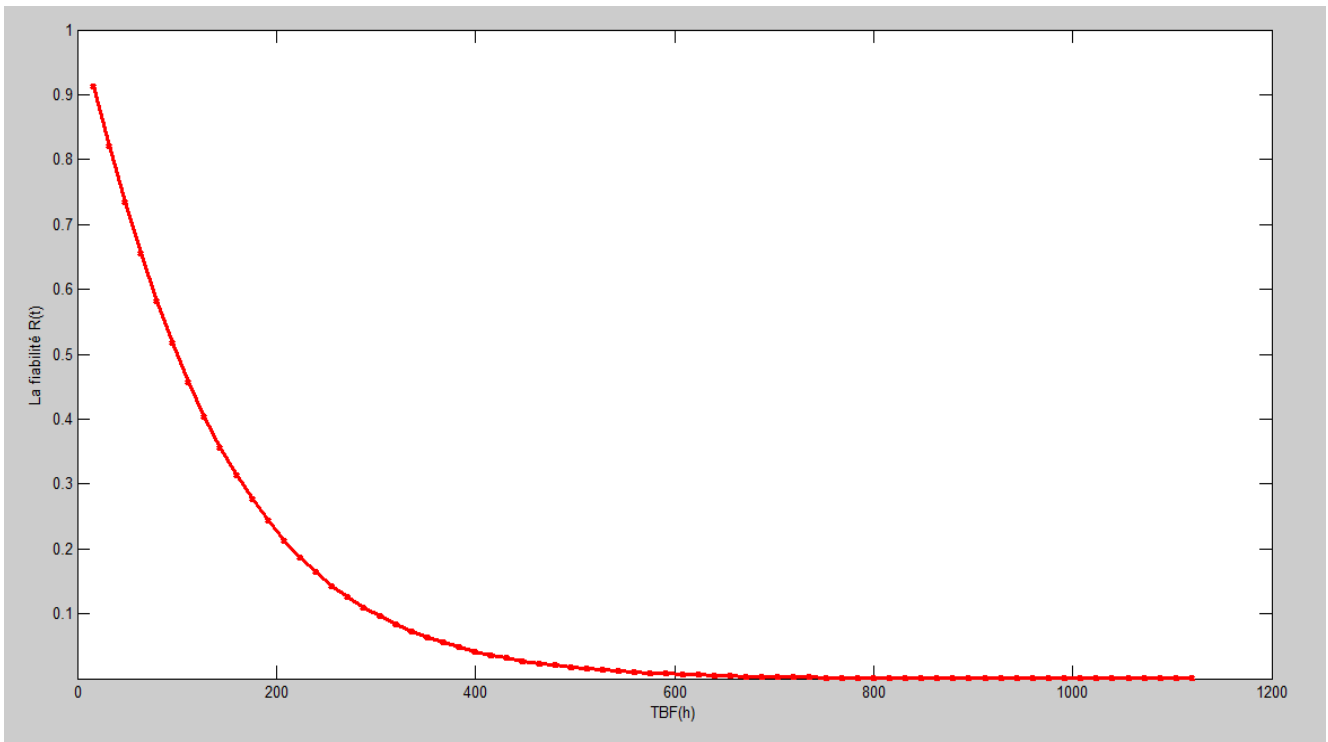


Figure 10:La courbe de fiabilité R(t)

▪ **Interprétation de courbe de la figure 9 :**

D'après les résultats obtenus $\beta=1.1$ et $\eta= 140$ on a constaté que la machine REIDEN C01393 se situent dans la période de vieillesse, et nous remarquons que la figure III.1 correspond aux résultats obtenus, la fonction de fiabilité est décroissante en fonction du temps donc la probabilité de fonctionner sans pannes est minime.

III.3.5.6. Courbe de taux de défaillance $\lambda(t)$:

$$\text{L'équation est : } \lambda(t) = 0,0078(t/140)^{0,1} \quad (15)$$

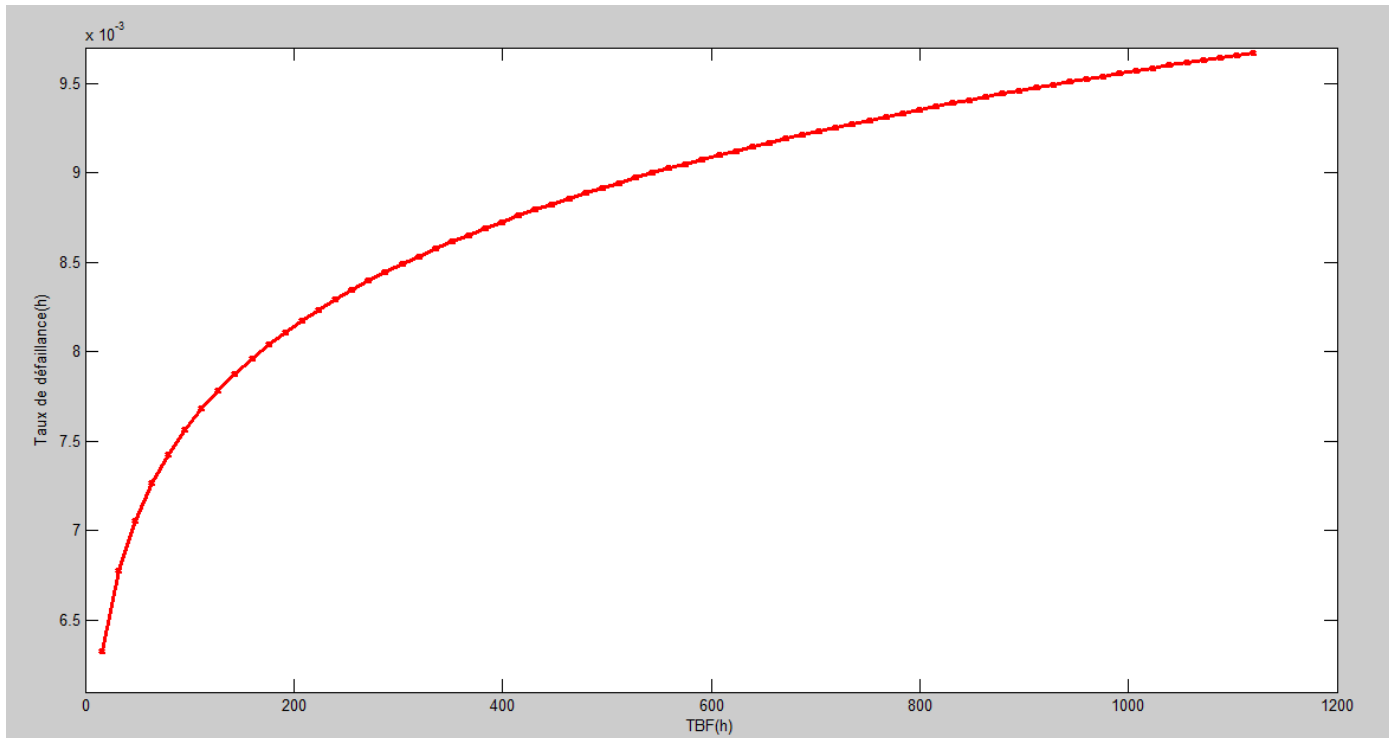


Figure 11 : La courbe de défaillance $\lambda(t)$.

▪ **Interprétation de courbe de la figure III.8 :**

Nous remarquons que la courbe du taux de défaillance est croissante, ce qui implique que la probabilité de voir apparaître une panne au bout d'un certain temps de bon fonctionnement est croissante donc ces observations sont en adéquation avec les résultats obtenus, à savoir le vieillissement des éléments.

Conclusion

Il est important d'étudier la fiabilité de cette machine **REIDEN C01393** pour connaître son comportement dans le temps ainsi que sa disponibilité.

Nous avons esquissé le principe de la méthode de Weibull qu'il est possible d'utiliser pour estimer la fiabilité .en nous basant sur la détermination des paramètres de Weibull.

D'après les résultats trouvés pour la disponibilité de pourcentage de 92.83 %, on constate que notre équipement est disponible grâce à la disponibilité des pièces de rechanges, la qualification de la main d'œuvre et l'intervention efficace du service maintenance.

Mais vu l'état du matériel ($\beta =1.1$), $\lambda(t)$ élevé donc cout de maintenance élevé.

III.4. Application de loi Pareto

III.4.1. Etude d'un cas sur la machine fraiseuse (REIDEN C01393)

À fin de faire l'étude sur la machine fraiseuse (REIDEN C01393), On fait la classification (selon le nombre de pannes) ci-dessous à partir de l'historique qu'on a eu de l'entreprise et qui nous permettras de réaliser la courbe ABC.

III.4.2. Construction du graphe de Pareto :

Tableau 7 : Classement des Pièces de ' REIDEN C01393' de selon leur criticités.

N° de la pièce	% de pièces	Pièce	N° de panne	%de panne	%de panne cumulée	Nombre de Pièce
01	10	Bobine	13	33.33	33.33	8
02	20	Broche	8	20.51	53.84	1
03	30	Roulement	4	10.25	64.09	2
04	40	Contacteur	3	7.69	71.78	1
05	50	Détecteur	3	7.69	79.47	1
06	60	Pompe	2	5.12	84.59	2
07	70	Vis à bille	2	5.12	89.71	1
08	80	Roulet	2	5.12	94.83	2
09	90	Courroie	1	2.56	97.39	1
10	100	Visible	1	2.56	99.95	1
Total			39			

A partir du tableau ci-dessus, on a obtenu le graphe suivant :

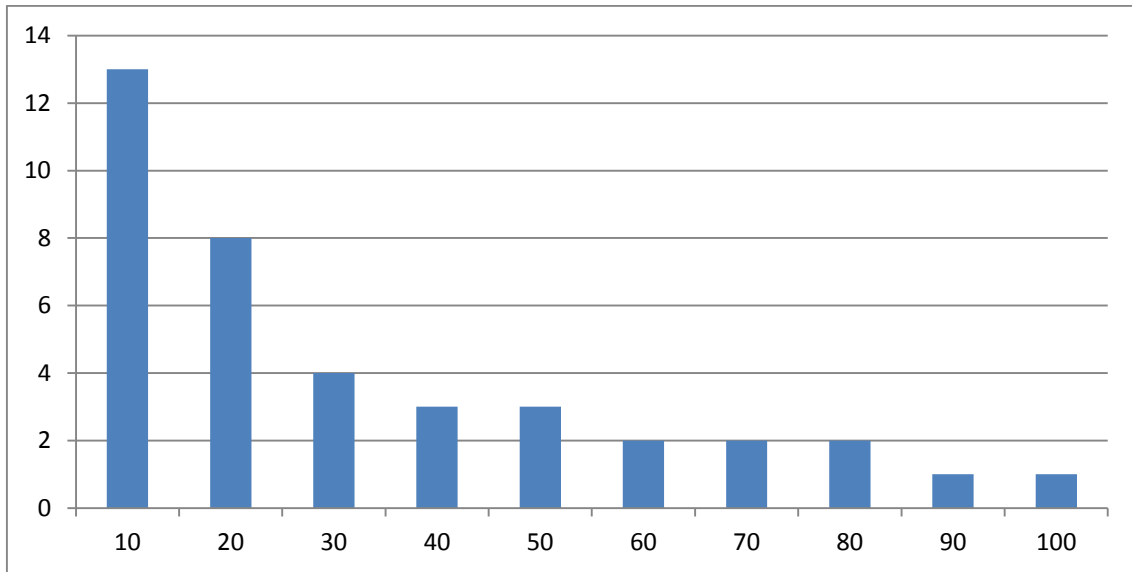


Figure 12 : diagramme Pareto

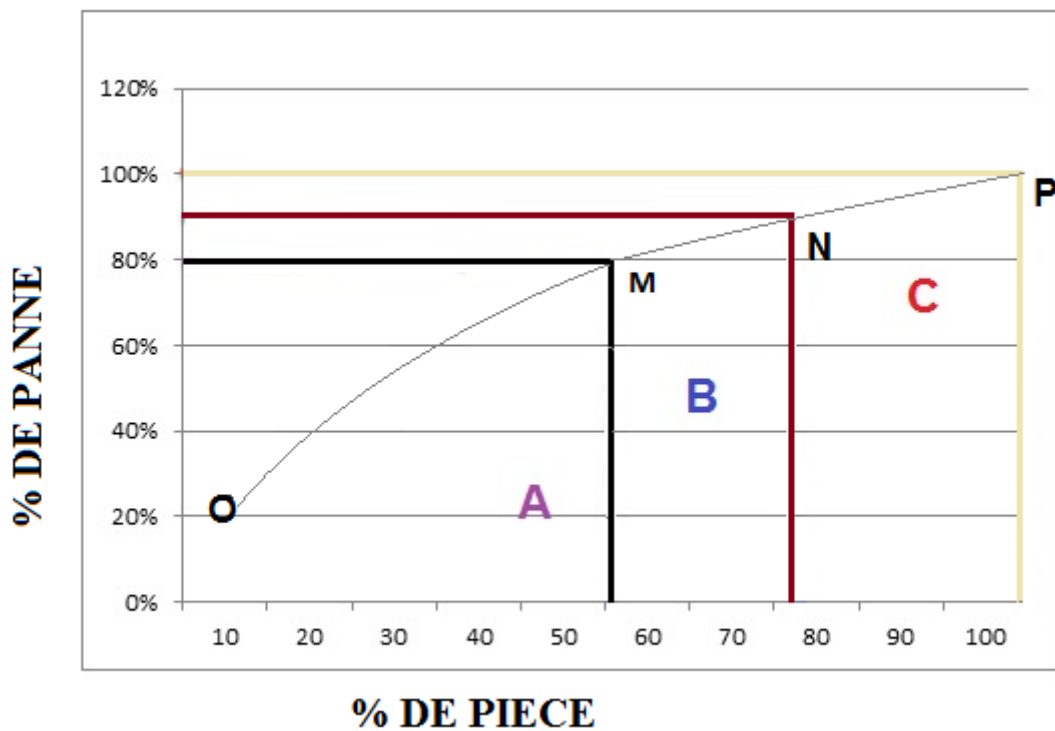


Figure 13: courbe ABC

La courbe qu'on a obtenue nous permet de définir trois zones :

- La partie droite de la courbe OM détermine la zone A.
- La partie courbe MN détermine la zone B.
- La partie assimilée à une droite NP détermine la zone C.

III.4.3. Commentaires sur la courbe :

Selon l'historique des pannes qu'on a trouvé sur la fraiseuse ' REIDEN C01393' pendant la durée 01/01/20014 jusqu'à 31/12/2018, et d'après la courbe ABC obtenue, et d'après la loi de Pareto, alors cette courbe-là est représentée par le temps total d'arrêt (TTA) en fonction de nombre total des pannes (N).

À partir de la courbe on peut illustrer les trois zones A, B et C de Pareto :

Zone A : correspond à 80.27% de temps total d'arrêt et 51.56 % de nombre total des pannes, qui contient cinq pièces (bobine, broche, roulement, contacteur, détecteur) qui sont plus critiques et prennent la priorité à l'intervention urgence du service maintenance.

Zone B : correspond à $(91.42-80.27 = 11.15\%)$ de temps total d'arrêt et $(72.18-51.56 = 20.62\%)$ de nombre total des pannes qui contient trois pièces (pompe, visible, roulet) qui sont la deuxième priorité à l'intervention et moins défaillants que la zone A.

Zone C : correspond à $(100-91.42= 8.58\%)$ de temps total d'arrêt et $(100-72.18 = 27.82\%)$ de nombre total des pannes qui contient trois pièces (roulet, Courroie, Visible) qui sont moins défaillants que les autres, et qui est classée à la troisième et l'ultime priorité à l'intervention.

Conclusion

A partir de la courbe qu'on a trouvée pour la fraiseuse 'REIDEN C01393' dont l'exploitation permet de détecter que la zone A est la zone la plus critique et significative du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant sa résolution.

Nous avons trouvé que les cinq pièces de la machine qui sont : bobine, broche, roulement contacteur détecteur, doivent faire l'objet d'une analyse prioritaire, afin de réduire les temps d'arrêt. Ce qui conduit à augmenter la disponibilité de la chaîne de production.

- ✓ **Etude de la machine 2 (Forest line C03112)** : (voir l'annexe 3 on a prêt une photo de la machine)

III.5.1. Classement des TBF (par ordre croissant)

TBF = (nombre des jours ouvrable entre 2 panne * 16)-TA

- ⇒ Le classement TBF de la machine 2 est inséré dans l'annexe 2
- Si $20 > N$: nous utilisation alors la formule d'approximation des rangs moyens (notre cas)

$$F(I) = \frac{I - 0.3}{N + 0.4} \quad (16)$$

N : nombre de panne

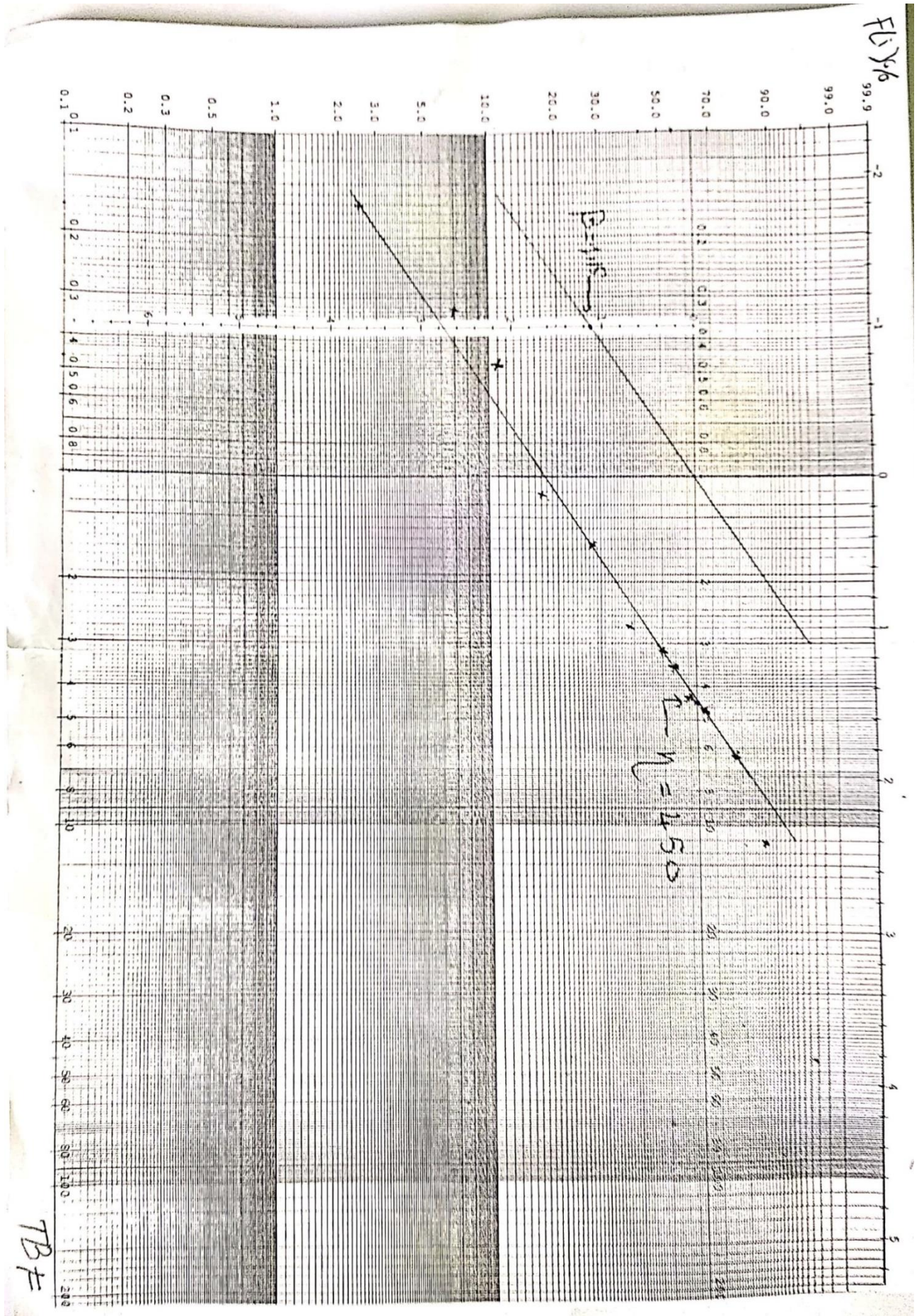
NI : Rang

TA : temps d'arrêt

III.5.2. Table de valeur

Tableau 8 : Table de valeur de la machin 2

I	TBF [h]	TTR [h]	F(i)=(i- 0.3/N+0.4)	F(i)%	R(i)%	$R(t) = e^{-(t/450)^{1.15}}$	F(t)=I- R(t)	$\lambda(t) = \frac{F(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1}$ [h]*10 ⁻⁴
01	16	14	0.02608	2.608	96.392	0.9786	0.0214	15.49
02	32	21	0.08762	8.762	91.238	0.9532	0.0468	17.19
03	48	21	0.13910	13.910	86.090	0.9265	0.0735	17.87
04	128	16	0.19072	19.072	80.928	0.7901	0.2099	20.70
05	144	07	0.24226	24.226	75.775	0.7635	0.2365	21.07
06	160	35	0.29381	29.381	62.619	0.7375	0.2625	21.40
07	272	04	0.34536	34.536	61.464	0.5709	0.4291	23.18
08	304	06	0.39690	39.690	60.310	0.5288	0.4712	23.57
09	320	09	0.44845	44.845	55.155	0.5088	0.4912	23.75
10	336	07	0.5000	50.000	50.00	0.4893	0.5107	23.92
11	352	07	0.55154	55.154	44.846	0.4705	0.5295	24.09
12	368	50	0.60309	60.309	39.691	0.4522	0.5478	24.25
13	372	18	0.61463	61.463	34.537	0.4478	0.5522	24.29
14	448	43	0.62618	62.618	29.382	0.3697	0.6303	24.98
15	640	01	0.75773	75.773	24.227	0.2232	0.7768	26.35
16	1120	03	0.80927	80.927	19.073	0.0576	0.9424	28.66
17	1232	05	0.86082	86.082	13.918	0.0414	0.9586	29.07
18	1408	09	0.91230	91.230	8.770	0.0244	0.9756	29.66
19	1440	07	0.96391	96.391	3.609	0.0221	0.9779	29.76
Total								



III.5.3. Détermination des paramètres de weibull

Nous parton sur le papier de weibull le nuage de points (TBF , F(i)) qui nous fait apparaitre une droite D1

Donc $\gamma=0$

- La droite D1 coupe l'axe (t,η) a l'abscisse en $\eta= 450$
- La droite D2// D1 coupe l'axe (β) a l'ordonné en $\beta= 1,15$

► Paramètres de weibull

$\gamma=0$	$\beta= 1,15$	$\eta= 450$
------------	---------------	-------------

III.5.4. Recherche de MTBF (moyenne de temps de bon fonctionnement)

Utilisation de tables donnant :

Pour $\beta= 1,15$ on aura $A =0.9517$ $B=0.830$

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

$$MTBF = 0.9517 * 450 + 0 = 428.265 \text{ heures} \implies MTBF= 428.265 \text{ heures}$$

➤ Recherche de l'écart δ

$$\delta=B.\eta \implies \delta = 0.830 * 140= 373.5 \text{ heures} \quad \delta=373.5 \text{ heures}$$

➤ Probabilité de bon fonctionnement

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

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

$$R(MTBF)= \exp^{-\left(\frac{428.26}{450}\right)^{1.15}}$$

$$R(\text{MTBF}) = 0.3888$$

$$R(\text{MTBF}) = 38.88 \%$$

➤ **Probabilité de défaillance cumulée F(t) :**

$$F(t) = 1 - R(t) \implies F(\text{MTBF}) = 1 - R(\text{MTBF})$$

$$F(\text{MTBF}) = 1 - 0.3888 = 0.6112$$

$$F(\text{MTBF}) = 61.12 \%$$

• **Taux de défaillance $\lambda(t)$**

$$\lambda(\text{MTBF}) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{\text{MTBF} + \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (17)$$

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t + \gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \implies \lambda(t) = \frac{1.15}{450} \left(\frac{428.26}{450} \right)^{1.15-1} = 0.00253 \text{ pannes / heures}$$

$$\lambda(t) = 2.53 \times 10^{-3} \text{ pannes/heure}$$

III.5.5. Représentation des résultats de l'étude de fiabilité

Tableau 9 : Récapitulatif des paramètres

B	MTBF (H)	R (MTBF) (%)	F (MTBF) (%)	λ (MTBF) défaillance/heures
1.15	428.26	38.88	61.12	0.00253

- L'étude de l'équipement en fonction de β
- Le comportement de matériel par les valeurs $R(t)$, $F(t)$, $\lambda(t)$ d'après la valeur de β notre unité est en période de vieillissement $\beta = 1.15$ $\beta > 1$

III.5.6. Comportement du matériel :

Durant les années 2014 jusqu'à 2018 la machine forest line C03112 a fonctionné pendant moyenne de temps de bon fonctionnement égale a 428.26 heures.

Une fiabilité de 38.88 % ce qui signifie qui il y a 38.88 chance sur 100 pour que la machine fonctionne sans défaillances durant cette moyenne de temps de bon fonctionnement

Une probabilité d'apparition des pannes égales a 61.12 % ce qui signifie qui il y a 61.12 chance sur 100 pour que l'unité tombe en panne pondant la même durée.

Une probabilité de 25.3 pannes chaque 10 000 heur

III.5.7. Etude maintenabilité et disponibilité

➤ **calcul de la moyenne technique de temps de réparation**

$$MTTR = \sum TTR/N$$

MTTR : temps technique de réparation

$$MTTR = \sum TTR/N$$

$$MTTR = 263/19= 13.84 \text{ heures}$$

➤ **Calcul de la disponibilité : D**

$$D=(MTBF/MTBF+MTT)$$

$$D=(428.26/428.26+13.84)=0.9686 \text{ soit } 96.84 \%$$

$$\text{Donc : } D=96.84 \%$$

➤ **Calcul de l'indisponibilité : I**

$$I = 1-D$$

$$I= 1-0.9686=0.0313$$

$$I=3.13 \%$$

➤ **Interprétation :**

Les résultats de calcul de disponibilité D montre que sur les périodes (5)ans , la machine C03112 a eu une disponibilité de 96.84% pour une moyenne de temps de bon fonctionnement égale a 428.26 heurs

III.5.8. Courbe de fonction de fiabilité R (t)

$$\text{L'équation est : } R(t) = e^{-(t/450)^{1.15}} \quad (18)$$

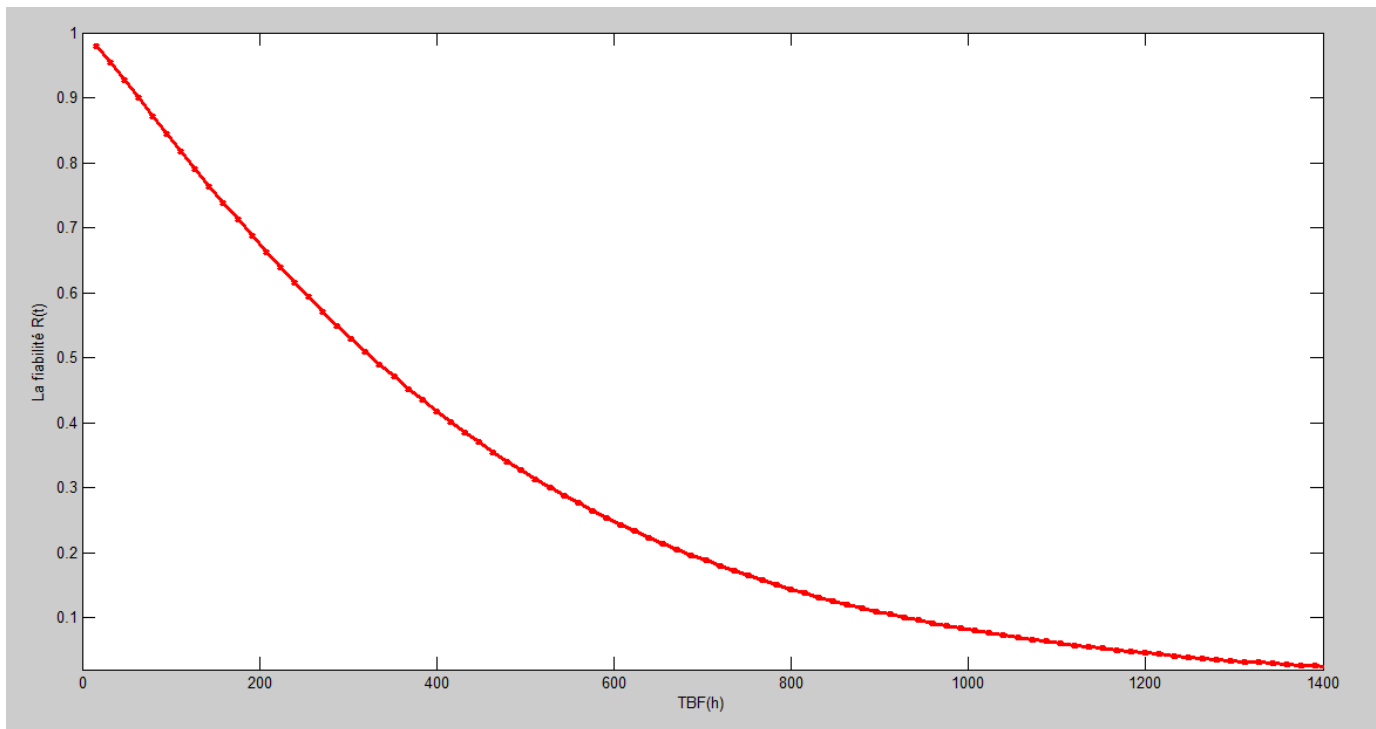


Figure 14 : La courbe de fiabilité $R(t)$

▪ **Interprétation de courbe de la figure III.5 :**

D'après les résultats obtenus $\beta=1.1$ $\eta=140$ et après la forme de la courbe de fiabilité $R(t)$ cette courbe fait apparaître un phénomène d'usure, la fonction de fiabilité est décroissante en fonction du temps, et la forme de la courbe indique que cette machine « forest line » à une **période de vieillissement**.

III.5.9. Courbe de fonction de défaillance $\lambda(t)$:

$$\text{L'équation est : } \lambda(t) = \frac{F(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (19)$$

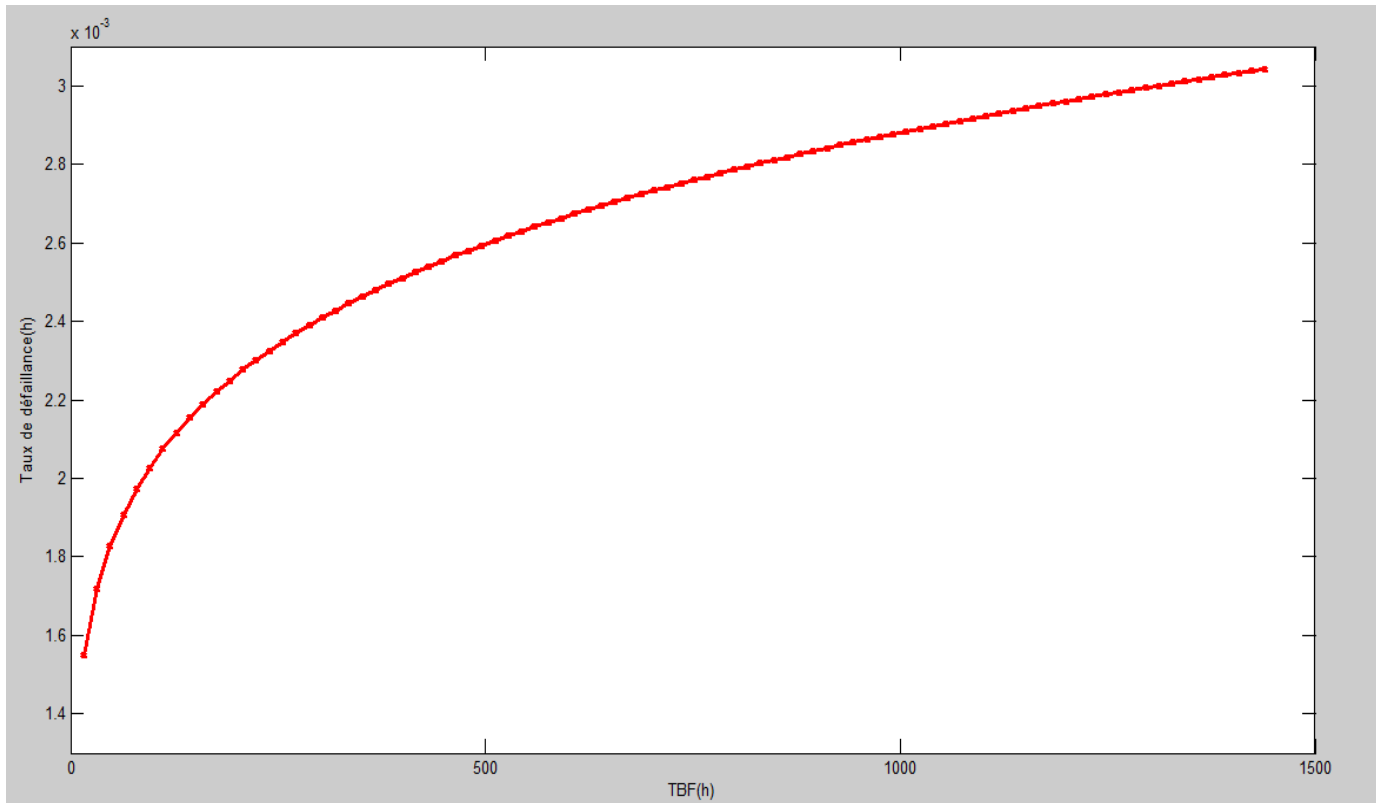


Figure 15 : La courbe de défaillance $\lambda(t)$:

Interprétation de courbe de la figure III.6:

Nous remarquons aussi que la courbe de taux de défaillance est croissante, ce qui implique que la probabilité de voir apparaître une panne au bout d'un certain temps de bon fonctionnement est croissante probables pour donc ces observations reflètent les résultats obtenus, indiquent le vieillissement des éléments.

III.6. Etude d'un cas sur la machine fraiseuse (FOREST LINE C03112)

À fin de faire l'étude sur la machine fraiseuse (FOEEST LINE C03112), On put faire la classification (selon le nombre de pannes) ci-dessous à partir de l'historique qu'on a eu de l'entreprise et après on va construire la courbe ABC.

III.6.1-Construction du graphe de Pareto :

Tableau 10 : Classement des Pièces de 'FOREST LINE' de selon leur criticités.

N° de la pièce	% de pièces	Pièce	N° de panne	%de panne	%de panne cumulée	Nombre de Pièce
1	8	Bobine	17	34,69	34,69	12
2	16	Broche	10	20,41	55,10	6
3	25	Contacteur	6	12,24	67,34	5
4	33	Roulement	3	6,12	73,47	3
5	41	Vis à bille	3	6,12	79,59	2
6	50	Moteur	2	4,08	83,67	2
7	58	Détecteur	2	4,08	87,75	1
8	66	Roulet	2	4,08	91,83	1
9	75	Courroie	1	2,04	93,87	1
10	83	Visible	1	2,04	95,91	1
11	91	variateur	1	2,04	97,96	1
12	100	Flexible	1	2,04	100,00	1
Total			49			

A partir du tableau ci-dessus, on a obtenu le graphe suivant :

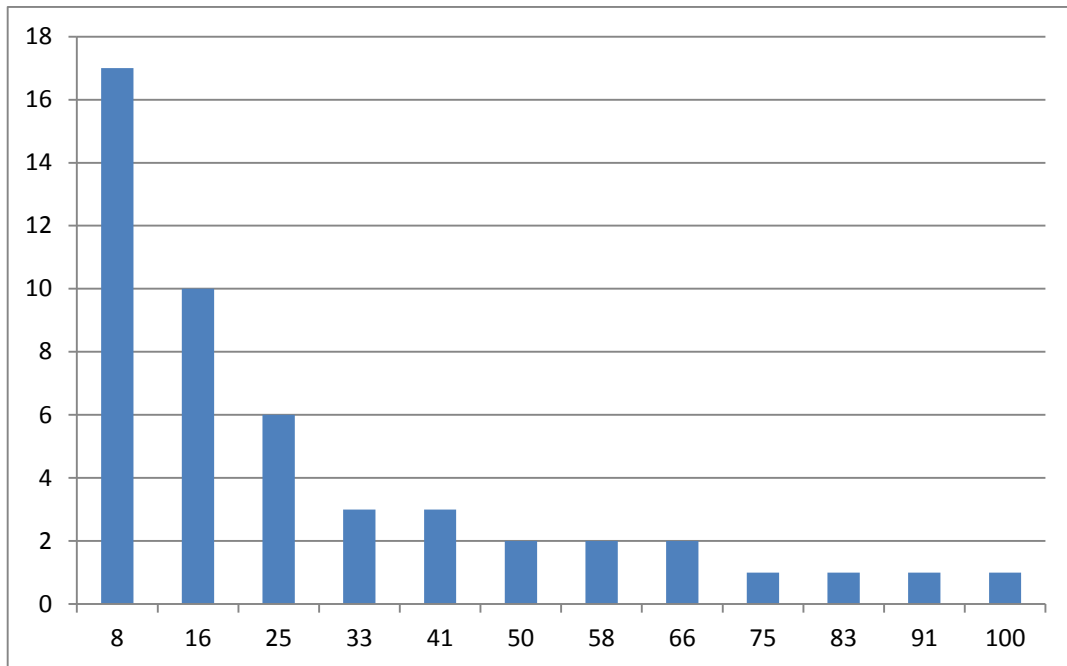


Figure 16 : Diagramme Pareto

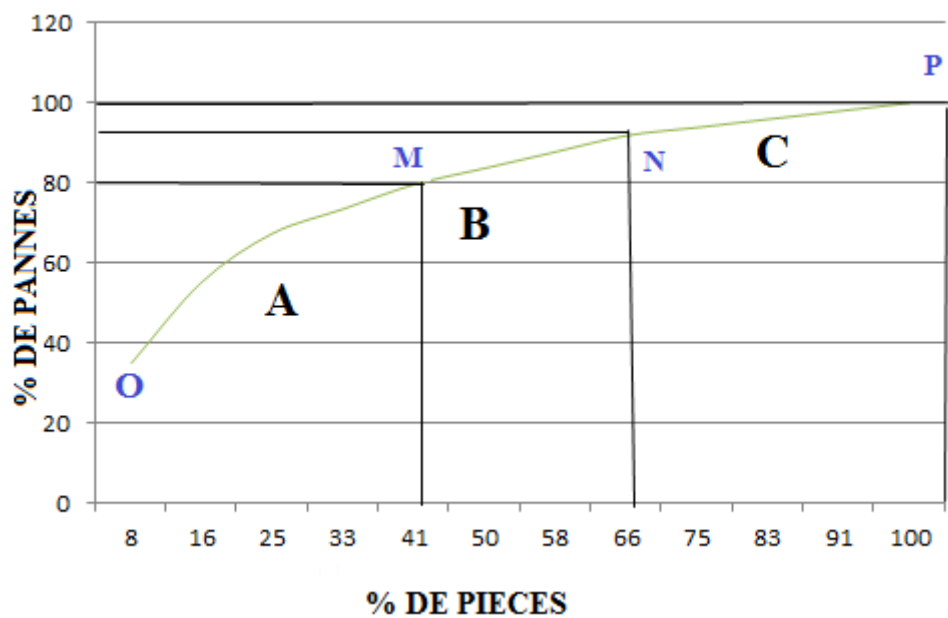


Figure 17 : Courbe ABC

La courbe qu'on a obtenue nous permet de définir trois zones :

- La partie droite de la courbe OM détermine la zone A.

- La partie courbe MN détermine la zone B.
- La partie assimilée à une droite NP détermine la zone C.

III.6.2. Commentaires sur la courbe :

Selon l'historique des pannes qu'on a trouvé sur la fraiseuse 'FOREST LINE C03112 ' pendant la durée 01/01/20014 jusqu'à 31/12/2018, et d'après la courbe ABC obtenue, et d'après la loi de Pareto, alors cette courbe-là est représentée par le temps total d'arrêt (TTA) en fonction de nombre total des pannes (N).

À partir de la courbe on peut illustrer les trois zones A, B et C de Pareto :

Zone A : correspond à 80.82% de temps total d'arrêt et 38.23 % de nombre total des pannes, qui contient quatre pièces (bobine, broche, roulement, contacteur) qui sont plus critiques et prennent la priorité à l'intervention urgence du service maintenance.

Zone B : correspond à $(93.24 - 80.82 = 12.40)$ de temps total d'arrêt et $(62.57 - 38.23 = 24.34)$ de nombre total des pannes qui contient quatre pièces (vis à bille, moteur, détecteur, roulet) qui sont la deuxième priorité à l'intervention et moins défaillants que la zone A.

Zone C : correspond à $(100 - 93.24 = 6.76)$ de temps total d'arrêt et $(100 - 62.57 = 37.43)$ de nombre total des pannes qui contient trois pièces (roulet, Courroie, variateur, flexible) qui sont moins défaillants que les autres, et qui est classée à la troisième et l'ultime priorité à l'intervention.

Conclusion

A partir de la courbe qu'on a trouvée pour la fraiseuse 'FOREST LINE C03112 dont l'exploitation permet de détecter que la zone A est la zone la plus critique et significative du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant sa résolution.

Nous avons trouvé que les cinq pièces de la machine qui sont : bobine, broche, roulement contacteur, doivent faire l'objet d'une analyse prioritaire, afin de réduire les temps d'arrêt. Ce qui conduit à augmenter la disponibilité de la chaîne de production.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le stage que nous avons effectué au sein de la SNVI Rouïba, nous a permis de valoriser les compétences acquises en théories en les mettant en pratique.

Dans notre travail, nous avons étudié les principales lois utilisées en fiabilité ainsi que la Méthode **ABC** pour la détermination des paramètres de fiabilité qui caractérisent le degré de défaillance et permettant de bien suivre l'état des équipements et de choisir le type de la Maintenance à appliquer.

On a fait une étude très utile et nécessaire qui permet de donner des informations sur l'état des machines grâce aux calculs de fiabilité basé sur une observation durant 5 années. Cette étude de fiabilité nous renseigne d'une manière précise sur l'état exact des éléments composant le parc machines. Les résultats de nos calculs nous montrent clairement que l'ensemble du parc est en période de vieillesse. Cette expertise n'est complète que par une autre démarche d'investigation appelée lois de Pareto ou ABC.

Un classement avec la méthode **ABC** nous a permis de faire sortir les éléments de ces machines qui présentent les 80% des problèmes après ce diagnostic, nous avons proposé de faire une amélioration du système sur les éléments de la zone critique de classement.

A travers cette étude, il apparaît clairement que les machines composant cet atelier est en période de vieillesse, et les organes qui posent problèmes sont bien identifiés. Ce qui nous a permis de proposer des solutions à court moyen terme afin de résoudre l'ensemble des problèmes causant la répétitivité des défaillances.

Il est intéressant qu'on recommande une expertise de l'ensemble des ateliers, et dégager une politique de maintenance générale dont se basera l'ensemble de la SNVI.

*Références
Bibliographiques*

Références Bibliographiques

- [1] : La S.N.V.I « présentation de l'entreprise » Bibliothèque de SONACOME. S.N.V.I-groupe. Rouïba.
- [2] : Cours M.O.C.N de Master .II«< Productique Mécanique >>, de Mr. LAAWARE, Université Badji Mokhtar – Annaba, Département de Génie Mécanique Année 2016/2017.
- [3] : Belloufi Abderrahim, «Machines-outils à commande numérique», Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 2010.
- [4] : Gilles prud'homme, 1995, «commande numérique des machines-outils»Technique de l'ingénieur, génie mécanique, usinage.
- [5] : Pr. Bouaziz, « dimensionnement des éléments technologique, Palier à roulements ». Cours de construction mécanique, ENP, 2013-2014.
- [6] : Office de la formation professionnelle et de la promotion du travail, résumé théorique & guide de travaux pratique, module 3, « Réalisation des opérations de base en fraisage » Maroc.
- [7] : Gilles Prod'Homme, « Commande numérique des machines-outils » technique de l'ingénieur, traité génie mécanique, B 7130, pp.3, 1997
- [8] : R. Sarker, A. Haque, Optimisation of maintenance and spare provisioning policy using simulation, Applied Mathematical Modelling 24(2000) 751-760.
- [9] : D.Bouami, B.Herrou, Optimisation de la démarche d'optimisation de la Maintenance, CPI'2004, casablanca-Maroc
- [10] : Patrick Jourdan, jean-poul souris. *Pratique de la maintenance industrielle*. octobre 1997
- [11] : H.Faigner. La fiabilité des systèmes de production. Stratégies de maintenance. BTS. MI. Edition 2009.
- [12] : H.Faigner. La fiabilité des systèmes de production. Stratégies de maintenance. BTS. MI. Edition 2009.
- [13] : A. Demri. Contribution à l'évaluation de la fiabilité d'un système mécatronique par modélisation fonctionnelle et dysfonctionnelle. Université d'Angers. Thèse de Doctorat. 2009.
- [14] : Alcouffé S., (2004), « La diffusion et l'adoption des innovations managériales en comptabilité et contrôle de gestion : le cas de l'ABC en France », Thèse de doctorat, HEC Paris.

Références Bibliographiques

[15] : Laurent ravignon, Pierre-laurent Bescos.Marc Joalland « la méthode ABC/ABM, édition d'organisation 1998.

[16] : S. Elfezazi, A Mokhlis, R. Benmoussa, Mesure de la performance de la fonction maintenance, CPI'2005 – Casablanca, Maroc

Les Annexes

Annexe 1

Annexe 2

Annexe 3

Annexe 1 : Photo de la machine REIDEN C013931



Annexe 2 :

Tableau 11 : Classement des TBF par ordre croissant de la machine 2

TBF	Ni	$\sum ni$
16	1	1
32	1	2
48	1	3
128	1	4
144	1	5
160	1	6
272	1	7
304	1	8
320	1	9
336	1	10
352	1	11
368	1	12
372	1	13
448	1	14
640	1	15
1120	1	16
1232	1	17
1408	1	18
1440	1	19

Annexe 3 : photo de la machine Forest-line

