

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

**UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE MECANIQUE**

**Projet de fin d'études
Pour l'obtention de diplôme de
Master en Génie Mécanique et Matériaux**

Titre

**Application d'une maintenance préventive
pour le cas d'une machine-outil fraiseuse
FU 250 x 1000/2**

Proposé et encadré par :
Dr M.Temmar

Etudié par :
Sersou Soumeya

Année universitaire 2015/2016

Remerciement

Au terme de ce travail, je tiens à remercier tout d'abord **ALLAH** pour m'avoir éclairé ma vie, renforcé mon courage pour achever ma formation et atteindre mes objectifs dans les meilleures conditions.

Je tiens à exprimer mes vifs remerciements à mon encadreur **Mr TEMMAR** pour sa responsabilité et ses conseils précieux, et pour m'avoir guidée lors de la réalisation de mon projet de fin d'études.

Mes sentiments de gratitude s'adressent également aux membres du jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait à travers la soutenance.

Mes très cordiaux remerciements vont aussi à tous mes enseignants de département de mécanique pour tous les efforts conjugués tout au long de mon formation.

Mes remerciements aussi à **Mr AGGOUN HAKIM**, responsable de l'atelier d'usinage de notre département de mécanique.

Mes vifs remerciements vont aussi aux mes parents, mes sœurs et mes frères pour leur soutien et leur encouragement et qu'ils trouvent ici mes profondes reconnaissances.

Sommaire

Introduction Générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I

I.1 Introduction	2
I.2 Machine–outil.....	2
I.2.1 Procédés d’usinage	2
I.2.1.1 Tournage	2
I.2.1.2 Perçage	4
I.2.1.3 Rectification.....	4
I.2.1.4 Rabotage.....	5
I.2.1.5 Mortaisage.....	6
I.2.1.6 Fraisage	6
I.2.1.6.1 Classification des fraiseuses.....	7
I.2.1.6.1.1 Fraiseuses d’outillage (universel)	7
I.2.1.6.1.2 Fraiseuses de production (a programme, commande numérique.....	9
I.2.1.6.1.3 Fraiseuses spéciale.....	9
I.2.1.6.2 Caractéristiques des fraiseuses.....	9
I.2.1.6.3 Procédés de fraisage.....	10
I.2.1.6.4 Opérations de fraisage.....	10
I.2.1.6.5 Caractéristiques des fraises.....	12
I.2.1.6.6 Différents types des fraises.....	11
I.2.1.6.7 Modes de coupe.....	12
I.3 Conclusion.....	13

Chapitre II

II.1 Introduction.....	15
II.2 Caractéristiques de la machine.....	17
II.3 Composant de fraiseuses « F250 ».....	19
II.6 Maintenance de la fraiseuse « F250 »	20
II.6.1 Définition de la maintenance.....	20
II.6.2 Maintenance préventive.....	22
II.6.2.1 Maintenance systématique.....	22
II.6.2.2 Maintenance conditionnelle.....	22
II.6.2.3 Maintenance prévisionnelle.....	23
II.6.2.4 Objectives visés par la maintenance préventive.....	23
II.6.3 Maintenance corrective.....	23
II.6.3.1 Maintenance palliative.....	23
II.6.3.2 Maintenance curative.....	23
II.6.4 Niveaux de la maintenance.....	24
II.6.5 Détection de défauts et leur élimination pour fraiseuse F 250	24
II.6.5.1 Section mécanique.....	24

II.6.5 .2 Section électrique	25
II.6.6 Interventions.....	25
II.6.6.1 Inspection.....	26
II.6.6.2 Petite révision.....	26
II.6.6.3 Révision moyenne.....	26
II.6.6.4 Révision générale	27
II.6.7 Partie Calculs.....	27
II.6.7.1 Calcul de cycle d'entretien T.....	27
II.6.7.2 Calcul de temps entre petits révision t	27
II.6.7.3 Calcul de temps entre les inspections t_0	28
II.8 Conclusion	28

Chapitre III

.1 Définition de fiabilité	30
.2 Exemple de détermination de fiabilité :.....	30
.2.1 L'objet d'exemple	30
.2.2 Les type de dispositif	33
.2.2 .1 Pour un dispositif réparable	33
.2.2 .2 Pour un dispositif non réparable.....	33
.3 Les lois de fiabilité	33
.3 .1 Les lois discrètes	34
.3 .2 Les lois continues	34
.4 Le dossier machine	34
.5 Les fiches historiques	34
.6 Le modèle de Weibull	35
.6.1 Expressions mathématiques	35
.6.2 Espérance mathématique et écart type	37
.6.3 Calcul de la fiabilité en utilisant la loi de WEIBULL	37
.6.3.1 Exemples.....	38
.6.3.1.1 Exemple 01.....	40
.6.3.1.2 Exemple 02.....	42
.6.3.1.3 Exemple 03.....	43
.6.3.1.4 Exemple 04.....	43
.7 Papier Weibull	46
.7 .1 Définition du papier Weibull.....	46
.7 .2 Echelles utilisées sur le papier de Weibull	46
.7 .3 Table de la loi de Weibull : lecture des paramètres A et B.....	48
.7 .4 Probabilité de bon fonctionnement et Probabilité de défaillance	49
.7 .4.1 Probabilité de bon fonctionnement	49
.7 .4.2 Probabilité de défaillance	49
.7 .5 Calcul de la moyenne technique de temps de réparation MTTR.....	50
.7 .6 Calcul de la disponibilité D	50

.8 Conclusion.....	51
--------------------	----

Référence bibliographique

Liste des figures

Chapitre I	
Figure I.1 : Schéma d'un Tour.....	3
Figure I.2 : Tour a commande numérique.....	3
Figure I.3 : Perceuse.....	4
Figure I.4 : Rectifieuse.....	5
Figure I.5 : Raboteuse.....	6
Figure I.6 : Mortaiseuse.....	6
Figure I.7 : Mouvement de coupe et d'avance.....	7
Figure I.8 : Fraisage universelle	8
Figure I.9 : Fraisage horizontale.....	8
Figure I.10 : Fraisage verticale.....	9
Figure I.11 : Fraiseuse multi broches.....	9
Figure I.12 : Caractéristiques des fraises.....	11
Figure I.13 : Types des fraises.....	12
Figure I.14 : Fraisage en avalant.....	12
Figure I.15 : Fraisage en opposition.....	13
Chapitre II	
Figure II.1 : fraiseuse Fu 250 x 1000/2».....	16
Figure II.2 : Maintenance / Entretien.....	21
Figure II.3 : Plan d'entretien.....	21
Figure II.4 : plan de maintenance.....	22
Chapitre III	
Figure .1: Courbe de la fonction fiabilité R(t) Pour un ensemble de machines de même type.....	30
Figure .2 : papier Weibull.....	47

Liste des tableaux

Chapitre II

Tableau .1 : Les organes de fraiseuse « F250 »	17
Tableau .2 : Caractéristiques de la machine F 250	17
Tableau .3 : les niveaux de la maintenance.....	24
Tableau .4 : défauts de section mécanique	24
Tableau .5 : défauts de Section électrique	25
Tableau II.6 : Interventions aux industries	28

Chapitre III

Tableau .1 : résumé de dossier historique.....	32
Tableau .2 : Classement des TBF	40
Tableau .3 : Tableau des valeurs.....	45
Tableau .4 : Table de lecture les paramètres A et B	48
Tableau .5: résultats des calculs	50

Chapitre I

Introduction Générale

Introduction générale

L'évolution et la complexité des systèmes de production ainsi que le besoin de produire vite et bien, ont obligés les industriels à structurer et à organiser les ateliers d'entretien. Ils ont surtout créés de nouveaux concepts d'organisation et de nouvelles manières d'intervenir sur des structures de production concernant les produits manufacturés.

Aujourd'hui, l'entretien a laissé la place à la maintenance. Ce changement ne réside pas uniquement dans un bouleversement complet de la manière de faire et de concevoir ce qui s'appelait « entretien » et que l'on appelle aujourd'hui « maintenance ».

Notre travail consiste à étudier la maintenance et de prendre comme application le cas d'une fraiseuse FU 250 x 1000/2 de l'atelier d'usinage de notre Département de Mécanique. Malgré que le fichier historique soit ancien, nous avons mis en application toutes les données afin de déterminer la fiabilité de cette machine.

Nous allons procéder aux étapes suivantes :

- Le procédé d'usinage,
- Le parc machine-outil,
- La maintenance,
- Choix d'une fraiseuse FU 250 x 1000/2
- Etude de fiabilité.

Chapitre I

Généralités

I.1 Introduction

En mécanique industrielle, la fabrication d'une pièce à partir d'une quantité de matière livrée sous forme de produits semi-finis (tôles, barres, etc.) requiert la mise en œuvre d'un ensemble de techniques. L'une d'entre elles est l'usinage, c'est-à-dire un enlèvement de matière par un outil coupant. L'usinage d'une pièce se décompose en une succession d'opérations, définie par la gamme d'usinage établie par le bureau des méthodes à partir du dessin de définition issu du bureau d'études. L'usinage traditionnel s'effectue, en respectant les règles de la coupe des métaux, sur des machines-outils classiques ou automatisées.

I.2 Machine-outil

I.2.1 Procédés d'usinage

L'usinage s'effectue dans le but de donner aux pièces brutes la forme, les dimensions et la précision nécessaire demandée par le concepteur dans son dessin de définition, par enlèvement de copeau (surépaisseur) sur des machines-outils appropriées. En fonction de la forme à donner à la surface et du type de la machine outil,

On distingue les opérations de coupe suivantes : le tournage, le perçage, la rectification, le fraisage, le rabotage,...etc. [9]

I.2.1.1 Tournage

Pendant le tournage, la pièce tourne autour de son axe, tandis que l'outil s'engage dans sa surface à une profondeur déterminée. L'outil est animé d'un mouvement d'avance continu parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la pièce. Le tournage s'effectue sur machine dite tour, voir figure I.1

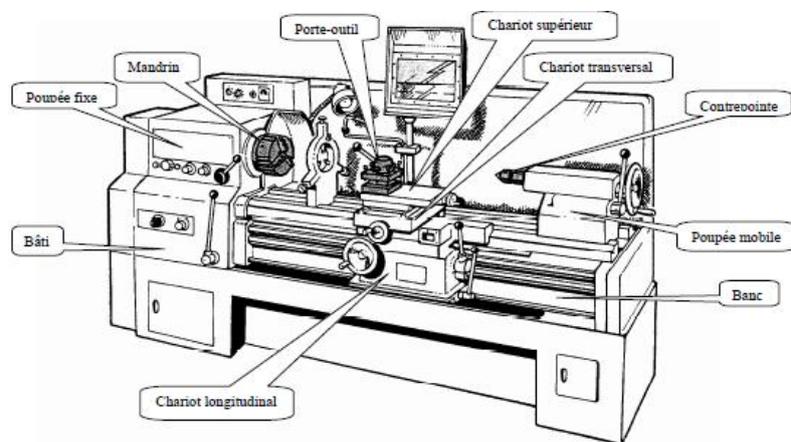


Fig. I.1: Schéma d'un Tour

Les types de tour employés dans l'industrie sont :

1. Les tours traditionnelles :

- les tours parallèles ;
- les tours revolver ;
- les tours en l'air ;
- les tours verticaux ;
- les tours multibroches.

2. Les tours modernes :

Sont des tours à commande numérique, voir figure I.2



Fig. I.2: Tour a commande numérique

I.2.1.2 Perçage

Pendant le perçage, la pièce est fixe tandis que l'outil est animé de deux mouvements continus simultanés, le mouvement de coupe et le mouvement d'avance suivant l'axe de l'outil. Le perçage s'effectue sur des machines à percer appelées perceuses, voir figure I.3.



Fig. I.3: Perceuse

Les perceuses les plus fréquemment rencontrées dans la pratique sont:

- Perceuses sensibles
- Perceuses à colonne
- Perceuses radiales
- Perceuses horizontales
- Perceuses multibroches
- Perceuses C.N.C. [7]

I.2.1.3 Rectification

Au cours de la rectification, l'outil de coupe appelé meule est animé d'un mouvement de rotation (figure I.4), la pièce se déplace en translation (rectification plane) ou tourne autour de son axe tout en se déplaçant en translation le long de son axe (rectification cylindrique). La rectification se fait sur des rectifieuses planes et cylindriques.

Dans un atelier de rectification, on trouve plusieurs types de rectifieuses, sont:

- les rectifieuses planes,
- les rectifieuses cylindriques,
- les rectifieuses sans centres,
- les machines de super finition,
- les affûteuses. [8]



Fig. I.4: Rectifieuse

I.2.1.4 Rabotage

Lors du rabotage, le mouvement rectiligne intéresse soit la pièce, soit l'outil.

Sur une raboteuse, on met en mouvement la pièce tout en déplaçant latéralement l'outil d'une certaine quantité, voir figure I.5.

Sur un étau limeur, c'est l'outil qui effectue un mouvement rectiligne en revenant à l'origine à la suite de chaque course de travail, tandis que la pièce se déplace latéralement d'une quantité égale à l'avance désirée. Le rabotage s'effectue sur des machines outils appelées raboteuses ou étaux-limeurs.



Fig. I.5: Raboteuse

I.2.1.5 Mortaisage

Le mortaisage est une opération analogue au rabotage, seulement le mouvement de l'outil se fait verticalement, et ce mode d'usinage s'intéresse généralement au travail des surfaces intérieures, voir figure I.6.



Fig. I.6: Mortaiseuse

I.2.1.6 Fraisage

Le fraisage est un procédé d'usinage réalisé au moyen d'un outil multiple (à plusieurs arêtes de coupe) qui est animé d'un mouvement de rotation, voir figure I.7.

- Mouvement de rotation de la fraise qui est entraîné par la broche de la machine, M_c (mouvement rapide circulaire de coupe)
- Mouvement de translation de la pièce qui est fixée sur la table de la machine, M_a (mouvement lent rectiligne uniforme d'avance).

Le mouvement de translation est orienté de façon à pousser la pièce contre la fraise suivant une direction généralement perpendiculaire par rapport à son axe. [5]

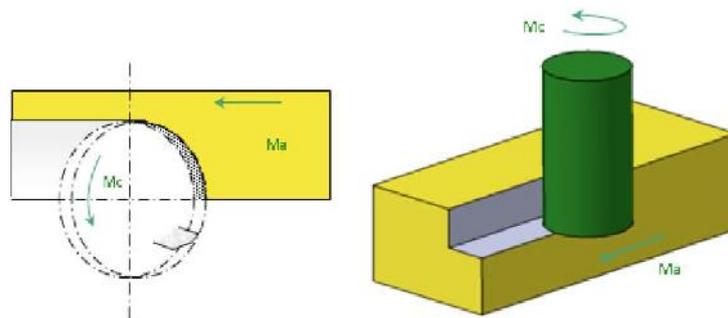


Fig. I.7: Mouvement de coupe et d'avance

Le fraisage permet la réalisation de pièces : prismatiques, de révolution intérieure et extérieure, de profils spéciaux, hélices, cames, engrenages...etc. [2]

I.2.1.6.1 Classification des fraiseuses

- a. Les fraiseuses d'outillage (universelles)
- b. Les fraiseuses de production (a programme, commande numérique)
- c. Les fraiseuses spéciaux (a reproduire, multibroches,...etc.) [2]

I.2.1.6.1.1 Fraiseuses d'outillage (universelles)

Cette machine sert principalement à usiner des pièces prismatiques. La pièce est fixée dans l'étau. L'outil est mis en rotation par le moteur de broche, il suit une trajectoire qui interfère avec la pièce. L'outil est muni d'une arête coupante, il en résulte un enlèvement de matière : les copeaux (figure I.8). Ces petits éléments de matière sont appelés les copeaux [1]

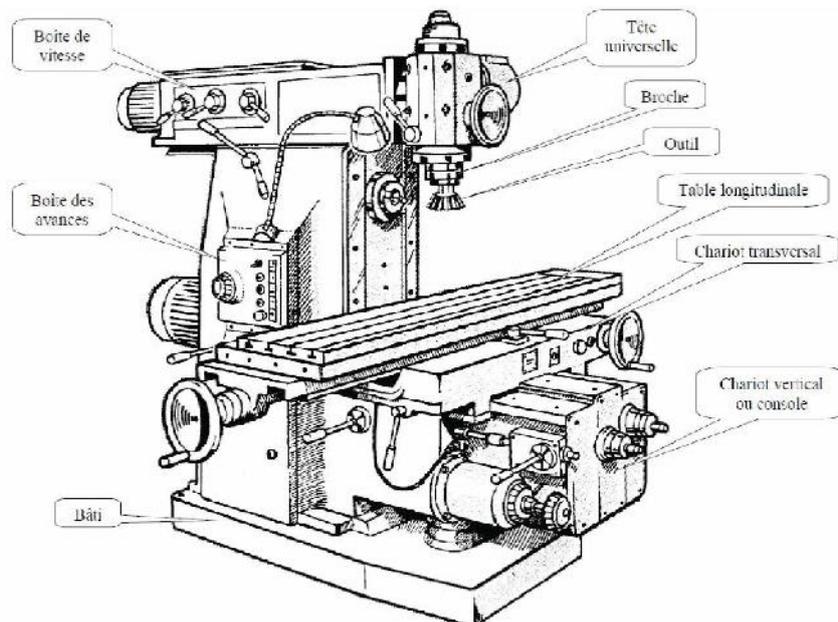


Fig. I.8: Fraisage universelle [6]

- Fraiseuse horizontale

L'axe de la broche est parallèle à la table. Cette solution permet aux copeaux de tomber et donc de ne pas rester sur la pièce. De cette manière, on n'usine pas les copeaux, et la qualité de la pièce est meilleure. Mais ce type de montage était surtout destiné à installer des fraises 3 tailles ou fraises disques dans le but de réaliser des rainurages de profilés plats, voir figure I.9. [1]



Fig. I.9 : Fraisage horizontale

- Fraiseuse verticale

La fraiseuse verticale : l'axe de la broche est perpendiculaire à la table, voir figure I.10



Fig. I.10: Fraisage verticale

I.2.1.6.1.2 Fraiseuses de production (a programme, commande numérique)

La commande numérique est une technique utilisant des données composées de codes alphanumériques pour représenter les instructions géométriques et technologiques nécessaires à la conduite d'une machine ou d'un procédé.

I.2.1.6.1.3 Fraiseuses spéciales

Il existe des fraiseuses spéciales multibroche par exemple figure I.11.



Fig. I.11 : Fraiseuse multibroches

I.2.1.6.2 Caractéristiques des fraiseuses

➤ Fonctionnelles

- Puissance du moteur.
- Gamme des vitesses de broche et d'avances.
- Orientation de la broche. [2]

➤ Dimensionnelles

- Type et numéro du cône de la broche (SA 40, Cm 4...)
- Longueur et largeur de la table.
- Courses de table, chariot transversal et console.
- Hauteur entre table et broche.
- Distance entre table et glissière verticale.

I.2.1.6.3 Procédés de fraisage

• 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]

• 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.2.1.6.4 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. [10]

I.2.1.6.5 Caractéristiques des fraises

- **La taille** : Suivant le nombre d'arêtes tranchantes par dent, on distingue les fraises : une taille (fig. I.12), deux tailles ou trois tailles.

- **La forme** : Suivant le profil des génératrices par rapport à l'axe de l'outil, on distingue : Les fraises cylindriques, coniques (fig. I.12) et les fraises de forme.

- **La denture**. Suivant le sens d'inclinaison des arêtes tranchantes par rapport à l'axe de la fraise, on distingue les dentures hélicoïdales à droite (fig. I.12) ou à gauche (fig. I.12) et les dentures à double hélice alternée. Si l'arête tranchante est parallèle à l'axe de la fraise, la denture est droite. Une fraise est également caractérisée par son nombre de dents. Nombre de dents.

- **Les dimensions** : Pour une fraise deux tailles : diamètre et hauteur taillée.

Pour une fraise trois tailles : diamètre de l'outil, épaisseur, diamètre de l'alésage. Pour une fraise conique pour queue d'aronde : l'angle, le diamètre de l'outil et l'épaisseur.

- **Le mode de fixation** : A trou lisse ou taraude, a queue cylindrique ou conique.

- **Construction** : Les fraises peuvent être a denture fraisée (ex. : fraise conique deux tailles a 60°), ou a denture détalonnée et fraisée (ex. : fraise-disque pour crémaillères). Elles sont en acier rapide. Pour les fraises à outils rapportés sur un corps de fraise, les dents fixées mécaniquement sont en acier rapide, ou le plus souvent en carbure métallique.

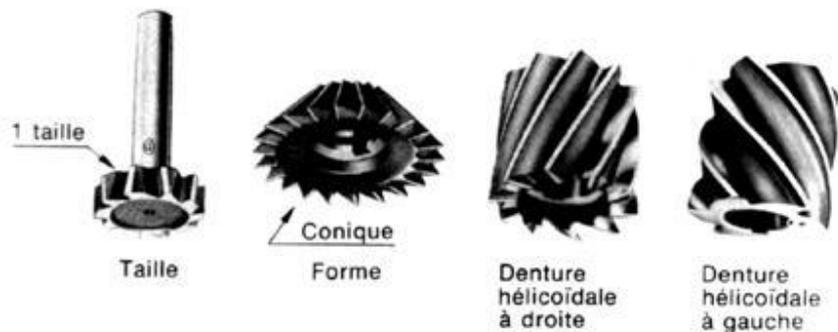


Fig. I.12: Caractéristiques des fraises [2]

I.2.1.6.6 Différents types des fraises

Il existe beaucoup types des fraises, la figure (I.13) présente les principaux types.



Fig. I.13 : Types des fraises [2]

I.2.1.6.7 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. [1]

- Fraisage en avalant

Le sens de rotation de la fraise et celui du déplacement de la pièce à fraiser vont dans la même direction. Les tranchants de la fraise attaquent le copeau au point d'épaisseur maximal. Cette façon de faire, en fraisage horizontal, plaque la pièce sur la table de la fraiseuse et donne des surfaces finies de bonne qualité. Ce principe nécessite l'utilisation d'une machine robuste disposant d'une table équipée d'un système de translation avec rattrapage de jeu, ce qui est le cas sur les machines modernes. Ainsi on évite que la pièce soit "tirée" dans la fraise, voir figure I.14

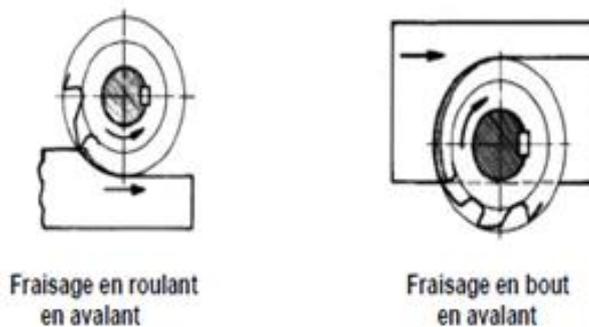


Fig. I.14 : Fraisage en avalant

- Fraisage en opposition (ou conventionnel)

Le mouvement d'avance de la pièce à fraiser est opposé au sens de rotation de la fraise. Cette dernière attaque le copeau au point d'épaisseur minimal. Dans ce cas, les dents glissent sur la surface usinée avant rotation de la fraise. Cette façon de faire provoque un grand frottement d'où une usure plus rapide des tranchants de la fraise.

De plus, l'effort de coupe en fraisage horizontal tend à soulever la pièce à usiner. Les copeaux peuvent également être entraînés par la fraise et se coincer entre la pièce et les arêtes de coupe, endommageant la pièce et la fraise, voir figure I.15.

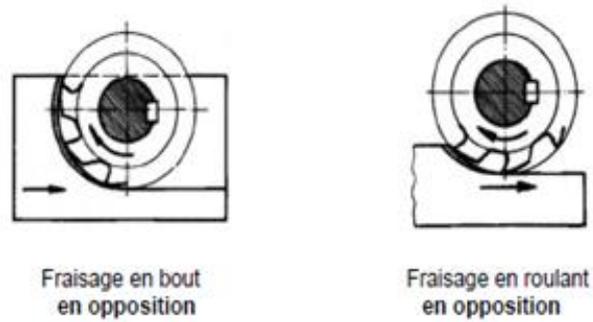


Fig. I.15: Fraisage en opposition [1]

I.3 Conclusion

Nous avons présentés dans ce chapitre une revue générale sur les machines outils, dont le but de montrer les différents organes et techniques de chaque machine.

Le développement de l'industrie exige une très bonne connaissance de la technicité de ces machines, pour cette raison l'intérêt et la nécessité de ces machines dans l'industrie est indispensable

Chapitre II

Description de la fraiseuse

« F250 » et Généralité sur La maintenance

II.1 Introduction

La machine F250 x 1000/2 est une fraiseuse horizontale à console, comprennent deux réalisations standard, une étant avec table non pivotable, la FW 250 x 1000/2, et l'autre avec table pivotable, la FU 250 x 1000/2. Elle se trouve dans l'atelier d'usinage de notre Département de Mécanique.

Sur un montant conçu de façon rigide, avec une glissière plane, glisse une console, sur cette dernière est disposé le chariot à croix, en réalisation correspondant au type respectif de la machine (FW ou FU). La table est déplacée dans la glissière prismatique du chariot à croix, dans la partie supérieure du montant est prévu la boîte d'engrenages à 18 gradins, y compris la broche principale. Le moteur d'entraînement et le serre-électromagnétique d'outils font saillie de l'arrière de la machine. Le guidage prismatique prévu sur le montant sert à recevoir le serre-pièce avec la contre-portée, ou, en cas de réalisation spéciale, à recevoir l'unité de fraisage APFE. [11]

La console comprend l'entraînement d'avance, étant divisé en deux sections principales : la boîte de vitesse et la boîte de réglage. Sur la surface frontale de la console sont disposés les arbres de réglage manuel pour les 3 axes de coordonnées et le levier de commutation des coordonnées.

Tous les éléments électriques se trouvent disposés d'une façon centralisée dans l'armoire électrique.

La commande de la machine se fait à option d'une façon manuelle, ou, conforme au type de commande installée, d'une façon automatique tous les touches électriques requises au service de la machine sont disposés sur un pupitre de commande pivotable.

La FU 250 x 1000/2 peut être employée pour les travaux les plus divers, abordant la fabrication de pièce individuelle, jusqu'à la fabrication en série.

Pour compléter les réalisations standard, on dispose de toute une série de dispositifs additionnels et d'appareils supplémentaires. [11]

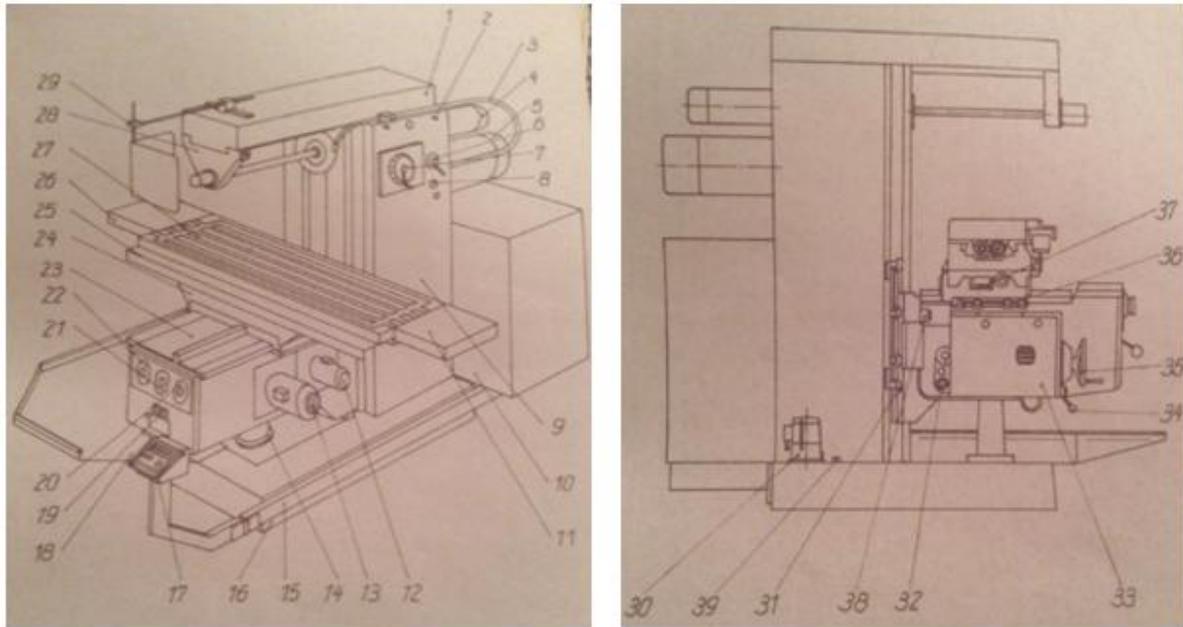


Fig .1 : fraiseuse FU 250 x 1000/2[11]

1	Serre-pièce	21	Arbre réglage manuel verticale
2	Blocage serre-pièce	22	Arbre réglage manuel longitudinale
3	Flexible liquide d'arrosage	23	Console
4	Serreur d'outils	24	Chariot à croix
5	Moteur entrainement principale	25	Recouvrement avec système à cames pour course longitudinale
6	Levier de commutation de gamme pour boîte principale	26	Protection gauche table
7	Manivelle de commutation pour boîte principale	27	Table
8	Verre-regard du niveau de l'huile	28	Contre-portée avec blocage
9	Montant	29	Protection zone d'usinage
10	Armoire électrique	30	Pompe liquide d'arrosage
11	Protection droite table	31	Système de cames, verticale
12	Ensemble descenseur	32	Touche de graissage, orifice de remplissage, verre-regard du niveau d'huile
13	Moteur d'avance	33	Boîte de changement d'avance
14	Poupée port-broche	34	Levier de commutation pour gamme

			d'avance
15	Canal à câbles pour pupitre de commande	35	Volant pour réglage de l'avance
16	Plaque de base	36	Système de cames, transversal
17	Pupitre de command	37	Blocage transversal
18	Collecteur d'eau	38	Blocage verticale
19	Levier de commutation de coordonnées	39	Filtre magnétique
20	Arbre réglage manuel transversal	40	

Tableau .1 : Les organes de fraiseuse « FU 250 » [11]

II.2 Caractéristiques de la machine

Le tableau II.1 présente toutes les caractéristiques de ce type de fraiseuse. [11]

1. Démentions de la surface de la table	
– Longueur (mm) avec /sans canal	1130/1250
– Largeur (mm) avec/sans canal	250/338
2. Nombre des rainures T	4
3. Largeur des rainures T	14
– Ecart (mm)	50
4. Charge maxi de la table (kg)	250
5. Course de déplacement longitudinale (mm) :	
– Mécanique :	820
– Manuelle :	850
6. Course de déplacement transversale (mm) :	
– Mécanique (FW) :	300
– Manuelle(FW) :	330
– Mécanique (FU) :	190
– Manuelle(FU) :	220
7. Course de déplacement verticale (mm) :	
– Mécanique :	400
– Manuelle :	440

8. poids, dimensionnements principales :	
– Poids (kg)	1850
– Largeur (mm)	1670
– Profondeur (mm)	2500
– Hauteur (mm)	1700
9. Broche port outil :	
– Nombre de broches	1
– Port outil (cône ISA)	40
– Diamètre maxi mandrin porte fraise (mm)	40
– Longueur maxi de queue (mm)	500
– Outil en douille de réduction (mors) :	4
– Couple maxi admissible (Nm) :	450
– Puissance matrice (KW) :	4 (5 ,5)
10. Encombrement :	
– Largeur (mm)	330
– Profondeur (mm)	3500
– Hauteur (mm)	2400
11. gamme avance longitudinale standard et transversal (mm /mn) :	10 – 630
Verticale (mm/mn) :	4 – 252
12. gamme d'avance longitudinale réduit et transversal (mm/mn) :	5 – 315
Verticale (mm/mn)	2 – 126
13. marche rapide :	
– Longitudinale (mm/mn) :	3150
– Transversal (mm/mn) :	3150
– Verticale (mm/mn) :	1260
14. Ecart entre deux degrés de vitesse :	1 ,25
15. Milieu broche port fraise jusqu'à la surface de table (mm) de/à :	

- FU :	20 – 420
- FW :	70 – 470
16. Course de déplacement mécanique (mm) de/à :	
- FU :	20 – 660
- FW :	70 – 710
17. Milieu broche porte fraise jusqu'à bord inférieur du serre pièce (mm) :	130
18. Tête de broche porte fraise jusqu'à la contre portée (mm) de/à :	0 – 450
19. Descente de console (mm) :	0,3 – 0,8
20. Pivotabilité de la table vers les deux cotés :	30°

Tableau .2 : Caractéristiques de la machine F 250 x1000/2 [11]

II.3 Composant de fraiseuses « FU 250 x 1000/2 »

Les fraiseuses du type « FU 250 x 1000/2 » se composent de :

1-Bâti : Le bâti de la fraiseuse est un groupe de base portant les autres groupes et mécanismes, à l'intérieur du bâti est montée la boîte des vitesses ainsi que le réservoir d'huile, le bâti porte de la glissière verticale sous forme de queue.

2-Boîte de Vitesses : La boîte de changement de vitesses est exécutée comme un groupe indépendant, elle assure 18 vitesses de rotation de la broche, celle-ci est actionnée par un moteur à courant alternatif.

3-Tête porte-fraise pivotante : Elle consiste en une broche verticale avec un rouleau porteur, monté dans une boîte séparée. La broche est monté dans une douille de serrage, sans déplacement axial s'effectue par un volant.

4-Boîte d'avances : La boîte d'avances est un groupe indépendant monté au coté gauche de console. La boîte d'avances offre 18 valeurs d'avances différentes elle comporte sur la partie inférieur ou supérieur un vernier portant les désignations des valeurs d'avances et une manette de commutation. [11]

5-Console : La console est un groupe de base qui unit tous les mécanismes de la chaîne d'avances et distribue le mouvement aux avances longitudinale, transversale et verticale. La

console porte les différents organes de commande et dispositifs. Dans la partie intérieure de la console il ya un moteur électrique.

Le mouvement d'avances est transmit du moteur aux pignons de la console par l'intermédiaire de la boîte d'avances.

6-Table et Chariot : Le chariot se déplace sur les glissières rectangulaires de la console à l'aide de la vis de l'avance transversale et de l'écrou fixé dans le support. La course longitudinale de la table est réalisée par une vis tournante au filetage trapézoïdale et un écrou fixe.

II.6 Maintenance de la fraiseuse « FU 250 »

II.6.1 Définition de la maintenance

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé.

Maintenir c'est donc effectuer des opérations qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production

Premier objectif

Rétablir un bien, en état de dysfonctionnement et le replacer en état de fonctionnement, donc de produire.

Deuxième objectif

Maintenir ce bien, par une suite d'actions préventives et planifiées, en état parfait de fonctionnement, donc de produire. En règle générale, le service maintenance doit garder l'outil de production en état opérationnel, afin d'assurer une production efficace et maximale.

(Bien : machines, système automatisés de production, mécanisme, appareils divers). [3]

De l'entretien à la maintenance

Cette différence de vocabulaire n'est pas une question de mode, mais marque une évolution de concept. Le terme maintenance est apparu dans les années 1950 aux États-Unis.

En France, on parlait encore à cette époque d'entretien. Il faut tirer une leçon de l'apparition d'une panne pour mieux réagir face aux aléas de fonctionnement (figure II.2).

Le terme « maintenance » se substituer à celui d'entretien qui signifie alors maintenance corrective.

Entretien, c'est dépanner, réparer pour assurer le fonctionnement de l'outil de production.

Entretien, c'est subir le matériel. [4]

Le schéma suivant présente la relation entre la maintenance et l'entretien par d'autre exemple de la vie

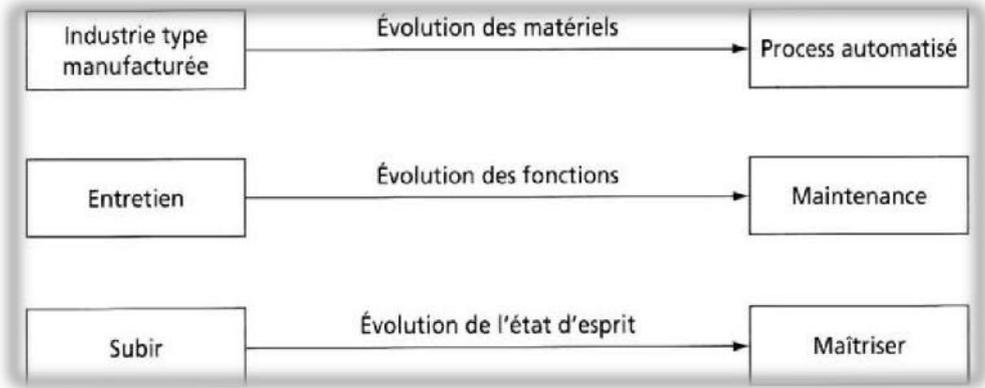


Fig .2 : Maintenance / Entretien

La figure II.3 est une présentation globale de différents types d'entretien.

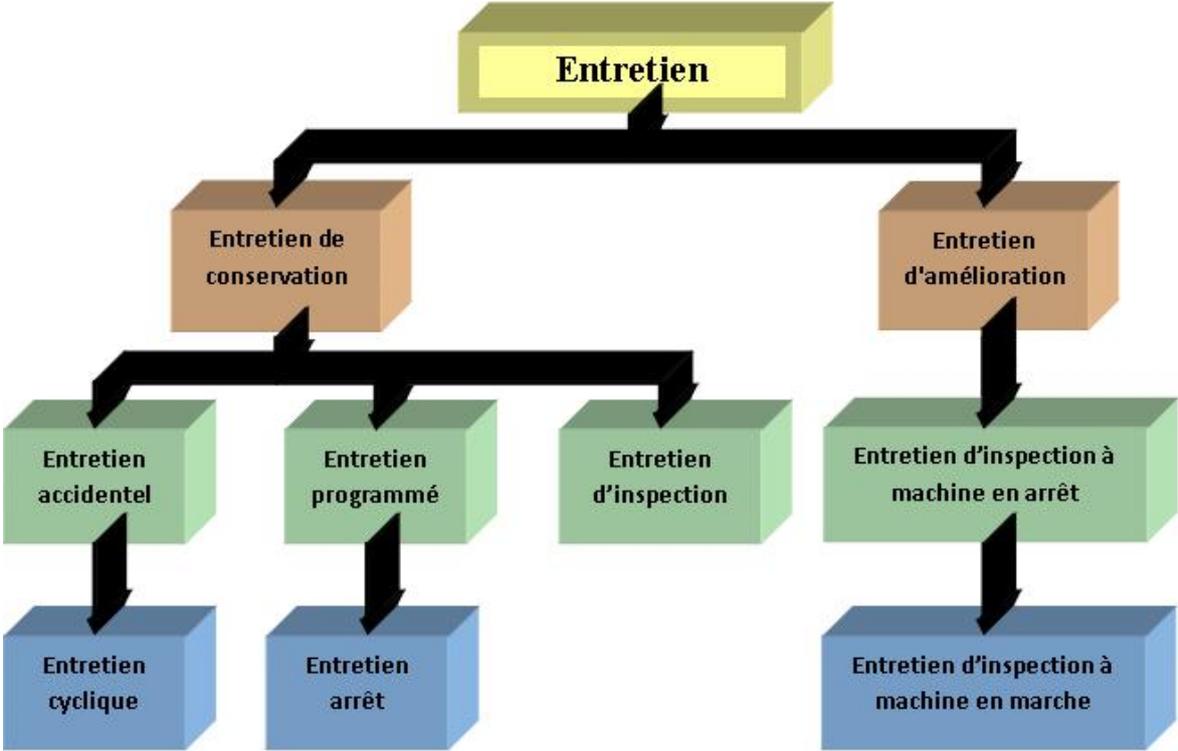


Fig .3 : Plan d'entretien

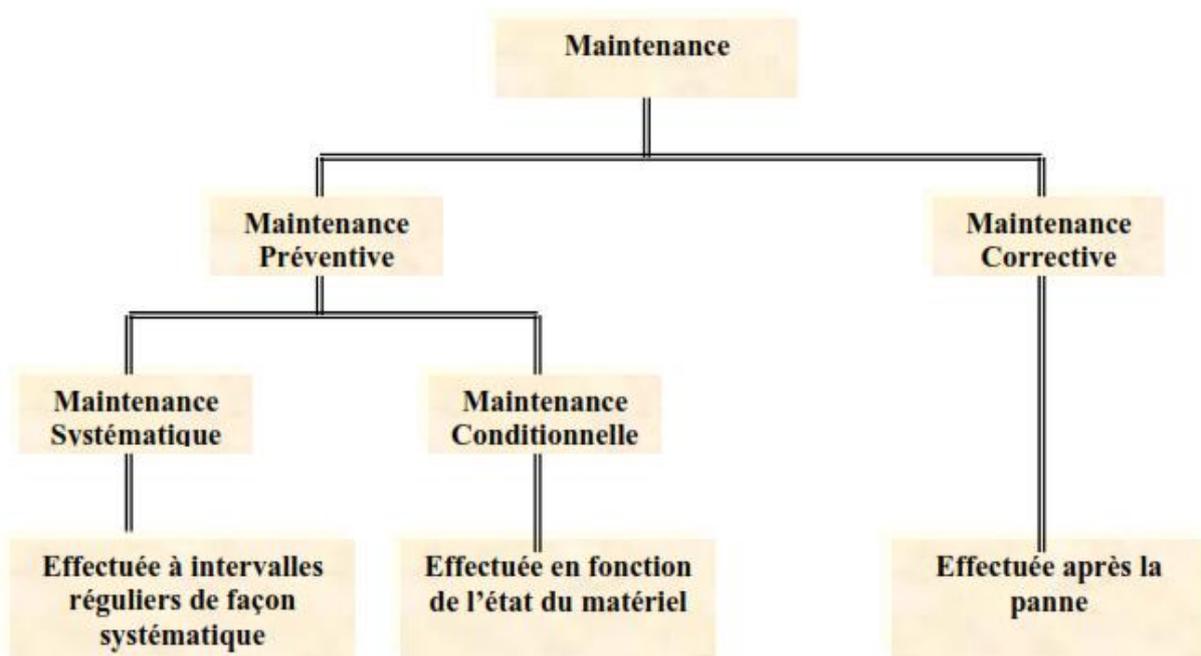


Fig .4 : plan de maintenance

II.6.2 Maintenance préventive

Figure II.3: Plan d'entretien

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. [3]

II.6.2.1 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. [4]

II.6.2.2 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.

II.6.2.3 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.

II.6.2.4 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.6.3 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. [3]

II.6.3.1 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.

II.6.3.2 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

II.6.4 Niveaux de la maintenance

Le tableau ci-dessous présente une explication des niveaux de maintenance. [3]

Niveaux	Actions	Exemples
1 ^{ère} niveau	- Des réglages simples prévus par le constructeur ou le service maintenance	- Echange d'élément consommable tels que : fusibles, voyants,...etc.
2 ^{ème} 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 thermiques
3 ^{ème} 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
4 ^{ème} 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
5 ^{ème} niveau	- Tous les travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante, confiés a un atelier centrale de maintenance ou a une entreprise extérieure 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.

Tableau .3 : les niveaux de la maintenance

II.6.5 Détection de défauts et leur élimination pour fraiseuse F 250 :

II.6.5 .1 Section mécanique :

Type de défaut :	Cause de défaut :	Elimination :
Pas de graissage ou graissage insuffisant des glissières	-Pompe défectueuse -Conduites non étanches	-Changer la pompe -Contrôler l'étanchéité de distributeur et des conduites sous pression
Perturbation dans l'appareil	-De l'air dans le système	-Désaération de circuit

de descente	hydraulique	hydraulique
La dispositif de liquide d'arrosage ne fonctionne pas ou fonctionne avec des défauts	-la pompe aspire de l'air	-contrôler le niveau de liquide d'arrosage -contrôler l'étanchéité de tous les raccords vissés, pièces de raccordement, tubes et flexibles

Tableau .4 : défauts de section mécanique [11]

II.6.5 .2 Section électrique :

Type de défaut :	Cause de défaut :	Elimination :
Dispositif de serrage ne débraye pas	-Appel en retour serré manque -relais thermique descente a déclenché -interrupteur de fin de course descendu ou levé ne fonctionne pas	-Serrer l'outil -Contrôler relié thermique -Contrôler l'interrupteur de fin de course descendu ou levé
Serreur d'outil ne fonctionne pas	-relais thermique a déclenché -la broche n'est pas arrêtée -présélecteur n'est pas connecté	-contrôler relais thermique -arrêter la broche -connecter le présélecteur

Tableau .5 : défauts de Section électrique [11]

II.6.6 Interventions :

Une bonne maintenance consiste non seulement à faire des graissages et des lubrifications des organes mais aussi des inspections, petites révision, ainsi que des révisions moyennes et générales.

Ce travail délicat exige indépendamment des statistiques suffisantes, la connaissance parfaite des possibilités techniques de montage et démontage des organes, mais encore des temps nécessaire, si on veut continuer au mieux les opérations, pour réduire les pertes de production en profitant des arrêts obligatoires de production.

Un chercheur russe a trouvé qu'il existait des structures types pour de nombreuses industries par exemple :

a) Industrie lourde : **GIPIPIPIG**.

b) Industrie automobile : **GIPIPIPIPIPIPIPIG**.

c) Industrie de machine outil : **GIPIPIPIPIPIPIPIPIPIG**.

Appelant :

I : inspection.

P : vérification ou petite révision.

M : échange standard d'un ou plusieurs organes ou une révision moyenne.

G : révision générale.

D'autres chercheurs ont déterminé des formules, permettant de déterminer la structure des cycles d'entretien pour les divers machines et industries.

Avant de faire les calculs nécessaires pour déterminer le structure des cycles d'entretien pour notre machine (fraiseuse verticale) il est indispensable de donner la définition des constituants de la structure (inspection, petite révision,...etc.). [11]

II.6.6.1 Inspection

Inspecter consiste non seulement à déterminer l'état dans lequel se trouve une machine outil, mais à ajuster, réparer ou changer les pièces usées, c'est-à-dire :

- Corriger les situations pouvant conduire à des pannes ou à de graves détériorations
- Eviter que la machine se trouve dans une telle situation.
- Les inspections peuvent être accompagnées de petites révisions.

II.6.6.2 Petite révision

Changement de pièces, réglage d'organes, nettoyage de distributeurs d'huile, suppression de coups sur les glissières, examen des paliers et portées. Ces broches réglage de tension des courroies, entretien des freins...etc.

Le cout doit être inférieur à 10% de la valeur de la machine.

II.6.6.3 Révision moyenne

Cout inférieur à 30% du prix de la machine :

Grattage des coulisses, changement de broche, de vis de manœuvre ou de leurs écrous, roulements,...etc.

On peut compter une révision moyenne pour deux petites.

II.6.6.4 Révision générale

Tout est démonté et examiné : c'est une remise à neuf, les appareillages électriques et des groupes d'organes peuvent être remplacés.

Le cout doit être inférieur à 70% de prix d'une nouvelle machine.

II.6.7 Partie Calculs

Les calculs pour notre machine seront de l'ordre :

II.6.7.1 Calcul de cycle d'entretien

$$T = B_n \cdot B_u \cdot B_y \cdot B_m \cdot 23400 \quad (\text{II.1})$$

Tel que :

B_n : Coefficient tenant compte du caractère de la production ($B_n = 1,5$ pour notre machine)

B_u : Coefficient tenant compte de la nature des matériaux ($B_u = 0,7$).

B_y : Coefficient tenant compte des conditions d'exploitation ($B_y = 1$).

B_m : Coefficient tenant compte des conditions de travail ($B_m = 1$).

Application numérique

$$T = 1,5 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 23400 = 24570 \text{ heures} \quad (.1)$$

II.6.7.2 Calcul du temps entre petite révision t

Pour calculer la valeur de t on utilise la formule suivante :

Tel que :

$$t = \frac{T}{X_p + Y_p + 1} \quad (.2)$$

X_p : Quantité de révisions moyennes dans le cycle.

Y_p : Quantité des petites révisions dans un cycle.

Pour avoir la valeur de X_p et Y_p , il est indispensable de consulter le tableau suivant :

Industrie		G	M	P	I
Lourde	GIPIPIPIG	1	1	2	4
Automobile	GIPIPIPIPIPIPIPIG	1	2	6	9
Machine-outil	GIPIPIPIPIPIPIPIPIPIGI	1	2	9	12
Outillage	GIPIPIPIPIPIPIGI				

Tableau II.6 : Interventions aux industries

Comme notre sujet d'étude est une machine outils donc :

$$X_p = 2 \quad ; \quad Y_p = 9$$

Application numérique

$$t = \frac{24570}{2+9+1} = 2047 \text{ heures et } 30 \text{ minutes}$$

II.6.7.3 Calcule de temps entre les inspections t_0 :

$$t_0 = \frac{T}{Xp+Yp+Zp} \quad (.3)$$

Tel que :

Z_p : Quantité d'inspections dans un cycle.

D'après le tableau II.1, $Z_p = 12$.

Application numérique

$$t_0 = \frac{24570}{(2+9+12+1)} = 1023 \text{ heures et } 45 \text{ minutes}$$

II.7 Conclusion :

Dans ce chapitre nous, avons présentés la description générale de la fraiseuse

« FU 250 x 1000/2 » (composants, caractéristiques), ainsi que les interventions nécessaires pour notre machine-outil.

Chapitre III :

Fiabilité de la machine par loi de Weibull

.1 Définition de fiabilité :

Selon la norme X 06-50, la fiabilité est l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps données, dénoté $R(t)$ [12]. Au temps "0" la probabilité de fonctionnement est 1 (100%), au fur et à mesure que la durée de vie augmente cette probabilité diminue (figure 3). Une machine pour laquelle la fiabilité à 1 an, ou le "taux de survie" à 1 an, $R(12\text{mois}) = 0,45$ est une machine pour laquelle la probabilité de fonctionner pendant un an sans tomber en panne est de 45%. La probabilité de panne sur la période d'un an est donc de 55%

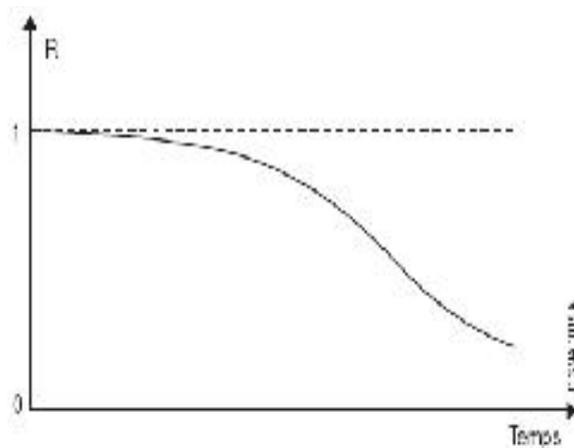


Fig .1 : Courbe de la fonction fiabilité $R(t)$
Pour un ensemble de machines de même type [12]

.2 Exemple de détermination de fiabilité :

.2.1 L'objet d'exemple :

L'objet de cet exemple est de mettre en pratique: le modèle Weibull, la détermination de la fiabilité d'une machine-outil et l'interprétation du résultat de cette fiabilité.

Il s'agit d'une machine-outil fraiseuse FU 250 x 1000/2 qui a été réparée à maintes reprises. Nous rappelons qu'elle existe au niveau de l'atelier d'usinage de notre Département.

Le dossier historique se résume dans le tableau ci-dessous:

Année	i	TTR
26-06-02 15-02-04	1	64
15-02-04 05-06-04	2	16
05-06-04 15-09-04	3	24
15-09-04 06-10-04	4	68
06-10-04 14-11-04	5	6
14-11-04 06-03-05	6	72
06-03-05 19-05-05	7	48
19-05-05 22-06-05	8	4
22-06-05 14-07-05	9	6
14-07-05 20-09-05	10	21
20-09-05 07-11-05	11	24
07-11-05 13-01-06	12	4

13-01-06	13	5
02-02-06		
02-02-06	14	28
11-04-06		
11-04-06	15	32
12-05-06		
12-05-06	16	26
11-07-06		
11-07-06	17	18
01-09-06		
01-09-06	18	14
13-10-06		
13-10-06	19	3
03-11-06		
03-11-06	20	9
11-12-06		

Tableau .1 : résumé de dossier historique

TTR = temps technique de réparation

D'une manière générale, et pour bien établir une fiabilité d'une machine, il faut au préalable avoir choisi une méthode de maintenance.

De cette étape, il faut constituer un dossier machine. Ce dernier nous permet d'avoir les éléments suivants :

- ✚ Connaissance de l'existant (matériels de l'entreprise),
- ✚ Documentation,
- ✚ Comportement du matériel,
- ✚ Traitement des informations issues du comportement des matériels en exploitation,

- ✚ Fiabilité opérationnelle,
- ✚ Principales lois de probabilités utilisées en fiabilité,
- ✚ Essais et tests,
- ✚ Maintenabilité.

Ces éléments nous permettent de déterminer la disponibilité qui est une aptitude d'un dispositif à être en état de fonctionner dans des conditions données :

- ✚ éviter de rechercher la disponibilité maximale,
- ✚ rechercher la disponibilité optimale c'est à dire la disponibilité au moindre coût,
- ✚ être en possession des outils permettant de maîtriser les paramètres qui entrent dans la fonction de disponibilité : taux de défaillance, taux de réparation, durée de vie des constituants, moyenne des temps de maintenance, etc.,...

.2.2 Les types de dispositif :

La détermination de la fiabilité et sa terminologie varient suivant le type de dispositif à analyser : dispositif réparable ou non.

.2.2 .1 Pour un dispositif réparable, la fiabilité sera exprimée par :

- ✚ le taux de défaillance :
- ✚ le temps de fonctionnement : t
- ✚ la M.T.B.F (Mean Time Between Failure) : Temps moyen de bon fonctionnement,
- ✚ la M.T.F.F (Mean Time to First Failure) : Temps moyen jusqu'à la première défaillance.

.2.2 .2 Pour un dispositif non réparable, la fiabilité sera exprimée par :

- ✚ le taux de défaillance :
- ✚ le temps de fonctionnement : t
- ✚ la M.T.T.F (Mean Time to Fail) ou durée de vie, exprimée en unité de temps de fonctionnement.

.3 Les lois de fiabilité :

La fiabilité est déterminée par des lois de probabilités. Ces principales lois de probabilités sont classées de la manière suivante :

.3 .1 Les lois discrètes :

- la loi binomiale,
- la loi de Poisson.

.3 .2 Les lois continues :

- la loi de Weibull,
- la loi exponentielle,
- la loi normale,
- la loi log-normale.

Quelle que soit la loi de distribution utilisée, il sera nécessaire de procéder avec méthode.

.4 Le dossier machine :

Le dossier machine est très utile en maintenance. On en aura souvent besoin à l'occasion d'intervention ou expertise.

La réalisation d'un tel dossier est difficile et longue. Il est préférable de le commencer dès l'acquisition du matériel. Mais il peut être constitué au fur et à mesure des besoins et possibilités. Ceci demandera l'implication maximale des acteurs directs de la maintenance, ainsi que d'autres services qui peuvent être impliqués (les achats, la production..).

Ce dossier comprend toutes les informations relatives à la vie de chaque machines : modifications, améliorations, ordres de travaux, rapports d'expertise ou d'incidents, les fiches historiques.

.5 Les fiches historiques :

Elles regroupent les renseignements concernant les défaillances (fréquence, importance, localisation) et les interventions réalisées sur la machine depuis sa mise en service. Ces fiches précisent le numéro d'ordre d'intervention, la date, la durée d'arrêt et de l'intervention, pièces remplacées,...

Le dossier historique pourra être exploité pour planifier les opérations de la maintenance et l'adapter au fur et à mesure. L'historique peut être exploité :

- ✚ En fiabilité : calculer les lois de fiabilité des machines, le **MTBF**, le **MTTR**,
- ✚ En méthode maintenance : détecter et améliorer les organes qui se révèlent les plus fragiles. Préparer les travaux pour les pannes fréquentes et coûteuses,
- ✚ En gestion de stock de rechange : renseigner sur la consommation des pièces de rechanges,
- ✚ En gestion de la maintenance : vérifier la rentabilité du service maintenance en surveillant l'évolution du coût de défaillance.

.6 Le modèle de Weibull :

Le modèle probabiliste de Weibull est très souple, car la loi à trois paramètres (, et) permet d'ajuster correctement toutes sortes de résultats expérimentaux et opérationnels contrairement au modèle exponentiel. La loi de Weibull couvre les cas où le taux de défaillance () est variable et elle permet donc de s'ajuster aux périodes de jeunesse et aux différents types de vieillissement. Son utilisation implique des résultats d'essais sur des échantillons ou la saisie des résultats lors du fonctionnement (TBF) : intervalle entre défaillances.

Ces résultats permettent d'estimer la fonction de répartition $F(t)$ correspondant à chaque instant.

La détermination des trois paramètres, à partir des tables d'évaluer la **M.T.B.F** et l'écart type.

La connaissance du paramètre de forme () est un outil de diagnostic du mode de défaillance.

.6.1 Expressions mathématiques :

Soit la variable aléatoire continue t , distribuée suivant la loi de Weibull.

$$f(t) = \frac{S}{y} \left(\frac{T-x}{y} \right)^{S-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-x}{y} \right)^S}$$

Avec : $\geq S$

>0 est appelé paramètre de forme

est appelé paramètre d'échelle >0

est appelé paramètre de position - $< <+$

Fonction de répartition $F(t)$:

$$f(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-x}{y}\right)^S}$$

La fiabilité correspondante est donc: $R(t) = 1 - f(t)$

La fiabilité correspondante est donc : $R(t) = e^{-\left(\frac{t-x}{y}\right)^S}$

Remarque :

Si $=1$ et $=0$, on retrouve la loi exponentielle : cas particulier de la loi de Weibull.

Dans ce cas : $\lambda = \frac{1}{y} = \frac{1}{MTBF}$

c)- taux de défaillance instantané $\lambda(t)$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{S}{y} \left(\frac{t-x}{y}\right)^{S-1}$$

Exploitation:

Si < 1 alors $\lambda(t)$ décroît : période de jeunesse

Si $= 1$ alors $\lambda(t)$ constant. Indépendance du processus et temps.

Si $\frac{S}{y} > 1$ alors $\frac{S}{y}(t)$ croit. Phase d'obsolescence que l'on peut analyser plus finement pour orienter un diagnostic.

$1,5 < \frac{S}{y} < 2,5$: phénomène de fatigue

$3 < \frac{S}{y} < 4$: phénomène usure de croisions

$\frac{S}{y} = 3,5$: $f(t)$ est symétrique, la loi est normale.

Ainsi le matériel montre une longue phase de vie à $\frac{S}{y}$ constant. Ce matériel, de par les phénomènes d'usure, ne montre pas de paliers dans la courbe en baignoire et doit donc être modélisé par la loi de Weibull.

.6.2 Espérance mathématique et écart type :

L'espérance mathématique a pour expression :

$$E(t) = MTBF = x + y \cdot A \left(1 + \frac{1}{S} \right)$$

Dans laquelle, $E(t)$ est le symbole d'une fonction eutherienne de seconde espèce

Cette fonction est tabulée, ou l'on retrouve l'expression : $MTBF = A \cdot y + x$

$$\text{Expression de la variance : } V(t) = y^2 A \left(1 + \frac{1}{S} \right) - y^2 \left(1 + \frac{1}{S} \right)^2$$

$$\text{Expression de la variance : } [= \sqrt{v(t)}$$

Cet écart - type est également tabulée ou:

$$[= S \cdot y$$

.6.3 Calcul de la fiabilité en utilisant la loi de WEIBULL :

C'est un modèle statistique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances. Weibull a donné au taux d'avarie une formule générale dépendant de trois paramètres, λ , β , η , qui rend compte avec une bonne précision dans une gamme étendue.

.6.3.1 Exemples:

D'après l'historique de la machine-outil, on a:

1 jour \longrightarrow 7 h de travail

1 S \longrightarrow 5 jours, donc 1S \longrightarrow 5x7=35h

S = semaine

$$T_{totale} = \frac{N}{7} \times 35$$

N = nombre de jours

T_{totale} = temps total

$$TBF = T_{total} - TTR$$

TTR = temps technique de réparation

Classement des TBF

Année	i	Nombre de Jours	Tt	TTR	TBF
26-06-02	1	430	2150	64	2086
15-02-04					
15-02-04	2	82	410	16	394

05-06-04					
05-06-04	3	74	370	24	346
15-09-04					
15-09-04	4	16	80	68	12
06-10-04					
06-10-04	5	27	135	6	129
14-11-04					
14-11-04	6	80	400	72	328
06-03-05					
06-03-05	7	52	260	48	212
19-05-05					
19-05-05	8	25	125	4	121
22-06-05					
22-06-05	9	16	80	6	74
14-07-05					
14-07-05	10	49	245	21	224
20-09-05					
20-09-05	11	35	175	24	151
07-11-05					
07-11-05	12	48	240	4	236
13-01-06					

13-01-06	13	15	75	5	70
02-02-06					
02-02-06	14	49	245	28	217
11-04-06					
11-04-06	15	22	110	32	78
12-05-06					
12-05-06	16	44	220	26	194
11-07-06					
11-07-06	17	37	185	18	167
01-09-06					
01-09-06	18	30	150	14	136
13-10-06					
13-10-06	19	15	75	3	72
03-11-06					
03-11-06	20	28	140	9	131
11-12-06					

Tableau .2 : Classement des TBF

.6.3.1.1 Exemple 01:

1/ Le nombre de jours 430 a été déterminé de la manière suivante:

Entre le 26-06-02 et 15-02-04, on a:

Entre le 26-06-02 et 30-06-02 = 05 jours (-1 jeudi et -1 vendredi) = 03 jours ouvrables

Mois de 07-02 = 31 jours (-4 jeudi et - 4 vendredi) = 23 jours ouvrables

Mois de 08-02 = 21 jours ouvrables

Mois de 09-02 = 22 jours ouvrables

Mois de 10-02 = 22 jours ouvrables

Mois de 11-02 = 21 jours ouvrables

Mois de 12-02 = 23 jours ouvrables

Année 03 = 365 – 102 = 263 jours ouvrables

Mois de 01-04 = 21 jours ouvrables

Entre le 01-02-04 et 15-02-04 = 11 jours ouvrables

$03 + 23 + 21 + 22 + 22 + 21 + 23 + 263 + 21 + 13 = 430$ jours ouvrables

2/ Le nombre de jours 82 a été déterminé de la manière suivante:

Entre le 15-02-04 et 05-06-04, on a:

Entre le 15-02-04 et 29-02-04 = 13 jours ouvrables

Mois de 03-04 = 23 jours ouvrables

Mois de 04-04 = 20 jours ouvrables

Mois de 05-04 = 23 jours ouvrables

Entre le 01-06-04 et 05-06-04 = 3 jours ouvrables

$13 + 23 + 20 + 23 + 3 = 82$ jours ouvrables

3/ Le nombre de jours 74 a été déterminé de la manière suivante:

Entre le 05-06-04 et 15-09-04, on a:

Entre le 05-06-04 et 30-06-04 = 19 jours ouvrables

Mois de 07-04 = 21 jours ouvrables

Mois de 08-04 = 23 jours ouvrables

Entre le 01-09-04 et 15-09-04 = 11 jours ouvrables

$19 + 21 + 23 + 11 = 74$ jours ouvrables

4/ Le nombre de jours 16 a été déterminé de la manière suivante:

Entre le 15-09-04 et 06-10-04, on a:

Entre le 15-09-04 et 30-09-04 = 11 jours ouvrables

Entre le 01-10-04 et 06-10-04 = 5 jours ouvrables

$11 + 5 = 16$ jours ouvrables

5/ Le nombre de jours 27 a été déterminé de la manière suivante:

Entre le 06-10-04 et 14-11-04, on a:

Entre le 06-10-04 et 31-10-04 = 17 jours ouvrables

Entre le 01-11-04 et 14-11-04 = 10 jours ouvrables

$17 + 10 = 27$ jours ouvrables

6/ Le nombre de jours 80 a été déterminé de la manière suivante:

Entre le 14-11-04 et 06-03-05, on a:

Entre le 14-11-04 et 30-11-04 = 12 jours ouvrables

Mois 12-04 = 21 jours ouvrables

Mois 01-05 = 23 jours ouvrables

Mois 02-05 = 20 jours ouvrables

Entre le 01-03-05 et 06-03-05 = 4 jours ouvrables

$12 + 21 + 23 + 20 + 4 = 80$ jours ouvrables,.....

.6.3.1.2 Exemple 02:

T_{totale} est déterminé de la manière suivante:

$$T_{totale} = \frac{N}{7} \times 35$$

Pour $i = 1$ $T_{totale} = \frac{N}{7} \times 35 = 430 \times 35 / 7 = 2150$

Pour $i = 2$ $T_{totale} = \frac{N}{7} \times 35 = 82 \times 35 / 7 = 410$

Pour $i = 3$ $T_{totale} = \frac{N}{7} \times 35 = 74 \times 35 / 7 = 370 \dots\dots\dots$

.6.3.1.3 Exemple 03:

TTR est déterminé conformément au dossier historique.

.6.3.1.4 Exemple 04:

TBF est déterminé de la manière suivante:

$$TBF = T_{total} - TTR$$

Pour $i = 1$ $TBF = 2150 - 64 = 2086$

Pour $i = 2$ $TBF = 410 - 16 = 394$

Pour $i = 3$ $TBF = 370 - 24 = 346 \dots\dots\dots$

- SIN >20 méthode des rangs moyens

$$F(i) = \frac{\sum N_i}{N + 1}$$

- SI N = 20 méthode des rangs médians (**c'est le cas de notre exemple**)

$$F(i) = \frac{\sum N_i - 0,3}{N + 0,4}$$

Avant d'interpréter graphiquement (papier Weibull), on doit remplir le tableau suivant avec:

N° d'ordre = de 1 à 20

TBF = classé par ordre croissant

Ni = 1

Ni = de 1 à 20

F(i)% = calculée selon la formule

Tableau des valeurs :

d'ordre	TBF	Ni	Ni	F(i)%
1	12	1	1	3
2	70	1	2	8
3	72	1	3	13
4	74	1	4	18
5	78	1	5	23
6	121	1	6	28
7	129	1	7	32
8	131	1	8	37
9	136	1	9	42
10	151	1	10	47
11	167	1	11	52

12	194	1	12	57
13	212	1	13	62
14	217	1	14	67
15	224	1	15	72
16	236	1	16	77
17	328	1	17	81
18	346	1	18	86
19	394	1	19	91
20	2068	1	20	96

Tableau .3 : Tableau des valeurs

Avec ces données, on va utiliser le papier de Weibull on trace le nuage de points $(t ; F(t))$ avec t est TBF et $F(t)$ en %, pour déterminer α , β et γ

.7 Papier Weibull :

.7.1 Définition du papier Weibull:

Ce papier de Weibull sert à lire graphiquement les paramètres d'une loi de Weibull dans le cas où le paramètre γ est nul.

En effet la fonction de répartition associée à une loi de Weibull de paramètres β , $\gamma = 0$, η est définie par

$$\begin{aligned} F(t) &= 1 - e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \Leftrightarrow \ln(1 - F(t)) = -\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta \\ \Leftrightarrow -\ln(1 - F(t)) &= \left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta \\ \Leftrightarrow \ln(-\ln(1 - F(t))) &= \beta \ln \frac{t}{\eta} \\ \Leftrightarrow \ln(-\ln(1 - F(t))) &= \beta \ln t - \beta \ln \eta \\ \Leftrightarrow Y &= \beta X - \beta \ln \eta \end{aligned}$$

La dernière équation obtenue est l'équation d'une droite dans le repère rouge (O ; X ; Y) où O est le point correspondant à X = 0 et Y = 0 soit à t = 1 et F(t) = 1 - 1/e.

Le paramètre η se lit directement à l'intersection de la droite précédente avec l'axe des abscisses puisque celui-ci est gradué en échelle logarithmique.

Le paramètre β est le coefficient directeur de la droite précédente, il suffit de tracer une droite parallèle à la précédente et de lire directement le coefficient directeur de cette droite sur l'axe d'équation X = -1. (C'est-à-dire on prend la parallèle D1 à D2 (ligne droite tracée) passant par l'origine de (X, Y) pour déterminer par la suite la valeur du paramètre de forme ())

.7.2 Echelles utilisées sur le papier de Weibull :

abscisse haute : échelle naturelle en X

abscisse intermédiaire : échelle logarithmique (lecture du paramètre η)

abscisse basse : échelle logarithmique (on fait correspondre à chaque valeur de t son logarithme népérien $\ln t$)

ordonnée gauche : on place les valeurs de F(t) en pourcentage en échelle $\ln (- \ln (1 - F(t)))$

ordonnée sur l'axe X = -1_ (lecture du paramètre β) : ce sont les valeurs $\ln (- \ln (1 - F(t)))$

F(t) en % est représenté par F(i) en %

t est représentée par TBF

Pour notre cas, le nuage de points correspond à une droite, alors $\mu = 0$ (paramètre de position)

Et la valeur du paramètre de forme ($\sigma = 1.7$), E

Et $\sigma = 2.1$

.7 .3 Table de la loi de Weibull : lecture des paramètres A et B :

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0.05	2.43290E+18	9.0320E+23	1.75	0.89062	0.52523	3.45	0.89907	0.28222
0.1	3.62880E+06	1.55977E+09	1.8	0.88929	0.51123	3.5	0.89975	0.28473
0.15	2.59357E+03	1.21993E+05	1.85	88821	0.49811	3.55	0.90043	0.28133
0.2	1.20000E+02	1.90116E+03	1.9	0.88736	0.48579	3.6	0.90111	0.27802
0.25	2.40000E+01	1.99359E+02	1.95	0.88671	0.47419	3.65	0.90178	0.27479
0.3	9.26053E+00	5.00780E+01	2	0.88623	0.46325	3.7	0.90245	0.27164
0.35	5.02214E+00	1.99761E+01	2.05	0.88589	0.45291	3.75	0.90312	0.26857
0.4	3.32335E+00	1.03482E+01	2.1	0.88569	0.44310	3.8	0.90379	0.26558
0.45	2.47859E+00	6.46009E+00	2.15	0.88561	0.43380	3.85	0.90454	0.26266
0.5	2.00000E+00	4.47214E+00	2.2	0.88563	0.42495	3.9	0.90510	0.25980
0.55	1.70243E+00	3.34530E+00	2.25	0.88573	0.41652	3.95	0.90576	0.25701
0.6	1.50458E+00	2.64514E+00	2.3	0.88591	0.40848	4	0.90640	0.25429
0.65	1.36627E+00	2.17887E+00	2.35	0.88617	0.40080	4.05	0.90704	0.25162
0.7	1.26582E+00	1.85117E+00	2.4	0.88648	0.39345	4.1	0.90768	0.24902
0.75	1.19064	1.61077	2.45	0.88685	0.38642	4.15	0.90831	0.24647
0.8	1.13300	1.42816	2.5	0.88726	0.37967	4.2	0.90894	0.24398
0.85	1.08796	1.28542	2.55	0.88772	0.37319	4.25	0.90956	0.24154
0.9	1.05218	1.17111	2.6	0.88821	0.36696	4.3	0.91017	0.23915
0.95	1.02341	1.07769	2.65	0.88873	0.36097	4.35	0.91078	0.23682
1	1.00000	1.00000	2.7	0.88928	0.35520	4.4	0.91138	0.23453
1.05	0.98079	0.93440	2.75	0.88986	0.34063	4.45	0.91198	0.23229
1.1	0.96491	0.87828	2.8	0.89045	0.34427	4.5	0.91257	0.23009
1.15	0.95170	0.82971	2.85	0.89106	0.33909	4.55	0.91316	0.22793
1.2	0.94066	0.78724	2.9	0.89169	0.33408	4.6	0.91374	0.22582
1.25	0.93138	0.74977	2.95	0.89233	0.32924	4.65	0.91431	0.22375
1.3	0.92358	0.71644	3	0.89298	0.32455	4.7	0.91488	0.22172
1.35	0.91699	0.68657	3.05	0.89364	0.32001	4.75	0.91544	0.21973
1.4	0.91142	0.65964	3.1	0.89431	0.31561	4.8	0.91600	0.21778
1.45	0.90672	0.63522	3.15	0.89498	0.31135	4.85	0.91655	0.21586
1.5	0.90275	0.61294	3.2	0.89565	0.30721	4.9	0.91710	0.21397
1.55	0.89939	0.59252	3.25	0.89633	0.30319	4.95	0.91764	0.21212
1.6	0.89657	0.57372	3.3	0.89702	0.29929	5	0.91817	0.21031
1.65	0.89421	0.55635	3.35	0.89770	0.29550	5.05	0.91870	0.20853
1.7	0.89224	0.54024	3.4	0.89838	0.29181	5.1	0.91922	0.20677

Tableau .4 : Table de lecture les paramètres A et B

Avec ce tableau et les données précédente on trouve que $A = 0.89224$

Déterminer le MTBF :

$$MTBF = A +$$

$$MTBF = 0.89224 (2.1) = 1.873704$$

.7 .4 Probabilité de bon fonctionnement et Probabilité de défaillance

.7 .4.1 Probabilité de bon fonctionnement :

La fiabilité $R(t)$ est la probabilité de bonne fonctionnement à l'instant t

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t+x}{y}\right)^s} \Rightarrow R(t) = e^{-\left(\frac{t}{y}\right)^s}$$

$$R(t) = R(MTBF) = e^{-\left(\frac{MTBF}{y}\right)^s}$$

Pour notre cas :

$$MTBF = 1.873704 ; \beta = 1.7 ; \eta = 2.1 \longrightarrow R(MTBF) = 0.43876$$

.7 .4.2 Probabilité de défaillance :

La fonction de répartition est :

- $F(t)$ est la probabilité que le dispositif soit en panne à l'instant t

$$F(t) = 1 - R(t)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-x}{y}\right)^s}$$

$$F(MTBF) = 1 - 0.43876 = 0.56124$$

Le taux d'instantané de défaillance $f(t)$:

$f(t)$ est un estimateur de fiabilité.

$$f(t) = \frac{s}{y} \left(\frac{t - X}{y} \right)^{s-1}$$

$$\beta = 1.7 ; \eta = 2.1 ; \gamma = 0 ; t = \text{MTBF} = 1.873704$$

$$f(\text{MTBF}) = 0.72228$$

Ayant déterminé les différents paramètres, on obtient le tableau suivant:

	MTBF	R(MTBF)%	F(MTBF)%	f(MTBF)
1.7	1.873704	0.56124	61.24 %	0.72228

Tableau 5: résultats des calculs

L'étude de fiabilité a permis de connaître :

- ✚ l'étude de l'équipement en fonction du ,
- ✚ le comportement de matériel par la valeur de R(t), F(t), f(t) d'après la valeur de .

Les résultats obtenus montrent que la machine est toujours fiable malgré son "âge". On peut l'expliquer par le fait que c'est une machine à usage pédagogique et non pas industrielle. Elle n'a pas les mêmes sollicitations que celle qui existe dans une usine.

.7.5 Calcul de la moyenne technique de temps de réparation MTTR :

$$\text{MTTR} = \left(\frac{\sum TTR}{N} \right)$$

$$\text{MTTR} = 24.6$$

TTR : temps technique de réparation

.7.6 Calcul de la disponibilité D :

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

$$D = 0.07087$$

Conclusion générale

Tout au long de notre travail, nous avons appliqué une méthode de maintenance sur une fraiseuse FU 250 x 1000/2.

Après avoir étudié les différents procédés d'usinage, le parc machine outil et la maintenance, nous nous sommes intéressés à appliquer une méthode de fiabilité et une loi de probabilité à savoir la loi de Weibull. Celle-ci nous a permis de déterminer la fiabilité de notre fraiseuse FU 250 x 1000/2.

Les résultats obtenus montrent que la machine est toujours fiable malgré son "âge". On peut l'expliquer par le fait que c'est une machine à usage pédagogique et non pas industrielle. Elle n'a pas les mêmes sollicitations que celle qui existe dans une usine.

Aussi, et grâce à ce travail, nous avons pu mettre en évidence nos connaissances acquises lors de notre formation.

Référence bibliographique

[1] **Samir Benarabi, Chouchani Abidi Brahim**, « *Optimisation du choix des outils de coupe pour l'usinage des poches quadrilatères en 2D^{1/2}* », mémoire de fin d'étude, université Kasdi Merbah, Ouargla, 2010.

[2] Office de la formation professionnelle et de la promotion du travail, résumé théorique & guide de travaux pratiques, module 3, « *Réalisation des opérations de base en fraisage* » Maroc.

[3] **L. Benali**, « *Maintenance industrielle* », office des publications universitaires.1, place centrale de ben aknoun, Alger, (9/2006).

[4] **François Monchy**, « *Maintenance (méthodes et organisation)* », Dundo, paris, 2002.

[5] **T. Dereli, I. H. Filiz and A. Baykasoglu**, « *Optimizing cutting parameters in process planning of prismatic parts by using genetic algorithms* », international journal of production research, vol. 39, N°15, 3303-3328, 2001.

[6] **Gilles Prod'Homme**, « *Commande numérique des machines-outils* » technique de l'ingénieur, traité génie mécanique, B 7130, pp.3, 1997.

[7] **Y. Schoefs, S. Fournier, J. C. Leon**, « *Productique mécanique* », Delagrave, 1994, France.

[8] **J.C. Tanguy**, « *Rectification, conditions de base et données pratiques* », centre technique des industries mécaniques, CETIM 2001, France.

[9] **G. Spinnler**, « *Conception des machines principes et applications* », tome 3, presses polytechniques et universitaires romandes, 1998.

[10] **A. Toumine**, éléments de cours : usinage v1.1, Cours de Fabrication, « *usinage par enlèvement de copeaux* ».

[11] Dossier technique de la machine.

[12] **F. MONCHY**, Maintenance : Méthodes et organisation, Ed. Dunod, 2000.