

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSTE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار عنابة

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

**ETUDE AMDEC DE LA FRAISEUSE HURON MU
PAR LES OUTILS DE LA MAINTENANCE
INDUSTRIELLE
au niveau de l'unité AMM Arcelormittal –Annaba-**

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNIQUE

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : MAINTENANCE INDUSTRIELLE ET FIABILITE MECANIQUE

PRESENTE PAR : CHALAL ABDELAZIZ

DIRECTEUR DU MEMOIRE : TADJINE. K

DEVANT LE JURY

PRESIDENT: TADJINE. K MCA UBM ANNABA

EXAMINATEURS :

- | | | |
|---------------|------|------------|
| - BOUSSAID .O | MCA. | UBM ANNABA |
| - GOUASMI. S | MAA. | UBM ANNABA |
| - OMRI .M | MAB. | UBM ANNABA |

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

À mes très chers parents à qui je dois toutes mes études, que Allah me les garde.

À mes frères, mes sœurs à qui je souhaite tout le bonheur.

À tout la famille CHALAL et beloucif.

À tous mes amis.

CHALAL ABDELAZIZ

Remerciements

Nous tenons à prier très fort et remercier le bon Dieu tout puissant, qui par sa volonté a fait que ce travail soit réalisé

*Une grand merci assez particulier à notre encadreur Mr «**K. TADJINE**» qui nous a énormément aidé*

*Nous remercions tous les enseignants du département de **Génie Mécanique**.*

*Nous remercions tous les personnels de l'**AMM** Plus essentiellement M. Hakim et le groupe de maintenance.*

Enfin nous remercions tous qui ont participé dans ce travail.

*CHALAL
ABDELAZIZ*

SOMMAIRE

Introduction générale Problématique

CHAPITRE I Présentation de L'entreprise ARCELORMITTAL d'EL –HADJAR

I.1 Présentation du complexe ARCELOR-MITTAL.....	4
I.1.1 Situation géographique.....	4
I.1.2 Historique.....	4
I.1.3 Missions et organisation.....	5
I.1.4. Plan de masse du complexe El-Hadjar : MOBILE.....	6
I.2. Historique des A.M.M.....	7
I.2.1. Atelier mécanique, atelier d'usinage 250.....	9
I.2.1.1 Petite Mécanique.....	10
I.2.1.1.1 Atelier de fraisage.....	10
I.2.1.1.2 Atelier de tournage.....	10
I.2.1.1.3 Atelier de débitage et stockage 251.....	11

CHAPITRE II Généralités sur les machines outils et description de la fraiseuse HURON MU

II.1. Introduction.....	13
II.2. Machine–outil.....	13
II.2.1. Procédés d'usinage.....	13
II.2.1.1. Tournage.....	13
II.2.1.2. Perçage.....	14
II.2.1.3. Rectification.....	15
II.2.1.4. Rabotage.....	15
II.2.1.5. Mortaisage.....	16
II.2.1.6 Fraisage.....	16
II.2.1.6.1. Classification des fraiseuses.....	17
II.2.1.6.1.1. Fraiseuse horizontale.....	17
II.2.1.6.1.2. Fraiseuse verticale.....	18
II.2.1.6.1.3. Fraiseuse universelle.....	18
II.2.1.6.1.4. Fraiseuses de production (a programme, commande numérique).....	19
II.2.1.6.1.5. Fraiseuses spéciales.....	19
II.2.1.6.2. Caractéristiques des fraiseuses.....	19
II.2.1.6.3. Procédés de fraisage.....	20
II.2.1.6.4. Opérations de fraisage.....	20
II.2.1.6.5. Caractéristiques des fraises.....	21
II.2.1.6.6. Différents types des fraises.....	22
II.2.1.6.7. Modes de coupe.....	23
II.3. Description de la fraiseuse HURON MU.....	24
II.4. Composant de fraiseuses HURON MU.....	24
II.5. Mise en route et fonctionnement de fraiseuse HURON MU.....	25
II.5.2. Mise en marche et arrêt.....	25
II.5.3 Fonctionnement.....	25
II.6. Charge de la machine.....	27
II.7. Conclusion.....	27

CHAPITRE III Analyse FMD de la fraiseuse HURON MU

III.1. Etude de FMD.....	29
III.1.1. Loi de probabilité.....	29
III.1.2. Loi de weibull.....	29
III.1.2.1. Signification des paramètres du modèle de WEIBULL.....	30
III.1.3. Test de KOLMOGOROV – SMIRNOV.....	31
III.1.4. Paramètres de calcul de Fiabilité Maintenable et Disponibilité.....	32
III.1.4.1. Les Dispositifs Réparable.....	32
III.1.4.2. Dispositifs Non réparables.....	33
III.1.4.3. La fiabilité.....	33
III.1.4.4. La maintenabilité.....	34
III.1.4.5. La disponibilité.....	35
III.2. La relation entre les notions FMD.....	37
III.3. l'analyse ABC.....	37
III.3.1. Méthode.....	37
III.4. Etude FMD de la fraiseuse HURON MU.....	38
III.4.1. L'application Pratique des méthodes d'analyse.....	39
III.4.1.1. Application Pratique méthode prévisionnelle «ABC (Pareto) ».....	39
III.4.1.2. Application du modèle de WEIBULL.....	40
III.4.1.3. Test (KOLMOGOROV SMIRNOV).....	41
III.4.1.4. Calcul du MTBF.....	42
III.4.1.5. Étude de modèle de weibull.....	43
a. La fonction de la densité de probabilité.....	45
b. Fonction de répartition F(t).....	45
c. La fiabilité.....	46
d. Le taux de défaillance.....	47
III.4.1.6. Calcul la Maintenable de la fraiseuse.....	48
III.4.1.7. Calcul la disponibilité de la fraiseuse.....	49
III.5. Conclusion.....	50

CHAPITRE IV Etude AMDEC de la fraiseuse HURON MU

IV.1. Introduction.....	52
IV.2. Définition de l'AMDEC.....	52
IV.3. Principe de base.....	52
IV.3.1. AMDEC-Produit.....	53
IV.3.2. AMDEC Processus.....	53
IV.3.3. AMDEC Moyen de production.....	54
IV.4. Objectifs de l'AMDEC.....	54
IV.5. Les avantages et les inconvénients de l'AMDEC.....	54
IV.5.1. Avantages.....	54
IV.5.2. Inconvénient.....	55
IV.6. Déroulement de la méthode.....	55
IV.6.1. Etape 1 : Initialisation.....	55
IV.6.1.1. Principe de base de la méthode AMDEC.....	55
IV.6.1.2. Composition du groupe de travail.....	55

IV.6.1.3. Acteurs de la méthode.....	56
IV.6.1.4. Planification des réunions.....	56
IV.6.1.5. Fin Etape 1 : La fiche de synthèse.....	57
IV.6.2. Etape 2 : Analyse fonctionnelle.....	57
IV.6.2.1. Analyse fonctionnelle externe.....	58
IV.6.2.2. Analyse fonctionnelle interne.....	59
IV.6.2.3. Découpage fonctionnel AMDEC moyen de production.....	60
IV.6.2.3.1. Décomposition fonctionnelle et organique : AMDEC moyen de production.....	60
IV.6.2.4. Fin Etape 2 : Le dossier.....	61
IV.6.3. Etape 3 : Analyse des défaillances.....	61
IV.6.3.1. La démarche AMDEC.....	61
IV.6.3.2. Les niveaux d'analyse.....	62
IV.6.3.2.1. Mode de défaillance.....	63
IV.6.3.2.2. Cause de la défaillance.....	63
IV.6.3.2.3. Effet de la défaillance.....	64
IV.6.3.2.4. Evaluation de la criticité.....	64
IV.6.3.2.5. Les critères de cotation.....	65
IV.6.3.2.6. Fin Etape3 : proposition des actions correctives.....	66
IV.6.4. Etape 4 : Synthèse de l'étude.....	66
IV.6.4.1. La grille AMDEC.....	66
IV.6.4.2. La chaîne fondamentale.....	67
IV.7. Démarche pratique d'une fraiseuse huron mu.....	68
IV.7.1. Analyse Fonctionnelle de la fraiseuse.....	68
IV.7.2. Décomposition fonctionnelle.....	68
IV.7.3. L'analyse externe de la fraiseuse HURON MU.....	69
IV.7.4. L'analyse interne de la fraiseuse HURON MU.....	70
IV.7.5. Diagramme causes-effet.....	70
IV.7.6 La méthodologie d'approche.....	71
IV.7.7. La grille AMDEC de la fraiseuse (1/4, 2/4, 3/4, 4/4).....	72
IV.8. Hiérarchisation des défaillances.....	76
IV.9. Conclusion.....	76

CAPITRE V Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance

V.1. Introduction.....	78
V.2. Objectifs.....	78
V.3. Conditions d'établissement.....	78
V.4. Principales actions intégrées au plan de maintenance.....	79
V.5 Démarche générale d'établissement du plan de maintenance.....	79
V.6. Démarche à entreprendre.....	80
V.6.1. GAMMES d'entretien.....	80
V.7. Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance.....	82
V.7.1. Définition des actions de maintenance à prévoir dans le plan.....	82
V.7.2. Définition des périodicités.....	83
V.8. mettre en place un programme d'entretien préventif.....	83
V.9. Aspect organisationnel.....	87
Conclusion générale.....	88

Liste de figure

CHAPITRE I Présentation de L'entreprise ARCELORMITTALd'EL –HADJAR

Figure. I.1. plan de masse du complexe El-Hadjar	6
Figure. I.2. D écoupage zonal des AMM.....	8
Figure. I.3. Plan pour l'atelier d'usinage.....	9
Figure. I.4. Atelier fraisage.....	10
Figure. I.5.Fraisage universel àCNC.....	10
Figure.I.6.Fraiseuse huron mu 6.....	10
Figure. I.7.Fraiseuse huron mu 5.....	10
Figure. I.8. Atelier tournage.....	10
Figure. I.9. Tournage parall èle (/) conventionnel àCNC.....	10
Figure. I.10.Tour Parall èle 16D20	10
Fig. I .11 Tour Parall èle 16D25	11
Fig. I.12. Tour Parallèle 1M636	11
Fig. I.13. Scie alternatif EBS 360 U	11
Fig. I.14. Machine a centr éSABO	11
Fig. I.15 Stock des pi èces fini.....	11

CHAPITRE II Généralités sur les machines outils et description de la fraiseuse

HURON MU

Figure. II.1. Sch éma d'un Tour	13
Figure. II.2. Tour a commande num érique	14
Figure. II.3. Perceuse.....	14
Figure. II.4. Rectifieuse	15
Figure. II.5. Raboteuse	16
Figure. II.6. Mortaiseuse.....	16
Figure. II.7. Mouvement de coupe et d'avance	17
Figure. II.8. Fraisage horizontale	18
Figure. II.9. Fraisage verticale	18
Figure. II.10. Fraisage universelle	18
Figure. II.11. Fraisage commande num érique.....	19
Figure. II.12. Fraiseuse multibroches	19
Figure. II.13. Caract éristiques des fraises	21
Figure. II.14. Types des fraises	22
Figure. II.15. Fraisage en avalant	23
Figure. II.16. Fraisage en opposition	23
Figure. II.17. commende de la machine HURON MU.....	26

CHAPITRE III Analyse FMD de la fraiseuse HURON MU

Figure. III.1. Courbe en baignoire du taux de défaillance λ fonction de temps.....	30
Figure. III.2. Influence de β	31
Figure. III.3 .repr ésentation de la disposition r éparable	33
Figure. III.4. Chronogramme pour les mat ériels non r éparable.....	33
Figure. III.5. Allure de la courbe de Maintenabilit é34	
Figure. III.6. La relation entre les notions FMD	37
Figure.III.7. Histogramme de Pareto	39

Figure.III.8. papier de Weibull.	41
Figure. III.9. La Courbe Densité De Probabilité	45
Figure. III.10. La Courbe de Fonction Répartition.....	45
Figure. III.11. La Courbe De la Fonction Fiabilité	46
Figure.III.12. Le courbe taux de défaillance	47
Figure.III.13. La Courbe de Maintenabilité	48
Figure III.14. La Courbe de disponibilité instantanée	49

CHAPITRE IV Etude AMDEC de la fraiseuse HURON MU

Figure. IV.1. La démarche Analyse fonctionnelle	58
Figure. IV.2. Méthode de la pieuvre.....	59
Figure. IV.3. Les diagrammes de flux	59
Figure. IV.4. Décomposition fonctionnelle.....	60
Figure. IV.5. La démarche AMDEC.....	61
Figure. IV.6. Les niveaux d'analyse	62
Figure. IV.7. Diagramme Causes-Effets	63
Figure. IV.8. La chaîne fondamentale	67
Figure. IV.9. Analyse Fonctionnelle d'une fraiseuse HURON MU	68
Figure. IV.10. Décomposition fonctionnelle d'une fraiseuse HURON MU.....	68
Figure. IV.11. L'analyse externe de la fraiseuse HURON MU	69
Figure. IV.12. L'analyse interne de la fraiseuse HURON MU	70
Figure. IV.13. Diagramme causes-effet	70
Figure. IV.14. Histogramme de hiérarchisation de la criticité	76

CAPITRE V Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance

Figure. V.1. Démarche générale d'établissement du plan de maintenance.....	79
Figure. V.2. prévoir les actions de maintenance dans les plans	82

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE III Analyse FMD de la fraiseuse HURON MU

Tableau III.1. Historique des panes de la fraiseuse HURON MU.....	38
Tableau .III.2. L'analyse ABC (Pareto) 39	
Tableau.III.3. Détermination la fonction de répartition F(t).....	40
Tableau. III.4. test de kolmogrov-smirnov	42
Tableau .III.5. Résultats de la FMD du Fraiseuse HURON MU.....	44

CHAPITRE IV Étude AMDEC de la fraiseuse HURON MU

Tableau. IV.1 Historique de l'AMDEC.....	52
Tableau. IV.2. fiche de synthèse de l'étude AMDEC.....	57
Tableau. IV.3. Niveau de criticité	65
Tableau. IV.4. Niveau de fréquence.....	65
Tableau. IV.5. Niveau de gravité.....	65
Tableau. IV.6. Probabilité de non détection	66
Tableau. IV.7. Exemple sur le Grille AMDEC.....	67
Tableau. IV.8. La grille AMDEC de la fraiseuse (1/4)	72
Tableau. IV.9. La grille AMDEC de la fraiseuse (2/4)	73
Tableau. IV.10. La grille AMDEC de la fraiseuse (3/4)	74
Tableau. IV.11. La grille AMDEC de la fraiseuse (4/4).....	75

CAPITRE V Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance

Tableau. V.1. Gamme d'entretien préventive.....	81
Tableau. V.2. Exemple du Choix du type d'entretien.....	86
Tableau. V.3. Exemple de classement des pièces de Rechange	87

Introduction générale

Le développement de l'industrie exige un système d'appareillage qui permet d'améliorer le travail, accélérer les rythmes de productivité, augmenter la qualité des produits et diminuer les coûts de maintenance.

L'application de la maintenance actuellement est le fer de lance de l'industrie d'aujourd'hui qui doit répondre aux exigences de performance du processus de production elle-même tributaire de la fiabilité des équipements.

Les objectifs de cette analyse au niveau de l'atelier maghrébin mécanique «AMM», consiste à

- Détermination des paramètres de fiabilité en utilisant le modèle de "Weibull".
- Sélectionnés les organes étudiés par des méthodes d'analyse « ABC » ; « AMDEC » et « ISHIKAWA » à partir des données sur les équipements.
- Choisir la politique de la maintenance à appliquer aux équipements en exploitation.

Le mémoire est structuré en cinq chapitres :

o Le premier chapitre est consacré à la présentation de l'entreprise ArcelorMittal et à un bref aperçu sur l'unité AMM et les ateliers de la chaîne de production.

o Dans le deuxième chapitre, on définit les généralités des machines outils conventionnelles, consiste à la description générale de la fraiseuse HURON MU, les composants, et le mode de fonctionnement.

o Le troisième chapitre portera sur on définit les généralités des quelques lois de distributions utilisées en fiabilité et en particulier la loi de "Weibull"; ainsi que les méthodes graphiques et analytiques pour la détermination des paramètres fondamentaux (β , η , γ , λ).

o Dans le quatrième chapitre on met en application une étude de cas pratique sur un équipement stratégique dans l'unité AMM par l'AMDEC.

o Le cinquième chapitre, un plan de maintenance sera proposé pour la fraiseuse étudiée, et les moyens à mettre en place pour une meilleure prise en charge des équipements de production en général.

Problématique

Les machines outils, sont génératrices de produits usinés pour consommation ou conception dont la qualité est irréprochable.

Certaines de ces machines, montrent des dysfonctionnements récurrents engendrant ainsi des pertes de cotes fonctionnelles et un manque à gagner conséquent en coût.

La fraiseuse, étudiée n'est pas en reste des problèmes incessants, pénalisant ainsi les sous-traitants de l'unité AMM. Pour aboutir à un niveau de fiabilité appréciable et cibler les causes d'une dépréciation des indicateurs de maintenance nous nous sommes basés sur l'historique de cette machine, pour :

- Déterminer les paramètres de maintenance
- Faire une analyse critique de la situation ;
- Déterminer les causes critiques par la méthode AMDEC, des composants de la machine,

Pour enfin :

- Elaborer un plan de maintenance, où l'on a considéré les composants les plus importants
- Spécifier les actions du préventif conditionnel
- Les codions organisationnelles (personnel, PDR), comme être la stratégie à adopter.

CHAPITRE I

Présentation de L'entreprise

ARCELORMITTAL d'EL –HADJAR

I.1 Présentation du complexe ARCELOR-MITTAL

I.1.1 Situation géographique

Le complexe sidérurgique d'EL –HADJAR – est situé à 5 KM au sud de la ville de Annaba. Il couvre une superficie de 800 hectares qui sont répartis en 03 zones :

- La superficie des ateliers de production est de 300 Ha
- La superficie de stockage est de 300 Ha
- La superficie des bâtiments de service est de 200 Ha [13]

I.1.2 Historique

Pendant l'occupation française, le gouvernement français avait déjà programmé l'implantation d'un complexe sidérurgique. Appelé alors «plan 58 » et ayant pour but la transformation du minerai de fer d'EL-Ouenza et l'expédition vers la France.

Après l'indépendance, le gouvernement algérien a repris le «plan58 » pour mettre en œuvre son implantation prévue dans la région d'El-Hadjar. Cela dans le but d'équiper le pays d'unités de production métallurgiques qui permettent le développement des différents secteurs de l'industrie et de l'économie.

Les secteurs sidérurgiques et métalliques vont bénéficier d'une attention particulière et en 1964 est créée la Société Nationale de Sidérurgie sous l'appellation «SNS ».

Au cours de cette même année, un accord a été conclu avec l'URSS pour la construction d'un haut fourneau et la formation du personnel.

L'année 1969 a vu la naissance des premiers hauts fourneaux, inaugurés par le président Houari Boumediène laissant un message à l'entrée du complexe.

Pour arriver à la configuration actuelle, il a fallu beaucoup investir et passer par les 03 phases suivantes :

1- Phase du démarrage du premier haut fourneau :

En 1974 les premières installations du laminoir à froid sont mises en zone dite Produits Plats.

2- Une phase dite ((extension des gammes)) :

De 1974 à 1977, construction des unités : «Tubes Sans Soudure» et du «Laminoir Filtrant».

3- Une phase dite «02 millions de tonnes» :

Durant la période s'étalant de 1978 à 1998, le deuxième fourneau d'une capacité de 12.000.000 tonnes a été mis en service. Au cours de cette période il y a eu l'adjonction d'une cokerie, l'extension de l'unité des produits plats d'une capacité de 13.000.000 de tonnes d'acier et la création d'une unité de produits longs.

En 2001, le complexe sidérurgique d'EL-Hadjar, qui portait le nom de SIDER, a été repris par le géant indien de l'acier MittalSteel. En 2006, après la fusion des deux leaders, ArcelorMittal est né et le complexe est dès lors sous sa coupe. [13]



Avec 320 000 personnes dans plus de 60 pays, ArcelorMittal a une présence industrielle dans 20 pays d'Europe, d'Asie, d'Afrique et d'Amérique. Sa capacité de production annuelle est de 116 millions de tonnes (10 % de la production mondiale d'acier).

ArcelorMittal est non seulement un producteur d'acier, mais également un leader intégré dans l'extraction minière et les métaux, saisissant les opportunités tout au long de la chaîne de valeur : de l'exploitation minière à la distribution, la transformation et la commercialisation des produits finis...

ArcelorMittal est le seul producteur offrant et développant une gamme complète de produits et services acier : des produits de base aux produits à valeur ajoutée, des produits longs aux produits plats, des produits standards aux produits spécialisés, et de l'acier au carbone à l'acier inoxydable et alliages...

I.1.3 Missions et organisation

Le complexe sidérurgique ARCELOR-MITTAL, a pour mission première la transformation du minerai de fer et de fabrication des produits sidérurgiques semi-finis nécessaires aux autres branches du secteur de l'industrie.

Conformément à cette mission, le complexe est structuré en plusieurs unités de production. [13]

Graphique de la structure

Aciéries à oxygène(ACO)
Laminoir à chaud (LAC)
Aciérie électrique (ACE)
Laminoir à tubes (LAT)
Aciéries à oxygène(ACO2)

Laminoir à froid(LAF)
Tuberie spirale (TUS)
Parachèvement tube (PAT)
Laminoir rond (LER)
Ateliers maghrébin mécanique (AMM)

I.2. Historique des A.M.M

Dans le souci de répondre aux besoins accrus en pièce de rechange, l'entreprise nationale de sidérurgie «SIDER» s'est dotée en 1993 de nouvelles capacités de production, les ateliers maghrébins de mécanique (A.M.M) constituant une filiale de SIDER.

Les A.M.M ont pour vocation principal de répondre aux besoins de l'industrie sidérurgique et mécanique aussi bien en : pièces de rechanges consommables, ensembles mécaniques neufs, mais aussi rénovation et réparations.

Leurs capacités tant matérielles qu'humaines, les mettent en position de satisfaire les besoins aussi bien sur le marché local qu'à l'export, la pétrochimie, les industries de transformation et autres.

Les ateliers maghrébins de mécanique (A.M.M) sont situés dans l'enceinte du complexe sidérurgique d'ARCELOR-MITTAL. Ils sont reliés au réseau routier, ferroviaire national et maghrébin ainsi qu'au port commercial d'ANNABA.

Leurs atelier s'étalent sur un terrain d'une superficie de 36 hectares et se composent d'un ensemble d'ateliers et de bâtiments auxiliaires :

- **Un atelier mécanique ou usinage de 16128m²**
- Un atelier de forge de 5256 m²
- Un parc à fer central de 2160 m²
- Un atelier de caoutchoutage 3200 m²
- Des bâtiments auxiliaires (Bâtiment Administratif, Techno Commercial, etc....)

Devant constituer un ensemble industriel intègre, les A.M.M seront dotés d'un atelier de fonderie actuellement en projet pour l'élaboration de pièces moulées en fonte, acier et métaux non ferreux.

Le potentiel humain des A.M.M est composé d'ingénieurs, de techniciens et d'opérateurs hautement qualifiés ayant accumulés plusieurs années d'expérience dans les différentes spécialités de la mécanique (études, méthodes de programmation, forage, traitement thermique, tournage, fraisage, alésage, etc....). [13]

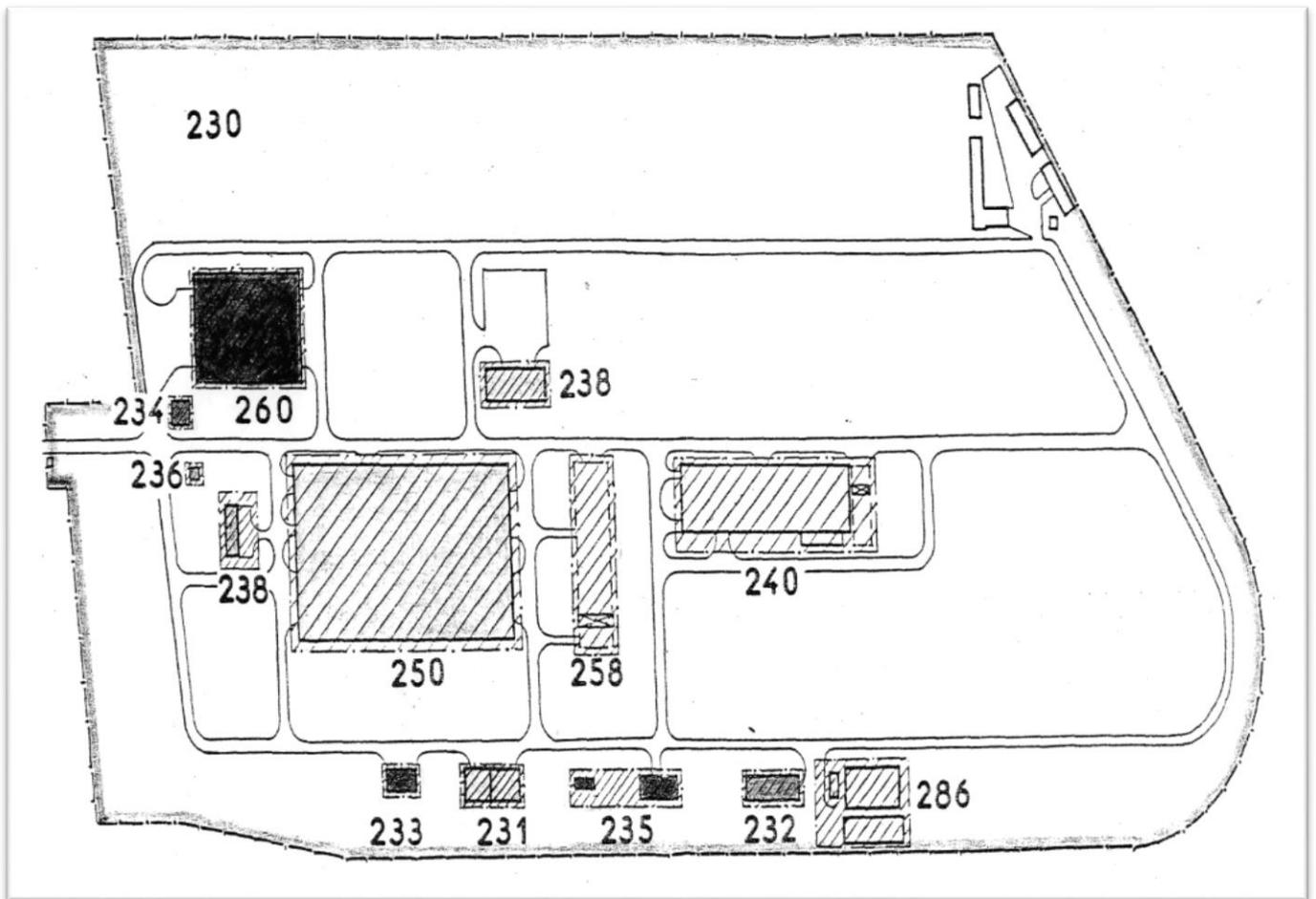


Figure.I.2. Découpage zonal des AMM.

230 - AMM-service communs

231- Sous-traitance de distribution électrique.

232 - Station des compresseurs

234 - Station de pompage du condensat.

233 – Chaufferie.

236 - Station de pompage des eaux usées

238 - Services administratifs.

240 - AMM-Forage.

250 - AMM-Usinage.

258 - AMM- parc à fer central.

286 - Magasins centraux.

260 - AMM-Caoutchoutage

I.2.1. Atelier mécanique, atelier d'usinage 250

Equipé de 250 machines toutes spécialité (tournage, fraisage, taillage, rectification, affutage, rechargement, soudage, oxycoupage et traitement thermique)

Conçu pour la réalisation unitaire ou en petites séries de pièces mécaniques à partir d'ébauches de forge, de fonderie et produits laminés.

Equipé d'une centaine de machines outils conventionnelles et à commande numérique destinée à la fabrication et à la rénovation d'équipements mécaniques.

Cet atelier regroupe un ensemble de machines universelles, réparties en :

Quatre secteurs de production :

- Grosse Mécanique de 2.592 m² sous ponts roulants de 16 et 32 T,
- Moyenne Mécanique de 2.160 m² sous ponts roulants de 10 et 16 T,
- **Petite Mécanique de 2.592 m² sous ponts roulants de 10 T.**
- Outillage
- Secteur Traitement thermique. [13]

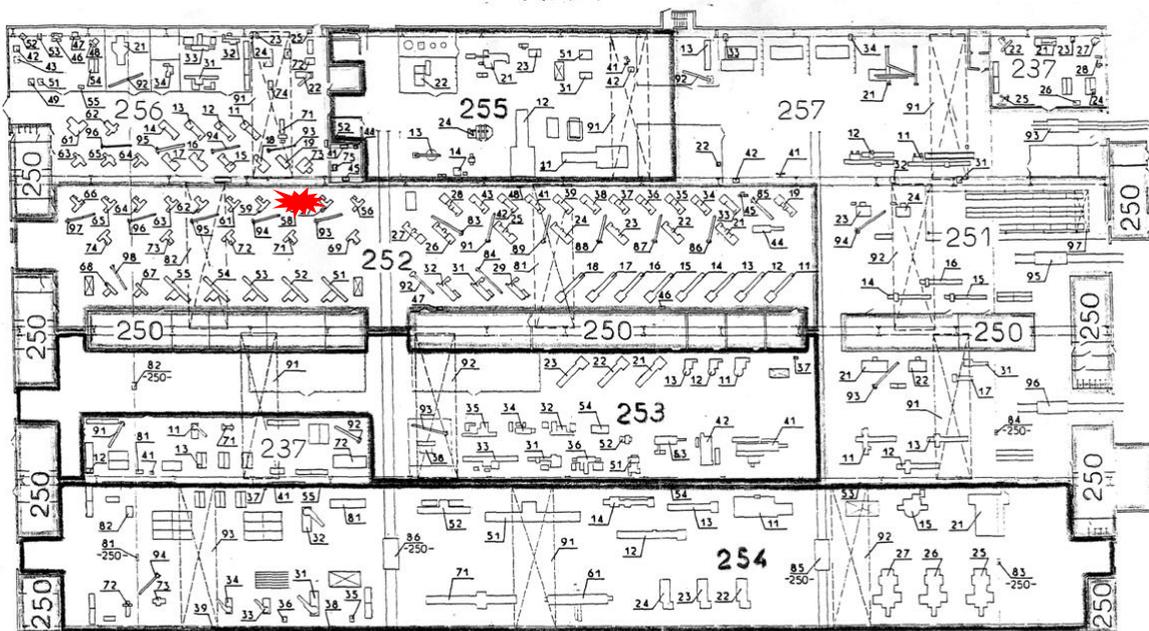


Figure. I.3. Plan pour l'atelier d'usinage

250-AMM-Services communs

253-Moyenne mécanique

251-Débitage

254-Grosse mécanique

252-Petite mécanique

255-Traitement thermique

237-Point d'appui

256-Outillage

entretien

257-Soudage et rechargement

I.2.1.1 Petite Mécanique

Cet atelier est divisé en deux ateliers, le premier atelier pour le fraisage et le deuxième atelier pour le tournage.

I.2.1.1.1 Atelier de fraisage

Equipement principaux :

- Fraisage universel à CNC.
- **raissage universel conventionnel HURON MU**



Fig. I.4. Atelier fraisage



Fig. I.5. Fraisage universel à CNC

Fig. I.6. Fraiseuse huron mu 6

Fig. I.7. Fraiseuse huron mu 5

I.2.1.1.2 Atelier de tournage

Equipement principaux :

- Tournage parallèle (//) conventionnel à CNC.
- Tour Parallèle 16D20.
- Tour Parallèle 16D25
- Tour Parallèle 1M63B



Fig. I.8. Atelier tournage



Fig. I.9. Tournage parallèle (//) conventionnel àCNC **Fig. I.10.** Tour Parallèle 16D20



Fig. I .11 Tour Parallèle 16D25

Fig. I.12. Tour Parallèle 1M63B

I.2.1.1.3 Atelier de débitage et stockage 251

Equipement principaux :

- Scie alternatif EBS 360 U
- Machine a centrer SABO basic160
- Stock des pièces fini



Fig. I.13. Scie alternatif EBS 360 U **Fig. I.14.** Machine a centréSABO **Fig. I.15** Stock des pièces fini

CHAPITRE II

Généralités sur les machines outils et description de la fraiseuse

HURON MU

II.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 automatisés.

II.2. Machine-outil

II.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 (sur épaisseur) sur des machines-outils appropriés. 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]

II.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. II.1



Figure. II.1. Schéma d'un Tour

CHAPITRE II Généralités sur les machines outils et description de la fraiseuse HURON MU

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 CNC:

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



Figure. II.2. Tour à commande numérique

II.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. II.3.



Figure. II.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]

II.2.1.3. Rectification

Au cours de la rectification, l'outil de coupe appelé meule est animé d'un mouvement de rotation (figure. II.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]



Figure. II.4. Rectifieuse

II.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 II.5.

Sur un étou 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.



Figure. II.5. Raboteuse

II.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 .II.6.



Figure. II.6. Mortaiseuse

II.2.1.6 Fraisage

Une fraiseuse est une machine-outil utilisée pour usiner tous types de pièces mécaniques, à l'unité ou en série, par enlèvement de matière à partir de blocs ou parfois d'ébauches estampées ou moulées, à l'aide d'un outil nommé fraise. La fraise munie de dents est mise en rotation et taille la matière suite à son déplacement ou au déplacement de la pièce en direction de ladite fraise. La forme de la fraise est variable. Elle peut être cylindrique, torique, conique, hémisphérique ou quelquefois de forme encore plus complexe. La fraise est souvent montée sur une tête à trois axes (on parle alors de fraiseuse trois axes). Il existe des

CHAPITRE II Généralités sur les machines outils et description de la fraiseuse HURON MU

fraiseuses à quatre ou cinq axes. Les caractéristiques physiques de la fraise, sa fréquence de rotation, son avance, dépendent de la matière à usiner, de la profondeur de travail et de la coupe. On utilise principalement le carbure de tungstène recouvert de revêtements résistants à l'abrasion du copeau.

Il existe les fraiseuses manuelles où les mouvements sont commandés par le "fraiseur", les fraiseuses à apprentissage qui peuvent répéter les mouvements donnés une fois par l'opérateur (enregistrement des mouvements) et les fraiseuses à commande numérique où sont enregistrés des ordres de mouvement d'outil pour usiner une pièce complexe (pilote par un programme informatique en langage ISO (langage)). Elles sont équipées d'un organe de contrôle informatique (automate programmable ou base PC) lui-même relié à un réseau. La CAO associée à la fabrication se nomme FAO ou CFAO. [5]

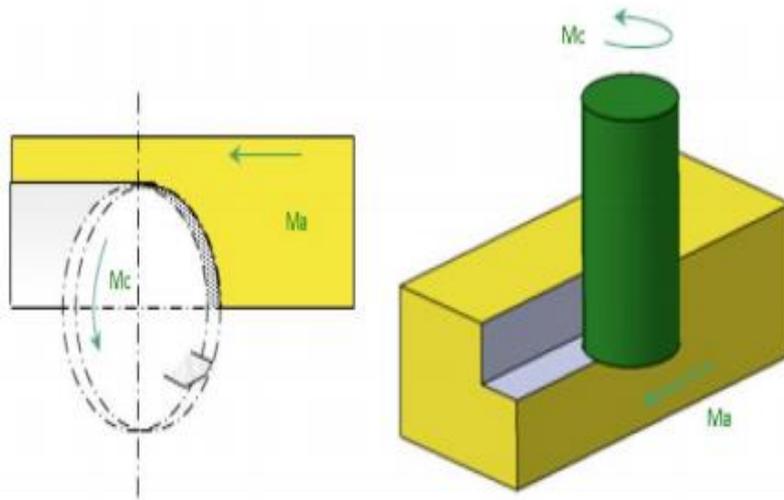


Figure. II.7. Mouvement de coupe et d'avance

II.2.1.6.1. Classification des fraiseuses

Avant l'avènement de la commande numérique, les fraiseuses étaient catégorisées de la façon suivante : [2]

II.2.1.6.1.1. Fraiseuse horizontale

La **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. [1]



Figure. II.8. Fraisage horizontale

II.2.1.6.1.2. Fraiseuse verticale

La fraiseuse verticale : l'axe de la broche est perpendiculaire à la table voir figure. II.9.



Figure. II.9. Fraisage verticale

II.2.1.6.1.3. Fraiseuse universelle

La fraiseuse universelle : l'axe de la broche est réglable :

- tête bi-rotative, avec 2 coulisses circulaires (perpendiculaires l'une par rapport à l'autre) ;
- tête oblique, avec 2 coulisses circulaires (incliné à 45 °) ;
- tête articulée. [1]



Figure. II.10. Fraisage universelle [6]

II.2.1.6.1.4. Fraiseuses de production (à 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



Figure. II.11. Fraisage commande numérique

II.2.1.6.1.5. Fraiseuses spéciales

Il existe des fraiseuses spéciales multibroches par exemple figure. II.12.



Figure. II.12. Fraiseuse multibroches

II.2.1.6.2. Caractéristiques des fraiseuses

➤ **Fonctionnelles**

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

Dimensionnelles

- Type et numéro du cône de la broche
- Longueur et largeur de la table.
- Courses de table, chariot transversal et console.
- Hauteur entre table et broche.
- Distance entre table et glissière verticale.

II.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.

II.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]

II.2.1.6.5. Caract éristiques des fraises

- **La taille** : Suivant le nombre d'arêtes tranchantes par dent, on distingue les fraises : une taille (fig. II.14), deux tailles ou trois tailles.

- **La forme** : Suivant le profil des g énératrices par rapport à l'axe de l'outil, on distingue : Les fraises cylindriques, coniques (fig. II.14) 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 hélico ïdales à droite (fig. II.14) ou à gauche (Fig. I.14) et les dentures à double hélice altern ée. Si l'arête tranchante est parall èle à l'axe de la fraise, la denture est droite. Une fraise est é galeme nt caract éris ée par son nombre de dents.

- **Les dimensions** : Pour une fraise deux tailles : diam ètre et hauteur taill ée. Pour une fraise trois tailles : diam ètre de l'outil, épaisseur, diam ètre de l'al ésage. Pour une fraise conique pour queue d'aronde : l'angle, le diam ètre de l'outil et l'épaisseur.

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

- **Construction** : Les fraises peuvent être à denture frais ée (ex : fraise conique deux tailles α 60 °), ou à denture décalonné et frais ée (ex : fraise-disque pour crémaill ères). Elles sont en acier rapide. Pour les fraises à outils rapport és sur un corps de fraise, les dents fix és méca niquement sont en acier rapide, ou le plus souvent en carbure mé tallique.

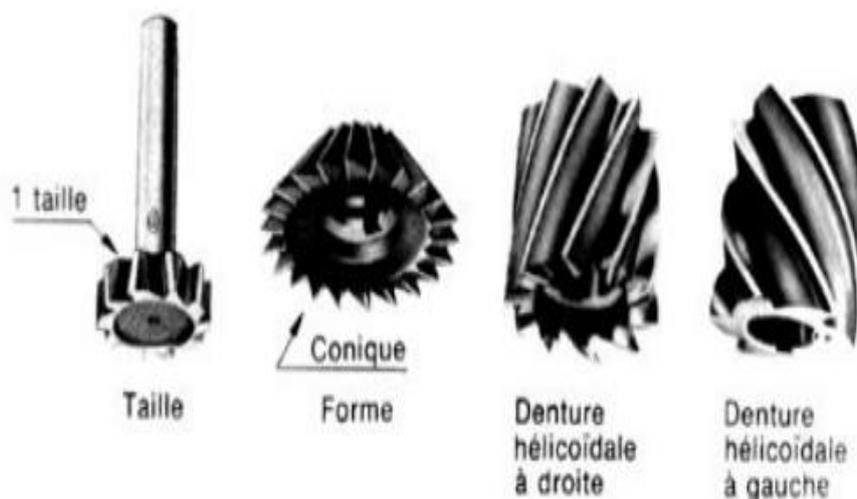


Figure. II.13. Caract éristiques des fraises [2]

II.2.1.6.6. Différents types des fraises

Il existe beaucoup types des fraises, la figure. II.14 présente les principaux types.



Figure. II.14. Types des fraises [2]

II.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. II.15.

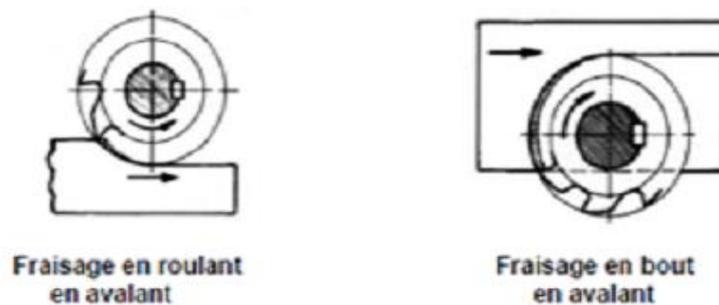


Figure. II.15. Fraisage en avalant [1]

- 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. II.16.

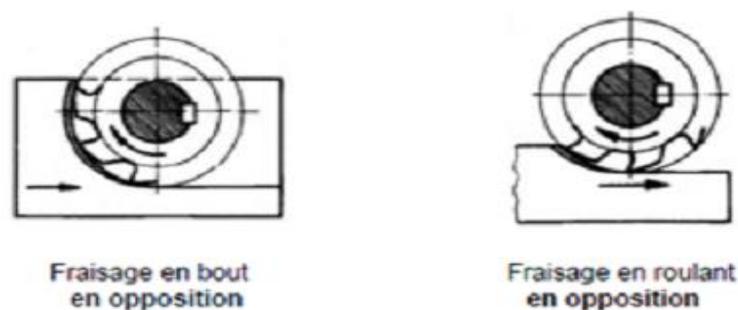


Figure. II.16. Fraisage en opposition

II.3. Description de la fraiseuse HURON MU

Les fraiseuses universelles à console HURON du type «MU » sont des machines de haute précision.

Les fraiseuses HURON «MU » sont destinées au fraisage des pièces très variées d'acier, de fonte, et de métaux non ferreux particulièrement avec des fraises de face, en bout, cylindrique, à doigt pour la production des pièces séparées et en série, elles permettent l'usinage des plans verticaux et horizontaux, des rainures, des angles, de taillage d'engrenages, le fraisage de roues dentées, des alésoirs, des contours des cames et d'autres pièces dont l'usinage nécessite un pivotement autour de l'axe de la fraise, effectuée à l'aide d'une tête de division ou d'un plateau circulaire amovible.

Les fraiseuses Français HURON de type «MU » peuvent être utilisées dans les lignes de transferts et les chaînes permettant ainsi le fraisage normal et en avalant aux régimes de coupe ordinaires aussi bien qu'aux régimes des cycles automatiques.

Le rendement de la fraiseuse est maximum à l'usinage des pièces par la méthode du fraisage rapide grâce à la vitesse augmentée (jusqu'à 2066 tr/mn tr/min).

II.4. Composant de fraiseuses HURON MU

les fraiseuses HURON MU 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.

2-Console : La console est un groupe de base qui unit tous les mécanismes de la chaîne d'avances et distribue le mouvement aux avances, verticale. La console porte les différents organes de commande et dispositifs. Dans la partie intérieure de la console il ya deux moteurs électriques moteur des avances, moteur des avances rapides.

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

3-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.

4-Tête porte-fraise pivotante : Elle consiste en une broche universelle avec un rouleau porteur, montée dans une boîte séparée. La broche est montée dans une douille de serrage, sans déplacement.

CHAPITRE II Généralités sur les machines outils et description de la fraiseuse HURON MU

5-Boite de Vitesses : La boîte de changement de vitesses est exécutée comme un groupe indépendant, elle assure 9 vitesses de rotation de la broche, celle-ci est actionnée par un moteur à courant alternatif.

6-Boite d'avances : La boîte d'avances est un groupe indépendant monté au côté gauche de console. La boîte d'avances offre 18 valeurs d'avances différentes elle comporte sur la partie inférieure ou supérieure un vernier portant les désignations des valeurs d'avances et une manette de commutation. [11]

II.5. Mise en route et fonctionnement de fraiseuse HURON MU

II.5.2. Mise en marche et arrêt

Les diverses opérations précédentes ayant été soigneusement effectuées, la machine est prête à fonctionner.

Pour assurer la mise en route, il suffit d'appuyer sur le bouton MARCHE vert situé sur le pupitre.

Ce bouton met en route les moteurs qui ont été pré-sélectionnés par les boutons préparation marche de la plaque située sur le flanc gauche du bâti.

En cas d'incident ou d'urgence on peut stopper la machine en appuyant sur l'un des boutons rouges (arrêt d'urgence) placés sur le pupitre à droite de la console, sur la plaque des boutons sur le bâti ainsi que sur le pendentif et la barre de sécurité. Ces boutons peuvent servir également à arrêter la machine en fonctionnement normal.

II.5.3 Fonctionnement

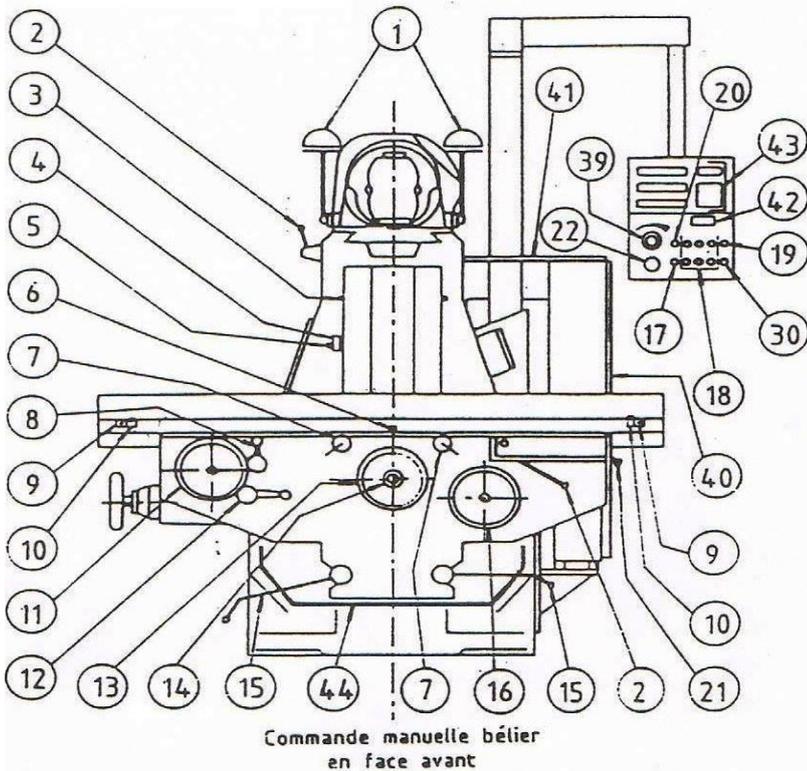
La fraiseuse possède (4) mouvements de travail, rotation de la broche et translation de la table, bâti et la console. La rotation de la broche provient d'un moteur électrique, le mouvement transmet ensuite à partir de l'arbre du moteur vers la boîte de vitesses par engrenage des roues dentées. Le mouvement de translation de la table, bâti, et la console transmet par deux moteurs électriques, moteur des avances, et moteur des avances rapides. Le mouvement transmet ensuite à partir de deux arbres des moteurs des avances et des avances rapides vers la boîte d'avance à engrenage par le même principe de transmission.

La boîte de vitesses comprend plusieurs rapports de transmission, selon le nombre de vitesses qu'on veut obtenir. La transmission du mouvement à partir de la boîte de vitesses s'effectue par un engrenage des roues dentées coniques puis le mouvement est transmis à l'arbre de la broche d'un autre engrenage.

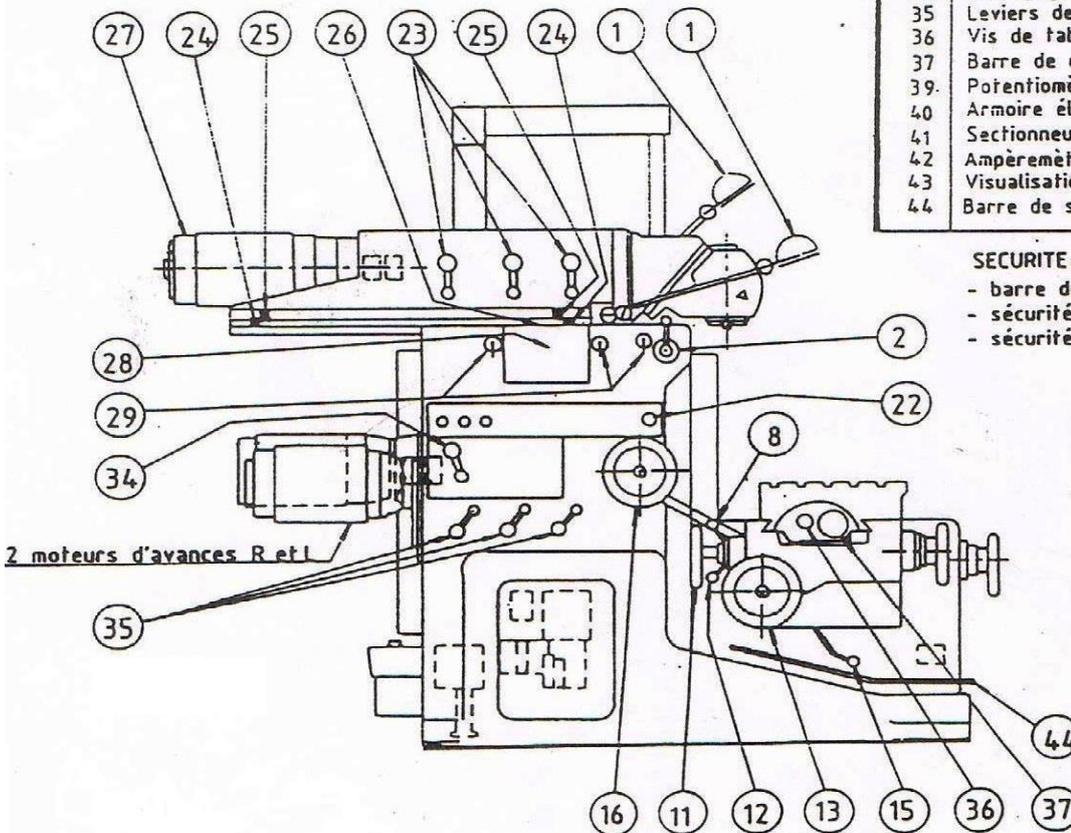
Le mouvement de translation de la table, bâti, et de la console comprend cinq mouvements

- L'avance transversale, longitudinal, vertical de la table s'effectue par le système vis-écrou, cette dernière est fixée dans le support. L'avance longitudinal de bâti et L'avance vertical de console s'effectue de la même façon que celui du mouvement de la table.

COMMANDES DE LA MACHINE



Rep.	DESIGNATION
1	Lampes articulées
2	Embrayage du bélier
3	Prise de tuyau d'arrosage
4	Bufées fixes de console
5	Bufées mobiles de console
6	Déclencheur de table
7	Blocage de table
8	Embrayage de table
9	Bufées fixes de table
10	Bufées mobiles de table
11	Commande à main de table
12	Embrayage de console
13	Commande à main de console
14	Vis de réglage frein de console
15	Blocages de la console
16	Commande à main du bélier
17	Arrêt général
18	Commande de broche
19	Commande avance rapide
20	Mise en marche générale
21	Débrayage vis de table
22	Bouton d'arrêt URGENCE
23	Leviers de vitesses de broche
24	Bufées fixes de bélier
25	Moteur de broche
26	Déclencheur de bélier
27	Moteur de broche
28	Calculateur
29	Blocages du bélier
30	Mise en marche pompe d'arrosage
34	Débrayages des avances
35	Leviers de vitesses d'avances
36	Vis de table
37	Barre de chariotage
39	Potentiomètre avances
40	Armoire électrique
41	Sectionneur
42	Ampèremètre moteur de broche
43	Visualisation axes (option)
44	Barre de sécurité



SECURITE:

- barre de sécurité
- sécurité avant (carter mobile)
- sécurité bélier (carter côté gauche)

Figure. II.17. commande de la machine HURON MU [11]

II.6. Charge de la machine

Avant d'établir un programme de maintenance préventive, il faut connaître avec précision le nombre exact d'heures de travail de la machine.

Pour les fraiseuses HURON de type «MU », elles travaillent sept heures par jour, 35 heures par semaine et 140 heures par mois soit :

(1800 heures par année).

II.7. Conclusion

Nous avons présentés dans ce chapitre une revue générale sur les machines outils, dont le but est 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, la nécessité de ces machines dans l'industrie est indispensable, et présentés la description générale de la fraiseuse HURON de type MU (composants,etc.), et le mode de fonctionnement de la fraiseuse.

CHAPITRE III

Analyse FMD DE la fraiseuse

«HURON MU»

III.1. Etude de FMD

Avant d'aborder les notions de FMD, fiabilité, Maintenabilité et disponibilité, il est important d'apporter quelque rappel d'une part sur les lois de probabilité puisqu'elles sont la base de calcul de la fiabilité, et d'autre part sur les paramètres de calcul de Maintenabilité et disponibilité.

III.1.1. Loi de probabilité

Les principales lois de probabilité utilisées sont

❖ **Lois Discrètes:**

- Loi binomiale.
- Loi de poisson.
- Loi hypergéométrique.

❖ **Lois continues:**

- Loi exponentielle.
- Loi normale.
- Loi de Weibull.

III.1.2. Loi de weibull

La loi de Weibull est la plus utilisée dans le calcul de la fiabilité c'est pour cela qui lui donne un intérêt particulier dans ce qui suit, c'est un modèle mathématique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances. Cette loi de Weibull est utilisée en fiabilité en particulier dans le domaine mécanique, cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentations.

Weibull : a donné au taux d'avarie $\lambda(t)$ une formule générale dépendant de trois (3) paramètres. η , β , γ qui rend compte avec une bonne précision dans une gamme étendue.

❖ **Les différentes formules utilisées pour la distribution de Weibull sont:**

a) **La densité de probabilités des défaillances:**

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

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

(Probabilité d'avoir un seul avarie au temps (t)).

b) **La fonction de répartition:**

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta} \quad (2)$$

$F(t)$: probabilité d'avarie cumulée au temps de 0 à t .

c) **La fonction de fiabilité :**

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} = 1 - F(t) \quad (3)$$

$R(t)$: probabilité de non-défaillance dans l'intervalle de temps $[0,t]$ c'est-à-dire la probabilité de défaillance au-delà du temps (t) .c'est la fonction complémentaire de la fonction de réparation.

d) **Taux de défaillance:**

C'est la probabilité de défaillance à l'instant $(t + dt)$, sachant que le dispositif bon à l'instant t .

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (4)$$

III.1.2.1. Signification des paramètres du modèle de WEIBULL

➤ **$\beta \rightarrow$ Paramètre de forme >0 sans dimension:**

La figure 1.3 montre la courbe de l'évolution du taux de défaillance λ en fonction de temps celle est caractérisé par une forme baignoire par rapport l'allure β est de forme comme suit :

- Si $\beta > 1$, le taux de défaillance est croissant, caractéristique de la zone de vieillesse:
 - ✓ $1,5 < \beta < 2,5$: fatigue.
 - ✓ $3 < \beta < 4$: usure, corrosion.
- Si $\beta = 1$, le taux de défaillance est constant, caractéristique de la zone de maturité.
- Si $\beta < 1$, le taux de défaillance est décroissant, caractéristique de la zone de jeunesse

Et dans la figure 1.4 on voit l'influence de β sur la fonction de probabilité, la fiabilité et le taux de défaillance. [12]

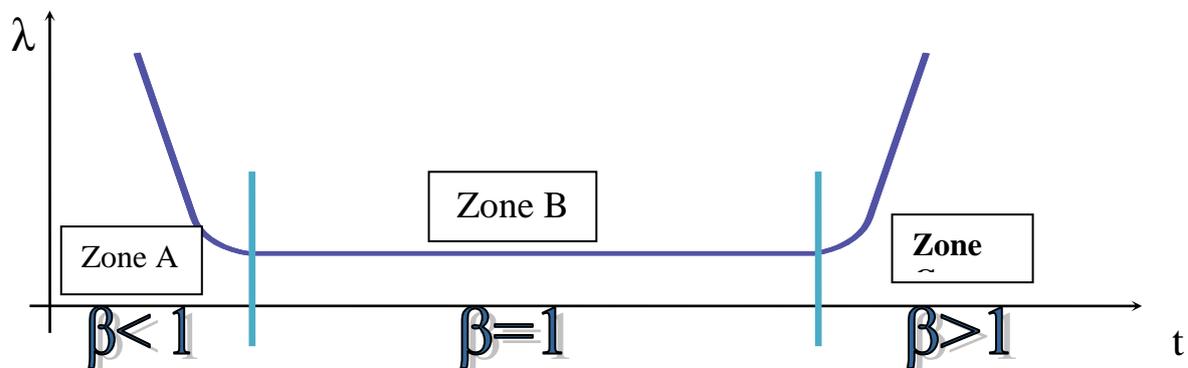


Figure. III.1. Courbe en baignoire du taux de défaillance λ fonction de temps

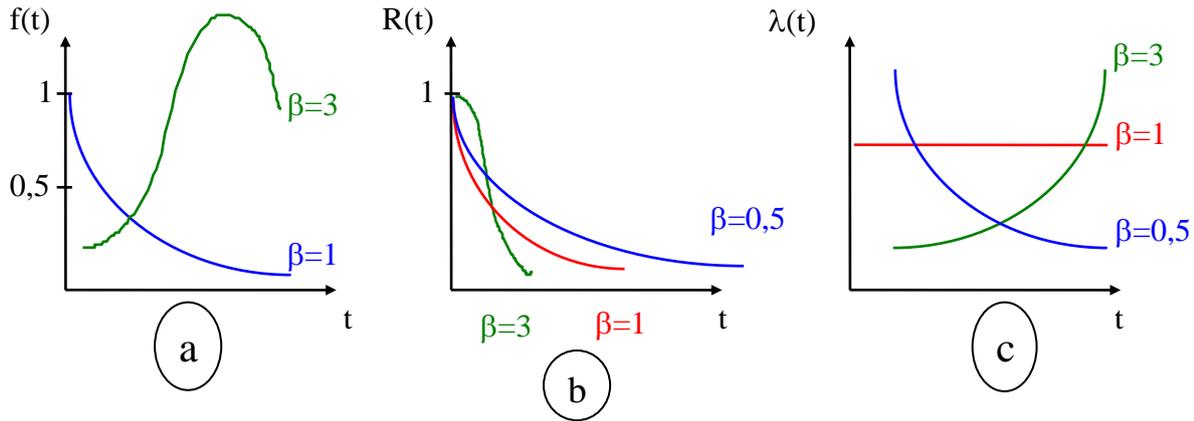


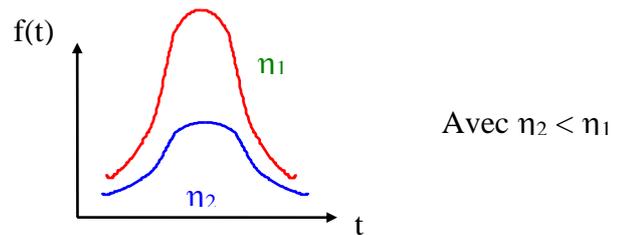
Figure. III.2. Influence de β sur : a) densité de probabilité
 b) la fiabilité
 c) le taux de défaillance.

Remarque : pour $\gamma=0$ et $\beta=1$, on retrouve la distribution exponentielle, cas particulier de la loi de

Weibull : $\lambda = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{MTBF}$

➤ $\eta \rightarrow$ Paramètre d'échelle >0 qui s'exprime dans l'unité de temps

En unité de temps qui est associé à l'échelle utilisée sur le graphe d'Alliant plat.



➤ $\gamma \rightarrow$ paramètre de position, $-\infty < \gamma < +\infty$, qui s'exprime dans l'unité de temps :

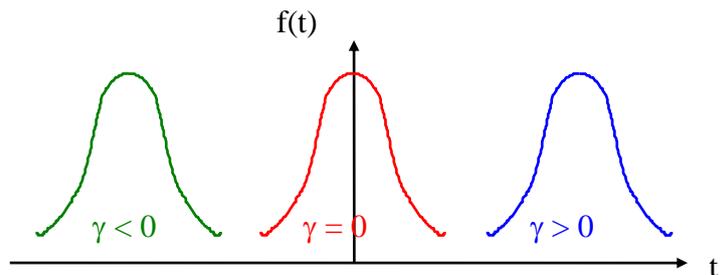
➤ $\gamma > 0$: survie totale sur l'intervalle de temps $[0, \gamma]$.

➤ $\gamma = 0$: les défaillances débutent à l'origine des temps.

➤ $\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant

l'origine des temps ; ce qui montre que la mise

en service de l'équipement étudié a précédé la mise en historique des TBF



III.1.3. Test de KOLMOGOROV - SMIRNOV:

Le modèle qu'on peut établir en fiabilité est issu d'un échantillon de population, puis on fait l'hypothèse soit une loi particulière.

Ainsi, il reste à vérifier la validité de cette loi, la vérification est obtenue par un test

Aucune restriction n'est nécessaire, quel que soit la taille (n) on peut l'appliquer [12]

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

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

$$D_{n,\max} = |Fe(t) - F(ti)| \quad (5)$$

$F(ti)$: la fonction de répartition théorique.

$Fe(t)$: la fonction de répartition réelle.

$$F(ti) = \sum \frac{Ni}{N+1} \quad (6) \quad Fe(t) = 1 - e^{-\left[\frac{t-\gamma}{n}\right]^\beta} \quad (7)$$

On montre que : $D_n \max = |Fe(t) - F(ti)|$ suite une loi ne dépendant que de η et écrit

$$\text{que : } P(\max |Fe(t) - F(ti)| < D_n, \alpha) = 1 - \alpha.$$

Si : $D_{n,\max} > D_{n,\alpha}$ donc nous refusons l'hypothèse du modèle théorique.

Si : $D_{n,\max} < D_{n,\alpha}$ donc nous acceptons l'hypothèse du modèle théorique.

La valeur de $D_{n,\alpha}$ est donnée par la table de **KOLMOGOROV – SMIRNOV**.

III.1.4. Paramètres de calcul de Fiabilité, Maintenabilité et Disponibilité

Ces paramètres caractérisent les dispositifs réparables et les dispositifs non réparables.

III.1.4.1. Les Dispositifs Réparable

Ils sont caractérisés par: (voir **Figure III.3**).

- **MTTF** (mean time to [first] failure) : moyenne des temps avant la 1^{ère} défaillance
- **MTBF** (mean time between failures) : moyenne des temps entre 2 défaillances consécutives.
- **MDT** (mean down time) : appelé encore MTI. c'est le temps moyen d'indisponibilité ou temps moyen d'arrêt propre.
- **MUT** (mean up time) : temps moyen de disponibilité
- **MTTR** (mean time to repair) : temps moyen de réparation. [12]

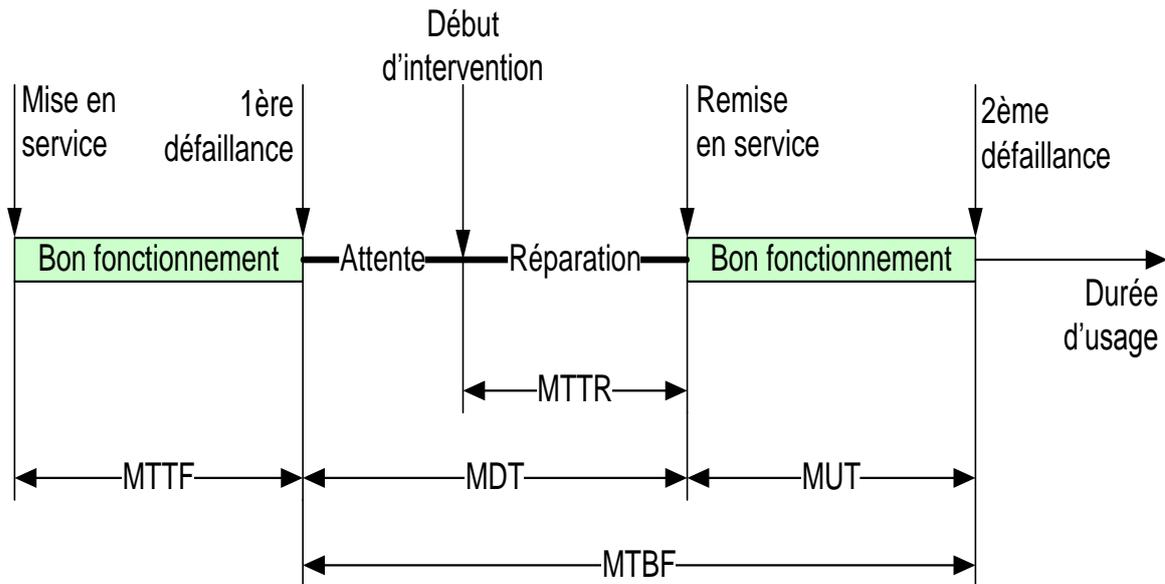


Figure. III.3 .représentation de la disposition réparable

III.1.4.2. Dispositifs Non réparables:(voir Figure III.4)

Ils sont caractérisés par:

- Le temps de fonctionnement.
- Le taux de défaillance.
- MTTF (durée de vie). (moyenne des temps jusqu'à la panne).

Fonctionnement

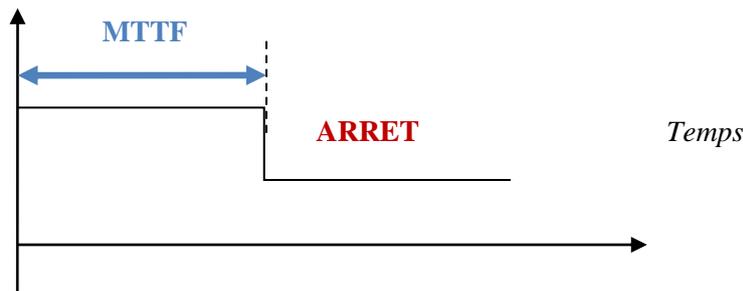


Figure. III.4. Chronogramme pour les matériels non réparables

III.1.4.3. La fiabilité

La norme AFNOR X60-500 définit la fiabilité comme «l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné ». Par extension, on appelle également fiabilité la probabilité associée $R(t)$ à cette notion, alors qu'elle n'en est qu'une mesure. Elle est définie par: $R(t)=P(E \text{ non défaillante sur la durée } [0,t])$, en supposant qu'elle n'est pas défaillante à l'instant $t=0$.

En général, on distingue:

- **La fiabilité opérationnelle:** déduite de l'analyse d'entités identique dans les mêmes conditions opérationnelles à de l'exploitation d'un retour d'expérience.
- **La fiabilité prévisionnelle:** correspondante à la fiabilité future d'un système et établie par son analyse, connaissant les fiabilités de ses composants.
- **La fiabilité extrapolée:** déduits de la fiabilité opérationnelle par extrapolation ou interpolation pour des conditions ou des durées différentes.
- **La fiabilité intrinsèque:** qui découle directement des paramètres de conception sans modification de conception des entités, il n'est pas possible d'obtenir un niveau de fiabilité au plus égale à la fiabilité intrinsèque. [12]

III.1.4.4. La maintenabilité

D'après la norme AFNOR c'est «dans les conditions donné d'utilisation, l'aptitude d'une entité à être maintenue ou retable, sur un intervalle de temps donné, dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie, dans des conditions donné, avec des procédures et des moyens prescrits ».

La Maintenabilité d'une entité réparable est caractérisée par une probabilité $M(t)$ que la maintenance d'une entité E est accomplie dans des conditions donné, avec des procédures et des moyens prescrits, soit achevé au temps t , Sachant que E est défaillance au temps $t=0$:

$M(t) = P$ (la maintenance de E est achevé au temps t).

$M(t) = 1 - P$ (E non réparé sur la durée $[0, t]$)

Et on peut aussi calculer la Maintenabilité par la formule suivante:

$$M(t) = 1 - e^{-\mu t} \quad (8)$$

La figure.III.5. Représente l'allure de la courbe de Maintenabilité

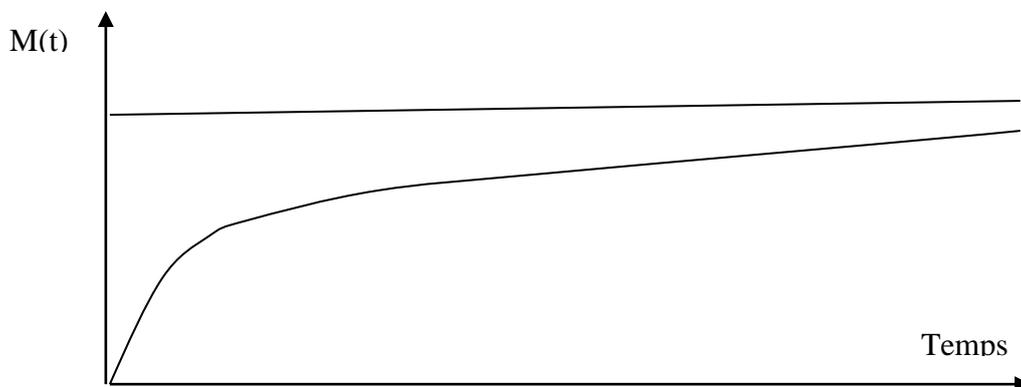


Figure. III.5. Allure de la courbe de Maintenabilité

➤ **Taux de répartition $\mu(t)$:**

On appelle taux de réparation $\mu(t)$ d'un système réparable au temps t la probabilité que l'entité soit réparée entre t et $t+dt$, sachant qu'elle n'était pas réparée sur l'intervalle $[0,t]$, avec $\mu(t)$ égal à:

$$\mu(t) = \frac{\left[\frac{1}{M(t)}\right]dM(t)}{dt} = 1/MTTR \quad (9)$$

➤ **Intensité de répartition $g(t)$:**

A partir de la définition de la Maintenabilité $M(t)$, on peut définir aussi l'intensité de réparation $g(t)$ représentant la densité de probabilité de la variable aléatoire correspondant au temps de réparation:

$$g(t) = dM(t)/dt. \quad (10)$$

MTTR (**moyenne** de temps de réparation).

Le MTTR (mean time to repair) est la durée moyenne jusqu'à la réparation d'une entité réparable.

Pour cette variable aléatoire, le MTTR se calcule par la formule:

$$MTTR = \int_0^{+\infty} [1 - M(t)] dt \quad (11)$$

III.1.4.5. La disponibilité

La norme (AFNOR X60-500) définit la disponibilité comme « l'aptitude d'un dispositif à être en état de fonctionner dans des conditions données ».

➤ **Disponibilité intrinsèque :**

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes de bon fonctionnement et la moyenne de réparation ce qui donne :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (12)$$

M.T.B.F : moyenne des temps de bon fonctionnement (Mean Time Between Failures).

M.T.T.R : moyenne des temps d'immobilisation pour intervention de maintenance (mean time to repair). D'où :

$$M.T.B.F = T.C.B.F / N_c \quad (13)$$

$$M.T.T.R = \sum \text{Temps de réparation} / N_c \quad (14)$$

Avec :

T.C.B.F : Temps cumul é de bon fonctionnement.

Nc : Nombre d'interventions de maintenance avec immobilisation.

NB : Cette disponibilité correspond à des conditions idéales, c'est-à-dire avec un support logistique parfait.

➤ **Disponibilit é instantané :**

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

$$D(t) = \frac{\mu}{\mu + \lambda} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} : t \geq 0 \quad (15)$$

$$\lambda = 1/ \text{M.T.B.F} (1/h) \quad (16)$$

Et :

$$\mu = 1/ \text{M.T.T.R} (1/h) \quad (17)$$

➤ **Disponibilit é Asymptotique :**

Lorsque λ et μ sont indépendants des temps et quand t devient grand, on constate que $D(t)$ tend vers une valeur constante, cette valeur est souvent dénommée disponibilité asymptotique et se note $D_{+\infty}$ elle est égale:

$$D_{\infty} = \mu / (\mu + \lambda) \quad (18)$$

C'est-à-dire qu'à partir d'une valeur t , $D(t)$ pratiquement ne varie plus d'où l'on peut considérer comme une droite de valeur proche de: D_{∞} , C'est la partie stationnaire de la disponibilité

➤ **Disponibilit é opérationnelle :**

La disponibilité opérationnelle se caractérise par le MTL (le moyen temps de logistique).

$$D_o = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MTL} \quad (19)$$

Avec: $MTL = \frac{\sum \text{des temps logistiques}}{\sum \text{interventions}} \quad (20)$

III.2. La relation entre les notions FMD [12]

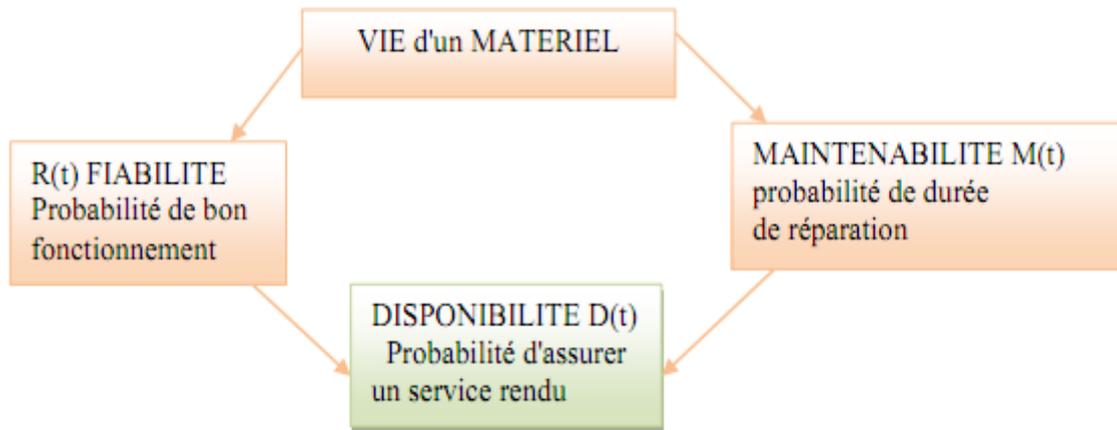


Figure. III.6. La relation entre les notions FMD

Pour qu'un matériel soit disponible il faut s'assurer que sa fiabilité est optimum et qu'il est aussi maintenable.

III.3. l'analyse ABC

Définition : Cette méthode est aussi appelée : Loi de PARETO ou loi des 20-80.

Par cette méthode nous pouvons mettre en évidence les éléments les plus importants d'un problème afin d'orienter Notre action, de ce fait les détails sans importance seront éliminés. La méthode ABC permet de définir les priorités d'actions. C'est un outil d'aide à la décision.

III.3.1. Méthode

Les éléments seront classés par ordre d'importance en indiquant les pourcentages pour un critère déterminé

Cette étude nécessite une approche en trois étapes :

- **Définir la nature des éléments à classer :** ces éléments peuvent être ; des matériels, des causes de pannes, des natures de pannes, des bons de travail, des articles en stock, etc.
- **Choisir le critère de classement :** Les critères les plus fréquents sont les coûts et les temps, selon le caractère étudié, d'autres critères peuvent être retenus tel que :
 - Nombre d'accidents, nombre d'incident
 - Nombre de rebuts, nombre d'heure d'utilisation
 - Nombre de kilomètre parcouru
 - Valeur consommée annuellement, souvent nécessaire pour la gestion des stocks
- Définir les limites de l'étude et classer les éléments en cumulant les valeurs décroissantes du critère étudié, la courbe ABC fait apparaître 03 zones d'où l'appellation de «courbe ABC ».

III.4. Etude FMD de la fraiseuse HURON MU

En se basant sur l'historique que nous avons récupéré au niveau de l'unité AMM au sein de ARSOLORMETTAL, nous allons déterminer les indicateurs de maintenance nécessaires à l'évaluation de cet équipement.

N°	Date d début d'arrêt	Date de fin d'arrêt	Les pannes	TBF	TTR
1	04/03/2008 09:30:00	04/03/2008 10:30:00	Lubrifiant non conforme pompe centrale	40,000	1,000
2	09/03/2008 10:30:00	09/03/2008 12:00:00	Pas de rotation dans quelque vitesse	248,000	1,500
3	09/04/2008 12:00:00	09/04/2008 14:00:00	Bruit pendant a normal pendant la rotation des vitesses	390,833	2,000
4	28/05/2008 10:30:00	28/05/2008 14:00:00	Descente libre de m écanisme de freinage	46,667	3,500
5	03/06/2008 10:00:00	03/06/2008 14:00:00	Mont é dure Vis et noix (table)	38,667	4,000
6	08/06/2008 10:00:00	08/06/2008 14:00:00	Blocage de la table	142,167	4,000
7	26/06/2008 08:30:00	26/06/2008 10:30:00	Jeu et vibration de table	111,667	2,000
8	10/07/2008 09:30:00	10/07/2008 13:00:00	Descente dure de M écanisme de freinage (table)	198,583	3,500
9	04/08/2008 08:45:00	11/08/2008 10:00:00	Coupure du m écanisme de fonctionnement de la boite d'avance	625,333	169,250
10	28/10/2008 14:00:00	29/10/2008 09:30:00	Pas de rotation globale de la boite vitesse	48,333	19,500
11	04/11/2008 10:30:00	04/11/2008 11:45:00	Pas d'avance rapide dans tous les sens	225,139	1,250
12	02/12/2008 15:10:00	03/12/2008 11:00:00	Bruit a normale au niveau moteur avances rapide	199,333	19,833
13	28/12/2008 09:00:00	30/12/2008 12:00:00	Mauvais engrainement de denture de la boite d'avance	391,417	51,000
14	17/02/2009 10:15:00	17/02/2009 16:00:00	Jeu et vibration de table	7,778	5,750
15	18/02/2009 15:20:00	19/02/2009 11:45:00	Coupure fils d'alimentation bobine d'embrayage	263,000	20,417
16	24/03/2009 08:45:00	24/03/2009 14:30:00	Rotation de la boite vitesse d'ectueux	566,167	5,750
17	03/06/2009 09:00:00	03/06/2009 09:45:00	Probl éme clairage	1	0,750
18	25/11/2009 09:00:00	26/11/2009 10:30:00	Goupille élastique de raccordement cass é	399,750	8,500
19	27/11/2009 12:00:00	27/11/2009 14:00:00	Probl éme au niveau de la broche	6,250	2,000
20	28/11/2009 08:45:00	28/11/2009 12:00:00	Coincement la Broche	39,000	3,250
21	03/12/2009 09:00:00	07/12/2009 11:00:00	Fissure et Encrasement la glissi ère de belier	48,667	98,000
22	13/12/2009 13:00:00	13/12/2009 14:40:00	Fuite Circuit pompe	6,028	1,667
23	14/12/2009 08:45:00	14/12/2009 12:00:00	Obturation circuit pompe	352,500	3,250
24	27/01/2010 13:30:00	28/01/2010 11:00:00	Mauvais réglage de m écanisme d'engrenage boite d'avance	200,833	21,500
25	22/02/2010 13:30:00	22/02/2010 14:30:00	Court circuit Moteur broche	54,667	1,000
26	01/03/2010 10:30:00	17/03/2010 16:00:00	Fatigue de la broche	158,833	389,500
27	06/04/2010 12:30:00	06/04/2010 16:00:00	Moteur d'avances rapide hors servisse	37,917	3,500
28	11/04/2010 09:45:00	12/04/2010 13:30:00	Rupture interne / blocage de la pompe centrale	183,833	27,750
29	05/05/2010 13:00:00	05/05/2010 14:30:00	Bruit a normale au niveau moteur avances	254,500	1,500
30	06/06/2010 10:00:00	07/06/2010 13:00:00	Rupture accouplement de la pompe centrale	287,500	27,000
31	13/07/2010 11:30:00	14/07/2010 12:00:00	Pas d'avance rapide dans l'un des axes	7,167	24,500
32	15/07/2010 09:30:00	20/09/2010 12:00:00	Arbre de transmission de moteur cass é	24,167	1
33	23/09/2010 12:30:00	28/09/2010 12:00:00	R éparation chappe b érier	16,167	610,500
34	30/09/2010 12:30:00	30/09/2010 15:45:00	Blocage de la table	165,917	119,500
35	21/10/2010 09:30:00	24/10/2010 16:00:00	Usure sur les billes et la vis sans fin de d éplacement table	277,667	3,250
36	28/11/2010 09:00:00	28/11/2010 10:30:00	Galets du m écanisme de freinage us é	277,667	78,500
37	29/11/2010 09:45:00	29/11/2010 11:30:00	D éclenchement de DISJ	7,750	1,500
38	30/11/2010 12:30:00	30/11/2010 16:20:00	l'embrayage de vitesse non fonctionne pas	8,333	1,750
					3,833

Tableau III.1. Historique des panes de la fraiseuse HURON MU [12]

III.4.1. L'application Pratique des méthodes d'analyse

III.4.1.1. Application Pratique méthode prévisionnelle «ABC (Pareto) »

Le dépouillement du fichier historique des pannes de la chargeuse durant sa durée de vie, nous a permis de réaliser les résultats suivants et de les classer selon la règle de la loi ABC dans le tableau dressé ci-après :

N°	TTR	NI	Σ NI	cumul TTR	%Σ NI	%CUMUL TTR
1	1 610,500	1	1,000	1 610,500	2,632	58,273
2	389,500	1	2,000	2 000,000	5,263	72,366
3	169,250	1	3,000	2 169,250	7,895	78,490
4	119,500	1	4,000	2 288,750	10,526	82,814
5	98,000	1	5,000	2 386,750	13,158	86,360
6	78,500	1	6,000	2 465,250	15,789	89,200
7	51,000	1	7,000	2 516,250	18,421	91,045
8	27,750	1	8,000	2 544,000	21,053	92,050
9	27,000	1	9,000	2 571,000	23,684	93,026
10	25,500	1	10,000	2 596,500	26,316	93,949
11	24,500	1	11,000	2 621,000	28,947	94,836
12	21,500	1	12,000	2 642,500	31,579	95,614
13	20,417	1	13,000	2 662,917	34,211	96,352
14	19,833	1	14,000	2 682,750	36,842	97,070
15	19,500	1	15,000	2 702,250	39,474	97,775
16	5,750	1	16,000	2 708,000	42,105	97,984
17	5,750	1	17,000	2 713,750	44,737	98,192
18	4,000	1	18,000	2 717,750	47,368	98,336

19	4,000	1	19,000	2 721,750	50,000	98,481
20	3,833	1	20,000	2 725,583	52,632	98,620
21	3,500	1	21,000	2 729,083	55,263	98,746
22	3,500	1	22,000	2 732,583	57,895	98,873
23	3,500	1	23,000	2 736,083	60,526	99,000
24	3,250	1	24,000	2 739,333	63,158	99,117
25	3,250	1	25,000	2 742,583	65,789	99,235
26	3,250	1	26,000	2 745,833	68,421	99,352
27	2,000	1	27,000	2 747,833	71,053	99,425
28	2,000	1	28,000	2 749,833	73,684	99,497
29	2,000	1	29,000	2 751,833	76,316	99,570
30	1,750	1	30,000	2 753,583	78,947	99,633
31	1,667	1	31,000	2 755,250	81,579	99,693
32	1,500	1	32,000	2 756,750	84,211	99,747
33	1,500	1	33,000	2 758,250	86,842	99,802
34	1,500	1	34,000	2 759,750	89,474	99,856
35	1,250	1	35,000	2 761,000	92,105	99,901
36	1,000	1	36,000	2 762,000	94,737	99,937
37	1,000	1	37,000	2 763,000	97,368	99,974
38	0,750	1	38,000	2 763,750	100,000	100,001

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

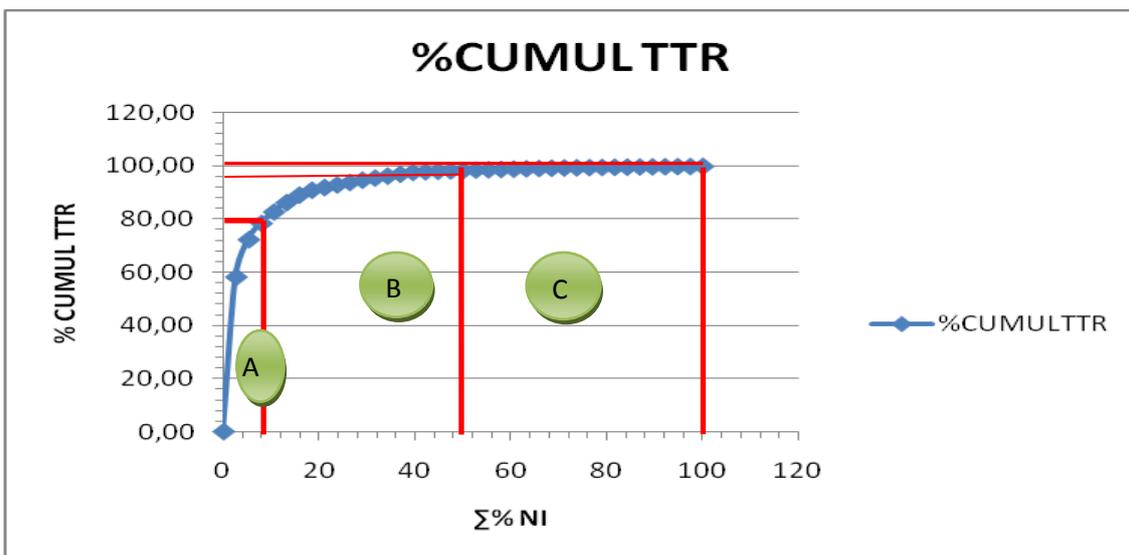


Figure.III.7. Histogramme de Pareto

Interprétation des résultats

Zone A : Elle est prioritaire vu le nombre de temps de réparation assez élevés donc il faut organiser une politique de maintenance préventive systématique ou bien préventive conditionnelle avec une surveillance permanente de la fraiseuse.

- améliorer les conditions de fonctionnement de la fraiseuse.
- Prévoir des stocks de pièces de rechange.

Zone B : Puisque 15 % des pannes causent un nombre de temps de réparation de 20 % alors, on sera moins exigeant sur les méthodes de prévention on utilise la préventive systématique

Zone C : 50 % des pannes causent un temps de réparation de 17 % seulement donc des arrêts moindres alors on exige peu de maintenance préventive et on utilisera le correctif.

III.4.1.2. Application du modèle de WEIBULL :

Les valeurs ascendantes du TBF nous permettent de déterminer la fonction de répartition $F(t)$ qui nous servira à utiliser le papier d'Allen Plait (ou de Weibull) afin de déterminer les paramètres de Weibull: β , puis η et γ (figure .1).

Le tableau suivant comporte les TBF classés par ordre croissant, et les $F(t)$ calculés par la méthode des rangs médians $F(t) = \sum ni/N+1$ (dans notre cas $N = 38 > 20$) et on trace la courbe de Weibull :

ID	TBF	ni	Σni	F(ti) théorique	F(ti) théorique en %
1	6,028	1	1	0,026	2,632
2	6,250	1	2	0,053	5,263
3	7,167	1	3	0,079	7,895
4	7,750	1	4	0,105	10,526
5	7,778	1	5	0,132	13,158
6	8,333	1	6	0,158	15,789
7	8,500	1	7	0,184	18,421
8	16,167	1	8	0,211	21,053
9	24,167	1	9	0,237	23,684
10	37,917	1	10	0,263	26,316
11	38,667	1	11	0,289	28,947
12	39,000	1	12	0,316	31,579
13	40,000	1	13	0,342	34,211
14	46,667	1	14	0,368	36,842
15	48,333	1	15	0,395	39,474
16	48,667	1	16	0,421	42,105
17	54,667	1	17	0,447	44,737
18	111,667	1	18	0,474	47,368
19	142,167	1	19	0,500	50,000
20	158,833	1	20	0,526	52,632
21	165,917	1	21	0,553	55,263
22	183,833	1	22	0,579	57,895
23	198,583	1	23	0,605	60,526
24	199,333	1	24	0,632	63,158
25	200,833	1	25	0,658	65,789
26	225,139	1	26	0,684	68,421
27	248,000	1	27	0,711	71,053
28	254,500	1	28	0,737	73,684
29	263,000	1	29	0,763	76,316
30	277,667	1	30	0,789	78,947
31	287,500	1	31	0,816	81,579
32	352,500	1	32	0,842	84,211
33	390,833	1	33	0,868	86,842
34	391,417	1	34	0,895	89,474
35	566,167	1	35	0,921	92,105
36	625,333	1	36	0,947	94,737
37	1 399,750	1	37	0,974	97,368

Tableau.III.3. Détermination la fonction de répartition $F(t)$

A partir de papier de weibull, (Fig.IV.2).

On déduit les paramètres: β, η et γ .

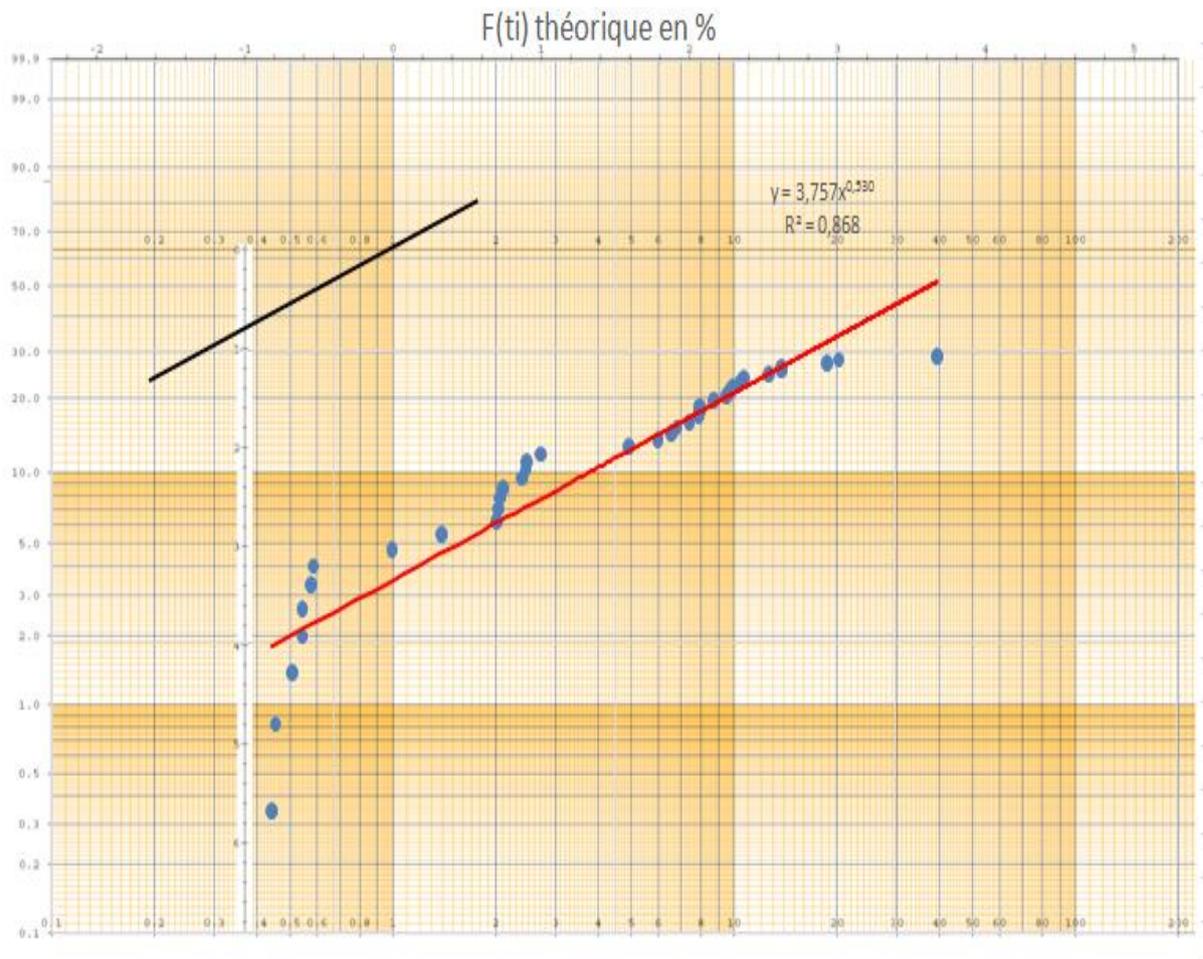


Figure.III.8. papier de WeiBull.

$\gamma = 0$ par ce que les pannes passent à l'origine du temps.

III.4.1.3. Test (KOLMOGOROV SMIRNOV)

Avant la validation de toutes les lois de fiabilité il est nécessaire de tester l'hypothèse pour savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé par le test de K-S avec un seuil de confiance de $\alpha = 5\%$. Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique

$F_e(t_i)$ et la fonction réelle $F(t)$ et prendre le maximum en valeur absolue $D_{n,max}$.

Cette valeur est comparée avec D_n :

Qui est donnée par la table de Kolmogorov smirnov (voir annexe1). Si $D_{n,max} > D_n$

On refuse l'hypothèse

ID	TBF	F(ti) théorique	F(t)	D ni					
1	6,028	0,026	0,058	0,032	19	142,167	0,500	0,528	0,028
2	6,250	0,053	0,060	0,007	20	158,833	0,526	0,559	0,033
3	7,167	0,079	0,066	0,013	21	165,917	0,553	0,572	0,019
4	7,750	0,105	0,071	0,035	22	183,833	0,579	0,602	0,023
5	7,778	0,132	0,071	0,061	23	198,583	0,605	0,625	0,019
6	8,333	0,158	0,075	0,083	24	199,333	0,632	0,626	0,006
7	8,500	0,184	0,076	0,108	25	200,833	0,658	0,628	0,030
8	16,167	0,211	0,123	0,087	26	225,139	0,684	0,661	0,023
9	24,167	0,237	0,166	0,071	27	248,000	0,711	0,690	0,021
10	37,917	0,263	0,229	0,034	28	254,500	0,737	0,697	0,040
11	38,667	0,289	0,233	0,057	29	263,000	0,763	0,707	0,056
12	39,000	0,316	0,234	0,082	30	277,667	0,789	0,722	0,067
13	40,000	0,342	0,238	0,104	31	287,500	0,816	0,732	0,084
14	46,667	0,368	0,265	0,104	32	352,500	0,842	0,788	0,054
15	48,333	0,395	0,271	0,124	33	390,833	0,868	0,814	0,054
16	48,667	0,421	0,272	0,149	34	391,417	0,895	0,815	0,080
17	54,667	0,447	0,295	0,153	35	566,167	0,921	0,896	0,025
18	111,667	0,474	0,461	0,013	36	625,333	0,947	0,914	0,033
					37	1 399,750	0,974	0,991	0,017

Tableau. III.4. test de kolmogrov-smirnov

D'après la table de K-S:

Ce qui veut dire que le modèle de Weibull est accepté

Nous avons pris la valeur maximale **Dn max=|F(ti)-F(t)|**

Dn max=0,153 tandis que **Dn,α =D17,0.05= 0,318**.

0,153<0,318 donc l'hypothèse du modèle de Weibull est acceptable.

III.4.1.4. Calcul du MTBF

Entre deux défaillances successives du même composant, la MTBF est souvent considérée comme moyenne des temps de bon fonctionnement. Elle est donnée par la formule suivante :

Le tableau de MTBF donne A=1,1330, B=1,43 (voir annexe tab.2).

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

$$MTBF= 1, 1330 \times 203, 729 + 0$$

$$MTBF = 230,824 \text{ h.}$$

1- La densité de probabilité en fonction de MTBF :

$$f(t=MTBF) = (\beta/\eta) (t-\gamma/\eta)^{\beta-1} e^{-(t-\gamma/\eta)\beta}$$

$$f(t=MTBF) = 0,00126845$$

2- La fiabilité en fonction de MTBF :

$$R(t=MTBF) = e^{-(t-\gamma/\eta)\beta} = 0,331$$

$$R(MTBF) = 33,1 \%$$

3- La fonction de réparation en fonction de MTBF :

$$F(t=MTBF) = 1 - e^{-(t-\gamma/\eta)\beta}$$

$$F(t=MTBF) = 1 - R(t=MTBF) = 0,669$$

On remarque que la fiabilité de la fraiseuse est faible.

4- Le taux de défaillance en fonction de MTBF :

$$\lambda(t=MTBF) = \beta/\eta (t-\gamma/\eta)^{\beta-1}$$

$$\lambda(t=MTBF) = 0,00382$$

5- Calcul du temps souhaitable pour une intervention systématique:

$$R(t) = 70\% \Rightarrow t = ?$$

$$R(t) = e^{-(t-\gamma/\eta)\beta}$$

$$\ln R(t) = -(t-\gamma/\eta)\beta = \ln(0.80) \Leftrightarrow -[\ln R(t)]^{1/\beta} = t/\eta \Rightarrow t = \eta[\ln(1/R(t))]^{1/\beta}$$

$$t_{sys} = 31,24 \text{ heures.}$$

Pour garder la fiabilité de la fraiseuse 70% il faut intervenir chaque temps systématique égal à 31,24 h.

III.4.1.5. Étude de modèle de weibull: (Weibull : Mathématicien Suédois)

C'est un modèle mathématique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances. La loi de Weibull est utilisée en fiabilité en particulier dans le domaine mécanique, cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentations.

Weibull a donné au taux d'avarie $\lambda(t)$ une formule générale dépendant de trois paramètres η , β , γ qui rend compte avec une bonne précision dans une gamme étendue.

Les différentes formules utilisées pour la distribution de weibull sont :

Le tableau suivant englobe les résultats obtenus

N°	TTR	TBF	R(t)	$\mu(t)$	$\lambda(t)$	f(ti)	F(t)	M(t)	D(t)
1	1,000	40,000	0,942	1,0000	0,0054	0,0051222	0,05807	0,056	0,877
2	1,500	248,000	0,940	0,6667	0,0038	0,0035499	0,05973	0,086	0,763
3	2,000	390,833	0,934	0,5000	0,0034	0,0032182	0,06640	0,124	0,761
4	3,500	46,667	0,929	0,2857	0,0053	0,0049009	0,07054	0,219	0,863
5	4,000	38,667	0,929	0,2500	0,0055	0,0050877	0,07073	0,246	0,879
6	4,000	142,167	0,925	0,2500	0,0042	0,0039050	0,07459	0,258	0,779
7	2,000	111,667	0,924	0,5000	0,0044	0,0040932	0,07574	0,141	0,792
8	3,500	198,583	0,877	0,2857	0,0039	0,0034598	0,12341	0,351	0,767
9	169,250	625,333	0,834	0,0059	0,0031	0,0026165	0,16614	1,000	0,760
10	19,500	48,333	0,771	0,0513	0,0052	0,0040352	0,22934	0,989	0,860
11	1,250	225,139	0,767	0,8000	0,0038	0,0029542	0,23250	0,252	0,764
12	19,833	199,333	0,766	0,0504	0,0039	0,0030215	0,23390	0,990	0,767
13	51,000	391,417	0,762	0,0196	0,0034	0,0026256	0,23807	1,000	0,761
14	5,750	7,778	0,735	0,1739	0,0075	0,0055475	0,26478	0,782	0,969
15	20,417	263,000	0,729	0,0490	0,0037	0,0027194	0,27119	0,996	0,762
16	5,750	566,167	0,728	0,1739	0,0032	0,0023287	0,27246	0,791	0,760
17	0,750	1399,750	0,705	1,3333	0,0027	0,0018838	0,29467	0,198	0,760
18	25,500	8,500	0,539	0,0392	0,0074	0,0039949	0,46106	1,000	0,966
19	2,000	6,250	0,472	0,5000	0,0079	0,0037239	0,52758	0,652	0,974
20	3,250	39,000	0,441	0,3077	0,0055	0,0024086	0,55932	0,838	0,879
21	98,000	48,667	0,428	0,0102	0,0052	0,0022381	0,57196	1,000	0,860
22	1,667	6,028	0,398	0,6000	0,0079	0,0031608	0,60191	0,633	0,975
23	3,250	352,500	0,375	0,3077	0,0035	0,0013210	0,62459	0,869	0,761
24	21,500	200,833	0,374	0,0465	0,0039	0,0014740	0,62570	1,000	0,767
25	1,000	54,667	0,372	1,0000	0,0051	0,0019009	0,62791	0,466	0,850
26	389,500	158,833	0,339	0,0026	0,0041	0,0013971	0,66150	1,000	0,774
27	3,500	37,917	0,310	0,2857	0,0055	0,0017053	0,68974	0,911	0,881
28	27,750	183,833	0,303	0,0360	0,0040	0,0012135	0,69725	1,000	0,769
29	1,500	254,500	0,293	0,6667	0,0038	0,0011015	0,70673	0,654	0,763
30	27,000	287,500	0,278	0,0370	0,0037	0,0010180	0,72226	1,000	0,762
31	24,500	7,167	0,268	0,0408	0,0077	0,0020545	0,73213	1,000	0,971
32	1 610,500	24,167	0,212	0,0006	0,0060	0,0012759	0,78787	1,000	0,915
33	119,500	16,167	0,186	0,0084	0,0065	0,0012099	0,81438	1,000	0,939
34	3,250	165,917	0,185	0,3077	0,0041	0,0007579	0,81475	0,929	0,772
35	78,500	277,667	0,104	0,0127	0,0037	0,0003831	0,89619	1,000	0,762
36	1,500	7,750	0,086	0,6667	0,0076	0,0006498	0,91394	0,746	0,969
37	1,750	8,333	0,009	0,5714	0,0074	0,0000695	0,99066	0,823	0,966
38	3,833			0,2609				0,000	

Tableau.III.5. Résultats de la FMD du Fraiseuse HURON MU

a. La fonction de la densité de probabilité :

$$f(t) = (\beta/\eta) (t-\gamma/\eta)^{\beta-1} e^{-(t-\gamma/\eta)\beta}$$

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

a.1. Courbe de la densité de la probabilité f(t) :

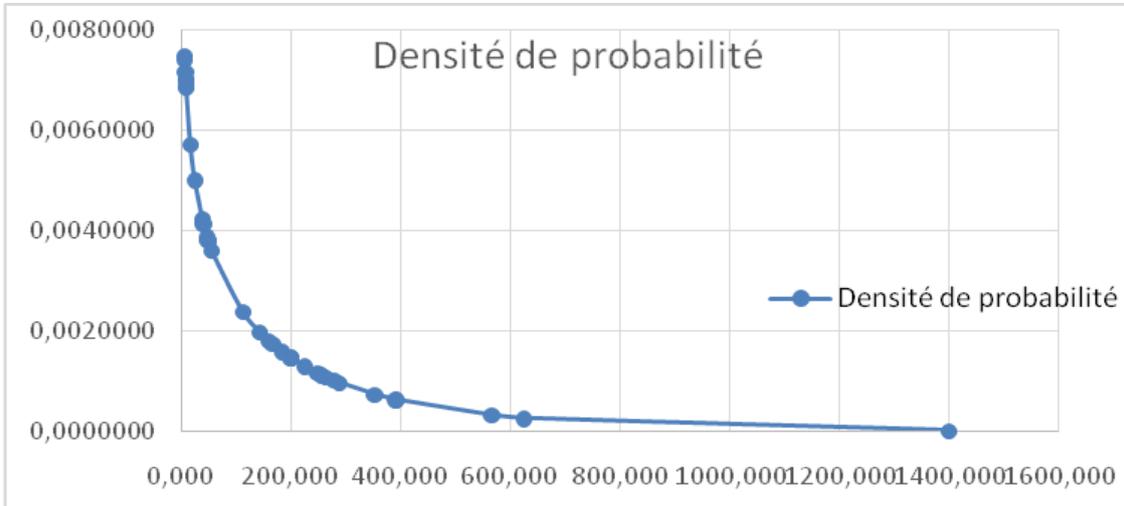


Figure. III.9. La Courbe Densité De Probabilité

a.2. Analyse de la courbe :

L'intérêt de la fonction f(t) (densité de probabilité) étant de voir l'allure de la distribution des défaillances enregistrées et leurs répartitions autour de la moyenne M.T.B.F.

L'ajustement graphique de la répartition obtenue est très proche de la distribution exponentielle

b. Fonction de répartition F(t) :

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

b.1. Courbe fonction de répartition F(t) :

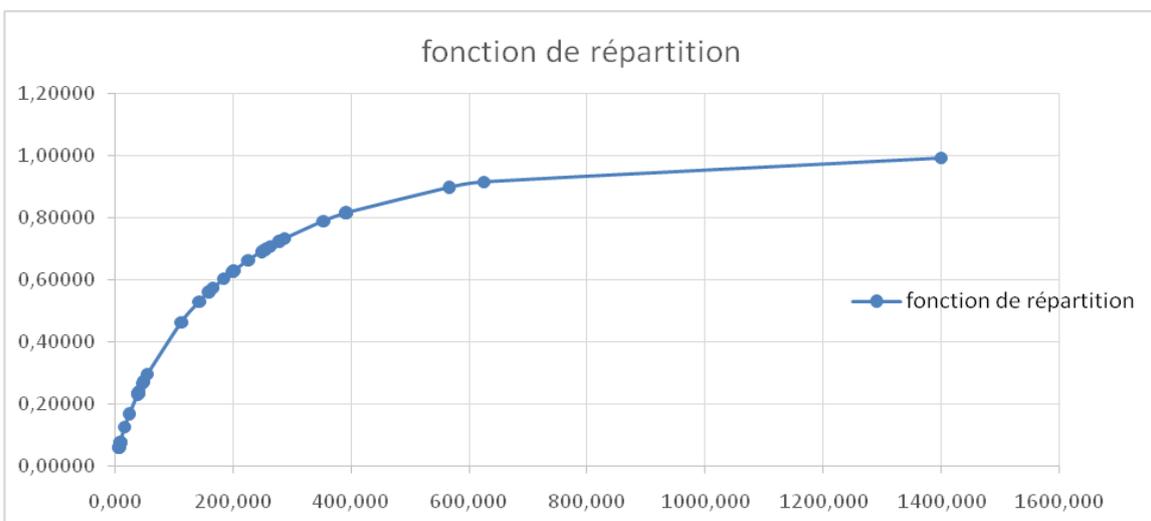


Figure. III.10. La Courbe de Fonction Répartition

b.2. Analyse de la courbe :

La courbe obtenue est une progression continue dont la forme fait apparaître un phénomène d'usure, c'est la période de vieillissement de la fraiseuse.

La probabilité d'avarie cumulée de $t = 0$ à $t = \text{MTBF}$, $F(t) = 0,66$

c. La fiabilité :

La fonction fiabilité de celle de répartition: $R(t) = 1 - F(t)$, après calcul la fiabilité de la fraiseuse aux temps $t = \text{MTBF}$, on déduit que la valeur n'est pas satisfaisante donc on peut dire que la fraiseuse n'est pas fiable à $t = \text{MTBF}$

$$R(t) = e^{-(t-\gamma/\eta) \beta}$$

$$R(t = \text{MTBF}) = 0,331$$

c.1. Courbe de la fiabilité

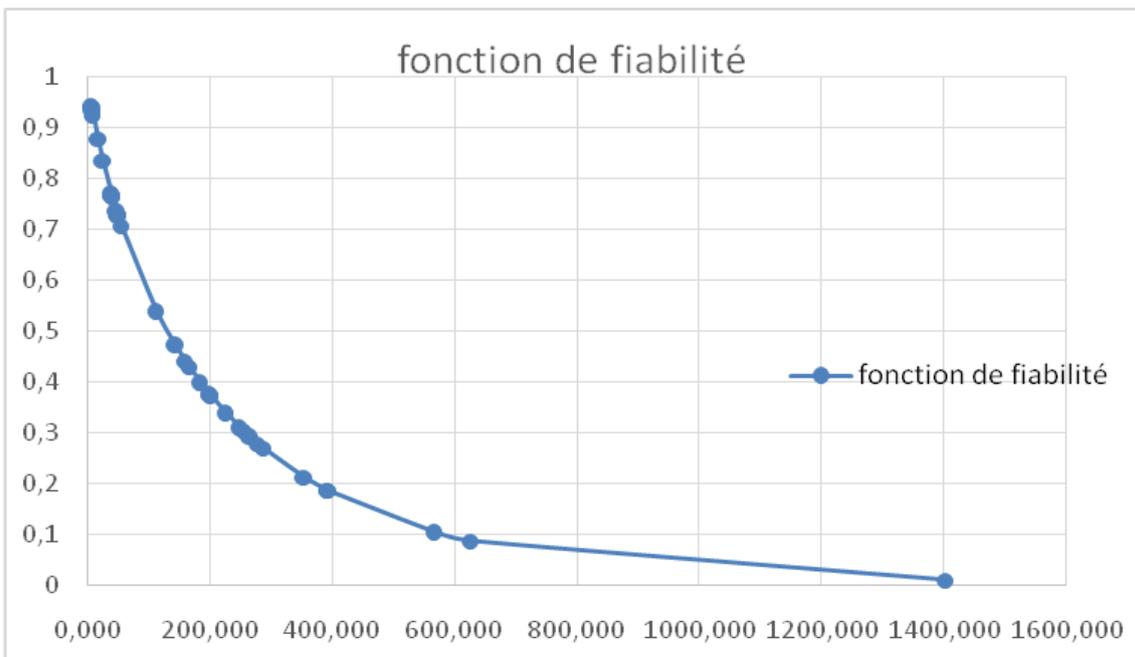


Figure. III.11. La Courbe De la Fonction Fiabilité

c.2. Analyse de la courbe:

Le graphe décroît en fonction du temps ce qui est expliqué par le phénomène de dégradation comme par exemple l'usure du galet de système de fraisage, fatigue de la broche et blocage de la table.

L'amélioration de la fiabilité de la fraiseuse passe obligatoirement par une analyse des défaillances avec une étude détaillée de leurs causes de leurs modes et de leurs effets,

d. Le taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \beta/\eta(t-\gamma/\eta)^{\beta-1}$$

d.1. Courbe du taux de défaillance :

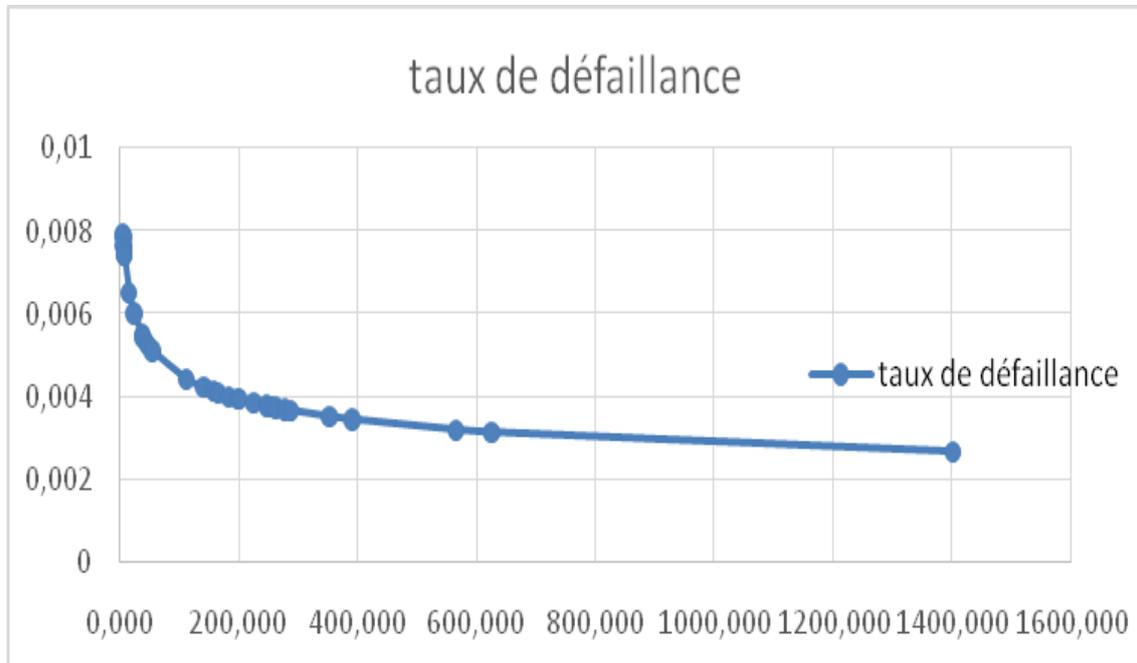


Figure.III.12. Le courbe taux de d éfaillance

d.2. Analyse de la courbe :

Figure.IV.6. on remarque que le taux de d éfaillance d écroit dans le temps é tant donn é que nous sommes dans la période à mortalité infantile ($\beta < 1$), beaucoup de précautions devraient être prises en respectant dans un premier temps l'entretien préventif systématique de la fraiseuse HURON MU.

III.4.1.6. Calcul la Maintenabilité é de la fraiseuse:

D'apr ès l'historique des pannes de la fraiseuse:

$$MTTR = \Sigma TTR / N.$$

TTR: temps de r éparation.

N: nombre de panne.

$$MTTR = 2764 / 38 = 72.73h$$

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

Avec $\mu = 1 / MTTR = 0.014$ intervention / heure

$$M(t) = 1 - e^{-(0,014 * 72,73)}$$

$$M(t) = 0,632 = 63,2\%$$

a.1. courbe de la fonction de Maintenabilit é:

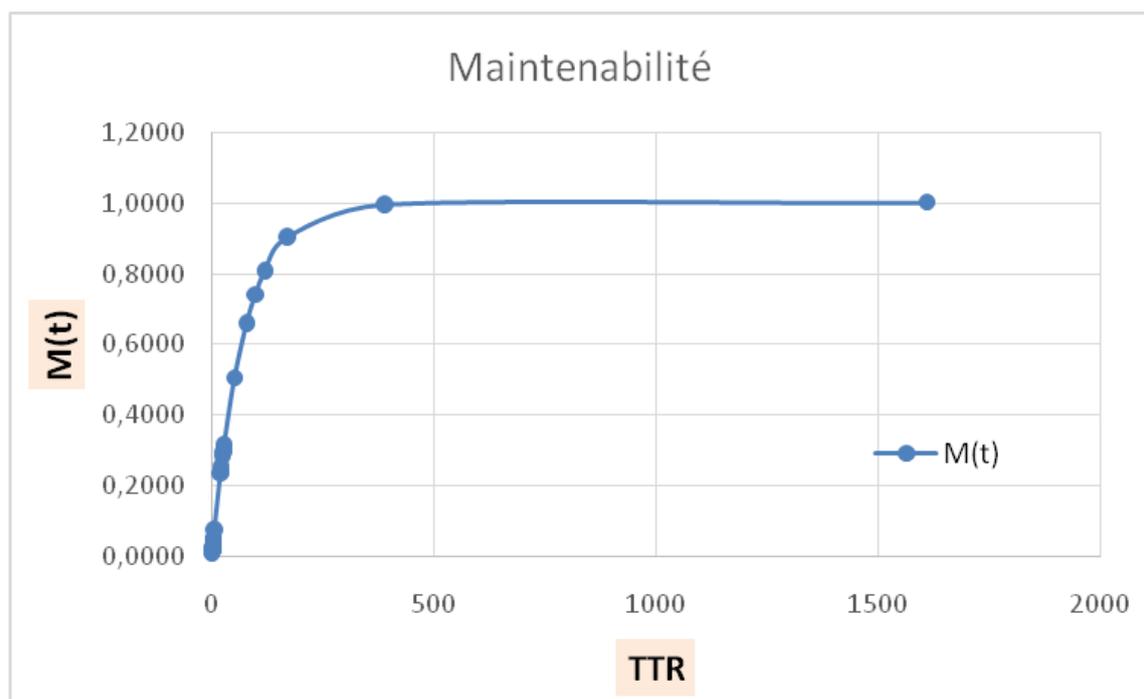


Figure.III.13. La Courbe de Maintenabilit é

a.2. Analyse de la courbe :

Le graphique Maintenabilité (Figure.III.13) exprime une allure croissante de cette fonction et il est tout à fait normal, que plus le temps de réparation augmente et plus l'indicateur maintenabilité est meilleur et ceci est réalisable avec une maintenance préventive ad équate.

III.4.1.7. Calcul la disponibilité éde la fraiseuse:

a. Disponibilité éintrins èque au asymptotique :

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{191,595}{191,595 + 72,73} = 0,725$$

b. Disponibilité éinstantané :

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

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{191,595} = 0,005$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \Rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{72,73} = 0,014$$

$$D(t)=0,632 = 63,2\%$$

b.1. Courbe de la disponibilité é

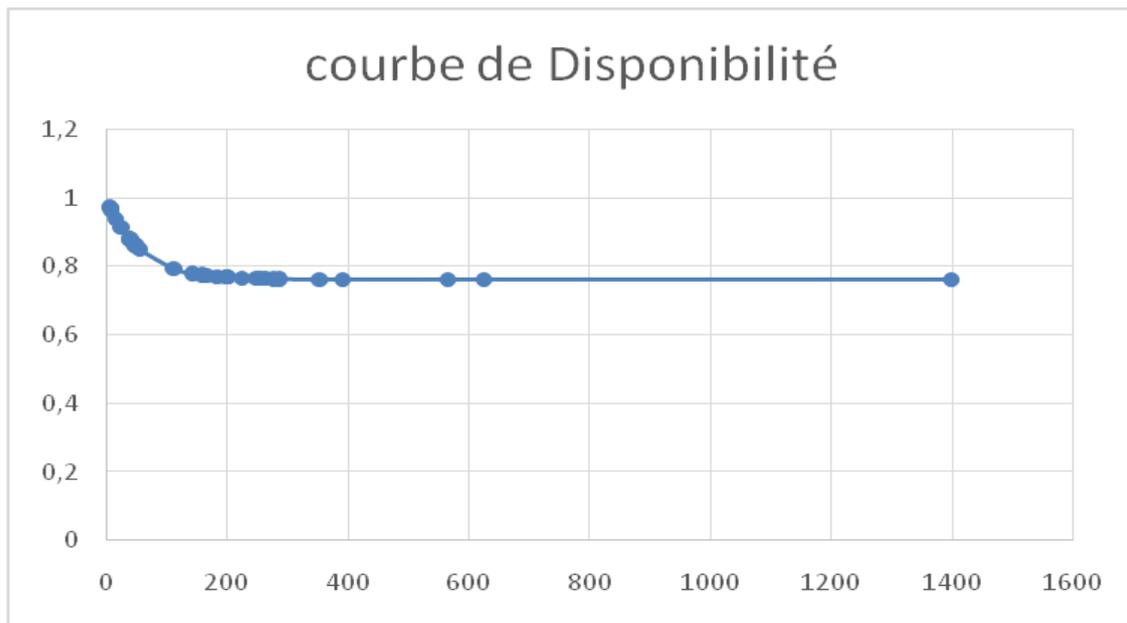


Figure III.14. La Courbe de disponibilité éinstantané

b.2. Analyse de la courbe :

Elle est décroissante avec le temps ce qui implique que la disponibilité éde la fraiseuse décroît avec le temps. En plus la valeur de la disponibilité épour t=MTBF est égale à 63,2 % ce qui implique que cet équipement a 63,2 % c'est une bonne disponibilité é mais elle n'est pas suffisante pour l'importance de cette machine.

III.5. Conclusion

Au terme de notre étude, nous pouvant constater et conclure qu'il est très important de connaître la méthode de calcul des fraiseuses universelles avec une étude détaillée des problèmes qu'on peut rencontrer dans la roue, roulement, le diffuseur et les différents éléments de la fraiseuse tels que boîte vitesse boîte d'avance, la tête.....etc.

Ainsi de connaître les comportements avec une étude détaillée de la FMD qui permet de choisir les meilleurs moyens à entreprendre du point de vue maintenance, assurant ainsi la possibilité de réduire les temps d'arrêts ou 'indisponibilité

CHAPITRE IV

Etude AMDEC de la fraiseuse

HURON MU

IV.1. Introduction

La méthode AMDEC a été utilisée originellement dans le traitement des risques potentiels essentiels aux activités de production de l'armement nucléaire. Progressivement, elle a été adaptée à l'ensemble des activités à risques (nucléaire civil; domaine aérospatial, spatial; grands travaux), puis a été intégrée dans les projets industriels.

De nos jours, son emploi est très répandu dans le monde industriel soit pour améliorer l'existant, soit pour traiter préventivement les causes potentielles de non-performance des nouveaux produits, procédés ou moyens de production.

L'utilisation de l'AMDEC peut paraître pénible; cependant, les gains qu'elle permet de réaliser sont très souvent bien plus importants que les efforts de mise en œuvre qu'elle suggère. La mise en œuvre de l'AMDEC offre une garantie supplémentaire pour l'entreprise industrielle de l'amélioration de ses performances.

Son utilisation très tôt en phase de conception (du produit, du procédé ou de l'outil de production) révèle la volonté de l'entreprise d'anticiper les problèmes potentiels plutôt que d'en subir les conséquences à terme.

IV.2. Définition de l'AMDEC : AFNOR (Norme X-510)

L'AMDEC (**Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité**) est une méthode d'analyse de la fiabilité qui permet de recenser les défaillances et les conséquences affectant le fonctionnement du système dans le cadre d'une application donnée ».

Années 1950 :	la méthode FMECA (F ailure M odes, E ffects and C riticality A nalysis) est introduite aux États-Unis dans le domaine des armes nucléaires.
Années 1960 :	cette méthode est mise en application en France sous le nom d' AMDEC pour les programmes spatiaux et aérospatiaux.
Années 1970 :	son application est étendue aux domaines du nucléaire civil, des transports terrestres et des grands travaux.
Années 1980 :	l' AMDEC est appliquée aux industries de produits et de biens d'équipement de production.

Tableau. IV.1 Historique de l'AMDEC

IV.3. Principe de base

L'AMDEC est une technique d'analyse exhaustive et rigoureuse de travail en groupe, très efficace par la mise en commun de l'expérience et de la compétence de chaque participant du groupe de travail. Cette méthode fait ressortir les actions correctives à mettre en place.

- Analyse exhaustive :

On part des éléments pour déterminer les triplets Cause-Mode-Effet.

- Rigoureuse :

On verra plus loin que les causes sont hiérarchisées et un graphe permet de ne pas oublier les moins évidentes. C'est une différence entre l'AMDEC et la méthode MBF.

- Travail en groupe :

Il y aura mise en commun lors des réunions et capitalisation des résultats.

- Expérience et compétence :

Différence entre groupe de travail AMDEC et cercle de qualité: ce ne sont pas des volontaires mais des connaisseurs qui font partie du groupe.

- Actions correctives :

Le système a ou aura des défaillances, l'AMDEC mettra en place des actions correctives pour les corriger.

Il existe globalement trois types d'AMDEC suivant que le système analysé est :

- Le produit fabriqué par l'entreprise;
- Le processus de fabrication du produit de l'entreprise;
- Le moyen de production intervenant dans la production du produit de l'entreprise.

Nous allons nous intéresser à l'**AMDEC moyen de production**. [14]

IV.3.1. AMDEC-Produit

L'**AMDEC Produit** est utilisé pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise. Elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'actions correctives sur la conception et préventives sur l'industrialisation. [14]

IV.3.2. AMDEC Processus

L'**AMDEC Processus** est utilisé pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication. Elle est mise en œuvre pour évaluer et classer les défauts potentiels d'un produit dont les causes proviennent de son processus de fabrication.

S'il s'agit d'un nouveau procédé l'AMDEC Processus en permettra l'optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit. S'il s'agit d'un procédé existant, l'AMDEC-Processus en permettra l'amélioration. [14]

IV.3.3. AMDEC Moyen de production

L'AMDEC **Moyen de production**, plus souvent appelé AMDEC Moyen, permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation. À la conception du moyen de production, la réalisation d'une AMDEC permet de faire le recensement et l'analyse des risques potentiels de défaillance qui auraient pour conséquence d'altérer la performance globale du dispositif de production, l'altération de performance pouvant se mesurer par une disponibilité faible du moyen de production.

Dans ce cas de figure, l'analyse est conduite sur la base des plans et/ou prototypes du moyen de production.

IV.4. Objectifs de l'AMDEC

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

L'objectif principal est l'obtention d'une disponibilité maximale.

Les objectifs intermédiaires sont les suivants:

- ✓ Analyser les conséquences des défaillances.
- ✓ Réduction du nombre des défaillances.
- ✓ Prévention des pannes.
- ✓ Amélioration de fabrication, du montage et de l'installation.
- ✓ Amélioration de la maintenance préventive.
- ✓ Identifier les modes de défaillances.
- ✓ Aide au diagnostic.
- ✓ Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection.
- ✓ Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance.
- ✓ Classer les modes de défaillance.
- ✓ Amélioration de la sécurité

IV.5. Les avantages et les inconvénients de l'AMDEC

IV.5.1. Avantages

La maîtrise des risques à l'aide de la méthode AMDEC permet de mener des actions préventives, c'est à dire de résoudre les problèmes avant que ceux-ci ne se présentent. Si cette méthode est suivie tout au long du cycle de vie du produit, la production en sera améliorée et débarrassée de problèmes majeurs.

IV.5.2. Inconvénient.

En général, un brainstorming avec plusieurs personnes impliquées de la conception à la livraison du produit est nécessaire. Pour cela, il faut donc qu'une équipe puisse. Mettre d'accord sur les modes de défaillance étudiés. Cette méthode est. de ce fait. Lourde à mettre en place.

IV.6. Déroulement de la méthode

Pour réaliser une AMDEC, il faut bien connaître le fonctionnement du système qui est analysé ou avoir les moyens de se procurer l'information auprès de ceux qui la détiennent. Pour cela, la méthode AMDEC est divisée en **4 étapes** :

- Initialisation
- Analyse fonctionnelle
- Analyse des défaillances
- La grille AMDEC

IV.6.1. Etape 1 : Initialisation

IV.6.1.1. Principe de base de la méthode AMDEC

Lors de la première phase d'initialisation, il faudra d'abord valider le besoin :

Pourquoi fait-on cette étude ?

Délimitation de l'étude Puis il faudra délimiter cette étude : suivant que l'on soit en conception ou en opérationnel, deux opérations n'auront pas la même valeur.

C'est une description précise du produit, de la phase du projet et des possibilités de remise en cause par l'analyse.

Tient-on compte des stocks amont, aval, des sous traitants ?

IV.6.1.2. Composition du groupe de travail

L'AMDEC fait appel à l'expérience, pour rassembler toutes les informations que détiennent les uns et les autres, mais aussi pour faire évoluer les conclusions que chacun en tire et éviter que tous restent sur leurs a priori.

On a très souvent intérêt à faire cette analyse en groupe de travail.

Les méthodes de travail en groupe doivent être connues et pratiquées afin d'assurer une efficacité optimale en groupe. C'est un critère de réussite essentiel.



IV.6.1.3. Acteurs de la méthode

- **Le demandeur** : C'est la personne ou le service qui prend l'initiative de déclencher l'étude. Il choisit l'étude.

- **Le décideur** : C'est la personne responsable dans l'entreprise, du sujet étudié qui en dernier recours, et à défaut de consensus, exerce le choix définitif. Il est responsable et décideur des coûts, de la qualité et des délais.

Ces deux premières personnes n'ont généralement aucune compétence technique pointue.

- **L'animateur** : C'est le garant de la méthodologie, l'organisateur de la vie du groupe.

Il précise l'ordre du jour des réunions, conduit les réunions, assure le secrétariat, assure le suivi de l'étude.

Très souvent, c'est un intervenant extérieur, ou du moins extérieur au service de façon à pouvoir jouer les candides.

- **Le groupe de travail** : 2 à 5 personnes, responsables et compétentes, ayant la connaissance du système à étudier et pouvant apporter les informations nécessaires à l'analyse (on ne peut bien parler que de ce que l'on connaît bien).

Selon l'étude ce sera :

- des hommes de maintenance
- des hommes du service qualité
- des hommes de la production
- le bureau d'étude
- des experts du domaine étudié

AU TOTAL : 5 à 8 personnes.

IV.6.1.4. Planification des réunions

Il est difficile de réunir 5 à 8 personnes d'un certain niveau (souvent peu disponibles). Pour cela, il faut planifier de la phase "initialisation" jusqu'à la phase "actions menées" en respectant une fréquence d'une demi-journée tous les 15 jours en général.

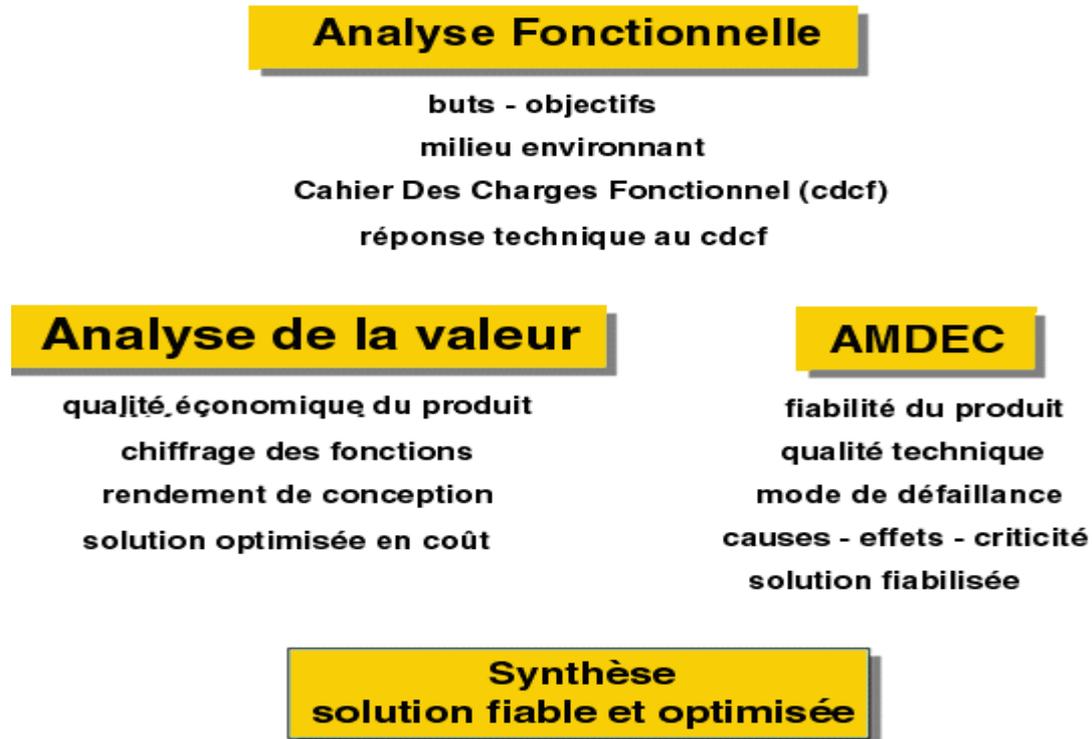


Figure. IV.1. La démarche Analyse fonctionnelle

Cela nous permettra d'aboutir à une synthèse nous donnant une solution fiable sur le plan technique ainsi que sur le plan économique ; l'analyse fonctionnelle est strictement nécessaire pour construire avec rigueur.

- Vous pouvez obtenir plus de détail sur l'analyse fonctionnelle en consultant le module [14]

IV.6.2.1. Analyse fonctionnelle externe

La rosace des fonctions est aussi appelée "méthode de la pieuvre".

Principe de construction :

1. Objet à étudier
2. Milieux extérieurs en contact avec le sujet (contact physique, mécanique,...)
3. Identifier à quel(s) milieu(x) extérieur(s) le sujet rend service. Et Identifier sur quel(s) milieu(x) extérieur(s) le sujet agit.
 - Fonction principale : $FP = \text{groupe verbal} + ME1 + ME2$
 - Fonction contrainte : $FC = \text{groupe verbal} + ME4$
4. Identifier tous les critères de valeur associés à chaque FC et à chaque FP, le cahier des charges fonctionnel doit contenir les :
 - FP
 - FC
 - Critères de valeur [14]

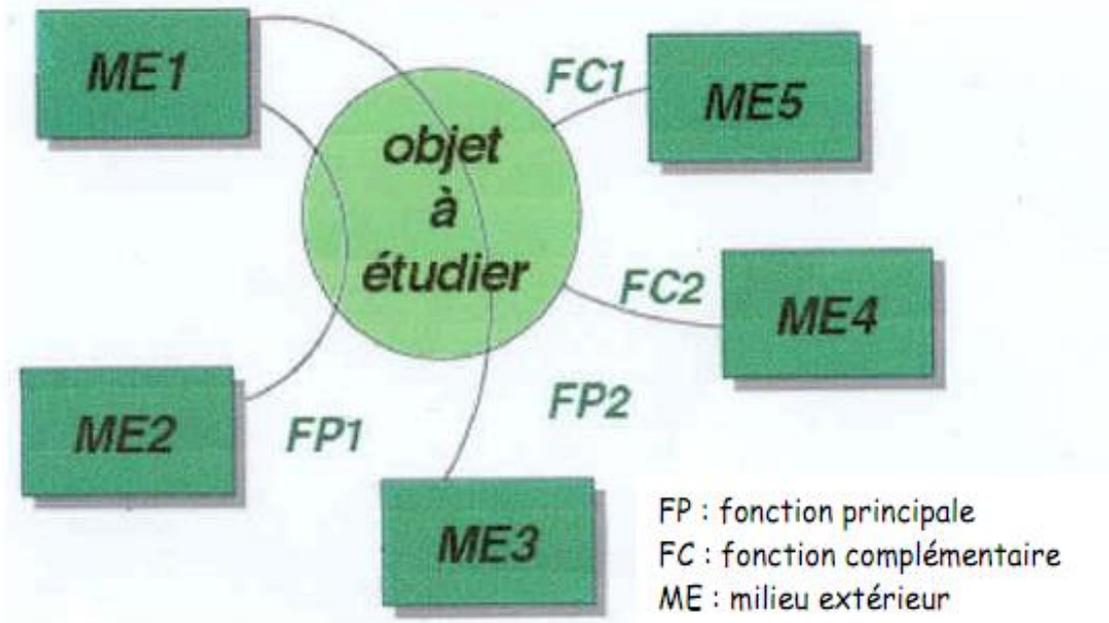


Figure. IV.2. Méthode de la pieuvre

IV.6.2.2. Analyse fonctionnelle interne

Les diagrammes de flux [14]

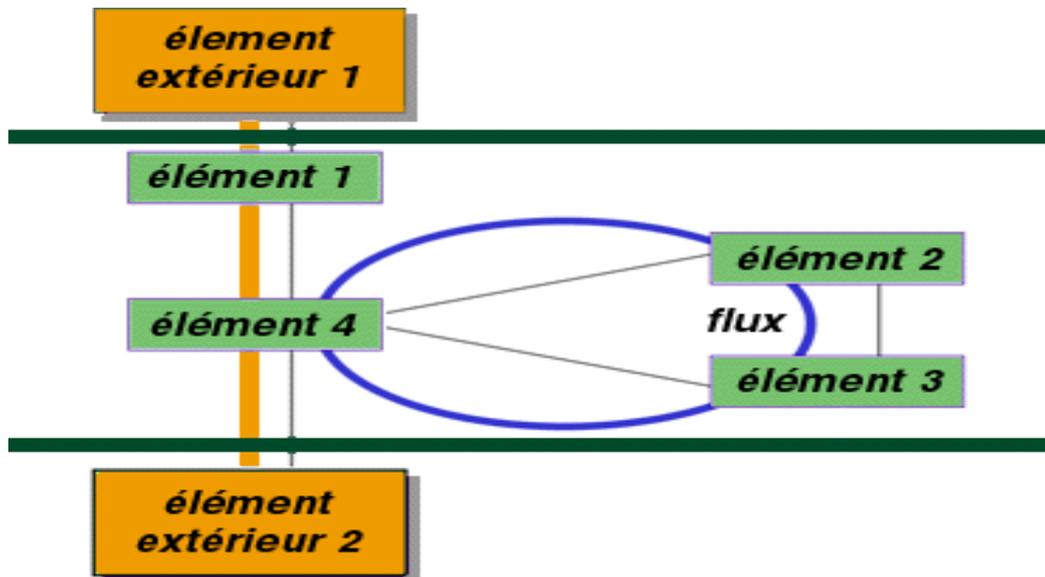


Figure. IV.3. Les diagrammes de flux

- On détaille les différents éléments qui vont être analysés dans l'AMDEC ainsi que leur participation dans la ou les fonctions principales.
- Pour cela, on définit les limites du système étudié (traits verts foncés), on schématise chaque composant ou sous-ensemble par un bloc.
- On représente les flux principaux (Transferts d'énergie au sein de l'équipement - trait orange) et les flux bouclés (Consommation d'énergie lors de l'assemblage de l'équipement - Cheminement d'une fonction de conception qui existe pour les besoins de la conception choisie - trait bleu).

IV.6.2.3. Découpage fonctionnel AMDEC moyen de production

IV.6.2.3.1. Décomposition fonctionnelle et organique : AMDEC moyen de production

- Rosace des fonctions très parlante => on n'a jamais réussi à informatiser correctement cette méthode.
- Pour cela on fait une décomposition fonctionnelle et organique du système ; selon la famille d'AMDEC, on utilise un type de décomposition :

○ **AMDEC Moyen de production**

- Dans l'exemple suivant, il s'agit d'une AMDEC Moyen de production à 4 niveaux de décomposition (maximum qu'un technicien puisse comprendre). [14]

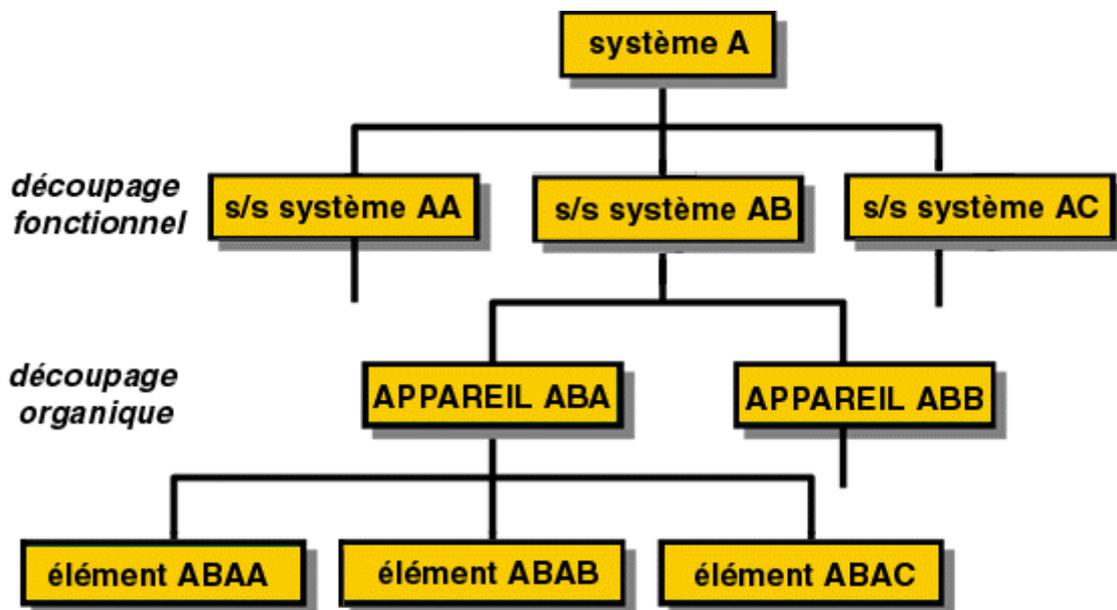


Figure. IV.4. Décomposition fonctionnelle

IV.6.2.4. Fin Etape 2 : Le dossier

Un des objectifs final des 2 premières étapes de l'AMDEC sera d'aboutir à un dossier complet sur le système étudié

- Feuille de synthèse de l'état actuel de l'étude AMDEC
- Ce que l'on connaît sur les fonctions à étudier
- Ce que l'on connaît sur l'environnement du système
- Les objectifs de qualité et de fiabilité (conception), le TRS par ex., (en production)
- L'analyse fonctionnelle
- Historiques (lien GMAO-AMDEC)
- Plan de maintenance préventive (lien avec la notion de MBF)
- Conditionnement du produit (marketing)

IV.6.3. Etape 3 : Analyse des défaillances

IV.6.3.1. La démarche AMDEC

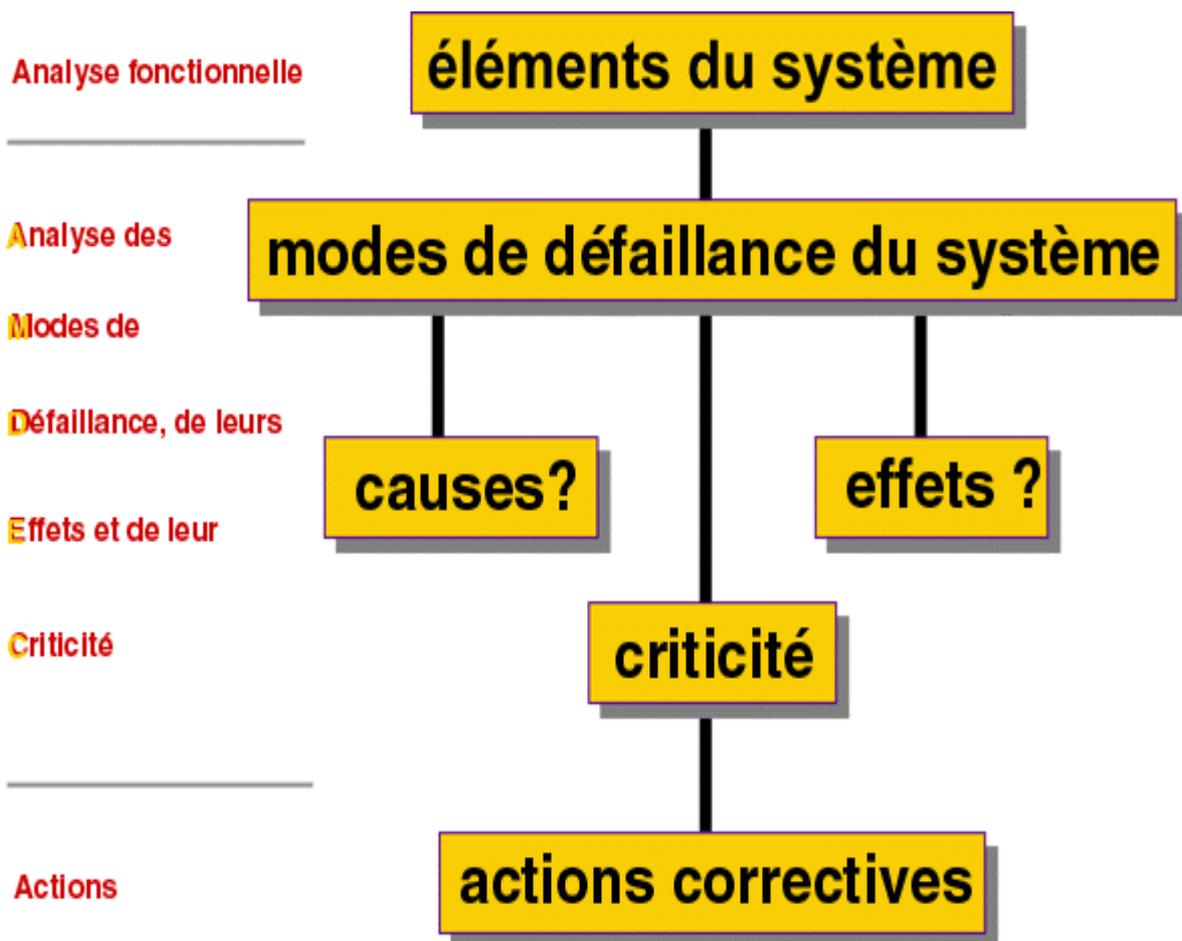


Figure. IV.5. La démarche AMDEC

A partir de l'analyse fonctionnelle, la démarche consiste en une recherche: (On considérera seulement les défaillances des éléments, au niveau des feuilles et non des nœuds de l'arborescence)

- des **modes de défaillance** (par ex.: perte de fonction, dégradation d'une fonction, pas de fonction, fonction intempestive)
- des **effets**, au niveau supérieur, pouvant être complétés par une recherche
- des **causes** (choix pouvant être guidés par la gravité des conséquences)
- de la **criticité** Il s'agit d'une cotation et non d'une quantification des défaillances

Vocabulaire

- Mode de défaillance : **manière dont la défaillance apparaît**
- Cause de défaillance : **événement initiateur**
- Effet de la défaillance : **conséquence sur l'utilisateur**
- Mode de détection : **comment on met en évidence le mode de défaillance [14]**

IV.6.3.2. Les niveaux d'analyse

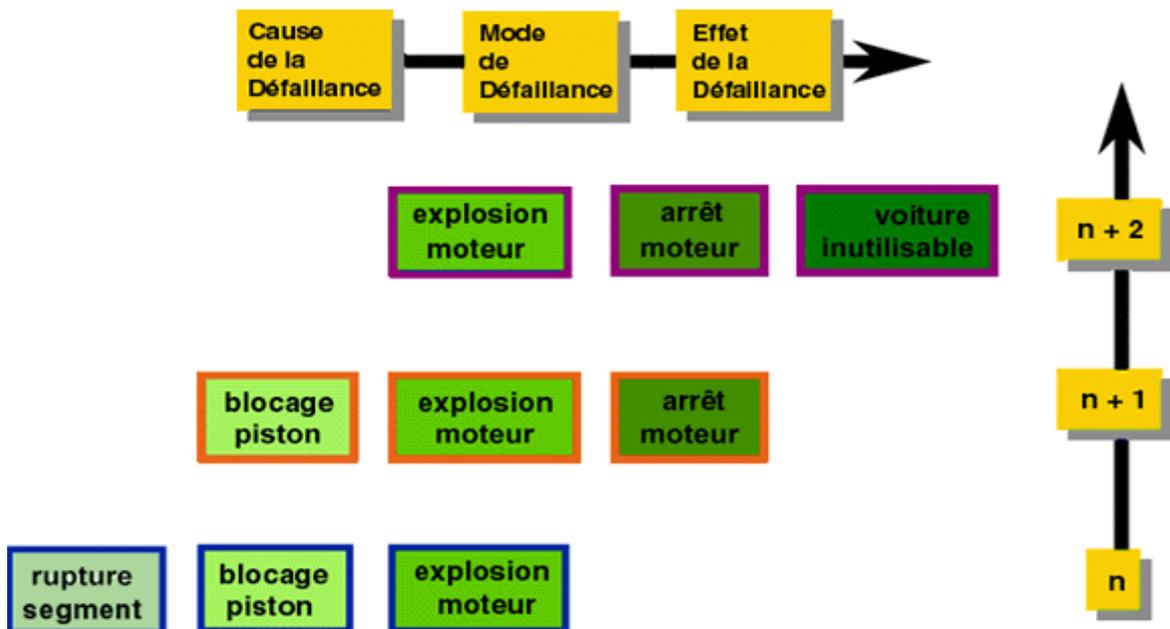


Figure. IV.6. Les niveaux d'analyse

- Il n'existe pas de niveau standard de décomposition du matériel, il est dès lors nécessaire de préciser le niveau de détail auquel on descend dans l'arborescence matérielle pour procéder à l'analyse
- Les notions de cause- mode- effet sont contrastées.
- Elles peuvent facilement être confondues. Pour éviter cela , il faut se donner un nombre maximal de niveaux et surtout ne prendre qu'un niveau unique de référence.
- Cause-Mode-Effet ne veulent rien dire si on ne définit pas un système.

- Dans l'exemple **n** sera le niveau de référence; en changeant de référence, on s'aperçoit que l'événement explosion du moteur passe d'effet à mode puis à cause de défaillance.

IV.6.3.2.1. Mode de défaillance

Le mode de défaillance est :

- Relatif à une **fonction**
- Il s'exprime par la **manière** dont un système vient à ne plus remplir sa fonction.
- Il s'exprime en **termes physiques** :
 - Rupture
 - Desserrage
 - Coincement
 - Court circuit

IV.6.3.2.2. Cause de la défaillance

La cause de la défaillance :

- Est une anomalie initiale susceptible de conduire au MODE DE DEFAILLANCE
- Elle s'exprime en termes d'écart par rapport à la norme
 - Sous dimensionnement
 - Absence de joint d'écrou
 - manque de lubrifiant
- Elle se répartit dans les domaines suivants (par exemple) :
 - Les hommes
 - Le milieu
 - La documentation
 - L'organisation
 - La technique

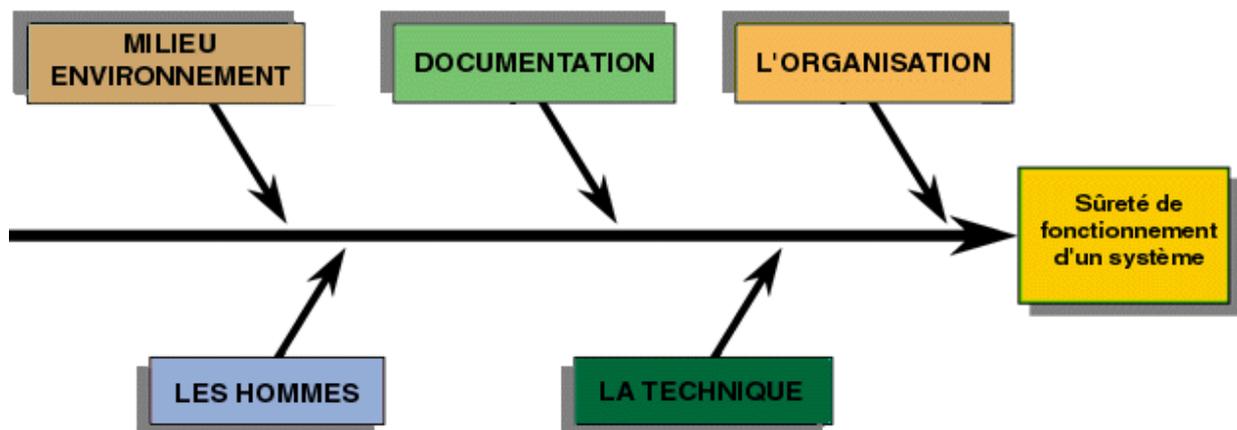


Figure. IV.7. Diagramme Causes-Effets

- Le diagramme Cause-Effets, c'est l'image des causes identifiées d'un dysfonctionnement potentiel pouvant survenir sur un système.
- Ce diagramme se veut le plus exhaustif possible en représentant toutes les causes qui peuvent avoir une influence sur la sûreté de fonctionnement.
- 5 grandes familles ont été identifiées :
 - l'organisation
 - la documentation
 - la technique
 - les hommes
 - le milieu et l'environnement
- Les 5 grandes familles ou 5 facteurs primaires sont renseignés par des facteurs secondaires et parfois tertiaires;

Les différents facteurs doivent être hiérarchisés.

- L'intérêt de ce diagramme est son caractère exhaustif. Il peut aussi bien s'appliquer à des systèmes existants (évaluation) qu'à des systèmes en cours d'élaboration (validation).
- On pourra adjoindre au diagramme précédent des facteurs secondaires et tertiaires qui compléteront les facteurs primaires :
- Par exemple, pour le milieu et l'environnement (facteur primaire), on pourra ajouter l'environnement climatique (facteur secondaire) puis compléter par le vent et le verglas (facteurs tertiaires) ; pour la technique (facteur primaire), le système d'aide (facteur secondaire) puis l'informatique embarquée (facteur tertiaire).

IV.6.3.2.3. Effet de la défaillance

L'effet de la défaillance :

- Concrétise la conséquence,
- est relatif à un mode de défaillance,
- dépend du type d'AMDEC réalisé :
 - mécontentement
 - sécurité des opérateurs
 - arrêt du flux de production

Etude AMDEC d'un système automatisé

IV.6.3.2.4. Evaluation de la criticité

L'évaluation de la criticité de chaque combinaison cause, mode, effet se fait par des critères de notation :

- La fréquence d'apparition de la défaillance.
- La gravité de la défaillance.

- La probabilité de non-détection de la défaillance.

La valeur de la criticité est calculée par le produit des niveaux atteints par les critères de cotation.

$$C = F.G.N$$

IV.6.3.2.5. Les critères de cotation

Niveau de criticité		Actions correctives à engager
1 ≤ C < 10 Criticité négligeable	1	Aucune modification de conception Maintenance corrective
10 ≤ C < 20 Criticité moyenne	2	Amélioration des performances de l'élément Maintenance préventive systématique
20 ≤ C < 40 Criticité élevée	3	-Révision de la conception du sous-ensemble et du choix des éléments. -Surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle / prévisionnelle
40 ≤ C < 64 Criticité interdite	4	Remise en cause complète de la conception.

Tableau. IV.3. Niveau de criticité

Fréquence d'occurrence

Fréquence d'occurrence	Définition	
Trais faible	1	Défaillance rare : mois d'une défaillance par ans
Faible	2	Défaillance possible : mois d'une défaillance par trimestre
Moyenne	3	Défaillance fréquente : mois d'une défaillance par mois
Forte	4	Défaillance très fréquente : mois d'une défaillance par semaine

Tableau. IV.4. Niveau de fréquence

Niveau de gravité

Niveau de gravité	Définition	
Mineure	1	Défaillance mineure arrêt de production < 2min Aucune dégradation notable
Significative	2	Défaillance significative arrêt de production de 2min à 20min, remis en état de courte durée ou petite réparation, déclenchement du produit
Moyenne	3	Défaillance moyenne arrêt de production de 20min à 60min, changement matériel défectueux nécessaire
Majeure	4	Défaillance majeure arrêt de production de 1h à 2h, intervention importante sur le sous-ensemble production des pièces non conformes non
Catastrophique	5	Défaillance catastrophique arrêt de production. 2h, intervention lourde nécessite des moyens coûteux, problèmes de sécurité

Tableau. IV.5. Niveau de gravité

Probabilité de non détection

Probabilité de non détection		Définition
Détection évidente	1	Défaillance détectable à 100, Détection certaine de la défaillance Signe évident d'une dégradation Dispositif de détection automatique (alarme)
Détection possible	2	Défaillance détectable Signe de la défaillance facilement détectable mais nécessite une action particulière (visite...)
Détection improbable	3	Défaillance facilement détectable Signe de la défaillance difficilement détectable peu exploitable ou nécessitant une action ou d. moyens complexe. Démontages...)
Détection impossible	4	Défaillance indétectable Aucun signe de défaillance

Tableau .IV.6. Probabilité de non détection

IV.6.3.2.6. Fin Etape3 : proposition des actions corrective

La maintenance devient préventive et contribue à améliorer la fiabilité des équipements et la qualité des produits. Cette maintenance préventive se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation afin d'en limiter l'usure, par le graissage ou le nettoyage régulier de certains ensembles.

Ces actions préventives étaient dans un premier temps effectuées de façon systématique selon des calendriers prédéfinis. Elles permettaient d'anticiper les pannes, mais au prix d'un alourdissement important des coûts de maintenance. Grâce à l'évolution des méthodes de diagnostic et de contrôle. Une nouvelle maintenance commence à voir le jour. Elle utilise des techniques de prévisions de pannes comme l'analyse des vibrations ou des huiles. Cette maintenance dite " préventive conditionnelle " permet de remplacer des pièces juste avant leur rupture. Le choix entre les différents aspects de la maintenance se fait principalement au regard des coûts économiques, mais aussi des aptitudes et compétences du personnel de maintenance, et la position concurrentielle sur le marché

IV.6.4. Étape 4 : Synthèse de l'étude

IV.6.4.1. La grille AMDEC

- La grille AMDEC typique comprend 7 colonnes :
 - nom de l'élément
 - fonction
 - mode de défaillance

- effets
- causes
- cotation de la criticité
- détection Cette grille peut aussi contenir d'autres colonnes pour le suivi des actions et la réévaluation de la criticité Fonction Mode ! Effet Causes G D C Solutions correctives

Élément	Fonction	Mode de défaillance	Effet de défaillance	Cause de défaillance	Criticité			Action corrective
					F	G	N	

Tableau. IV.7. Exemple sur le Grille AMDEC

IV.6.4.2. La chaîne fondamentale

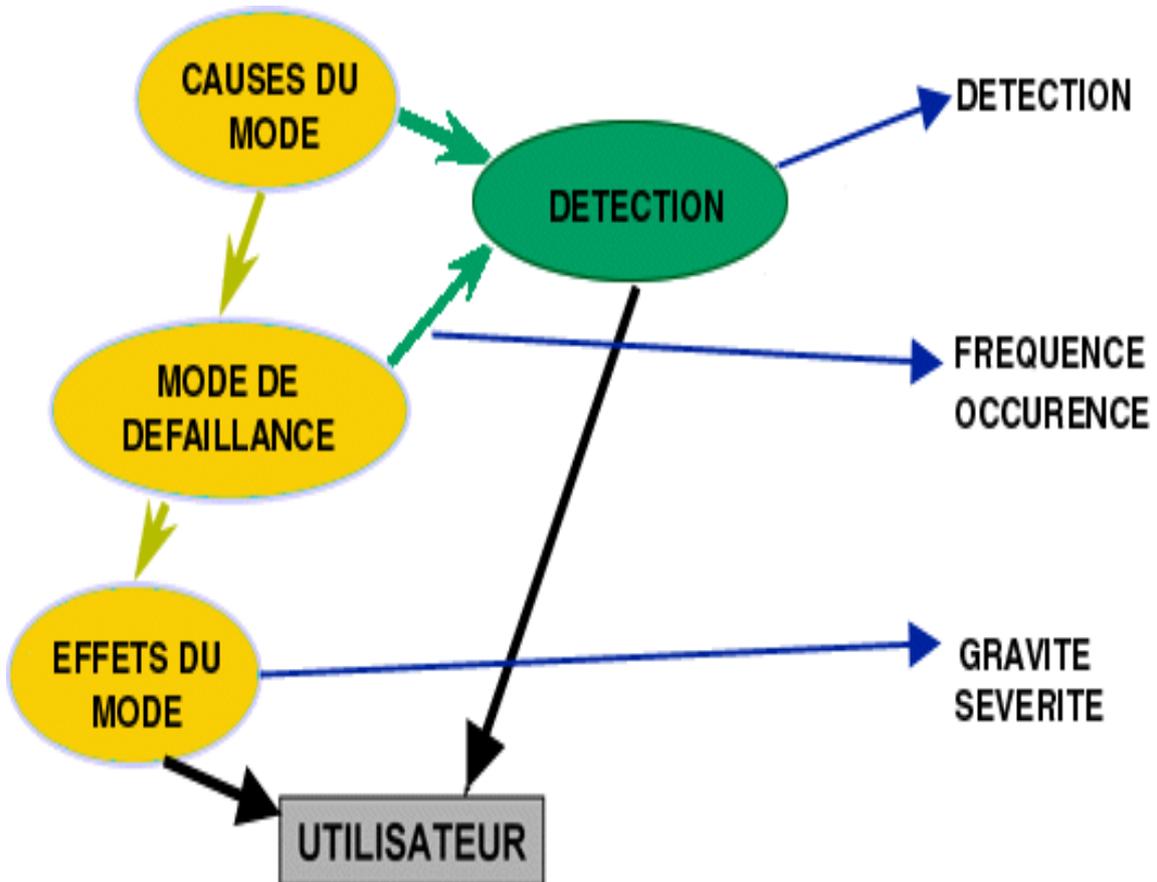


Figure. IV.8. La chaîne fondamentale [14]

IV.7. Démarche pratique d'une fraiseuse HURON MU

IV.7.1. Analyse Fonctionnelle de la fraiseuse

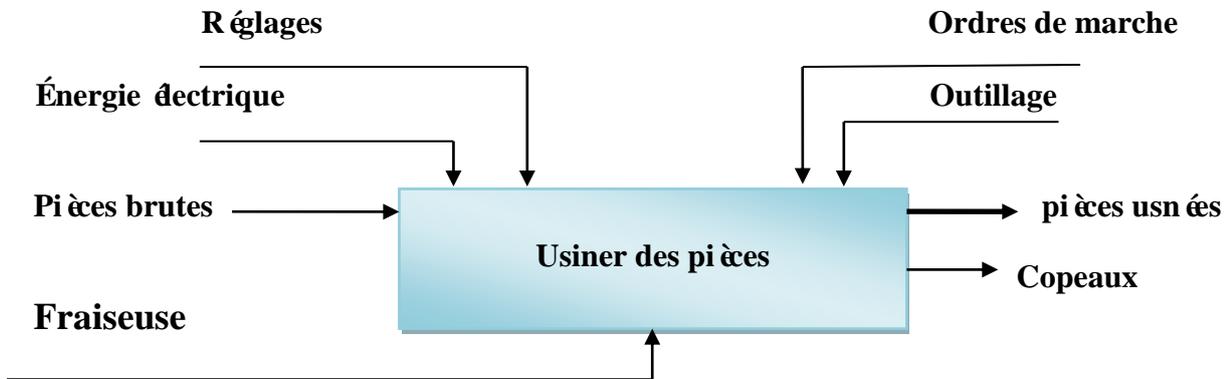


Figure. IV.9. Analyse Fonctionnelle d'une fraiseuse HURON MU

IV.7.2. Décomposition fonctionnelle

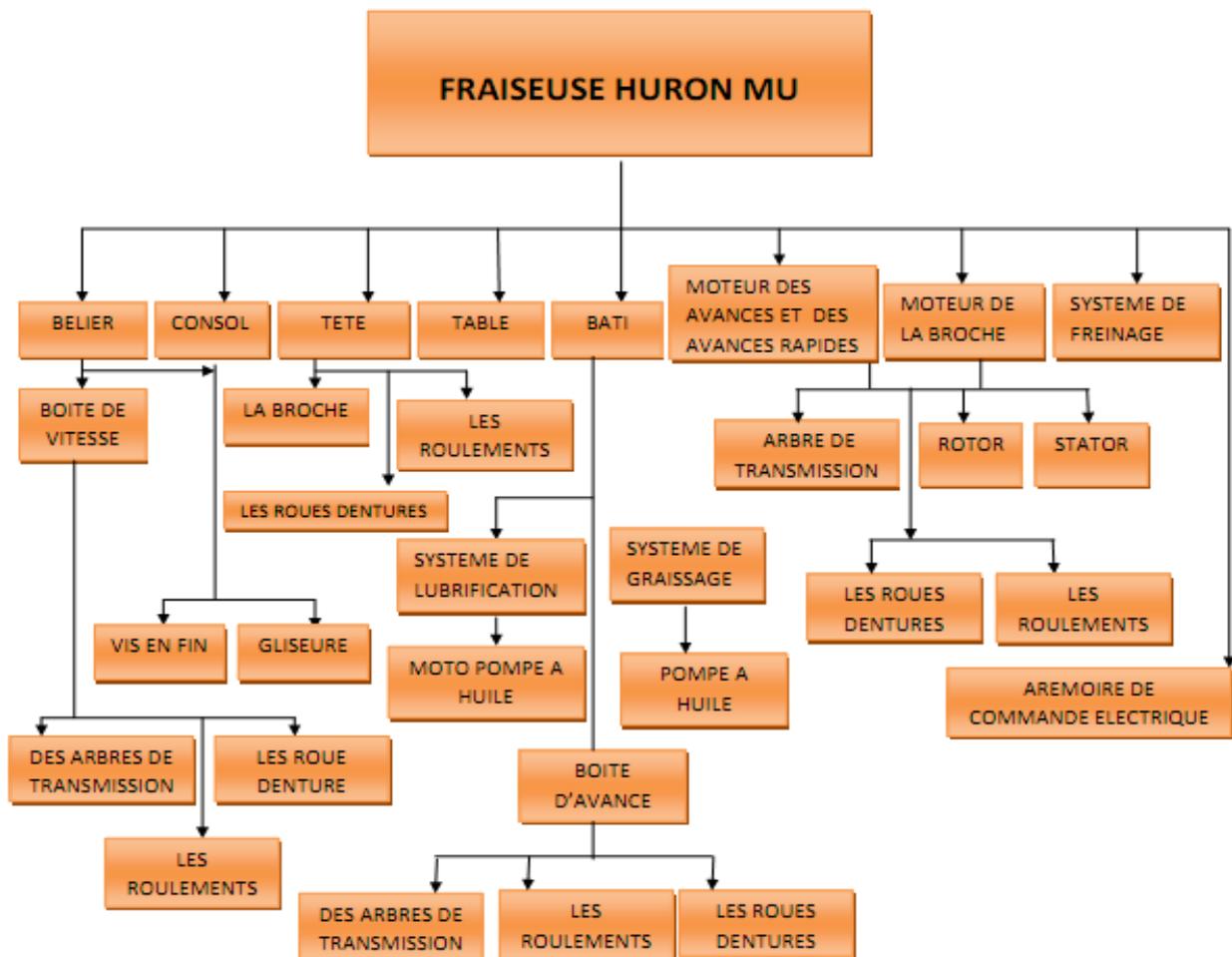


Figure. IV.10. Décomposition fonctionnelle d'une fraiseuse HURON MU

IV.7.3. L'analyse externe de la fraiseuse HURON MU

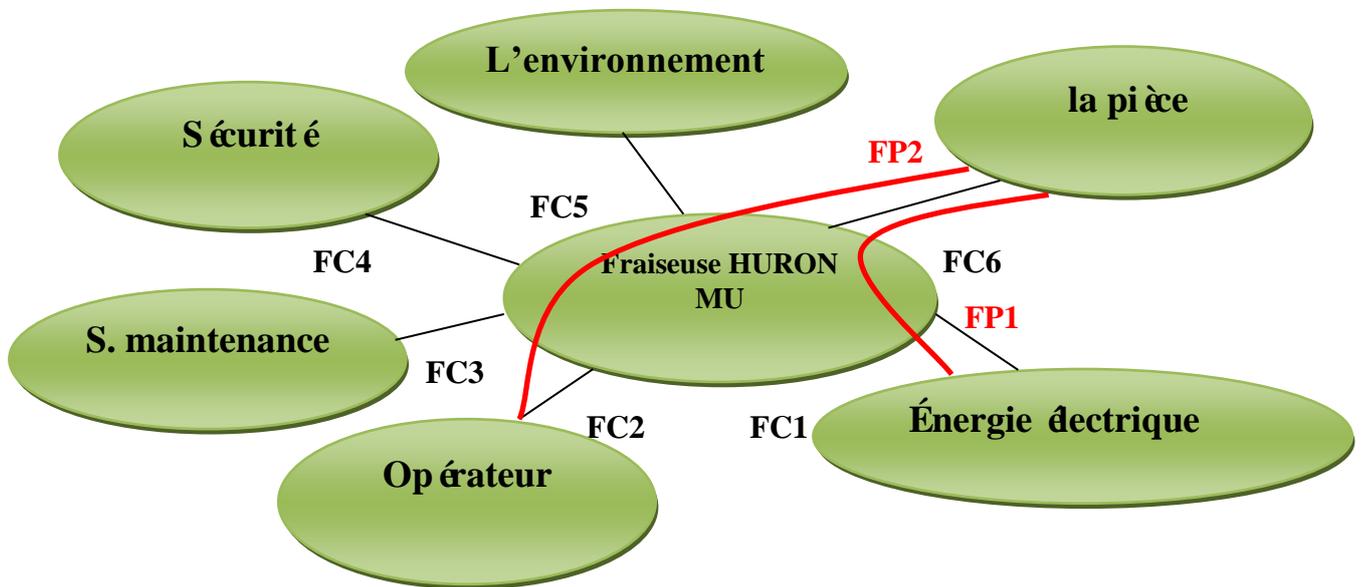


Figure. IV.11. L'analyse externe de la fraiseuse HURON MU

FP1	Transmettre l'énergie électrique issue du courant électrique à l'ambiance
FP2	Etre compatible avec les réglages et obtenir la température désirée
FC1	Etre compatible avec les réglages
FC2	Manipuler réglés sans danger
FC3	Accessibilité aux travaux de maintenance
FC4	Respecter les normes de la sécurité
FC5	Respect du milieu de travail
FC6	Qualité de la pièce

IV.7.4. L'analyse interne de la fraiseuse HURON MU

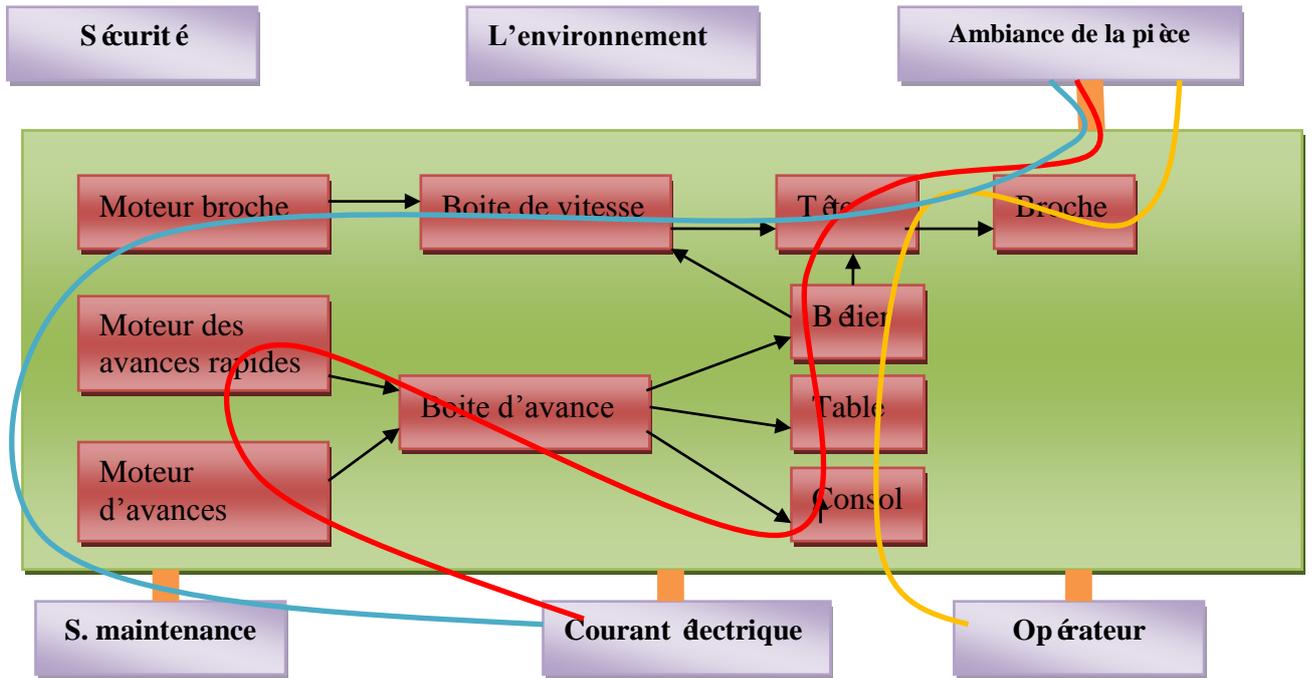


Figure. IV.12. L'analyse interne de la fraiseuse HURON MU

IV.7.5. Diagramme causes-effet

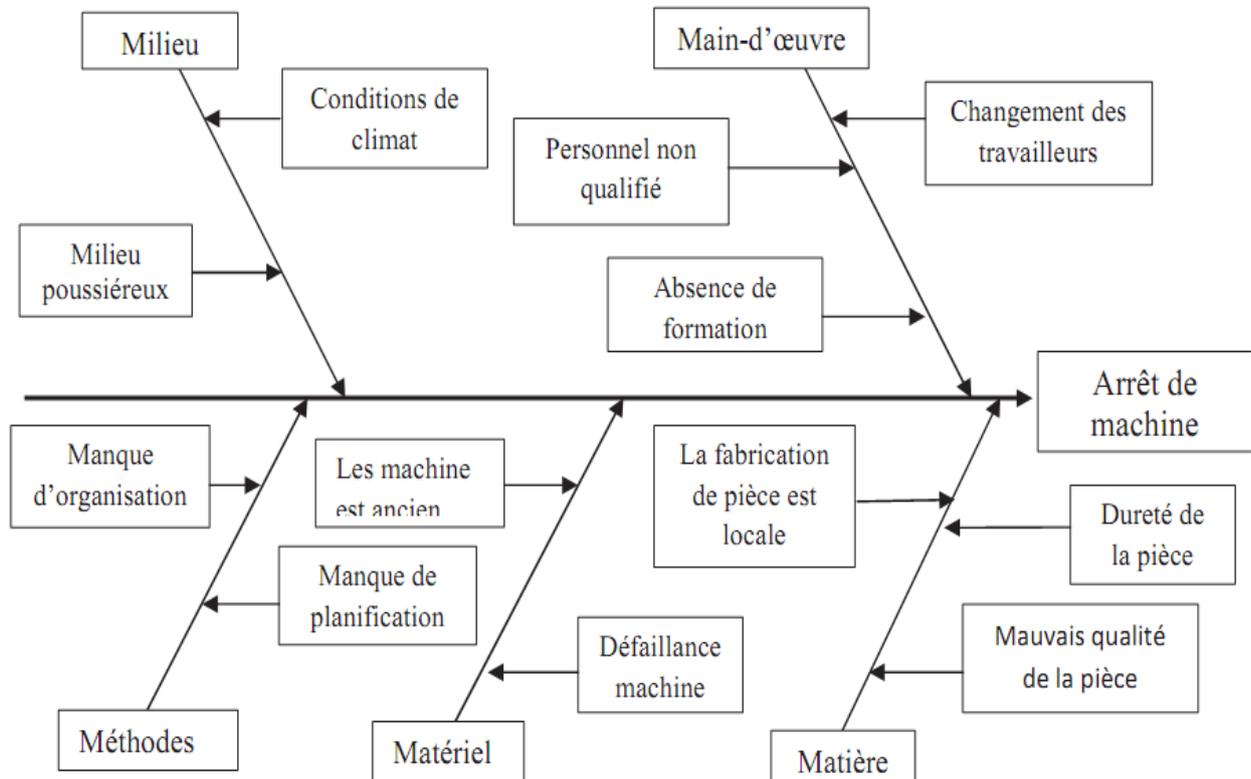


Figure. IV.13. Diagramme causes-effet

IV.7.6 La méthodologie d'approche

L'AMDEC est une méthode très intéressante à utiliser en maintenance, puisqu'elle nous informe tout d'abord sur les étapes :

- initialisation
- l'analyse fonctionnelle
- l'analyse des défaillances
- grille AMDEC

Dans certains cas, les informations ne sont pas reportées sur un historique qui nous permettra une exploitation objective de la santé de l'équipement.

Pour la première étape, il est évident qu'on doit porter un intérêt à l'équipement ; fraiseuse ; sujet de notre mémoire de fin d'étude.

En deuxième lieu une équivoque doit être choisie ayant une expérience assez importante dans le domaine de maintenance et exploitation ; et travaillant selon une planification des renvois de travail.

Agissant de notre fraiseuse, il est recommandé de décortiquer le fonctionnement de cette dernière (Figure. IV.11).

Par la (Figure. IV.15) Représente le principe des modes de défaillance qui nous permettra de reporter l'information de l'historique aux tableaux AMDEC (1/4, 2/4, 3/4, 4/4).

Pour synthétiser notre étude AMDEC ; nous devons compléter la grille AMDEC, pour une estimation de la criticité

Sachant que : $C = F * G * N$

Il est important de savoir que la GRAVITE est estimée par un groupe de spécialistes, qui notera chaque défaillance de (1 à 5).

Pour la fréquence (F) et par manque d'un historique révélateur nous supposerons ce facteur selon l'expérience des personnes de maintenance ; ainsi que pour (n) ; qui est la probabilité de non détection du dysfonctionnement.

Pour être explicite nous avons consenti à donner à [], des valeurs estimatives pour les paramètres G, F, et N.

IV.7.7. La grille AMDEC de la fraiseuse (1/4, 2/4, 3/4, 4/4)

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement : Machine normale				page : 72 / 4
	Système : FRAISEUSE HURON MU		Sous - Ensemble : Mécanisme de freinage, Vis et noix (table)							Nom :
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Mécanisme de freinage (table)	freinage montée et descente table	Descente libre	Galets du mécanisme de freinage usé	Arrêt de la machine	Visuel	2	3	2	12	Réglage du mécanisme de freinage
			Desserrage de l'écrou de mécanisme de freinage	Arrêt de la machine	Visuel	2	4	2	16	Changement des galets de freinage et réglage du fonctionnement
		Descente dure	Blocage de la table	Arrêt de la machine	Visuel	3	3	2	18	Démontage et vérification
			Cassure et blocage de un ou plusieurs galets	Arrêt de la machine	Visuel	2	4	2	16	Changement et réglage
Vis et noix (table)	Montée Descente (table)	Montée dure	Manque graissage	Arrêt de la machine	Visuel	1	3	3	9	Vérification et control du circuit de graissage+appoint d'huile
		Descente libre	Vis ans fin endommagée	Arrêt de la machine	Visuel	1	4	2	8	Changement de la vis sans fin
		Blocage de la table	Cassure d'une ou plusieurs billes de la noix	Arrêt de la machine	Visuel	1	5	2	10	Vérification des billes de la noix ou changement de la noix
		Jeu et vibration de table	Usure sur les billes et la vis sans fin de déplacement table	Arrêt de la machine	Visuel	3	3	2	18	Réglage du positionnement de mécanisme vis et noix et réglage de l'ardant table

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement : Machine normale				page : 2 / 4	
	Système : fraiseuse huron mu		Sous - Ensemble : Boite de vitesse (belier) et Les avances automatique table							Nom :	
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective	
						F	G	N	C		
Boite de vitesse (belier)	démunie ou augmenté la vitesse de rotation de la broche	Bruit a normal pendant la rotation des vitesses	Manque de graissage boite (barbotage)	Arrêt la machine	Visuel (vérification voyant d'indication d'huile)	1	3	2	6	Appoint d'huile	
			Conduite d'alimentation d'huile cassée	Arrêt la machine	Visuel (Démontage et vérification)	1	4	3	12		
			Fuite d'huile jointure défectueuse	Arrêt la machine	Visuel (Démontage et vérification)	1	2	4	8		
	Changement de vitesse dure (Pas de rotation dans quelques vitesses)	Changement de vitesse ne fait pas (Pas de rotation globale)	Une ou plusieurs roues cassées	Arrêt la machine	Arrêt la machine	Visuel (Démontage et vérification)	1	4	4	16	Changement des roues cassées
				Embrayage entrée boite défectueux	Arrêt la machine	Visuel (Démontage et vérification)	1	4	3	12	Changement d'embrayage
				Coupeure fils d'alimentation bobine d'embrayage	Arrêt la machine	Visuel (démontage)	2	3	2	12	Vérification et Changement de des fils d'alimentation bobine d'embrayage
				rotation de la boite vitesse défectueux	Arrêt la machine	Visuel (multimètre)	1	5	3	15	Vérification et réglage la boite vitesse
L'avance automatique table	avancée la table a gauche droite	Mauvais engrainement de denture	Mauvais réglage de mécanisme d'engrenage	Arrêt la machine	Visuel (Démontage et vérification)	2	3	3	18	Vérification du réglage de la catidralle de fonctionnement avance automatique	
			Coupure du mécanisme de fonctionnement	arbre de transmission de moteur cassée	Arrêt la machine	Visuel	1	4	4	16	Changement arbre de transmission
				goupille élastique de raccordement cassé	Arrêt la machine	visuel	2	2	3	12	Changement des goupilles
			Mécanique pendent le déplacement dure	Manque de graissage et présence d'inpurtées	Arrêt la machine	visuel	1	3	3	9	Vérification du circuit de graissage et appoint d'huile

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement : Machine normale				page : 3/ 4
	Système : fraiseuse huron mu		Sous - Ensemble : Pompe centrale ; Circuit pompe ;et Moteur avances rapide							Nom :
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Pompe centrale	Débit le lubrifiant sous pression	Pas de débit	Rupture accouplement	Arrêt la machine	visuel	1	3	4	12	PR : accouplement
			Rupture interne / blocage	Arrêt la machine	Visuel	1	4	4	16	PR : joints / pompe / moteur MR : installer thermique
		Débit insuffisant	Usure interne	Arrêt la machine	Visuel (manomètre)	1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
			Lubrifiant non conforme	Arrêt la machine	Visuel (manomètre)	1	4	2	8	D : formation opérateur
Circuit pompe	Etablir la liaison hydraulique entre la pompe et la soupape de décompression	Obturation	Impuretés dues à l'usure	Arrêt la machine	Visuel (manomètre)	1	4	3	12	MPT : vérifier montée en pression
		Fuite	Raccords desserrés par vibrations / joints défectueux	Arrêt la machine	Visuel (manomètre)	1	3	3	9	MPT : vérifier montée en pression MPA : resserrer les raccords PR : joints, raccords, tuyaux
Moteur avances rapide	Assure l'avance rapide de tous les mouvements Bélier table console	Pas d'avance rapide dans tous les sens	Pas d'alimentation électrique	Arrêt la machine	Visuel (manomètre)	1	2	3	6	changement
			Absence de commande de démarrage	Arrêt la machine	Visuel (manomètre)	1	2	3	6	Changement moteur
		Pas d'avance rapide dans l'un des axes	Moteur hors servisse	Arrêt la machine	Visuel (manomètre)	1	3	4	12	Vérification et réparer
			Erreur de câblage	Arrêt la machine	Visuel	1	2	3	6	Vérification câblage d'alimentation
			Absence d'un mécanisme d'avance rapide de l'un des axes	Arrêt la machine	Visuel	2	2	3	12	Vérification de tout l'élément mécanique de l'axe
		Bruit a normale au niveau moteur	Roulement du guidage cassée défectueux	Arrêt la machine	Visuel	1	4	4	16	Prévoir changement des paliers des guidages

Date de l'analyse:	AMDEC MACHINE – ANALYSE DES MODES DE DÉFAILLANCE DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITÉ					Phase de fonctionnement : Machine normale				page : 4 / 4
	Système : FRAISEUSE HURON MU		Sous - Ensemble : Mécanisme de freinage, Vis et noix (table)							Nom :
Élément	Fonction	Mode de défaillance	Cause de la défaillance	Effet de la défaillance	Détection	Criticité				Action Corrective
						F	G	N	C	
Moteur broche	Pour tournée la broche	Court circuit	vieillessement	Arrêt de la machine	Visuel	1	3	3	9	Vérification et control du circuit
		Problème des roulements	Usure ou cassure des roulements	Arrêt de la machine	Visuel	2	4	2	16	Prévoir changement des paliers des guidages
		Vibration	Surcharge	Arrêt de la machine	Visuel	3	4	1	12	Vérification et réglage
		Ne démarre pas	Erreur de câblage	Arrêt de la machine	Visuel	2	4	1	8	Vérification câblage d'alimentation
		Manque de phase	Absence de commande	Arrêt de la machine	Visuel	2	3	1	6	Changement moteur
Broche	Pour fraisé la pièce)	coincement	fatigue	Arrêt de la machine	Visuel	1	4	4	16	Changement de la broche
			Usure d'axe	Arrêt de la machine	Visuel	1	4	3	12	Changement de l'axe
			manque de graissage	Arrêt de la machine	Visuel	2	3	2	12	graissage+appoint d'huile
Glissière	Diminuer le frottement des liaisons	Fissure Encrassement	Manque de graissage	Arrêt de la machine	Visuel	3	3	1	9	graissage

IV.8. Hiérarchisation des défaillances

La hiérarchisation de la criticité peut être formalisée sous forme d'un histogramme. Le seuil de criticité est déterminé par le groupe de travail. Ce seuil est la limite au delà de laquelle des préventives doivent être menées. On pourra aussi établir une liste des points critiques. Après la constatation des valeurs en notre possession des risques de défaillances critiques, il est impératif que des actions correctives ou préventives soient entreprises. Une diminution de la criticité pourra être obtenue en jouant sur un (ou plusieurs) facteurs du produit $F \cdot G \cdot N$

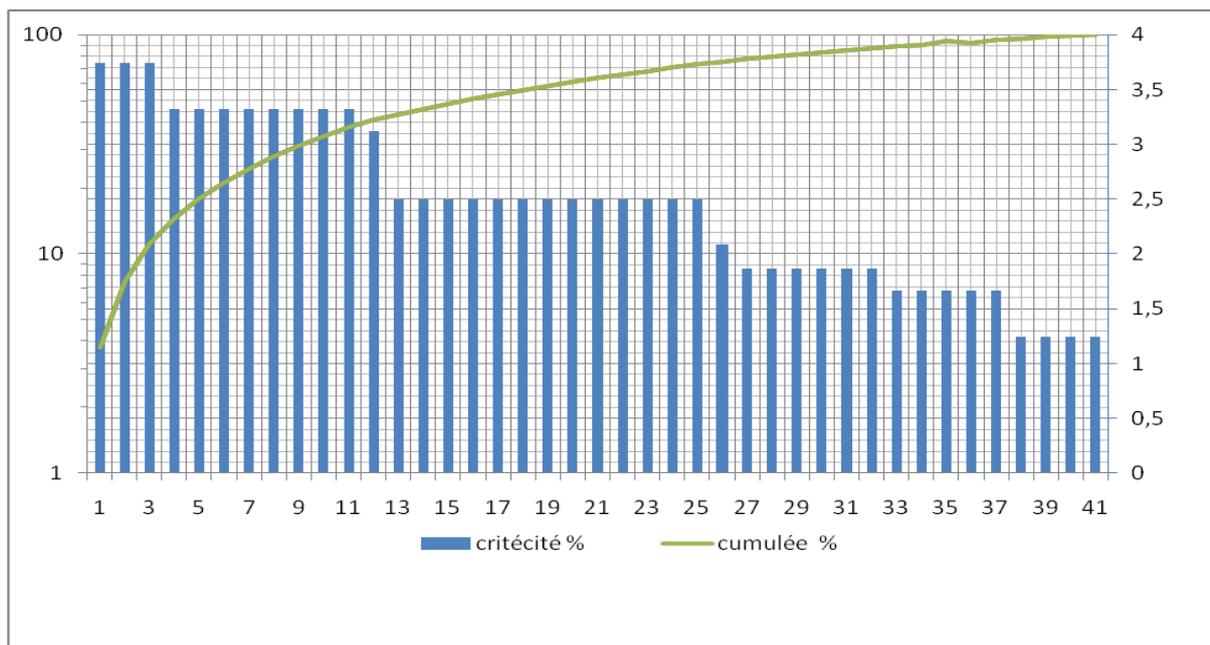


Figure. IV.14. Histogramme de hiérarchisation de la criticité

IV.9. Conclusion

Ce chapitre est important par les informations fournies et la détermination des différentes fonctions de la fraiseuse. Le facteur révélateur, qui est, la criticité a été déterminé suite à une enquête réalisée sur le site. Ce fait est dû au manque d'un historique nécessaire pour une étude objective de la situation.

Nous avons fait ressortir les éléments de la machine qui ont une criticité importante par la méthode AMDEC.

Ces éléments se présentent comme sans ensembles tournants, telle que : boîte de vitesse ; boîte d'avances; moteur électrique; etc...

Une fois que les causes de dysfonctionnement, révélées, il nous appartient de présenter des améliorations du point de vue maintenance.

CHAPITRE V

Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance

V.1. Introduction

Dans les ateliers AMM, les machines outils ; sont doivent être disponibles avec des caractéristiques fonctionnelles les meilleures possibles.

Comme indiqué peu l'historique du service maintenance AMM environ 40% des machines outils sont à l'arrêt.

La démarche qui suivra, consistera à la présentation d'un plan de maintenance de la fraiseuse HORON MU qui servira de modèle pour les autres machines outils par amélioration l'état de ces derniers du point de vue maintenance.

V.2. Objectifs

L'établissement du plan de maintenance permet d'atteindre les objectifs suivants :

- Garantir une continuité de service
- Garantir un niveau de disponibilité connu à un coût global maîtrisé
- Maintenir une qualité de service contractuelle
- Prévenir les risques

V.3. Conditions d'établissement

Afin d'assurer une bonne maîtrise dans le temps de la maintenance d'un bien, le plan de maintenance doit contenir toutes les informations nécessaires. Le contexte dans lequel ce plan a été établi doit être précisé. En effet, tout ou partie des dispositions décrites dans le plan de maintenance sont dépendantes du contexte qui prend en compte :

- Le taux d'engagement du bien
- Les objectifs assignés de production
- Les produits fabriqués
- Le taux de défaillance constaté

Si le contexte évolue, le plan de maintenance doit être réexaminé. Les modes de fonctionnement du service maintenance doivent donc intégrer cet examen automatique de la validité du plan de maintenance.

Pièce maîtresse du plan, **l'inventaire des interventions**, listant l'ensemble des interventions à réaliser sur le matériel, comportant éventuellement la périodicité préconisée et les commentaires nécessaires, **doit mentionner** :

- Les modes opératoires associés
- L'état du bien requis pour effectuer l'intervention
- Les ressources

La phase suivante est l'établissement du planning des interventions qui permet de représenter de manière globale et synthétique l'activité de maintenance sur le bien. [15]

V.4. Principales actions intégrées au plan de maintenance

Le plan de maintenance définira de façon précise les actions suivantes : inspections, contrôles, visites, réparation.

V.5 Démarche générale d'établissement du plan de maintenance [15]

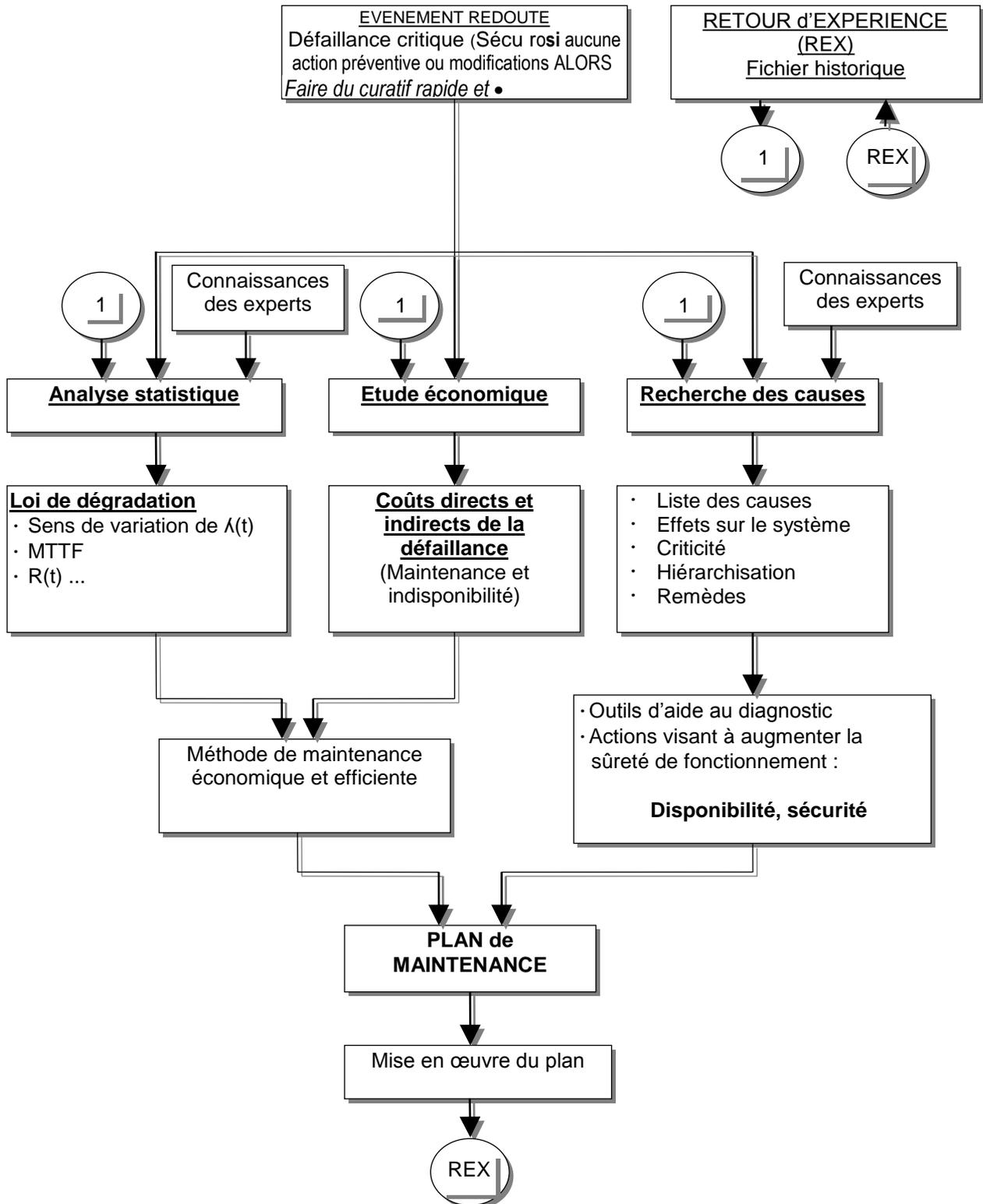


Figure. V.1. Démarche générale d'établissement du plan de maintenance

Le Faible taux de fiabilité (33,1%) nous mène à situer les causes de cette baisse de fiabilité qui représentent essentiellement :

- à la boîte de vitesse
- à la boîte d'avance
- au système de farinage

Ceci a été confirmé par l'étude AMDEC, où ces trois sous-ensembles ont une criticité élevée.

V.6. Démarche à entreprendre

V.6.1. GAMMES d'entretien

On entend par gamme, les opérations de maintenance à exécuter scrupuleusement avec les moyens prescrits et aux temps spécifiques à chaque opération ci, on présentera le gamme d'entretien préventive conditionnelle pour la fraiseuse considérée.

Cette gamme proposée, prend en compte les différentes opérations (fréquences et moyennes) sous-ensembles importants, tels que :

- Moteur électrique
- Boîte d'avances
- Boîte de vitesses

Ce choix n'est pas fortuit, puisque, les éléments critiques seront surveillés contrôlés et remplacés à l'improvvisation ; évitant ainsi la dégradation inopinée et aléatoire.

Par cette méthode, le bureau technique aura toute la latitude de préparer les gammes opératoires d'intervention.

Dans ces conditions les TTR seront moindres.

N°	Désignation Opération	Périodicité (h)	Niveau de maintenance	PDR et Consommable	Intervenant					Outillage
					méc	élec	hyd	Autre spécialité	opé	
1	Nettoyage	8h	1	Solution liquide					•	Manuel
2	Inspection	8h	1	Visuel	•	•				Manuel
3	Contrôle	8h	1	Visuel	•	•				
4	Visite	8h	1	Visuel+Mesure			•			
5	Vidange et nettoyage la tête	450h	1	Visuel			•			Manuel
6	Bâtier graissage	450h	1	Huile			•			Manuel
7	Pompe de graissage	450h	1	Huile			•			Manuel
8	Vidange réservoir liquide	450h	1	Huile			•			Manuel
9	Contrôle vibratoire	240h	4		•					Vibromètre
10	Contrôle boîte de vitesse	450h	4		•					Vibromètre
11	Glissière nettoyage	8h	1	Solution liquide					•	Manuel
12	Système freinage usure galet	450h	3		•					Pied à coulisse
13	Graissage vis sens fin et nettoyage	56h	1	Graisse			•			Manuel
14	Moteur électrique d. rapide	450h	3			•				Contrôle vibratoire
15	Roulement guidage	450h	3		•					Contrôle vibratoire
16	Broche vibration	450h	4		•					Contrôle vibratoire
17	Desserrage écrous mécanisme de freinage	56h	1		•					Clé

Tableau. V.1. Gamme d'entretien préventive

V.7. Stratégie de mise en place d'un plan de maintenance

V.7.1. Définition des actions de maintenance à prévoir dans le plan

L'analyse AMDEC permet de déterminer la criticité des d'un équipement par rapport à ses différentes fonctions. Mais comment déterminer le type de maintenance et le type d'action à mettre en œuvre suite à l'étude de cette criticité ?

Principe : les opérations de maintenance à retenir dans le plan doivent satisfaire 3 critères : **applicabilité, efficacité et rentabilité**. Une opération est **applicable** si elle peut être mise en œuvre ; une opération est **efficace** si elle permet de réduire le taux ou l'intensité de défaillance ; une opération est **rentable** si elle peut être réalisée dans des conditions économiques [15]

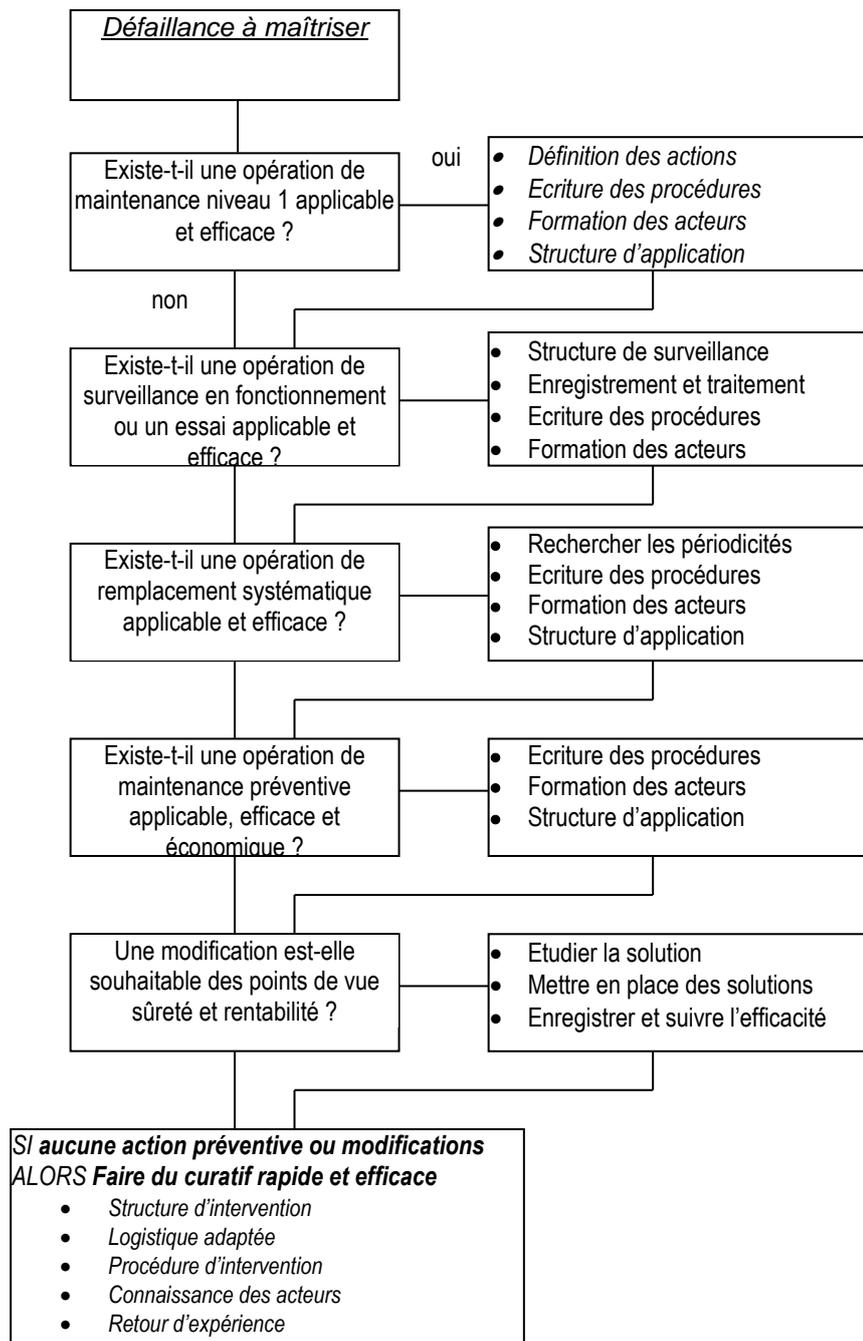


Figure. V.2. prévoir les actions de maintenance dans les plans

V.7.2. Définition des périodicités

La périodicité d'intervention T se détermine à partir :

- Des préconisations du constructeur dans un 1^{er} temps
- De l'expérience acquise lors d'un fonctionnement correctif
- De l'exploitation fiabiliste réalisée à partir d'essais, d'historiques ou de résultats fournis par des visites préventives initiales ; les lois de Weibull et exponentielles permettent de déterminer la MTBF associée à un intervalle de confiance.
- D'une analyse prévisionnelle de fiabilité (quantification d'un arbre de défaillance)

Dans tous les cas, la périodicité n'est pas une valeur fixe « une fois pour toute ». Elle doit évoluer en fonction du retour d'expérience et de l'évolution de l'équipement.

En général, un cycle de maintenance. [15]

V.8. mettre en place un programme d'entretien préventif

L'élaboration d'un programme adapté demande la participation de tous les intervenants (direction, département de production, département de l'entretien et travailleurs). La bonne compréhension du rôle d'entretien préventif est essentielle au succès d'une telle entreprise. Voici donc la suite logique des étapes à suivre pour élaborer un programme d'entretien préventif efficace qui peut très bien fonctionner sur papier sans passer nécessairement à l'étape d'informatisation.

Les étapes suivantes sont:

1. Dresser l'inventaire des équipements.
2. **Choisir les équipements à entretenir**
3. **Déterminer le type d'entretien préventif et les activités qui en découlent**
4. Structurer le dossier d'entretien des équipements
5. Établir un calendrier d'entretien et déterminer les responsabilités des personnes concernées
6. Former le personnel. Le programme d'entretien doit être connu et compris de tous les acteurs du milieu de travail.
7. Évaluer le programme
8. Effectuer un suivi continu
9. Compiler les fiches techniques des équipements
12. Structurer le dossier d'entretien des équipements
13. **Contrôler l'inventaire des pièces de rechange** [16]

Les étapes en gras, ont été choisies du fait de leur importance :

ÉTAPE 2 Choisir les équipements à entretenir

Cette étape est l'une des plus importantes dans l'implantation d'un programme d'entretien préventif. En effet, il est recommandé de commencer l'entretien avec un minimum d'équipements et de s'assurer du bon fonctionnement du programme plutôt que d'inclure toutes les machines dès le début et de ne pouvoir effectuer l'entretien préventif correctement.

L'implantation doit donc se faire graduellement en commençant par les équipements critiques dont la défaillance entraînerait:

- Un danger pour la santé et la sécurité du personnel
- Un arrêt de production
- Une diminution de la qualité
- Damages et coûts considérables
- Danger pour l'environnement.

Pour justifier l'entretien préventif d'un équipement, il est indispensable d'évaluer le coût et de comparer celui-ci aux coûts suivants:

- Coût de l'entretien curatif (dépannage et réparation).
- Coût des accidents de travail (coûts directs et indirects).
- Coût des pertes de production.
- Coût des rebuts (mauvaise qualité du produit). [16]

Choix du type d'entretien

Il est également important de discerner le choix des équipements selon la spécialisation du personnel d'entretien et selon ce qu'on veut accomplir. Par exemple, donner en sous-traitance les équipements de manutention (chariots élévateurs et ponts-roulants) pour se concentrer davantage sur les machines de production.

Après avoir sélectionné les équipements qui feront partie du programme d'entretien préventif, on doit cerner les types d'interventions et de soins à leur apporter.

ÉTAPE 3 Choisir le type d'entretien pour ces équipements

L'entretien préventif de type conditionnel est sans compromis le plus intéressant pour suivre l'évolution des paramètres sur une machine et de là solliciter de façon optimale la durée de vie des pièces et des groupes de composantes. Par contre, l'efficacité d'une maintenance conditionnelle est subordonnée à l'efficacité et à la fiabilité des paramètres de mesure qui la caractérisent. Ainsi ce type d'entretien sera réservé aux équipements dont l'évolution des défauts est facilement détectable et mesurable avec des capteurs fiables ou des instruments spécialisés.

Le choix du type d'entretien résultera toujours d'un compromis financier et technique. De ce fait, le responsable du choix devra effectuer pour chaque équipement la comparaison des avantages et des inconvénients inhérents à chaque type d'entretien.

Avantages de l'entretien Conditionnel		Coûts de l'entretien systématique ou correctif
--	---	---

L'entretien correctif sera généralement réservé aux équipements dont la non disponibilité a peu d'impact sur la production (machine doublée ou non liée à la production), sur la sécurité des travailleurs et dont le coût annuel supposées réparations et des pannes imprévisibles demeure acceptable.

L'entretien systématique sera généralement employé pour le remplacement des pièces d'usure de faible coût (joints, garnitures, fusibles, filtres, courroies, ...) ou des pièces critiques dont on connaît avec précision la longévité (relais, coussinets, sabots de frein, ...).

L'entretien périodique conviendra aux équipements nécessitant des vérifications obligatoires périodiques, des ajustements réguliers, des inspections fréquentes ou chaque fois que des mesures fiables seront impossibles à obtenir autrement qu'en procédant à des étapes de vérifications spécifiques.

Pour les opérations de graissage, de lubrification, de calibration ou d'ajustements légers, on peut procéder davantage à des rondes spécifiques sur un groupe d'équipements donné ou encore, demander la participation de l'opérateur à ces tâches (automaintenance). **[16]**

Afin de mieux s'orienter dans les choix menant à l'entretien conditionnel, voici un tableau récapitulatif des méthodes utilisées en fonction des équipements surveillés et de la périodicité des mesures.

Méthodes utilisées	Équipements surveillés	Instruments	Périodicité de base
Mesure de vibrations	Toutes les machines tournantes de moyenne et grosse puissance et/ou équipements critiques: moteurs, réducteurs, compresseurs, pompes, ventilateurs, ...	Capteur de vibration, analyseur, (sous-traitants)	1500 à 3000 heures
Analyse des huiles	Réducteurs et circuits hydrauliques, circuits de chauffage à huile thermique, transformateurs à l'huile.	Réalisé par les fournisseurs ou des sous-traitants	6 mois
Thermographie	Équipements haute tension, distribution basse tension, électronique de puissance, armoires de relai, équipements garnis de réfractaire (fours), ...	Imageur thermique et caméra infrarouge (sous-traitants)	12 mois
Mesure de défauts de roulement	Tous roulements	Mesureur spécial ou analyseur enveloppe	500 heures
Détection des ultrasons	Localisation des fuites	Détecteur ultrasonique (sous-traitants)	selon la demande
Examen endoscopique	Cylindres de compresseurs, ailettes, engrenages endommagés, ...	Endoscope + photos (sous-traitants)	tous les mois
Analyse stroboscopique	Partout où l'on voudrait étudier un mouvement, contrôler une vitesse, mesurer les plans.	Stroboscope de l'analyseur de vibration	selon les besoins

Tableau.V.2. Exempla du Choix du type d'entretien

ÉTAPE 10 Contrôler l'inventaire des pièces de rechange

Certaines méthodes pour évaluer les quantités sont établies mais seule une analyse cas par cas des consommations réelles permet de gérer les quantités car la consommation d'une pièce de rechange dépend d'une foule de facteurs qui sont liés à son usage (machine sur laquelle elle est utilisée, mode d'utilisation, modifications aux équipements de production, etc.). C'est pourquoi les méthodes théoriques pour évaluer les quantités sont de moins en moins suggérées.

Si on ne possède aucune donnée du fabricant de l'équipement ou du fournisseur concernant les pièces critiques sur la machine, on peut toujours débuter l'analyse par la démarche suivante qui peut très bien être réalisée lors de l'élaboration des fiches techniques par machine:

faire la liste des pièces et des sous-ensembles de la machine ;

Classer cette liste dans les catégories suivantes correspondant au type de pièces et, pour chaque catégorie, utiliser les valeurs indicatives correspondantes:

1. Pièces de liaison entre parties fixes et mobile ; pièces d'usure en majorité (coussinets, roulements, bagues, relais, contacts,)	1 pièce de rechange pour 4 en service
2. Pièces de régulation et de commande (soupapes, clapets, ressorts, tiges, bielles,).	1 pour 5
3. Pièces mobiles: arbres et rotors, ...	1 pour 10
4. Pièces pour l'électronique, etc.	1 pour 20
5. Pièces de structure: bâtis, ossatures, Charpentes ou supports.	0

Tableau. V.3. Exemple de classement des pièces de Rechange

Pour le choix et les quantités, il faut tenir compte également de la charge de travail moyenne du matériel et du nombre de machines identiques. Ainsi, avec plusieurs machines identiques travaillant à faible charge, on pourrait avoir un stock nul (« 4 machines en marche à 75% » sont équivalentes à « 3 machines en marche continue »).

Les fichiers historiques permettent également de corriger ces valeurs. Comme les causes des interventions de réparation sont notées, il sera facile de juger de la nature du remplacement de la pièce: usure, accidents, reconstruction, améliorations, [16]

V.9. Aspect organisationnel

Pour atteindre notre objectif, qui est l'application de l'entretien préventif conditionnel, une organisation adéquate doit être élaborée en collaboration avec la production, la gestion de service maintenance et la logistique il faut :

- une coordination entre services exploitation maintenance gestion de service maintenance.
- la création d'un circuit d'information et de suivre des actions de maintenance dans tous ses détails (GMAO) et historique.
- Une information adéquate des acteurs de la maintenance :
 - Une logistique qui répond aux besoins du service maintenance ; tel que
 - Transport
 - Moyens de manutention
 - Outillage
- Documentations standardisation, normalisation

Conclusion générale

Le travail présenté dans ce mémoire nous a permis de déterminer l'évaluation de la fiabilité des équipements industriels et leur optimisation par des diagnostics et des méthodes analytiques et numériques. Il n'y a pas de méthodes normalisées pour calculer la fiabilité des systèmes mécaniques, le choix de la méthode à appliquer se fait en fonction des types d'équipements, de la grandeur des équipements, de la qualité de la production, des moyens disponibles et des données recueillies.

Dans notre travail, nous avons appliqué les principales méthodes et lois utilisées en fiabilité ainsi que les différentes approches pour déterminer les paramètres de fiabilité qui caractérisent le degré de défaillance des équipements et permettent de bien suivre l'état des organes afin de choisir correctement le type de la maintenance à appliquer.

Après une étude bibliographique, nous avons relevé les cinq facteurs essentiels de la fiabilité

1. La notion du taux de défaillance ; car en mécanique le taux de défaillance est une fonction du temps dans chaque phase de la vie de l'équipement.
2. Le recueil des données de fiabilité est souvent difficile : Il dépend essentiellement de l'organisation et la gestion de la maintenance afin de bien exploiter les données historiques des équipements.
3. Les défaillances qui ont des origines particulières.

La fraiseuse, thème de notre étude, a montré une faible fiabilité, du fait de l'application de la maintenance corrective à outrance dans les AMM.

Un plan de maintenance et sa stratégie consistera à donner un moyen efficace pour être à un niveau compétitif par rapport aux ateliers du même type. La médiologie de l'application de ce plan de maintenance pourra être utilisé pour les autres secteurs: petite, moyenne et grosse mécanique.

Bibliographie :

- [1] **Samir Benarabi, Chouchani Abidi Brahim**, « *Optimisation du choix des outils de coupe pour l'usinage des poches quadrilatères en 2D½* », 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] Documentations technique de la machine **HURON**.
- [12] Gilles Zwingelstein, LA maintenance basée sur la fiabilité ; Hermes 2012
- [13] Documentation d'histoire de l'unité (AMM) **ateliers maghrébin mécanique**
- [14] Dossier technique du CRTA méthodologie AMDEC 2004
- [15] J.H. Ing, Pratique de la maintenance Préventive, dunod, paris, 2002
- [16] Marc St-Marseille Jean-Bruno mémoire de fin d'étude, la gestion des équipements, 1997

