

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

FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE  
NO D'ORDRE: .....



DOMAINE : GENIE ELECTRIQUE  
FILIERE : ELECTROMECHANIQUE  
OPTION : MAINTENANCE  
INDUSTRIELLE

Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Académique

Par: DERRADJ Tahar

Intitulé

**Mise en œuvre d'une politique de maintenance  
préventive d'un système de production**

**Soutenu devant le jury composé de:**

|                    |                     |             |
|--------------------|---------------------|-------------|
| Dr. Ghoumari zine  | Université – M'sila | Président   |
| Dr. DEFDAF Mabrouk | Université – M'sila | Encadreur   |
| Mr. Ghasmia Hani   | Université – M'sila | Examinateur |

**Année universitaire : 2017 /2018**

# Remerciement

Tout d'abord, nous remercions le Dieu, notre créateur de nos avoir donné les forces pour accomplir ce travail.

Premièrement et avant tout, nous adressons le grand remerciement à notre encadreur Mr : M. DEFDAF pour ses conseils.

Je remercie également l'ensemble des membres du jury pour avoir consacrer leur Temps pour examiner ce travail malgré leurs nombreuses responsabilités.  
je suis reconnaissant pour leurs attention qu'ils ont porté à mon travail.

Nous voulons également remercier tous les étudiants de notre promotion et nous leurs souhaitons le bon courage pour finir leurs études.

Nous voulons également remercier tous ceux qui ont participés à réaliser ce mémoire.

Je remercie tout le personnel de L'usine **ALGAL+**, en particulier les ingénieurs de la maintenance.

Enfin, Je tiens aussi à remercier ma famille et mes amis pour leur soutien

Continue.

# Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

A mes parents .Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A celui que j'aime beaucoup et qui m'a soutenue tout au long de ce projet :

mon épouse, et bien sûr A mon fils : **Abd elraoufe**

A toute ma famille, et mes amis,

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit achevé, je vous dis merci.

Tahar

# SOMMAIRE

|   |           |
|---|-----------|
| <b>I .1. INTRODUCTION</b> .....                         | <b>3</b>  |
| <b>I .2. HISTORIQUE</b> .....                           | <b>3</b>  |
| <b>I .3. LOCALISATION DU COMPLEXE</b> .....             | <b>3</b>  |
| <b>I .4. PRESENTATION DE LA SOCIETE</b> .....           | <b>3</b>  |
| <b>I .5. ACTIVITES DE LA SOCIETE</b> .....              | <b>4</b>  |
| <b>I .6. PATRIMOINE DE LA SOCIETE</b> .....             | <b>5</b>  |
| <b>I .7. PROCEDE DE FABRICATION</b> .....               | <b>6</b>  |
| <b>I .7.1. FONDERIE</b> .....                           | <b>7</b>  |
| <b>I .7.2. EXTRUSION</b> .....                          | <b>8</b>  |
| <b>I .7.3. ANODISATION</b> .....                        | <b>9</b>  |
| <b>I .7.4. LAQUAGE</b> .....                            | <b>10</b> |
| <b>I .7.5. POLISSAGE</b> .....                          | <b>11</b> |
| <b>I .8. AMELIORATION DE LA QUALITE</b> .....           | <b>12</b> |
| <b>I .9. NORMES TECHNIQUES DANS LA PROFESSION</b> ..... | <b>13</b> |
| <b>I .10. CHRONOLOGIE</b> .....                         | <b>13</b> |
| <b>I .11. CONSTRUCTION</b> .....                        | <b>14</b> |
| <b>I .12. VENTE</b> .....                               | <b>14</b> |
| <b>I .13. EFFECTIVITÉ ET EFFICACITÉ</b> .....           | <b>15</b> |
| <b>I .14. USINAGE</b> .....                             | <b>15</b> |
| <b>I .15. ECOLAGE ET ENVIRONNEMENT</b> .....            | <b>15</b> |
| <b>I .15.1. LEUR OBJECTIF</b> .....                     | <b>15</b> |
| <b>I .15.2. LEUR FIERTÉ</b> .....                       | <b>15</b> |
| <b>I .15.3. RECYCLAGE</b> .....                         | <b>15</b> |
| <b>I .15.4. QUALITÉ</b> .....                           | <b>16</b> |

|   |    |
|---|----|
| I .15.5. CERTIFICATS.....                             | 16 |
| I .16. USINAGES ET TRAVAIL À FAÇON.....               | 16 |
| I .17. PROCÉDÉ DE FABRICATION .....                   | 17 |
| I .18. CONSTRUCTION DE MATRICES ET CORRECTION .....   | 17 |
| I .19. HORIZON 2018.....                              | 17 |
| I .20. CONCLUSION.....                                | 18 |
| II.1.INTRODUCTION .....                               | 19 |
| II.2. DEFINITION DE LA MAINTENANCE .....              | 20 |
| II.3.LE ROLE DE LA MAINTENANCE .....                  | 20 |
| II.4. STRATEGIE DE MAINTENANCE.....                   | 21 |
| II.5.LES DIFFÉRENTES FORMES DE LA MAINTENANCE .....   | 22 |
| II.5.1.Maintenance préventive .....                   | 22 |
| II.5.1.1. Maintenance conditionnelle.....             | 22 |
| II.5.1.2. Maintenance prévisionnelle .....            | 22 |
| II.5.1.3.Maintenance systématique .....               | 22 |
| II.5.2.Maintenance corrective .....                   | 22 |
| II.5.2.1.Maintenance corrective «palliative».....     | 23 |
| II.5.2.2. Maintenance curative.....                   | 23 |
| II.6. LES ACTIVITES DE LA MAINTENANCE (NORME NF)..... | 24 |
| II.6.1. L'INSPECTION.....                             | 24 |
| II.6.2. LA SURVEILLANCE .....                         | 24 |
| II.6.3. LA REPARATION .....                           | 24 |
| II.6.4. LE DEPANNAGE.....                             | 24 |
| II.6.5. L'AMELIORATION .....                          | 24 |
| II.6.6. LA MODIFICATION.....                          | 24 |
| II.6.7. LA REVISION .....                             | 24 |
| II.6.8. LA RECONSTRUCTION.....                        | 24 |
| II.7. LES TEMPS DE LA MAINTENANCE .....               | 25 |
| II.8. LES NIVEAUX DE LA MAINTENANCE .....             | 26 |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>II.9.TABLEAU SYNTHETIQUE.....</b>   | <b>27</b> |
| <i>Partielle</i> .....   | 27        |
| <i>Dépannage</i> .....   | 27        |
| <i>Réparation</i> .....  | 27        |
| <i>Echéancier</i> .....  | 27        |
| <i>Visite</i> .....  | 27        |
| <i>Inspection</i> .....  | 27        |
| <i>Contrôle</i> .....  | 27        |
| <b>II.10.CHOIX DE LA POLITIQUE DE MAINTENANCE.....</b>                           | <b>28</b> |
| <b>II.11. POLITIQUE DE LA MAINTENANCE .....</b>                                  | <b>29</b> |
| <b>II.12. LES OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE.....</b>             | <b>29</b> |
| <b>II.13. CONCLUTION.....</b>  | <b>30</b> |
| <b>II.1.INTRODUCTION .....</b>   | <b>31</b> |
| <b>III.2.ORIGINE DE LA METHODE ABC.....</b>                                      | <b>31</b> |
| <b>III.3.OBJECTIF .....</b>  | <b>31</b> |
| <b>III.4.PRESENTATION DE LA METHODE ABC .....</b>                                | <b>31</b> |
| <b>LE TRACE DE CETTE COURBE NECESSITE L'APPLICATION DES REGLES SUIVANTES....</b> | <b>31</b> |
| <b>III.5.PRESENTATION GRAPHIQUE.....</b>   | <b>32</b> |
| <b>III.6.L'ANALYSE ABC DE FOUR A BIELLETES .....</b>                             | <b>33</b> |
| <b>III.6.1.ANALYSE SUIVANT LES HEURES D'ARRETS .....</b>                         | <b>33</b> |
| <b>III.6.2.ANALYSE SUIVANT LES NOMBRES DES PANNES.....</b>                       | <b>34</b> |
| <b>III.6.3.INTERPRETATION DE LA COURBE.....</b>                                  | <b>35</b> |
| <b>III.7.CONCLUSION: .....</b>   | <b>36</b> |
| <b>IV.1.INTRODUCTION .....</b>   | <b>37</b> |
| <b>IV.2.FIABILITE .....</b>  | <b>37</b> |
| <b>IV.2.1.DEFINITION.....</b>  | <b>37</b> |
| <b>IV.2.2.INDICATEUR DE FIABILITE <math>\lambda</math> et MTBF .....</b>         | <b>38</b> |
| <b>IV.2.3.Types De Fiabilité.....</b>  | <b>40</b> |
| <b>IV.3.LOIS DE WEIBULL.....</b>   | <b>41</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>IV.3.1. Signification des paramètres de Weibull .....</b>  | <b>41</b> |
| a) Paramètre de forme $\beta$ .....   | 41        |
| b) paramètre d'échelle $\eta$ .....   | 42        |
| c) paramètre de position $\gamma$ .....   | 42        |
| <b>IV.4. ANALYSE DE LA FIABILITE DE LIGNE D'EXTRUSION A PARTIR DU MODELE DE WEIBULL .....</b>                   | <b>43</b> |
| <b>IV.4.1. DETERMINATION DE LA FIABILITE DE LA LIGNE D'EXTRUSION .....</b>                                      | <b>43</b> |
| IV.4.1.1. Tracé de la droite de Weibull .....   | 44        |
| IV.4.1.2. Détermination des paramètres de Weibull .....   | 45        |
| <b>IV.4.2. Calcul taux de défaillance .....</b>   | <b>47</b> |
| <b>IV.4.3. Calcul de fiabilité .....</b>  | <b>47</b> |
| <b>IV.4.4. Calcul de la fonction de densité de probabilité <math>f(t)</math> .....</b>                          | <b>47</b> |
| <b>IV.4.5. CALCUL DE <math>R(t)</math>, <math>F(t)</math>, <math>f(t)</math>, <math>\lambda(t)</math> .....</b> | <b>48</b> |
| <b>IV.4.6. Interprétation des courbes .....</b>   | <b>51</b> |
| IV.4.6.1. Fonction de densité de probabilité $f(t)$ .....   | 51        |
| IV.4.6.2. la fonction de réparation $F(t)$ .....  | 51        |
| IV.4.6.3. la fonction du taux de défaillance $\lambda(t)$ .....   | 51        |
| IV.4.6.4. la fonction de la fiabilité $R(t)$ .....  | 51        |
| <b>IV.5. MAINTENABILITE .....</b>   | <b>52</b> |
| <b>IV.5.1. DEFINITION .....</b>   | <b>52</b> |
| <b>IV.5.2. LA FONCTION MAINTENABILITE .....</b>   | <b>53</b> |
| <b>IV.5.3. ANALYSE DE LA MAINTENABILITE DE FOUR A BIELLETTE .....</b>   | <b>53</b> |
| <b>IV.5.4. Interprétation maintainability .....</b>   | <b>54</b> |
| <b>IV.6. DISPONIBILITE .....</b>  | <b>55</b> |
| <b>IV.6.1. DEFINITION .....</b>   | <b>55</b> |
| <b>IV.6.2. TYPES DE DISPONIBILITE .....</b>   | <b>55</b> |
| IV.6.2.1. disponibilité moyenne .....   | 55        |
| IV.6.2.1.A. disponibilité intrinsèque ou asymptotique .....   | 55        |
| IV.6.2.1. B. disponibilité opérationnelle .....   | 56        |
| IV.6.2.2. disponibilité instantanée .....   | 56        |
| <b>IV.6.3. ANALYSE DE LA DISPONIBILITE DE LIGNE D'EXTRUSION .....</b>   | <b>56</b> |
| IV.6.3.1. disponibilité instantané .....  | 56        |
| IV.6.3.2. Disponibilité moyenne .....   | 57        |
| IV.6.3.3.A. Disponibilité Opérationnelle .....  | 57        |
| IV.6.3.1.B. Disponibilité intrinsèque $D_i$ .....   | 57        |
| <b>IV.6.4. Interprétation disponibilité .....</b>   | <b>58</b> |
| <b>IV.7. CONCLUSION .....</b>   | <b>58</b> |
| <b>V. I. INTRODUCTION .....</b>   | <b>60</b> |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>V.2.LES AVANTAGES GENERAUX DE LA METHODE AMDEC .....</b> | <b>60</b> |
| <b>V.3.PRESENTATION DES DIFFERENTS TYPES D'AMDEC .....</b>  | <b>62</b> |
| <b>V.4.MODE DE DEFAILLANCE.....</b>                         | <b>63</b> |
| <b>V.5.DEFAILLANCE.....</b>                                 | <b>63</b> |
| <b>V.6.EFFET DE LA DEFAILLANCE.....</b>                     | <b>63</b> |
| <b>V.7.LA CRITICITE.....</b>                                | <b>63</b> |
| <b>V.8.APPLICATION DE L'AMDEC .....</b>                     | <b>63</b> |
| <b>V.9.L'INDICE DE CRITICITE.....</b>                       | <b>64</b> |
| <b>V.9.1.ECHELLE DE GRAVITE G .....</b>                     | <b>64</b> |
| <b>V.9.2. ECHELLE DE FREQUENCE F .....</b>                  | <b>65</b> |
| <b>V.9.3. ECHELLE DE NON- DETECTION D.....</b>              | <b>65</b> |
| <b>V.10.EXEMPLE D'UNE FICHE AMDEC .....</b>                 | <b>66</b> |
| <b>V.11.TABLEAU AMDEC DE L'EXTRUSION.....</b>               | <b>67</b> |
| <b>V.12. INTERPRÉTATION .....</b>                           | <b>70</b> |
| <b>V.12.CONCLUSION.....</b>                                 | <b>70</b> |

# LISTE DES FIGURES

## CHAPITRE I

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Figure I 1. REPRESENTATION DE L'ENTREPRISE PAR LA MAPPE ..... | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure I 2. Schéma général d'une ligne d'extrusion .....      |                                    |
| Figure I 3. BILLETES LOCALES.....                             | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure I 4. FOUR DE FUSION. ....                              |                                    |
| .Figure I 5.LIGNE DE FILAGE. ....                             | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| .Figure I 6.PRESSE 2500 TM.....                               | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure I 7.LIGNE D'ANODISATION.....                           | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure I 8.PROFILÉ POLI.....                                  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure I 9. PROFILÉ LAQUÉ.....                                | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure I 10. TRAITEMENT PAR POLISSAGE.....                    | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure I 11. Emballage et expédition des profils. ....        | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure I 12.certification ISO 9002(Version 94, et 2000).....  | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |

## CHAPITRE II

|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| Figure II 1.le rôle de la maintenance .....                             | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II 2.les temps de la maintenance.....                            | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II 3.Démarche suivi pour le choix d'un type de maintenance ..... | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II 4.choix de la politique de maintenance.....                   | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure II 5.politique de la maintenance .....                           | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |

## CHAPITRE III

|                                       |                                    |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| Figure III 1.exemple courbe ABC ..... | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |
| Figure III 2.courbe ABC .....         | <b>Erreur ! Signet non défini.</b> |

## CHAPITRE IV

- Figure VI 1.Courbe en baignoire .....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 2.représente les zones de MUT et MDT .....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 3.formes de  $F(t)$ ,  $R(t)$  et  $\lambda(t)$  en fonction de  $\beta$ .....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 4.Description de papier de weibulle .....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 5.logiciel LOG-LAALA.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 6.la courbe du Densité de probabilité.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 7.la courbe du Probabilité de défaillance .....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 8.La courbe du Taux de défaillance .....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 9.la courbe de fiabilité.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 10.: la courbe de Maintenabilité.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 11.la courbe de temps de réparation.....**Erreur ! Signet non défini.**
- Figure VI 12.la courbe de disponibilité .....**Erreur ! Signet non défini.**

## CHAPITRE V

- Figure V 1.Présentation des différents types d'AMDEC.....**Erreur ! Signet non défini.**

# LISTE DES TABLEAUX

## CHAPITRE II

Tableau II 1. les niveaux de la maintenance .....**Erreur ! Signet non défini.**

## CHAPITRE III

Tableau III 1. Heures d'arrêt des organes ( Four à biellette).....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau III 2. Présentant les Nombres des pannes durant l'année 2017 .....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau III 3. Présentant % cumule d'heures d'arrêt et % cumule nombre des pannes.... **Erreur ! Signet non défini.**

## CHAPITRE IV

Tableau IV 1. L'historique de la ligne d'extrusion.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau IV 2.la valeur différence entre la fonction de répartition réelle et théorique. .... **Erreur ! Signet non défini.**

Tableau IV 3 Les valeurs des  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ .....**Erreur ! Signet non défini.**

## CHAPITRE V

Tableau V 1. Les quatre questions de base de l'AMDEC .....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V 2. échelle de gravité G à 5 niveaux .....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V 3. échelle de fréquence F.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V 4. échelle de détection D .....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V 5. exemple d'une fiche AMDEC.....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V 6. AMDEC de l'extrusion .....**Erreur ! Signet non défini.**

Tableau V 7. la criticité de la ligne d'extrusion.....**Erreur ! Signet non défini.**

# LISTE DES SYMBOLES

**MDT** : (Mean Down Time) c'est la durée moyenne d'indisponibilité ou de défaillance.

C'est le Temps moyen séparant la survenance d'une panne et la remise en état opérationnel du système.

**MTBF** :(Mean Time Between Failures) n'a de sens que pour un système réparable.

C'est la durée Moyenne entre deux défaillances consécutives.

**MTTR** (Mean Time To Repair) c'est le temps moyen mis pour réparer le système.

**TCBF**: Temps cumulé de bon fonctionnement.

**TBF** : temps de bon fonctionnement entre deux défaillances

**T.C.I** : temps cumulé d'immobilisation

**f (t)** : Densité de probabilité

**F (t)** : La fonction de répartition

**R (t)** : La fonction de fiabilité

**$\lambda$  (t)** : Le taux de défaillance

**$\beta$**  : Paramètres de forme

**$\gamma$**  : Paramètre de position

**$\eta$**  : Paramètre d'échelle

**$\sigma$** : Ecart type

**Dn** : la différence de test de Kolmogorov Smirnov

**ni** : Cumuler les avaries

**$\mu$ (t)**: Fonction maintenabilité

**$\mu$**  : la médian

**$\tau$**  : Durée moyenne de maintenance

**TS**:temps technique de réparation supérieure.

**Ti**: temps technique de réparation inférieure

**T.C.B.F** : temps cumulé de bon fonctionnement.

**T.C.R** : temps cumulé de réparation.

**$A\infty$**  : disponibilité asymptotique

**D<sub>0</sub>**: Disponibilité opérationnelle

**D<sub>m</sub>**: Disponibilité moyenne

**D<sub>i</sub>**: Disponibilité intrinsèque

**D(t)** : Disponibilité instantané

**NC** : nombre d'intervention de maintenance avec immobilisation

# INTRODUCTION GENERALE

Aujourd'hui, la plupart des entreprises doivent en permanence continuer à progresser en qualité productivité et technicité, afin de s'adapter à un marché toujours plus concurrentiel où la minimisation des coûts de production et la flexibilité sont à rechercher constamment.

Cette recherche d'accroissement des performances du système de production peut être poursuivie par l'optimisation technique et l'automatisation des installations, la mise en place du système de décision automatisée, la constitution de réseaux d'information et de communication ou encore l'amélioration des structures organisationnelles de l'entreprise. Cependant ; si ces différentes actions rendent l'outil de production plus compétitif, elles peuvent également le rendre plus fragile si on ne prend pas toutes les précautions nécessaires. Dans un système composé d'éléments de plus en plus automatisés, sophistiqués et multi technologies, le moindre dysfonctionnement peut en effet avoir des conséquences critiques catastrophiques.

Les travaux effectués dans ce contexte de ses exemples: « AMDEC- guide- pratique», Olivier Boutou, Gérard Landy, Bruno Saintvoirin et «maintenance basée sur la fiabilité», par Eugène Désiré docteur de l'université louis pasteur de Strasbourg et docteur/Phd de l'école nationale supérieure polytechnique de l'université de Yaoundé.

La sûreté de fonctionnement de ces éléments devient alors une priorité absolue car elle joue un rôle primordial dans la maîtrise des risques qu'ils soient économiques, humains ou environnementaux.

La sûreté de fonctionnement est par conséquent incontournable dans la conception et l'exploitation des systèmes industriels modernes ; elle intègre dans une même démarche, les concepts tel que fiabilité, maintenabilité, disponibilité et sécurité, et s'intéresse autant au système matériel qu'aux opérateurs en interaction avec ce système.

Dans l'objectif d'améliorer ces concepts, ces entreprises doivent non seulement appliquer, sur leurs outils de production, les méthodes utilisées pour l'analyse de la sûreté de fonctionnement mais aussi de les informatiser afin d'accélérer leurs applications pour des résultats plus efficaces.

Dans ce contexte et dans le cadre de ce travail, le présent mémoire comportera Cinq chapitres.

-Le premier est un chapitre introductif qui présentera la description de l'entreprise ALGAL+.

-Le deuxième chapitre présentera la fonction maintenance.

- Le troisième chapitre est consacré à l'application d'analyse **ABC** de four à biellette.
  - Le quatrième chapitre est consacré à l'application d'une **FMD** sur la ligne d'extrusion.
  - Le dernier chapitre illustre les applications de l'étude **AMDEC**.
- Enfin, une conclusion réservée à une récapitulation des principaux résultats obtenus.

# Chapitre01

## Description de l'entreprise

### **I.1. INTRODUCTION**

Dans ce chapitre, nous tenterons de présenter l'entreprise dans laquelle le projet de fin d'études s'est déroulé à savoir, l'Entreprise ALGAL PLUS de M'sila. Pour se faire, nous présenterons la situation géographique de cette entreprise, ses activités, sa structure et finalement son organisation.

### **I.2. HISTORIQUE**

Fondée en 1985, Algérie aluminium algal plus est aujourd'hui une entreprise bien implantée dans le secteur métallurgique en Algérie. Elle a acquis une bonne réputation dans la fabrication des demi-produits en aluminium. Notre entreprise a toujours accordé la priorité à l'homme, en sa qualité de client et de collaborateur.

### **I.3. LOCALISATION DU COMPLEXE**

Implantation commune de M'sila

Statut juridique : société à responsabilité limitée << SARL >>

Superficie totale : 123.000 m<sup>2</sup>

Superficie couverte : 24.000m<sup>2</sup>

Lieu d'implantation : située à 260 km au sud-est d'Alger, sur un important axe desservant plusieurs villes des hauts plateaux (M'SILA, SÉTIF, BATNA, BOUDBOU ARRERIDJ).

### **I.4. PRESENTATION DE LA SOCIETE**

- ❖ La Société Algérienne de l'Aluminium par abréviation "ALGAL+" est une filiale de l'Entreprise Nationale de Métallurgie et de Transformation des Métaux Non Ferreux « METANOF ».
- ❖ ALGAL+ a été constituée en société par actions à compter du 24/05/1998.
- ❖ Le capital de la Société est fixé à 290.000.000 DA. La totalité des actions est détenue par l'entreprise « METANOF ».
- ❖ Conformément à ses statuts, la société ALGAL+ a pour missions, la production et la commercialisation des profilés, des accessoires et des ouvrages en Aluminium.

La Société Algérienne de l'Aluminium « ALGAL+ » dont le siège est à Alger, Dar El Beida, regroupe actuellement cinq (05) unités :

- L'usine d'Extrusion, Anodisation, Laquage et Refonte de l'Aluminium de M'sila dont la capacité de production annuelle est de 1000 T en 3 x 8 continu.
- Quatre (04) Unités de Menuiserie et de Revente de l'Aluminium, qui Constituent le réseau de distribution et qui sont réparties sur le territoire national comme suit:
- Pour le Centre **ALGER**.
- Pour l'Ouest **GHAZAOUET** et **ORAN**.
- Pour l'Est **ANNABA**.

#### **I.5. ACTIVITES DE LA SOCIETE**

L'activité principale de la société est la production depuis 1985, par Extrusion à partir des alliages 6060 ou 6061 (Norme Française) de tous types de profilés en Aluminium au niveau de son usine de M'sila.

Les profilés extrudés subissent ensuite un traitement de surface et peuvent être polisanodisés ou anodisés directement (couleur: naturelle, bronze, dorée) et laqués.

La seconde activité de la société, en plein développement, consiste en la fabrication et la pose des ouvrages en Aluminium y compris des murs-rideaux, par les Unités de Menuiserie et de Revente de l'Aluminium. Les capacités installées en menuiseries sont en constante progression et permettront dans les deux années à venir de transformer en menuiserie plus de 30% de la production.

De 1985, année de sa mise en exploitation jusqu'à 1995 ; l'unité de M'sila ne produisait que les profilés bruts (nus) et les profilés anodisés couleur naturelle.

A compter de 1995, la société a décidé de moderniser et d'adapter ses produits aux exigences du marché par l'achat de la licence d'utilisation d'une gamme évoluée (Pechiney) et par l'introduction des procédés technologiques récents pour la production des profilés anodisés colorés et des profilés laqués.

Dans la même optique, l'unité a démarré la production du profilé poli en mars 2001. Gamme de production actuelle de la société couvre toute la diversité des produits fabriqués de par le monde :

- Profilé brut.
- Profilé anodisé naturel.
- Profilé coloré bronze.
- Profilé doré.
- Profilé laqué (12 couleurs et plus, à la demande de la clientèle).
- Profilé poli (lustré) anodisé.

Les capacités de production installées permettent de couvrir les besoins actuels du marché national et les besoins à venir sur deux ou trois années, sans investissements complémentaires.

### **I.6. PATRIMOINE DE LA SOCIETE**

- Le siège de la société est fixé à Alger, Dar El Beida.

La société Algérienne de l'Aluminium « ALGAL+ » regroupe, actuellement, en plus de son siège social, (05) cinq unités:

- L'Unité d'Extrusion, d'Anodisation, de Laquage et de Refonte de l'Aluminium de M'sila (EARA M'SILA), entrée en production depuis Octobre 1985.

- L'Unité de Menuiserie et de Revente de l'Aluminium de GHAZAOUET (MRA Ghazaouet), mise en service en Janvier 1996.

- L'Unité de Menuiserie et de Revente de l'Aluminium d'ALGER (MRA Alger ), mise en service en Janvier 1997.

- L'Unité de Menuiserie et de Revente de l'Aluminium de ANNABA ( MRA Annaba ), mise en service en Mars 1997.

- L'Unité de Menuiserie et de Revente de l'Aluminium d'ORAN (MRA Oran), mise en service en Avril 2002.



**FIGURE I. 1. REPRESENTATION DE L'ENTREPRISE PAR LA MAPPE**

### **I.7. PROCEDE DE FABRICATION**

Le profilé en Aluminium qui est réalisé au niveau de l'Unité d'Extrusion, Anodisation, Laquage et Refonte de l'Aluminium de M'sila, est un matériau normalisé utilisé essentiellement dans le bâtiment.

Son élaboration, sa fabrication et sa transformation en menuiseries sont régies par des normes et des Documents Techniques Unifiés internationaux.

Le procédé de Fabrication des Profilés commercialisables, comprend (05) cinq étapes principales:

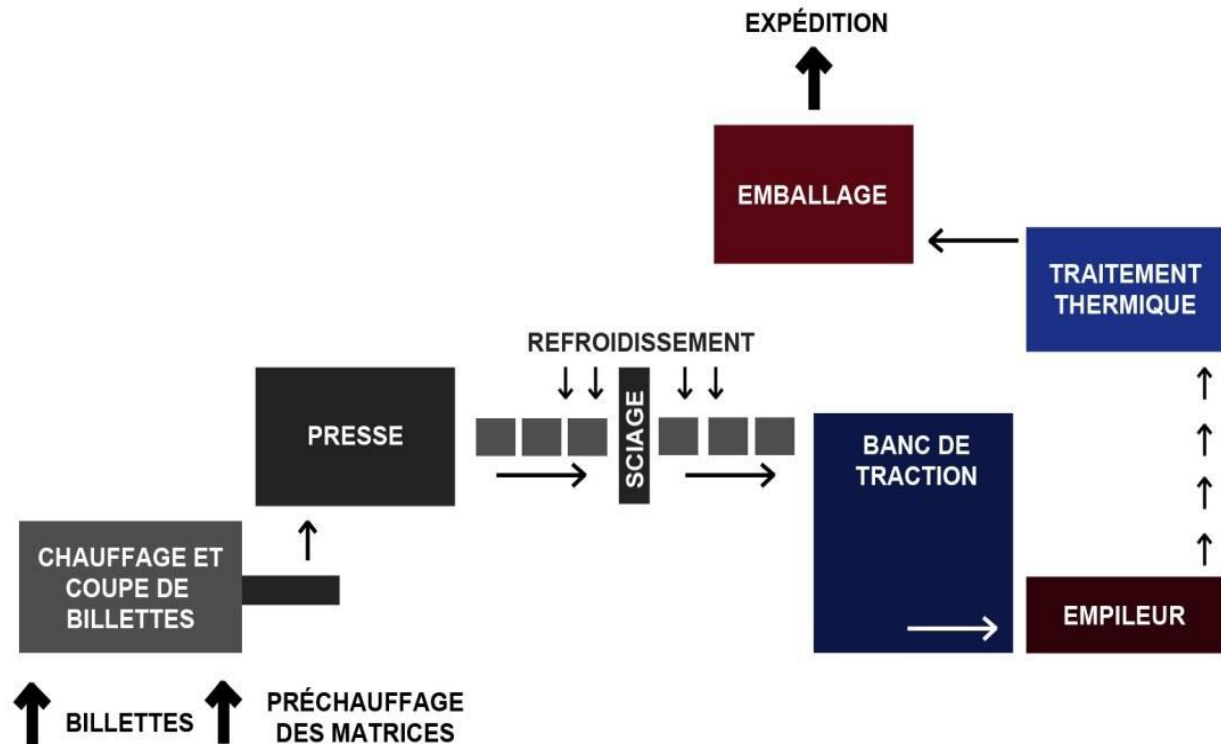


FIGURE I. 2. Schéma général d'une ligne d'extrusion

### I.7.1. Fonderie

Dans cet atelier, l'usine de Production élabore des alliages d'Aluminium 6060 ou 6061 sous forme de billettes de diamètres 172mm et 216 mm, conformément à la Norme Française NF EN 573-3 (équivalente à l'alliage 6063 ou 6061 de la Norme Américaine),

dont la composition chimique est la suivante :

Si = 0.30 à 0.60 % Fe = 0.10 à 0.30 %

Cu = 0.10 % Max Mn = 0.10 % Max

Mg = 0.35 à 0.60 % Cr = 0.05 % Max

Zn = 0.15 % Max Ti = 0.10 % Max



FIGURE I. 3. BILLETES LOCALES.



FIGURE I. 4. FOUR DE FUSION.

### I.7.2. Extrusion

Elle consiste en la Fabrication par Extrusion à chaud (450 à 500°C) à l'aide de deux ( 02 ) lignes équipées de deux (02) presses de 1600 TM et 2500 TM de tous types de profilés de diamètre inférieur à 200 mm, dont les caractéristiques mécaniques sont les suivantes :

- 1- Dureté à l'échelle WEBSTER : 10 minimums
- 2- Résistance à la traction ..... : 16 kg/mm<sup>2</sup> minimum
- 3- Allongement ..... : 08 % minimum



FIGURE I. 5: LIGNE DE FILAGE.



FIGURE I. 6 : PRESSE 2500 TM.

### I.7.3. Anodisation

L'Anodisation consiste une Oxydation contrôlée des surfaces des profilés par la formation d'une couche d'Alumine ( $Al_2O_3$ ) de 18 à 25 microns parfaitement étanche, qui assure à l'Aluminium une excellente résistance aux agressions atmosphériques et contribue à augmenter sa durée de vie.

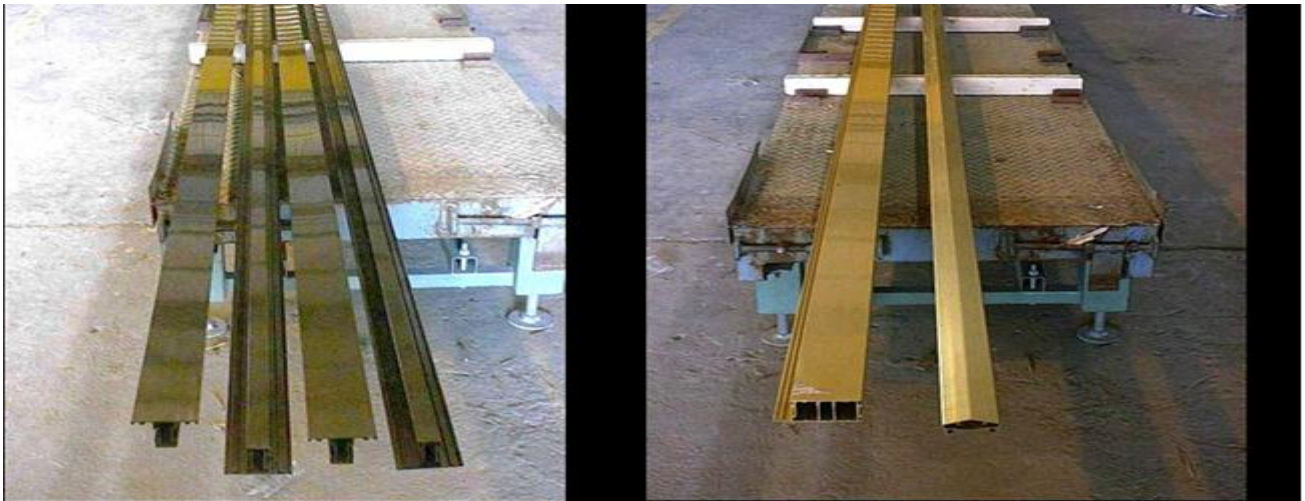
L'Anodisation Couleur Naturelle donne un bel aspect brillant ou satiné aux ouvrages en

Aluminium.

L'Anodisation Couleur permet d'obtenir des teintes déclinées de Bronze à Noir et la couleur d'Or.



**FIGURE I. 7: LIGNE D'ANODISATION.**



**FIGURE I.8 : PROFILÉ POLI.**

### **I.7.4. Laquage**

Le Laquage consiste après préparation des surfaces à traiter; au dépôt d'un film protecteur d'une épaisseur de 60 à 80 microns à partir d'une poudre thermodurcissable à base de résine polyester.

Ce procédé permet d'obtenir une palette infinie de couleurs.

Ces deux procédés de traitement de surface (Anodisation et Laquage) permettent de préserver durablement l'Aluminium contre les effets de la corrosion et également d'apporter une grande diversité de coloris.



**FIGURE I.9. PROFILÉ LAQUÉ.**

### **I.7.5. Polissage**

Le Polissage consiste à donner, mécaniquement, un aspect brillant aux profilés, avant leur traitement par anodisation.



**FIGURE I.10. TRAITEMENT PAR POLISSAGE.**



**FIGURE I.11. Emballage et expédition des profils.**

### **I.8. AMELIORATION DE LA QUALITE**

Depuis le démarrage en l'an 2000, du processus d'obtention de la certification ISO 9002, les contrôles de qualité des produits sont effectués de façon méthodique et continue.

La qualité des produits anodisés couleur naturelle et celle des profilés laqués est reconnue parfaite par les clients, depuis l'exercice 2000.

Celle des profilés colorés est en constante amélioration. Dans ce cadre, la société a abandonné, depuis plus d'une année, la production de cinq nuances de bronze, pour ne plus produire qu'une seule nuance de bronze moyen et a procédé au mois de Juillet 2003, à la substitution des produits chimiques de la coloration par de nouveaux produits plus performants, et au lancement d'une formation spécifique en direction des techniciens sur ces nouveaux produits.

La société a obtenu la Certification ISO 9002 (Version 94) en Juin 2002, et la certification ISO 9002 (Version 2000) en Juillet 2004.



FIGURE I. 12: certification ISO 9002(Version 94, et 2000)

### I.9. NORMES TECHNIQUES DANS LA PROFESSION

Quand le profilé en Aluminium est conçu, élaboré et transformé dans le respect des règles de l'art prévues par les NORMES, sa résistance aux conditions atmosphériques et autres peut être exceptionnelle.

Les photos suivantes, prises après le séisme du mois de Mai 2003, au niveau du siège de l'Entreprise Nationale de Géophysique (ENGO) sis à Boumerdes, sont éloquentes et montrent clairement que, malgré l'ampleur des désordres sur les infrastructures de génie civil, les ouvrages en Aluminium et le vitrage n'ont subi aucun dommage.

Toutes les menuiseries de ce bâtiment (portes, fenêtres, cloisons et murs rideaux) ont été réalisées par l'unité d'Alger avec les produits ALGAL+.

### I.10. CHRONOLOGIE

1979 : la fondation par SNS d'une entité en vue de l'extrusion, anodisation, refonte de profilé aluminium et acquisition, à cet effet, d'un terrain de 123.000m<sup>2</sup> dans la zone industrielle de M'sila a permis de nombreux emplois très recherchés dans la région.

1982 : signature du contrat de réalisation clé en main de l'usine avec la société japonaise UBE, leader mondial en engineering dans l'aluminium.

1983 : individualisation du financement par le ministère des finances.

1985 : restructuration de SNS en groupe et prise de contrôle du complexe par METANOF.

1985 : entrée en production du complexe.

1996 : nouveaux investissement dans l'extension de l'unité d'anodisation et introduction de la coloration électrolytique.

1997 : nouveaux investissement dans l'extension des bâtiments existants et installation d'une ligne de thermo laquage. Désormais, l'entreprise est à même de proposer du profilé en l'état, anodisé, coloré et thermo laqué sur le même site.

1998 : félicitation de l'usine et prise de contrôle du complexe par ALGAL SPA.

2002 : obtention de la certification norme ISO 9002 VERSION 94.

2004 : obtention de la certification norme ISO 9001 VERSION 2000.

2007 : un groupe de nouveaux actionnaires acquiert 100% des actifs industriels de l'entreprise.

2007 : nouveaux investissements dans l'acquisition d'une 3ème ligne d'extrusion 1600 TN.

### **I.11. CONSTRUCTION**

La technologie de pointe et la construction assistée par ordinateur (CAO), permettent aujourd'hui de développer les profilés les plus complexes.

Toutefois le processus de construction ne requiert davantage que la maîtrise des technologies : Il exige de la créativité, de la flexibilité et de l'expérience.

Ses constructeurs répondent à ces exigences : les matrices de profilés sont conçues en étroite collaboration avec les clients.

Ils ont ainsi l'assurance que les produits finis sont conformes à leur demande. Un produit précis et rationnel, à prix avantageux, telle est leur compétence.

### **I.12. VENTE**

Avec une capacité installée de 15.000 tonnes/An de profilés aluminium grâce aux trois presses existantes (1600,2500 tonnes).

Les marchés de distribution se trouvent en Algérie et dans les pays voisins, en Afrique et en Europe.

**I.13. EFFECTIVITÉ ET EFFICACITÉ**

Pour une fabrication rationnelle de profilés, l'unité dispose d'une équipe de spécialistes motivée et dotée d'une longue expérience, capable de mettre en œuvre une technologie de pointe dans des ateliers modernes.

**I.14. USINAGE**

Les exigences de leurs clients ont pour eux la priorité absolue. Pour un nombre croissant de leurs clients préférant acheter des produits usinés et prêts et à l'utilisation ou au montage, ils ont élaboré un parc de machines modernes et formé des collaborateurs spécialisés dans ce domaine.

**I.15. ECOLAGE ET ENVIRONNEMENT****I.15.1. LEUR OBJECTIF**

Utiliser tous les supports d'énergie nécessaires les plus économiques et les propres possibles.

**I.15.2. LEUR FIERTÉ**

Des équipements complets de filtrage sont installés dans le complexe.

Les valeurs d'émission de l'aire évacuée se situent bien en dessous des valeurs prescrites par la réglementation en vigueur.

Des équipements complets de traitement des eaux de rejet sont installés dans leur complexe.

La qualité de l'eau de rejet se bien au-dessous des valeurs prescrites par la réglementation en vigueur.

Ce qui confirme son engagement environnemental.

**I.15.3. RECYCLAGE**

La fabrication de produits semi-finis en aluminium s'accompagne d'une perte d'environ 25% de la matière utilisées (chute des profilés, restes de billettes, copeaux, etc.).

Dans notre fonderie de billettes moderne, ce matériel est intégralement recyclé

Aucun transport supplémentaire n'est nécessaire.

**I .15.4. QUALITÉ**

La planification systématique de ses produits et de ses précédés constitue un impératif prioritaire dans la recherche de la qualité. Les procédures définissent toutes les étapes de la production, depuis l'alliage de base jusqu'à la livraison.

Un parc de machines modernes, des instruments de contrôle très performants ainsi que la compétence et l'expérience de ses collaborateurs, garantissent à ses clients le strict respect de leurs prescriptions.

**I .15.5. CERTIFICATS**

Afin de faire face aux exigences de qualité de plus en plus strictes de ses clients, l'usine a complété son management-Qualité avec les certificats ISO 9001, ceci afin de faire face aux nombreuses demandes de ses clients.

**I .15.6. PRODUCTION**

Les profilés en aluminium peuvent être fabriqués dans presque toutes les formes et alliages imaginable, pour des emplois quasiment illimités, ils résistent à la corrosion, sont légers et pourtant solides.

L'un des atouts majeurs de l'usine est le traitement de surface, anodisation et/ou laquage de profilés pour la construction de fenêtres et de façades.

Il fraise, perce, estampe et découpe également des profilés destinés à tous objectifs d'utilisation.

Ceci en petites quantités ou par séries entières.

Naturellement, les profilés peuvent aussi être livrés anodisés ou laqués dans notre complexe.

Avec 2 presses à filtre d'une puissance de 1600, 2500 tonnes, la capacité installée annuellement dépasse les 15.000 tonnes de profilés en aluminium.

**I .16. USINAGES ET TRAVAIL À FAÇON**

L'usine ne fabrique pas seulement des profilés. Mais il est également bien équipé pour les usiner de manière efficace et avantageuse. Les profilés livrés prêts à l'utilisation permettent à ses clients l'économie d'investissement nécessaire au stockage et aux installations d'usinage.

**I.17. PROCÉDÉ DE FABRICATION**

Les billettes coulées et homogénéisées constituent la base de tous les profilés.

Afin de pouvoir être pressées, elles doivent être chauffées à une température d'env.4800C.

Les billettes sont pressées à travers la filière qui donne au profile la forme souhaitée, avec une pression allant jusqu'à 2.500 tonnes.

Les profilés de 48 m ainsi obtenus sont encore chauds et malléable. Ils sont ensuite scies en longueur et, si nécessaire, redresses.

La solidité et la dureté des profilés sont obtenues par traitement thermique dans des fours spéciaux.

La fonderie de billettes a une capacité de production de 10.000 tonnes/An.

Ils y fabriquent des billettes en tous formats et alliages suivant la demande du client.

**I.18. CONSTRUCTION DE MATRICES ET CORRECTION**

Le matériau de base pour les filières est un acier spécial de haute qualité, travaillé à chaud. Le processus d'usinage est exigeant et demande un savoir-faire et une précision des plus élevés. Les outilleurs sont assistés dans leur travail par des équipements commandés par ordinateur(CMA).

Un filage d'essai est effectué avec la matrice ainsi fabriquée, déformation des profilés sont.

Corrigées par une dernière rectification.

Cette étape est un travail manuel de précision qui exige une grande expérience.

**I.19. HORIZON 2018**

Avec une progression de 3.000 tonnes/An sur les 5 prochaines années pour atteindre une capacité de production allant jusqu'à 40.000 tonnes/An à l'horizon 2015. Le complexe d'aluminium de M'sila maintiendra son leadership en terme de réponse à la demande croissante du marché.

En effet, les utilités déjà installées sur une superficie de 123.000m<sup>2</sup> à savoir, station électrique à haut tension 630KVA, station électrique à moyenne tension 30KVA, station de gaz, station de traitement des eaux équipées d'osmoseur inverse et unité de déminéralisation, sont dimensionnées pour recevoir quatre presse supplémentaires en plus des trois déjà existantes

donnant un total de sept, avec l'extension en conséquence des équipements d'anodisation et de laquage.

**I.20. CONCLUSION**

Nous avons réalisé notre stage de fin d'études au service de maintenance. Ce service réalise la maintenance de la ligne d'extrusion. La présentation de ces derniers fait l'objet du prochain chapitre.

# Chapitre 02

## Fonction maintenance

**II.1.INTRODUCTION**

La maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques et administratives de management effectué durant le cycle de vie d'un bien.

Ces actions sont destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise.

La maintenance a longtemps joué un rôle curatif dont l'unique objectif était de réduire la durée d'immobilisation des machines. Cette maintenance curative était axée sur le court terme et ne résolvait que les problèmes liés aux dégradations inévitables. La concurrence effrénée et la course à la compétitivité incitent l'entreprise à rechercher la qualité totale et surtout la réduction des coûts.

La maintenance est ainsi devenue l'une des fonctions stratégiques de l'entreprise. Elle vise donc moins à remettre en état l'outil de travail qu'à anticiper ses dysfonctionnements. L'arrêt ou le fonctionnement anormal de l'outil de production, et le non-respect des délais qui s'en suivent, engendrent des surcoûts que les entreprises ne sont plus en état de supporter. L'entreprise ne doit plus subir les événements, elles doivent les prévoir et analyser leurs effets sur le long terme.

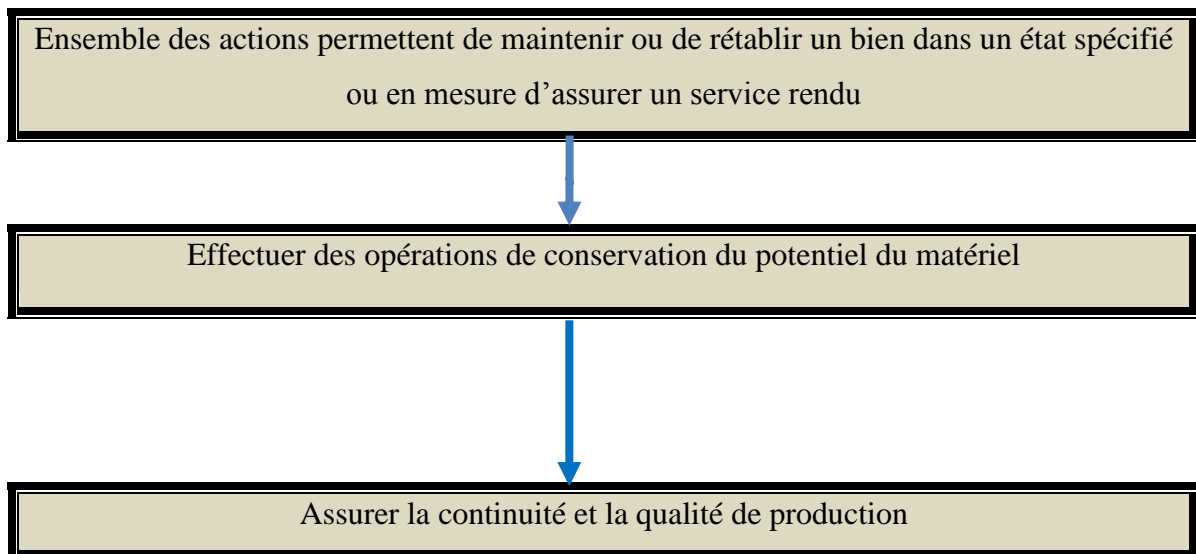
Autrefois curative, la maintenance devient préventive et contribue à améliorer la fiabilité des équipements et la qualité des produits. Cette maintenance se traduit par la définition de plans d'actions et d'interventions sur l'équipement, par le remplacement de certaines pièces en voie de dégradation 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 importants des coûts de maintenance. [9]

## II.2. DEFINITION DE LA MAINTENANCE

D'après la norme Afnor (NFX 60-010) : « la maintenance est l'ensemble des action permettant de maintenir ou de rétablir un dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service d déterminé ».

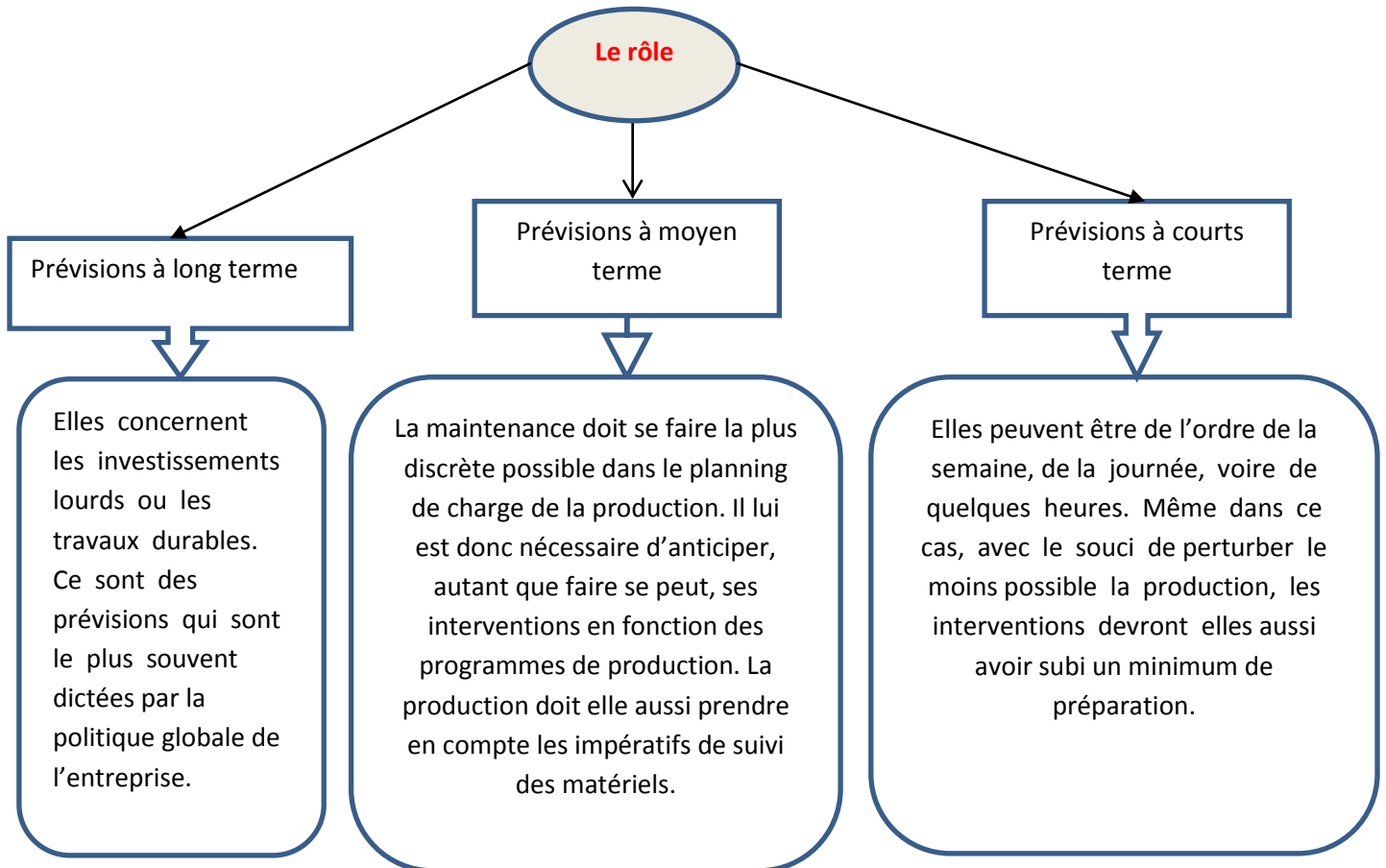
Dans une entreprise maintenir : c'est donc effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle, etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité [1].



## II.3.LE ROLE DE LA MAINTENANCE

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise; cette politique doit permettre aux systèmes de production d'atteindre un Rendement maximal. Cependant, tous les équipements n'ont pas le même degré d'importance du point de vue maintenance. Le service devra donc dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux Diverses situations.

La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées :



**FIGURE.II.1: le rôle de la maintenance [2]**

#### **II.4. STRATEGIE DE MAINTENANCE**

Ensemble des décisions qui conduisent à :

- définir le portefeuille d'activités de la production de maintenance, c'est - à - dire, à décider des politiques de maintenance des équipements (méthodes correctives, préventives, à appliquer à chaque équipement)
- organiser conjointement et structurellement le système de conduite et les ressources productives pour y parvenir dans le cadre de la mission impartie (objectifs techniques, économiques et humains).

Les stratégies de maintenance sont aussi variées que celles des systèmes sur lesquels elles s'appliquent. Cependant elles visent le maintien du système dans un état de bon fonctionnement le plus longtemps possible ou la restauration la plus brève lors d'une défaillance. [3]

## **II.5.LES DIFFÉRENTES FORMES DE LA MAINTENANCE**

### **II.5.1.Maintenance préventive**

#### **Définitions CEN WI 319-003**

– Maintenance préventive : « maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinés à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation d'un bien ».

#### **Définitions AFNOR X 60-000**

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinés à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien, elle est subdivisée en :

##### **II.5.1.1. Maintenance conditionnelle**

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent.

#### **Remarque :**

La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue.

##### **II.5.1.2. Maintenance prévisionnelle**

Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation des paramètres significatifs de la dégradation du bien.

##### **II.5.1.3.Maintenance systématique**

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

### **II.5.2.Maintenance corrective**

Maintenance exécutée après la détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise. Les activités correspondantes sont déclenchées selon un échéancier établi à partir d'un nombre prédéterminé d'unités d'usage

(maintenance systématique) et/ ou de critères prédéterminés significatifs de l'état de dégradation du bien ou du service (maintenance conditionnelle). [4]

#### II.5.2.1. Maintenance corrective «palliative»

Action de maintenance corrective destinée à permettre à un bien d'accomplir provisoirement tout ou partie d'une fonction requise. Appelée couramment «dépannage», la maintenance palliative est principalement constituée d'actions à caractère provisoire qui doivent être suivies d'actions curatives.

#### II.5.2.2. Maintenance curative

Activité de maintenance corrective ayant pour objet de rétablir un bien dans un état spécifié ou de lui permettre d'accomplir une fonction requise. Le résultat des activités réalisées doit présenter un caractère permanent. Ces activités peuvent être des réparations, des modifications, ayant pour objet de supprimer la ou les défaillances.

**II.6. LES ACTIVITES DE LA MAINTENANCE (norme NF)**

**II.6.1. L'inspection** : C'est un contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien.

**II.6.2. La surveillance** : C'est l'activité exécutée manuellement ou automatiquement ayant pour objectif d'observer l'état réel d'un bien .

**II.6.3. La réparation** : Ce sont les actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne.

**II.6.4. Le dépannage** : Ce sont les actions physiques exécutées pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée

**II.6.5. L'amélioration** : Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à améliorer la sûreté de fonctionnement d'un bien sans changer sa fonction requise.

**II.6.6. La modification** : Ensemble des mesures techniques, administratives et de gestion, destinées à changer la fonction d'un bien.

**II.6.7. La révision** : Ensemble complet d'examens et d'actions réalisés afin de maintenir le niveau requis de disponibilité et de sécurité.

**II.6.8. La reconstruction** : L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine. [9]

II.7. LES TEMPS DE LA MAINTENANCE

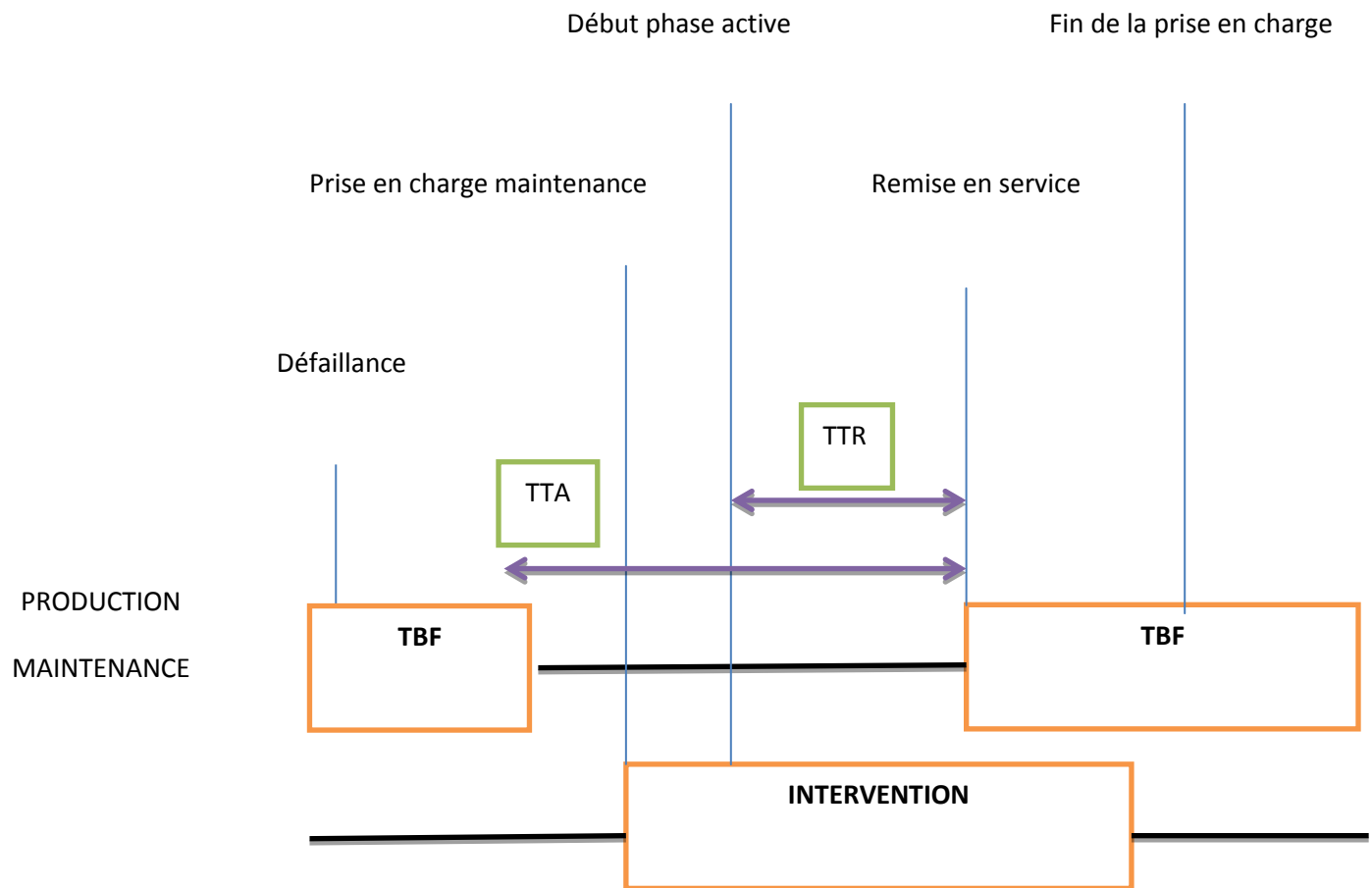


FIGURE.II.2: les temps de la maintenance

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

La **MTTR** est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR).

La **MTTA** est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA). [5]

**II.8. LES NIVEAUX DE LA MAINTENANCE**

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

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

**TABLEAU.II.1. les niveaux de la maintenance [6]**

II.9. TABLEAU SYNTHETIQUE

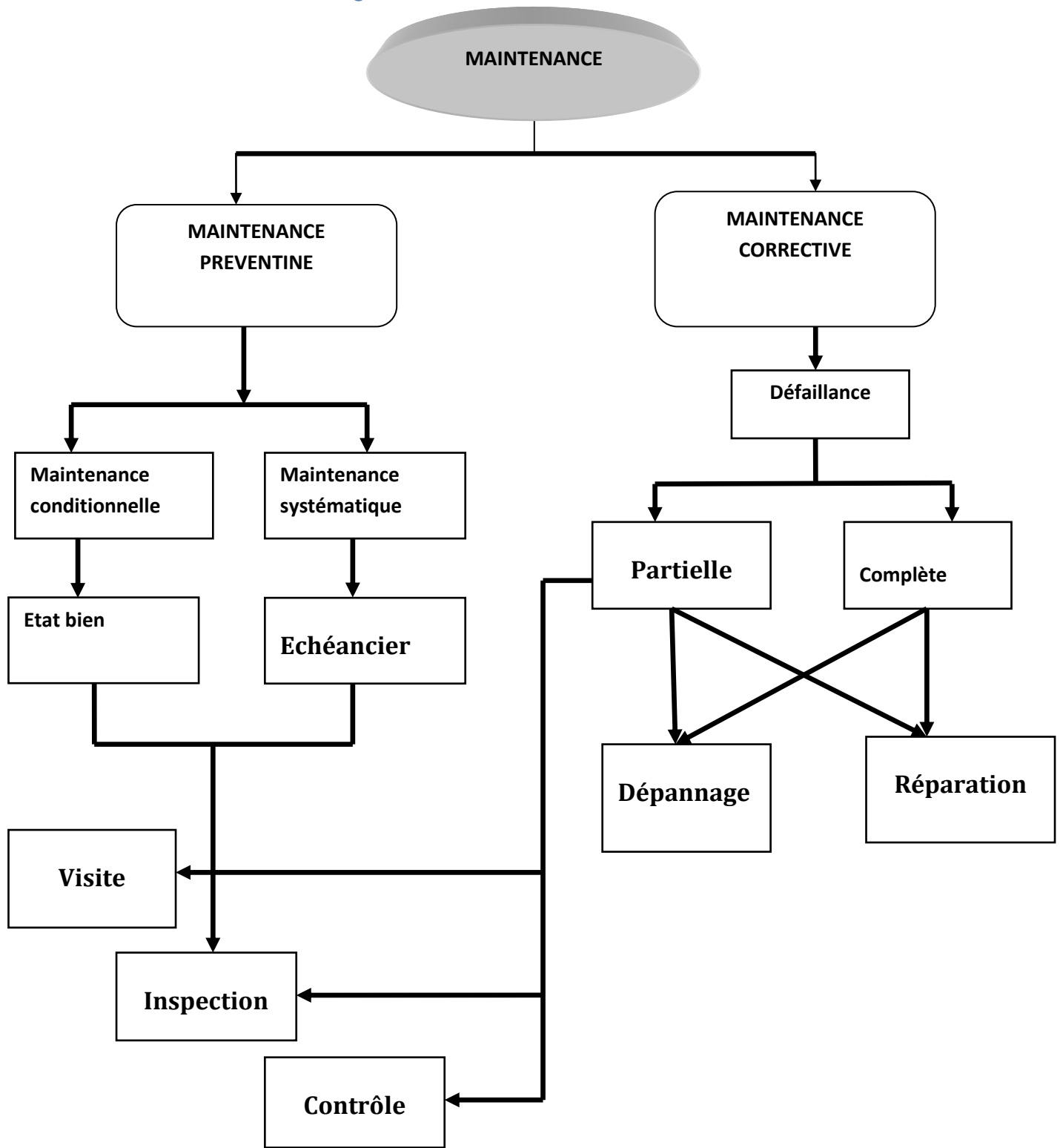


FIGURE.II.3: Démarche suivi pour le choix d'un type de maintenance [7]

II.10.CHOIX DE LA POLITIQUE DE MAINTENANCE

La mise en place d'une politique de maintenance nécessite une analyse rigoureuse du système de production, des modes de dégradation, des paramètres physiques pertinents, des moyens à mettre en œuvre, des coûts induits, des objectifs en disponibilité et en gain économique, des qualifications du personnel, des réticences des personnels et des conséquences sur l'organisation générale du service. L'organigramme suivant représente la démarche suivie pour le choix d'un type de maintenance :

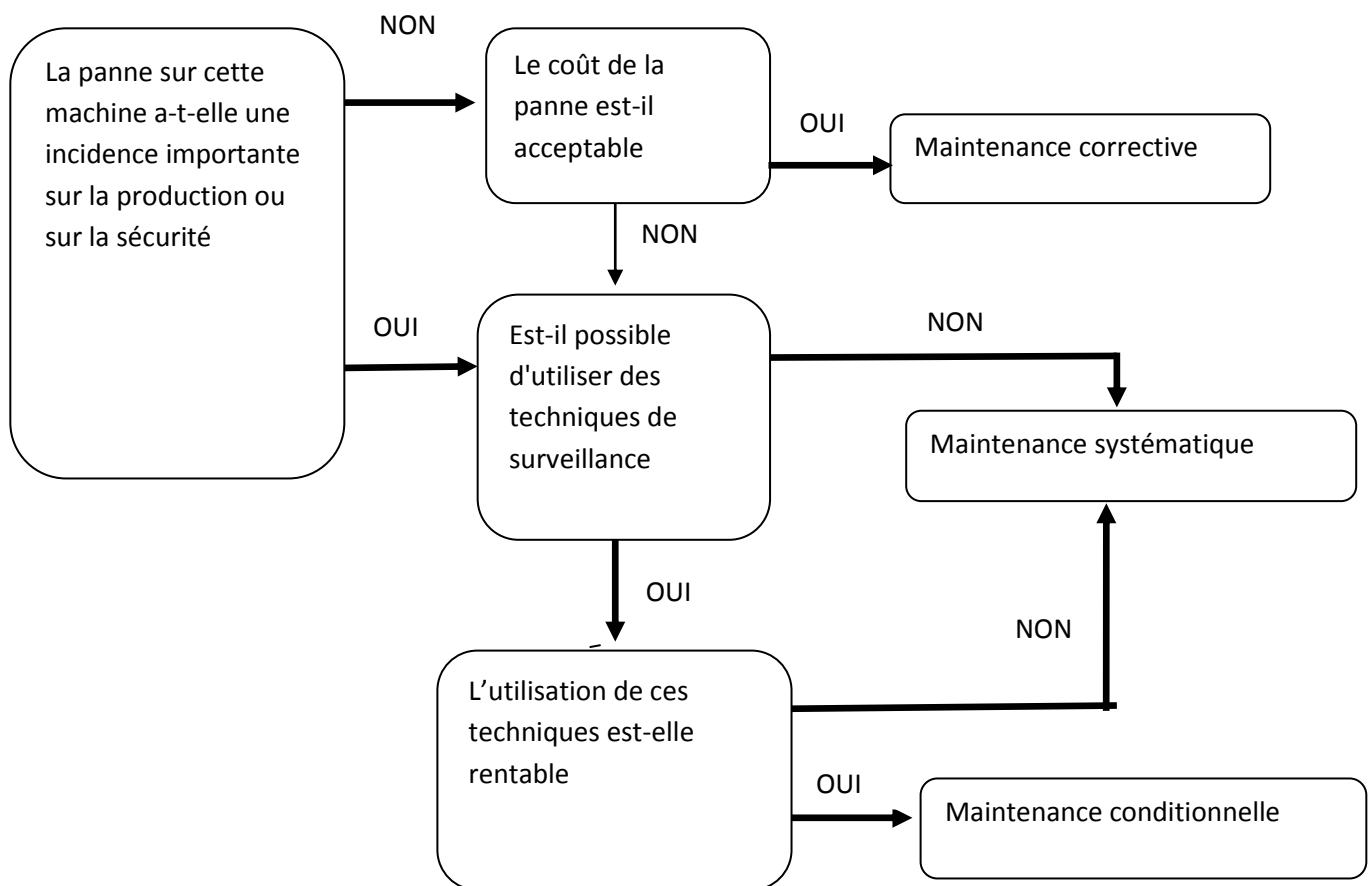
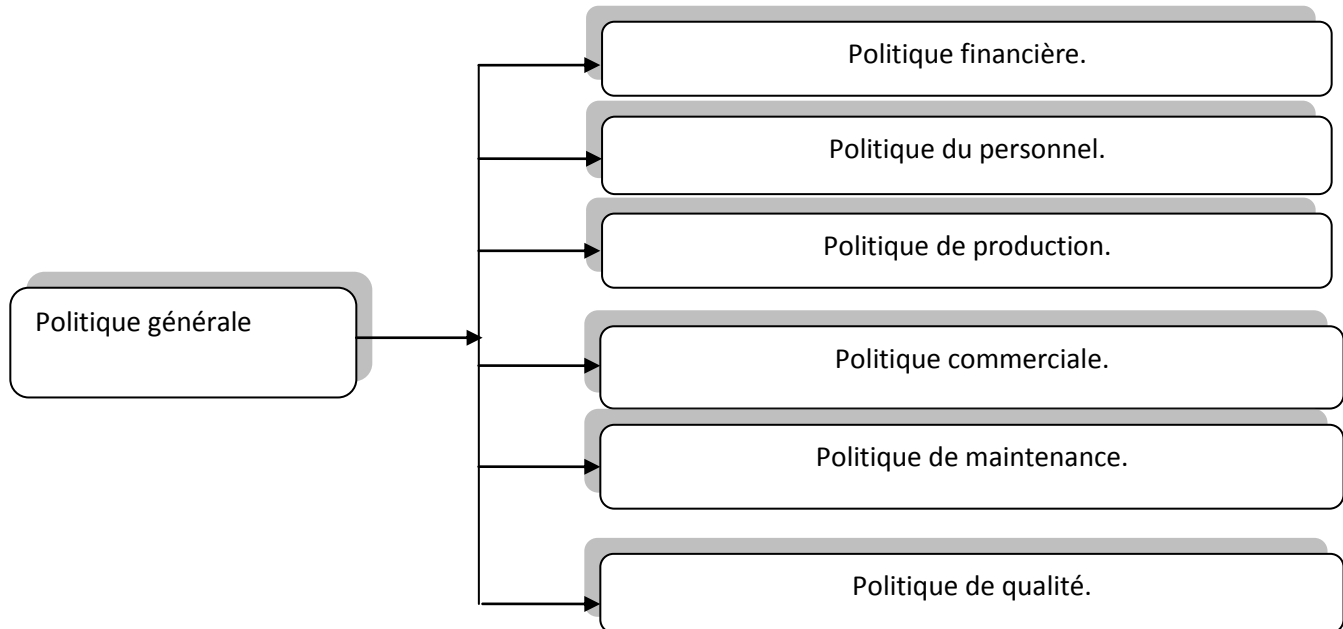


FIGURE.II.4: choix de la politique de maintenance [7]

## II.11. POLITIQUE DE LA MAINTENANCE

Dans une entreprise il existe plusieurs politiques.



**FIGURE.II.5: politique de la maintenance [8]**

## II.12. LES OBJECTIFS DE LA MAINTENANCE DANS L'ENTREPRISE

- Contribuer à assurer la production prévue.
- Contribuer à maintenir la qualité du produit fabriqué.
- Contribuer au respect des délais.
- Recherche de coûts optimaux.
- Respecter la sécurité des travailleurs et la qualité du milieu de travail.
- Respecter l'environnement. [5]

**II.13. CONCLUSION**

La méthode de maintenance proposée, pour être efficace, doit dans tous les cas être comprise et admise par les responsables de production et avoir l'adhésion de tout le personnel.

Ces méthodes doivent être dans la mesure du possible standardisées entre les différents secteurs (production et périphériques).ce qui n'exclut pas l'adaptation essentielle de la méthode au matériel (par exemple à un ensemble de machine, à une machine ou à un organe).

Avec l'évolution actuelle des matériels et leurs tendances à être plus fiable, la proportion des pannes accidentelles sera mieux maîtrisée. La maintenance préventive diminuera quantitativement d'une façon systématique mais s'améliorera qualitativement par la maintenance conditionnelle.

La maintenance préventive, hier expérimentale et subjective, tend aujourd'hui à devenir plus scientifique.

# Chapitre 03

## Analyse ABC de four à biellette

## II.1.INTRODUCTION

Une des règles d'or de la maintenance est de ne pas traiter tous les problèmes sur un même pied d'égalité, il faut donc déceler les problèmes les plus importants qui valent la peine d'être abordés et ne pas se laisser accaparer par les détails. La méthode d'analyse ABC permet de mettre en évidence les éléments les plus importants sur lesquels il faut concentrer les efforts et les interventions. [9]

## III.2.ORIGINE DE LA METHODE ABC

La méthode ABC est issue des travaux de Pareto (1848 -1923). Etudiant la réparation des impôts fonciers aux États-Unis, il constata que 15% des contribuables payaient 85% de ces mêmes impôts. D'autres réparation ont permis des constatations analogues : 20% des voies ferrées en France assurent 80% du trafic ferroviaire ; 15% des bons de travail couvrent 85% de la valeur de l'investissement en matériel de l'entreprise; etc.

Les exemples précédents montrent qu'un faible pourcentage des éléments observés représente un pourcentage élevé dans l'étude d'un caractère particulier.

## III.3.OBJECTIF

Le but est d'analyser un phénomène, en le représentant par un graphique qui permet de déterminer l'existence d'une relation entre deux groupes de données. Le diagramme de paréto permet de classer les événements selon l'enjeu qu'ils représentent. Il permet de visualiser rapidement les phénomènes par ordre d'importance.

## III.4.PRESENTATION DE LA METHODE ABC

La méthode ABC est un moyen objectif d'analyse. Elle permet de classer les éléments qui représentent la fraction la plus importante du caractère étudié, en indiquant les pourcentages pour un critère déterminé. La représentation de la méthode est la courbe ABC qui permet de visualiser de façon simple les résultats. [9]

Le tracé de cette courbe nécessite l'application des règles suivantes:

### **\*Détermination du cadre de l'étude et ses limites :**

- ✓ Définir la nature des éléments à classer:défaillances, pièces de rechange, bon travail, ets.
- ✓ Choisir le critère de classement: coût, temps nombre d'heures d'utilisation du matériel, etc.
- ✓ Recherche la période représentative: les valeurs critère choisi doivent correspondre à une période représentative pour le caractère étudié. L'année ou le semestre convient.

**\*Préparation de construction de la courbe ABC:**

- ✓ Rechercher le nombre qui caractérise les éléments retenus la documentation de l'entreprise qui fournit cette information.
- ✓ Classer les éléments par valeur décroissante puis cumuler les valeurs dans le même ordre.
- ✓ Tracer la courbe.

En général, on distingue trois zones sur la courbe, appelées A B et C, d'où le nom de la méthode.

- ✓ Interpréter la courbe. [9]

**III.5.PRESENTATION GRAPHIQUE**

La méthode ABC est très proche de la technique du diagramme de Pareto, sauf que les trois catégories A, B et C se caractérisent par trois seuils :

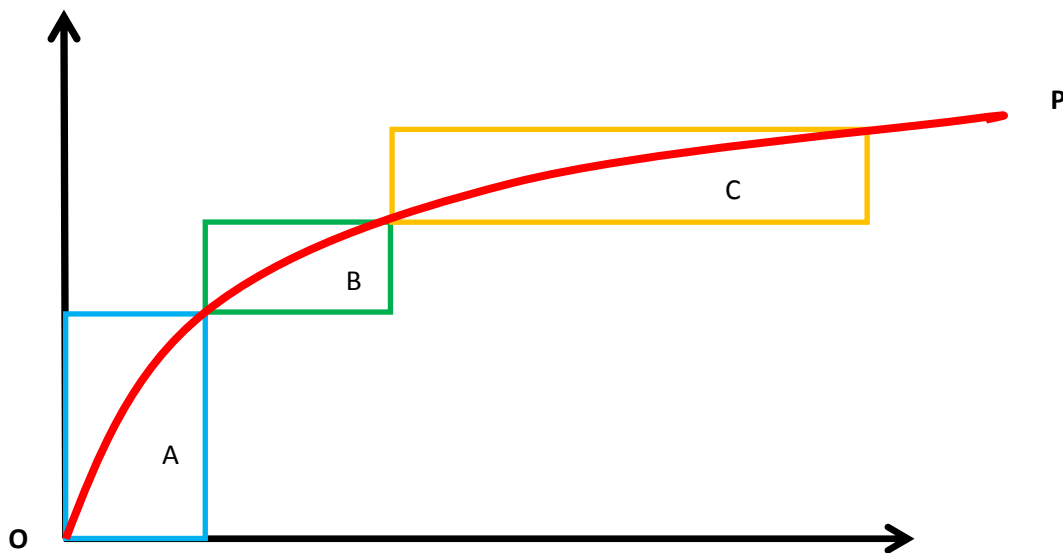
1 A = accumulation à 80 %;

1 B = les 15 % suivants (95 % au total);

1 C = les 5 % restants (100 % au total).

La catégorie ou classe A est la plus importante, la B est d'importance secondaire, la classe C représente la moins importante.

La figure 1.1 représente les trois zones



**FIGURE III.1:exemple courbe ABC**

La méthode ABC est employée pour les mêmes usages que le diagramme de Pareto, et notamment pour :

- ✓ analyser la répartition de la valeur d'un stock, d'un portefeuille d'activités;
- ✓ décider de la disposition des stocks en fonction des taux de rotations des produits (ceux de la classe A étant les plus fréquemment utilisés, sont à placer au plus près);
- ✓ prendre des décisions sur une politique d'externalisation;
- ✓ etc. [10]

### III.6.L'ANALYSE ABC DE FOUR A BIELLETES

Pour les besoins d'application de la loi, nous avons procédé au classement ci-après, des renseignements relatifs aux pannes, enregistrées durant l'année 2017 ainsi que le nombre d'heures d'arrêt enregistrées.

#### III.6.1.ANALYSE SUIVANT LES HEURES D'ARRETS

| Mois<br>composant     | J<br>(1) | F<br>(2) | M<br>(3) | A<br>(4) | M<br>(5) | J<br>(6) | J<br>(7) | A<br>(8) | S<br>(9) | O<br>(10) | N<br>(11) | D<br>(12) | Total<br>(h) |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Train de rouleaux     | 10.5     | 3        | 14       | 15.75    | 0        | 0        | 6.5      | 12.5     | 5.16     | 1.16      | 1.5       | 1.08      | 71.15        |
| Four à chouffe rapide | 3.75     | 1.75     | 15.16    | 5.83     | 0.91     | 3.25     | 1        | 0        | 1.066    | 3         | 6         | 0         | 41.71        |
| Refroidisseur         | 0        | 5.08     | 8.85     | 1.5      | 0        | 0.41     | 0        | 0        | 0        | 0         | 1.08      | 0.33      | 17.78        |
| Chariot de transfert  | 0        | 0.5      | 3        | 4        | 0        | 1.36     | 0        | 2        | 0        | 0.83      | 3.25      | 0         | 14.94        |
| Table de chargement   | 1.08     | 2        | 3        | 0        | 0        | 1.03     | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 0.66      | 7.77         |
| Cisaille à chaud      | 0        | 0.5      | 0        | 4        | 0        | 0        | 0        | 2        | 0        | 0.83      | 0         | 0         | 7.33         |
| TTR                   | 15.33    | 12.83    | 44.01    | 31.08    | 0.91     | 6.05     | 7.5      | 16.5     | 6.226    | 5.82      | 11.83     | 2.07      | 15.33        |

TABLEAU.III.1. Heures d'arrêt des organes (Four à biellette)

III.6.2.ANALYSE SUIVANT LES NOMBRES DES PANNES

| Mois<br>composant     | J<br>(1) | F<br>(2) | M<br>(3) | A<br>(4) | M<br>(5) | J<br>(6) | J<br>(7) | A<br>(8) | S<br>(9) | O<br>(10) | N<br>(11) | D<br>(12) | Total<br>(h) |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------|
| Four à chouffe rapide | 4        | 3        | 5        | 7        | 1        | 3        | 2        | 0        | 2        | 4         | 4         | 0         | 35           |
| Train de rouleaux     | 5        | 1        | 3        | 3        | 0        | 0        | 2        | 4        | 3        | 1         | 1         | 1         | 22           |
| Refroidisseur         | 0        | 3        | 4        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 1         | 9            |
| Cisaille à chaud      | 0        | 1        | 0        | 2        | 0        | 1        | 0        | 1        | 0        | 1         | 0         | 0         | 6            |
| Chariot de transfert  | 0        | 0        | 0        | 2        | 0        | 1        | 0        | 1        | 0        | 0         | 1         | 0         | 5            |
| Table de chargement   | 2        | 1        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0        | 0         | 0         | 1         | 3            |

TABLEAU.III.2. Présentant les Nombres des pannes durant l'année 2017

| Equipements           | Heures d'arrêt (h) | Cumule d'heures d'arrêt (h) | % cumule d'heures d'arrêt | Nombre des pannes | Cumule Nombre de pannes | % cumule nombre des pannes |
|-----------------------|--------------------|-----------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------|
| Train de rouleaux     | 71.15              | 71.15                       | 44.28                     | 22                | 22                      | 27,5                       |
| Four à chouffe rapide | 41.71              | 112.86                      | 70.23                     | 35                | 57                      | 71,25                      |
| Refroidisseur         | 17.78              | 130.64                      | 81.17                     | 9                 | 66                      | 82,5                       |
| Chariot de transfert  | 14.94              | 145.58                      | 90.60                     | 5                 | 71                      | 88,75                      |
| Table de chargement   | 7.77               | 153.35                      | 95.43                     | 3                 | 74                      | 92,5                       |
| Cisaille à chaud      | 7.33               | 160.68                      | 100                       | 6                 | 80                      | 100                        |

TABLEAU.III.3. Présentant % cumule d'heures d'arrêt et % cumule nombre des pannes

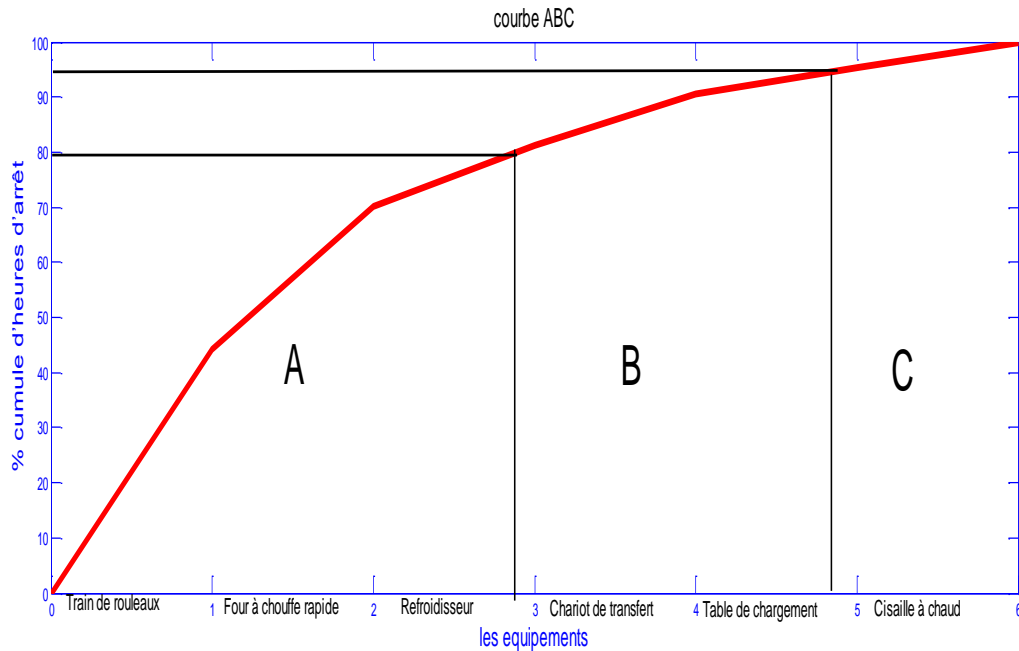


FIGURE .III.2 : courbe ABC

### III.6.3.INTERPRETATION DE LA COURBE

D'après cette analyse, on constate que:

**Zone A** : 27,5% des équipements représentent 44.28%, et 82,5% des pannes cumulées, correspondent à 81.17% d'heures d'arrêt cumulées c'est dans cette zone qu'il faut agir en priorité mettant en application une politique de maintenance préventive systématique. Les pannes mécaniques sont importante précisément la rupture d'arbre.

**Zone B**: 22.5% des pannes cumulées correspondant à 10.4% d'heures d'arrêt cumulées, il faut continuer la maintenance préventive.

**Zone C** : 50% des pannes cumulées correspondant à 45.32 % d'heures d'arrêt cumulées on peut considérer que ces composantes sont faibles et que la maintenance préventive mensuelle adoptée ces systèmes sont correcte.

**III.7.Conclusion:**

Le four à biellette occupe une place importante dans le processus de production de l'aluminium au niveau de ALGAL+, l'arrêt de cette dernière a un impact néfaste sur la productivité de L'entreprise

D'après l'analyse ABC il en résulte que les équipements les plus défaillants sont: le Four à chouffe rapide, on prends en considération l'impact de l'arrêt de chaque équipement sur le procès de production et avec l'éventualité de prendre en étude tel ou tel équipement compte tenu de l'importance de ces équipements sur la production, notre étude va être concentré sur le Four à chouffe rapide comme élément important constituant le Four à biellette.

# Chapitre 04

## Analyse FMD de la ligne d'extrusion

## **IV.1.INTRODUCTION**

Nous plaçons délibérément ce chapitre sous le signe du « maintenancier » et non du « fiabiliste ». Ces deux métiers sont différents : le maintenancier est un gestionnaire des activités techniques du terrain, le fiabiliste est un scientifique concepteur de systèmes « sûrs » ou un exploitant des nombreux retours d'expérience mis en place dans quelques grands groupes industriels (automobiles, nucléaire, aéronautique, etc.). Le premier a toujours trop de pannes, le second n'en a jamais assez dans son retour d'expérience. Le premier est spécialement concerné par la « disponibilité opérationnelle » des équipements, le second par la « fiabilité prévisionnelle » des composants et des systèmes. Loin de les opposer, notre objectif consiste à combler le fossé qui les sépare trop souvent en mettant à la disposition du premier quelques outils du second. Des outils applicables sur le terrain industriel, leur approche théorique n'étant là que pour justifier le bien-fondé de leur mise en application. [11]

## **IV.2.FIABILITE**

### **IV.2.1.définition**

Définition de fiabilité (norme AFNOR X 06-501) La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation et pour une période de temps déterminée.

#### **Lois discrètes :**

Lois binomiale

Lois de poisson

Lois hypergéométrique

#### **lois continues:**

lois exponentielle.

lois normal.

lois de Weibull.

La probabilité est définie comme étant le rapport entre le nombre de cas favorable à la réussite d'un événement au nombre de cas possible. Pour mesurer la fiabilité l'utilisation des éléments suivants est nécessaire :

- la variable aléatoire
- la probabilité instantanée de défaillance ou probabilité de défaillance juste à temps «t »
- la probabilité cumulée de défaillance entre 0 et 1.
- la fiabilité  $R(t)$  est la probabilité de suivi ou de non défaillance au temps «t » [12]

IV.2.2.Indicateur de fiabilité  $\lambda$  et MTBF

Ils sont les deux principaux indicateurs de la fiabilité utilisés industriellement.

$\lambda$  représente le taux de défaillance ou le taux d'avarie. Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps pour période de travail donnée ; durée total en service actif.

$$\lambda = \frac{\text{nombre de défaillance pendant le service}}{\text{durée totale de bon fonctionnement}}$$

En pratique, le taux de panne  $\lambda$  peut être constant, mais aussi croissant ou décroissant au cours du temps, avec changement graduel, sans discontinuité. Pour la majorité des produits industriels, les variations de  $\lambda(t)$  au cours du temps «courbe en baignoire» présentes trois zones typiques (figure ci-dessous)

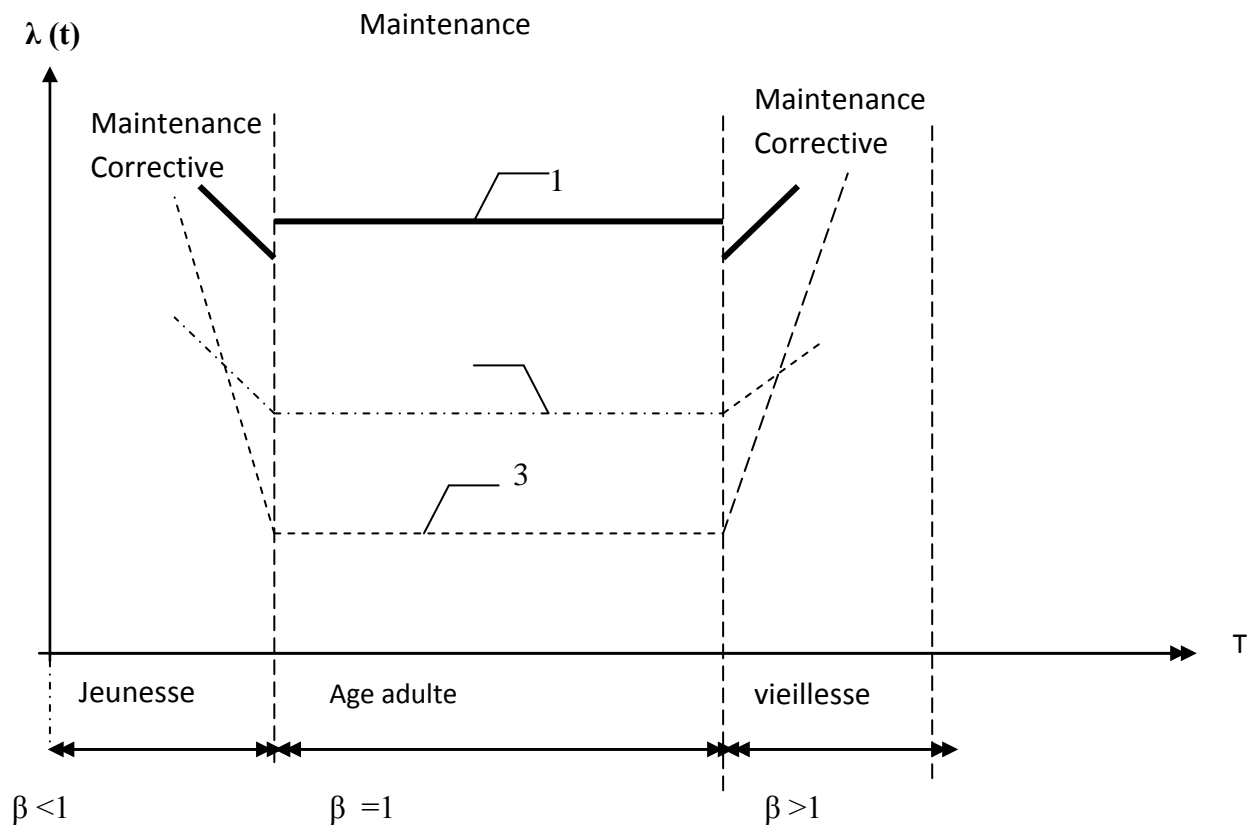


FIGURE.VI.1: Courbe en baignoire [13]

1. Matériel mécanique, 2 Matériel électrique, 3 Matériel électronique

### **zone1 : période de jeunesse :**

C'est le début de la vie du produit et défaillances sont dites de jeunesse. Le taux de défaillance  $\lambda$  décroît rapidement au cours du temps.

### **Préventions possibles :**

Rodage, contrôles et testes renforcés avant livraison, etc. la loi de **weibull** (avec  $\beta < 1$ ) est utilisable pour décrire ce défaillance.

### **Zone 2 : période de défaillance à taux constant :**

C'est la zone de maturité ou de pleine activité du produit pour laquelle le taux de défaillance  $\lambda$  est sensiblement constant. C'est également le domaine des défaillances imprévisibles se produisant de façon aléatoire. En étude de probabilité; la loi de fiabilité adaptée à cette zone ( $\lambda(t) = \text{constant}$ ) est la distribution exponentielle.

Le phénomène d'arrivée des pannes dans le temps appelé « processus de poisson »

### **Zone 3 : période de vieillissement :**

C'est la période de fin de vie du produit caractérisé par des défaillances dues à l'âge ou à l'usure des composants  $\lambda$  croit rapidement avec le temps, du fait de dégradation du matériel (usures mécanique, phénomène de fatigue et dérive des composants électriques ....) les lois de fiabilité adaptées à cette zone sont :

Les lois normales, gamma, log normal ou **Weibull** (avec  $\beta > 1$ ).

**MTBF** est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances :

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{N}$$

N: nombre des pannes.

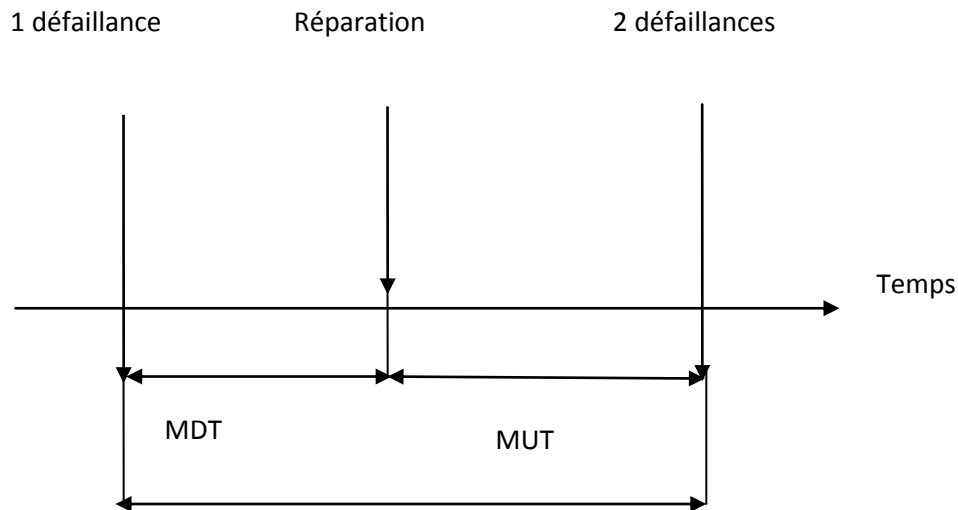


FIGURE.VI.2: représente les zones de MUT et MDT

**MDT : (temps moyen de disponibilité) :**

Durée de bon fonctionnement après réparation

**MUT: (mean up time) :**

Durée moyenne de fonctionnement après réparation et avant la défaillance suivante.

La durée moyenne entre défaillance notée MTBF la durée entre deux défaillances consécutives de l'entité. En général on a la relation :

$$MTBF = MUT + MDT$$

**IV.2.3.Types de fiabilité**

- A. **Fiabilité explicite:** elle est basée sur des modèles mathématiques, cette probabilité est devenue un trait d'union entre la technique et l'économie.
- B. **Fiabilité implicite:** c'est la fiabilité estimée par le service de la maintenance compte tenu d'une certaine expérience.
- C. **fiabilité intrinsèque :** il s'agit de la fiabilité propre qui est liée à la conception et la réalisation.
- D. **Fiabilité extrinsèque :** Elle est liée aux conditions de travail et à l'environnement.

E. **fiabilité projetée** : C'est la fiabilité déterminée au stade de la conception.

F. **fiabilité opérationnelle**: C'est la fiabilité réelle de la machine.

### IV.3.LOIS DE WEIBULL

La loi de Weibull est utilisée pour caractériser un taux de défaillance variant dans le temps, par exemple pour les composants mécaniques soumis à usure. L'application, de ce modèle nécessite:

- le temps de bon fonctionnement TBF.
- le nombre de panne correspond à TBF.

Nous pouvons associer à chaque instant « t » soit analytiquement soit graphiquement la fonction liée au comportement du matériel à savoir :

-Densité de probabilité  $f(t)$  : [15]

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \exp \left[ - \left( \frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta \right] \quad \text{avec : } t \geq \gamma$$

-Probabilité de défaillance  $F(t)$  :

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

-Fiabilité  $R(t)$  :

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

Taux de défaillance

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

#### IV.3.1.Signification des paramètres de Weibull

##### a) Paramètre de forme $\beta$

C'est un nombre sans dimensions, il définit l'allure de distribution des durées, il permet d'adapter la forme de la courbe  $\lambda(t)$  aux différentes étapes de vie.

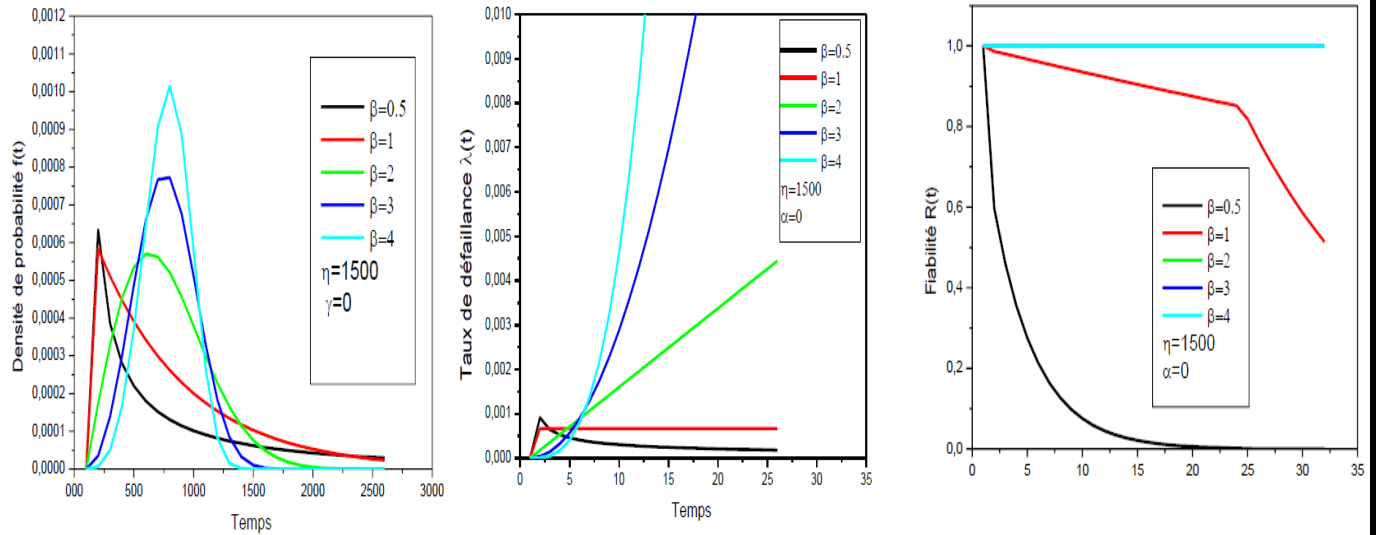


FIGURE.VI.3: formes de  $F(t)$ ,  $R(t)$  et  $\lambda(t)$  en fonction de  $\beta$  [14]

- **$\beta < 1$**  : correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place et de rodage l'installation (période de jeunesse).
- **$\beta = 1$**  : correspond à la zone où le taux de défaillance aléatoire est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement aucune symphonie de dégradation préalable (vie utile) c'est la période la plus longue.
- **$\beta > 1$**  : correspond à la zone croissant rapide. C'est l'époque de vieillesse qui est provoquée par l'usine mécanique.

**b) paramètre d'échelle  $\eta$**

En unité qui est associé à l'échelle utilisé sur graphe d'alliant platt. Ce graphe est gradué comme suit :

- en abscisse  $\ln t$
- en ordonnée  $\ln \frac{1}{1 - f(t)}$

**c) paramètre de position  $\gamma$**

Il permet de déterminer la date du début de défaillance, son unité est celle du temps, Si:

$\gamma < 0$ : les défaillances sont débutées avant l'origine du temps.

$\gamma = 0$  : les défaillances ont pour début l'origine du temps.

$\gamma > 0$ : il ya une survie normal entre  $t = 0$  et  $t = \gamma$ .

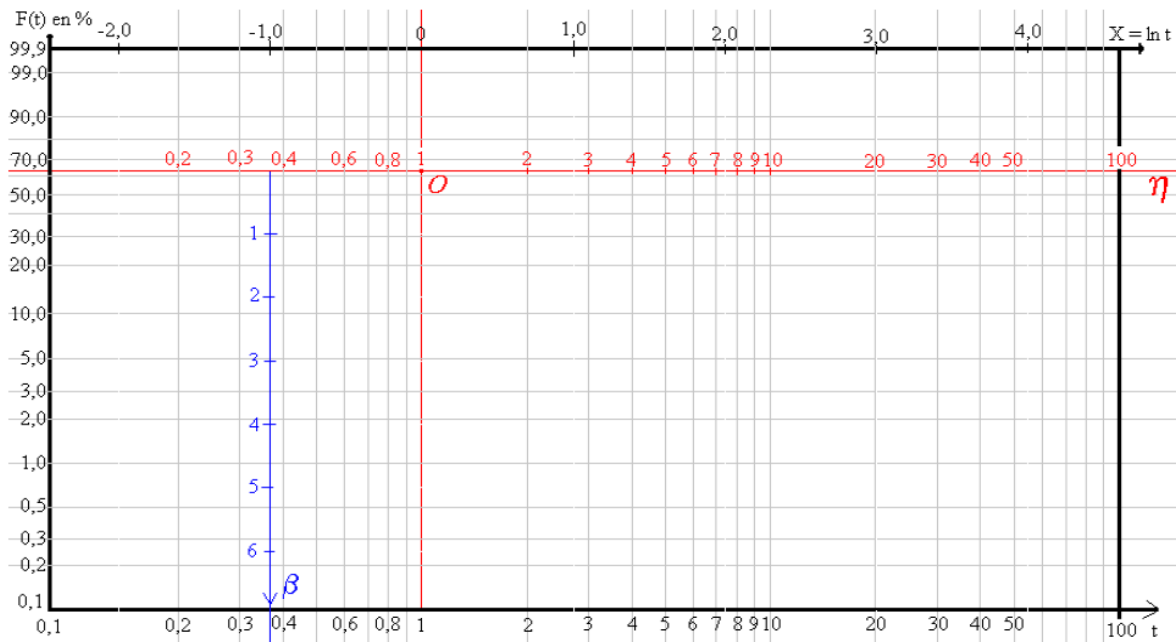


FIGURE.VI.4: Description de papier de weibulle [14]

#### IV.4. ANALYSE DE LA FIABILITE DE LIGNE D'EXTRUSION A PARTIR DU MODELEDE WEIBULL

##### IV.4.1. DETERMINATION DE LA FIABILITE DE LA LIGNE D'EXTRUSION

##### Détermination et exploitation des paramètres de Weibull

*IV.4.1.1. Tracé de la droite de Weibull*

L'historique de cette ligne présenté dans le tableau ci-dessous :

| N° | TR    | TBF (h) | Classement<br>TBF | n <sub>i</sub> | ∑ n <sub>i</sub> | F <sub>e</sub> = ∑ n <sub>i</sub> / N+1 |
|----|-------|---------|-------------------|----------------|------------------|---|
| 01 | 02    | 240     | 16                | 01             | 01               | 0,04                                    |
| 02 | 2.16  | 96      | 16                | 01             | 02               | 0,08                                    |
| 03 | 7     | 112     | 48                | 01             | 03               | 0,12                                    |
| 04 | 2.58  | 128     | 64                | 01             | 04               | 0,16                                    |
| 05 | 1.66  | 224     | 64                | 01             | 05               | 0,2                                     |
| 06 | 20    | 48      | 64                | 01             | 06               | 0,24                                    |
| 07 | 10.66 | 176     | 96                | 01             | 07               | 0,28                                    |
| 08 | 5.5   | 96      | 96                | 01             | 08               | 0,32                                    |
| 09 | 19    | 64      | 96                | 01             | 09               | 0,36                                    |
| 10 | 9.6   | 96      | 112               | 01             | 10               | 0,4                                     |
| 11 | 14.5  | 176     | 112               | 01             | 11               | 0,44                                    |
| 12 | 3.16  | 16      | 128               | 01             | 12               | 0,48                                    |
| 13 | 1.91  | 64      | 128               | 1              | 13               | 0,52                                    |
| 14 | 3     | 16      | 128               | 1              | 14               | 0,56                                    |
| 15 | 4.33  | 432     | 176               | 1              | 15               | 0,6                                     |
| 16 | 4.41  | 208     | 176               | 1              | 16               | 0,64                                    |
| 17 | 2.75  | 128     | 192               | 1              | 17               | 0,68                                    |
| 18 | 5.41  | 128     | 208               | 1              | 18               | 0,72                                    |
| 19 | 11.16 | 368     | 208               | 1              | 19               | 0,76                                    |
| 20 | 3.66  | 112     | 224               | 1              | 20               | 0,80                                    |
| 21 | 9.75  | 208     | 240               | 1              | 21               | 0,84                                    |
| 22 | 2.73  | 288     | 288               | 1              | 22               | 0,88                                    |
| 23 | 7.53  | 192     | 368               | 1              | 23               | 0,92                                    |
| 24 | 2.25  | 64      | 432               | 1              | 24               | 0,96                                    |

**TABLEAU IV.1. L'historique de la ligne d'extrusion**

$$Fe(t_i) = \sum n_i / N + 1 \quad \text{ou } N > 20$$

Exemple de calcul :  $Fe(t) = 1/24 + 1 = 0,04 = 4 \%$

IV.4.1.2. Détermination des paramètres de Weibull

Les paramètres de Weibull issue d'un traitement informatique pour logiciel : **LOG-LAALA**

on trouve:

- $\eta = 176.1299$
- $\beta = 1.3070$
- **MTBF = 161.9505 h**
- $\gamma = 0$

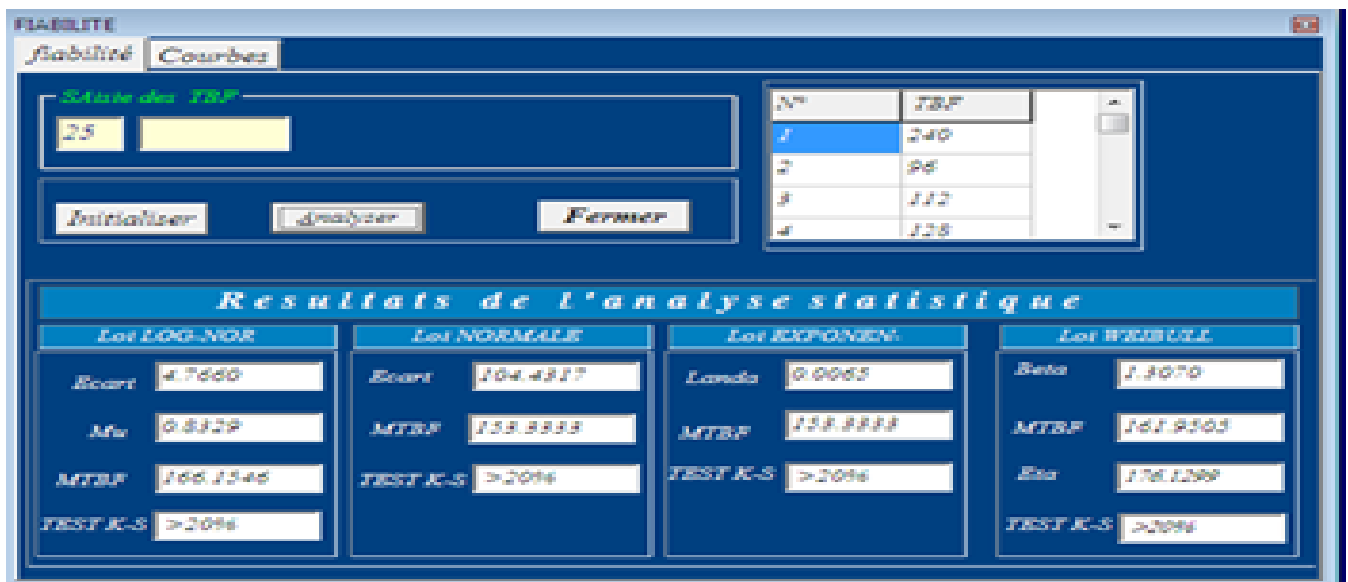


FIGURE.VI.5 : logiciel LOG-LAALA

Il est primordial pour valider une loi de fiabilité de tester les hypothèses savoir si nous devons accepter ou rejeter le modèle proposé.

N=19<50 le teste de **KOLMOGROV-SMIRNOV** s'adapte mieux dans ce cas, ce dernier apporte une information supplémentaire en ce qui concerne l'équation des fréquences cumulées et étudiées au modèle de Weibull.

**IV.4.1.3. le teste de Kolmogorov-Smirnov:** On se fixe à un seuil de confiance  $\alpha=5\%(0,05)$  dépendant de la politique exigée. Il s'agit de calculer l'écart entre la fonction théorique  $Fe(t)$  et la

fonction réelle  $F(t)$  et de prendre le maximum de leur différence en valeur absolue :

$$D_n, \max = |F_t(t_i) - F_r(t_i)|$$

On compare celle-ci à la valeur  $D_{n, \alpha}$ , donnée par la table de K-S ce qui donne les valeurs suivantes:

| N° | TBF | n <sub>i</sub> | ∑ n <sub>i</sub> | F <sub>t</sub> (t <sub>i</sub> ) | F <sub>e</sub> (t) | D <sub>n</sub> =  F <sub>t</sub> (t)-F <sub>r</sub> (t) |
|----|-----|----------------|------------------|----------------------------------|--------------------|---|
| 01 | 16  | 01             | 01               | 0,080929942                      | 0,04               | 0,040929942   |
| 02 | 16  | 01             | 02               | 0,080929942                      | 0,08               | 0,000929942   |
| 03 | 48  | 01             | 03               | 0,230383911                      | 0,12               | 0,110383911   |
| 04 | 64  | 01             | 04               | 0,296894695                      | 0,16               | <b>0,136894695</b>                                      |
| 05 | 64  | 01             | 05               | 0,296894695                      | 0,2                | 0,096894695   |
| 06 | 64  | 01             | 06               | 0,296894695                      | 0,24               | 0,056894695   |
| 07 | 96  | 01             | 07               | 0,414325486                      | 0,28               | 0,134325486   |
| 08 | 96  | 01             | 08               | 0,414325486                      | 0,32               | 0,094325486   |
| 09 | 96  | 01             | 09               | 0,414325486                      | 0,36               | 0,054325486   |
| 10 | 112 | 01             | 10               | 0,46587054                       | 0,4                | 0,06587054  |
| 11 | 112 | 01             | 11               | 0,46587054                       | 0,44               | 0,02587054  |
| 12 | 128 | 01             | 12               | 0,513077002                      | 0,48               | 0,033077002   |
| 13 | 128 | 01             | 13               | 0,513077002                      | 0,52               | 0,006922998   |
| 14 | 128 | 01             | 14               | 0,513077002                      | 0,56               | 0,046922998   |
| 15 | 176 | 01             | 15               | 0,631840591                      | 0,6                | 0,031840591   |
| 16 | 176 | 01             | 16               | 0,631840591                      | 0,64               | 0,008159409   |
| 17 | 192 | 01             | 17               | 0,664788954                      | 0,68               | 0,015211046   |
| 18 | 208 | 01             | 18               | 0,694861985                      | 0,72               | 0,025138015   |
| 19 | 208 | 01             | 19               | 0,694861985                      | 0,76               | 0,065138015   |
| 20 | 224 | 01             | 20               | 0,722298835                      | 0,80               | 0,077701165   |
| 21 | 240 | 01             | 21               | 0,74732098                       | 0,84               | 0,09267902  |
| 22 | 288 | 01             | 22               | 0,809866348                      | 0,88               | 0,070133652   |
| 23 | 368 | 01             | 23               | 0,88201164                       | 0,92               | 0,03798836  |
| 24 | 432 | 01             | 24               | 0,919639397                      | 0,96               | 0,040360603   |

TABLEAU IV.2 la valeur différence entre la fonction de répartition réelle et théorique.

D'après le tableau :

La fréquence maximum  $Dn, \max = 0,136894695$

Selon le tableau de K-S avec  $n=24$  et on aura :

$Dn, \alpha = 0.26931, \alpha = 0.05, p(\max|Ft(t) - Fr(t)|Dn, \alpha) = 1 - \alpha$

Donc :  $Dn, \max < Dn, \alpha$

D'où on accepte le modèle de Weibull

#### IV.4.2. Calcul taux de défaillance

Défini comme étant la probabilité de défaillance à l'instant «t + Δt» sachant que :

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

#### IV.4.3. Calcul de fiabilité

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimé par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions données pour un temps donné :

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

Avec :

$$\beta = 1.307$$

$$MTBF = 161.95 \text{ (h)}.$$

$$\eta = 176.13 \text{ h}$$

$$\gamma = 0$$

#### IV.4.4. Calcul de la fonction de densité de probabilité f (t)

Elle représente la probabilité de défaillance au temps « t » sa formule est donnée par :

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

Avec :

$$\beta = 1.3$$

$$MTBF = 161.95 \text{ (h)}.$$

$$\eta = 176.1299 \text{ h}$$

$$, \quad \gamma = 0$$

$$\text{ou } f(t) = R(t) \cdot \lambda(t)$$

IV.4.5 CALCUL DE  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$

| TBF | R(t)        | f(t)        | $\lambda(t)$ | F(t)        |
|-----|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 16  | 0,919070058 | 0,003265767 | 0,003553338  | 0,080929942 |
| 16  | 0,919070058 | 0,003265767 | 0,003553338  | 0,080929942 |
| 48  | 0,769616089 | 0,003831659 | 0,004978663  | 0,230383911 |
| 64  | 0,703105305 | 0,003823749 | 0,005438373  | 0,296894695 |
| 64  | 0,703105305 | 0,003823749 | 0,005438373  | 0,296894695 |
| 64  | 0,703105305 | 0,003823749 | 0,005438373  | 0,296894695 |
| 96  | 0,585674514 | 0,003607325 | 0,006159266  | 0,414325486 |
| 96  | 0,585674514 | 0,003607325 | 0,006159266  | 0,414325486 |
| 96  | 0,585674514 | 0,003607325 | 0,006159266  | 0,414325486 |
| 112 | 0,53412946  | 0,003449278 | 0,006457756  | 0,46587054  |
| 112 | 0,53412946  | 0,003449278 | 0,006457756  | 0,46587054  |
| 128 | 0,486922998 | 0,003276012 | 0,006727987  | 0,513077002 |
| 128 | 0,486922998 | 0,003276012 | 0,006727987  | 0,513077002 |
| 128 | 0,486922998 | 0,003276012 | 0,006727987  | 0,513077002 |
| 176 | 0,368159409 | 0,002731367 | 0,007418978  | 0,631840591 |
| 176 | 0,368159409 | 0,002731367 | 0,007418978  | 0,631840591 |
| 192 | 0,335211046 | 0,002554251 | 0,007619828  | 0,664788954 |
| 208 | 0,305138015 | 0,002382942 | 0,007809391  | 0,694861985 |
| 208 | 0,305138015 | 0,002382942 | 0,007809391  | 0,694861985 |
| 224 | 0,277701165 | 0,002218582 | 0,0079891    | 0,722298835 |
| 240 | 0,25267902  | 0,002061891 | 0,00816012   | 0,74732098  |
| 288 | 0,190133652 | 0,001640832 | 0,008629889  | 0,809866348 |
| 368 | 0,11798836  | 0,001097807 | 0,00930437   | 0,88201164  |
| 432 | 0,080360603 | 0,000785432 | 0,00977384   | 0,919639397 |

TABLEAU IV.3. Les valeurs des  $R(t)$ ,  $F(t)$ ,  $f(t)$ ,  $\lambda(t)$ .

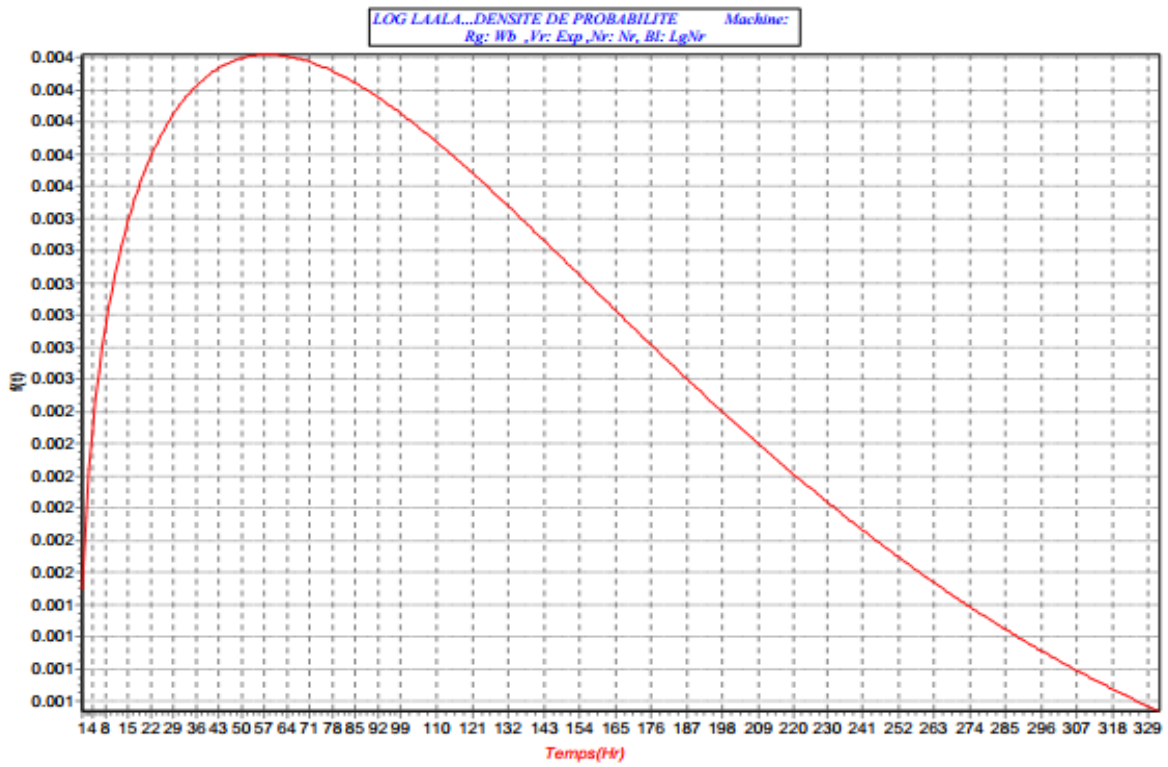


FIGURE.VI.6: la courbe du Densité de probabilité

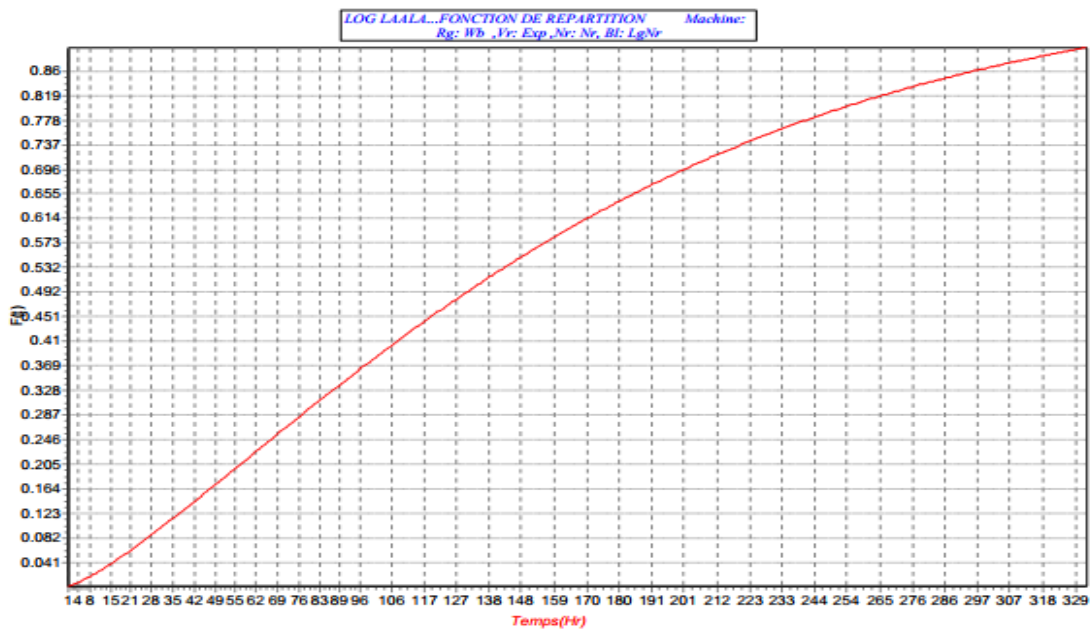


FIGURE.VI.7: la courbe du Probabilité de défaillance

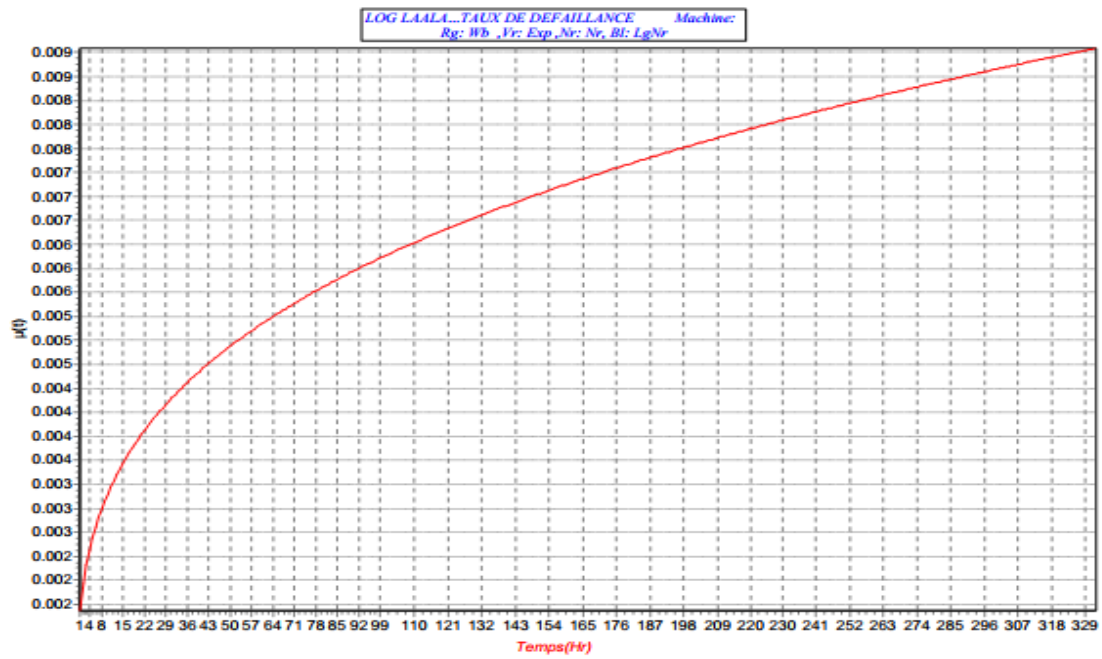


FIGURE.VI.8: la courbe du Taux de défaillance

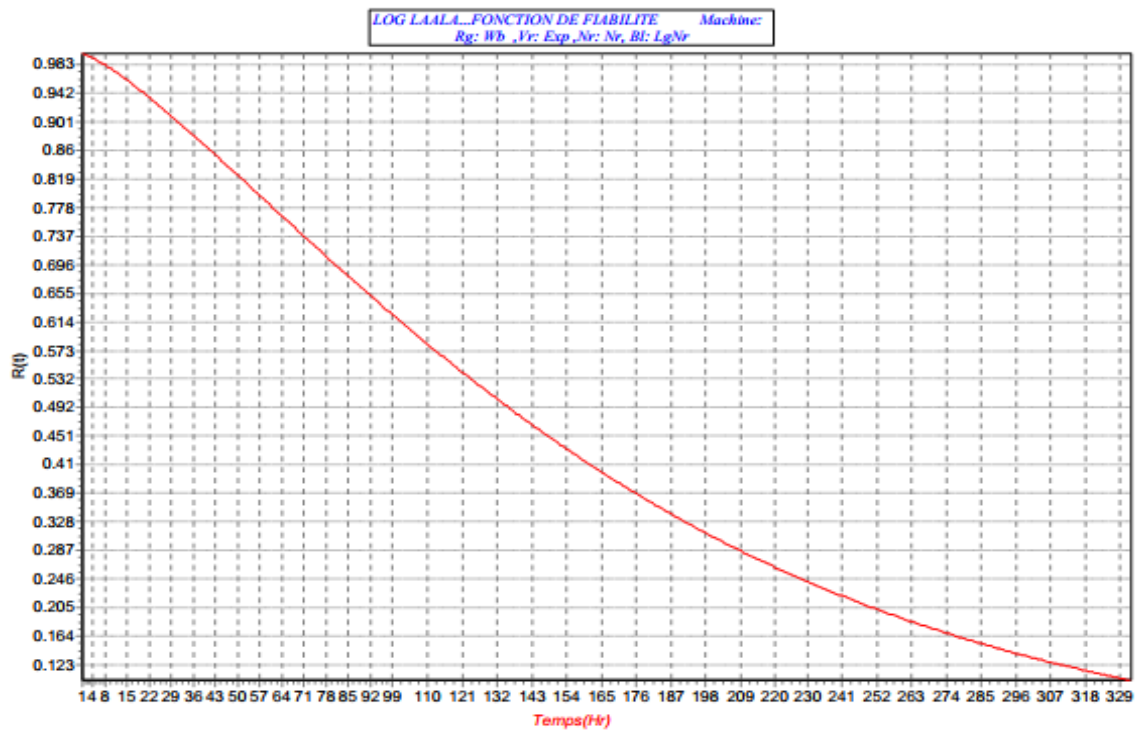


FIGURE.VI.9: la courbe de fiabilité

#### IV.4.6. Interprétation des courbes

##### IV.4.6.1. Fonction de densité de probabilité $f(t)$

L'intérêt de cette fonction est de voir comment se distribuent les défaillances enregistrées et leur réparation autour de la moyenne de tenue d'un matériel.

Pour notre application, la densité de probabilité devient presque nulle lorsque l'équipement dépasse le temps MTBF.

ce qui signifie que les pannes se minimisent du temps pour qu'elle reste presque stable quel que soit le temps. Pour :  $f(\text{MTBF}) = (\beta/\eta)(\text{MTBF}-\gamma/\eta)^{\beta-1} e^{-(\text{MTBF}-\gamma/\eta)\beta}$

$$f(\text{MTBF}) = 0.00295174$$

##### IV.4.6.2. la fonction de réparation $F(t)$ :

La fonction de réparation est inversement proportionnelle à la fiabilité. Elle présente le risque de tomber en panne car plus la fiabilité diminue plus le risque de tomber en panne augmente.

D'après notre graphe, la probabilité de défaillance est pratiquement constante ce qui signifie que nous sommes en présence de défauts de jeunesse.

$$\text{Pour : } F(\text{MTBF}) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{\text{MTBF} - \gamma}{\eta}\right)^\beta\right] . \quad F(\text{MTBF}) = 59.18\%$$

##### IV.4.6.3. la fonction du taux de défaillance $\lambda(t)$

Après la comparaison avec la courbe en baignoire et les résultats obtenus on constate que le taux d'avarie est décroissant ( $\beta > 1$ ) cela correspond à la période de fin de vie du produit caractérisée par des défaillances dues à l'âge ou à l'usure des composants. Le taux de défaillances croît rapidement avec le temps on note que pour :

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

$$\lambda(\text{MTBF}) = 0,0072$$

##### IV.4.6.4. la fonction de la fiabilité $R(t)$

D'après la forme de la courbe on constate que nous sommes en présence de défauts de jeunesse, les avaries seront stabilisées et leurs apparitions seront parfaitement aléatoires vers le temps du essentiellement à :

- ❖ Une mauvaise utilisation (non-respect des consignes par le constructeur)
- ❖ De l'usure
- ❖ Des défauts conception.
- ❖ Des contraintes supérieures causées par l'opérateur de la machine.

Donc pour que la fiabilité ne se dégrade pas, il faut trouver des solutions pour les défauts et les problèmes mécaniques, donc il faut :

- contrôler notre installation.
- Prendre des mesures prédictives.
- Appliqué les consignes de l'entretien préventif systématique prévues par le constructeur.

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

**MTBF=161.95 h**

**R(t=MTBF)=40.81%**

#### IV.5. MAINTENABILITE

La maintenabilité est une des caractéristiques essentielles utilisées lors d'un projet de produit. Elle peut être spécifiée, contrôlée est mesurée.

Augmenter la maintenabilité d'un produit, c'est le rendre facilement réparable.

Après analyse de la disponibilité, nous pouvons dire que la maintenabilité est la composante principale de la maintenance.

Elle peut se traduire comme étant une caractéristique permettant d'assurer l'aptitude a la maintenance dans les meilleures conditions possibles.

##### IV.5.1. DEFINITION

Dans des conditions données, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.

**Maintenabilité = être rapidement dépanné.**

D'après la norme AFNOR X 60-010 :

Dans des conditions données d'utilisation, la maintenabilité est l'aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir sa fonction requise, lorsque la

maintenance est accomplie dans des conditions données avec des procédures et des moyens prescrits.

Par analogie avec la fiabilité, il est possible de donner à la maintenabilité une définition probabiliste :

La maintenabilité est la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirés, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions et avec des moyens prescrits. [14]

#### IV.5.2. LA FONCTION MAINTENABILITE

C'est la probabilité pour qu'un dispositif soit réparé avant le temps t

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

Le taux de réparation est :

$$\mu = 1 / \text{MTTR}$$

$\mu$  est le taux de réparation ou le nombre d'intervention par unité de temps.

MTTR est la moyenne des techniques de réparation.

$$\text{MTTR} = \sum \text{TR} / N$$

TR est le temps de réparation

#### IV.5.3. ANALYSE DE LA MAINTENABILITE DE FOUR A BIELLETTE

D'après l'historique des pannes de le four a biellette :

$$\text{MTTR} = \text{TR}/N = 156,71 / 24 = 6,529583333\text{h}$$

$$\mu = 1/\text{MTTR} = 1 / 6,529583333 = 0,153149129 \text{ intervention/h}$$

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

Exemple de calcul :  $M(t) = 1 - e^{-0,153149129 * 0.5} = 0.0737$

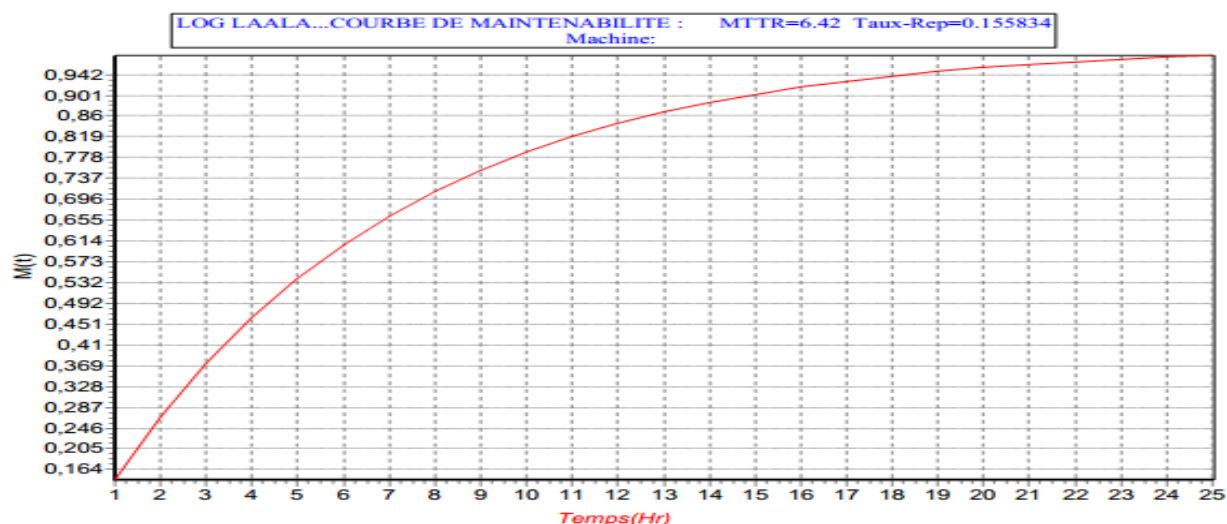


FIGURE.VI.10 :la courbe de Maintenabilité

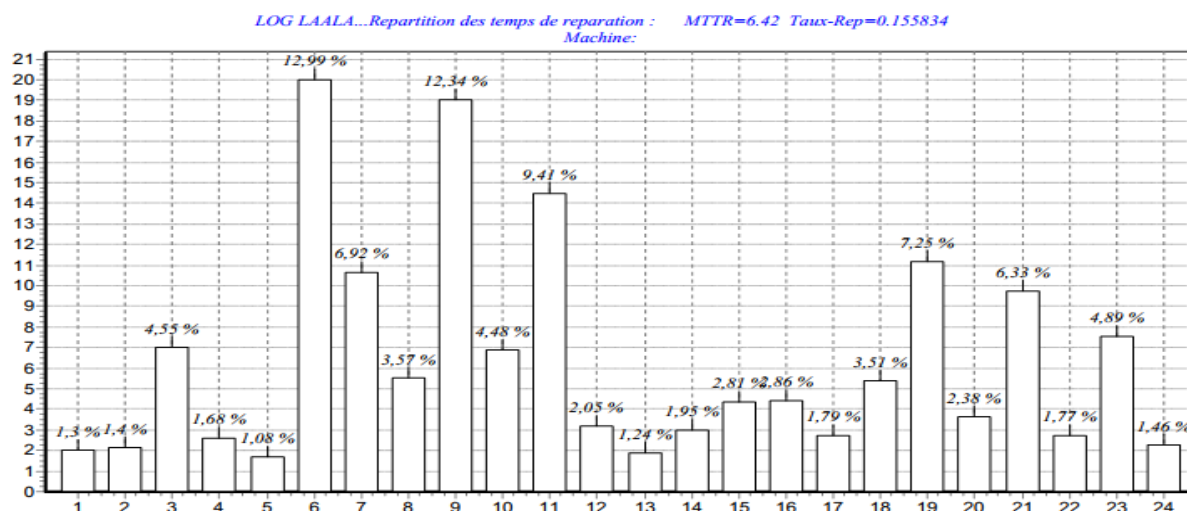


FIGURE.VI.11 : la courbe de temps de réparation

#### IV.5.4. Interprétation maintainability

.cette courbe se présente croissance en fonction du temps une fois le temps atteint à 130h, la maintenabilité égal à 99%

Pour améliorer la maintenabilité il faut réduire la MTTR et ça sera réduit lorsque tous les travaux de maintenance c'est préparé à l'avance.

On note que pour :  $M(t = MTBF) = 0.99$

## IV.6. DISPONIBILITE

Un dispositif est disponible s'il peut remplir la mission ou la fonction pour laquelle il a été conçu. Le concept de disponibilité permet de mettre en évidence l'aptitude à la réparation d'un

Dispositif en mesurant l'efficacité de la maintenance.

Aujourd'hui nous ne recherchons plus la disponibilité maximale mais la disponibilité optimale, c'est-à-dire la disponibilité au moindre coût, ceci est d'autant plus vrai en période De sous activité.

### IV.6.1.Définition

La disponibilité est la probabilité de fonctionnement d'un dispositif à l'instant. Augmenter la disponibilité d'un matériel consiste à réduire le nombre de ses arrêts (fiabilité), à réduire le temps mis pour les résoudre (maintenabilité) et à mettre en œuvre des procédures et des moyens de maintenance efficaces.

### IV.6.2.TYPES DE DISPONIBILITE

#### IV.6.2.1.disponibilité moyenne

Sur un intervalle de temps donné peut être évaluée par les rapports suivants :

$$D_m = \frac{\text{Temps de disponibilité}}{\text{Temps de disponibilité} + \text{temps d'indisponibilité}}$$

Ou :

$$D_m = \frac{TCBF}{TCBF + TCI}$$

**TCBF:** temps cumulé de bon fonctionnement.

**TCI:** temps cumulé d'immobilisation qui est la somme du temps d'intervention et le temps logistique

#### IV.6.2.1.A.disponibilité intrinsèque ou asymptotique

Quand t tend vers l'infini

$$A_\alpha = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$$

Avec :

$$A_a = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

$$\text{MTBF} = 1 / \lambda \quad \text{et} \quad \text{MTTR} = 1/\mu$$

#### IV.6.2.1. B. disponibilité opérationnelle

Il s'agit de prendre en compte les conditions réelles d'exploitation et de la maintenance.

$$D_0 = \text{MTBF} / \text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{MTL}$$

MTL : est la moyenne de temps logique.

#### IV.6.2.2. disponibilité instantanée

On montre que la disponibilité instantanée d'un système réparable est de la forme :

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

Avec  $\lambda$  et  $\mu$  sont respectivement les taux de défaillance et réparation

### IV.6.3. ANALYSE DE LA DISPONIBILITE DE LIGNE D'EXTRUSION

#### IV.6.3.1. disponibilité instantané

$$\mu = 1/\text{MTTR} = 1/6,417 = 0,155 \text{ intervention /h}$$

$$\lambda = 1/\text{MTBF} = 1/161.96 = 0,00617 \text{ défaillance /h}$$

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

$$D(t) = 0,155/0,155+0,00617 + 0,00617 / 0,00617 + 0,155 e^{-(0,00617 + 0,155)t}$$

$$D(t) = 0,9617 + 0.03828 e^{-(0.16117)t}$$

|              |            |            |           |           |              |              |              |              |
|--------------|------------|------------|-----------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| <b>T(h)</b>  | <b>0</b>   | <b>10</b>  | <b>20</b> | <b>30</b> | <b>50</b>    | <b>60</b>    | <b>80</b>    | <b>100</b>   |
| <b>Di(%)</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>94</b> | <b>88</b> | <b>75.72</b> | <b>69.55</b> | <b>57.21</b> | <b>44.87</b> |

**IV.6.3.2. Disponibilité moyenne**

**IV.6.3.3.A. Disponibilité Opérationnelle**

$$D_o = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR} + \text{MTL})$$

D'où :  $\text{M.T.B.F} = \text{T.C.B.F} / N_c$

**T.C.B.F** : Temps cumulé de bon fonctionnement.

Avec :  $\text{MTTR} + \text{MTL} = \text{MTA}$

$$D_o = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTA})$$

**$D_o = 96.18 \%$**

**IV.6.3.1.B. Disponibilité intrinsèque  $D_{it}$**

$$D_{it} = \text{MTBF} / (\text{MTBF} + \text{MTTR})$$

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

$$D_{it} = 161.96 / (161.96 + 6.417) = 0.9618$$

**$D_{it} = 96.18 \%$**

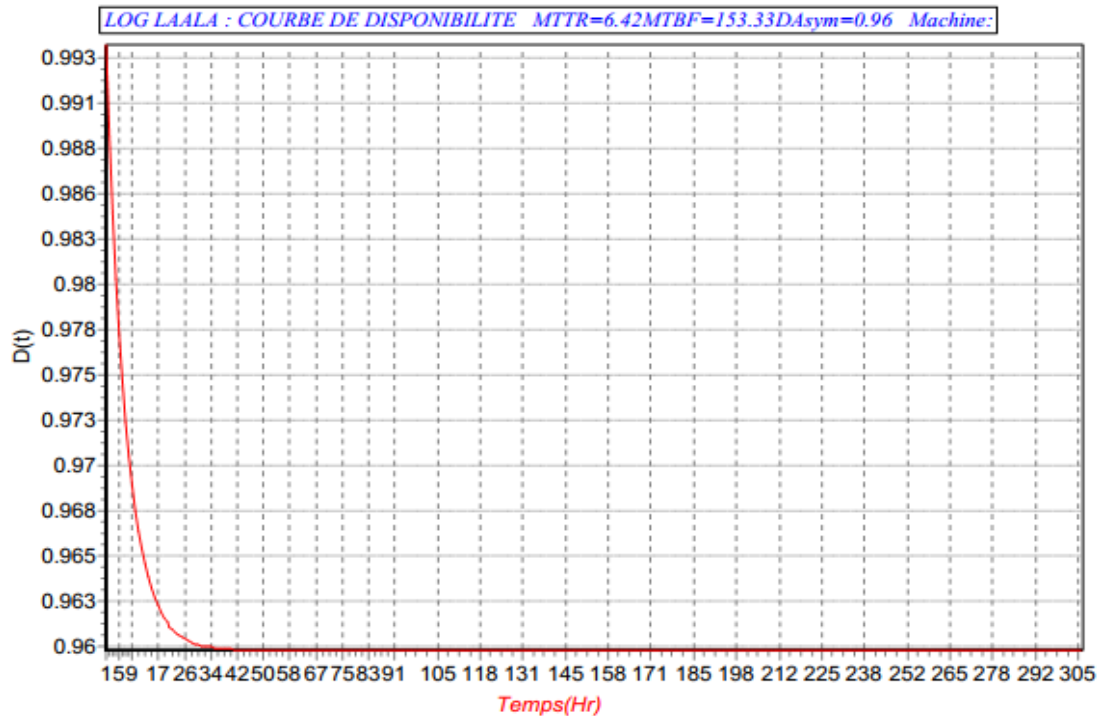


FIGURE.VI.12 :la courbe de disponibilité

#### IV.6.4.Interprétation disponibilité

La disponibilité c'est l'aptitude d'un dispositif à être en état de fonctionnement d'une des conditions données.

D'après le graphe on constate que la ligne d'extrusion est disponible après la moyenne de temps de bon fonctionnement à presque **96.18 %**

Pour garder cette valeur il faut réduire la moyenne de temps d'arrêt et pour cela il faut agir sur d'autres paramètres comme:

- ❖ La formation des personnels.
- ❖ L'utilisation des outillages spécifiques
- ❖ La préparation des interventions (ordonnancement et lancement)

On constate que pour :  $D(t=MTBF) = 99,99\%$

#### IV.7.CONCLUSION

D'après l'étude FMD de la pompe on constate que l'équipement possède une faible valeur de fiabilité **40.79%**; une maintenabilité **99%** et une grande disponibilité de **99,99%**, mais cette dernière n'implique pas l'efficacité du système. Il accomplit sa fonction mais avec une grande fréquence des pannes.

On remarque aussi que la maintenabilité de la ligne d'extrusion trop élevée (**99%**) c'est à dire qu'elle est facilement réparable

Donc la disponibilité est un bon indicateur de production mais pas forcément la qualité du bien ; et pour rendre notre équipement plus performant, nous envisagerons les actions qui sont suit pour garder la disponibilité et la maintenabilité et améliorer la fiabilité:

- ❖ Réduire la fréquence des pannes répétitives.
- ❖ Fiabilité de matériel.
- ❖ Développer le plan préventif.
- ❖ Augmenter l'efficacité des interventions.
- ❖ Organiser la logistique de soutien.

Alors pour détecter tous les points faibles du système et leur associer le meilleur remède on passe à l'analyse des modes de défaillance de leur effet et leur criticité.

# Chapitre 05

## Etude AMDEC

## V.1. INTRODUCTION

Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité; est une analyse de problème potentiel et non pas une analyse de problème avéré. Cet ajout systématique au sigle de base permettrait peut-être d'éviter cette confusion.

Pour avancer dans les définitions, il nous semble utile de synthétiser le travail AMDEC de la manière suivante : quatre questions nous suffisent pour vous donner une première approche de la logique suivie et pour vous aider à comprendre que l'AMDEC est une façon de penser, une méthode de travail, et non un formulaire à remplir (Tableau V.1).

La logique AMDEC est sous-tendue par ces quatre questions, pour tous les types d'AMDEC existantes, cette logique restera la recherche :

– Des modes de défaillances potentielles, réponse à la question de base :

« Qu'est-ce qui pourrait aller mal ? »

| Modes de défaillance               | Effets possibles                   | Causes possibles                     | Plan de Surveillance         |
|------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------|
| Qu'est-ce qui pourrait aller mal ? | Quels pourraient être les effets ? | Quelles pourraient être les causes ? | Comment faire pour voir ça ? |

TABLEAU.V. 1. Les quatre questions de base de l'AMDEC [15]

## V.2.LES AVANTAGES GENERAUX DE LA METHODE AMDEC

La méthode AMDEC confronte les connaissances de tous les secteurs d'activité de l'organisation, pour obtenir, dans un ordre que nous avons cherché à rendre significatif, les résultats suivants.

**La satisfaction du client ;** est l'objectif majeur de l'AMDEC, un objectif contre lequel personne ne peut aujourd'hui s'élever. S'il n'y avait que ce seul argument en faveur de l'AMDEC, il devrait suffire à la rendre indispensable dans nos organisations.

**Le pilotage de l'amélioration continue;** par la gestion de plan d'actions.

L'élaboration et la gestion de ces plans seront, avec les mises à jour régulières de l'AMDEC, un des moyens majeurs de faire vivre l'amélioration continue et de démontrer sa mise en œuvre.

**L'amélioration de la communication;** Bien que rarement citée comme un avantage de l'AMDEC, elle est pour nous, un des avantages majeurs. Il s'agit en effet de placer autour

d'une table des collègues de différents services afin de les faire travailler en groupe, utiliser la même logique et le même vocabulaire pour échanger des informations qui leurs seront forcément utiles pour la suite de leur travail. Pour une fois, tous vont parler le même langage, et vont ressortir de cet échange avec des priorités, et donc des plans d'actions communs. Ce partage d'information peut s'étendre aux clients, sous-traitants, intervenants divers... La communication est encore aidée par la recherche continue du consensus en AMDEC.

**L'amélioration de la stabilité des produits, procédés, services, machines...** Il s'agit en priorité d'agir sur les choses qui gênent, déstabilisent, compliquent... Vous utiliserez l'AMDEC pour rendre plus stable, mieux maîtrisé, mieux connu, mieux compris, moins dangereux..., ce sur quoi vous travaillez.

**La réduction des coûts** ; Contrairement à ce que certains prétendent, l'AMDEC vous aide à réduire les coûts internes d'obtention de la qualité, à condition de travailler aussi sur les effets internes (dans le cadre de l'AMDEC procédé, sur la réduction des rebuts et des retouches) : c'est un des objectifs majeurs de la méthode. Les coûts externes eux aussi seront diminués, moins de retours garanties, moins de réclamations clients, moins de plaintes, meilleure image de l'organisation...

**L'optimisation des contrôles** ; des tests, des essais, et, non pas renforcement de ces mêmes contrôles.

L'AMDEC vous aide à ne faire des contrôles que sur les points qui le nécessitent. Elle ne vous contraint pas à tout contrôler, comme nous le voyons et l'entendons dire trop souvent (ce point fera l'objet d'un développement complet dans les différentes AMDEC).

**L'élimination des causes de défaillances**; C'est un des objectifs majeurs de l'AMDEC qui se traduira par la mise en place de mesures préventives, voire par l'élaboration de plans d'actions.

**L'expérience écrite**; À partir du raisonnement AMDEC, certaines organisations vont être amenées à passer d'une culture orale à une culture écrite.

L'AMDEC est un des moyens de faire comprendre à tous les membres d'une organisation, l'importance de l'enjeu, voire le défi que représente ce changement de culture. Enfin, pour boucler la boucle, l'AMDEC montre que la prévention est l'affaire de tous, ce message s'adressant aussi bien, à l'intérieur de l'organisation, qu'à l'extérieur de cette même organisation. Ce faisant elle est partie intégrante de la boucle vertueuse de l'amélioration continue. [15]

## V.3.PRESENTATION DES DIFFERENTS TYPES D'AMDEC

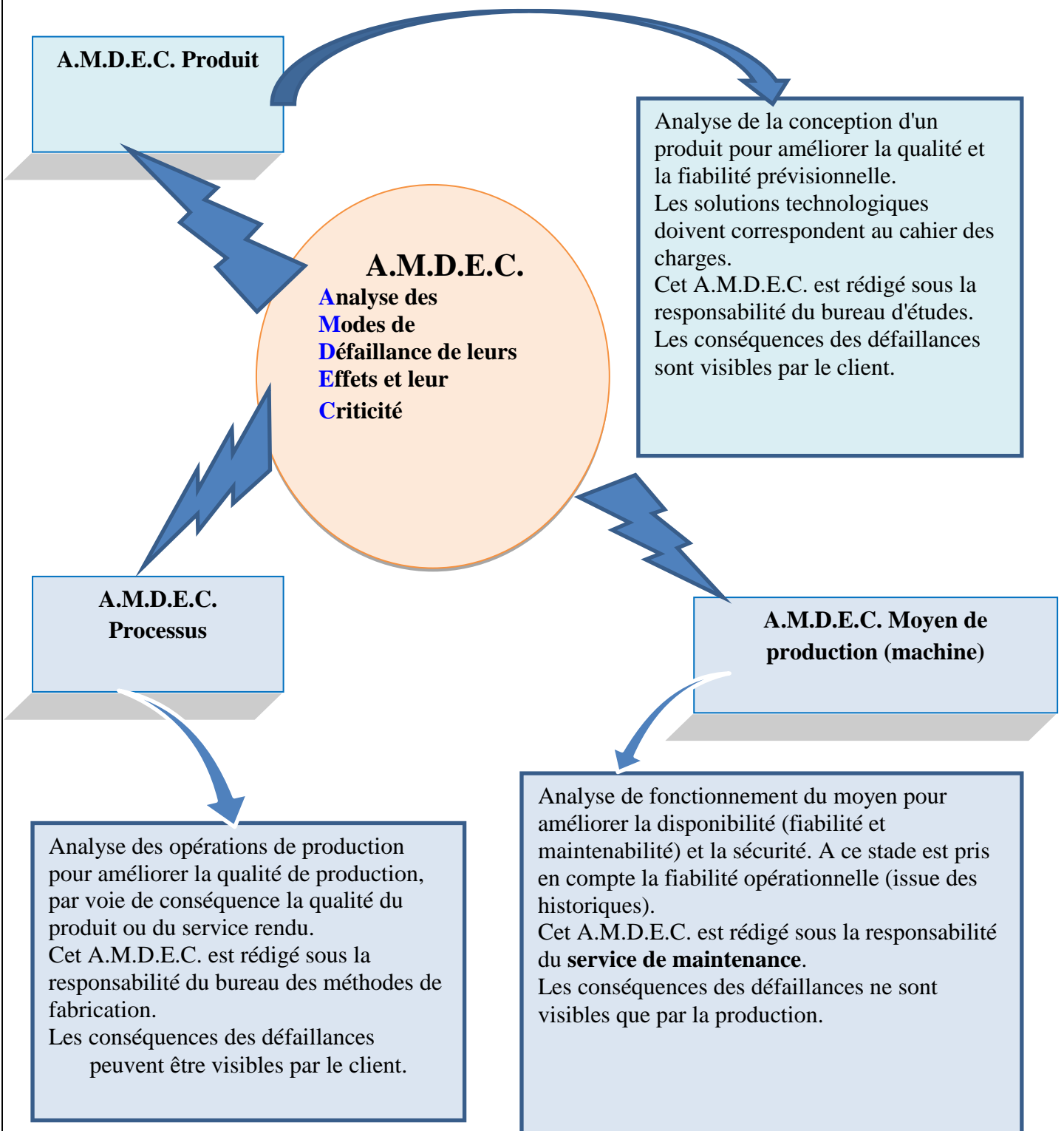


FIGURE.V.1: Présentation des différents types d'AMDEC

#### V.4.MODE DE DEFAILLANCE

Un mode de défaillance est la manière par un dispositif peut venir à être défaillant c'est-à-dire ne plus remplir sa fonction, le mode de défaillance est toujours relatif à la fonction du dispositif. Il s'exprime toujours en termes physiques.

#### V.5.DEFAILLANCE

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, elle peut être partielle ou complète.

#### V.6.EFFET DE LA DEFAILLANCE

Il est une conséquence subite par l'utilisateur. Il est associé au couple (mode et cause de défaillance) et correspond à la perception finale de la défaillance par l'utilisateur.

**Exemple:** arrêt de la production, détérioration d'équipement, pollution...etc.

#### V.7.LA CRITICITE

Elle est une évaluation quantitative du risque constitué par le scénario (mode- cause- effet – détection) de défaillance analysé.

La criticité est évaluée à partir des facteurs déjà cités (F, G, D)

- la fréquence d'apparition du couple mode cause.
- la gravité de l'effet.
- la possibilité d'utiliser les signes de détection.

#### V.8.APPLICATION DE L'AMDEC

Ces outils peuvent procurer un encadrement très utile car les analyses qualitative et quantitative de l'AMDEC s'insèrent dans une méthodologie globale (également applicable pour un produit déjà conçu) :

- ✓ définition de l'étude ;
- ✓ préparation de l'étude ;
- ✓ analyse et évaluation des défaillances potentielles ;
- ✓ actions correctives ou préventives ;
- ✓ réévaluation après actions correctives ;
- ✓ criticité résiduelle et liste des points critiques ;
- ✓ planification et mise en place des actions correctives.

À partir de ces analyses préalables, un premier prototype est élaboré pour être testé.

Chaque problème constaté amène de nouvelles analyses et des modifications qui poussent

à l'élaboration d'un nouveau prototype. Comme il s'agit de produits différents, les données de fiabilité de chaque prototype apparaissent indépendantes. [16]

### V.9.L'INDICE DE CRITICITE

Le calcul de la criticité faite par le produit des notes **G.F.D** montre si le seuil de criticité acceptable ou non. Permettant la hiérarchisation et la mise en place d'action corrective peut être définie comme suite :

**C<12** : Aucune modification maintenance corrective

**12<c<24** : acceptable, remise en cause de l'étude et/ ou maintenance préventive systématique et pièce de rechange associés

**C>24** : Non acceptable, surveillance particulière, maintenance préventive conditionnelle et pièce de rechange associée.

### V.9.1.ECHELLE DE GRAVITE G

La gravité des conséquences de la défaillance est souvent évaluée à l'aide d'un indice de gravité également spécifique à chaque secteur industriel. Pour la maintenance basée sur la fiabilité, il sert à établir, en conjonction avec d'autres paramètres, la nature critique ou non critique d'une fonction ou d'un matériel.

| Note | GRAVITE G             | CRITERES DE SELECTION<br>(TI = Temps d'intervention *, Qualité et Sécurité)   |
|------|-----------------------|---|
| 1    | Mineure               | Défaillance mineure, aucune dégradation notable du matériel,<br>à titre indicatif, $TI < 3 \text{ min}$   |
| 2    | Moyenne               | Défaillance moyenne nécessitant une remise en état de courte durée,<br>à titre indicatif, $3 \text{ min} < TI < 20 \text{ min}$   |
| 3    | Majeure               | Défaillance importante, nécessitant une intervention de longue durée,<br>à titre indicatif, $20 \text{ min} < TI < 60 \text{ min}$<br>ou<br>Non-conformité du produit, constatée et corrigée par l'utilisateur du moyen |
| 4    | Catastrophique        | Défaillance grave, à titre indicatif, $TI > 60 \text{ min}$ ,<br>ou<br>Non-conformité du produit, constatée par un client aval (interne à l'entreprise),<br>ou<br>Dommages matériels importants (sécurité des biens)    |
| 5    | Sécurité<br>/ Qualité | Accident pouvant impliquer des problèmes de sécurité des personnes, en<br>dysfonctionnement ou en intervention,<br>ou<br>Non-conformité du produit envoyé en clientèle (l'automobiliste)                                |

TABLEAU.V.2. échelle de gravité G à 5 niveaux

\* TI = Temps d'Intervention ou Temps Actif de Maintenance Corrective

(= Diagnostic + Réparation + Remise en condition initiale).

**V.9.2. ECHELLE DE FREQUENCE F**

| Note | FREQUENCE<br>F          | CRITERES DE SELECTION   |
|------|-------------------------|---|
| 1    | Pratiquement inexistant | Défaillance pratiquement inexistant sur des installations similaires en exploitation, au plus 1 défaut sur la durée de vie du moyen   |
| 2    | Rare                    | Défaillance rarement apparue sur du matériel similaire existant en exploitation, à titre indicatif : 1 défaut par an<br>ou<br>Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions sont théoriquement réunies pour prévenir la défaillance, mais il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire                            |
| 3    | Occasionnel             | Défaillance apparue occasionnellement sur du matériel similaire existant en exploitation, à titre indicatif : 1 défaut par trimestre  |
| 4    | Fréquent                | Défaillance apparue fréquemment sur un composant connu ou sur du matériel similaire existant sur une exploitation, à titre indicatif : 1 défaut par mois,<br>ou<br>Composant d'une technologie nouvelle pour lequel toutes les conditions ne sont pas réunies pour prévenir la défaillance et il n'y a pas d'expérience sur du matériel similaire |

**TABLEAU.V.3. échelle de fréquence F**

Probabilité que la cause se produise et qu'elle entraîne le mode de défaillance.

**V.9.3. ECHELLE DE NON- DETECTION D**

| Note | NON-DETECTION<br>D    | CRITERES DE SELECTION  |
|------|-----------------------|--|
| 1    | Détection totale      | Les dispositions prises assurent une détection totale de la cause initiale ou du mode de défaillance, permettant ainsi d'éviter l'effet le plus grave, provoqué par la défaillance pendant la production |
| 2    | Détection exploitable | La cause ou le mode de défaillance sont décelables, mais le risque de ne pas être perçus existe  |
| 3    | Détection faible      | La cause ou le mode de défaillance sont difficilement décelables ou les éléments de détection sont peu exploitables  |
| 4    | Sans détection        | Rien ne permet de détecter la défaillance avant que l'effet ne se produise   |

**TABLEAU.V.4. échelle de détection D**

Probabilité que la cause ne soit pas détectée ou que le mode atteigne l'utilisateur du moyen.

V.10.EXEMPLE D'UNE FICHE AMDEC

| Tableau- Feuille d'analyse AMDEC             |           |                      |                                    |        |           |       |   |   |                      |   |                     |  |
|--|-----------|----------------------|------------------------------------|--------|-----------|-------|---|---|----------------------|---|---------------------|--|
| AMDEC – Moyen de production                  |           |                      |                                    |        |           |       |   |   |                      |   |                     |  |
| Fournisseur :<br>Système :<br>Sous système : |           |                      | Rédacteur :<br>Service :<br>Date : |        |           | Réf : |   |   | Indices de criticité |   | Actions correctives |  |
| Composant                                    | Fonctions | Modes de défaillance | Causes                             | Effets | Détection | Ti    | F | G | D                    | C | Actions             |  |
|  |           |                      |                                    |        |           |       |   |   |                      |   |                     |  |

TABLEAU.V.5. exemple d'une fiche AMDEC [17]

## V.11.TABLEAU AMDEC DE L'EXTRUSION

| Elément                  | Fonction  | Mode de défaillance  | Cause  | Effets                        | Détection                                | F | G | D | C  | Action corrective  |
|--------------------------|---|--|--|-------------------------------|--|---|---|---|----|--|
| <b>Four à bielle (1)</b> | Pour chauffer les billettes a la température 450 °C | -Thermocouple n'est pas fonctionnée<br>- tendeur de gaz bloqué.<br>- la porte de four ne s'ouvre pas ou ne ferme pas.<br>-La chaine arrêt soudain. | -électrode de thermocouple défaillez.<br>- électrovanne défaillez.<br>-usure le joint de porte<br>- Absence de l'alimentation<br>-défaut d'alignement des fin de cours | Arrêt de la ligne d'extrusion | -Bruit<br>-l'échantillon ne chauffe pas. | 4 | 4 | 2 | 32 | -changement les électrodes de thermocouple<br>-changement d'un tendeur de gaz<br>- graissage des roulements<br>-Eviter le desserrage des câbles d'alimentation<br>-ajuster la position de fin de cours |

|  |   |   |   |                                      |  |          |          |          |           |   |
|--|---|---|---|--------------------------------------|--|----------|----------|----------|-----------|---|
| <p><b>Presse à extrudé<br/>2500 TN<br/>(2)</b></p> | <p>Compresser la bielle par piston fouloir sur la moule de profile</p>      | <p>-La température du conteneur est instable.<br/>-le poussoir à bielle fonctionne avec un faible rendement.<br/>-arrêtez la pompe à huile.</p> | <p>-le thermocouple défaillez.<br/><br/>-Manque de lubrification<br/>-endommagement les joints de piston<br/>-Cassure des roulements<br/>-manque ou l'absence de l'alimentation</p> | <p>Arrêt de la ligne d'extrusion</p> | <p>-Bruit<br/>-Vibration<br/><br/>- visuelle</p> | <p>4</p> | <p>4</p> | <p>3</p> | <p>48</p> | <p>- changement les électrodes de thermocouple<br/>-Assurer une bonne lubrification<br/>-changement les joints de piston.<br/>-amorçage la pompe auxiliaire.<br/>-Changement roulement<br/>- Assurer l'alimentation</p> |
| <p><b>Table de refroidissement<br/>(3)</b></p>     | <p>les profiles étalés sur la table sont refroidis par des ventilateurs</p> | <p>Dysfonctionnement (Fonctionnement avec bruit anormale)<br/><br/>-arrêtez les ventilateurs.</p>   | <p>-Manque de graissage.<br/>-Usure des roulement.<br/>- manque ou l'absence de l'alimentation.<br/>-Ventilateurs défaillez.</p>  | <p>Arrêt de la ligne d'extrusion</p> | <p>Marche saccadé de la billette</p>             | <p>2</p> | <p>3</p> | <p>1</p> | <p>6</p>  | <p>-Assure un bon graissage.<br/>-Changement systématique des roulements.<br/>-changement des ventilateurs</p>  |

|   |   |  |   |                                      |  |          |          |          |           |   |
|---|---|--|---|--------------------------------------|--|----------|----------|----------|-----------|---|
| <p><b>Tracteur de filage (4)</b></p>      | <p>Destiné à mandriner au niveau porte profile le profilé provenant de la presse et à le synchroniser avec la vitesse de filage en le soumettant à une traction maintenue constante</p> | <p>-Blocage et mauvais guidage en rotation<br/>- arrêt soudain<br/><br/>- déformés le profile<br/><br/>- changement aléatoire la vitesse de traction</p> | <p>-décalage la position de fin de course<br/><br/>- rupture le câble de traction<br/><br/>-Usure des roulements<br/><br/>- perturbation d'alimentation<br/><br/>-Surcharge</p> | <p>Arrêt de la ligne d'extrusion</p> | <p>-Bruit<br/>-Vibration<br/>- indicateur de vitesse.<br/><br/>surchauffer</p> | <p>3</p> | <p>3</p> | <p>3</p> | <p>18</p> | <p>- ajuster la position de fin de cours.<br/>-Changement le câble de traction.<br/>-changement systématique des roulements<br/><br/>- Eviter le desserrage des câbles d'alimentation</p> |
| <p><b>Etireuse mobile 2500 TN (5)</b></p> | <p>Destinée à redresser les produits extrudés refroidis</p>   | <p>-Déformés les profiles.<br/>-arrêt le transporteur de profil.<br/>- arrêt soudain.</p>  | <p>-quittez le flexible d'huile de vérin.<br/>-mauvais fixation le câble de compensation<br/>-mauvais fixation le câble d'alimentation.</p>                                     | <p>Arrêt de la ligne d'extrusion</p> | <p>-Bruit<br/>-Vibration<br/>-visuelle</p>                                     | <p>3</p> | <p>4</p> | <p>3</p> | <p>36</p> | <p>-changement le flexible.<br/>-assures un bon étanchéité le câble de compensation.<br/>- Eviter le desserrage des câbles d'alimentation.</p>  |

TABLEAU.V.6. AMDEC de l'extrusion

## V.12. INTERPRÉTATION

Le calcul de la criticité faite par le produit des notes G.F.D montre si le seuil de criticité acceptable ou non. Permettant la hiérarchisation et la mise en place d'action corrective peut être définie comme suite :

|          |           |
|----------|-----------|
| C<12     | 3         |
| 12<C <24 | 4         |
| C>24     | 1 – 2 – 5 |

TABLEAU.V.7. la criticité de la ligne d'extrusion

### Maintenance corrective :

- **Table de refroidissement**

### Maintenance préventive systématique :

- **Tracteur de filage**

### Maintenance conditionnelle

- **Four à biellette**
- **Presse à extrudé 2500 TN**
- **Etireuse mobile 2500 TN**

Chaque mode de défaillance identifié dans le tableau AMDEC est caractérisé par sa criticité qui permet d'établir l'ordre des priorités des actions correctives à entreprendre.

## V.12.CONCLUSION

Après l'analyse des modes de défaillance de l'extracteur redresseur on a pu hiérarchiser les différents défaillances selon leur importance et on a pu constater que les éléments suivants : **Four à biellette , Presse à extrude 2500 TN, Etireuse mobile 2500 TN**, avec les indices de criticité respectivement **32, 16, 12** sont les plus critiques que les autres éléments.

Afin d'envisager les remèdes possibles pour éradiquer toutes les causes des défaillances, en assurant la disponibilité et la fiabilité du système en même temps. Alors il faut bien faire une étude propre à chaque sous ensemble pour bien comprendre son comportement pathologique.

**Remarque :** on note les éléments puis on les place dans une table.

# Conclusion générale

## CONCLUSION GENERALE

Au cours de notre étude, on a pu prendre conscience de l'importance de la ligne d'extrusion dans la chaîne de production d'aluminium et l'impact de son arrêt sur le bon fonctionnement du mécanisme.

Pour mieux situer les causes de défaillance des équipements et de déterminer les remèdes nécessaires on a eu recours aux différents outils d'analyse pour atteindre l'objectif de notre étude à savoir :

- ❖ En premier L'étude de la ligne d'extrusion, on a fait l'analyse ABC qui permet de visualiser rapidement les phénomènes par ordre d'importance du four à biellette.
- ❖ Ensuite, on a calculé l'indicateur de maintenance FMD (fiabilité, maintenabilité, disponibilité) pour évoluer la situation de l'équipement, les résultats sont suivants :  $R(t)=40,79\%$ ,  $M(t)=99\%$ ,  $D(t)=99,99\%$ .

En fin, dans le but d'améliorer ces paramètres et de détecter tous les points faibles on est passé à l'analyse du mode de défaillance de la ligne d'extrusion tout en se basant sur les éléments critiques par l'exploitation de la méthode AMDEC et ceci après avoir collecté toutes les informations relatives aux différentes défaillances enregistrées durant ce dernière année (2017), les résultats sont suivants :

Maintenance corrective :

- Table de refroidissement

Maintenance préventive systématique :

- Tracteur de filage

Maintenance conditionnelle :

- Four à biellette.
- Presse à extrudé 2500 TN.
- Etireuse mobile 2500 TN.

# Les annexes

## Les annexes

### ANNEXE No 1

#### Intervalles de confiances de F(X)

#### Valeurs critiques pour le test de Kolmogorov Smirnov

| N   | Niveau significatif     |                         |                          |                         |                         |
|-----|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
|     | 0,2                     | 0,15                    | 0,1                      | 0,05                    | 0,01                    |
| 1   | 0,900                   | 0,925                   | 0,950                    | 0,975                   | 0,995                   |
| 2   | 0,684                   | 0,726                   | 0,776                    | 0,842                   | 0,929                   |
| 3   | 0,565                   | 0,597                   | 0,642                    | 0,708                   | 0,828                   |
| 4   | 0,494                   | 0,525                   | 0,564                    | 0,624                   | 0,733                   |
| 5   | 0,446                   | 0,474                   | 0,510                    | 0,565                   | 0,669                   |
| 6   | 0,410                   | 0,436                   | 0,470                    | 0,521                   | 0,618                   |
| 7   | 0,381                   | 0,405                   | 0,438                    | 0,486                   | 0,577                   |
| 8   | 0,358                   | 0,381                   | 0,411                    | 0,457                   | 0,543                   |
| 9   | 0,339                   | 0,360                   | 0,388                    | 0,432                   | 0,514                   |
| 10  | 0,322                   | 0,342                   | 0,368                    | 0,410                   | 0,490                   |
| 11  | 0,307                   | 0,326                   | 0,352                    | 0,391                   | 0,468                   |
| 12  | 0,295                   | 0,313                   | 0,338                    | 0,375                   | 0,450                   |
| 13  | 0,284                   | 0,302                   | 0,325                    | 0,361                   | 0,433                   |
| 14  | 0,274                   | 0,292                   | 0,314                    | 0,349                   | 0,418                   |
| 15  | 0,266                   | 0,283                   | 0,304                    | 0,338                   | 0,404                   |
| 16  | 0,252                   | 0,274                   | 0,295                    | 0,328                   | 0,392                   |
| 17  | 0,250                   | 0,266                   | 0,286                    | 0,318                   | 0,381                   |
| 18  | 0,244                   | 0,259                   | 0,278                    | 0,309                   | 0,371                   |
| 19  | 0,237                   | 0,252                   | 0,272                    | 0,301                   | 0,363                   |
| 20  | 0,231                   | 0,246                   | 0,264                    | 0,294                   | 0,356                   |
| 25  | 0,210                   | 0,220                   | 0,240                    | 0,270                   | 0,320                   |
| 30  | 0,190                   | 0,200                   | 0,220                    | 0,240                   | 0,290                   |
| 35  | 0,180                   | 0,190                   | 0,210                    | 0,230                   | 0,270                   |
| >35 | $\frac{1,07}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,22}{\sqrt{N}}$ | $\frac{0,188}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,36}{\sqrt{N}}$ | $\frac{1,63}{\sqrt{N}}$ |

# REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]- «Gean Hég» , *pratique de la maintenance préventive* ,Paris 2002.
- [2]- Ahmad Alali Alhouaij, *Contribution à l'optimisation de la maintenance dans un contexte distribué*, thèse doctorat d'université de Grenoble délivré par l'Institut polytechnique de Grenoble, 2011.
- [3]- Mme Benaïcha Halima, « *Analyse des stratégies de maintenance des systèmes de production industrielle*»  
Thèse En Vue De L'obtention Du Diplôme De Doctorat En-sciences, Université d'Oran, 2015.
- [4]- François Monchy Jean-Pierre Vernier ; *Maintenance Méthodes et organisations*, 2010.
- [5]- ZITOUNI. GUESMI, *Techniques de maintenance*, ISET du KEF, 2011/2012
- [6]- L. Benali, « *Maintenance industrielle* », office des publications universitaires, (9/2006).
- [7]- Mohamed SOUSSAN, Tarik DIB, *Etude critique et propositions d'amélioration de la gestion de la maintenance - cas de l'adduction EL KANSERA*, mémoire de fin d'étude, Ecole Nationale de l'Industrie Minérale (E.N.I.M.), 2011/2012.
- [8]- Daniel Boitel et Claude Hazard «*livre de guide de la maintenance*», professionnels-lycées techniques formation continue.» Nathan 1987.
- [9]- Derradj Tahar « *Analyse des modes de défaillances de la pompe centrifuge 107G* », Mémoire d'ingénieur d'état en Maintenance Industrielle, université 20 Aout 1955 Skikda, 2009.
- [10]- Christian Hohman, « *Guide pratique des 5S pour les managers et les encadrants* » , Éditions d'Organisation, paris 2006.
- [11]- François Monchy, Jean-Pierre Vernier, *Maintenance méthode et organisation 3<sup>ème</sup> édition. 2000, 2003, 2010.*
- [12]- Z. Brahim et B. Abdelkarim « *Etude de Fiabilité d'un Outil de Forage* » Mémoire de d'ingénieur d'état en Mécanique de chantier .Université " M'Hamed Bougara " de Boumerdes 2006.
- [13]- François Monchy livre « *maintenance méthode et organisation* » dunod 2000.
- [14]- Ahmed BELLAOUAR, Salima BELEULMI, «*FIABILITE MAINTENABILITE DISPONIBILITE*», Université Constantine 1, 2013-2014.
- [15]- Olivier Boutou, Gérard Landy, Bruno Saintvoirin « *AMDEC guide pratique* », Performance de l'entreprise, AFNOR, 2007.

[16]- Djamel HALIMI, «*Contribution à l'amélioration de la maintenance préventive des machines dynamiques dans l'industrie des hydrocarbures*», Thèse de Doctorat, Université M'hamed Bougera " de Boumerdes. 2013/2014.

[17]- Daniel Richet, Marc Gabriel, Denis Malon « *Maintenance basée sur La fiabilité* », paris 1996.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

SPECIALITE : ELECTROMECHANIQUES

OPTION : MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Proposé et dirigé par : Dr. DEFDAF Mabrouk

Présenté par : Mr. Derradj Tahar

**Thème : Mise en œuvre d'une politique de maintenance préventive d'un système de production**

Résumé :

Dans ce travail, nous allons réaliser les méthodes d'analyses de maintenance les plus utilisées dans le domaine industriel: (analyse ABC, analyse FMD, étude AMDEC) pour estimer la robustesse de système de production : «la ligne d'extrusion », par l'étude de la fiabilité, la disponibilité et la maintenabilité de ce dernier.

L'objectif de notre travail est d'améliorer et satisfaire les besoins d'usine par la minimisation maximale des temps arrêt d'une part et l'augmentation de production d'autre part.

ملخص:

خلال هذا العمل قمنا بتطبيق الطرق الأكثر استعمالا لاختبار الصيانة في ميدان الصناعة: (Analyse FMD, étude AMDEC), من أجل تقييم متانة وقوة نظامنا الإنتاجي «la ligne d'extrusion»، عن طريق دراسة دقة وجاهزية وقابلية الصيانة لهذا الأخير.

نهدف من وراء هذا العمل على تطوير وتحقيق متطلبات المصنع من خلال الإنقاص قدر الإمكان لمدة التوقف من جهة وزيادة الإنتاجية من جهة أخرى.

Mots clés :

Fiabilité, Maintenance, disponibilité, sécurité, sureté.

N° d'ordre: