

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE ABOU BEKR BELKAID-TLEMEN  
FACULTE DE TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



**MÉMOIRE DE MASTÈRE EN GÉNIE MÉCANIQUE**

Option  
**MAINTENANCE INDUSTRIELLE**

Présenté par  
Kerzabi Abderrahim Mohamed Ryad

**THÈME**

**DIAGNOSTIC DES DÉFAILLANCES AU  
NIVEAU DE L'ATELIER DE PRÉPARATION  
DE TISSAGE (DENITEX-SEBDOU)**

Soutenu :25 Juin 2013

Devant le jury :

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| Encadreur : KERBOUA Bachir      | UABB-Tlemcen |
| Président : GUENIFED Abdelhakim | UABB-Tlemcen |
| Examineur : BEL KAID Mohammed   | UABB-Tlemcen |
| Examineur : MAMI Elias Fouad    | UABB-Tlemcen |

**ANNÉE UNIVERSITAIRE 2012 - 2013**

# REMERCEIMENTS

---

A travers ces quelques lignes, je tiens à exprimer mes remerciements et l'expression de mon profond respect et gratitude pour tous ceux et celles qui m'ont aidé à la concrétisation de ce mémoire de projet de fin d'études.

Je tiens tout d'abord à exprimer mon profond respect et ma reconnaissance à mon encadreur, Monsieur KERBOUA B, Enseignant à l'université de Tlemcen, pour sa confiance, sa disponibilité et le grand intérêt qu'il m'a toujours manifesté, durant ma formation et la préparation de ce mémoire. Son enthousiasme et son optimisme communicatif m'ont été fort précieux.

Mes plus vifs remerciements s'adressent à Monsieur MAMI Elias Fouad, Enseignant à l'Université de Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury. Que Monsieur BOUMEDDANE A, Directeur de maintenance au niveau Denitex-Sebdou et Monsieur Belkaid Mohammed, Enseignant à l'Université de Tlemcen, reçoivent l'expression de ma profonde reconnaissance d'avoir accepté d'être des examinateurs de ce mémoire.

# DEDICACES

---

*Je dédie ce mémoire à:*

*Mes très chers parents pour leur amour, leurs sacrifices et leur encouragement et que DIEU les protègent,*

*Ma très chère sœur « Fedia »,*

*Mes chers frères « Wassim et Yassine »,*

*Mes cousines et mes cousins,*

*Et à toute ma famille.*

*Mes chers amis « Wassim, Walid, Chakib, Hichem »*

*Ainsi, qu'à l'ensemble des étudiants de ma promotion.*

---

## Résumé

La maintenance industrielle prend une importance croissante et se révèle être une des fonctions clé de l'entreprise de production moderne.

Notre travail est consacré à l'étude théorique et pratique de la fiabilité des équipements au niveau de l'entreprise « Denitex-Sebdou », en l'occurrence la fiabilité industrielle basée sur des méthodes évoluées de fiabilité.

Dans notre projet nous avons utilisé les lois de fiabilité et les méthodes d'analyse (AMDEC et ABC) qui sont connues en fiabilité et, en particulier la loi de "Weibull".

Afin de concrétiser notre étude, nous avons défini les méthodes graphiques et analytiques pour déterminer les paramètres de fiabilité, qui sont utilisés pour l'évaluation du taux de dégradation des équipements et déterminer le type de la maintenance à appliquer.

Enfin, nous avons validé notre mémoire par une étude de cas pratique, en choisissant les organes sensibles des équipements stratégiques de l'atelier préparation de tissage «Denitex.Sebdou ». Cette étude nous a permis de trouver des résultats en conformité avec la réalité pratique au niveau de l'entreprise en utilisant un code de calcul évolué de Weibull.

**Mots clés :** Diagnostic, Fiabilité, Défaillance, Taux de défaillance, Maintenance industrielle

## Abstract

Industrial maintenance is becoming increasingly important and proves to be one of the key business functions of modern production.

Our work is devoted to theoretical and practical study of the reliability at the company "Denitex-Sebdou" , namely industrial reliability based on advanced methods of reliability.

In our project we used the laws of reliability and methods of analysis (AMDEC and ABC) which are known reliability and in particular the law of "Weibull".

To achieve this study, we defined the graphical and analytical methods for determining the reliability parameters, which are used to evaluate the rate of degradation of equipment and determine the parameters of reliability.

Finally, we made our memory by a practical case study, choosing the sensitive organs strategic workshop equipment preparation weaving at "Denitex.Sebdou." This study has allowed us to find results consistent with the practical reality at the company and with a computer code developed Weibull.

**Keywords:** Diagnosis, Reliability, failure, failure rate, Industrial Maintenance

---

## ملخص

الصيانة الصناعية أصبحت ذات أهمية متزايدة هي واحدة من وظائف الأعمال الرئيسية من الانتاج الحديثة ويخصّص عملنا على الدراسة النظرية والعملية من الموثوقية والاعتمادية و هي الصناعية القائمة على أساليب متقدمة من الموثوقية، والتي وعلى وجه الخصوص في مشروعنا بقوانين الموثوقية وطرق التحليل المعروفة بالدراسات (AMDEC و ABC )

لتحقيق هذه الدراسة، حددنا الأساليب البيانية والتحليلية لتحديد المعلومات الموثوقية، والتي تستخدم لتقييم معدل تدهور المعدات وتحديد معايير الموثوقية

وأخيرا، قدمنا دراسة الحالات العملية، واختيار الأجهزة الحساسة الاستراتيجية الموجودة على مستوى ورشة عمل إعداد معدات النسيج.

وقد سمحت لنا هذه الدراسة لإيجاد نتائج منسقة مع الواقع العملي في الشركة الكمبيوتر المتقدمة بيل "Denitex.Sebdou."

**كلمات البحث:** التشخيص، والموثوقية، والفسل، معدل الفشل، الصيانة الصناعية، البرامج المتقدمة للصيانة

# TABLE DES MATIERES

|   | Page     |
|---|----------|
| Remerciements.....  | I        |
| Dédicace .....  | II       |
| Résumé .....  | III      |
| Sommaire .....  | XI       |
| Liste des figures .....   | XII      |
| Liste des tableaux .....  | VII      |
| <b>Introduction générale .....</b>                                    | <b>2</b> |
| <b>Chapitre 1 : présentation de l’entreprise</b>                      |          |
| 1.1. Généralités sur les entreprises de textile.....                  | 4        |
| 1.2. Introduction .....   | 4        |
| 1.3. Historique .....   | 5        |
| 1.4. Activités du complexe .....                                      | 5        |
| 1.5. Certification .....  | 7        |
| 1.6. Plan de Masse du Complexe .....                                  | 7        |
| 1.7. Organigramme de complexe .....                                   | 8        |
| 1.8. Organigramme de la Direction Maintenance .....                   | 9        |
| 1.9. Processus de fabrication .....                                   | 10       |
| 1.9.1. Filature .....   | 10       |
| 1.9.2. Tissage .....  | 11       |
| 1.9.3. Finissage .....  | 12       |
| 1.10. Conclusion .....  | 13       |
| <b>Chapitre 2 : Analyse de la maintenance au niveau DENITEX Sebdu</b> |          |
| 2.1. Introduction .....   | 15       |
| 2.2. Histoire de la maintenance .....                                 | 15       |
| 2.3. Définition de la norme AFNOR .....                               | 16       |
| 2.4. Service maintenance... ..  | 16       |
| 2.4.1. Situation dans l’entreprise .....                              | 16       |
| 2.4.1.1. Service maintenance centralisé .....                         | 17       |

|  |    |
|--|----|
| 2.4.1.2. Service maintenance décentralisé .....                          | 17 |
| 2.4.2. Rôle du service maintenance .....                                 | 18 |
| 2.4.3. Importance de la maintenance dans une entreprise .....            | 18 |
| 2.4.4. Position de la maintenance dans l'entreprise .....                | 19 |
| 2.5. Différentes formes de maintenance .....                             | 20 |
| 2.5.1. Maintenance corrective .....                                      | 20 |
| 2.5.1.1. Maintenance curative .....                                      | 21 |
| 2.5.1.2. Maintenance palliative .....                                    | 21 |
| 2.5.2. Maintenance préventive .....                                      | 21 |
| 2.5.2.1. Maintenance préventive systématique .....                       | 22 |
| 2.5.2.2. Maintenance préventive conditionnelle .....                     | 23 |
| 2.5.2.3. Maintenance prévisionnelle .....                                | 23 |
| 2.6. Activités de la maintenance .....                                   | 24 |
| 2.6.1. Les activités opérationnelles .....                               | 24 |
| 2.6.2. Les activités de suivi .....                                      | 24 |
| 2.6.3. Les révisions .....   | 25 |
| 2.7. Profils de la maintenance .....                                     | 25 |
| 2.7.1. L'agent de maintenance .....                                      | 25 |
| 2.7.2. Le technicien de maintenance.....                                 | 26 |
| 2.7.3. Le technicien de méthode .....                                    | 26 |
| 2.8. Maintenance en pratique .....                                       | 27 |
| 2.8.1. Les niveaux d'urgence .....                                       | 27 |
| 2.8.2. Les niveaux de maintenance .....                                  | 27 |
| 2.8.3. Les temps en maintenance .....                                    | 28 |
| 2.9. Conclusion .....  | 30 |
| <b>Chapitre 3 : Analyse de la fiabilité des équipements industrielle</b> |    |
| 3.1. Introduction .....  | 32 |
| 3.2. Fiabilité .....   | 32 |
| 3.2.1. Définition selon la norme (AFNOR X06-501) .....                   | 32 |
| 3.2.2. Fiabilité et la qualité .....                                     | 32 |
| 3.2.3. Application de la fiabilité.....                                  | 33 |
| 3.2.4. Différentes lois de la fiabilité .....                            | 33 |

|   |    |
|---|----|
| 3.2.5. Paramètres principaux de la fiabilité .....  | 36 |
| 3.2.6. Optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF) .....                        | 37 |
| 3.2.7. Maintenance basée sur la fiabilité (MBF) .....                                     | 38 |
| 3.2.7.1. Principes .....  | 38 |
| 3.2.7.2. Différentes phases d'une étude MBF .....   | 39 |
| 3.2.7.3. Objectifs de la MBF .....  | 39 |
| 3.3. Défaillance .....  | 40 |
| 3.3.1. Types de défaillance .....   | 40 |
| 3.3.2. paramètres de la fiabilité MTBF, MTTR, MTTA .....                                  | 41 |
| 3.3.2.1. Moyenne des temps de bon fonctionnement « MTBF » .....                           | 41 |
| 3.3.2.2. Moyenne des temps techniques de réparation « MTTR » .....                        | 41 |
| 3.3.2.3. Moyenne des temps techniques d'arrêt « MTTA » .....                              | 41 |
| 3.3.3. Taux de défaillance et de réparation .....   | 42 |
| 3.3.3.1. Taux de défaillance .....  | 42 |
| 3.3.3.2. Evolution du taux de défaillance .....   | 43 |
| 3.3.3.3. Taux de réparation .....   | 44 |
| 3.4. Diagramme de Pareto .....  | 44 |
| 3.5. Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC) .... | 45 |
| 3.5.1. Avantages de la méthode AMDEC.....   | 46 |
| 3.5.2. Mise au point de la fiche AMDEC .....  | 46 |
| 3.5.2.1. Analyse fonctionnelle .....  | 47 |
| 3.5.2.2. Analyse de défaillance .....   | 47 |
| 3.5.2.3. Critères .....   | 48 |
| 3.5.2.4. Mesures.....   | 51 |
| 3.5.3. Modes des défaillances génériques .....  | 51 |
| 3.6. Conclusion.....  | 52 |
| <b>Chapitre 4 : Applications</b>  |    |
| 4.1. Introduction .....   | 55 |
| 4.2. Découpage de l'entreprise .....  | 55 |
| 4.3. Classification du matériel .....   | 56 |
| 4.4. Application .....  | 57 |
| 4.4.1. Collecte des données .....   | 57 |
| 4.4.2. Analyse des données .....  | 59 |



---

|   |           |
|---|-----------|
| 4.5. Sélection de l'équipement .....  | 59        |
| 4.6. Tracé de la courbe ABC .....   | 60        |
| 4.6.1. Déterminer les zones « ABC » .....                                     | 61        |
| 4.6.2. Interprétation de la courbe .....                                      | 61        |
| 4.7. Diagnostic par l'AMDEC .....   | 62        |
| 4.7.1. Analyse du système .....   | 62        |
| 4.7.2. Tableau de cotation .....  | 62        |
| 4.7.3. AMDEC de l'encolleuse A .....  | 63        |
| 4.8. Détermination des paramètres de fiabilité des organes sélectionnés ..... | 64        |
| 4.8.1. Cas de l'encolleuse A .....  | 64        |
| 4.8.2. Tracé sur le papier d'ALLEN PLAIT .....                                | 65        |
| 4.8.3. Analyse des résultats théoriques .....                                 | 67        |
| 4.9. Analyse des résultats trouvés .....                                      | 71        |
| 4.10. Conclusion .....  | 71        |
| <b>Conclusion générale</b> .....  | <b>73</b> |
| <b>Bibliographie</b> .....  | <b>74</b> |
| <b>Webographie</b> .....  | <b>75</b> |

# Liste des figures

---

|  | Page |
|--|------|
| <b>Figure 1.1.</b> Le plans du la masse du complexe DENITEX .....                                | 7    |
| <b>Figure 1.2.</b> Organigramme du complexe DENITEX .....  | 8    |
| <b>Figure 1.3.</b> Organisation de la direction de maintenance .....                             | 9    |
| <b>Figure 1.4.</b> Schéma technologique de la filature.....                                      | 10   |
| <b>Figure 1.5.</b> Schéma technologique de tissage .....   | 11   |
| <b>Figure 1.6.</b> Schéma technologique du finissage .....                                       | 13   |
| <b>Figure 2.1.</b> Relations possibles entre le service maintenance et les autres services ..... | 17   |
| <b>Figure 2.2.</b> Position de la maintenance dans l'organigramme de l'entreprise .....          | 19   |
| <b>Figure 2.3.</b> Maintenance corrective .....  | 20   |
| <b>Figure 2.4.</b> Maintenance préventive .....  | 22   |
| <b>Figure 2.5.</b> Notions temporelles relatives aux états d'une entité .....                    | 29   |
| <b>Figure 3.1.</b> Probabilités complémentaires.....   | 33   |
| <b>Figure 3.2.</b> Tracé de la loi exponentielle.....  | 34   |
| <b>Figure 3.3.</b> Les phases d'une étude MBF.....   | 39   |
| <b>Figure 3.4.</b> Les phases d'une intervention corrective .....                                | 42   |
| <b>Figure 3.5.</b> La courbe en baignoire.....   | 43   |
| <b>Figure 3.6.</b> Courbe de Pareto.....   | 45   |
| <b>Figure 3.7.</b> Diagramme d'Ishikawa.....   | 48   |
| <b>Figure 4.1.</b> Découpage de l'entreprise.....  | 56   |
| <b>Figure 4.2.</b> Découpage de l'atelier préparation de tissage.....                            | 56   |
| <b>Figure 4.3.</b> Courbe ABC.....   | 61   |
| <b>Figure 4.4.</b> Découpage fonctionnel de l'encolleuse A .....                                 | 62   |
| <b>Figure 4.5.</b> Détermination graphique des paramètres de fiabilité .....                     | 65   |
| <b>Figure 4.6.</b> Droite de Weibull .....   | 66   |
| <b>Figure 4.7.</b> Courbe de fiabilité de « Weibull » .....                                      | 66   |
| <b>Figure 4.8.</b> Courbes des fiabilités estimées et théoriques du roulement à bille .....      | 68   |
| <b>Figure 4.9.</b> Courbe de fiabilité « Weibull » .....   | 68   |
| <b>Figure 4.10.</b> Courbes de répartition estimée et théorique du roulement à bille .....       | 69   |
| <b>Figure 4.11.</b> Fonction cumulative .....  | 69   |
| <b>Figure 4.12.</b> Taux de défaillance du roulement à billes .....                              | 70   |
| <b>Figure 4.13.</b> Taux de défaillance « Weibull » .....  | 70   |

# Liste des tableaux

---

|   | Page |
|---|------|
| <b>Tableau 1.1.</b> Effectif du personnel DENITEX .....                             | 4    |
| <b>Tableau 2.1.</b> Types de maintenance.....                                       | 20   |
| <b>Tableau 3.1.</b> Exemple de feuille AMDEC – moyen de production- .....           | 47   |
| <b>Tableau 3.2.</b> Le critère gravité .....  | 49   |
| <b>Tableau 3.3.</b> Critère d’occurrence .....                                      | 49   |
| <b>Tableau 3.4.</b> Critère de non détection .....                                  | 50   |
| <b>Tableau 3.5.</b> Critère de criticité .....                                      | 51   |
| <b>Tableau 3.6.</b> Modes de défaillance génériques.....                            | 52   |
| <b>Tableau 4.1.</b> Tableau récapitulatif des défaillances d’encolleuse A.....      | 57   |
| <b>Tableau 4.2.</b> Tableau récapitulatif des défaillances d’encolleuse B .....     | 58   |
| <b>Tableau 4.3.</b> Tableau récapitulatif des défaillances d’ourdissoir A .....     | 58   |
| <b>Tableau 4.4.</b> Tableau récapitulatif des défaillances d’ourdissoir B .....     | 59   |
| <b>Tableau 4.5.</b> Tableau de classement des équipements .....                     | 60   |
| <b>Tableau 4.6.</b> Grille de cotation .....  | 62   |
| <b>Tableau 4.7.</b> AMDEC de l’encolleuse A .....                                   | 63   |
| <b>Tableau 4.8.</b> Préparation des données historiques du roulement à billes ..... | 64   |
| <b>Tableau 4.9.</b> Tableau des résultats .....                                     | 67   |

# Liste des symboles

---

AMDEC : Analyse des modes de défaillances et études des criticités

MTBF : Moyenne des temps de bon fonctionnement

OMF : Optimisation de la maintenance par la fiabilité

MBF : La maintenance basée sur la fiabilité

TPM : LA maintenance productive totale

MTTR : Moyenne des Temps Techniques de Réparation

MTTA : Moyenne des Temps Techniques d'Arrêt

ABC : Méthode de Pareto d'analyse et de sélection.

TBF : Temps de bon fonctionnement avant la première défaillance[h]

$\lambda(t)$  : Taux de défaillance.

$\mu(t)$  : Taux de réparation.

$N(t)$  : Le nombre de systèmes survivants à l'instant  $t$

$F(t)$  : Fonction de répartition [%]

$m$  : Indice

$N_0$  : Nombre d'éléments à l'instant ( $t_0$ )

$R(t)$  : Fiabilité au temps  $t$  [%]

$T$  : variable aléatoire « durée de vie » [h]

$t$  : l'instant ( $t$ )

$\beta$  (beta) : Paramètre de forme de la loi de "weibull"

$\eta$  (êta) : Paramètre d'échelle de la loi de "weibull"[h]

$\lambda$ (lambda) : Taux de défaillance [nbr/h]

$\gamma$  (gamma) : Paramètre de position de la loi de "weibull"[h]

# **INTRODUCTION GENERALE**

# Introduction générale

---

Longtemps jugée comme une fonction secondaire, entraînant des pertes d'argent. La fonction maintenance a été, dans la plupart des cas réduite à de simples actions financières. Son importance s'affirme de jour en jour dans l'optimisation de la production et l'assurance de la qualité.

Dans le premier chapitre, nous présenterons une généralité sur les entreprises de textile, et précisons le complexe DENITEX -Sebdou, ainsi ses activités et ses processus de fabrication qui commencent dans l'atelier de filature jusqu'à l'atelier de finissage.

Dans le second chapitre, nous rappellerons certains concepts de maintenance, non seulement pour introduire certaines définitions, mais également pour mettre en évidence l'ampleur de l'effort nécessaire pour mettre en place un système de maintenance.

Le troisième chapitre, est consacré aux différentes méthodes de diagnostic de la maintenance qu'on va appliquer au niveau du complexe DENITEX- Sebdou, ainsi nous introduirons les concepts de fiabilité, de défaillance, et la durée de vie (MTBF) des équipements mécaniques.

Enfin, dans le dernier chapitre on met en application toute la théorie citée dans les chapitres précédents, pour une étude des cas pratiques sur un équipement stratégique de l'atelier de préparation de tissage du complexe DENITEX. On va débiter par la méthode ABC pour déterminer l'équipement le plus critique de l'atelier sur la base des fiches historiques, en suite, on fera une optimisation par la méthode AMDEC sur l'équipement déterminé afin de trouver l'organe crucial, et pour cela on développera des modèles à partir des données, pour la détermination des paramètres de fiabilité et la type de la maintenance à appliquée.

# **CHAPITRE 1**

## **PRESENTATION DE L'ENTREPRISE**

## CHAPITRE 1. PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE

### 1.1. Généralités sur les entreprises de textile

L'industrie de textile rassemble l'ensemble des activités de conception, de fabrication et commercialisation des textiles et donc, entre autres, de l'habillement. Cette industrie compte de très nombreux métiers tout au long d'une chaîne de fabrication composée des fabricants de tissus, des fabricants de produits finis et de distributeurs, qui transforment des matières premières fibreuses en des produits semi-ouvrés ou entièrement manufacturés. Les fabricants de fibres naturelles et de fibres synthétiques interviennent en amont, et donc en dehors, de cette chaîne. Au XXI<sup>e</sup> siècle, les produits textiles sont pour l'essentiel des biens de consommation. Les vêtements de prêt-à-porter représentent une partie importante et connue de ce secteur.

### 1.2. Introduction

Le complexe textile DENITEX, est une société de produit textiles. Il est situé à SEBDOU à 37 Km sud-ouest de la wilaya de Tlemcen, il est composé de 13 secteurs, sa superficie est de 16.9 Hectares dont 6.9 Hectares bâtis.

**Tableau 1.1.** Effectif du personnel DENITEX

| Catégorie         | Permanant | C.D.D | C.TA | DAIP | TOTAL |
|-------------------|-----------|-------|------|------|-------|
| <b>Cadres</b>     | 93        | 42    | 24   | 04   | 163   |
| <b>Maitrise</b>   | 102       | 82    | 37   | 37   | 258   |
| <b>Exécutions</b> | 18        | 186   | 187  | 21   | 412   |
| <b>Total</b>      | 213       | 310   | 248  | 62   | 833   |

L'effectif global du personnel de l'entreprise est de 833 salariés, voir tableau 1.1 :



### 1.3. Historique

Le projet du complexe industriel textile de Sebdou a été lancé en 1974 en tant qu'unité industrielle de la société nationale SONITEX. Après la restructuration organique de la société SONITEX en 1982, et suivant le décret n° 82-399 du 04 décembre 1982, le complexe Industriel Textile de Sebdou est devenu une unité de l'entreprise publique économique COTITEX. Sa mise en exploitation est intervenue au cours de l'année 1979, soit trente (30) ans d'existence.

L'Entreprise des Industries Textiles, Société par actions, par abréviation DENITEX Spa est issue Du découpage de l'Entreprise des Industries Textiles Cotonnières de Sebdou "COTITEX SEBDOU", elle-même découlant de la restructuration de l'Entreprise Nationale des Industries Textiles Cotonnières "COTITEX" en date du 1er avril 1986.

Le complexe a été mis en service le 01 juin 1979, il est composé de 6 bâtiments :

- Filature
- Tissage
- Finissage
- Annexes Techniques
- Station Epuration des eaux
- Poste énergie électrique

Sa capacité de production théorique est :

- Filature : 2 000 tonnes / ans
- Tissage : 6 000 mètres linéaires / ans
- Finissage : Traitement de toute la production.
- Production de 11 000 m<sup>3</sup> d'eau destinée à l'irrigation.

Régime de travail : 2 X 8

Le chiffre d'affaires annuel de DENITEX est de 700 millions de DA en moyenne.

### 1.4. Activités du complexe

L'industrie de DENITEX a des activités de production des textiles de type, bleu jean gabardine, bleu de travail. Il utilise les matières premières suivantes :

- Matière première (coton, polyester)
- Colorants
- Produits de fixation (les fixateurs)
- Détergents et autres produits chimiques

Le complexe de DENITEX Spa est une unité de production intégrée qui comprend diverses spécialités :

- FILATURE : production de fil simple et retors.
- TISSAGE : production de tissu écru.
- FINISSAGE : production de tissu fini.
- MAINTENANCE : l'entreprise dispose pour la maintenance de ses équipements d'un atelier mécanique (tournage, fraisage, soudure), d'un atelier électrique (rembobinage des moteurs), d'un atelier électronique et une équipe de spécialiste chapotée par le directeur de maintenance, monsieur Boumediene Abdelkrim qui est un ingénieur spécialisé en maintenance.
- CHAUFFERIE ET CLIMATISATION.
- TRAITEMENT DES EAUX.
- ÉPURATION DES EAUX : l'entreprise dispose de sa propre station d'épuration qui est fonctionnelle.
- ENVIRONNEMENT : En juin 2008, un contrat de performance environnemental a été établi entre le Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'environnement et du tourisme et DENITEX Spa.
- LABORATOIRES PHYSIQUE ET CHIMIQUE : pour suivi de la qualité des produits et contrôle les différents paramètres à tous les stades du processus de production.

Dans le domaine de l'hygiène, sécurité et environnement, l'entreprise s'engage à :

- La mise en œuvre de formations ciblant des postes de travail pour une plus grande efficacité dans le respect de l'environnement, des règles de santé, d'hygiène et de sécurité.
- Le développement d'un environnement sain, propice à une implication maximale.
- Une réactivité dans la prévention des non conformités et des impacts sur la santé, la sécurité et l'environnement.
- Le suivi et l'écoute permanente de l'environnement externe : économique, législatif et social.
- La rationalisation des dépenses d'énergie et des ressources.

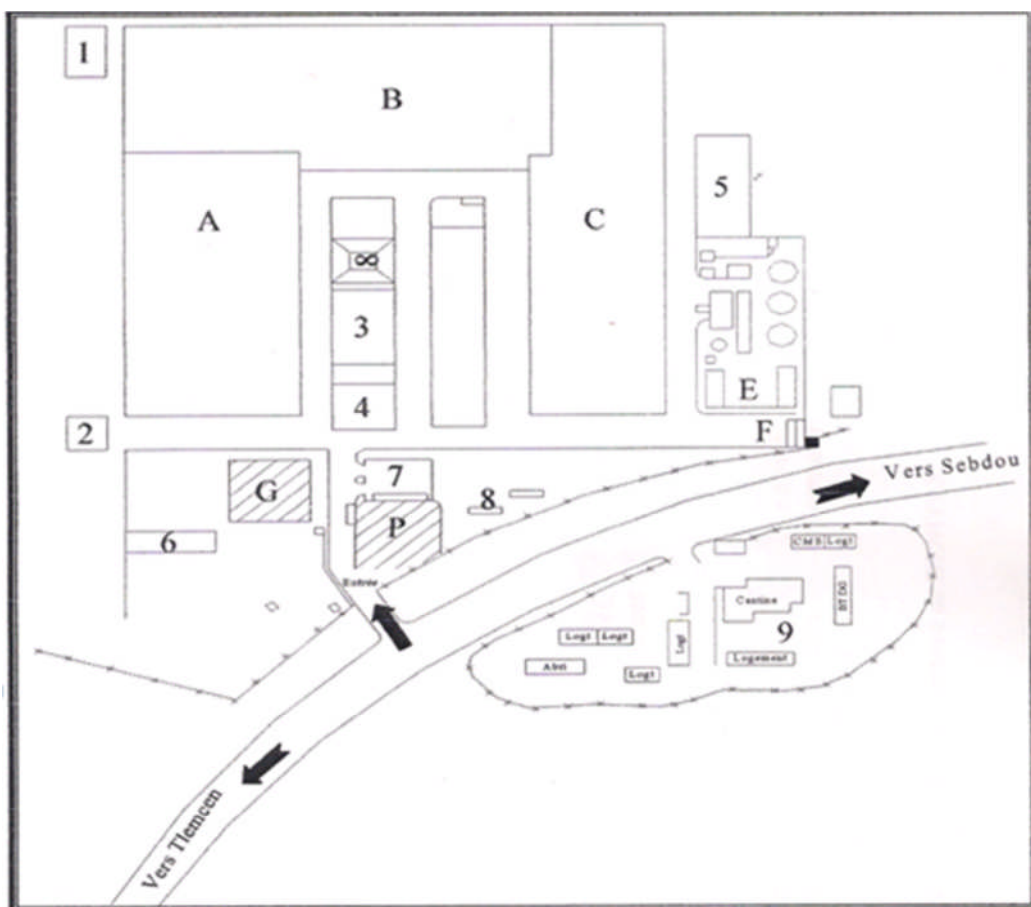
### 1.5. Certification

La certification de l'entreprise selon les normes ISO 9001 version 2000 du Système Management Qualité par le comité de certification LQS France est intervenue le 22/12/2008.

La certification de l'entreprise selon les normes ISO 9001 version 2008 du Système Management Qualité par le comité de certification LQS France est intervenue le 06/12/2010.

### 1.6. Plan de Masse du Complexe

Ce plan montre bien les différentes structures du complexe



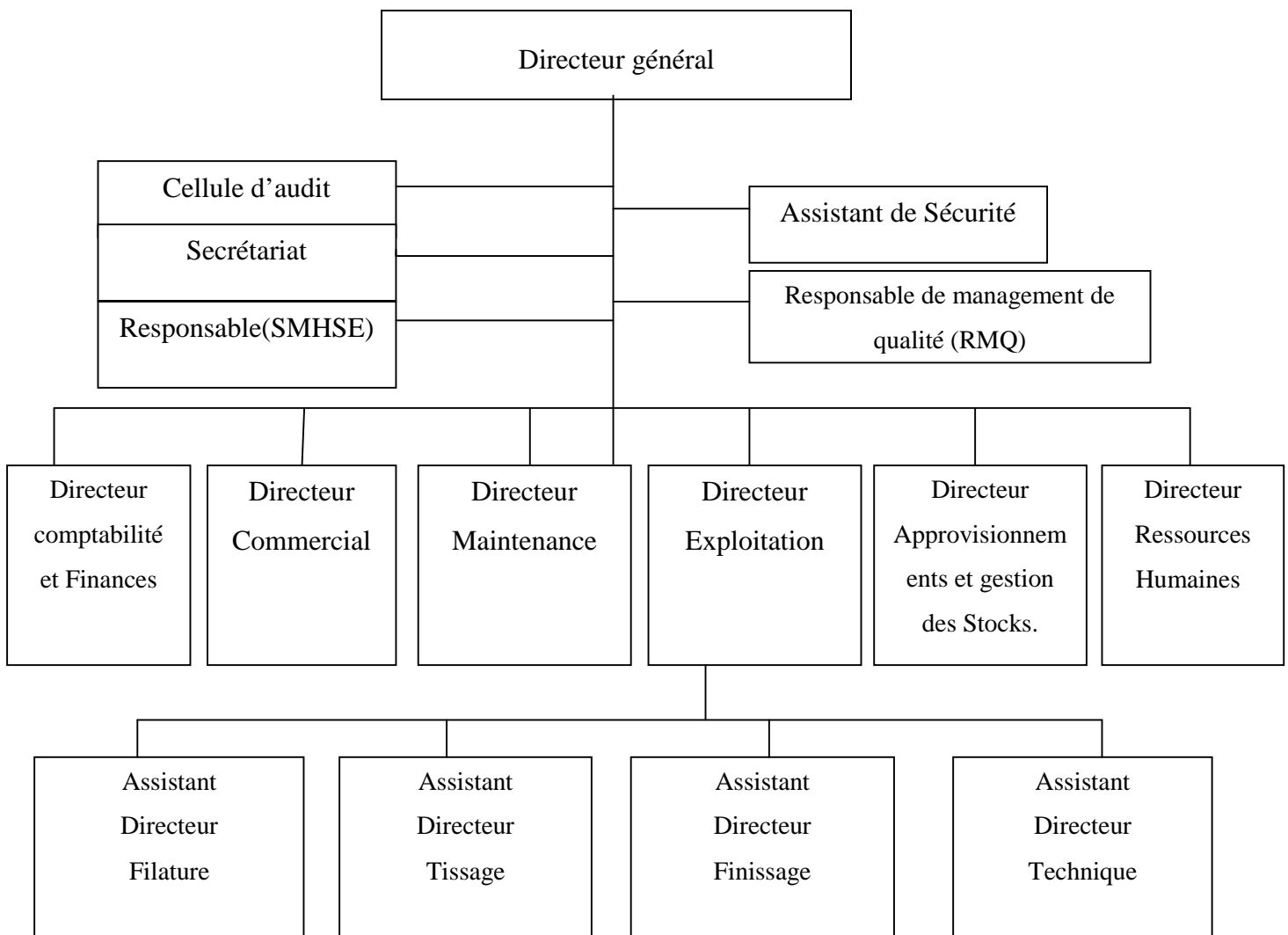
**Figure 1.1.** Le plans du la masse du complexe DENITEX

**Légende :**

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| A. Filature                                   | 1. Atelier mécanique auto             |
| B. Tissage                                    | 2. Hangar produit chimique            |
| C. Finissage                                  | 3. Abri stockage huiles.              |
| D. Annexe technique                           | 4. Cantine                            |
| E. Station de traitement de d'épuration d'eau | 5. Abri produit chimique et chaux     |
| F. Transformateur HT/MT                       | 6. Abri pour véhicule lourds          |
| G. Administration                             | 7. Abri pour véhicule légers          |
| P. Parking                                    | 8. campements ouvriers                |
|   | 9. Logements, GMS, Foyer et générale. |

**1.7. Organigramme de complexe**

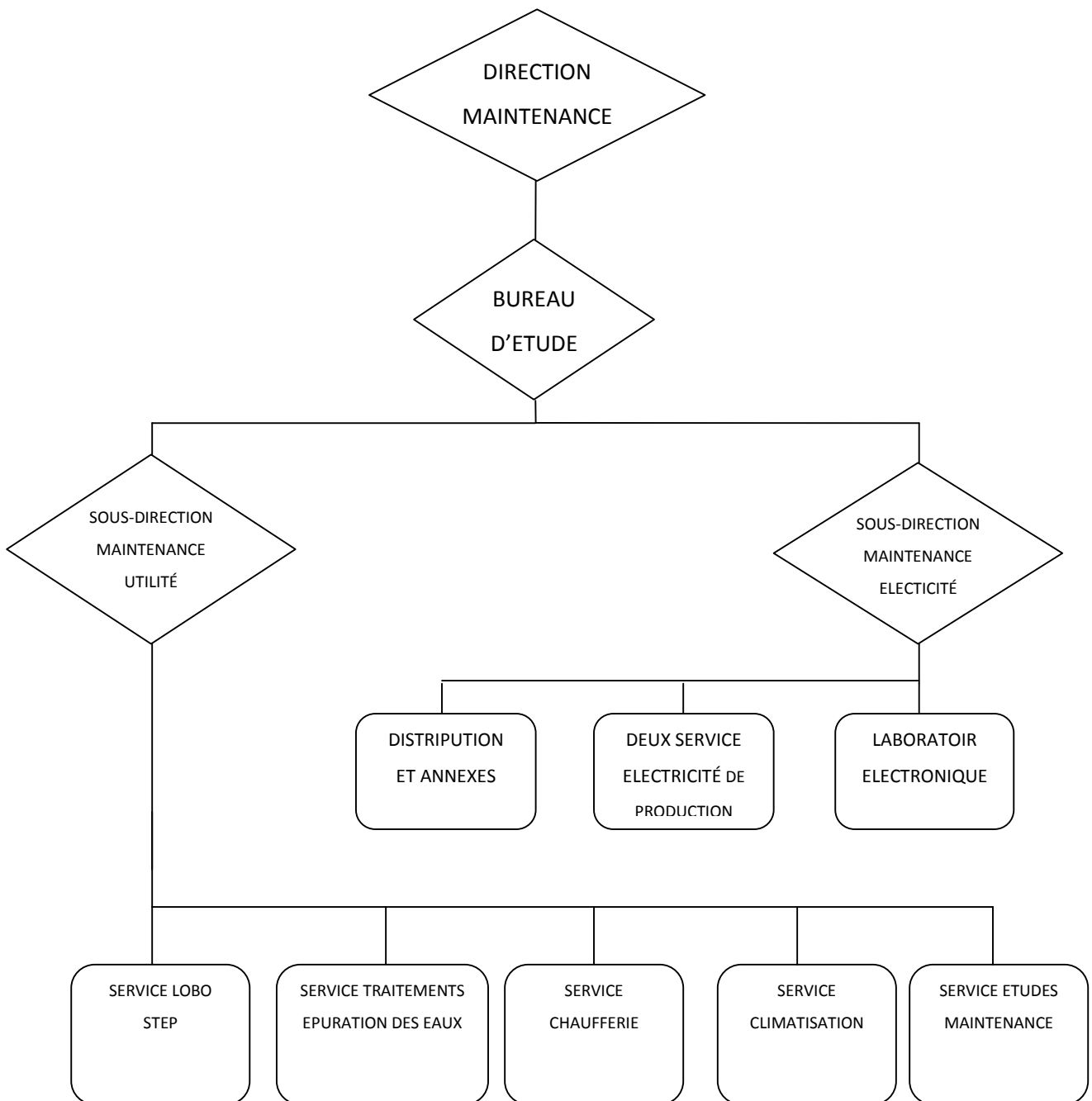
Cet organigramme montre les différentes directions de l'entreprise



**Figure 1.2.** Organigramme du complexe DENITEX

### 1.8. Organigramme de la Direction Maintenance

Cet organigramme montre les différentes structures de la direction de maintenance

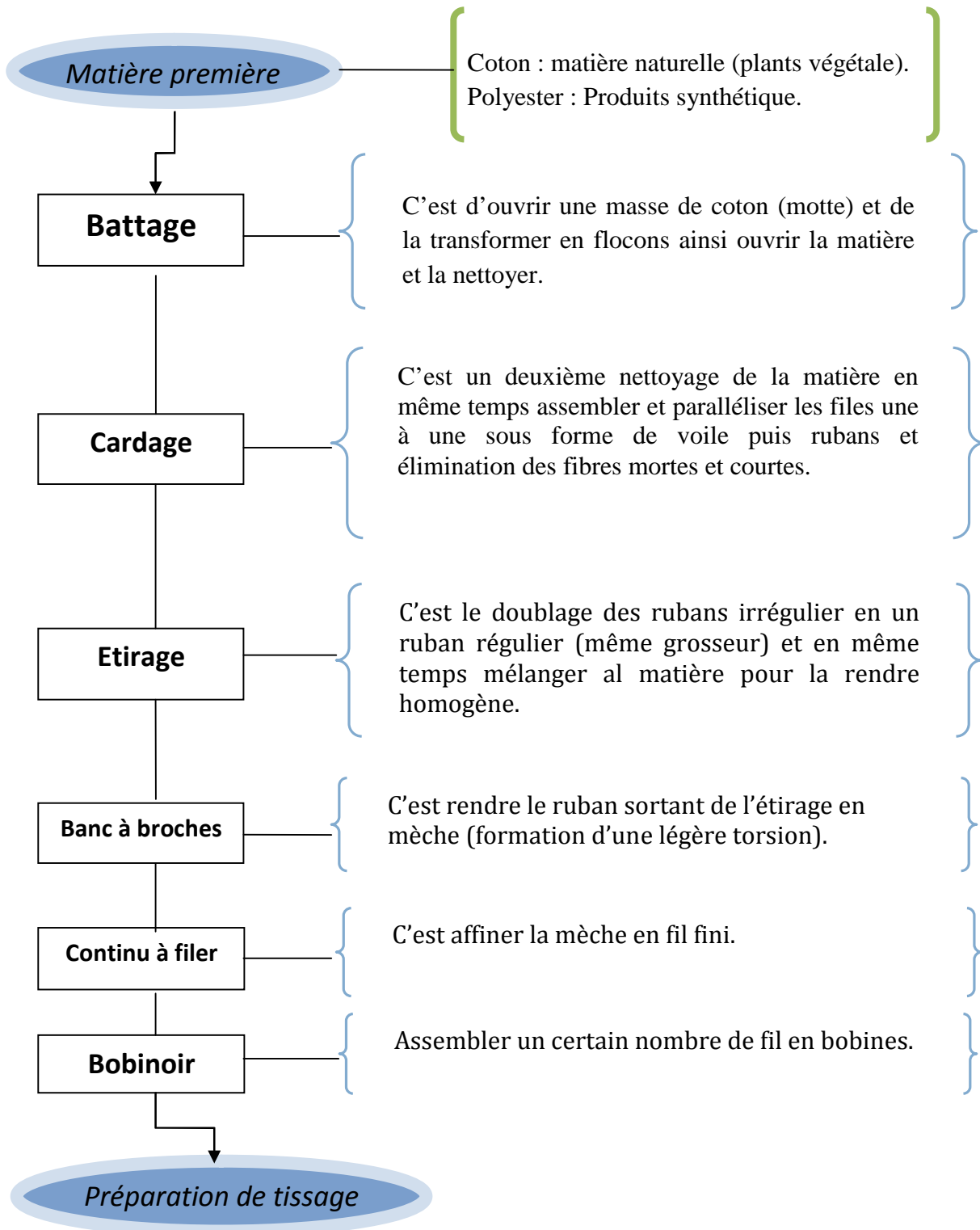


**Figure 1.3.** Organisation de la direction de maintenance

### 1.9. Processus de fabrication

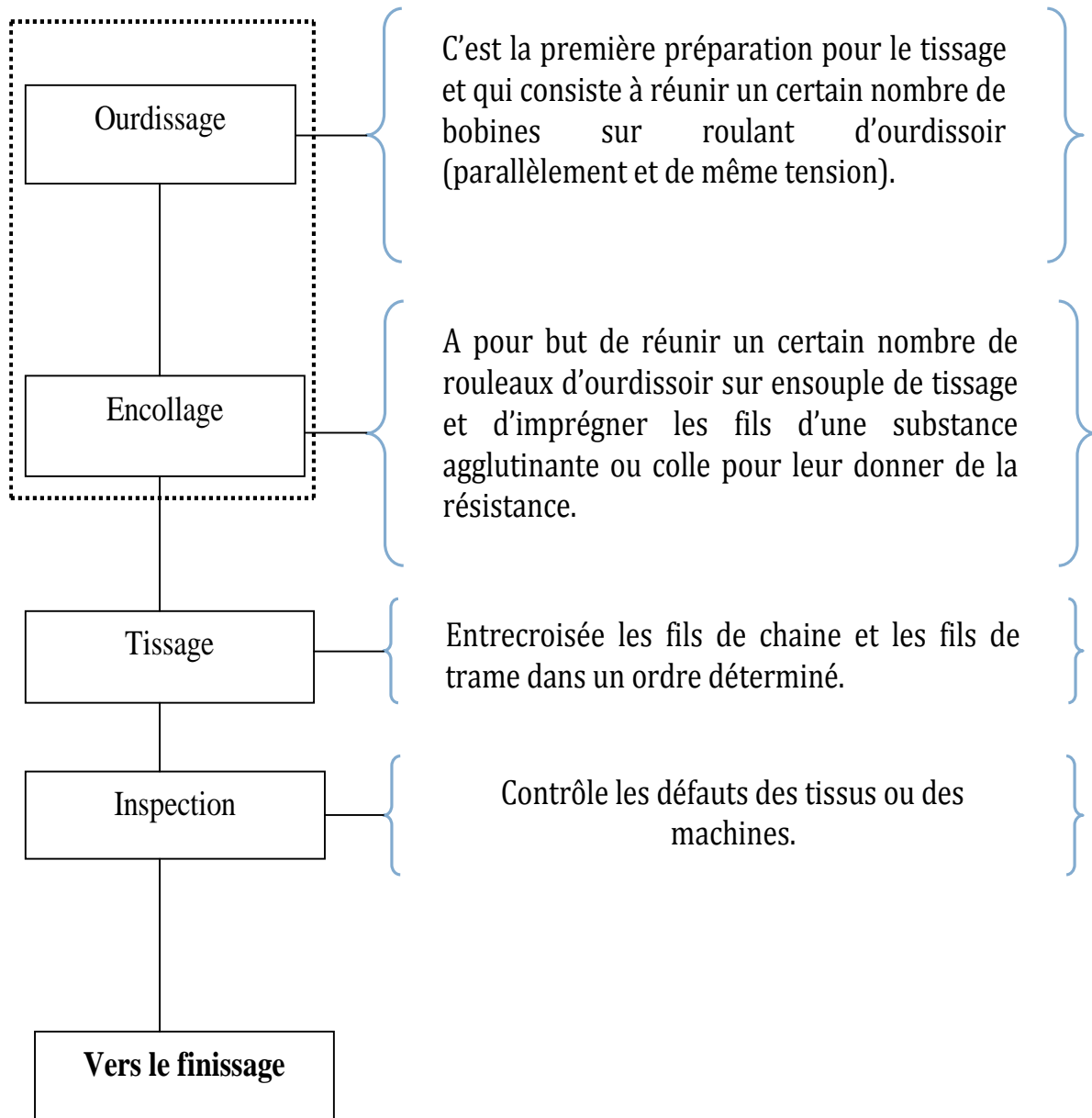
Nous avons recensé différents processus de fabrication de tissus

**1.9.1. Filature :** C'est l'ensemble des traitements appliqués à une matière textile pour la transformer en fil.



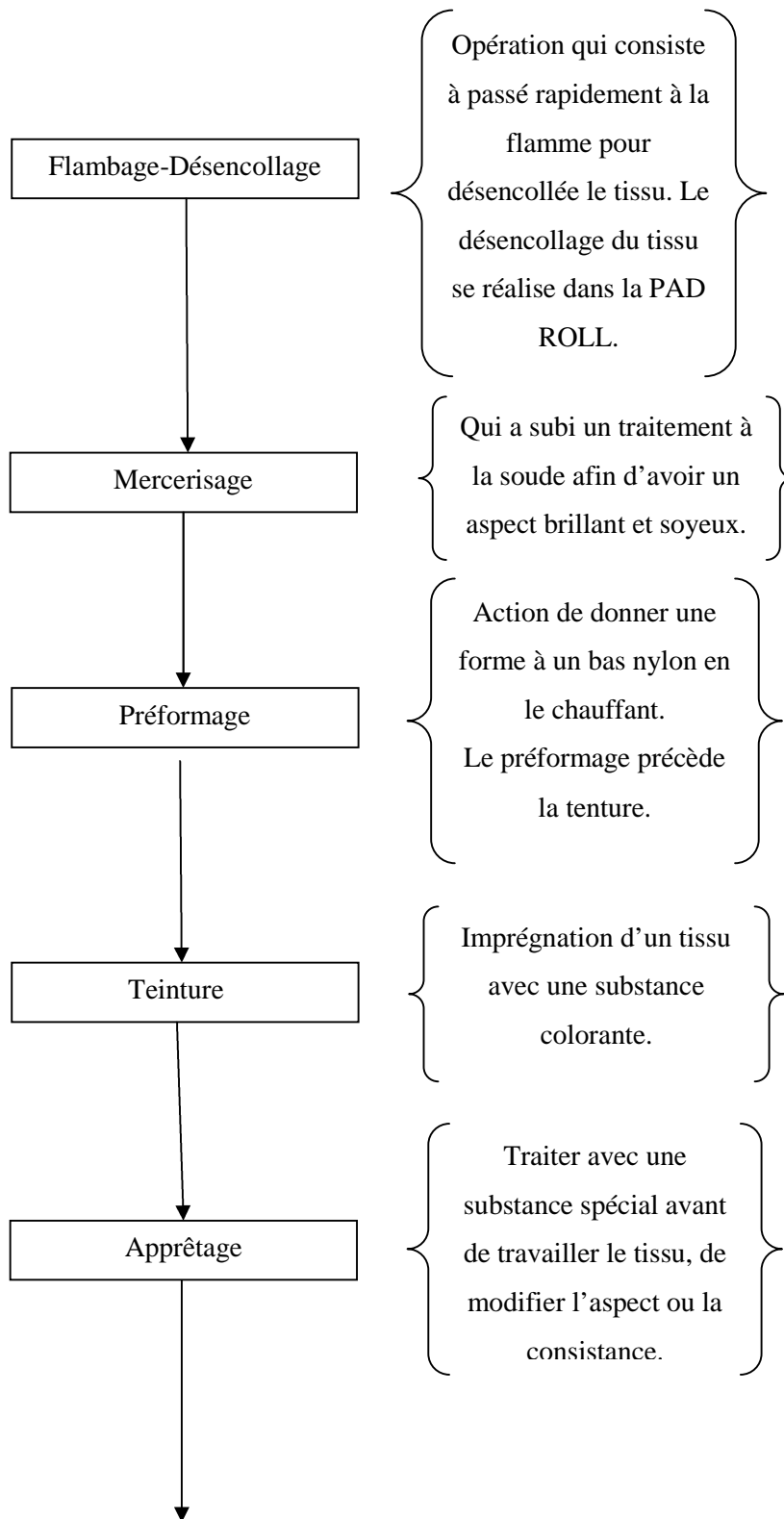
**Figure 1.4.** Schéma technologique de la filature

### 1.9.2. Tissage

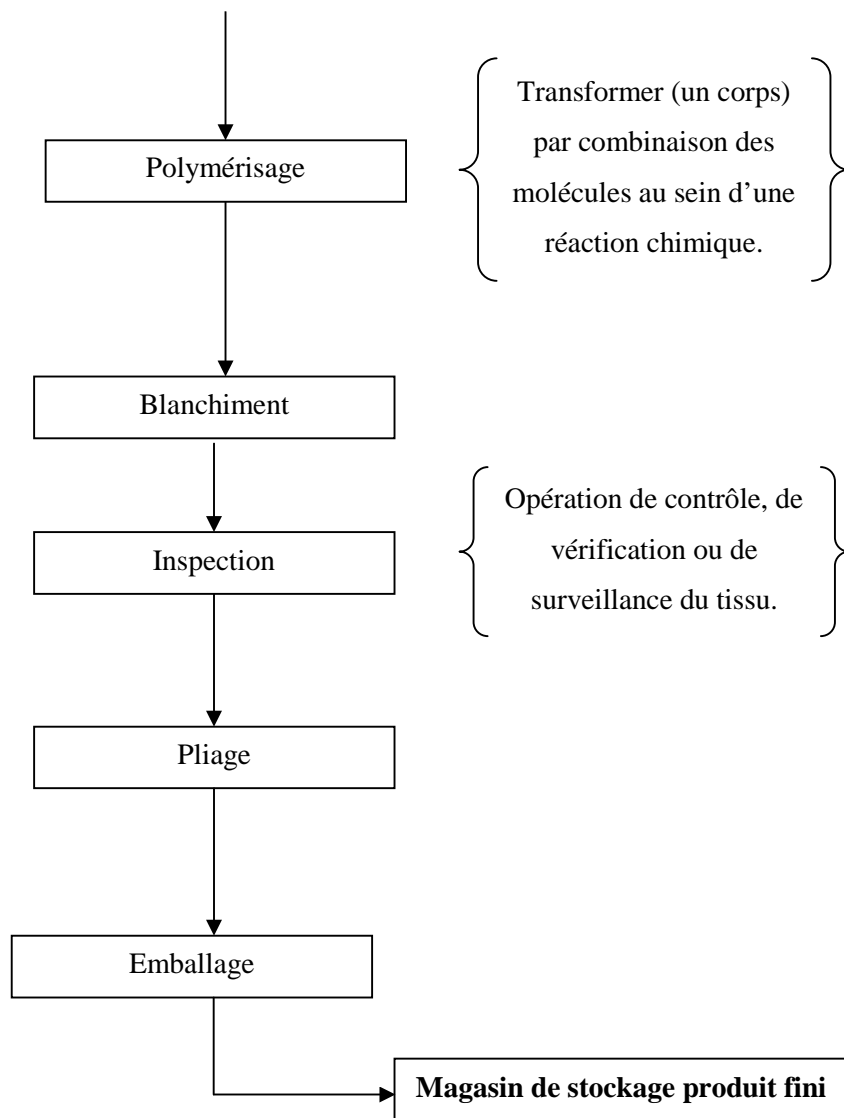


**Figure 1.5.** Schéma technologique de tissage

**1.9.3. Finissage :** Ce dernier est un traitement chimique et mécanique du tissu, il comprend plusieurs opérations selon le type suivant.







**Figure 1.6.** Schéma technologique du finissage

### 1.10. Conclusion

Les opérations successive dans l'industrie textile débutent à partir du fil et se terminent par des tissus de type bleu jean, gabardine, bleu de travail...etc.

**CHAPITRE 2**  
**ANALYSE DE LA MAINTENANCE AU NIVEAU**  
**« DENITEX SEBDOU »**

## **CHAPITRE 2. ANALYSE DE LA MAINTENANCE AU NIVEAU DENITEX SEBDOU**

### **2.1. Introduction**

La maintenance doit être considérée comme une fonction de production à part entière. Pour produire, il faut satisfaire les quatre impératifs : approvisionner en matières premières, transformer celles-ci en produits finis, assurer la qualité et maintenir l'outil de production en état de marche.

La maintenance industrielle, est une fonction stratégique dans les entreprises, profondément liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition des nouveaux modes de gestion dont la nécessité est de réduire les coûts de production.

La maintenance n'a plus aujourd'hui comme seul rôle de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements, afin d'assurer le bon fonctionnement des outils de production.

Un service de maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel, et doit, comme d'autre service de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la sécurité, la qualité totale, l'environnement, et aussi maîtriser les coûts. Pour cela, il est nécessaire d'améliorer les compétences du personnel de maintenance dans le but de s'adapter aux évolutions.

La maintenance devient une composante de plus en plus sensible de la performance de l'entreprise, c'est un soutien à la production, donc, c'est une fonction masquée agissante comme prestataire de service interne et fortement évolutive.

### **2.2. Histoire de la maintenance**

Le terme « maintenance », forgé sur les racines latin « *manus et tenere* », est apparu dans la langue française au XII<sup>e</sup> siècle. L'étymologiste « Wace » a trouvé la forme *mainteneor* (celui qui soutient), utilisée en 1169 : c'est une forme archaïque de « mainteneur ».

Les utilisations anglo-saxonnes du terme sont donc postérieures. A l'époque moderne, le mot est réapparu dans le vocabulaire militaire : « maintien dans les unités de combat, de l'effectif et du matériel à un niveau constant ». Définition intéressante, puisque l'industrie l'a repris à son compte en l'adaptant aux unités de production affectées à un « combat économique » !

### 2.3. Définition de la norme AFNOR

Selon la définition de L'AFNOR (*Agence Française de Normalisation*), la maintenance vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié afin que celui-ci soit en mesure d'assurer un service déterminé.

La première définition normative de la maintenance fut donnée par L'AFNOR en 1994 (**Norme NFX60-010**) l'a définit comme suit :

« Ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. » [1]

Elle a été remplacée par une nouvelle définition en 2001, désormais européenne (**NF EN 13306 X 60-319**) :

« Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. » [2]

Et pour la fédération européenne des sociétés nationales de maintenance EFNMS (*European Federation of National Maintenance Societies*) proposent une définition similaire en anglais :

« All actions which have the objective of retaining or restoring an item in a state in which it can perform its required function. The actions include the combination of all technical and corresponding administrative, managerial, and supervision actions. » [3]

C'est-à-dire :

« Toutes les actions qui ont pour objectif de garder ou de remettre un bien en état de remplir la fonction qu'on exige d'elle. Ces actions regroupent toutes les actions techniques et toutes les actions administratives, de direction et de supervision correspondantes. » [3]

### 2.4. Service maintenance

#### 2.4.1. Situation dans l'entreprise

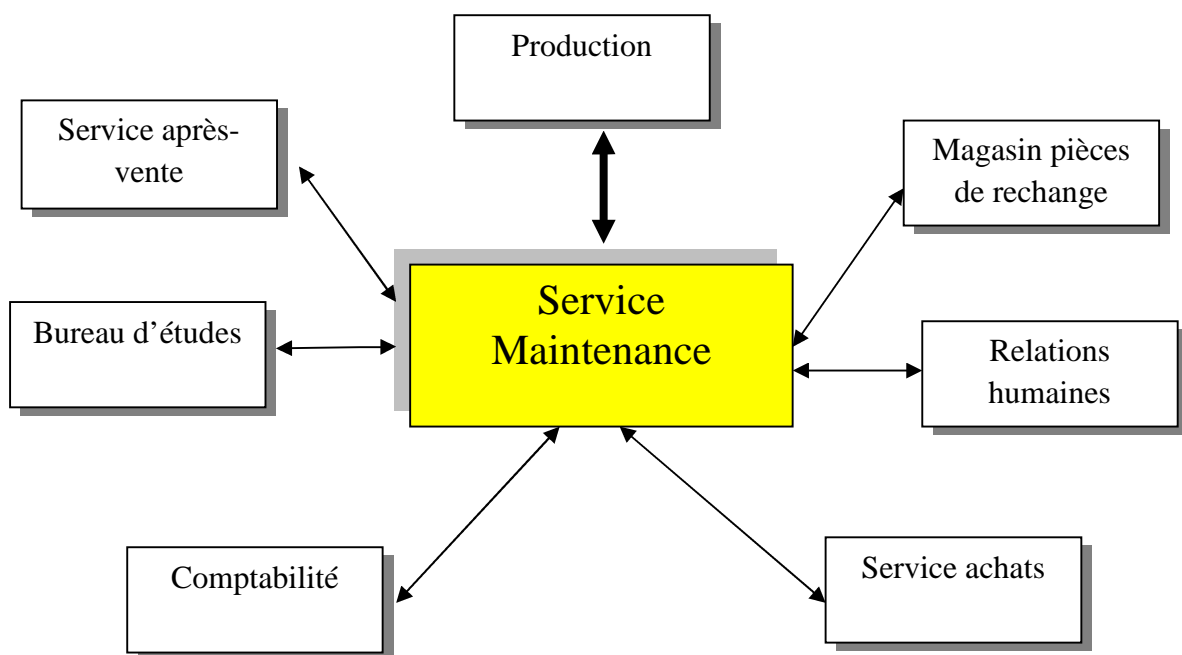
Selon la spécificité, et surtout la taille, des entreprises, on distingue deux types d'organisation :

- Un service maintenance centralisé
- Plusieurs services de maintenance de dimension proportionnellement plus modeste liés chacun à un service de l'entreprise.

### 2.4.1.1. Service maintenance centralisé

La maintenance centralisée est assurée au niveau d'un seul service afin de :

- Facilité le planning ;
- Avoir un budget unique ;
- Facilité la surveillance ;
- Contrôle effectif de la main-d'œuvre ;
- Communication simplifiée avec les autres services de l'entreprise grâce à sa situation centralisée.



**Figure 2.1.** Relations possibles entre le service maintenance et les autres services

### 2.4.1.2. Service maintenance décentralisé

La décentralisation c'est la dépossession du service de maintenance de certaines responsabilités : c'est généralement la maintenance de fabrication qui passe sous le contrôle des services de production et de fabrication. Le service central de maintenance peut, à la demande des services ci-dessus prêter à ceux-ci son atelier ou du personnel pour l'accomplissement de certains travaux.

Avantage :

- Permet d'avoir de meilleures communications et relations avec le service responsable et utilisateur
- Réactivité accrue
- Meilleure connaissance des matériels
- Gestion administrative allégée

#### **2.4.2. Rôle du service maintenance**

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie dans l'entreprise, celle-ci devant permettre d'atteindre le rendement optimal des systèmes. Dans une entreprise, tous les systèmes ne peuvent pas être considérés de la même manière d'un point de vue maintenance. Le service devra donc, dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux diverses situations. Il sera ainsi conduit à faire des prévisions ciblées :

- Prévisions à long terme : elles concernent principalement les investissements lourds ou les travaux durables. Ce sont ces prévisions qui sont, le plus, dictées par la politique globale de l'entreprise.
- Prévisions à moyen terme : la maintenance doit se faire la plus discrète possible dans le planning de charge de la production.
- Prévisions à court terme : elles peuvent être de l'ordre de la semaine, de la journée voire de quelques heures. Même dans ces cas, avec le souci de perturber le moins possible la marche de la production, les interventions devront elles aussi avoir subi un minimum de préparation.

#### **2.4.3. Importance de la maintenance dans une entreprise**

L'évolution et la complexité des systèmes de production ainsi que le besoin de produire vite et bien ont obligé les industriels à structurer et à organiser les « ateliers d'entretien », ils ont surtout créé de nouveaux concepts et de nouvelle manière d'intervenir sur des structures de production concernant les produits manufacturés.

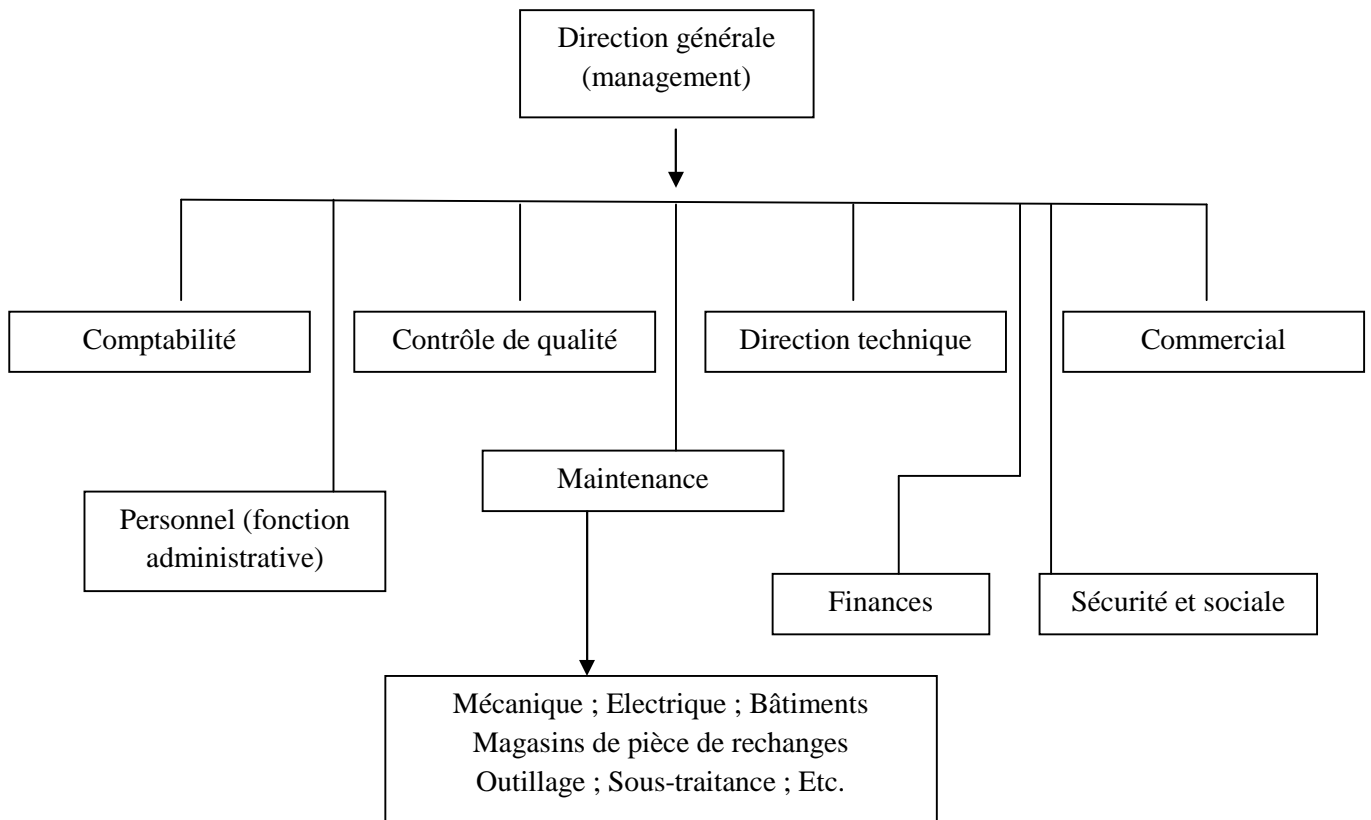
Aujourd'hui, dans les secteurs d'activités industrielles, l'entretien a laissé place à la MAINTENANCE. Ce changement ne réside pas uniquement dans un changement de dénomination, mais aussi dans un bouleversement complet de la manière de faire et de concevoir ce qui s'appelait « entretien » et que l'on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

Il y a quelques années, les ateliers de production ne disposaient d'aucune structure de maintenance, l'entretien des machines ou des unités de production se faisait par des personnes, spécialisées ou non, sans logistique établie et surtout non définie. La production en série, la complexité des systèmes et surtout la rentabilité, ont poussé les industriels à créer un domaine dans l'entreprise appelé « Service Maintenance » qui doit s'entourer d'hommes de terrain, où le spectre des compétences est très large.

L'importance de la maintenance peut être fort différente d'un secteur d'activité à un autre, la préoccupation permanente de la recherche de la meilleure disponibilité suppose que tout devra être mis en œuvre afin d'éviter la défaillance. La maintenance sera donc inévitable et lourde surtout dans les secteurs où la sécurité est capitale, à l'inverse, des secteurs de production manufacturière, à faible valeur ajoutée, pourront se satisfaire d'un entretien traditionnel et limité.

#### 2.4.4. Position de la maintenance dans l'entreprise

La position de la maintenance dans l'entreprise permet un meilleur suivi des équipements afin d'optimiser leur durée de vie.



**Figure 2.2.** Position de la maintenance dans l'organigramme de l'entreprise

**2.5. Différentes formes de maintenance**

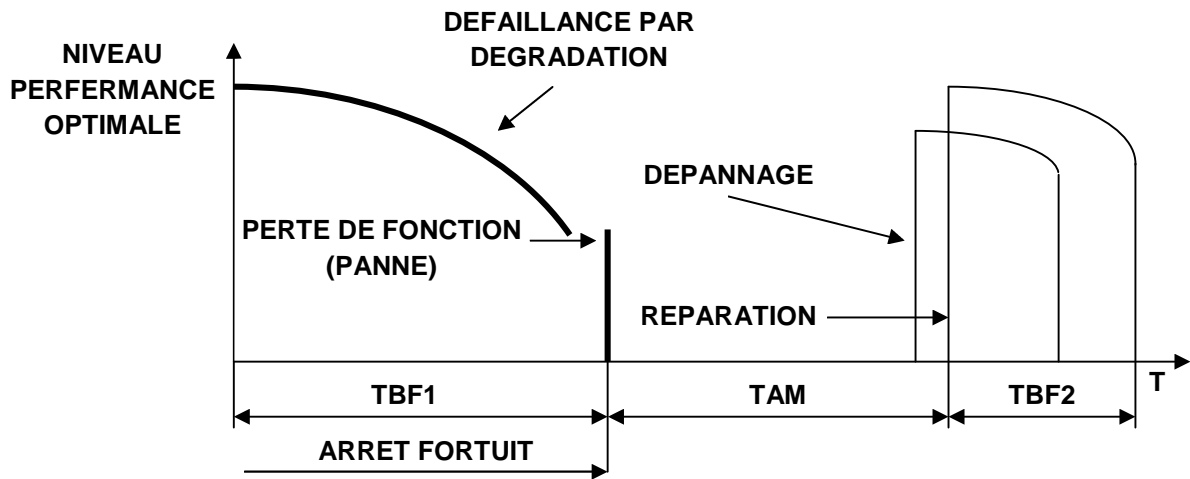
Il existe deux principales familles de maintenance que l'on peut repérer sur le tableau suivant : la maintenance corrective et la maintenance préventive.

**Tableau 2.1.** Types de maintenance

| Type de maintenance   | Maintenance            |                      |                             |                                |                            |
|-----------------------|------------------------|----------------------|-----------------------------|--------------------------------|----------------------------|
|                       | Maintenance corrective |                      | Maintenance préventive      |                                |                            |
|                       | Maintenance palliative | Maintenance curative | Maintenance systématique    | Maintenance conditionnelle     | Maintenance prévisionnelle |
| Déclencheur           | Défaillance            | Défaillance          | Date/échéance               | Franchissement limite ou seuil | Dérives, Tendance          |
| Action de maintenance | Dépannage              | Réparation           | Remplacements systématiques | Remplacements Sous condition   | Interventions ciblées      |

**2.5.1. Maintenance corrective**

La maintenance corrective est le type de maintenance s'apparentant le plus à l'entretien traditionnel dans la mesure où, comme son nom l'indique, intervient sur le système après l'apparition d'une défaillance.



**Figure2.3.** Maintenance corrective [4]



On peut distinguer deux types de maintenance corrective : la maintenance curative et la maintenance palliative.

#### **2.5.1.1. Maintenance curative**

Ce type de maintenance permet de remettre définitivement en état le système après l'apparition d'une défaillance. Cette remise en état du système est une réparation durable. Les équipements réparés doivent assurer les fonctions pour lesquelles ils ont été conçus. Une réparation est une opération définitive de la maintenance curative qui peut être décidée soit immédiatement à la suite d'une défaillance, soit après un dépannage (voir le paragraphe suivant). Elle provoque donc une indisponibilité du système.

#### **2.5.1.2. Maintenance palliative**

La maintenance palliative revêt un caractère temporaire, provisoire. Elle est principalement constituée d'opérations qui devront toutefois être suivies d'opérations curatives (réparations). Le dépannage est une opération de maintenance palliative qui est destinée à remettre le système en état provisoire de fonctionnement, de manière à ce qu'il puisse assurer une partie des fonctions requises. Les opérations de dépannage sont souvent de courte durée et peuvent être nombreuses, parce qu'elles ont lieu souvent, et elles sont également très coûteuses.

#### **2.5.2. Maintenance préventive**

C'est principalement le développement de ces types de maintenance qui a entraîné la mutation des services entretiens traditionnels.

Préventive sous-entend prévenir. L'objectif de ces formes de maintenance est de prévenir la panne avant qu'elle ne survienne. Il en résulte principalement une économie sur les pertes de production mais aussi une diminution de la dégradation des systèmes.

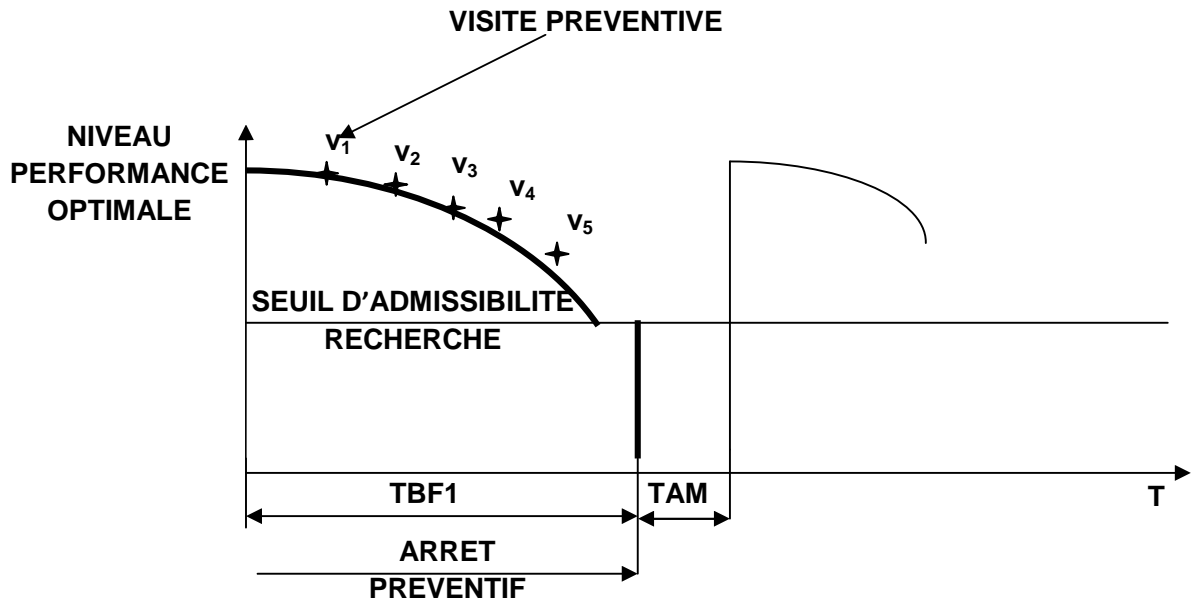


Figure 2.4. Maintenance préventive [4]

Il existe deux formes principales de maintenance préventive. La maintenance préventive systématique et la maintenance préventive conditionnelle. On peut ajouter une autre, la maintenance préventive prévisionnelle qui est assimilable à une maintenance conditionnelle.

### 2.5.2.1. Maintenance préventive systématique

La maintenance préventive systématique est une forme de maintenance organisée autour d'un échancier correspondant au temps (ex : réglage de la tension des courroies toutes les 10 semaines) ou au nombre d'unités d'usage (ex : vidange tous les 20 000 Km), Il s'agit donc d'une maintenance programmée. La périodicité des opérations de maintenance est déterminée à partir de la mise en service et elle est essentiellement basée sur des données de fiabilité. Cette forme de maintenance nécessite de connaître le comportement du matériel, les modes de dégradation (l'usure des équipements) et le temps moyen de bon fonctionnement entre deux défaillances du système (MTBF).

La maintenance préventive systématique assure le remplacement périodique des équipements dont certaines pièces sont anormalement usées. Elle permet également de remplacer les équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves ou les équipements ayant un coût de défaillance élevé. Cette méthode systématique coûte assez cher mais elle assure une grande sécurité en fixant une périodicité de visite qui diminue le risque d'avoir une défaillance avant l'intervention.

### **2.5.2.2. Maintenance préventive conditionnelle**

Dans le cas de la maintenance préventive conditionnelle il n'y a plus d'échéancier mais c'est un événement, une condition, le franchissement d'un seuil, qui provoque l'intervention. Le signal peut être donné par un capteur décelant une dérive de comportement (élévation de température, modification du niveau vibratoire, fuite, usure, etc.) ou à la suite d'une inspection ou d'un contrôle. La maintenance préventive conditionnelle peut s'appliquer à tout type de systèmes pour lesquels un capteur sait détecter une anomalie, et c'est d'ailleurs grâce au développement de la technologie de ces derniers que cette forme de maintenance a pu faire beaucoup de progrès ces dernières années.

La maintenance préventive est relativement coûteuse par la technologie qu'elle déploie, elle présente néanmoins l'extrême avantage de pouvoir être appliquée à des matériels dont le comportement est peu ou pas connu. Elle offre, malgré tout, l'intérêt de pouvoir éviter un aléa tout en exploitant les composants au maximum de leur durée de vie.

### **2.5.2.3. Maintenance prévisionnelle**

La maintenance prévisionnelle, également appelée maintenance proactive, est également réalisée à la suite d'une analyse de l'évolution surveillée des paramètres précurseurs de panne qui permettent de qualifier l'état de fonctionnement du système. La maintenance proactive est une forme de maintenance prédictive qui consiste à déterminer les causes à l'origine des défaillances et des usures précoces des équipements du système. La maintenance prévisionnelle permet d'anticiper et de prévoir au mieux le moment où l'opération de maintenance devra être réalisée.

Cette forme de maintenance permet de réduire le nombre de défaillances imprévues, et donc l'indisponibilité du système. Elle permet de planifier les opérations de maintenance de manière à utiliser les équipements au maximum de leurs possibilités. En surveillant les équipements, il est possible de corriger des erreurs de conduite ou des anomalies qui peuvent générer des défaillances plus graves par la suite et d'améliorer la sécurité en évitant des accidents critiques. Par contre, cette forme de maintenance nécessite de mettre en place des techniques de surveillance et de mesure qui peuvent être très coûteuses.

## **2.6. Activités de la maintenance**

A la diversité des formes et des méthodes de maintenance selon les besoins et les objectifs, se superpose la variété des matériels sur lesquels le service maintenance doit intervenir. L'activité globale du service est constituée de nombreuses activités qui se différencient par leur durée, leur urgence ou leur anticipation, leur objectif, leur niveau de réparation etc. néanmoins, il est possible de distinguer trois catégories : les activités opérationnelles, les activités de suivi et une catégorie qui opère la synthèse avec les deux précédentes.

### **2.6.1. Les activités opérationnelles**

Les activités opérationnelles constituent fort logiquement l'essentiel de la charge dans le cadre de la maintenance corrective et sont au nombre de deux :

#### **a) Les dépannages**

Le dépannage est une action sur un bien en vue de le remettre en état de fonctionnement.

Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder des résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation.

Le dépannage n'a pas de condition d'applications particulières. La connaissance du matériel et des modes de dégradation sont à la base d'un bon diagnostic et permettent de gagner du temps.

#### **b) La réparation**

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après une panne ou une défaillance.

La définition précise l'objectif principal de la réparation à savoir son caractère définitif. En fait, une réparation pourra être décidée à la suite d'un constat de panne ou d'un incident, d'une dérive de fonctionnement (qualité produit, par exemple), d'une observation, d'un rapport de visite, etc. C'est une opération de correction, de rectification qui est programmée, planifiée et pour laquelle tous les moyens ont été rassemblés.

### **2.6.2. Les activités de suivi**

La maintenance préventive doit, pour remplir son rôle, connaître l'état ainsi que l'évolution du comportement des matériels. Pour cela, il n'y a pas d'autre moyen que la surveillance attentive et l'exploitation des données qui en découlent.

a) Les visites

Les visites est une opération qui se pratique dans le cadre d'un programme de maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Régies par une programmation qui fixe leur périodicité, elles reposent sur des listes de points à vérifier à partir des caractéristiques prédéterminées. Selon l'importance et la précision d'observation souhaitées, elles peuvent induire des démontages légers et doivent donc parfois être inscrites dans le planning de production afin d'éviter tout arrêt de production.

b) Les inspections

De portée nettement moins importante que les visites, les inspections se limitent à des surveillances des systèmes. Les inspections ont pour principal objectif la découverte éventuelle d'amorces d'anomalies et peuvent, le cas échéant, comprendre quelques réglages simples avec un outillage ordinaire. Contrairement aux visites, elles peuvent être menées en cours de production.

c) Les contrôles

C'est une vérification de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut comporter une activité d'information, inclure une décision (acceptation, rejet, ajournement).

### **2.6.3. Les révisions**

Ensemble des actions des examens, des contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le fonctionnement bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné. Il faut distinguer suivant l'étendue des opérations à effectuer les révisions partielles et les révisions générales. Dans les deux cas, cette opération nécessite la dépose des différents sous-ensembles. Le terme révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections.

## **2.7. Profils de la maintenance**

### **2.7.1. L'agent de maintenance**

Son rôle est de réparer des pannes qui interviennent de manière imprévue. Il doit être capable de détecter l'origine des dysfonctionnements et de proposer des solutions de dépannage.

Depuis le passage de la maintenance curative à la préventive, il doit aussi prendre part à l'amélioration du rendement des installations et des moyens d'intervention. Pour cela, il est important qu'il prenne en charge le suivi de ses prestations et des opérations de maintenance.

Un agent de maintenance doit disposer de nombreuses compétences dans différents domaines : mécanique, électricité, pneumatique, hydraulique et automatisme. Ses qualités principales sont la polyvalence et la créativité.

Cependant, d'autres aptitudes sont aussi exigées :

- d'ordre relationnel : permettent à l'agent de maintenance d'échanger des informations avec le reste du personnel.
- d'ordre organisationnel : respect des procédures, suivi des méthodes, ...
- d'ordre personnel : autonomie, résistance physique, diplomatie, rigueur, sens des responsabilités...

### **2.7.2. Le technicien de maintenance**

Le technicien de maintenance industrielle maintient en bon état de marche les équipements et machines de production, il peut intervenir pour :

- Réparer une panne, après un diagnostic de dysfonctionnement, sur place ou en atelier, avec comme impératif de faire redémarrer au plus vite la production. Son intervention est suivie de nouveaux contrôles et réglages. Il s'agit d'une maintenance « curative ».
- Eviter une panne ou un dysfonctionnement grâce à un entretien régulier et planifié
- vérification du bon état des équipements, graissage, changement de pièces, mesures de contrôle-. Il s'agit d'une maintenance « préventive ».

Il doit être aussi capable de planifier et de coordonner les interventions et d'en assurer leur bon fonctionnement et rédige des comptes-rendus qu'il transmet à son responsable.

Afin de réaliser ses travaux, il est nécessaire qu'il maîtrise des outils d'analyse de fiabilité (calcul des ratios de taux de panne, diagramme de Pareto, analyse vibratoire...).

### **2.7.3. Le technicien de méthode**

Il réalise les mêmes activités que celles du technicien de maintenance. Cependant, son premier travail correspond à la méthode. En effet, afin d'améliorer les modalités d'intervention, il prend l'initiative d'élaborer des cahiers des charges. Cela consiste à définir les règles d'actions liées aux spécificités techniques, aux délais, aux coûts et à l'approvisionnement.

De plus, il contrôle le respect de l'application de ces cahiers des charges par le personnel. Enfin, il identifie et optimise les coûts de maintenance. Le technicien de méthode doit avoir les mêmes compétences que le technicien de maintenance. Cependant, sa qualité première est bien la méthode, d'où son nom.

## **2.8. Maintenance en pratique**

L'activité du service maintenance est variée tant dans ses objectifs proprement dits que dans ses actions et ses lieux ou situations d'intervention. Contrairement à beaucoup d'autres services pour lesquels la situation de travail est stable et sans risque d'événement fortuit, le service maintenance réclame une organisation rigoureuse, précise mais suffisamment souple pour accepter d'intégrer des perturbations comme l'apparition d'une défaillance importante dans un planning déjà complet.

### **2.8.1. Les niveaux d'urgence**

La norme propose une classification des degrés d'urgence en 4 niveaux qui vont de

U1 : urgence la plus forte pour laquelle on prévient directement le responsable, il n'y a pas de préparation du travail, mais un technicien est immédiatement dépêché sur le lieu de l'urgence, à U4 : qui concerne des travaux qui devront être réalisés après préparation, planification et qui la plupart du temps acceptent un délai correspondant à la prochaine visite.

Cette classification en 4 niveaux n'est qu'une proposition, chaque service maintenance peut affiner ce découpage, en précisant les termes afin de mieux les adapter à ses propres besoins.

### **2.8.2. Les niveaux de maintenance**

Les niveaux sont généralement classés en 5 niveaux ou degrés désignés dans la norme NF X 60-010. Cependant, comme pour les niveaux d'urgence, chaque responsable peut modifier ce découpage.

Définition d'après la norme AFNOR X 60011 : [5]

**1er niveau :** Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun Démontage d'équipement, ou échange d'éléments accessibles en toute sécurité.

**2ème niveau :** Dépannage par échange standard d'éléments prévus à cet effet, ou d'opérations mineures de Maintenance préventive (rondes).

**3ème niveau :** Identification et diagnostic de pannes, réparation par échange de composants fonctionnels, Réparation mécanique mineure.

**4ème niveau :** Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.

**5ème niveau :** Travaux de rénovation, de reconstruction, ou réparations importantes confiées à un atelier Central.

### **2.8.3. Les temps en maintenance**

La raison d'être du service maintenance étant d'éviter au maximum l'indisponibilité des systèmes, entre d'autres, d'éviter les temps morts ou simplement insuffisamment exploités, on comprend aisément que le temps soit un critère largement pris en compte en maintenance. Cependant, il y a des temps de marche et des temps d'arrêt mais il y a aussi des temps de panne, des temps d'intervention, des temps de préparation...

Le responsable a donc besoin d'un découpage précis du temps afin de mieux cerner et préparer son activité mais aussi pour pouvoir mesurer plus finement son efficacité et les phases de l'activité pour lesquelles il est souhaitable d'améliorer la situation.

La prise en compte de l'évolution de certains de ces temps déterminés permettra des analyses essentielles pour l'élaboration d'une politique générale de la maintenance. Par exemple, la mise en évidence d'un temps moyen de diagnostic pourra justifier l'investissement dans du matériel spécifique. D'autre part, des temps d'appel exagérés peuvent souligner le besoin d'un procédé interne de communication plus efficace.

Dans la figure suivante on met en lumière la nécessité d'un découpage précis du temps en maintenance. Ses divers composants serviront à l'élaboration des tableaux de bords indispensables à la conduite rigoureuse d'un service maintenance.



|   |                          |   |   |  |  |  |
|---|--------------------------|---|---|--|--|--|
| Temps requis<br>1.1                     |                          |   |   | Temps non requis<br>1.2  |  |  |
| Temps effectif de disponibilité<br>11.1 |                          | Temps d'incapacité<br>11.2                          |   |  | Temps potentiel de disponibilité<br>12.1       | Temps potentiel de d'indisponibilité<br>12.2 |
| Temps de fonctionnement<br>111.1        | Temps d'attente<br>111.2 | Temps d'incapacité pour causes extérieures<br>112.1 | Temps d'indisponibilité<br>112.2          |  |  |  |
|   |                          |   | Temps d'indisponibilité<br>112.2          |  | Mainte. Préventive<br>1122.2                   | Contraintes d'exploitation<br>1122.3         |
|   |                          | Temps de non détection de défaillance<br>11221.1    | Temps d'appel à la maintenance<br>11221.2 | Temps d'indisponibilité pour maintenance corrective<br>11221.3 | Temps de remise en condition<br>11221.4        |  |
|   |                          |   |   | Temps de réparation<br>112213.1                                | Temps annexes de maint. Corrective<br>112213.2 |  |

**Figure 2.5.** Notions temporelles relatives aux états d'une entité [6]

## **2.9. Conclusion**

Au cours de ce chapitre, nous avons défini le système de gestion de la maintenance avec ses différents aspects préventifs et correctifs, puis nous avons présenté les types de maintenance et les caractéristiques de chacune d'elle.

## **CHAPITRE 3**

# **ANALYSE DE LA FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS INDUSTRIELS**

## **CHAPITRE 3. ANALYSE DE LA FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS INDUSTRIELS**

### **3.1. Introduction**

La fiabilité d'un système est son aptitude à ne pas connaître de défaillance. Une meilleure fiabilité réduit les aléas de fonctionnement. La MTBF (mean time between failure) est l'indice de référence pour évaluer la fiabilité.

En théorie, la MTBF devrait pouvoir s'obtenir en divisant le temps de fonctionnement par le nombre de défaillances. Dans la réalité, les choses sont beaucoup moins simples. En effet, il faudrait disposer de l'inventaire complet des défaillances et il faudrait que leurs apparitions soient régulières, autrement dit, que tous les temps de fonctionnement soient représentatifs de la population. Ca ne peut pas être le cas, simplement, parce qu'au cours de sa vie, un système connaît plusieurs périodes (jeunesse, maturité, obsolescence) et peut avoir des modifications, des transformations, des remises à neuf...etc.

En plus, à l'instant de l'évaluation de la fiabilité d'un système, bien que son comportement global soit connu, il est impossible d'estimer à l'avance et avec certitude la phase de sa vie.

- La mesure de la fiabilité est donc une estimation moins simple.
- La difficulté sera encore plus grande dans le cas de l'évaluation de la disponibilité.

### **3.2. Fiabilité**

#### **3.2.1. Définition selon la norme (AFNOR X06-501)**

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif, exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation données et pour une période déterminée

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné [7].

#### **3.2.2. Fiabilité et la qualité**

Ces notions sont indissociables. Si la qualité est prise dans son sens général de « Satisfaction » du besoin des utilisateurs, il est évident que la fiabilité est un élément de la satisfaction de l'utilisateur. La fiabilité c'est la probabilité de bon fonctionnement.

Si la qualité est prise dans le sens « qualité initiale », nous pourrions dire que la qualité initiale garantit la conformité d'un produit à ses spécifications, alors que la fiabilité mesure son aptitude à y demeurer conforme le long de sa vie utile.

La fiabilité est l'extension de la qualité initiale dans le temps. Il n'y a pas de bonne fiabilité sans bonne qualité [8].

### 3.2.3. Application de la fiabilité

Un dispositif mis en marche pour la première fois à  $(t_0)$  tombera en panne à un instant non connu à priori "t" : date de la panne est une variable aléatoire de la fonction de répartition "F(t)".

- F(t) est la probabilité d'une défaillance avant l'instant  $(t_i)$ .  $F(t) = \Pr (T < t_i)$ .
- R(t) est la probabilité de bon fonctionnement à  $(t_i)$ .  $R(t) = \Pr (T > t_i)$ .
- Probabilités complémentaires :

$$F(t) + R(t) = 1 \text{ ou } \int_0^t f(t) \cdot dt + \int_t^\infty f(t) \cdot dt = 1 \quad (3.1)$$

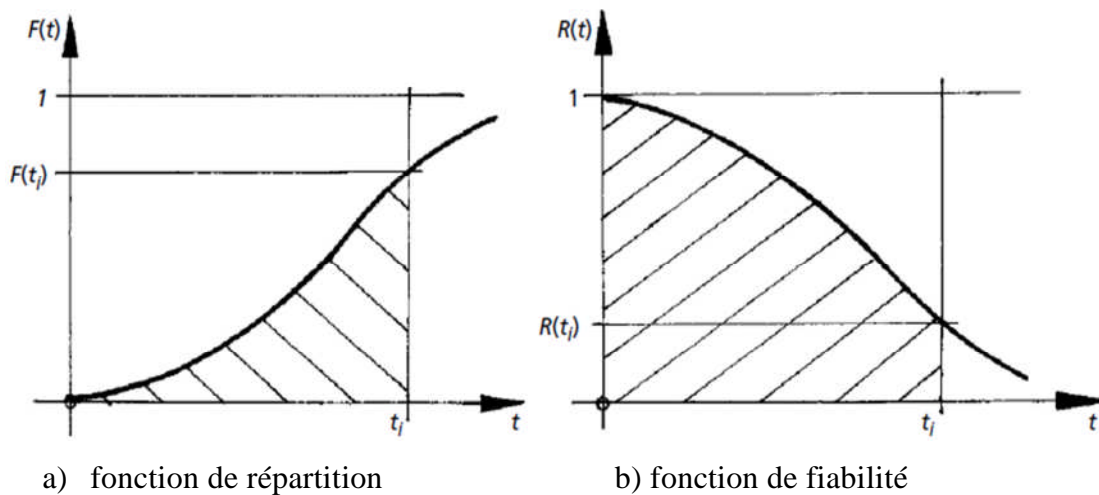


Figure 3.1. Probabilités complémentaires

### 3.2.4. Différentes lois de la fiabilité

Pour évaluer la fiabilité, il est donc nécessaire de recourir à certains outils mathématiques de calcul de probabilité. L'objet n'est pas ici de présenter de façon détaillée les différentes lois, retenons simplement que l'utilisation de quelques-unes peut être nécessaire pour la détermination de la fiabilité.

#### a) loi binomiale

Elle permet d'évaluer le nombre d'éléments défaillants d'un échantillon prélevé dans une population dont on connaît la probabilité de défaillance.

$$P(x=k) = C_n^k \times P^k \times (1-P)^{(n-k)} \text{ avec } C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! \times k!} \quad (3.2)$$

Son espérance mathématique est :  $n \times P$

**b) Loi de Poisson**

Elle permet, lorsque l'on connaît le taux de défaillance d'un système sur une longue période, de calculer la probabilité d'une panne sur une période plus courte. Le cas du temps d'une production par exemple.

$$P(x=k) = \frac{e^{-m} \cdot m^k}{k!} \text{ et l'espérance mathématique } E(x) = m \quad (3.3)$$

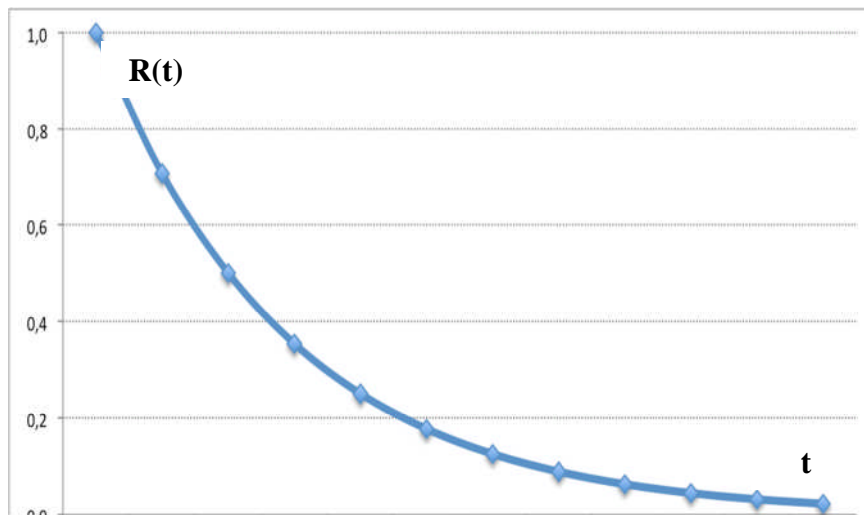
**c) Loi normale**

La loi normale est très répandue parmi les lois de probabilité car elle s'applique à de nombreux phénomènes. En fiabilité, la distribution normale est utilisée pour présenter la distribution des durées de vies des dispositifs en fin de vie (usure) car le taux de défaillance est toujours croissant. On l'utilisera que si la moyenne des durées de vie est supérieure à trois fois l'écart type.

**d) Loi exponentielle**

Elle est particulièrement bien adaptée lorsque le taux de défaillance est constant. De ce fait, on l'emploie dans le cas de matériels électrique ou électroniques et pour les systèmes mécaniques lors de leur période maturité.

L'espérance mathématique est  $E(t) = 1/\lambda$ , et son expression est  $R(t) = e^{-\lambda t}$  représente l'allure de la fiabilité en fonction du temps.



**Figure 3.2.** Tracé de la loi exponentielle

Sur papier semi-logarithmique R(t) devient log R(t) et le nuage de points correspondant au TBF ajustable par une droite prouve que le taux de défaillance est constant.

A cette fonction  $R(t)$  est associée une fonction  $F(t) = 1 - R(t)$  dite fonction de réparation. Elle représente en quelque sorte la probabilité, en fonction du temps, de connaître une défaillance [9].

La densité de probabilité  $f(t)$  peut se définir comme la réparation probable des défaillances, appelée aussi distribution des défaillances :

$$F(t) = \lambda(t) \times R(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda t} \quad (3.4)$$

Le taux de défaillance est quant à lui :  $\lambda(t) = f(t)/R(t) = \text{constante}$

#### **e) Loi de Weibull [10]**

Contrairement à la loi exponentielle, la loi de Weibull convient quelque soit la valeur du taux de défaillance. Grace à sa souplesse elle s'adapte à toutes les valeurs de  $\lambda(t)$  mais elle permet en plus de déterminer dans quelle période de sa vie (jeunesse, maturité, obsolescence) se trouve le système étudié.

Outre son adaptabilité à toutes les situations, le modèle de Weibull livre d'autres informations en plus de niveau de fiabilité d'un dispositif à un instant  $t$ .

Les trois paramètres  $\beta$ ,  $\eta$  et  $\gamma$  de son expression :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.5)$$

Permettent une analyse plus fine et donc une image plus précise de l'état du système. Le paramètre  $\beta$  fournit des indications à la fois qualitatives et quantitatives du taux de défaillance instantané. Il est dit indicateur de la forme de la courbe de densité de probabilité, si sa valeur est  $< 1$ , alors  $\lambda(t)$  est décroissant, indiquant que le système est en période de jeunesse.

Maintenant, si  $\beta$  est égal ou très voisin de 1, c'est le signe d'un comportement régulier du système avec un taux de défaillance sensiblement constant. C'est donc la période de maturité qui est la plus longue dans le cycle de vie d'un matériel.

Enfin si la valeur du paramètre de forme  $\beta$  est supérieure à 1, alors le modèle de Weibull est encore plus instructif. Dans ce cas,  $\beta$  révèle d'abord une phase d'obsolescence et c'est l'expression quantitative qui retiendra davantage l'attention, car il est possible de lier la valeur au degré d'obsolescence de matériel.

### 3.2.5. Paramètres principaux de la fiabilité [11]

Soit un échantillon de  $N_0$  composants. On relève durant l'essai le nombre  $N_S(t)$  des survivants à l'instant  $t$ , en supposant qu'à  $t = 0$  tous les composants sont bons. L'étude statistique doit être développée en quatre étapes :

➤ Etape 1

Le choix de l'estimateur et le calcul de son estimation (sa valeur). En fiabilité, on adoptera trois estimateurs principaux :

L'estimation de la fiabilité au temps  $t$  : 
$$R(t) = \frac{N_S(t)}{N_0} \quad (3.6)$$

L'estimation du taux d'avarie à l'instant  $t$  : 
$$\lambda = \frac{N_S(t-1) - N_S(t)}{N_S(t-1)} \quad (3.7)$$

L'estimateur du temps moyen de bon fonctionnement, qui est la somme des temps de bon fonctionnement de chaque composant divisée par la grandeur de l'échantillon :

estim.  $T_{moy}(t) = \frac{\sum_0^t t \cdot [N_S(t-1) - N_S(t)]}{N_0} \quad (3.8)$

- Notons que les trois valeurs de ces trois estimateurs sont fonction du temps

➤ Etape 2 : La qualité de l'évaluation

En statistique, on ne peut pas avancer un chiffre, mais seulement on fixe un intervalle de confiance pour le niveau de risque d'erreur que l'on s'est fixé.

➤ Etape 3 : La loi de distribution

C'est la loi mathématique suivant laquelle une estimation serait distribuée si les observations étaient répétées un grand nombre de fois. Pour nos estimateurs, les lois de distribution retenues sont :

- La fiabilité :  $R(t) = \exp \left[ - \int_0^t \lambda(t) \cdot dt \right]. \quad (3.9)$

- Le taux d'avarie :  $\lambda(t) = - \frac{1}{R(t)} \cdot \frac{dR}{dt}. \quad (3.10)$

- Le MTBF :  $M(t) = - \int_0^t R(t) \cdot dt. \quad (3.11)$

- La densité de défaillance :  $f(t) = \frac{1}{N_0} \cdot \frac{dN_f}{dt} = \frac{dR}{dt} \quad (3.12)$

$dN_f$  étant le nombre de défaillances durant l'intervalle de temps  $dt$ ,  $f(t)$  est la probabilité de défaillance dans l'intervalle  $[t, (t + dt)]$ .



➤ Etape 4 : Le test d'hypothèse nulle

Il permet d'affirmer au risque  $\alpha$  qu'il existe une différence significative entre les valeurs de l'échantillon et celles obtenues par application de la loi de distribution.

### 3.2.6. Optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF)

Tous les équipements d'une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradation dus aux conditions de fonctionnement et/ou l'environnement : usure, fatigue, vieillissement, altérations physico-chimiques diverses. Face aux défaillances qui en résultent, on peut se contenter de pratiquer une maintenance corrective, mais on n'évite pas ainsi les conséquences des pannes que l'on subit. Une attitude plus défensive consiste à mettre en œuvre une maintenance préventive destinée à limiter, voire à empêcher, ces défaillances, mais on court alors le risque de dépenses excessives et d'indisponibilités inutiles.

Devant cette situation, le responsable de maintenance ne doit plus se contenter de surveiller et de réparer, il doit envisager des stratégies. Une part de son travail consiste à prévoir les événements et à évaluer les différentes alternatives qui s'offrent à lui pour trouver la solution optimale, ou tout au moins pour s'en rapprocher. Les forces dont il dispose, limitées par ses moyens techniques et financiers, doivent être placées aux bons endroits.

C'est dans ce contexte que la maintenance s'est dotée des méthodes qui considèrent à la fois, et plus ou moins, la technique et l'organisation. Les industries de procédés ont généralement appliqué des démarches alliant une évaluation des risques, une analyse du retour d'expérience, et une logique de sélection de tâches de maintenance. L'optimisation de la maintenance par la fiabilité (OMF)), et aujourd'hui elle est utilisée par d'autres secteurs industriels.

Nous commencerons par énoncer les grands principes de cette méthode et présenter une description générale. Puis, après avoir donné quelques indications sur le management d'une étude, nous examinerons chacune de ses étapes :

- l'analyse fonctionnelle qui fournit des représentations du fonctionnement des systèmes étudiés.
- l'analyse de dysfonctionnement des systèmes qui permet d'identifier les modes de défaillance des matériels, ou des groupes de matériels, qui ont un rôle fonctionnel important et dont les défaillances sont jugées graves.
- l'analyse du retour d'expérience qui fournit des données essentielles pour établir les choix de maintenance.
- l'analyse de dysfonctionnement des matériels qui rassemble les informations nécessaires à l'évaluation de la criticité des modes de défaillance.

- la sélection des tâches de maintenance qui conduit à proposer des tâches élémentaires justifiées pour couvrir les modes de défaillance significatifs et, après regroupement, à écrire le programme de maintenance préventive.

Si cette méthode doit beaucoup au bon sens, on peut dire qu'elle lui apporte en retour :

- un ensemble structuré des techniques simples d'analyse.
- des concepts de base (commentés dans le texte lorsqu'ils sont introduits) sur lesquels s'appuient les grands principes de la méthode.

Enfin, on notera que la mise en œuvre de cette méthode contribue à l'évolution de la culture de maintenance par l'approche fonctionnelle qu'elle introduit et par un élargissement de l'implication du personnel de l'entreprise.

### **3.2.7. Maintenance basée sur la fiabilité (MBF)**

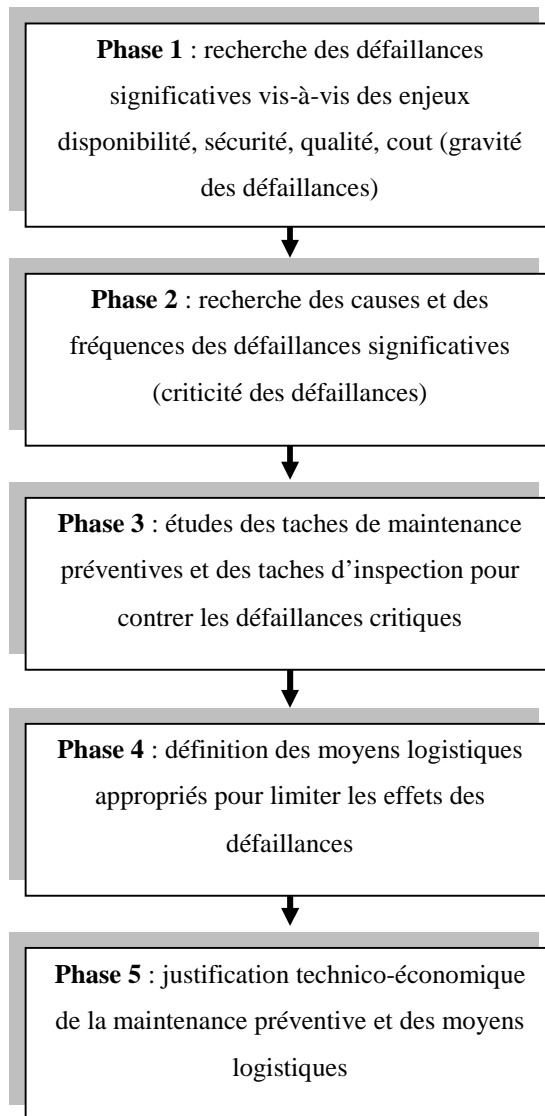
La MBF est un véritable outil de conception de la maintenance préventive ; en conciliant les doubles enjeux disponibilité/cout global de possession des installations.

Parmi les outils ou méthodes qu'elle utilise, les grilles d'analyse de mode de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC). Cette technique apporte une connaissance approfondie de fonctionnement et des interactions d'un système, par l'analyse systématique des relations causes-effets. Elle occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. Aujourd'hui, l'intérêt économique de la fonction maintenance réside dans l'anticipation des anomalies potentielles, plus que dans les actions correctives, voire la maîtrise du processus de production. Son ambition est de guider la démarche industrielle dans une voie d'augmentation des moyens organisationnels, technique et d'information [12].

#### **3.2.7.1. Principes**

- Estimer la criticité des équipements au travers d'une échelle de classement.
- Déterminer pour chaque équipement les défaillances dont les conséquences sont les plus préjudiciables.
- Etudier les actions de maintenance préventive à travers un arbre de décision.
- Simuler le plan de maintenance préventive issu de l'étude et évaluer sa justification technico-économique.

### 3.2.7.2. Différentes phases d'une étude MBF



**Figure 3.3.** Les phases d'une étude MBF

### 3.2.7.3. Objectifs de la MBF

L'objectif principal est clair : améliorer la disponibilité des équipements sélectionnés comme critiques par leur influence sur la sécurité, sur la qualité et par leur impact sur les flux de production. Améliorer la disponibilité implique la réduction des défaillances techniques par la mise en place d'un plan préventif « allant à l'essentiel », mais aussi la réduction des durées de pertes de production par une nouvelle répartition des tâches entre production et maintenance. D'autres objectifs sont recherchés :

- la maîtrise des coûts par l'optimisation du plan de maintenance préventive, en faisant porter l'effort de prévention « au bon endroit et au bon moment », donc par élimination de tâches préventives constatées improductives
- la mise en œuvre d'une démarche structurée, par analyse systématique de chaque mode de défaillance qui permet de justifier les décisions prises
- la mise en œuvre d'une démarche participative au niveau des groupes de travail MBF ou au niveau des tâches réparties entre production et maintenance
- la rapidité des résultats associés à une faible perturbation de l'organisation, par opposition à la TPM qui est une démarche globale de management à objectifs sur le long terme.

### 3.3. Défaillance

La norme X60-10 (AFNOR 88), stipule que c'est la cessation de l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise [13].

On classe les défaillances en fonction :

- Des causes (mauvais emploi, faiblesse inhérente, usure)
- De leur degré (partielle, complète, intermittente).
- De leur vitesse d'apparition (défaillance soudaine, progressive).

#### 3.3.1. Types de défaillance

Les défaillances ont des causes, des manifestations et des conséquences très diverses. Aussi, pour mieux les connaître et pouvoir efficacement intervenir, il est nécessaire de distinguer plusieurs catégories.

##### a) Selon la rapidité de manifestation

Peut être une défaillance progressive, due à une évolution progressive des caractéristiques d'un bien, ou une défaillance soudaine et brutale due à une évolution quasi instantanée des caractéristiques d'un bien.

##### b) Selon le degré d'importance

On trouve trois types, défaillance partielle, défaillance complète et la défaillance intermittente.

##### c) Selon les causes

Ces défaillances sont de deux ordres : les défaillances intrinsèques ayant pour origine le système lui-même et les défaillances extrinsèques pour lesquelles le système n'est pas en cause.

d) En fonction des conséquences

- Défaillance critère qui empêche l'accomplissement de la mission et fait encourir des risques de blessures à des personnes ou des dégâts très importants au matériel.
- Défaillance majeure qui risque de réduire l'aptitude d'un autre système plus complexe à accomplir sa fonction.
- Défaillance mineure, c'est une défaillance qui ne réduit pas l'aptitude d'un autre système plus complexe à accomplir sa fonction.

### **3.3.2. Paramètres de la fiabilité MTBF, MTTR, MTTA**

#### **3.3.2.1. Moyenne des temps de bon fonctionnement « MTBF »**

La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement. Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances. La moyenne de ces temps est un indicateur indispensable pour tout gestionnaire d'un parc matériel. Le taux de défaillance  $\lambda$  donne une image de la qualité du comportement des systèmes.

La MTBF global est la résultante des MTBF des composants du système. Les MTBF sont calculées à partir des renseignements des historiques des systèmes ou des documents d'activité des techniciens de maintenance.

#### **3.3.2.2. Moyenne des temps techniques de réparation « MTTR »**

La MTTR est la Moyenne des Temps Techniques de Réparation. Comme la MTBF, elle est calculée à partir de données portées sur les comptes-rendus, à défaut, sur les historiques.

Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillance. Il débute lors de la prise en charge de ce système et se termine après les contrôles et essais, lorsque le système est remis en route.

#### **3.3.2.3. Moyenne des temps techniques d'arrêt « MTTA »**

La MTTA est la Moyenne des Temps Techniques d'Arrêt. Les TTA sont une partie des temps d'arrêt qu'un système en exploitation peut connaître. Ils ont pour cause une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièces, de matière,...).

Les TTA concernent principalement la maintenance corrective dans la mesure où les interventions à caractère préventif sont effectuées hors production. Les TTR sont donc généralement inclus aux TTA. Néanmoins, dans certaines conditions, l'inverse est possible lorsque l'intervention peut débiter avant l'arrêt du système.

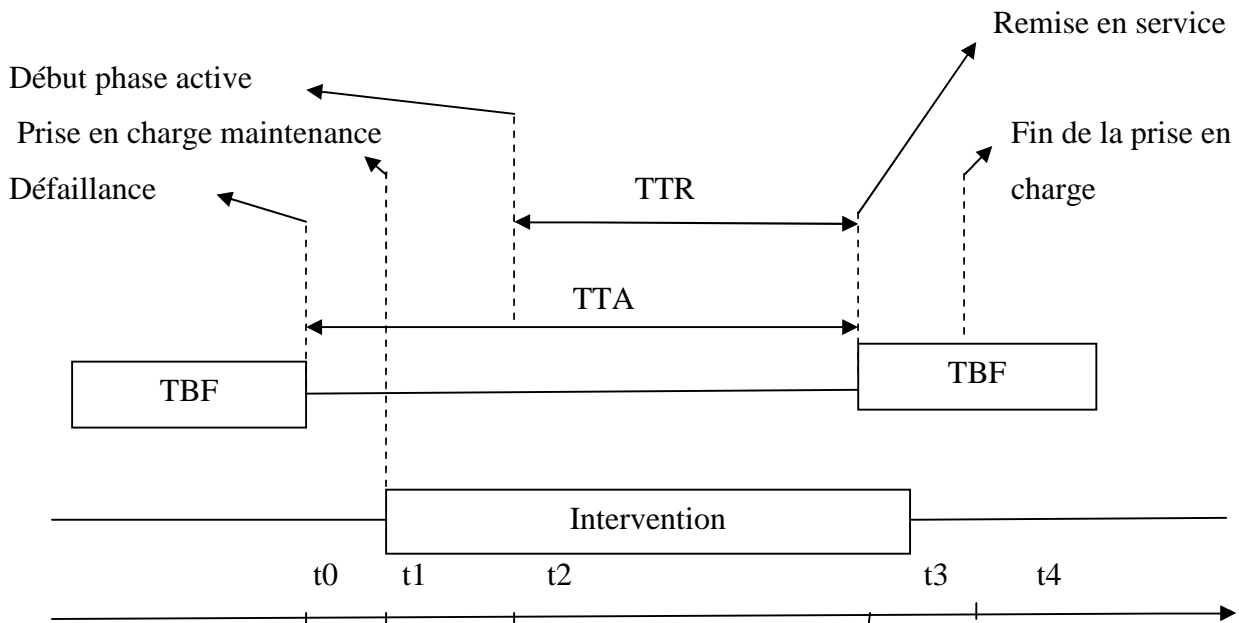


Figure 3.4. Les phases d'une intervention corrective

- $t_0 - t_1$  : temps de détection de la défaillance et d'appel ;
- $t_1 - t_2$  : temps logistique, de préparation et de diagnostic ;
- $t_2 - t_3$  : phase active ;
- $t_3 - t_4$  : temps annexes (compte rendu, nettoyage, déplacement).

Afin d'optimiser la disponibilité des systèmes et réduisant l'écart entre TTA et TTR, il est indispensable de chercher à réduire les temps non actifs (de  $t_0$  à  $t_2$ ).

### 3.3.3. Taux de défaillance et de réparation

De la MTBF et la MTTR qui sont des indicateurs précieux pour un service maintenance puisqu'ils permettent d'évaluer la santé des matériels ainsi que l'activité de service, on déduit deux estimateurs indispensables de la fiabilité :  $\lambda(t)$  et  $\mu(t)$ .

$\lambda(t)$  représente le taux de défaillance et  $\mu(t)$  représente le taux de réparation.

#### 3.3.3.1. Taux de défaillance

Pour un ensemble de systèmes, le taux de défaillance représente une proportion ramenée à l'unité de temps d'éléments qui, ayant survécu à un instant arbitraire  $t$ , ne sont plus en vie à l'instant  $t + dt$ . Sa forme générale est le rapport: Nombre de défaillance / durée d'usage

Le taux moyen de défaillance s'obtient également par la relation :  $\lambda(t) = 1 / MTBF$

$N_0$  le nombre initial de systèmes

$N(t)$  le nombre des systèmes survivants à l'instant  $t$ ,

$N(t + \Delta t)$  le nombre de systèmes survivants à l'instant  $t + \Delta t$ .

$N(t) / N_0$  est un estimateur de la fiabilité  $R(t)$  :

$$N(t) - N(t + \Delta t) = \Delta N > 0 \quad (3.13)$$

A l'instant  $(t + \Delta t)$  il reste  $N(t + \Delta t) - N(t) = -\Delta N$  dispositifs

Si  $\Delta t$  tend vers 0, l'estimateur tend vers une limite qui est le taux de défaillance instantané :

$$\lambda(t)dt = -\frac{dN}{N(t)}$$

Relation non démontrée : si  $f(t)$  est la densité de probabilité, nous aurons  $\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)}$  (3.14)

### 3.3.3.2. Evolution du taux de défaillance

Au cours de vie d'un système, le comportement de celui-ci n'est pas et ne peut pas être constant. Après une période dite de jeunesse, le système connaît une période de maturité qui, elle-même, précède une période de vieillesse.

Le taux de défaillance peut être assimilé à un indicateur représentatif du rythme auquel surviennent les défaillances. Lors des trois phases de la vie d'un système, ce taux n'est pas constant.

Si nous représentons le taux de défaillance en fonction du temps, nous obtenons une courbe appelée « baignoire » qui est divisée en trois parties : la première est appelée période de mortalité infantile où le taux de panne est en décroissance ce qui correspond aussi au rodage; la deuxième partie n'est autre que la durée de vie utile : c'est la zone où le taux de panne est constant; la dernière partie est appelée période de vieillissement où d'usure : en atteignant cet âge, le composant commence à vieillir et le taux de défaillance augmente en fonction du temps.

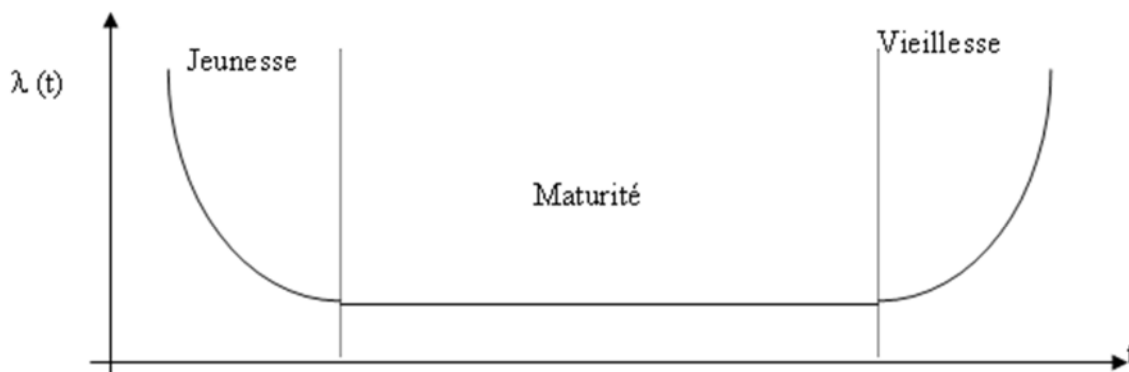


Figure 3.5. La courbe en baignoire

### 3.3.3.3. Taux de réparation

Il est noté  $\mu(t)$  (mu) et s'obtient par la relation :  $\mu(t) = 1 / \text{MTTR}$

Dans le cas où  $\mu(t)$  est constant, la fonction de maintenabilité est  $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$ . Il est à la fois un indicateur de l'aptitude d'un bien à être dépanné et/ou réparé et de l'efficacité de la maintenance durant la phase active d'une intervention. Il introduit ainsi la notion de maintenabilité d'un système, dans la norme AFNOR X 60-010.

### 3.4. Diagramme de Pareto

La méthode d'ABC est une méthode graphique qui met en évidence les cas les plus représentatifs d'une situation tout en mettant en évidence le peu d'importance des éléments les plus faibles, c'est un outil d'aide à la décision.

La loi repose sur une série d'éléments clairement définie et traitée en fonction d'un critère correspondant à un caractère et pour une période donnée.

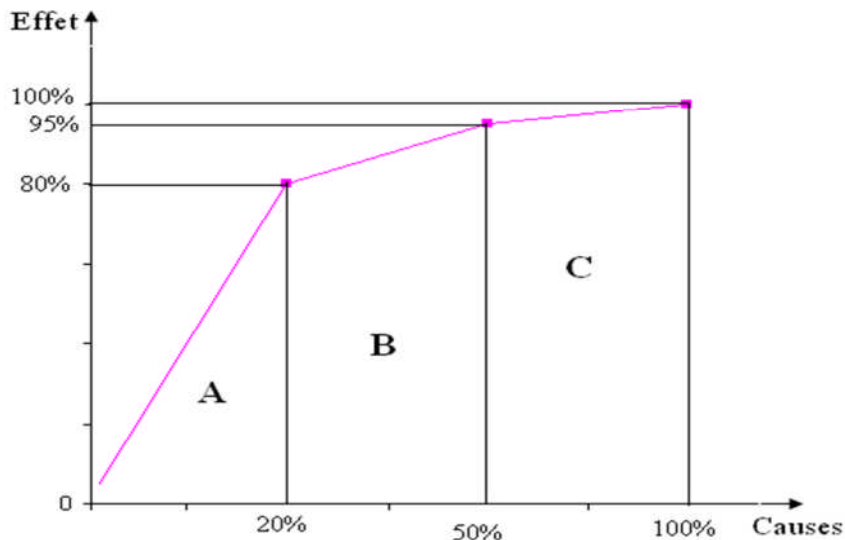
Exemples :

- Série : machines-outils
- Critère : nombre d'interventions
- Caractère : le plus important

La démarche de la méthode se décline en cinq étapes principales :

- 1) Classer dans un tableau les valeurs en fonction du caractère choisi (en général, le classement est décroissant).
- 2) Ordonner les valeurs, c'est-à-dire leur affecter un numéro d'ordre.
- 3) Cumuler les valeurs.
- 4) Tracer la courbe en pourcentage des valeurs cumulées du critère en fonction du pourcentage des éléments cumulés qui en sont responsables.
- 5) Exploiter les résultats.





**Figure 3.6.** Courbe de Pareto

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

- La première partie de la courbe détermine la zone appelée A.
- La seconde partie de la courbe détermine la zone appelée B.
- La troisième partie de la courbe détermine la zone appelée C.

Plus la courbe est écrasée, moins elle est significative ; à la limite, une diagonale signifie que, par rapport au critère choisi, tout les éléments étudiés ont la même importance et qu'il n'y a pas lieu de prendre de mesures particulières.

L'étude porte dans un premier temps sur les éléments constituant la zone A en priorité. Si les décisions et les modifications apportées aux éléments de la zone A ne donnent pas satisfaction, on continuera l'étude sur les premiers éléments de la zone B jusqu'à satisfaction. Les éléments appartenant à la zone C peuvent être négligés, car ils ont peu d'influence sur le critère étudié [14].

### 3.5. Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC)

L'AMDEC est l'acronyme de l'analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leurs criticités. C'est une méthode de prévention pour une meilleure satisfaction du client. Grâce à cette méthode d'amélioration continue, le responsable va pouvoir identifier les problèmes qui pouvant survenir et mieux les pauser pour les résoudre. L'AMDEC permet d'identifier, de rationaliser les problèmes potentiels pour ensuite les résoudre. Attention, en aucun cas il est possible d'identifier tous les problèmes potentiels. L'AMDEC est donc d'autant plus importante qu'il faut sans cesse renouveler l'expérience pour arriver à une détection convenable mais qui ne

sera jamais complète. L'intérêt économique est d'anticiper des problèmes au sein d'une entreprise. En effet, cela entre dans la cadre de la limitation des risques, pour un intérêt bien compris par de nombreuses entreprises qui utilisent l'AMDEC depuis sa création par l'industrie aérospatiale américaine et l'ajout de la notion de criticité par l'Europe.

### 3.5.1. Avantages de la méthode 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. 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.
- 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.
- Un des objectifs majeurs de l'AMDEC se traduira par la mise en place de mesures préventives, voire par l'élaboration de plans d'actions pour l'élimination des causes de défaillances.

### 3.5.2. Mise au point de la fiche AMDEC

Sur un tableur, il faut définir les « lignes » et les « colonnes » nécessaires (AMDE ou AMDEC) réparties en quatre grandes familles:

- analyse fonctionnelle
- analyse de défaillance potentielle
- estimation de la criticité
- mesures à appliquer.

Prenons un exemple standard de feuille AMDEC.

**Tableau 3.1.** Exemple de feuille AMDEC – moyen de production-

| Analyse Fonctionnelle |     | Analyse de défaillance |                     |        |             | Estimation de criticité |         |            | Mesures       |                    |                    |
|-----------------------|-----|------------------------|---------------------|--------|-------------|-------------------------|---------|------------|---------------|--------------------|--------------------|
| Composant             |     | Fonction               | Mode de défaillance | Causes | Effet local | Effet système           | Gravité | Occurrence | Non détection | Criticité (indice) | Mesures envisagées |
| Nom                   | Rep |                        |                     |        |             |                         |         |            |               |                    |                    |

### 3.5.2.1. Analyse fonctionnelle

#### a. Les composants

Dans la première colonne figurent tout les organes composant le système, un composant est, pour un système simple, un élément intègre non dissociable.

#### b. Les fonctions

Les fonctions d'un composant sont des actions souvent discrètes par rapport au système complet mais elles permettent la réalisation de la fonction globale. Un composant peut avoir plusieurs fonctions.

### 3.5.2.2. Analyse de défaillance

L'AMDEC a pour but premier de déceler les défaillances probables ou les points faibles. Il est donc naturel que les événements soient davantage précisés. Ainsi considérerons qu'une défaillance se caractérise par son mode d'apparition, sa cause et ses effets sur le système ainsi que sur les autres composants.

#### a. Modes de défaillance

La norme (NF X60-510), relative à la procédure d'analyse des modes fonctionnement et de leurs effets (une AMDE diffère essentiellement d'une autre AMDEC par l'absence d'évaluation de la criticité), propose une liste de trente trois modes de défaillance génériques suffisamment ouvert pour cerner tous types d'élément.

Les modes de défaillance sont étroitement liés à l'environnement et aux conditions de fonctionnement. Une analyse fine de la situation est indispensable.

#### b. Causes de défaillance

La recherche des causes de défaillance peut être facilitée par l'emploi de la méthode connue dite les cinq (5) M (méthode Ishikawa ou causes-effets), cette méthode montre qu'une cause d'anomalie peut être très éloignée de l'organe dans le temps et dans l'espace et avoir des origines sans lien apparemment direct. Les (5)M peuvent être remplacés par d'autres typologies.

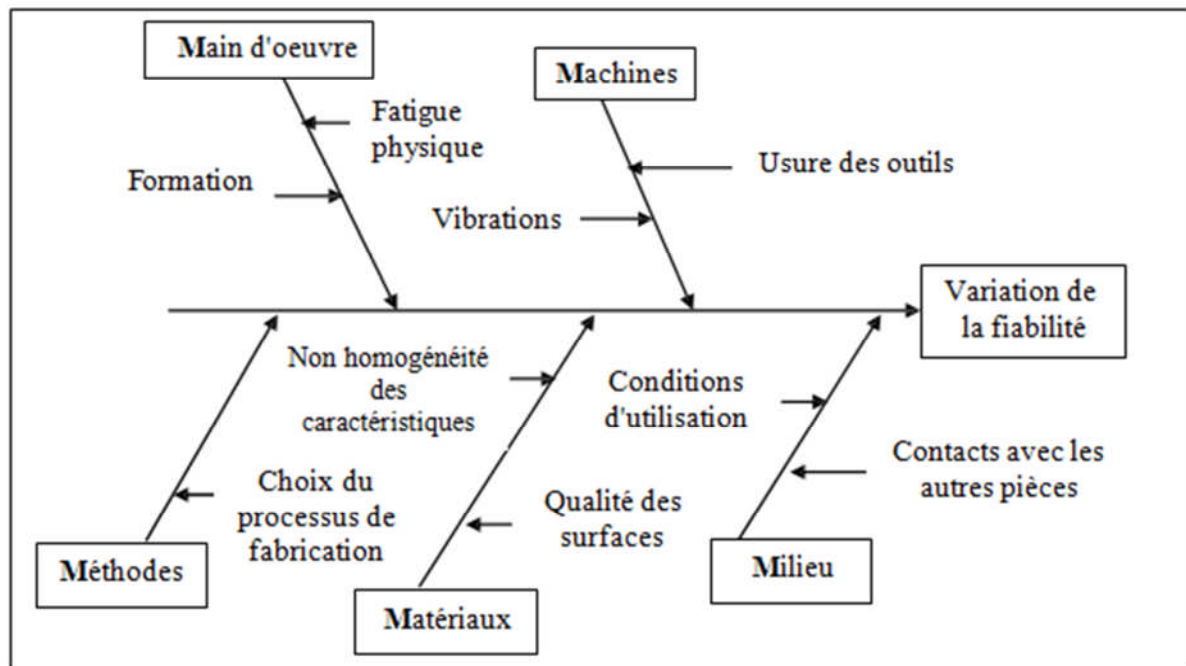


Figure 3.7. Diagramme d'Ishikawa

### c. Effets

Il est important pour la précision de l'AMDEC de répartir les effets d'une défaillance selon deux catégories :

- Les effets sur le système. Ils sont les conséquences directes du dysfonctionnement sur l'ensemble du dispositif. Contrairement aux moyens de détection, ils ne sont pas toujours perceptibles mais néanmoins jamais sans conséquence à plus ou moins long terme.
- Les effets locaux. Logiquement évidemment ces cas se rencontrent lorsque l'on n'a pas pu les détecter plus tôt.

#### 3.5.2.3. Critères

La définition de ces critères doit être absolument rigoureuse pour ne laisser aucune place à l'interprétation afin que quiconque les utilise de manière identique. Généralement, chaque critère reçoit un indice sur une échelle qui varie de 1 à 4 en fonction de son importance. Cependant, il est tout à fait logique de se détourner de cet ordinaire et augmenter ou diminuer le découpage selon ses propres besoins ou objectif. Ainsi une entreprise qui privilégierait la fiabilité pourrait découper plus finement le critère « occurrence » en 5, 6, ou 7 niveaux ou même plus.

**a) Critère G (gravité)**

Le critère de gravité évalue le risque pour l'utilisateur ainsi que pour le système et le service rendu. A chacun des effets d'une défaillance correspond un indice de gravité.

Le critère de gravité, comme celui de l'occurrence, doit être très précis dans ses définitions, la sévérité et la gravité étant des notions subjectives.

**Tableau 3.2.** Le critère gravité.

| Niveau | Définition   |
|--------|--|
| 1      | Mineure : défaillance ne provoquant pas l'arrêt de production supérieur à 5 minutes. Aucune dégradation ni production défectueuse.               |
| 2      | Moyenne : défaillance provoquant un arrêt de 5 à 30 minutes et nécessitant une réparation se site.   |
| 3      | Importante : défaillance provoquant un arrêt de 30 à 60 minutes et/ou nécessitant le remplacement d'un matériel défectueux.                      |
| 4      | Grave : défaillance provoquant un arrêt supérieur à 1 heure et/ou impliquant des risques potentiels pour la sécurité des personnes et des biens. |

**b) Critère O (occurrence)**

Le critère d'occurrence indique le niveau de probabilité d'apparition d'une défaillance, donc, de la fiabilité en quelque sorte. La définition des niveaux d'occurrence doit être précise comme le montre le tableau suivant. Se limiter à des termes tels que : faible, possible, certaine, ou forte consiste à prendre le risque d'écarts d'interprétation entre les différents lecteurs ou utilisateurs de l'analyse.

**Tableau 3.3.** Critère d'occurrence.

| Niveau | Définition                                |
|--------|---|
| 1      | Faible : Moins de 1 fois par semestre.    |
| 2      | Possible : En moyenne 1 fois par mois.    |
| 3      | Certaine : En moyenne 1 fois par semaine. |
| 4      | Forte : Possible 1 fois par jour          |

**c) Critère D (non détection)**

Le critère D est l'indice de non détectabilité. Il s'évalue à partir du mode de défaillance par une note estimée allant de 1 (dégradation élémentaire) à 4 (défaillance soudaine).

**Tableau 3.4.** Critère de non détection

| Niveau | Définition  |
|--------|---|
| 1      | Elémentaire : Défaillance possible à éviter.  |
| 2      | Aisée : Apparition d'une défaillance avec recherche et action corrective évidente.                              |
| 3      | Moyenne : Apparition d'une défaillance, recherche et action corrective menées par un technicien de maintenance. |
| 4      | Délicate : Défaillance difficilement détectable et nécessite le démontage et un technicien spécialisés.         |

**d) Critère C (criticité)**

La criticité s'obtient en faisant le produit des indices des critères précédents. Cette valeur de criticité s'établit souvent sur une échelle de 1 à 64 (4x4x8), elle permet de connaître à partir de ses propres critères d'évaluation le caractère critique de chacune des causes de défaillance potentielle pour chacun des composants d'un système.

Dans le cadre d'une conception, ces indices de criticité mettent en évidence la faiblesse de certains points appelant ainsi à une amélioration. Mais dans le cadre de l'exploitation d'un système, les indices de criticité élevés orientent les actions à mettre en œuvre (modification, type de maintenance, conduite...) dans le but d'éviter d'un événement fâcheux.

Il est possible et même souhaitable de ne pas tenir compte uniquement des valeurs importantes de l'indice C pour engager une action. Un indice isolément très élevé, généralement un indice de 4 pour le critère G peut à lui seul conduire à une décision, alors que l'indice C n'est pas particulièrement important.

**Tableau 3.5.** Critère de criticité

| Niveau | Définition   |
|--------|--|
| C<9    | Faible : Aucun problème particulier. Surveillance habituelle.  |
| 9<C<25 | Acceptable : Nécessite une surveillance particulière et/ou une révision de la politique de maintenance.              |
| C>25   | Forte : Surveillance accrue. Remise en cause de la maintenance. Eventuellement, arrêt pour amélioration.             |
| S=4    | Dangereuse : Révision de la politique de maintenance et/ou modification du système. (Arrêt si sécurité est menacée). |

#### 3.5.2.4. Mesures

Elle est souvent décomposée suivant les rubriques possibles :

- Modifications de conception.
- Moyens de détection ou consignes de surveillance ou inspections périodiques.
- Dispositif de remplacement, reconfiguration, repli.
- Observations, recommandations.

Il appartient au groupe de travail de tirer le maximum de préconisations du travail long et fastidieux, mais riche d'enseignements avec une AMDEC appliquée.

#### 3.5.3. Modes des défaillances génériques

La norme AFNOR (X 60510) propose une liste de (33) trente trois modes de défaillance relatifs aux parties « commande », indiqués dans le tableau suivant.

**Tableau 3.6.** Modes de défaillance génériques

|    |  |    |   |
|----|--|----|---|
| 1  | Défaillance structurelle (rupture)       | 19 | Ne s'arrête pas   |
| 2  | Blocage physique ou coincement           | 20 | Ne démarre pas  |
| 3  | Vibrations                               | 21 | Ne commute pas  |
| 4  | Ne reste pas en position                 | 22 | Fonctionnement prématuré  |
| 5  | Ne s'ouvre pas                           | 23 | Fonctionnement après le délai prévu (retard)  |
| 6  | Ne se ferme pas                          | 24 | Entrée erronée (augmentation)   |
| 7  | Défaillance en position ouverte          | 25 | Entrée erronée (diminution)   |
| 8  | Défaillance en position fermée           | 26 | Sortie erronée (augmentation)   |
| 9  | Fuite interne                            | 27 | Sortie erronée (diminution)   |
| 10 | Fuite externe                            | 28 | Perte de l'entrée   |
| 11 | Dépasse la limite supérieure tolérée     | 29 | Perte de la sortie  |
| 12 | Dépasse la limite inférieure tolérée     | 30 | Court-circuit (électrique)  |
| 13 | Fonctionnement intempestif (inopportun)  | 31 | Court-ouvert (électrique)   |
| 14 | Fonctionnement intermittent (discontinu) | 32 | Fuite (électrique)  |
| 15 | Fonctionnement irrégulier                | 33 | Autres conditions de défaillance exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles |
| 16 | Indication erronée                       |    |   |
| 17 | Ecoulement réduit                        |    |   |
| 18 | Mise en marche erronée                   |    |   |

### 3.4. Conclusion

Cette revue bibliographique montre bien la pertinence des problèmes d'optimisation et de gestion de la maintenance par les différentes méthodes, parmi leurs approches qui ont passés en revue, nous nous constatons que :



L'optimisation de la maintenance, a pour horizon de focaliser les efforts sur la minorité des éléments qui causent la majorité des effets nuisibles à la maintenance, à la production et à la qualité, en utilisant l'analyse de Pareto (méthode A-B-C), on peut alors faire un plan d'action sélectif qui s'attaque aux éléments essentiels. On optimise donc l'action en ne s'intéressant qu'aux éléments qui sont responsables du coûts très élevés d'indisponibilité de matériel ,la ou l'AMDEC nous permet d'améliorer la fiabilité des équipements , voire réduire les coûts indirects de la maintenance.

## **CHAPITRE 4. APPLICATION**

## **CHAPITRE 4. APPLICATION**

### **4.1. Introduction**

Dans cette partie nous allons utiliser les résultats d'exploitation à partir des données réelles. En pratique on utilise souvent des bases de données connues, mais il est préférable, de recueillir les données d'expériences. Cependant ces données sont souvent difficiles à obtenir.

Dans la majorité des recueils, les données historiques sont fournies sur la base des heures d'arrêts des équipements ou sur la base des couts d'intervention.

### **Détermination d'un diagnostic à partir des données historiques**

Le diagnostic doit être déterminé pour chaque composant constituant l'intégralité de l'équipement.

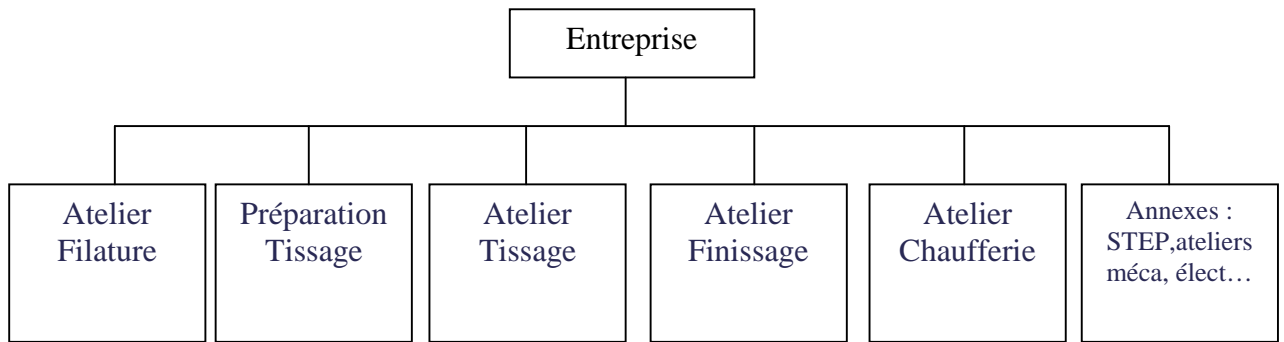
L'exploitation des données historiques doit tenir compte :

- Du nombre des équipements étudiés, de leurs conditions de travail et des temps d'utilisation respectifs.
- Du nombre des composants installés par équipement.
- Du temps de fonctionnement de chaque composant par rapport au temps de marche de l'équipement.
- De la politique de la maintenance appliquée à ces équipements
  - Maintenance corrective.
  - Maintenance systématique.
  - Maintenance conditionnelle.

Dans le cas de plusieurs équipements installés, il faudrait en toute logique vérifier que les conditions d'utilisation et les temps de sollicitation sont identiques.

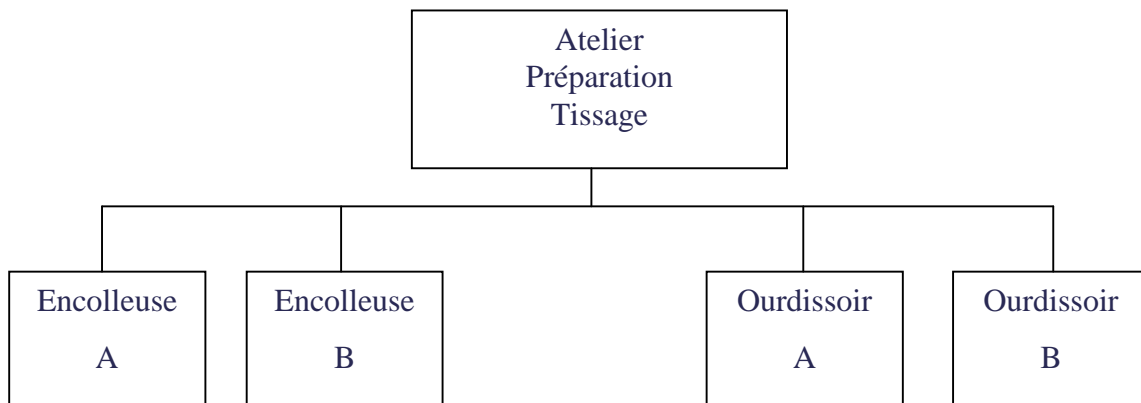
### **4.2. Découpage de l'entreprise**

Le problème qui se pose alors est comment de découper l'ensemble de l'équipement à des niveaux plus fins pour atteindre l'élément que l'on veut étudier.



**Figure 4.1.** Découpage de l'entreprise

Ce premier découpage sera suivi par un second qui permet de descendre au niveau des composants.



**Figure 4.2.** Découpage de l'atelier préparation de tissage.

### 4.3. Classification du matériel

La classification est principalement utilisée comme une base d'établissement d'un programme de maintenance préventive ou pour mesurer les effets de cette maintenance. Elle consiste en pratique à ne pas traiter le matériel sur un même pied d'égalité, mais selon des critères [15].

On trouve deux critères possibles pour le classement.

#### a) Suivant les conditions de travail

Le matériel peut être classé en deux catégories :

- Matériel très sollicité, c'est le cas des équipements qui fonctionnent en régime continu (3x8h).
- Matériel moyennement sollicité, c'est le cas des équipements qui fonctionnent par intermittence.

**b) Suivant l'état du matériel.**

Le critère de cette classification consiste à comparer l'état du matériel avec les besoins de l'exploitation : Cela veut dire qu'un équipement peut être employé pour réaliser certaines opérations bien que son état général soit plutôt dégradé par rapport à celui d'un équipement neuf.

**4.4. Application**

Dans cette partie nous allons utiliser les résultats d'exploitation des équipements afin d'appliquer réellement la théorie déjà citée auparavant.

Les données pour cette application sont relevées à partir des dossiers historiques de chaque équipement. Notre choix est porté sur l'atelier préparation de tissage à cause des dossiers historiques, tenus à jour depuis 2009. Afin de bien mener ce diagnostic on a procédé de la façon suivante :

**4.4.1. Collecte des données**

Pour faire une bonne étude de fiabilité, on a intérêt à relever le nombre de défaillances de chaque organe à partir du dossier historique de chaque équipement (2009-2013).

a) Encolleuse A

**Tableau 4.1.** Tableau récapitulatif des défaillances d'encolleuse A

| N° | Désignation des Organes            | Heure d'arrêt (h) | Nombre de défaillance |
|----|------------------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1  | Roulement à bille                  | 30                | 11                    |
| 2  | Roulement à bille sur les rouleaux | 20                | 7                     |
| 3  | Courroie                           | 19                | 7                     |
| 4  | Accouplement                       | 18                | 7                     |
| 5  | Variateur de tension               | 12                | 5                     |
| 6  | Bougie                             | 10                | 4                     |
| 7  | Valve de pression d'air            | 7                 | 3                     |
| 8  | Rouleau plongeur                   | 4                 | 2                     |
| 9  | Valve de tension                   | 4                 | 1                     |
| 10 | Moteur de serrage                  | 3                 | 1                     |
| 11 | Segment                            | 3                 | 2                     |
| 12 | Chaîne à roue                      | 3                 | 2                     |
| 13 | Mâchoire                           | 3                 | 2                     |
| 14 | Manomètre valve de pression        | 2                 | 1                     |
| 15 | Pédale d'embrayage                 | 2                 | 1                     |
| 16 | Ressort de tension                 | 1                 | 1                     |
| 17 | Piston                             | 1                 | 1                     |
| 18 | Chaîne de variateur de tension     | 1                 | 1                     |
| 19 | Bague                              | 1                 | 1                     |
|    | Total                              | 144               | 60                    |

b) Encolleuse B

**Tableau 4.2.** Tableau récapitulatif des défaillances d'encolleuse B

| N° | Désignation des Organes    | Heure d'arrêt (h) | Nombre de défaillance |
|----|----------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1  | Guide fil                  | 11                | 6                     |
| 2  | PIV                        | 11                | 5                     |
| 3  | Embrayage                  | 9                 | 3                     |
| 4  | Roulement sur les rouleaux | 4                 | 1                     |
| 5  | Tuyau de pression d'air    | 4                 | 2                     |
| 6  | Bougie                     | 4                 | 2                     |
| 7  | Tuyau de teinture          | 2                 | 1                     |
| 8  | Axe à bride                | 2                 | 1                     |
| 9  | Soupape                    | 1                 | 1                     |
|    | Total                      | 48                | 22                    |

c) Ourdissoir A

**Tableau 4.3.** Tableau récapitulatif des défaillances d'ourdissoir A

| N° | Désignation des Organes  | Heure d'arrêt (h) | Nombre de défaillance |
|----|--------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1  | Système de freinage      | 16                | 4                     |
| 2  | Cylindre hydraulique     | 4                 | 2                     |
| 3  | Pompe (rouleau presseur) | 4                 | 2                     |
| 4  | Porte bobine             | 4                 | 1                     |
| 5  | Vis sans fin             | 4                 | 1                     |
| 6  | Piston                   | 3                 | 1                     |
| 7  | Pompe hydraulique        | 3                 | 1                     |
| 8  | Embrayage                | 2                 | 1                     |
| 9  | Mâchoire                 | 1                 | 1                     |
|    | Total                    | 41                | 14                    |

## d) Ourdissoir B

**Tableau 4.4.** Tableau récapitulatif des défaillances d'ourdissoir B

| N° | Désignation des Organes | Heure d'arrêt (h) | Nombre de défaillance |
|----|-------------------------|-------------------|-----------------------|
| 1  | Accouplement            | 14                | 5                     |
| 2  | Vis sans fin            | 9                 | 3                     |
| 3  | Bloque électrovanne     | 8                 | 2                     |
| 4  | Système de freinage     | 5                 | 2                     |
| 5  | Pompe                   | 5                 | 2                     |
| 6  | Poulie                  | 3                 | 1                     |
| 7  | Soupape (pompe hyd)     | 1                 | 1                     |
| 8  | Segment                 | 1                 | 1                     |
|    | Total                   | 46                | 17                    |

**4.4.2. Analyse des données**

Les données sont relevées à partir des dossiers historiques des équipements de l'atelier de préparation de tissage durant la période allant de 2009 à 2013. Elles sont classées selon l'ordre suivant :

- L'encolleuse A, a subi 144 heures d'arrêt.
- L'encolleuse B, a subi 48 heures d'arrêt.
- L'ourdissoir A, a subi 41 heures d'arrêt.
- L'ourdissoir B, a subi 46 heures d'arrêt.

**4.5. Sélection de l'équipement**

En utilisant la courbe « ABC » ou « Pareto » on peut sélectionner l'équipement à prendre en considération dans notre étude.

Cette méthode consiste à classer les problèmes par ordre d'importance en trois catégories afin de traiter chacune d'elles d'une manière différente. Elle permet donc au gestionnaire d'identifier les cibles d'actions prioritaires [15].

On va classer par ordre décroissant les équipements en fonction des heures d'arrêt et on calcule les valeurs cumulées.

**Tableau 4.5.** Tableau de classement des équipements

| Équipement   | N°d'ordre | % de Classement | Fréquence [h] | Cumul [h] | % du cumul |
|--------------|-----------|-----------------|---------------|-----------|------------|
| Encolleuse A | 1         | 25              | 144           | 144       | 52         |
| Encolleuse B | 2         | 50              | 48            | 192       | 70         |
| Ourdissoir B | 3         | 75              | 46            | 238       | 87         |
| Ourdissoir A | 4         | 100             | 41            | 279       | 100        |

Le principe de cette méthode (ABC) consiste à classer par ordre d'importance des éléments à partir d'une base de connaissance d'une période antérieure (historique des pannes). Les résultats se présentent sous la forme d'une courbe appelée ABC dont l'exploitation permet de détecter les éléments les plus significatifs du problème à résoudre et de prendre les décisions permettant la solution du problème.

#### Description de l'analyse :

- Recensement des pannes à partir de la date de mise en place du dossier historique.
- Classement des heures d'arrêt de pannes par ordre décroissant.
- Calcul du cumul de ces valeurs à partir du plus haut.
- Calcul pour chaque valeur cumulée la valeur en %.
- Le rang relatif en % des différentes pannes.
- Tracer la courbe correspondante aux couples de points sur un graphique à deux dimensions.

#### 4.6. Tracé de la courbe ABC

La courbe ABC permet de classer les équipements par ordre de prioritaire dans un but de bien vouloir identifier les plus pénalisants au point de vue coût et au point de production.



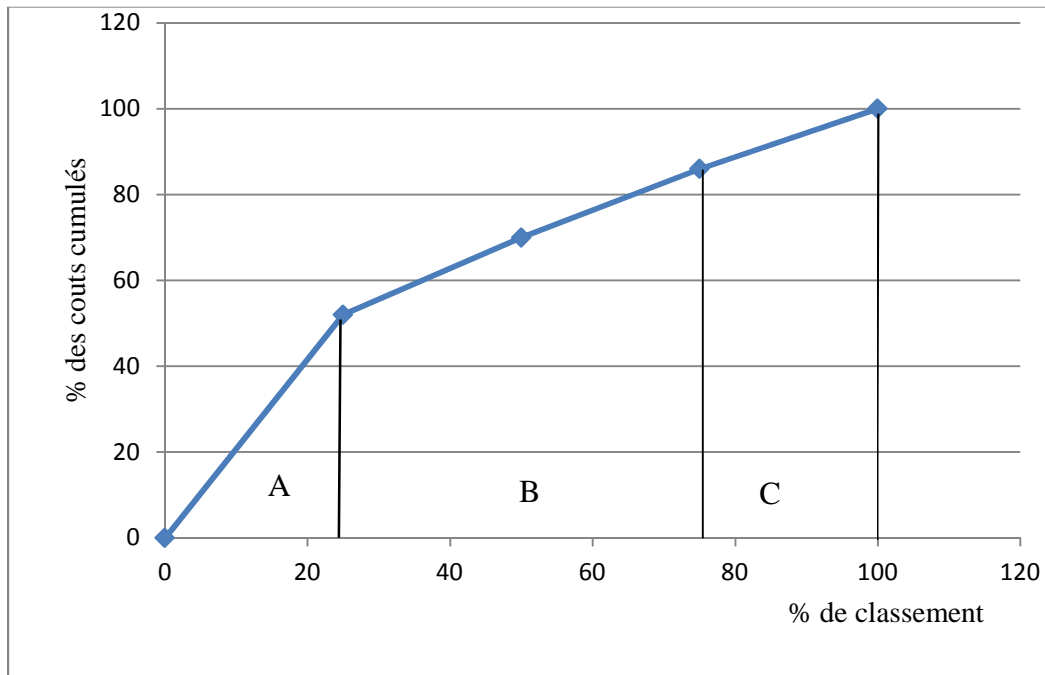


Figure 4.3. Courbe ABC

#### 4.6.1. Déterminer les zones « ABC »

Il s'agit de délimiter sur la courbe obtenue les zones à partir de l'allure de la courbe. On obtient alors trois zones :

- Zone A : les plus défaillants
- Zone B : les moyennement défaillants
- Zone C : les moins défaillants

#### 4.6.2. Interprétation de la courbe

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

Ainsi la courbe « ABC » nous a permis de classer les équipements dans l'atelier de préparation de tissage en trois catégories (A, B et C).

- **Zone A** : 25 % des équipements, représentent 52% des nombres de défaillance. Ils sont donc à étudier en priorité pour l'encolleuse A.
- **Zone B** : 50% des équipements, représentent 35% des nombres de défaillance.
- **Zone C** : 25% des équipements, représentent 13% des nombres de défaillance.

## 4.7. Diagnostic par l'AMDEC

### 4.7.1. Analyse du système

Pour cela on utilise la méthode "AMDEC" [16] qui est une méthode de réflexion créative et repose sur la décomposition fonctionnelle du système en éléments simples jusqu'au niveau des composants les plus élémentaires.

Dans un premier temps on va décomposer fonctionnellement l'encolleuse A.

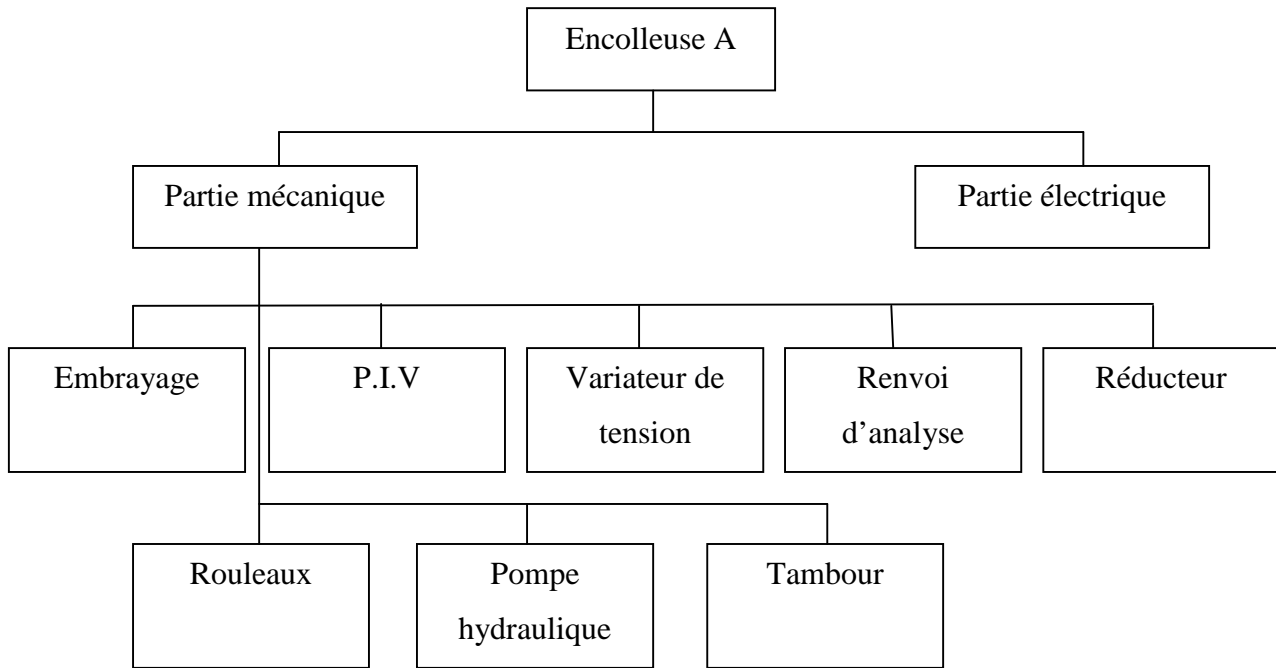


Figure 4.4. Découpage fonctionnel de l'encolleuse A

### 4.7.2. Tableau de cotation

Les valeurs des coefficients sont fixées au maximum égale à quatre pour limiter le niveau des détails et pour faciliter la manipulation des chiffres.

Tableau 4.6. Grille de cotation

| Niveau ou cotation  | 1                               | 2  | 3   | 4                             |
|---------------------|---------------------------------|--|---|-------------------------------|
| Indice de fréquence | Moins d'une fois par année      | Moins d'une fois par mois                | Moins d'une fois par semaine                          | Plus d'une fois par semaine   |
| Indice de Gravite   | Durée d'intervention $D \leq 1$ | Durée d'intervention $1h \leq D \leq 3h$ | Durée d'intervention $3h \leq D \leq 5h$              | Durée d'intervention $D > 5h$ |
| Indice de détection | Signe avant défaillance         | La défaillance. Sa cause est évidente    | La défaillance se produit mais sa cause est décelable | Défaillance non décelable     |

4.7.3. AMDEC de l'encolleuse A

L'analyse « AMDEC » de l'encolleuse A permet de déterminer l'élément critique de l'équipement.

Tableau 4.7. AMDEC de l'encolleuse A

| Système : l'encolleuse A    |                          |                     |                     |                        | sous système : partie mécanique |    |   |     | Action à engager |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------------------|----|---|-----|------------------|
| Organe                      | Fonction d'état          | Mode de défaillance | Cause               | Effet sur le système   | Criticité                       |    |   |     |                  |
|                             |                          |                     |                     |                        | Fr                              | Gr | D | IPR |                  |
| Roulement a bille           | guidage                  | cassure, blocage    | Pièces non conforme | Arrêt                  | 2                               | 3  | 3 | 18  | changement       |
| Roulement a bille sur RX    | guidage de l'axe         | cassure, blocage    | Pièces non conforme | Arrêt                  | 2                               | 2  | 3 | 12  | changement       |
| Courroie                    | Transmettre le mouvement | Rupture             | mauvais alignement  | Arrêt                  | 2                               | 2  | 3 | 12  | changement       |
| Accouplement                | liaison avec le moteur   | Usure               | mauvais alignement  | Arrêt                  | 2                               | 2  | 3 | 12  | Changement       |
| Variateur de tension        | Régulateur               | Cassure             | Mauvais équilibre   | mauvais fonctionnement | 2                               | 1  | 2 | 4   | Remplacer        |
| Bougie                      | Allumage                 | Usure               | Pièces non conforme | mauvais fonctionnement | 2                               | 1  | 2 | 4   | Changement       |
| Valve de pression d'air     | Régulation d'air         | Cassure             | Pièces non conforme | mauvais fonctionnement | 1                               | 1  | 2 | 2   | Remplacer        |
| Rouleau plongeur            | Guidage                  | Blocage             | Vibration<br>Usure  | Arrêt                  | 1                               | 2  | 3 | 6   | Remplacer        |
| Valve de tension            | Régulation de tension    | Cassure             | Pièces non conforme | mauvais fonctionnement | 1                               | 1  | 2 | 2   | Remplacer        |
| Moteur de serrage           | Assurer le serrage       | Blocage             | mauvais alignement  | Arrêt                  | 1                               | 3  | 4 | 12  | à Réparer        |
| Segment                     | Guidage                  | Usure               | Pièces non conforme | Arrêt                  | 1                               | 1  | 2 | 2   | Changement       |
| Chaine à roue               | Transmet le mouvement    | Rupture             | Pièces non conforme | Arrêt                  | 1                               | 2  | 3 | 6   | Changement       |
| Mâchoire                    | Assurer le poids         | Blocage             | Pièces non conforme | Arrêt                  | 1                               | 2  | 3 | 6   | à Réparer        |
| Manomètre valve de pression | Mesure la pression       | Cassure             | Pièces non conforme | mauvais fonctionnement | 1                               | 3  | 1 | 3   | Changement       |
| Pédale d'embrayage          | Transmet le mouvement    | Rupture             | mauvais alignement  | Arrêt                  | 1                               | 1  | 3 | 3   | à Réparer        |
| Ressort de tension          | Liaison                  | Rupture             | Pièces non conforme | mauvais fonctionnement | 1                               | 1  | 3 | 3   | Changement       |

|                                |                         |             |                     |       |   |   |   |   |            |
|--------------------------------|-------------------------|-------------|---------------------|-------|---|---|---|---|------------|
| Piston                         | Transmette-le mouvement | déformation | Pièces non conforme | Arrêt | 1 | 1 | 2 | 2 | changement |
| Chaine de variateur de tension | Transmet le mouvement   | Rupture     | Pièces non conforme | Arrêt | 1 | 1 | 2 | 2 | changement |
| Bague                          | Liaison                 | déformation | Pièces non conforme | Arrêt | 1 | 1 | 2 | 2 | changement |

*Résultats : L'organe possédant le plus grand IPR est le roulement à bille.*

#### 4.8. Détermination des paramètres de fiabilité des organes sélectionnés

##### 4.8.1. Cas de l'encollease A

Le calcul des paramètres de fiabilité dépend en premier lieu de la fonction de répartition estimée définie par la fonction de répartition

**Tableau 4.8.** Préparation des données historiques du roulement à bille

| Ordre i | les Valeurs TBF<br>Classe croissant | F<br>estimée | R<br>estimée |
|---------|-------------------------------------|--------------|--------------|
| 1       | 400                                 | 0,06         | 0,94         |
| 2       | 480                                 | 0,16         | 0,84         |
| 3       | 1104                                | 0,26         | 0,74         |
| 4       | 1408                                | 0,35         | 0,65         |
| 5       | 1792                                | 0,45         | 0,55         |
| 6       | 2272                                | 0,54         | 0,46         |
| 7       | 2608                                | 0,64         | 0,36         |
| 8       | 3008                                | 0,74         | 0,26         |
| 9       | 4016                                | 0,84         | 0,16         |
| 10      | 6720                                | 0,94         | 0,06         |

### 4.8.2. Tracé sur le papier d'ALLEN PLAIT

Le traçage des données est représenté sur le papier de " WEIBULL" ou "ALLEN PLAIT », voir tableau (4.5), pour déterminer les paramètres de "Weibull". Le tracé graphique est confirmé par la droite de Weibull du code de calcul, voir graphe (4.6) et (4.7),

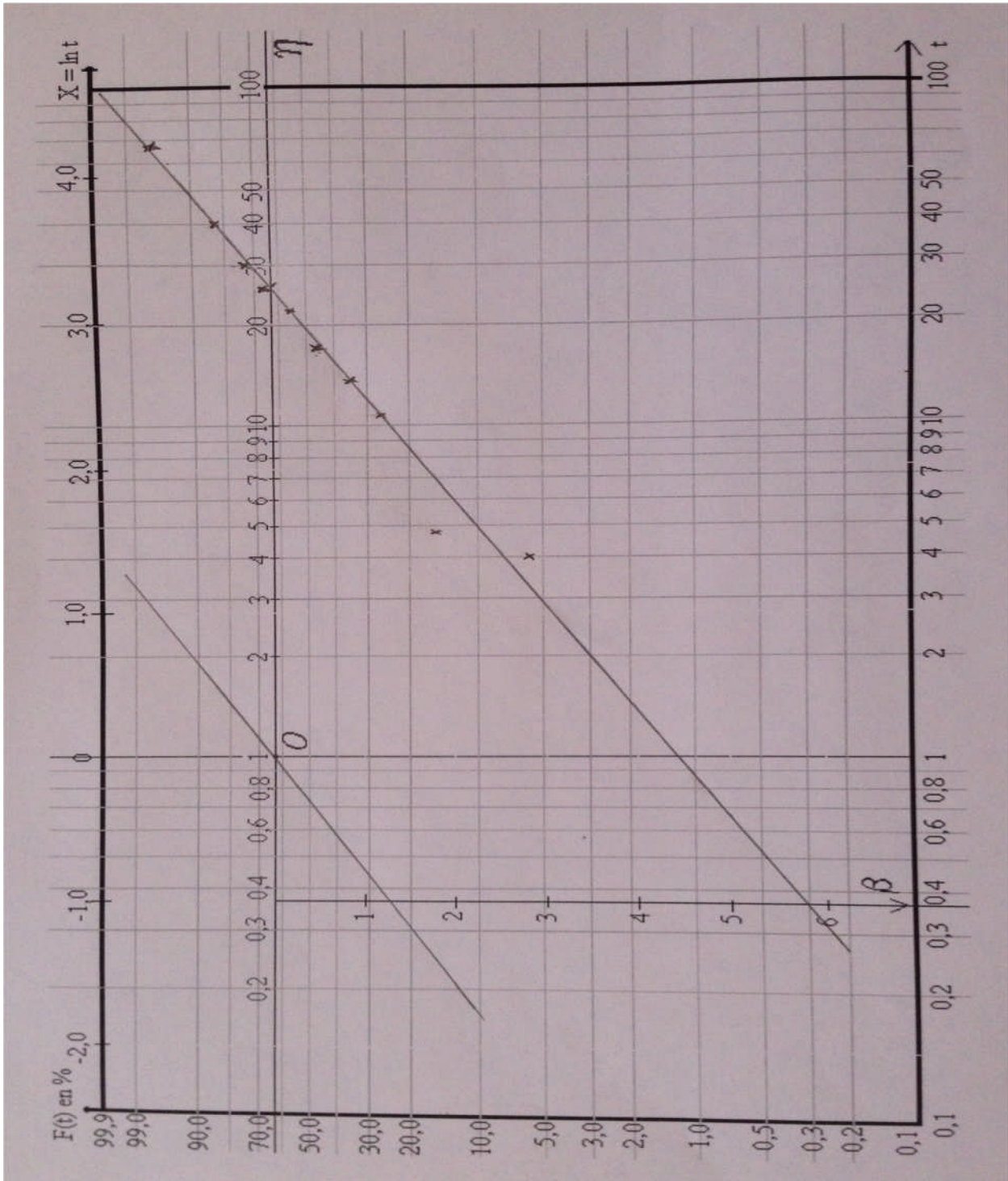


Figure 4.5. Détermination graphique des paramètres de fiabilité

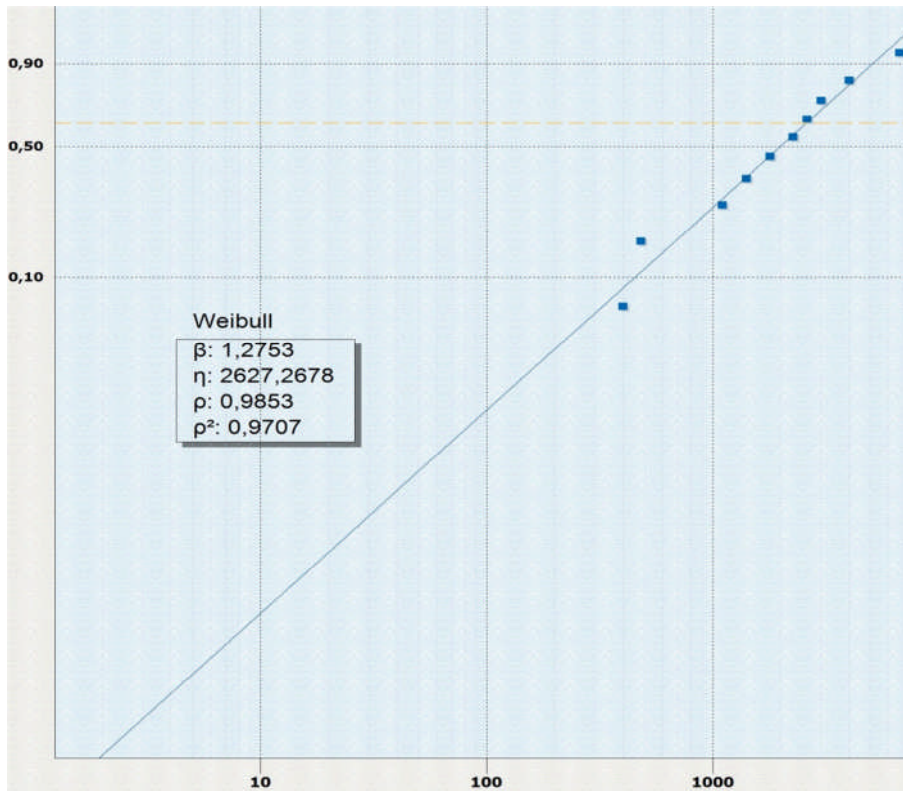


Figure 4.6. Droite de Weibull

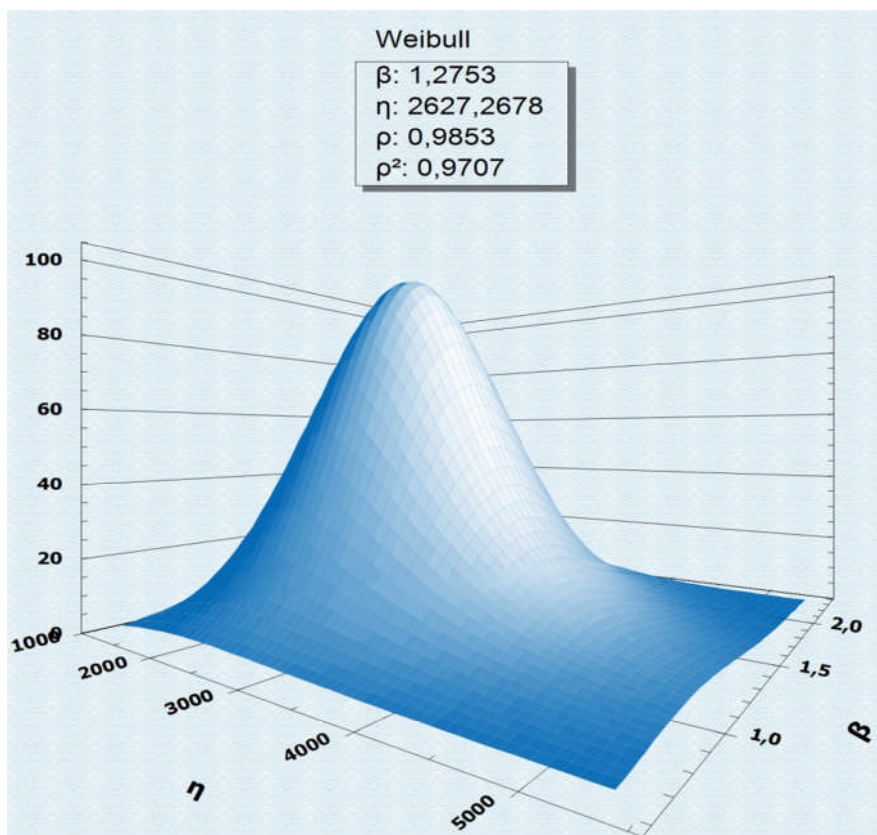


Figure 4.7. Courbe de fiabilité de « Weibull »

Dans le cas où l'ajustement se fait par une droite on déduit que  $\gamma$  est égal à 0. La détermination graphique des paramètres de fiabilité permet de trouver:

$$\gamma = 0 ; \beta = 1,275 ; \eta = 2627 \text{ heures}$$

Le calcul de MTBF et de l'écart type nous donne :

- MTBF = 2615 heures
- $\sigma = 2196$  heures

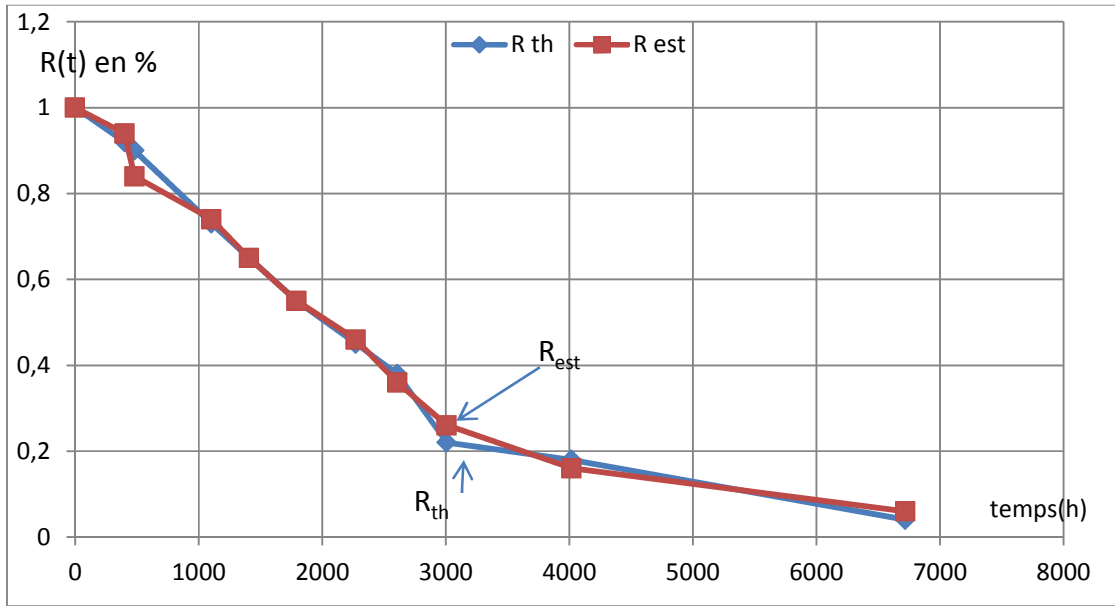
### 4.8.3. Analyse des résultats théoriques

Ci-joint le tableau récapitulatif et comparatif des résultats déterminés par calcul à l'aide de la loi de fiabilité.

$$R_{th} = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} ; \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (4.1)$$

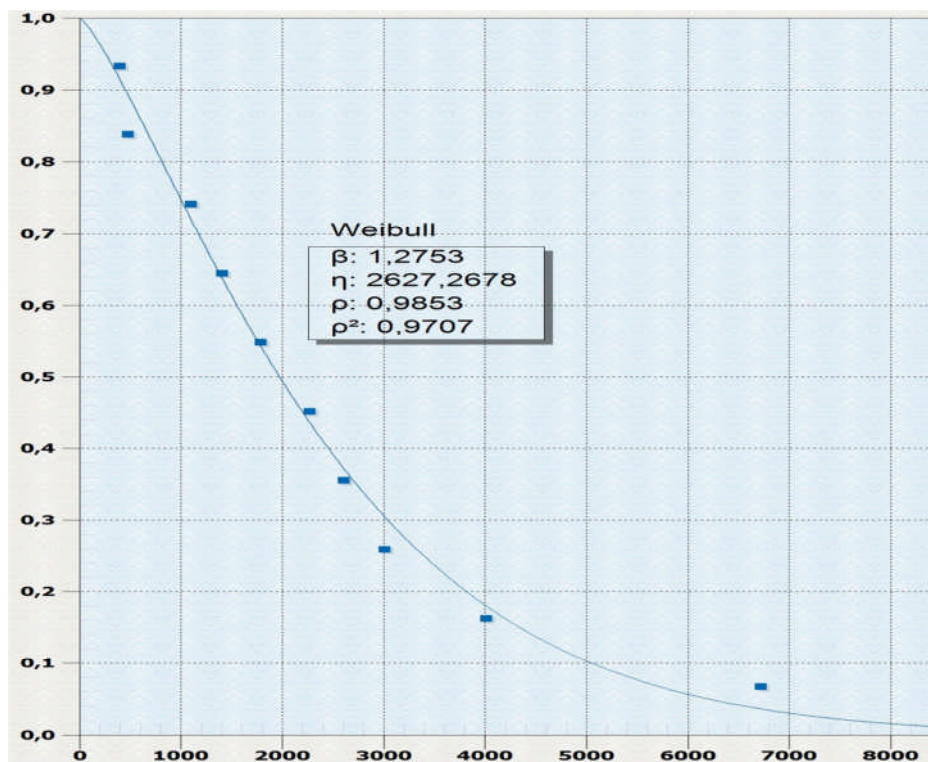
**Tableau 4.9.** Tableau des résultats

| Ordre i | les Valeurs TBF<br>Classe croissant | R<br>Théorique | F<br>Théorique | Taux de<br>défaillance<br>$\lambda(t).10^{-4}$ |
|---------|-------------------------------------|----------------|----------------|--|
| 1       | 400                                 | 0.92           | 0,08           | 2,89   |
| 2       | 480                                 | 0.90           | 0,10           | 3,03   |
| 3       | 1104                                | 0.73           | 0,27           | 3,78   |
| 4       | 1408                                | 0.65           | 0,35           | 4,05   |
| 5       | 1792                                | 0.55           | 0,45           | 4,32   |
| 6       | 2272                                | 0.45           | 0,55           | 4,61   |
| 7       | 2608                                | 0.38           | 0,62           | 4,80   |
| 8       | 3008                                | 0.22           | 0,78           | 4,99   |
| 9       | 4016                                | 0.18           | 0,82           | 5,40   |
| 10      | 6720                                | 0.04           | 0,96           | 6,21   |



**Figure 4.8.** Courbes des fiabilités estimées et théoriques du roulement à bille

On remarque sur la figure (4.8), que les courbes de ( $R_{est}$  et  $R_{th}$ ) sont très proches l'une de l'autre et donnent une bonne corrélation avec les courbes déterminées par le code de calcul Weibull, figure (4.9). Ceci nous a permis de valider notre travail de diagnostic et d'expertise sur l'élément le plus défaillant afin d'optimiser la maintenance sur cet équipement.



**Figure 4.9.** Courbe de fiabilité « Weibull »



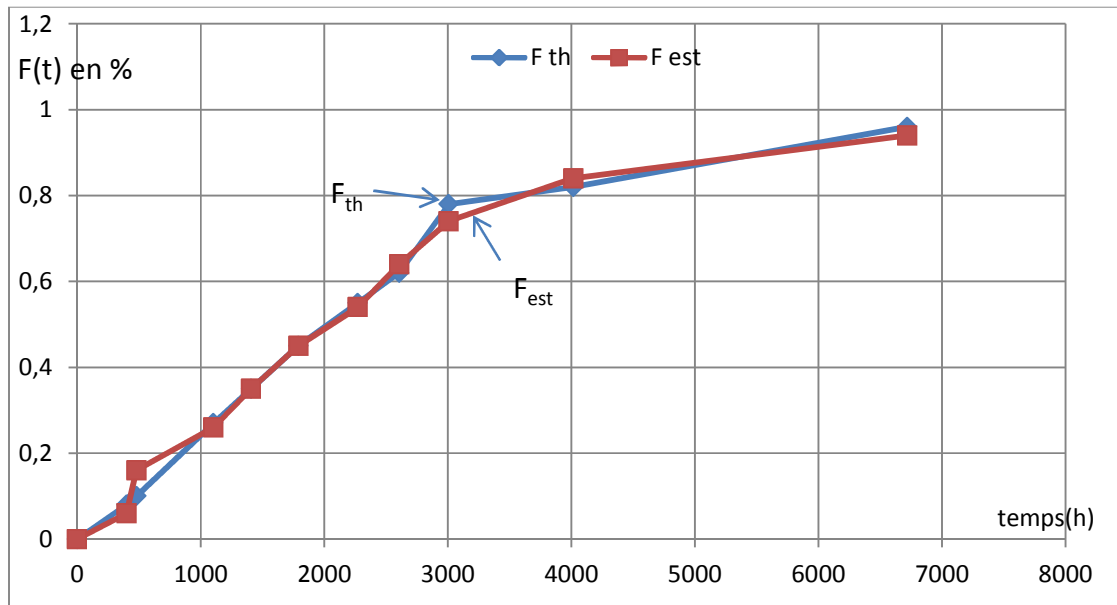


Figure 4.10. Courbes de répartition estimée et théorique du roulement à bille

On remarque sur la figure (4.10), que les courbes de ( $F_{est}$  et  $F_{th}$ ) sont très proches l'une de l'autre et sont en très bonne corrélation avec les résultats de Weibull, voir figure (4.11).

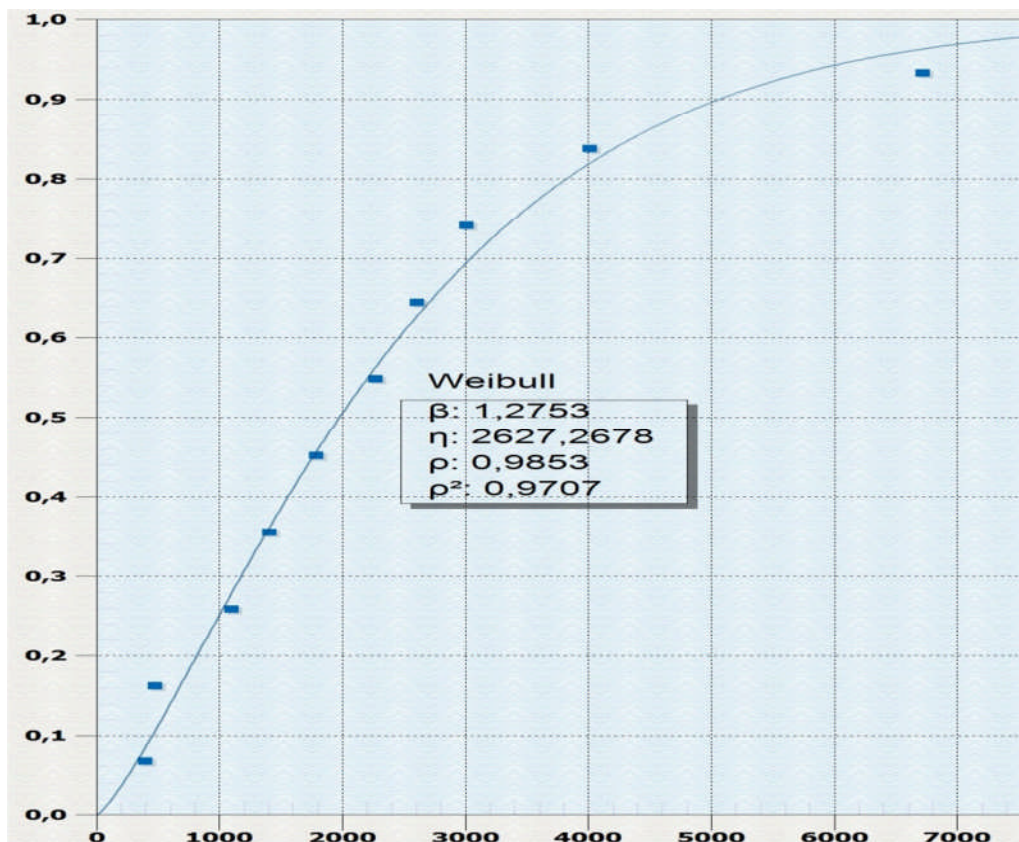
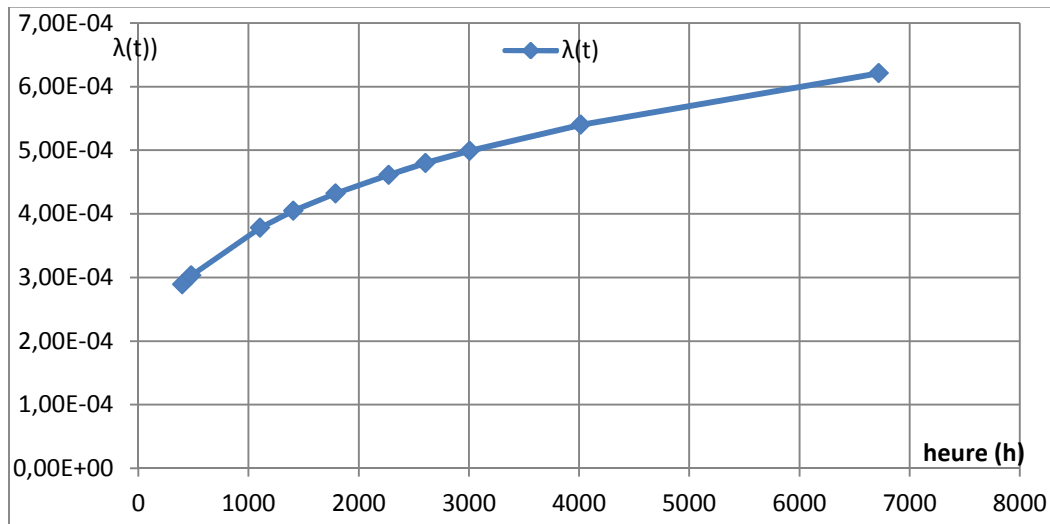
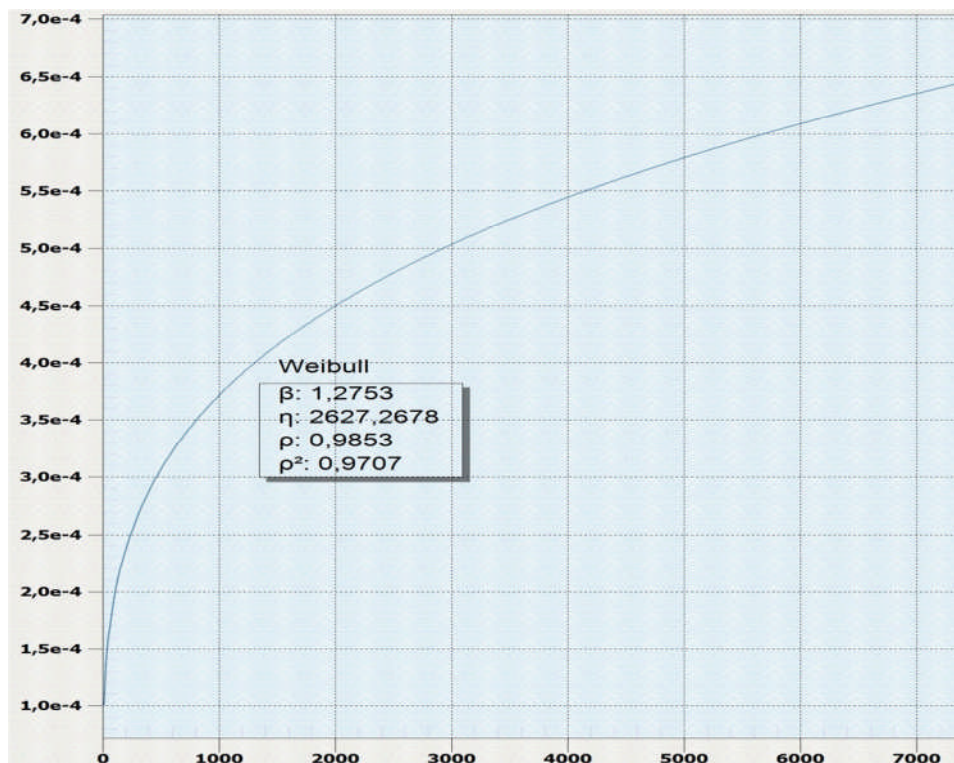


Figure 4.11. Fonction cumulative



**Figure 4.12.** Taux de défaillance du roulement à billes

Le taux de défaillance est bien représenté par un tronçon distinct sur les figures (4.12) et (4.13) et, montre bien que l'organe étudié subit une défaillance, ce qui est confirmé par le paramètre de forme ( $\beta=1.27$ ), ce qui nécessite au service de maintenance de prévoir un plan préventif pour d'améliorer la production au niveau de l'atelier de préparation de tissage qui fonctionne actuellement en difficulté.



**Figure 4.13.** Taux de défaillance « Weibull »

#### **4.9. Analyse des résultats trouvés**

Le diagnostic de cet organe sélectionné, par les méthodes « ABC » et « AMDEC » ; nous a permis de déterminer les paramètres de fiabilité ( $\gamma$  ;  $\beta$  ;  $\eta$  ;  $\lambda$ ) et de faire un choix de la politique de la maintenance à appliquer. Dans notre cas, il faut assurer une maintenance corrective pour éliminer toutes les causes spéciales et une maintenance préventive basée sur des contrôles et des inspections périodiques, avec un suivi rigoureux de cet organe sensible qui peut provoquer l'arrêt des équipements et une perte de production importante et coûteuse au niveau de tous les ateliers de production, en particulier au niveau de l'atelier de préparation de tissage, qui revient très cher à l'entreprise en cas de défaillance.

#### **4.10. Conclusion**

Le travail décrit dans ce chapitre nous a permis d'analyser les types des défaillances pour le bon entretien de l'entreprise DENITEX.

Le choix de notre étude s'est porté sur l'atelier de préparation de tissage qui constitue un goulot d'étranglement, car l'arrêt de l'un de ses équipements perturbe la production, surtout celle de l'atelier du finissage. La mise en application de la fiabilité opérationnelle à partir d'un retour d'expérience est primordiale pour le choix d'une politique de la maintenance préventive ou curative, grâce à la détermination des paramètres de fiabilité d'équipement sélectionné par les méthodes d'analyse utilisées en fiabilité à savoir la méthode : « ABC » et l'analyse par «AMDEC » pour déterminer l'organe critique. La direction de maintenance au niveau «DENITEX » aura donc un outil très efficace pour le suivi des équipements de l'atelier et pour l'analyse de la fiabilité appliquée.

L'avantage de la fiabilité opérationnelle à partir de retour d'expérience est le coût de d'étude qui est moins cher par rapport à la fiabilité expérimentale qui demande des laboratoires sophistiqués et un personnel hautement qualifié avec des équipements complexes.

## **CONCLUSION GENERALE**

# Conclusion générale

---

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

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

Après une étude bibliographique, nous avons relevé les cinq facteurs essentiels pour le calcul de la fiabilité mécanique.

1. La notion du taux de défaillance ; car en mécanique le taux de défaillance est une fonction complexe dans chaque phase de la vie de l'équipement.

2. Le recueil des données de la fiabilité est souvent difficile : Il dépend essentiellement de l'organisation et la gestion de la maintenance afin de bien exploiter les données historiques des équipements.

3. Les défaillances qui ont des origines particulières.

4. La méthode d'analyse des défaillances dont les systèmes mécaniques sont de plus en plus complexes et innovants.

5. Le choix de la méthode pour l'évaluation de la fiabilité dépendra des objectifs fixés et des outils disponibles.

On a déduit que les équipements de la l'encolleuse A sont les plus sensibles et influent directement sur les coûts de la maintenance et sur la production en générale.

En terme de perspective, nous envisageons la détermination des paramètres de fiabilité et la période optimale de maintenance préventive par un code de calcul évolué qui permet d'orienter directement le type de maintenance en fonction des données recueillies sur l'état des lieux, afin de pouvoir traiter beaucoup plus de données dans un délai très court et de mettre en place une maintenance prévisionnelle gérée par modélisation et simulation numérique par les modèles déterministes très évoluées.

# Bibliographie

---

- [1] AFNOR : Norme NFX60-010
- [2] AFNOR : NF EN 13306 X 60-319
- [3] EFNMS : Fédération européenne des sociétés nationales de maintenance ; 2001
- [4] François Monchy, la fonction maintenance : formation à la gestion de la maintenance industrielle, paris, Masson, 1996.
- [5] D.Bouami, B.Herrou, Optimisation de la démarche d'optimisation de la Maintenance, CPI'2004, Casablanca-Maroc.
- [6] Jean-Marie AUBERVILLE « Maintenance industrielle » édition " Marketing " ; Paris ; 2004 ; page 25
- [7] AFNOR : Recueil des normes françaises .X06, X05, X60. AFNOR 1998
- [8] Bernard Guy Peret « La Fiabilité Industrielle » édition" Eyrolles" ; 1969
- [9] Jean-Marie AUBERVILLE « Maintenance industrielle » édition " Marketing " ; paris ; 2004 ; page 216
- [10] Jean-Marie AUBERVILLE « Maintenance industrielle » édition " Marketing " ; Paris, 2004 page 218
- [11] JEAN BUFFERNE cours PDF la fiabilité des équipements industriels ; 2009
- [12] Article M. BOUANKA, M CHAIB, M BELLAOUAR, « La maintenance basée sur la fiabilité », université Mentouri, Constantine, Algérie, 2010.
- [13] Norme AFNOR X60-10 ; 1988.
- [14] Jean Claude Ligeronet, Patrick Lyonnet « La fiabilité en exploitation ; organisation et traitement des données » Edition Lavoisier Paris ,1993.
- [15] Pareto « Cours d'économie politique » Lausanne, Switserzland ;1896
- [16] Jean Foucher « Pratique de l'AMDEC »Edition, "Dunod", Paris, 2004

# Webographie

---

<http://icbf.pagesperso-orange.fr/btsmain/cours/mtbf.htm>

<http://www.maintenance-preventive.com/methode-diagramme-pareto-60.html>

<http://www.memoireonline.com>

<http://www.maintenance-preventive.com/methode-amdec-30.html>

<http://www.technologuepro.com/cours-maintenance-industrielle/La-maintenance-industrielle.htm>

[www.jean-bufferne.com](http://www.jean-bufferne.com)

<http://p:chahmann.free.fr>

<http://www.numdam.org/>