

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -

Université Aboubakr Belkaïd – Tlemcen –

Faculté de TECHNOLOGIE



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du **diplôme** de **MASTER**

En : GÉNIE MÉCANIQUE

Spécialité : MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Par : MAROUF SIDI MOHAMMED

Sujet

**AMÉLIORATION DE LA MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS AU
NIVEAU DE L'ATELIER DE TISSAGE (DENITEX-SEBDOU)**

Soutenu publiquement, le 25 / 05 / 2016, devant le jury composé de :

M. Bourdim Abdelghafour	MCA	Univ. Tlemcen	Président
M. Kerboua Bachir	Professeur	Univ. Tlemcen	Directeur de mémoire
M. Bensaid Ismail	MAB	Univ. Tlemcen	Examineur 1
M. Mangouchi Ahmed	MAA	Univ. Tlemcen	Examineur 2

REMERCIEMENTS

Je remercie tout d'abord « ALLAH » qui m'a donné la force et le courage pour l'achèvement de ce travail

Je tiens à remercier plus particulièrement mon encadreur Monsieur Kerboua Bachir, Professeur à l'Université de Tlemcen, pour la confiance qu'il m'a témoignée et pour la compréhension et le soutien qu'il m'a exprimés pour mener à bien et parachever dans les meilleures conditions ce travail.

Je remercie messieurs le président et les membres du jury pour leur acceptation d'examiner mon projet de fin d'étude :

- Président : Bourdim Abdelghafour

-Examineur : Bensaid Ismail

-Examineur : Mangouchi Ahmed

Je remercie également Monsieur Bouazzie, le responsable de la maintenance et monsieur Hechmi chef d'équipe, pour les conditions optimales de travail qu'ils m'ont apportées au niveau de l'atelier de tissage.

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire à :

Mes très chers parents pour leur amour, leurs sacrifices et leur encouragement et que 'ALLAH' les protègent.

Mes très chères sœurs.

Mon cher frère « Abderrahmane ».

Mes cousines et mes cousins.

Toute ma famille.

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'atelier de tissage de l'entreprise « Denitex-Sebdou ».

Dans ce projet nous avons utilisé les lois de fiabilité et les méthodes d'analyse (AMDEC, ABC et Noiret) qui sont connues par leur analyse et, en particulier la loi de "Weibull" très utilisée dans le domaine de mécanique. Afin de concrétiser notre mémoire, nous avons exploité les méthodes graphiques et numériques pour déterminer les paramètres de dégradation, qui sont utilisés pour l'évaluation du taux de défaillance des équipements et déterminer le type de la maintenance à appliquer.

Enfin, nous avons validé notre travail par une étude de cas pratique, en choisissant les organes sensibles des équipements stratégiques de l'atelier de tissage au niveau du complexe «Denitex.Sebdou ». Cette étude nous a permis de trouver des résultats en conformité avec la réalité pratique au niveau de l'entreprise en utilisant une analyse numérique

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 company. 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, ABC and Noiret) which are known reliability and in particular the law of "Weibull" which is highly used in mechanics. 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 of weaving at "Denitex.Sebdou".

This study has allowed us to find results consistent with the practical reality at the company and with a numerical study.

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

الصيانة الصناعية أصبحت ذات أهمية متزايدة، ويبرهن هذا على أنها واحدة من المهام الرئيسية لشركات الإنتاج الحديثة. ويخصص عملنا على الدراسة النظرية والعملية للموثوقية على المعدات على مستوى المؤسسة (DENITEX-SEBDOU)

في هذه الدراسة استخدمنا قوانين الموثوقية وطرق التحليل مثل (AMDEC, ABC, Noiret) وبالأخص (Weibull) المستعملة كثيرا في المعدات الميكانيكية، ولتحقيق هذه الدراسة، حددنا أساليب بيانية وتحليلية لتحديد معالم الموثوقية، والتي تستخدم لتقييم معدل تدهور المعدات وتحديد نوع الصيانة التي يجب تطبيقها.

وأخيرا، قمنا بالتحقق من صحة الدراسة والنتائج مع دراسة الحالات العملية، واختيار الأعضاء الحساسة من المعدات الإستراتيجية لورشة النسيج، مما سمحت لنا بالعثور على النتائج وفقا للواقع العملي في الشركة باستخدام التحليل العددي المتقدمة لقانون (Weibull).

الكلمات المفتاحية: تشخيص والاعتمادية، وال فشل، تقييم الفشل والصيانة الصناعية

Table des matières

Remerciements	I
Dédicaces	II
Résumé	III
Table des matières.....	V
Liste des figures.....	IX
Liste des tableaux.....	XI
Liste des symboles.....	XII
Liste des abréviations.....	XIII
Présentation du sujet.....	1

CHAPITRE 1: GÉNÉRALITÉS SUR LES ENTREPRISES DE TEXTILE

1.1. Introduction	3
1.2. Configuration de l'industrie textile nationale.....	3
1.2.1 Industrie de textile publique	3
1.2.1.1. Filière de textile cotonnière.....	3
1.2.1.2. Filière de textile lainière	4
1.2.1.3. Filière de soierie synthétique	4
1.2.1.4. Filière de jute	4
1.2.1.5. Filière de textile diverse.....	4
1.2.1.6. Filière de confection - bonneterie	4
1.2.1.7. Filière des services et études.....	4
1.2.2 Industrie de textile privée	5
1.2.3 Industrie de textile artisanale	5
1.2.4 Localisation géographique de l'industrie de textile en Algérie.....	6
1.3. Présentation du complexe « DENITEX »	6
1.4. Emplacement géographique	7
1.5. Activités du complexe.....	8
1.6. Certification.....	9
1.7. Plan de masse du Complexe.....	9
1.8. Organigramme du complexe	10
1.9. Organigramme de la direction maintenance.....	11
1.10. Processus de fabrication	12
1.10.1.Filature.....	12
1.10.2.Tissage	13
1.10.3.Finissage	14
1.11.Conclusion.....	15

CHAPITRE 2: GÉNÉRALITÉS SUR LA MAINTENANCE

2.1. Introduction	17
2.2. Historique	18
2.3. Définition de la maintenance.....	18
2.4. Notion de la défaillance.....	18
2.4.1. Fonction requise	19
2.4.2. Dégradation	19
2.4.3. Triptyque « faute-défaut-défaillance »	19
2.4.4. Pannes.....	20
2.5. Service maintenance.....	20
2.5.1. Situation dans l'entreprise	20
2.5.1.1. Tendance 1	20
2.5.1.2. Tendance 2	21
2.5.2. Organigramme du service maintenance.....	22
2.5.3. Mission du service maintenance	22
2.5.4. Communication dans le service maintenance.....	23
2.6. Méthodes de la maintenance	24
2.6.1. Maintenance corrective.....	25
2.6.1.1. Définition	25
2.6.2. Maintenance préventive.....	26
2.6.2.1. Définition	26
2.6.2.2. Objectifs de la maintenance préventive	26
2.6.2.3. Maintenance préventive systématique	27
2.6.2.4. Maintenance préventive conditionnelle	27
2.7. Autres formes et méthodes de maintenance	28
2.7.1. Maintenance améliorative.....	28
2.7.2. Télémaintenance	28
2.8. Équilibre de la maintenance	29
2.9. Orientations des politiques de maintenance	30
2.9.1. Méthode de coût du cycle de vie (CCV)	30
2.9.2. Stratégie de type Total Productive Maintenance (TPM)	30
2.9.3. Stratégie de type Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF).....	31
2.10. Amélioration continue.....	31
2.10.1. Méthode de Kaizen	32
2.10.1.1. Caractéristiques de la méthode Kaizen	32
2.10.1.2. Roue de Deming (PDCA)	33
2.10.1.3. Méthode des 5 S.....	34
2.10.1.4. Méthode de QQQCCP.....	35

2.10.1.5. Méthode de SMED.....	35
2.10.1.6. Méthode Poka-Yoke	36
2.10.1.7. Méthode Benchmarking.....	36
2.10.1.8. Méthode Juste à temps	36
2.10.1.9. Champs d'action du Kaizen	36
2.11. Conclusion.....	37
CHAPITRE 3 : ETUDE DE LA FIABILITÉ DES ÉQUIPEMENTS INDUSTRIELS	
3.1. Introduction	39
3.2. Fiabilité.....	39
3.2.1. Définition.....	39
3.2.2. Application de la fiabilité	39
3.2.3. Différentes lois de la fiabilité	40
3.2.3.1. Loi Binomiale	40
3.2.3.2. Loi de Poisson.....	40
3.2.3.3. Loi normale.....	41
3.2.3.4. Loi exponentielle.....	41
3.2.3.5. Loi de Weibull	42
3.3. Défaillance	42
3.3.1. Types de défaillance	43
3.3.1.1. Manifestations.....	43
3.3.1.2. Degré d'importance	43
3.3.1.3. Causes	43
3.3.1.4. Conséquences.....	43
3.3.2. Paramètres de la fiabilité MTBF, MTTR, MTTA	43
3.3.2.1. Moyenne des temps de bon fonctionnement « MTBF ».....	43
3.3.2.2. Moyenne des temps techniques de réparation « MTTR »	44
3.3.2.3. Moyenne des temps techniques d'arrêt « MTTA ».....	44
3.3.3. Taux de défaillance et de réparation	45
3.3.3.1. Taux de défaillance	45
3.3.3.2. Evolution du taux de défaillance.....	45
3.3.3.2. Taux de réparation	46
3.4. Méthodes d'optimisation de la maintenance.....	46
3.4.1. Diagramme de Pareto.....	46
3.4.2. Analyse des modes de défaillances, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC).....	48
3.4.2.1. Objectifs de l'A.M.D.E.C " moyen de production "	49
3.4.2.2. Criticité des conséquences	50
3.4.2.3. Méthodologie	50
3.4.2.4. Groupe de travail.....	50

3.4.2.5. Analyse fonctionnelle	51
3.4.2.6. Analyse des défaillances	55
3.5. Choix de la forme de maintenance	57
3.5.1. Abaque de Noiret : utilité	57
3.5.2. Abaque de Noiret : principe.....	57
3.6. Conclusion.....	59
CHAPITRE4: OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS AU NIVEAU DE L'ATELIER DE TISSAGE	
4.1 Introduction	61
4.2. Application de l'abaque de Noiret	61
4.3. Analyse par la méthode Pareto.....	63
4.3.1. Construction du diagramme de Pareto pour les batteries de production	63
4.3.1.1. Coût indirect.....	63
4.3.1.2. Coût direct.....	64
4.4. Analyse de batterie 2	65
4.4.1. Interprétation	67
4.4.2. Analyse par la méthode « AMDEC »	67
4.4.2.1. Décomposition fonctionnelle du métier à tisser.....	68
4.4.2.2. Tableau de cotation	69
4.4.2.3. AMDEC de métier à tisser 64	70
4.5. Caractéristiques de la matière de la pièce DFL.....	71
4.5.1. Composition chimique	71
4.5.2. Propriétés de la matière	71
4.5.3. Domaines d'application.....	72
4.5.4. Caractéristiques mécaniques	72
4.6. Détermination des paramètres de fiabilité de métier à tisser 64	72
4.6.1. Détermination des paramètres de Weibull.....	73
4.6.1.1. Méthode graphique	73
4.6.1.2. Méthode numérique	74
4.6.2. Analyse des résultats	75
4.7. Analyse des résultats trouvés	77
4.8. Interprétation des résultats	78
4.9. Conclusion.....	78
Conclusion générale	80
BIBLIOGRAPHIE	81
WEBOGRAPHIE.....	82

Figure 1.1. Emplacement géographique du complexe par Google Earth.....	7
Figure 1.2. Plan de masse du complexe DENITEX.....	9
Figure 1.3. Organigramme du complexe « EATIT ».....	10
Figure 1.4. Organisation de la direction de maintenance.....	11
Figure 1.5. Schéma technologique de la filature.....	12
Figure 1.6. Schéma technologique de tissage.....	13
Figure 1.7. Schéma technologique du finissage.....	14
Figure 2.1. Dégradation du bien et durée de vie.....	19
Figure 2.2. Triptyque « faute - défaut – défaillance ».....	20
Figure 2.3. Relations possibles entre le service maintenance et les autres services.....	21
Figure 2.4. Exemple de structure d'une entreprise.....	22
Figure 2.5. Procédure d'intervention corrective.....	23
Figure 2.6. Méthodes de la maintenance.....	25
Figure 2.7. Maintenance corrective.....	25
Figure 2.8. Maintenance préventive.....	26
Figure 2.9 Télémaintenance.....	29
Figure 2.10. Fréquence des interventions de maintenance en fonction du coût.....	29
Figure 2.11. Roue de DEMING.....	33
Figure 2.12. Méthodologie 5S.....	34
Figure 3.1. Probabilités complémentaires.....	40
Figure 3.2. Tracé de la loi exponentielle.....	41
Figure 3.3. Phases d'une intervention corrective.....	44
Figure 3.4. Courbe en baignoire.....	46
Figure 3.5. Courbe de Pareto.....	47
Figure 3.6. Différents types d'AMDEC.....	49
Figure 3.7. Analyse descendante.....	51
Figure 3.8. Méthode de la pieuvre.....	52
Figure 3.9. Diagramme de pieuvre de métier à tisser.....	52
Figure 3.10. Diagramme de flux.....	53
Figure 3.11. L'arborescence.....	53
Figure 3.12. Diagramme SADT.....	54
Figure 3.13. Diagramme SADT de métier à tisser.....	54
Figure 3.14. Analyse des défaillances.....	55
Figure 3.15. Diagramme d'Ishikawa.....	56

Figure 3.16. Abaque de Noiret.....	58
Figure 4.1. Abaque de Noiret.....	61
Figure 4.2. Diagramme de Pareto des coûts indirects (l'indisponibilité des batteries).....	64
Figure 4.3. Diagramme de Pareto des coûts directs des batteries.....	65
Figure 4.4. Diagramme de Pareto des défaillances de la batterie 2.....	66
Figure 4.5. Décomposition fonctionnelle du métier à tisser.....	68
Figure 4.6. Machine métier à tisser	69
Figure 4.7. Doigt fausse lisière.....	71
Figure 4.8. Fonction de fiabilité.....	73
Figure 4.9. Détermination graphique des Paramètres de fiabilité.....	74
Figure 4.10. Droite de Weibull (numérique)	74
Figure 4.11. Fonction R	75
Figure 4.12. Fonction R (numérique).....	75
Figure 4.13. Fonction F.....	76
Figure 4.14. Fonction F (numérique).....	76
Figure 4.15. Fonction de densité f.....	76
Figure 4.16. Fonction f (numérique).....	76
Figure 4.17. Taux de défaillance λ	76
Figure 4.18. Taux de défaillance λ (numérique).....	76

Tableau 1.1. Localisation géographique de l'industrie textile en Algérie.....	6
Tableau 1.2. Répartition des travailleurs selon leurs contrats.....	7
Tableau 4.1. Classement des batteries par le coût indirect.....	63
Tableau 4.2. Tableau de classement des ateliers par le coût direct.....	64
Tableau 4.3. Tableau de classement des équipements de la batterie 2 par défaillance.....	66
Tableau 4.4. Grille de cotation.....	69
Tableau 4.5 Échelle de Criticité C.....	70
Tableau 4.6. AMDEC de métier à tisser 64.....	70
Tableau 4.7. Composition chimique de la matière.....	71
Tableau 4.8. Caractéristiques mécaniques de la pièce	72
Tableau 4.9. Préparation des données historiques du DFL.....	72
Tableau 4.10. Tableau des résultats.....	75
Tableau 4.11. Tableau des coûts de maintenance.....	77

$\lambda(t)$: Taux de défaillance.
$\mu(t)$: Taux de réparation.
$N(t)$: Nombre de systèmes survivants à l'instant t
$F(t)$: Fonction de répartition [%]
N_0	: Nombre d'éléments à l'instant (t_0)
$R(t)$: Fiabilité au temps t [%]
T	: variable aléatoire « durée de vie » [heure]
β (beta)	: Paramètre de forme de la loi de "weibull"
η (êta)	: Paramètre d'échelle de la loi de "weibull"[heure]
λ (lambda)	: Taux de défaillance [nombre de défaillance /heure]
γ (gamma)	: Paramètre de position de la loi de "weibull"[heure]

AMDEC	: Analyse des Modes de Défaillances et Études des Criticités
MTBF	: Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement [heure]
MBF	: Maintenance Basée sur la Fiabilité
TPM	: Maintenance Productive Totale
MTTR	: Moyenne des Temps Techniques de Réparation [heure]
MTTA	: Moyenne des Temps Techniques d'Arrêt [heure]
TBF	: Temps de Bon Fonctionnement [heure]
PMI-PME	: Petites et Moyenne Industries / Entreprises
CDD	: Contrat à Durée Déterminée
CTA	: Contrat de Travail Aide
DAIP	: Dispositif d'Aide à l'Insertion Professionnelle
LQS	: Label Qualité Système
CCV	: Cout de Cycle de Vie
PR	: Pièce de Rechange
TAM	: Temps d'Arrêt Maintenance

PRÉSENTATION DU SUJET

Présentation du sujet

Ce présent mémoire, préparé dans le cadre de l'obtention du diplôme de master en génie mécanique, option maintenance industrielle, consiste à approcher la problématique de l'amélioration de la production des équipements au niveau d'atelier de tissage dans le complexe « DENITEX » Sebdou. En effet, ce travail a été élaboré pour éviter le grand nombre des défaillances dans cet atelier, dont le coût de la maintenance des machines revient très cher au complexe.

Tout équipement nouveau qui entre dans le complexe est accompagné d'un potentiel espéré d'avantages économiques et de services mais, aussi, d'un grand nombre d'exigences. La méconnaissance ou la négligence de ces exigences conduit à implanter dans les ateliers un système de maintenance qui suit de façon rigoureuse la dégradation des équipements pour diminuer les défaillances et pour améliorer la production [1].

Dans ce projet nous allons utiliser les méthodes d'optimisation, en se basant, sur des outils, comme (AMDEC et ABC, abaque de Noiret), qui sont très connues en fiabilité, en particulier, la loi de "Weibull" qui est très utilisée dans le diagnostic des équipements mécaniques. Afin de concrétiser notre étude, nous avons développé les méthodes graphiques et analytiques pour déterminer et valider les paramètres de dégradation, utilisés pour l'évaluation du taux de défaillance des équipements au niveau de l'atelier de tissage et déterminer, ainsi, le type de la maintenance à appliquer.

Enfin, nous avons validé notre travail avec un cas pratique qui tient en compte les coûts de la maintenance chose qui est difficile par le manque de données au niveau du complexe, en choisissant les organes sensibles des équipements stratégiques au niveau de l'atelier de tissage. Cette étude nous a permis de trouver des résultats en conformité avec la réalité pratique, chose qui a eu un impact positif au niveau de l'atelier. On a conseillé à la direction du complexe d'élargir cette analyse aux autres ateliers dans le but de diminuer les arrêts des machines et augmenter la production pour que le complexe soit compétitif au niveau du marché économique.

CHAPITRE 1
GÉNÉRALITÉS SUR LES
ENTREPRISES DE TEXTILE

CHAPITRE 1 : Généralités sur les entreprises de textile

1.1. Introduction

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 éléments de tissus, des éléments de produits finis et de distributeurs, qui transforment de la matière première fibreuse en des produits semi-ouvrés ou entièrement manufacturés. La préparation des fibres naturelles et des fibres synthétiques intervient en amont des chaînes de production. Au XXI^e 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. Configuration de l'industrie textile nationale

Sur le plan technique, l'Industrie textile algérienne est organisée selon un schéma d'intégration verticale (filature- tissage- finissage- confection) de même qu'elle embrasse l'ensemble des filières technologiques du textile. Dans cette branche d'industrie coexistent deux secteurs complémentaires, à savoir le secteur textile public et le secteur textile privé.

1.2.1 Industrie de textile publique

Structurée actuellement en trois (3) groupes industriels, l'industrie textile publique qui reste dominante dans le textile de base, intègre les filières d'activités ci-après :

1.2.1.1. Filière de textile cotonnière

Sur le plan du processus, cette filière est intégrée verticalement en disposant des activités de filature, tissage, teinturerie et finissage. Elle est organisée actuellement en douze (12) filiales de production, cette filière réalise plusieurs types de produits cotonniers, notamment :

- ✓ Le textile d'habillement
- ✓ Le textile d'ameublement
- ✓ Le textile industriel
- ✓ Le fil à coudre

1.2.1.2. Filière de textile lainière

Cette filière met en œuvre trois types d'activité de textile :

- ✓ Les filés de laine et synthétiques
- ✓ Les draperies lainières
- ✓ Les couvertures textiles

1.2.1.3. Filière de soierie synthétique

Cette filière est spécialisée en trois filiales de production, elle est spécialisée dans le textile-habillement et le textile d'ameublement à base de soierie synthétique, de même qu'elle dispose d'activités de broderie.

1.2.1.4. Filière de jute

Cette filière est spécialisée dans la production d'emballage en jute, de filets de pêche et de corderie.

1.2.1.5. Filière de textile diverse

Cette filière concerne la production intégrée de moquette, de non tissés, d'ouate et de couvertures. Elle est spécialisée également dans le traitement et la transformation des déchets textiles.

1.2.1.6. Filière de confection - bonneterie

Cette filière est organisée en trois créneaux d'activité, elle est composée de :

- ✓ Quinze filiales de production en confection touchant essentiellement les vêtements, les chemiseries et les vêtements professionnels.
- ✓ Trois filiales de production en bonneterie activant dans les articles de sport, les sous-vêtements hommes et enfants, les articles chaussants.
- ✓ Trois filiales de confection dans les articles bâches et articles de camping.

1.2.1.7. Filière des services et études

Cette filière est composée de :

- ✓ Une filiale de distribution textile (ENADITEX)
- ✓ Une filiale laboratoire et centre technique (CNTC)
- ✓ Une filiale de promotion et développement des fibres textiles (PRODEF)

1.2.2 Industrie de textile privée

Le secteur textile privé est composé des unités de production des modules variables allant de l'unité PMI-PME au simple atelier de confection. Dans un passé très récent, l'industrie textile privée du point de vue de son potentiel était représentée par quelque 5000 unités soit :

- ✓ (6) filatures type coton
- ✓ (3) unités de texturation
- ✓ (955) unités dans le tissage- finissage
- ✓ (1025) unités dans la bonneterie
- ✓ (3000) unités dans la confection.

Sur le plan de la production, le secteur privé a réalisé une gamme assez large des produits tels que :

- ✓ Les tissus coton et synthétique
- ✓ Les étoffes de bonneterie
- ✓ Les articles de confection hommes- femmes- enfants.
- ✓ Les articles d'ameublement
- ✓ Les articles chaussants

1.2.3 Industrie de textile artisanale

Dans l'environnement du secteur textile industriel, il est dénombré une industrie textile artisanale organisée sous forme de coopératives locales, de PMI ou de simples ateliers type familial. Quelque 3000 ateliers d'artisans activaient dans ce secteur. La production du secteur textile artisanal est axée essentiellement sur :

- ✓ Le tapis en 100% de laine et autres produits de tapisserie.
- ✓ Couvertures laine type artisanal.
- ✓ Divers vêtements textiles artisanat.

1.2.4 Localisation géographique de l'industrie de textile en Algérie

Cette localisation est partagée selon le planning suivant :

Tableau 1.1. Localisation géographique de l'industrie textile en Algérie

Régions	Nombre d'unités	Emploi total
Est	11 Unités textiles 6 Unités confections	6780
Centre	12 Unités textiles 9 Unités confections 1 laboratoire	11082
Ouest	7 Unités textiles 6 Unités de confections	4799

1.3. Présentation du complexe « DENITEX »

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-sept (37) 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 1^{er} avril 1986.

Le complexe a été mis en service le 1^{er} juin 1979, il est composé de 6 bâtiments :

- ✓ Filature
- ✓ Tissage
- ✓ Finissage
- ✓ Annexes techniques
- ✓ Station épuration des eaux
- ✓ Poste énergie électrique

Sa capacité de production théorique est :

- ✓ Filature : 2 000 tonnes / ans
- ✓ Tissage : 6 000 kilomètres linéaires / ans
- ✓ Finissage : Traitement de toute la production.
- ✓ Production de 11 000 m³ d'eau destinée à l'irrigation.

Le régime de travail : 3 X 8 heures et le chiffre d'affaires annuel de « DENITEX » est de 700 millions de dinars en moyenne. Au 30 Novembre 2015, le complexe de textile de Sebdo, emploie 744 travailleurs, répartis comme suit :

Tableau 1.2. Répartition des travailleurs selon leurs contrats

Catégorie	Permanent	CDD	CTA	DAIP	Total
Cadres	19	07	02	00	28
Maitrise	99	35	04	02	150
Exécution	181	250	123	12	566
Total	299	292	139	14	744

1.4. Emplacement géographique

Le complexe textile « DENITEX », est une société de produit textiles. Il est situé à Sebdo 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. Voir figure 1.1.



Figure 1.1. Emplacement géographique du complexe

1.5. 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 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'une direction de maintenance qui comprend un atelier mécanique (tournage, fraisage, soudure), un atelier électrique (rembobinage des moteurs), un atelier électronique et une équipe de spécialiste chapotée par le directeur de maintenance, qui est un ingénieur spécialisé en maintenance.
- ✓ Chaufferie et climatisation.
- ✓ Traitement des eaux.
- ✓ Epuration des eaux : l'entreprise dispose de sa propre station d'épuration qui est fonctionnelle.
- ✓ Environnement : en juin 2008, un contrat de performance environnementale a été établi entre le ministère de l'aménagement du territoire, de l'environnement et du tourisme et « DENITEX ».
- ✓ Laboratoires physique et chimique : pour le 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.

1.6. Certification

La certification de l'entreprise selon la norme ISO 9001 version 2000 du « Système Management Qualité » par le comité de certification LQS de France est intervenue le 22/12/2008. La certification de l'entreprise selon la norme ISO 9001 version 2008 du « Système Management Qualité » par le comité de certification LQS de France est intervenue le 06/12/2010.

1.7. Plan de masse du Complexe

Ce plan montre bien les différentes structures du complexe.

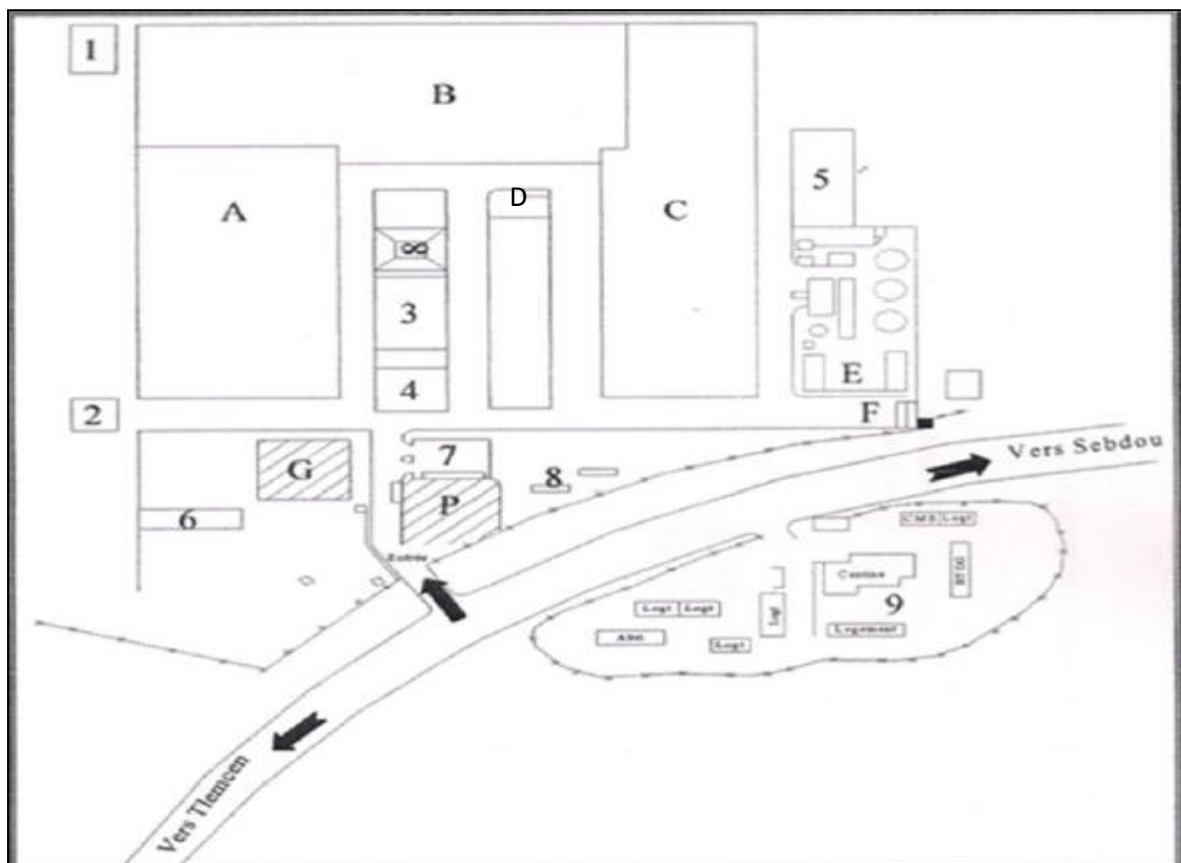


Figure 1.2. Plan de masse du complexe DENITEX

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, Foyer et générale |

1.8. Organigramme du complexe

Cet organigramme montre les différentes directions de l'entreprise

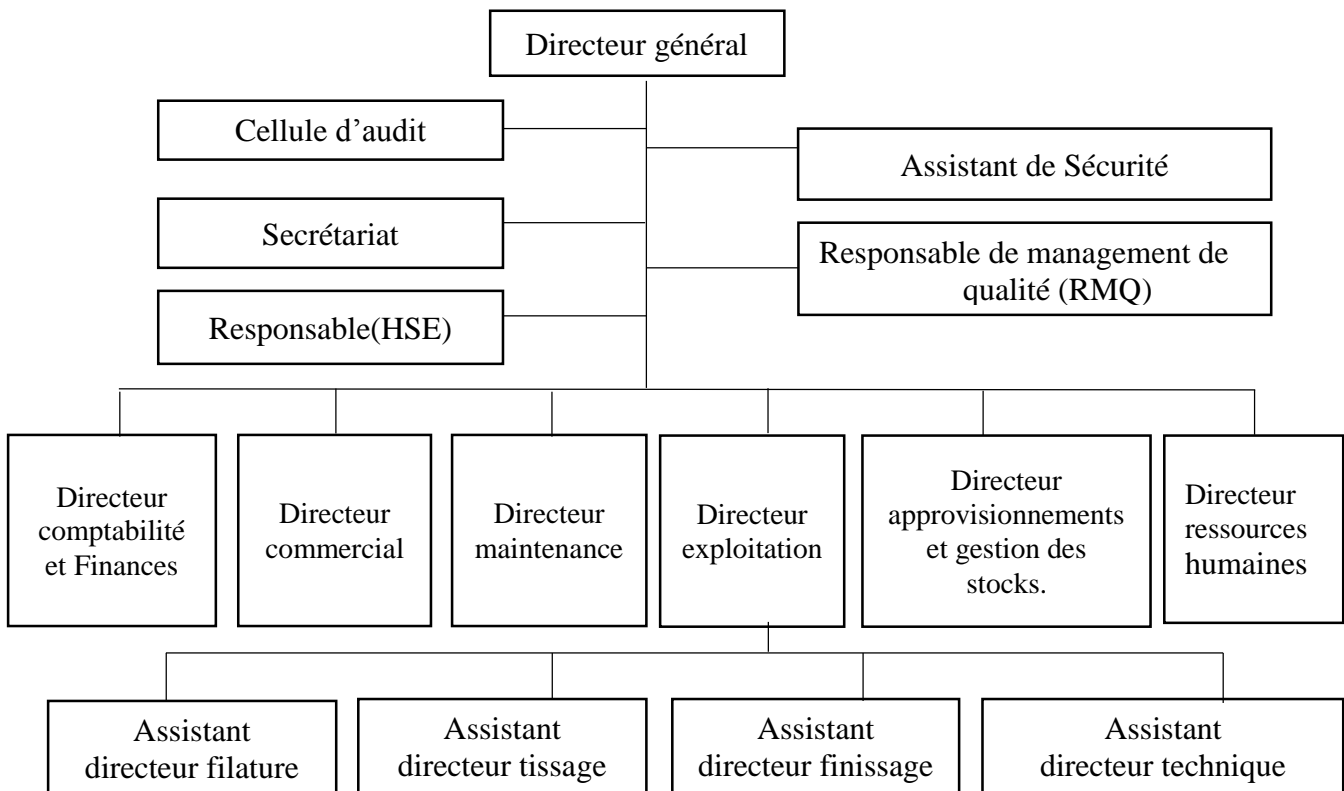


Figure 1.3 .Organigramme du complexe « EATIT »

1.9. Organigramme de la direction maintenance

Cet organigramme montre les différentes structures de la direction de maintenance.

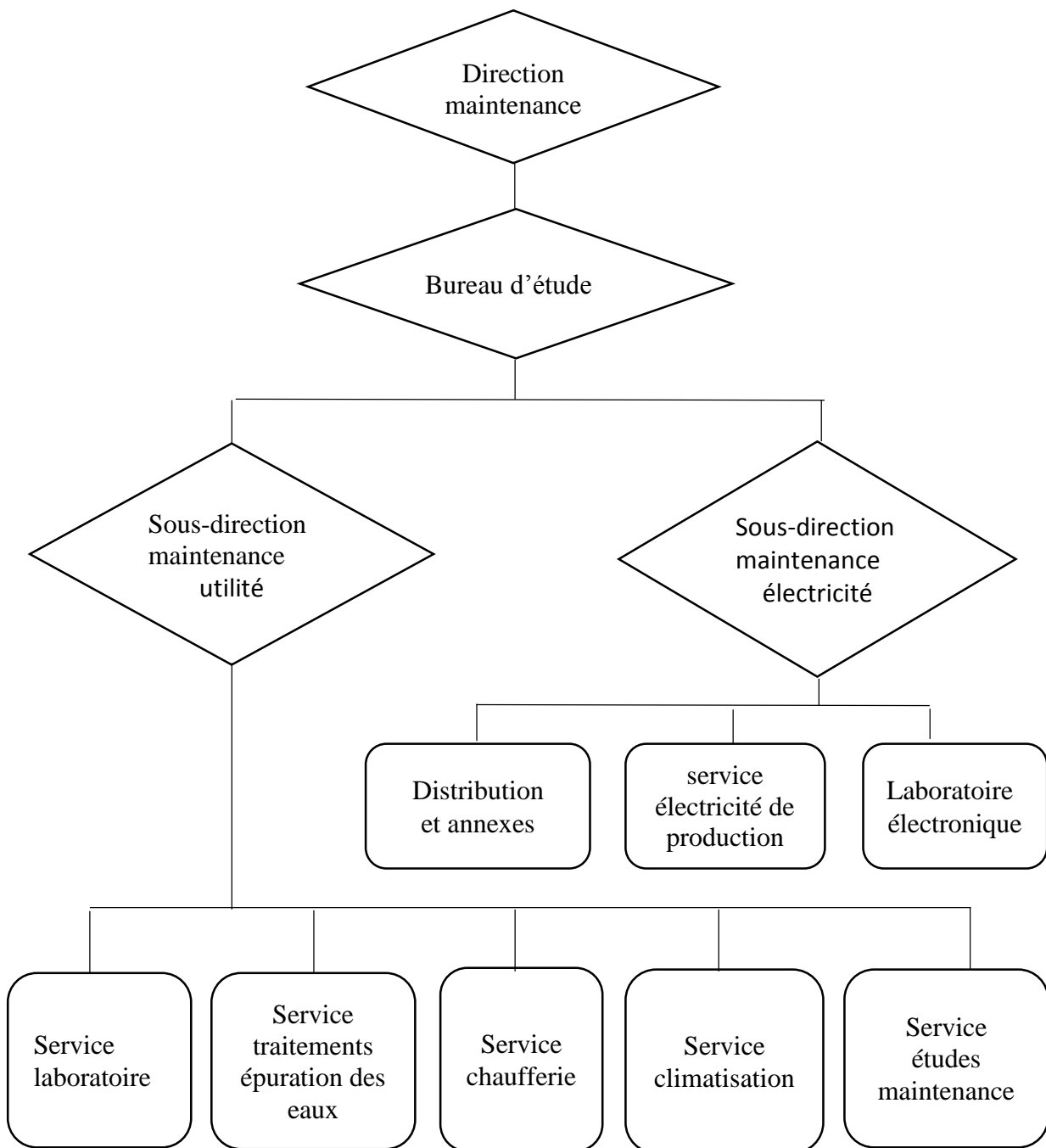


Figure 1.4. Organisation de la direction de maintenance

1.10. Processus de fabrication

Nous avons recensé différents processus de fabrication de tissu

1.10.1. Filature : C'est l'ensemble des traitements appliqués à une matière textile pour la transformer en fil. Voir figure 1.5.

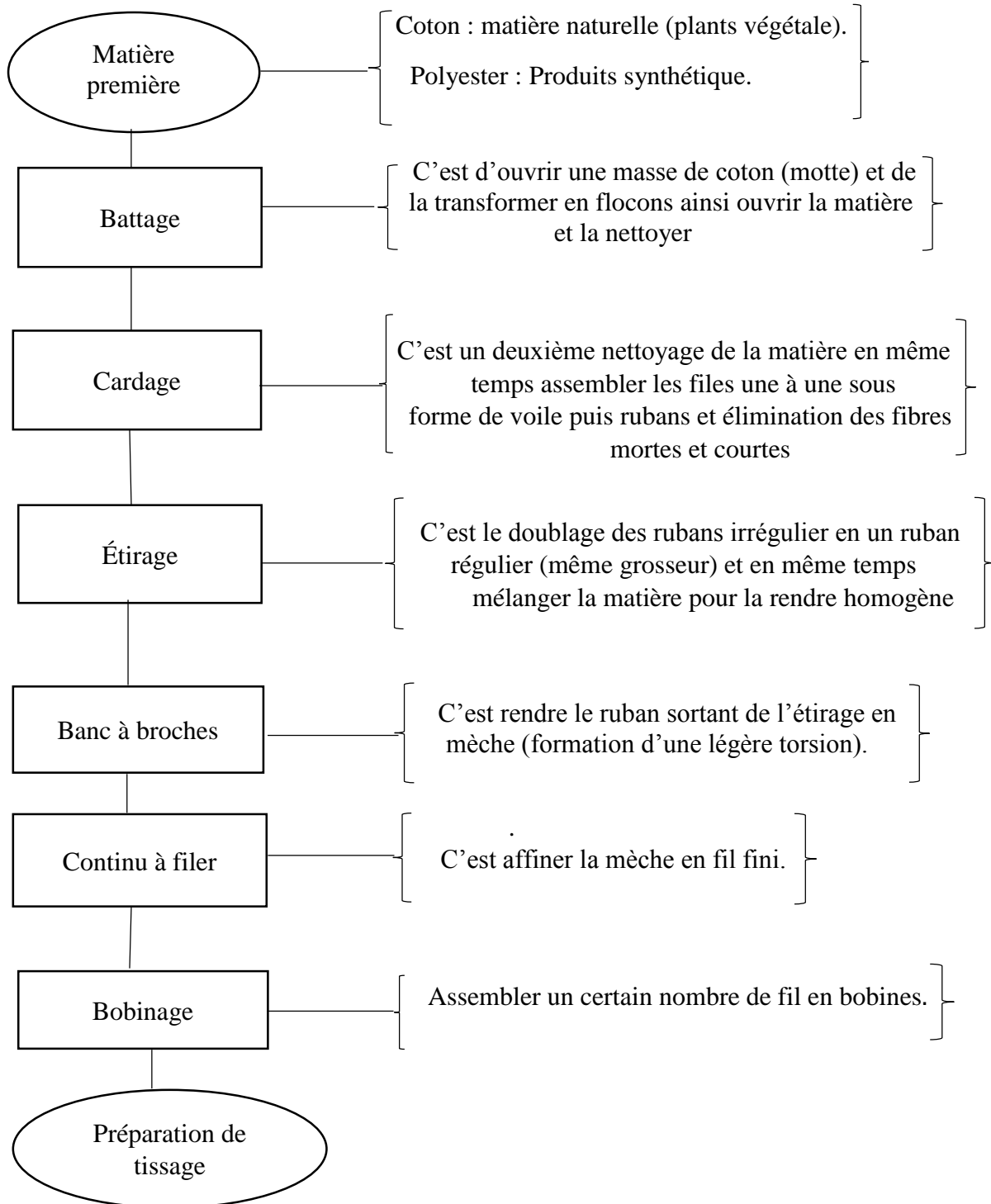


Figure 1.5. Schéma technologique de la filature

1.10.2 Tissage

C'est l'ensemble des traitements appliqués à des fils pour les transformer en un tissu (C'est un croisement entre les fils de chaîne et les fils de trame dans un ordre déterminé), figure 1.6.

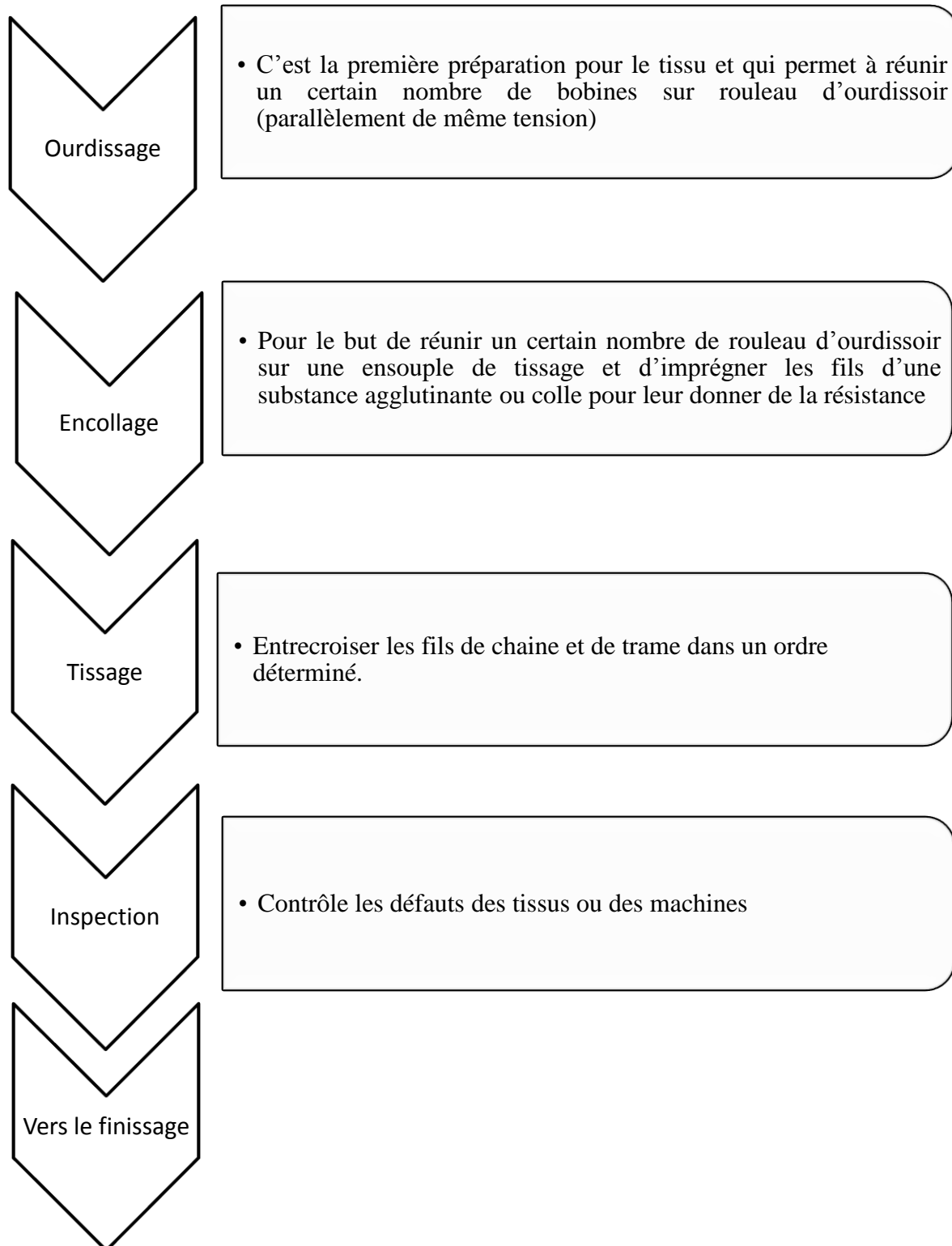


Figure 1.6 .Schéma technologique de tissage

1.10.3 Finissage

Ce dernier est un traitement chimique et mécanique du tissu, il comprend plusieurs opérations selon le type suivant, voir figure 1.7.

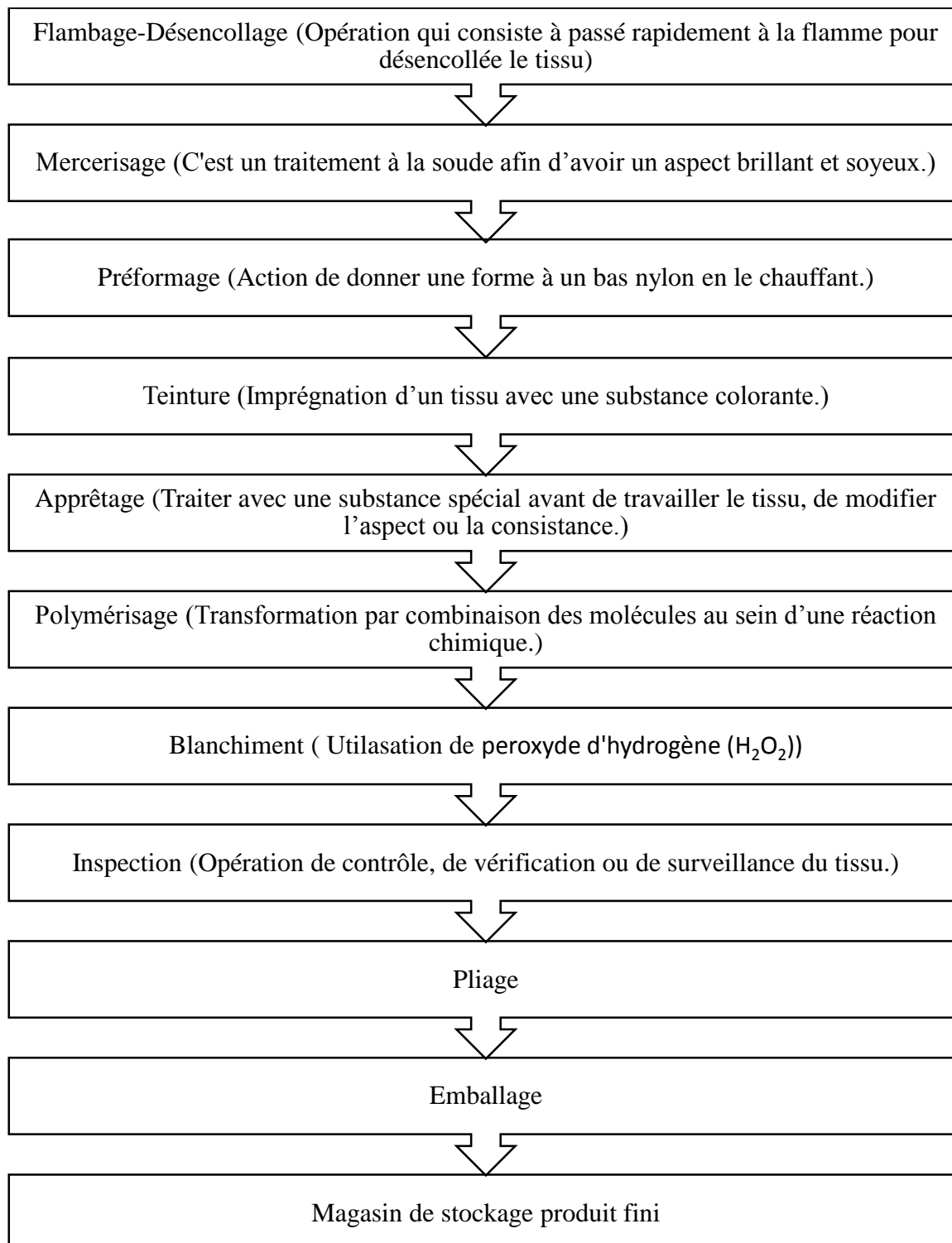


Figure 1.7 .Schéma technologique du finissage

1.11. Conclusion

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

Le complexe de textile envisage une opération d'exportation de 100 000 mètres linéaires de toile de jean vers l'Europe. «Il nous faut revoir cette politique parce que l'entreprise exportait ses produits auparavant vers la Russie, l'Italie et la Bulgarie. Nous sommes les seuls en Algérie à produire du jean de bonne qualité », dit le directeur général (DG).

Le président directeur général a par ailleurs souligné que l'usine lancera prochainement une nouvelle gamme de produits, à savoir les tissus ignifuges destinés aux centres pénitentiaires nationaux. La capacité de production commencera par quelque 60 000 mètres linéaires.

L'entreprise accorde un grand intérêt au volet formation en consacrant annuellement 400 millions de centimes pour former son personnel, dont plus de 300 ont été recrutés depuis 2010. Aujourd'hui, cette entreprise publique est un fleuron de l'industrie textile, qui a réussi à s'adapter à l'évolution de la demande et à jouer la diversification, la qualité et l'innovation [2].

CHAPITRE 2

GÉNÉRALITÉS SUR LA

MAINTENANCE

CHAPITRE 2 : Généralités sur la maintenance**2.1. Introduction**

Au moment de la détermination de la politique de maintenance qui va être mise en œuvre pour un équipement ou une installation, l'homme de maintenance se trouve devant une alternative classique : doit-il attendre la défaillance du matériel et donc être amené à intervenir sur ce matériel qui n'assure plus tout ou partie de sa fonction requise ? ou bien doit-il faire l'impossible pour éviter que cette défaillance ne se développe et entraîne la « panne » du matériel ?

Dans le premier cas, on mettra en place une stratégie de maintenance corrective telle qu'elle est définie dans la norme NF EN 13306, alors que dans le second, on s'orientera vers une stratégie de maintenance préventive. Il peut paraître simple de répondre à cette question et une première analyse sommaire conduirait à privilégier la maintenance préventive en croyant, à tort, que cette maintenance préventive va supprimer totalement le risque de panne. De ce fait, la maintenance préventive ne fait que « réduire la probabilité d'apparition d'une défaillance » (NF EN 13306). Une analyse plus approfondie montre que le choix entre la maintenance corrective et la maintenance préventive demande la connaissance et l'examen d'un certain nombre de critères qui, selon le contexte, auront plus ou moins d'importance. Ces critères relèvent des aspects :

- ✓ Techniques : fiabilité, maintenabilité, etc.
- ✓ Economiques : coûts de maintenance, d'indisponibilité, etc.
- ✓ De sécurité : des biens et des personnes.
- ✓ Environnementaux.
- ✓ De qualité.

L'ensemble de ces critères constitue l'essentiel du concept plus global de criticité du bien dans le processus. Les thèmes abordés ont pour finalité d'examiner tour à tour les deux stratégies de maintenance précitées, les méthodologies mises en œuvre, ainsi que les méthodes et les outils techniques disponibles à ce jour pour la mise en place concrète de la maintenance préventive et la maîtrise de la maintenance corrective.

2.2. Historique

Le terme « maintenance », forgé sur les racines latin « *manus* et *tenere* », est apparu dans la langue française au XIIe 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 maintenance

D'après l'AFNOR(NF X 60-010) (Agence Française de Normalisation) :

La maintenance est un ensemble des actions permettant de maintenir ou et de rétablir un bien dans un état spécifié ou en mesure d'assurer un service déterminé. Bien maintenir, c'est assurer ces opérations au coût optimal.

- ✓ Maintenir: contient la notion de «prévention» sur un système en fonctionnement.
- ✓ Rétablir: contient la notion de «correction» consécutive à une perte de fonction.
- ✓ État spécifié ou service déterminé: implique la prédétermination d'objectif à atteindre, avec quantification des niveaux caractéristiques.
- ✓ Coût optimal qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.
- ✓ Entretien, c'est dépanner et réparer un parc matériel, afin d'assurer la continuité de la production. Entretien, c'est subir le matériel
- ✓ Maintenir, c'est choisir les moyens de prévenir, de corriger ou de rénover suivant l'usage du matériel, suivant sa criticité économique, afin d'optimiser le coût global de possession maintenir, c'est maîtriser.

En fait, la plupart des services « entretien traditionnel » sont en mutation vers la maintenance.

2.4. Notion de la défaillance

Définition de la défaillance selon la norme NF X 60 – 011 : « altération ou cessation d'un bien à accomplir sa fonction requise ».

Synonymes usuels non normalisés : « failure » (anglais), dysfonctionnement, dommages, dégâts, anomalies, avaries, incidents, défauts, pannes, détériorations. Voir figure 2.1.

Une défaillance peut être :

- ✓ Partielle : s'il y a altération d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- ✓ Complète : s'il y a cessation d'aptitude du bien à accomplir sa fonction requise.
- ✓ Intermittente : si le bien retrouve son aptitude au bout d'un temps limité sans avoir subi d'action corrective externe.

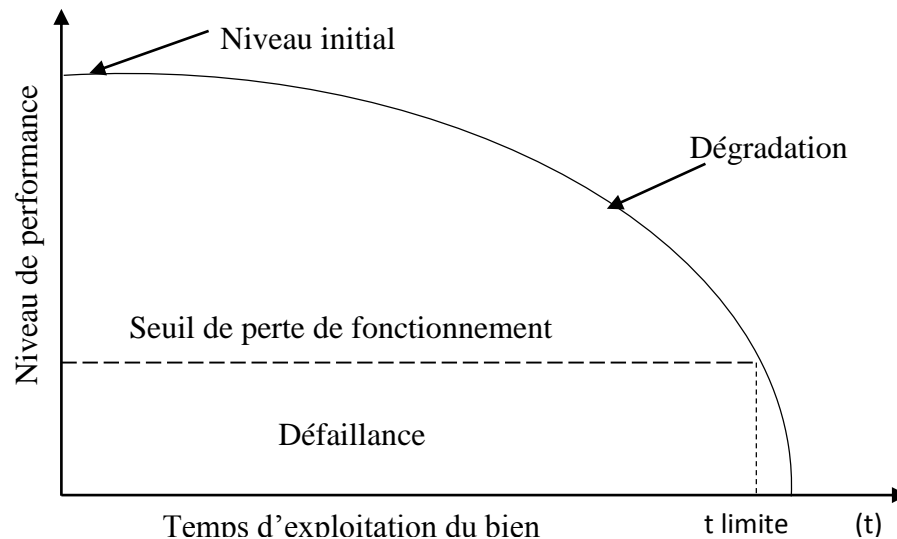


Figure 2.1. Dégradation du bien et durée de vie

NB : t limite : indique le moment d'apparition de la défaillance.

2.4.1. Fonction requise

Fonction d'un produit dont l'accomplissement est nécessaire pour la fourniture d'un service donné. Une fonction requise pourra être une fonction seule ou un ensemble de fonctions. La notion du service pourra recouvrir une mission, c'est à dire une succession de phases par lesquelles doit passer le produit sur un intervalle du temps donné [3].

2.4.2. Dégradation

État d'une entité présentant une perte de performances d'une de ses fonctions assurées ou alors un sous-ensemble lui-même dégradé, voire défaillant, sans conséquence fonctionnelle sur l'ensemble. On peut aussi parler de dérive [3].

2.4.3. Triptyque « faute-défaut-défaillance »

La défaillance est la conséquence d'un défaut, dont la cause est une faute [3]. Voir figure 2.2.



Figure 2.2. Triptyque « faute - défaut – défaillance » [3]

- ✓ Faute : elle peut être physique (interne ou externe) ou due à l'utilisateur. C'est la notion de 5M : Matières, Matériel, Milieu, Moyens et Main d'œuvre. Elle entraîne une erreur.
- ✓ Défaut : au départ, il est latent, car on ne s'en aperçoit pas tout de suite. Il devient ensuite effectif. Le défaut peut être :
 - Soudain : s'il était imprévisible.
 - Catalectique: s'il est soudain et irréversible.
 - Progressif : s'il était prévisible et éventuellement réversible (exemples : organe qui rouille, fuite sur une soupape).
 - Précoce: s'il se manifeste en début de vie de l'équipement.
 - D'usure: s'il se manifeste en fin de vie de l'équipement.

2.4.4. Pannes

État d'un produit le rendant inapte à accomplir une fonction requise dans des conditions données d'utilisation. Elle résulte toujours d'une défaillance [3].

2.5. Service maintenance

2.5.1. Situation dans l'entreprise

Il existe deux tendances quant au positionnement de la maintenance dans l'entreprise [4].

2.5.1.1. Tendance 1

La centralisation où toute la maintenance est assurée par un service. Voir figure 2.2.

D'où les avantages sont :

- ✓ Standardisation des méthodes, des procédures et des moyens de communication.
- ✓ Possibilité d'investir dans du matériel onéreux grâce au regroupement.
- ✓ Vision globale de l'état du parc du matériel à gérer.
- ✓ Gestion plus aisée et plus souple.
- ✓ Rationalisation des moyens matériels et optimisation de leur usage
- ✓ Diminution des quantités de pièces de rechange disponibles.
- ✓ Communication simplifiée avec les autres services grâce à sa situation centralisée.

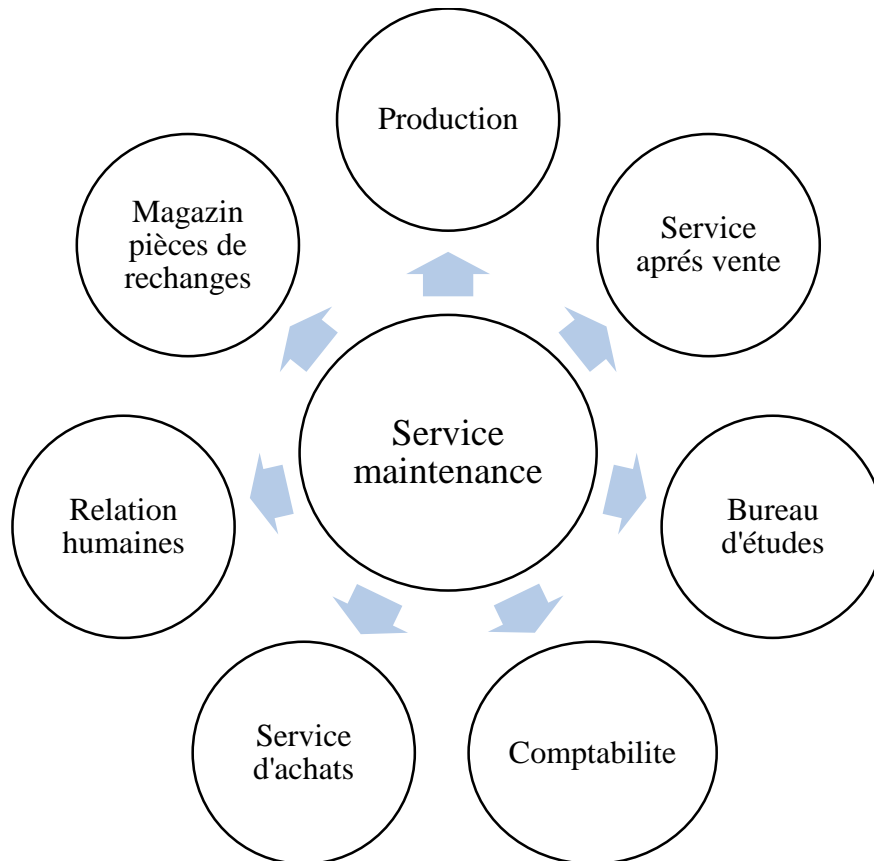


Figure 2.3. Relations possibles entre le service maintenance et les autres services[4]

2.5.1.2. Tendances 2

La décentralisation, où la maintenance est confiée à plusieurs services, de dimension proportionnellement plus modeste, et liés à chacun des services de l'entreprise [4].

D'où les avantages sont :

- ✓ Meilleures communications et relations avec le service responsable et l'utilisateur du parc à maintenir.
- ✓ Effectifs moins importants dans les différentes antennes.
- ✓ Réactivité accrue face à un problème.
- ✓ Meilleure connaissance du matériel.
- ✓ Gestion administrative allégée.

2.5.2. Organigramme du service maintenance

Il s'agit d'une représentation schématique de la structure d'une entreprise (d'un service) mettant en évidence les domaines de responsabilité de chaque élément composant [4]. Voir figure 2.4.

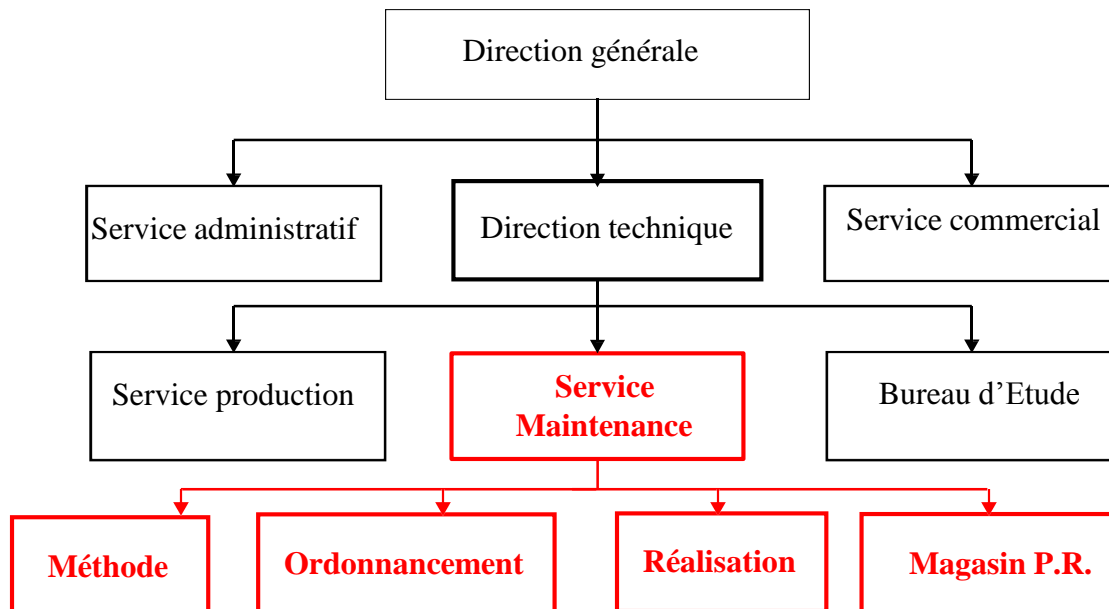


Figure 2.4. Exemple de structure d'une entreprise [4]

2.5.3. Mission du service maintenance

Les différentes tâches d'un service maintenance sont :

- ✓ La maintenance des équipements : actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.
- ✓ L'amélioration du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.
- ✓ Les travaux neufs : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.
- ✓ Les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, la gestion de l'énergie...
- ✓ L'exécution et la réparation des pièces de rechanges. L'approvisionnement et la gestion des outillages, des rechanges... Des prestations diverses, pour la production (réalisation de montages, par exemple) ou pour tout autre service.
- ✓ L'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules... [4].

2.5.4. Communication dans le service maintenance

Nous allons décrire brièvement le système de communication relatif à une intervention corrective, entre le moment d'apparition d'une défaillance et la remise à niveau de l'équipement défaillant. Voir figure 2.5.

Acronymes utilisés :

- DT** : demande de travail
- OT** : ordre de travail
- BT** : bon de travail
- DA** : demande d'approvisionnement
- BSM** : bon de sortie de magasin

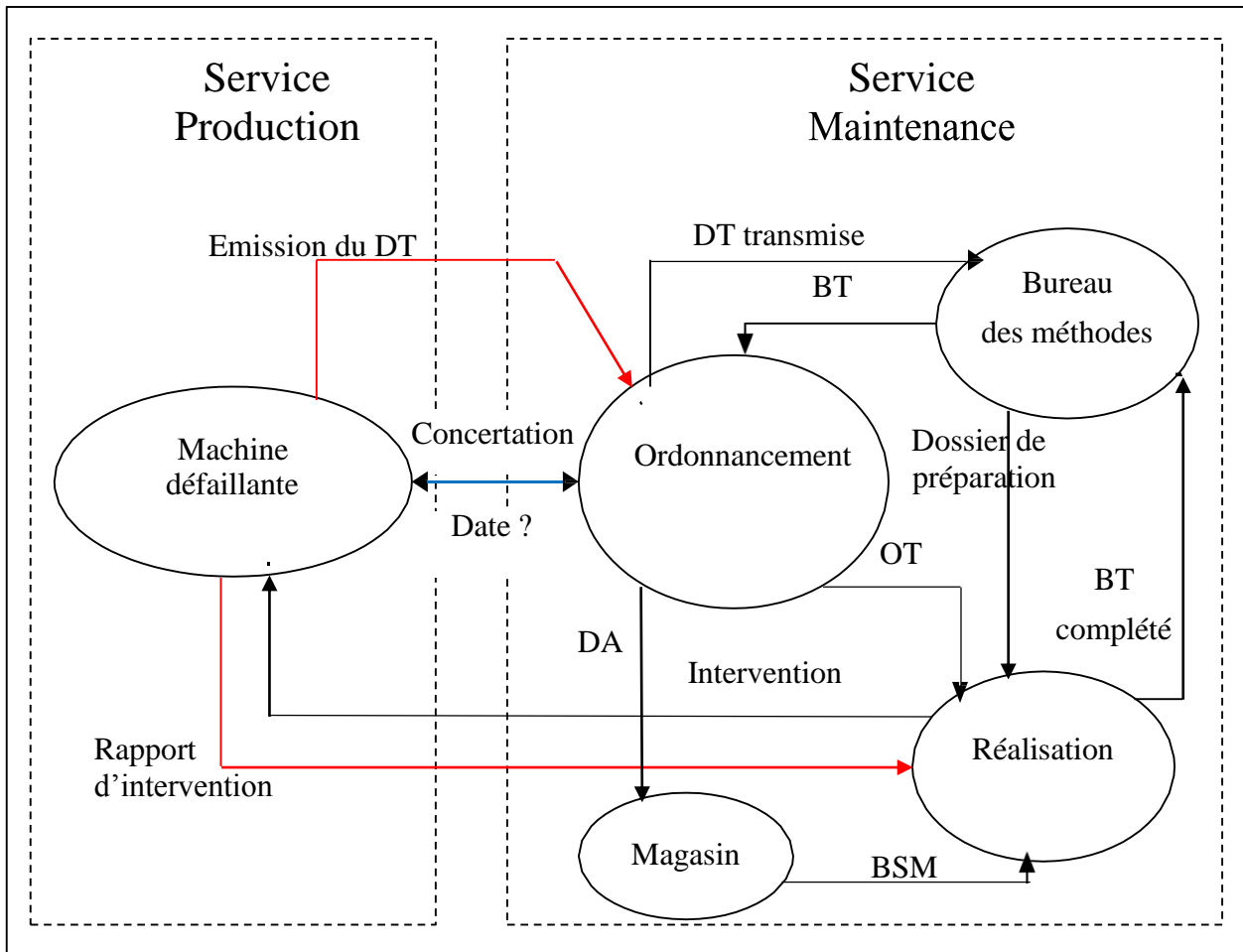


Figure 2.5. Procédure d'intervention corrective [4]

La figure 2.5 nous montre la position stratégique de la fonction ordonnancement pour la qualité de la communication.

- ✓ En effet, lorsqu'une machine tombe en panne, le service production émet une demande de travail à l'ordonnancement du service maintenance.
- ✓ L'ordonnancement transmet cette demande au bureau des méthodes.
- ✓ Après avoir localisé et déterminé le (ou les) organe(s) défaillant(s), le bureau des méthodes lance un bon de travail pour l'ordonnancement et transmet le dossier de préparation au technicien de maintenance qui va exécuter la réparation.
- ✓ Avant de partir sur site, l'ordonnancement doit préparer une demande d'approvisionnement pour le technicien. Cette demande lui permettra de recevoir les pièces de rechange du magasin. Lors de la réception, le technicien recevra un bon de sortie de magasin.
- ✓ Après la réception des pièces de rechange, le technicien entamera la procédure de réparation.
- ✓ A la fin de l'intervention, le technicien doit mettre en marche la machine pour s'assurer de l'efficacité de réparations exécutées.
- ✓ Après avoir terminé l'exécution des réparations, le technicien doit transmettre le rapport de l'intervention au bureau des méthodes pour le classer dans l'historique.
- ✓ Finalement la production doit informer l'ordonnancement de la reprise de l'exploitation de la machine.

Remarque : La demande de travail (DT) peut être déclenchée par la production (cas de l'action corrective du graphe) ou par l'ordonnancement lui-même (cas d'actions préventives) [4].

2.6. Méthodes de la maintenance

Le choix entre les méthodes de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Voir figure 2.6.

Pour choisir, il faut donc connaître :

- ✓ Les objectifs de la direction.
- ✓ Les directions politiques de maintenance.
- ✓ Le fonctionnement et les caractéristiques du matériel.
- ✓ Le comportement du matériel en exploitation.
- ✓ Les conditions d'application de chaque méthode.
- ✓ Les coûts de maintenance et les coûts de perte de production

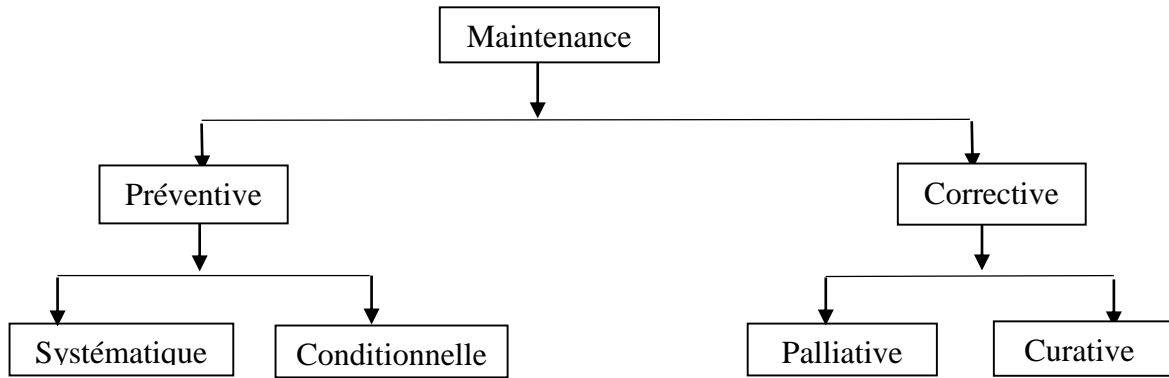


Figure 2.6. Méthodes de la maintenance

2.6.1. Maintenance corrective

2.6.1.1. Définition

Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise» (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319) .La maintenance corrective correspond à une attitude de défense (subir) dans l'attente d'une défaillance fortuite, attitude caractéristique de l'entretien traditionnel. Voir figure 2.7.

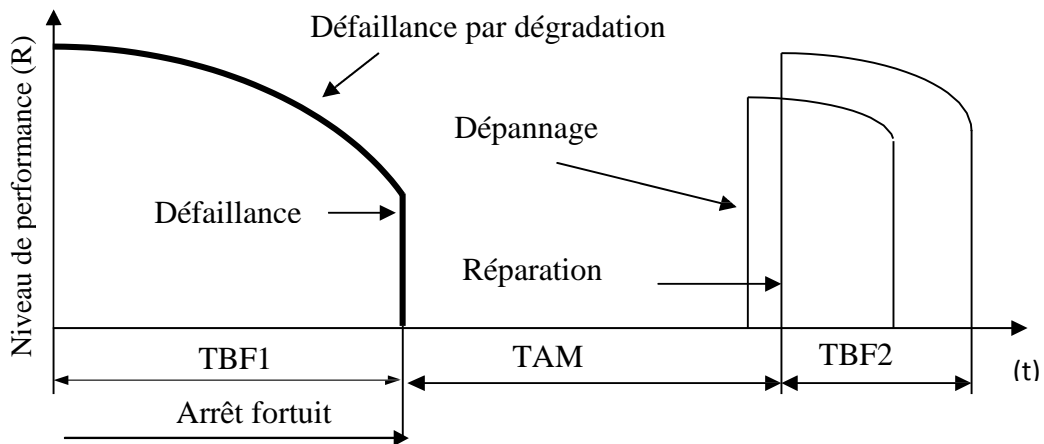


Figure 2.7. Maintenance corrective [3].

2.6.2. Maintenance préventive

2.6.2.1. Définition

« Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien. » (Extrait norme NF EN 13306 X 60-319). Elle doit permettre d'éviter les défaillances du matériel en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter. Voir figure 2.8.

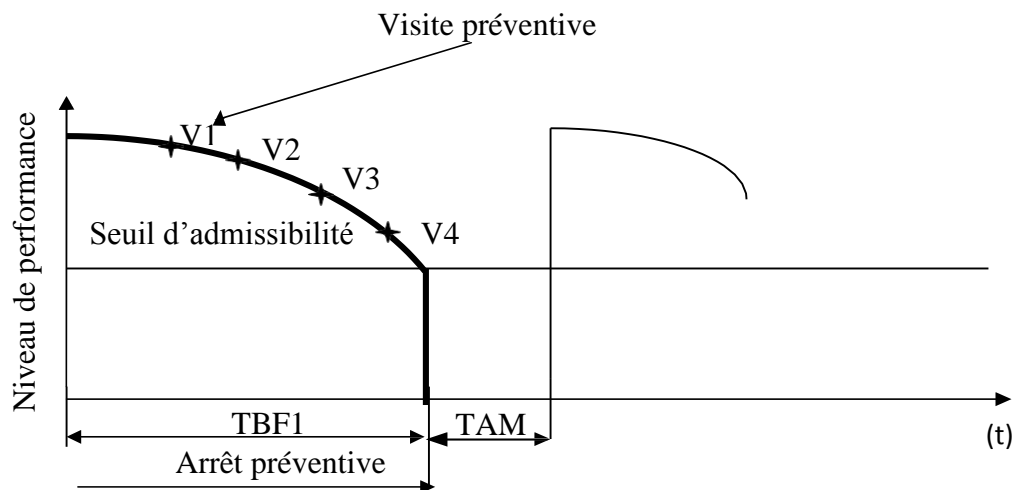


Figure 2.8. Maintenance préventive

2.6.2.2. Objectifs de la maintenance préventive

- ✓ Augmenter la durée de vie du matériel.
- ✓ Diminuer la probabilité des défaillances en service.
- ✓ Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne.
- ✓ Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective.
- ✓ Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- ✓ Améliorer les conditions du travail du personnel de production.
- ✓ Diminuer le budget de maintenance.
- ✓ Supprimer les causes d'accidents graves.

2.6.2.3. Maintenance préventive systématique

C'est la maintenance préventive effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou selon le nombre d'unités d'usage. Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité, la longueur et la masse des produits fabriqués, la distance parcourue, le nombre de cycles effectués, etc.

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle. Cette méthode nécessite de connaître :

- ✓ Le comportement du matériel.
- ✓ Les modes de dégradation.
- ✓ Le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries.

Cas d'application :

- ✓ Equipements soumis à une législation en vigueur (sécurité réglementée) : appareils de levage, extincteurs, réservoirs sous pression, convoyeurs, ascenseurs, monte-charge, etc.
- ✓ Equipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves : tout matériel assurant le transport en commun des personnes, avions, trains, etc.
- ✓ Equipement ayant un coût de défaillance élevé : éléments d'une chaîne de production automatisée, processus fonctionnant en continu (industries chimiques ou métallurgiques).
- ✓ Equipements dont les dépenses de fonctionnement deviennent anormalement élevées au cours de leur temps de service : consommation excessive d'énergie, éclairage par lampes usagées, allumage et carburation déréglés (moteurs thermiques), etc.

2.6.2.4. Maintenance préventive conditionnelle

On l'appelle aussi maintenance prédictive (terme non normalisé). C'est la maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.).

La maintenance conditionnelle est donc une maintenance dépendante de l'expérience et faisant intervenir des informations recueillies en temps réel. Elle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant le cas, il est souhaitable de les mettre sous surveillance et, à partir de là, de décider d'une intervention lorsqu'un certain seuil est atteint. Mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôle non destructifs.

Tout le matériel est concerné ; cette maintenance préventive conditionnelle se fait par des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement.

Les paramètres mesurés peuvent porter sur :

- ✓ Le niveau et la qualité de l'huile.
- ✓ Les températures et les pressions.
- ✓ La tension et l'intensité du matériel électrique.
- ✓ Les vibrations et les jeux mécaniques.
- ✓ Le matériel nécessaire pour assurer la maintenance préventive conditionnelle devra être fiable pour ne pas perdre sa raison d'être. Il est souvent onéreux, mais pour des cas bien choisis, il est rentabilisé rapidement.

2.7. Autres formes et méthodes de maintenance

2.7.1. Maintenance améliorative

L'amélioration des biens d'équipements consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel correspond à la maintenance améliorative. Dans ce domaine beaucoup de choses restent à faire. C'est un état d'esprit qui nécessite une attitude créative. Cependant, pour toute maintenance d'amélioration une étude économique sérieuse s'impose pour s'assurer de la rentabilité du projet. Les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectif l'augmentation des performances de production du matériel ; l'augmentation de la fiabilité, c'est-à-dire diminuer les fréquences d'interventions ; l'amélioration de la maintenabilité (amélioration de l'accessibilité des sous-systèmes et des éléments à haut risque de défaillance) ; la standardisation de certains éléments pour avoir une politique plus cohérente et améliorer les actions de maintenance, l'augmentation de la sécurité du personnel.

Tous les matériels sont concernés à condition que la rentabilité soit vérifiée. Cependant une petite restriction pour les matériels à renouveler dont l'état est proche de la réforme, pour usure généralisée ou par obsolescence technique [5].

2.7.2. Télémaintenance

La télémaintenance représente « la maintenance d'un bien exécutée sans accès physique du personnel au bien ». Elle permet, en effet, d'adjoindre à distance des activités de maintenance (Fig. 2.9.).

Cela envisage la mise en place des moyens assurant des télécommunications directes entre les unités fonctionnelles (biens) et un centre spécialisé en vue d'exécuter des tâches de maintenance. Ce concept de télémaintenance repose donc sur la perception de données ainsi que la prise de contrôle à distance [6].



Figure 2.9. Télémaintenance [6]

2.8. Équilibre de la maintenance

Dans le milieu industriel, en général, une maintenance mixte est appliquée aux systèmes. En effet, la maintenance préventive est destinée à réduire la probabilité de défaillance, mais il subsiste une part de maintenance corrective incompressible. Il est donc nécessaire de considérer des stratégies qui combinent les deux : maintenance corrective et maintenance préventive [7]. De plus l'optimisation de la maintenance consiste à trouver la balance optimale entre maintenance préventive et corrective tout en respectant les objectifs fixés. L'entreprise doit rechercher un compromis afin d'optimiser les relations entre les coûts de maintenance [8,9].

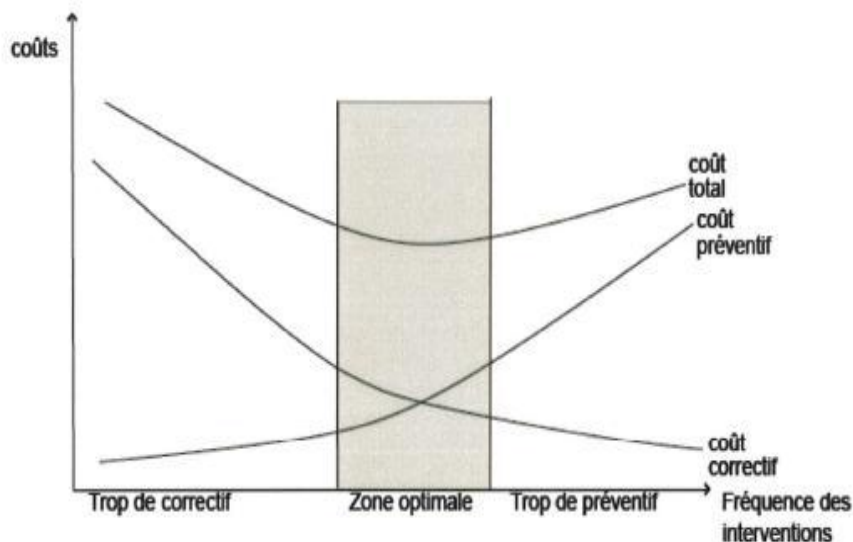


Figure. 2.10. Fréquence des interventions de maintenance en fonction du coût [9]

La figure 2.10. est une illustration des effets de la fréquence des opérations de maintenance sur les coûts liés soit à la maintenance corrective, soit à la maintenance préventive. L'augmentation du nombre d'interventions sur le système permet de réduire les effets indésirables engendrés par une panne mais, pénalise le fonctionnement du système.

Il peut donc entraîner une augmentation du coût global d'exploitation du système dans la mesure où chaque opération de maintenance engendre un coût.

2.9. Orientations des politiques de maintenance [10]

Les décisions de la fonction maintenance reposent sur trois notions, qui définissent trois grandes orientations des politiques de maintenance. Les trois notions sont :

- ✓ Coût.
- ✓ Disponibilité.
- ✓ Fiabilité et maintenabilité.

Nous introduisons dans ce qui suit quelques caractéristiques des stratégies existantes.

2.9.1. Méthode de coût du cycle de vie (CCV)

Le coût du cycle de vie (CCV) (en anglais life cycle cost ou LCC) est le « coût cumulé d'un produit tout au long de son cycle de vie », depuis sa conception jusqu'à son démantèlement.

La grandeur coût du cycle de vie désigne la somme des coûts d'investissement de l'équipement, des coûts cumulés d'utilisation et des coûts de maintenance, sur la durée de vie de l'équipement. Cette démarche permet l'optimisation du coût global d'un système sur l'ensemble de son cycle de vie. Ce concept est principalement utilisé dans une démarche décisionnelle pour choisir une politique de maintenance à appliquer et l'âge adéquat de remplacement de l'équipement. Cependant, la difficulté majeure de cette approche est l'estimation des différents coûts intervenant durant le cycle de vie d'un équipement.

2.9.2. Stratégie de type Total Productive Maintenance (TPM)

La stratégie Total Productive Maintenance a été initiée au Japon dans les années 1970 et s'inscrit dans une stratégie du zéro défaut, zéro délai, zéro stock et zéro panne.

Elle met l'accent sur l'organisation des ressources productives pour améliorer la disponibilité des équipements qui, par définition est l'aptitude d'un bien à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs est assurée.

Sommairement, la TPM a pour objectifs :

- ✓ D'améliorer l'efficacité du service maintenance (maintenance préventive, systématique ou conditionnelle, la Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur – GMAO).
- ✓ De mettre en place l'auto-maintenance.

- ✓ De suivre quantitativement la productivité des équipements en améliorant le Taux de Rendement Synthétique (TRS).
- ✓ D'améliorer la productivité globale des équipements sur tout le cycle de vie.

Ces concepts mettent ainsi l'accent non seulement sur le produit mais aussi sur l'outil de production et notamment sur sa disponibilité opérationnelle.

2.9.3. Stratégie de type Maintenance Basée sur la Fiabilité (MBF)

La stratégie de type MBF s'établit sur l'amélioration de la fiabilité et la maintenabilité. Par définition, la fiabilité est l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné. La maintenabilité, quant à elle, est l'aptitude d'un bien, dans des conditions données d'utilisation, à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est réalisée dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits. Cette approche, initiée à la fin des années 1970 dans le domaine du transport aérien, cherchait à développer des programmes d'entretien préventifs techniquement consolidés. Sa caractéristique est son orientation sur la compréhension des fonctions de chaque pièce d'un équipement et de l'impact de la défaillance sur ces fonctions.

Le noyau de cette approche est basé sur une analyse de type AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité), où une phase de collecte et documentation de données sur le matériel est nécessaire pour identifier et décomposer l'équipement en systèmes fonctionnels. L'objectif est de déterminer le remplacement préventif à mettre en œuvre en fonction des priorités, des facteurs économiques et impératifs de sécurité.

2.10. Amélioration continue [11]

L'amélioration continue consiste simplement à rendre meilleures et plus efficaces les ressources (humaines, matérielles, ou technologiques) dont on dispose déjà.

Une démarche d'amélioration continue peut donc déboucher sur des actions telles que :

- ✓ La formation des personnes
- ✓ La réorganisation des implantations des ressources physiques (ateliers, machines, lieu de stockages ...)
- ✓ La réorganisation des plannings et la modification des procédures de travail.

Toutes ces actions ont généralement pour point commun, le peu de moyens à déployer pour les mettre en œuvre, un temps relativement court pour les réaliser, et enfin, les risques sont limités.

L'amélioration continue a été formalisée à travers la méthode Kaizen

2.10.1. Méthode de Kaizen

Kaizen tire son origine de deux mots japonais :

1. Kai qui signifie « changement »
2. Zen qui signifie « bon »

Kaizen revient donc à dire « bon changement » soit en d'autres termes, amélioration continue.

C'est un concept ou une philosophie appliquée dans les entreprises et dont le but est de promouvoir quotidiennement de petites améliorations à tous les niveaux et sans induire de gros investissements.

Le Kaizen repose essentiellement sur l'amélioration des ressources dont on dispose déjà.

2.10.1.1. Caractéristiques de la méthode Kaizen

- ✓ Concept, état d'esprit, façon de faire, culture de l'amélioration.
- ✓ Ensemble d'améliorations concrètes, simples et peu onéreuses.
- ✓ Réalisables en un laps de temps très court et par des groupes de travail.
- ✓ Fondées sur le bon sens commun et une bonne motivation du groupe.

Faire meilleur usage des ressources existantes et non pas les changer (améliorer et non pas innover) est ce sur quoi repose tout le concept du Kaizen.

Il faut rendre meilleure la ressource dont nous disposons pour se mettre à la hauteur de nos concurrents.

A l'inverse de réformes brutales du type « jeter tout et reprendre du neuf, faire une nouvelle acquisition afin de rattraper le retard », le Kaizen suit une démarche progressive d'amélioration.

- ✓ Une démarche Kaizen consiste à mettre en œuvre un ensemble de techniques et méthodes de gestion de la qualité.

- ✓ Rassembler en un groupe de travail des employés (les plus concernés par la réforme).
- ✓ discuter ensemble d'une problématique et la résoudre à travers une série d'actions concrètes, simples et peu onéreuses.

Ce concept sert donc beaucoup plus à créer un environnement incitatif et formalisé.

Le Kaizen n'est pas une méthode en soi, car il utilise l'ensemble des outils de créativité et de résolution de problèmes classiques : Roue de Deming ou cycle PDCA, Méthode 5S, QQQCCP, les Poka-yoke, la Méthode SMED, le Benchmarking, TPM, etc.

2.10.1.2. Roue de Deming (PDCA)

L'idée étant de répéter les 4 phases : Plan, Do, Check, Act tant que le niveau attendu n'est pas atteint.



Figure 2.11. Roue de DEMING [11]

- ✓ Plan : Planifier et préparer le travail à effectuer. Etablir les objectifs, définir les tâches à exécuter.
- ✓ Do : Faire, réaliser. Exécuter les tâches prévues.
- ✓ Check : Vérifier les résultats. Mesurer et comparer avec les prévisions.
- ✓ Act : Agir, corriger, prendre les décisions qui s'imposent. Identifier les causes des dérives entre le réalisé et l'attendu. Identifier les nouveaux points d'intervention, redéfinir les processus si nécessaire. Boucler, c'est une roue.

2.10.1.3. Méthode des 5 S

- ✓ La méthode 5S fait partie des outils de gestion de la qualité dont le but intégral est d'optimiser les conditions et le temps de travail.
- ✓ Elle ne s'applique pas à un processus, mais à un milieu physique (magasin, bureau, poste de travail...).
- ✓ La démarche 5S constitue régulièrement la 1ère étape de toute démarche qualité.
- ✓ Elle vise à garantir la propreté et la bonne organisation du poste de travail.
- ✓ 5S tire son origine de la première lettre de chacun des 5 mots japonais des opérations qui composent cette méthode.

1/ Seiri : Débarras. Autrement dit éliminer tout ce qui ne sert pas la tâche présente

2/ Seiton : Rangement. Ranger de façon rationnelle outils et accessoires du plan de travail.

3/ Seiso : Nettoyage. Nettoyer régulièrement l'espace de travail.

4/ Seiketsu : Standardiser. Etablir les règles de débarras, de rangement, de classement et de nettoyage.

5/ Shitsuke : Discipline, éducation. Adopter des règles et une discipline pour appliquer le 5S avec rigueur



Figure 2.12. Méthodologie 5S [11]

2.10.1.4. Méthode de QQQCCP

Outil qualité très efficace pour cerner le plus complètement possible un problème, une cause, une situation donnée. Très utile aussi dans le travail de rédaction des procédures. Son nom vient des questions auxquelles on doit répondre :

- ✓ Quoi ? : De quoi s'agit-il ? (objet, operation, nature,..)
- ✓ Qui ? : Qui est concerné ? (exécutants, qualification)
- ✓ Où ? : Où cela se produit-il ?
- ✓ Quand ? : Quand cela survient-il ? (durée, fréquence....)
- ✓ Comment ? : Comment procède-t-on ? (matériel, matières, méthode...)
- ✓ Combien ? : Combien de fois cela se produit-il ?
- ✓ Pourquoi ? : Pourquoi cela se passe-t-il ainsi ?

La méthode QQQCCP :

- ✓ Est une méthode d'analyse formelle, critique et constructive basée sur le questionnement
- ✓ Elle facilite la collecte quasi exhaustive et rigoureuse d'informations pour une situation donnée
- ✓ Elle aide à rassembler le plus ou moins grand nombre de réponses
- ✓ Elle permet de présenter l'exposé des faits et de leurs causes de façon structurée
- ✓ Elle aide à mesurer rapidement le niveau de connaissance dont on dispose sur la situation.

2.10.1.5. Méthode de SMED

Le SMED est une méthode d'organisation qui cherche à réduire de façon systématique le temps de changement de série, avec un objectif quantifié (Norme AFNOR NF X50-310).

Single Minute Exchange of Die = Changement de Fabrication en moins de 10 minutes. la démarche est :

- ✓ Préparation, outils, machine, environnement, moyens : 20 à 30% du temps total.
- ✓ Echange d'outils : 5 à 15%.

- ✓ Mise en place/centrage des outils : 15 à 20%.
- ✓ Essais, réglages, obtention du premier «bon produit» en série : 40 à 50%.

Traditionnellement, ces opérations sont toutes réalisées après arrêt de la machine. Or, selon le concept de base du SMED, certaines opérations, dites «internes», nécessitent bien l'arrêt de la machine, mais d'autres, appelées «externes», peuvent être réalisées en temps masqué, hors machine, sans perte de production.

2.10.1.6. Méthode Poka-Yoke

Dans l'industrie japonaise, le système anti-erreur connu sous l'appellation « Poka-Yoke» a été inventé par l'ingénieur Shigeo Shingo (1909-1990), qui est aussi le créateur de la méthode SMED.

Poka-Yoke provient des mots « Poka » qui signifie bêtise, erreur, oubli et « Yoke » qui signifie éviter, empêcher.

Effet, l'enchaînement suivant : Réaliser - Contrôler - Corriger n'est pas le fruit d'une démarche dans l'esprit qualité. On entend plutôt par esprit qualité la volonté de mettre en place les justes moyens pour garantir l'obtention du résultat attendu du premier coup [11,12].

2.10.1.7. Méthode Benchmarking

Le benchmarking aussi connu sous les noms « étalonnage » ou « analyse comparative » ou encore « parangonnage » est une technique d'amélioration basée sur l'adoption de bonnes pratiques et méthodes déjà expérimentées et utilisées par une autre organisation.

2.10.1.8. Méthode juste à temps

Le juste à temps est une méthode d'approvisionnement qui consiste à se faire livrer les matières ou produits au moment exact du besoin pour une utilisation directe.

2.10.1.9. Champs d'action du Kaizen

Le concept Kaizen est utilisé pour résoudre différentes problématiques :

- ✓ Gestion des flux logistiques de distribution : supprimer dans la chaîne logistique les activités n'offrant aucune plus-value, optimiser l'utilisation des aires de stockage, optimiser l'exploitation du parc automobile, rationaliser les procédures et l'utilisation des ressources.
- ✓ Gestion des flux logistiques de production : optimiser les délais de fabrication, diminuer les temps de changement de séries (SMED : Single Minute Exchange of Dies), réduire le WIP (Work In Process)

- ✓ Gestion de la qualité : améliorer la qualité, la sécurité de l'environnement de travail, améliorer les conditions de travail, motiver les équipes.

2.11. Conclusion

Les nouvelles pratiques de maintenance industrielle pénètrent déjà largement dans les pays les plus avancés sur le plan des technologies de fabrication. Disponibilité de l'équipement, économies d'entretien et efficacité industrielle : les entreprises manufacturières Algérienne ont beaucoup à gagner dans la modernisation de cette fonction clé de la production.

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

Désormais, la maintenance fait partie intégrante des stratégies d'entreprise, au même titre que la qualité, l'innovation ou le marketing.

Enfin, ce qui concerne la méthode de Kaizen c'est un événement réussi exige une gestion efficace du changement. Même si certaines personnes sont nées avec une mentalité de leader, d'autres devront apprendre à gérer le changement. Outre les connaissances techniques et mécaniques requises et les compétences de l'agent du changement qui dirige et motive les membres de l'organisation et faire en sorte qu'elles suivent la bonne voie, lui permettre de deviendrait le facteur déterminant du succès du changement.

La méthode Kaizen n'est pas une méthode à part entière, mais beaucoup plus un état d'esprit que l'on met en place dans un groupe et que l'on fait vivre, par l'implication de tous.

CHAPITRE 3
ETUDE DE LA FIABILITÉ DES
ÉQUIPEMENTS INDUSTRIELLE

Chapitre 3 : Etude de la fiabilité des équipements industriels

3.1. Introduction

On sait que l'analyse de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté de fonctionnement. A l'origine, la fiabilité concernait les systèmes à haute technologie (centrales nucléaires, aérospatial). Aujourd'hui, la fiabilité est devenue un paramètre clé de la qualité et d'aide à la décision, dans l'étude de la plupart des composants, produits et processus "grand public" : Transport, énergie, bâtiments, composants électroniques, composants mécaniques....

De nombreux industriels travaillent à l'évaluation et l'amélioration de la fiabilité de leurs produits au cours de leur cycle de développement, de la conception à la mise en service (conception, fabrication et exploitation), et maîtriser les sources de défaillance.

L'analyse de la fiabilité dans le domaine de la mécanique est un outil très important pour caractériser le comportement du produit dans les différentes phases de vie, mesurer l'impact des modifications de conception sur l'intégrité du produit, qualifier un nouveau produit et améliorer ses performances tout au long de sa mission. La maintenabilité par analogie à la fiabilité, exprime un intérêt considérable au maintien des équipements en état de service et par conséquent assuré leur disponibilité.

3.2. Fiabilité

3.2.1. Définition

Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné (NF EN 13306) ou « caractéristique d'un bien exprimée par la probabilité qu'il accomplisse une fonction requise dans des conditions données pendant un temps donné » (NF X 60-500).

3.2.2. Application de la fiabilité

Un dispositif mis en marche pour la première fois à (t_0) tombera en panne à un instant non connu a priori " t " : date de la panne est une variable aléatoire de la fonction de répartition " $F(t)$ ". Voir figure 3.1.

- ✓ $F(t)$ 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 :

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

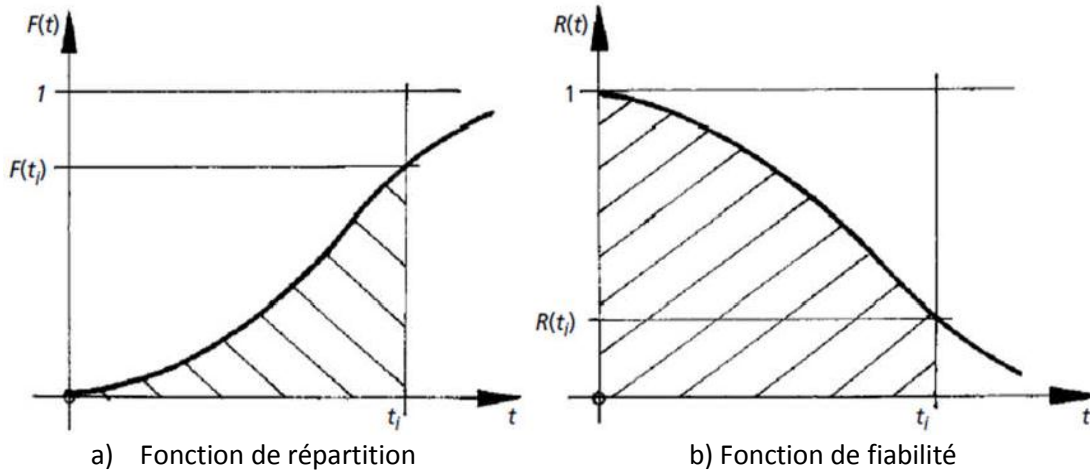


Figure 3.1. Probabilités complémentaires

3.2.3. 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.

3.2.3.1. Loi Binomiale

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

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

Avec les paramètres de signification :

- ✓ $(n \geq 0)$: Nombre d'épreuves
- ✓ $(0 \leq p \leq 1)$: probabilité de succès

3.2.3.2. 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.

$$P(x=k) = \frac{e^{-m} \cdot m^k}{k!} \quad (3.3)$$

L'espérance mathématique $E(x) = m = \lambda \cdot t$

3.2.3.3. 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.

3.2.3.4. 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. Voir figure 3.2.

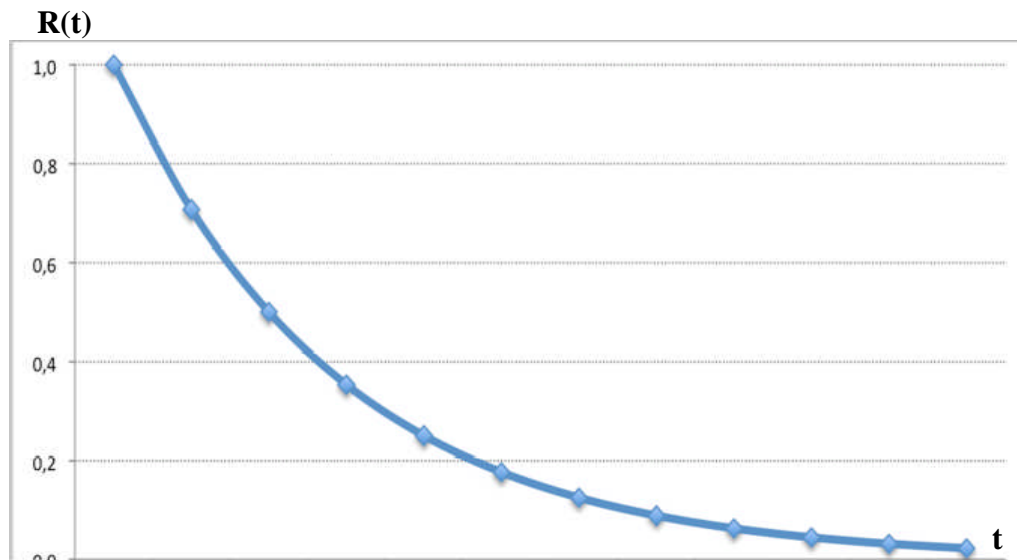


Figure 3.2. Tracé de la loi exponentielle

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 [13].

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

$$f(t) = \lambda(t) \times R(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{3.4}$$

Le taux de défaillance est quant à lui :

$$\lambda(t) = f(t)/R(t) \quad (3.5)$$

3.2.3.5. Loi de Weibull

Contrairement à la loi exponentielle, la loi de Weibull convient quel que soit la valeur du taux de défaillance. Grâce 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 [14].

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 β , η et γ de son expression :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (3.6)$$

Permettent une analyse plus fine et donc une image plus précise de l'état du système. Le paramètre β 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 β 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 β est supérieure à 1, alors le modèle de Weibull est encore plus instructif. Dans ce cas, β 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.

3.3. Défaillance

La norme X60-10 (AFNOR 88), stipule que c'est la cessation de l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise. On classe les défaillances en fonction :

- ✓ Causes (mauvais emploi, faiblesse inhérente, usure)
- ✓ Degré (partielle, complète, intermittente).
- ✓ 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.

3.3.1.1. Manifestations

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.

3.3.1.2. Degré d'importance

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

3.3.1.3. 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.

3.3.1.4. Conséquences

- ✓ Défaillance critique 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 λ 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 et 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

Les TTA concernent principalement la maintenance corrective dans la mesure où les interventions 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. Voir figure 3.2.

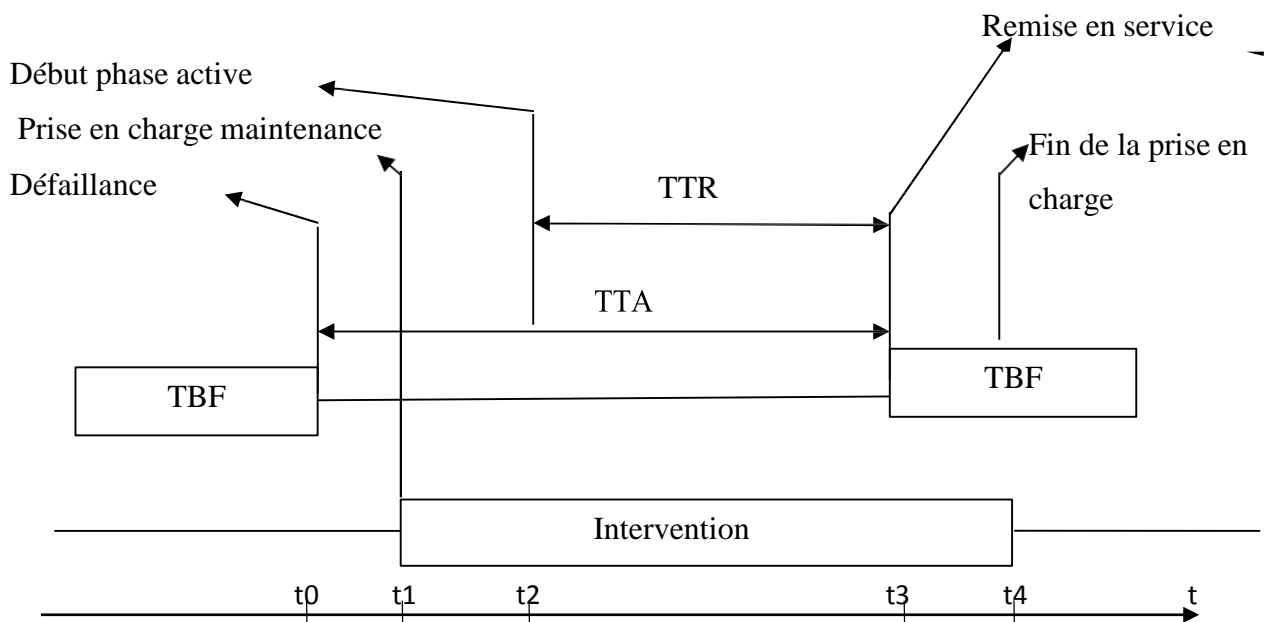


Figure 3.3. Phases d'une intervention corrective

- ✓ $t_0 - t_1$: 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
- ✓ $\mu(t)$ 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 : $\lambda(t) = 1 / \text{MTBF}$

L'écriture mathématique du taux de défaillance à l'instant t , noté $\lambda(t)$, est la suivante [15] :

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left(\frac{1}{\Delta t} \cdot \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)} \right) \quad (3.7)$$

Le taux de défaillance d'un dispositif à l'instant t est donc défini par :

$$\lambda(t) = -\frac{dR(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)} = \frac{dF(t)}{dt} \cdot \frac{1}{R(t)} = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3.8)$$

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. Voir figure 3.4.

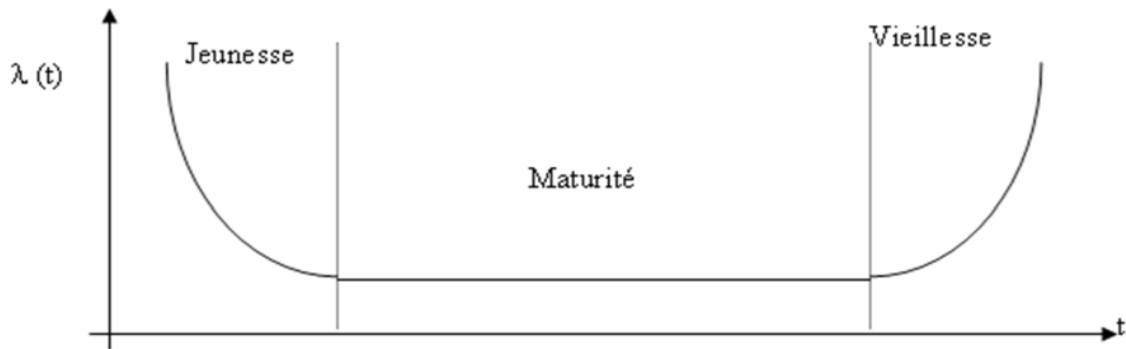


Figure 3.4. Courbe en baignoire [16]

3.3.3.2. Taux de réparation

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

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. Méthodes d'optimisation de la maintenance

Dans le contexte actuel d'ouverture des marchés, les entreprises doivent améliorer leur produit et donc leur productivité. « Produire plus et moins cher », avoir une meilleure disponibilité des moyens de production. Or la maintenance doit comprendre une maintenance mieux ciblée, qui augmente la disponibilité et une maintenance mieux maîtrisée, qui donne moins de dépenses [16].

Au vu de l'importance du processus de maintenance et de son impact sur les performances des installations, des méthodes d'optimisation ont été développées permettant d'aider les responsables de la maintenance à construire ou à modifier les stratégies, telle que la méthode AMDEC, la méthode Ishikawa (ou le diagramme Causes Effets), Le diagramme de Pareto, méthode des 5S, etc.

3.4.1. 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. Voir figure 3.5.

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) Tracé la courbe en pourcentage des valeurs cumulées du critère en fonction du pourcentage des éléments cumulés qui en sont responsables.
- 5) Exploiter les résultats.

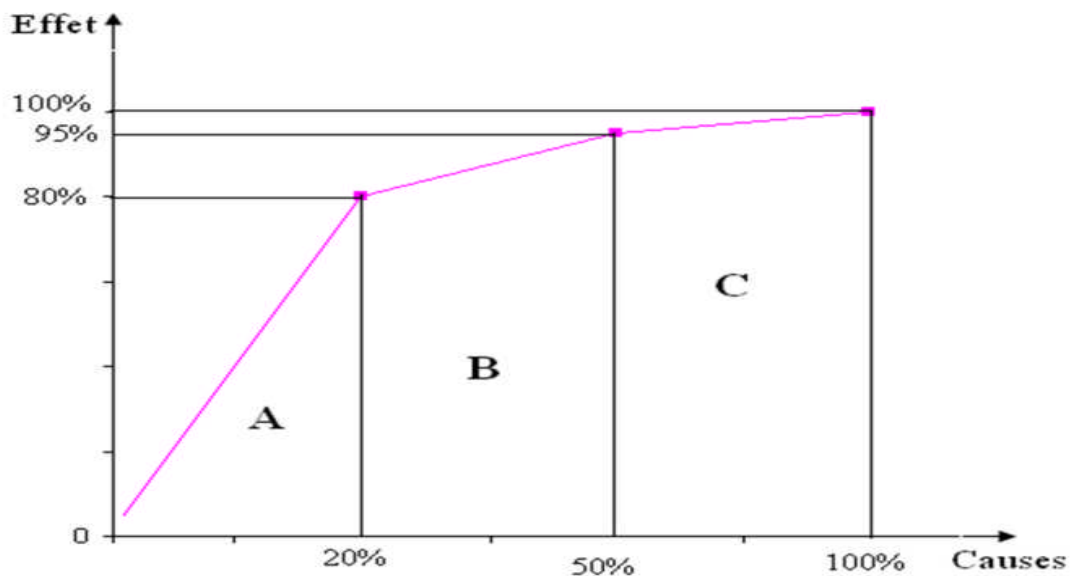


Figure 3.5. Courbe de Pareto [17]

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.

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 [17].

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

L'AMDEC est une méthode d'analyse préventive qui recense et met en évidence les risques potentiels [18].

C'est un outil d'analyse qui permet de construire la qualité des produits fabriqués ou des services rendus et favorise la maîtrise de la fiabilité en vue d'abaisser le coût global.

Elle est régie par la norme AFNOR X 60-510. Cette méthode conçue pour l'aéronautique américaine en 1960 : est devenue aujourd'hui, soit réglementaire dans les études de sûreté des industries « à risque » (aérospatial, nucléaire, chimie), soit contractuelle (pour les fournisseurs automobile par exemple). Voir figure 3.6.

Établie en équipe, menée à différents niveaux d'avancement, elle permet de définir les priorités d'action par la confrontation des opinions .Elle est applicable [18] :

- ✓ À un produit : AMDEC produit.
- ✓ À un processus : AMDEC processus.
- ✓ À un système de production : AMDEC moyen de production.

Nous allons nous intéresser à l'AMDEC moyen de production.

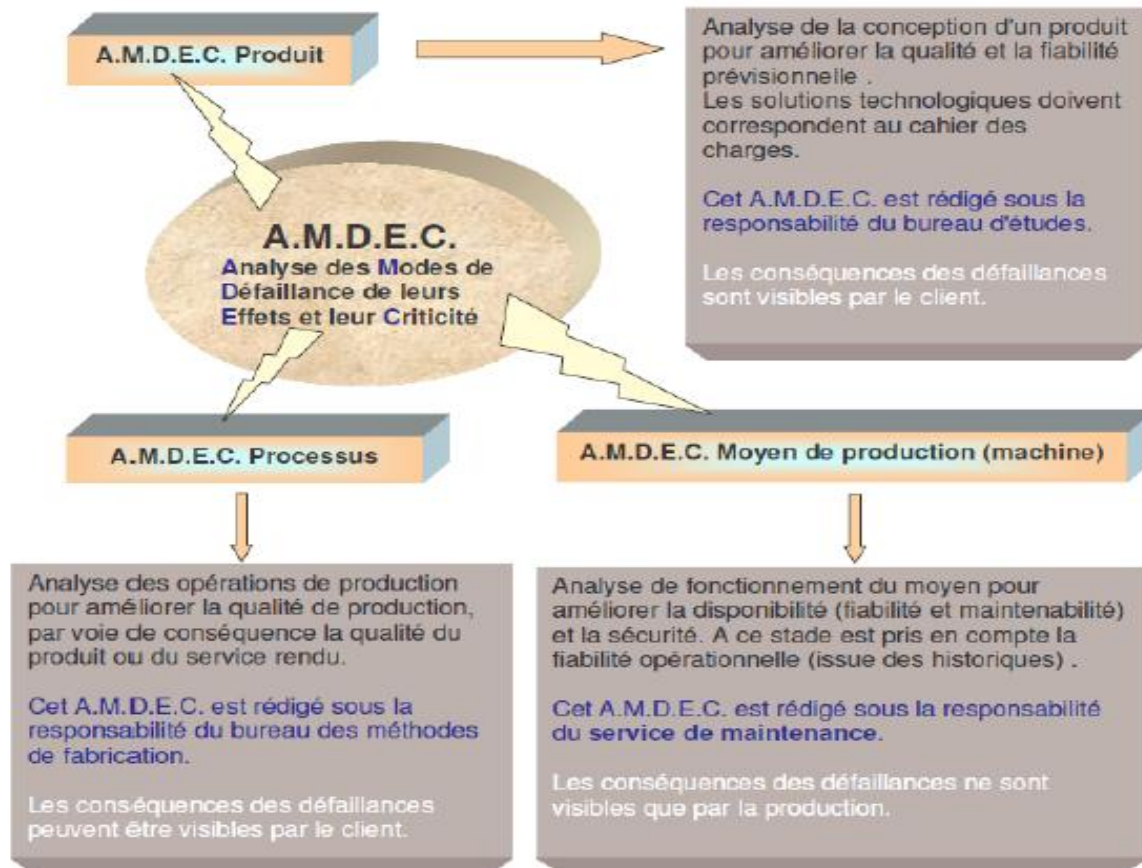


Figure 3.6. Différents types d'AMDEC [18]

3.4.2.1. Objectifs de l'A.M.D.E.C " moyen de production "

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

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

Les objectifs intermédiaires sont les suivants :

- ✓ Analyser les conséquences des défaillances.
- ✓ Identifier les modes de défaillances.
- ✓ Préciser pour chaque mode de défaillance les moyens et les procédures de détection.
- ✓ Déterminer l'importance ou la criticité de chaque mode de défaillance.
- ✓ Classer les modes de défaillance.
- ✓ Établir des échelles de signification et de probabilité de défaillance.

3.4.2.2. Criticité des conséquences

La criticité est en fait la gravité des conséquences de la défaillance, déterminée par calcul.

- ✓ "G" : Gravité ou sévérité de l'effet du défaut ou de la défaillance
- ✓ "F" : Occurrence ou fréquence d'apparition de la défaillance
- ✓ "D" : Détection : probabilité de non détection de la défaillance

L'indice de la criticité est obtenu par le produit des trois notes : $C = G * F * D$

a) Fréquence ou occurrence

Elle donne la périodicité l'apparition de la défaillance notée F ou O. sa valeur est donnée par l'historique des interventions sur l'équipement. A ce niveau on se pose la question : combien de fois la défaillance se manifeste-t-elle ? [18]

b) Gravité

Notée G, c'est l'impact que cette défaillance a sur la production. Pour la déterminer on se pose les questions suivantes : la qualité est-elle bonne ?, quelle est la production perdue ?, quelle est la durée de l'intervention ?, quels sont les coûts directs et indirects engendrés par cette défaillance ? [18]

c) Détection

Notée D, elle représente la capacité de déceler la défaillance. La question posée est : quelle est la protection mise en place pour déceler la défaillance ? [18]

3.4.2.3. Méthodologie

La réalisation d'une AMDEC suppose le déroulement de la méthode comme suit [17]:

- ✓ La constitution d'un groupe de travail
- ✓ L'analyse fonctionnelle du procédé (ou de la machine)
- ✓ L'analyse des défaillances potentielles
- ✓ L'évaluation de ces défaillances et la détermination de leur criticité
- ✓ La définition et la planification des actions

La méthode est identique pour l'AMDEC procédé et l'AMDEC moyen de production.

3.4.2.4. Groupe de travail

L'AMDEC étant une méthode prédictive, elle repose fortement sur l'expérience. Il est donc nécessaire de faire appel à des expériences d'horizons divers afin de neutraliser l'aspect subjectif des analyses.

Ce groupe, est composé de 4 à 8 individus issus de divers services de l'entreprise :

- ✓ service production
- ✓ service maintenance
- ✓ service qualité
- ✓ service méthodes

Ces personnes ont toutes un rapport avec l'objet de l'analyse (machine, procédé) et en ont une expérience significative qui leur permet d'argumenter au cours des réunions.

3.4.2.5. Analyse fonctionnelle

Le système dont on étudie les défaillances doit d'abord être "décortiqué".

A quoi sert-il ? Quelles fonctions doit-il remplir ? Comment fonctionne-t-il ?

L'analyse fonctionnelle doit répondre à ces questions, de façon rigoureuse.

Le système est analysé sous ses aspects :

- ✓ Externes : relations avec le milieu extérieur (qu'est ce qui rentre, qu'est ce qui sort)
- ✓ Internes : analyse des flux et des activités au sein du procédé ou de la machine.

a) Outils

✚ Analyse descendante

Tout problème peut être décomposé en sous-problèmes plus simples : on résout plusieurs petits problèmes plutôt qu'un gros. Voir figure 3.7.

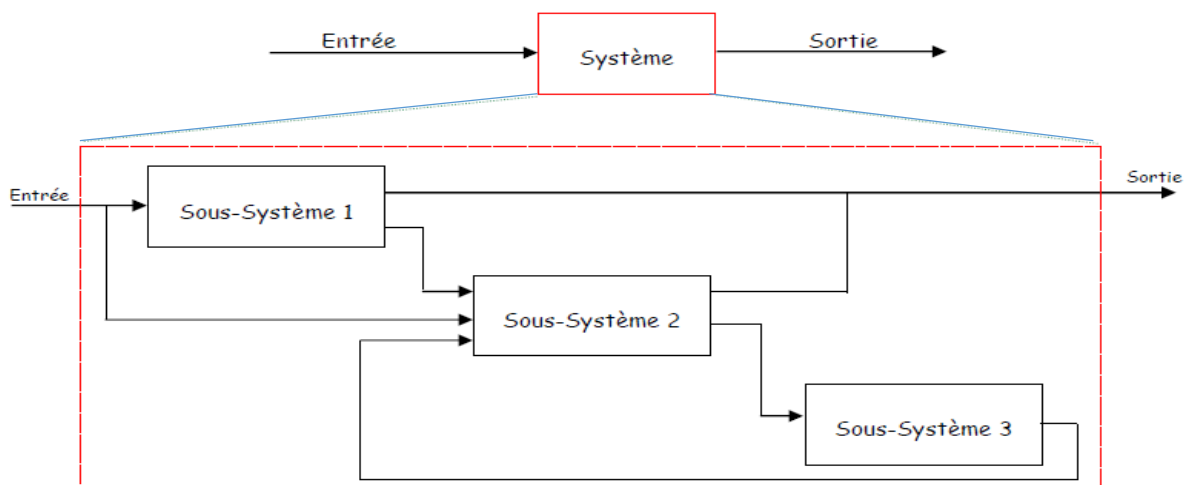


Figure 3.7. Analyse descendante [18]

✚ Méthode de la pieuvre

Elle est utilisée principalement pour décrire les relations du système avec le milieu extérieur. Voir figure 3.8.

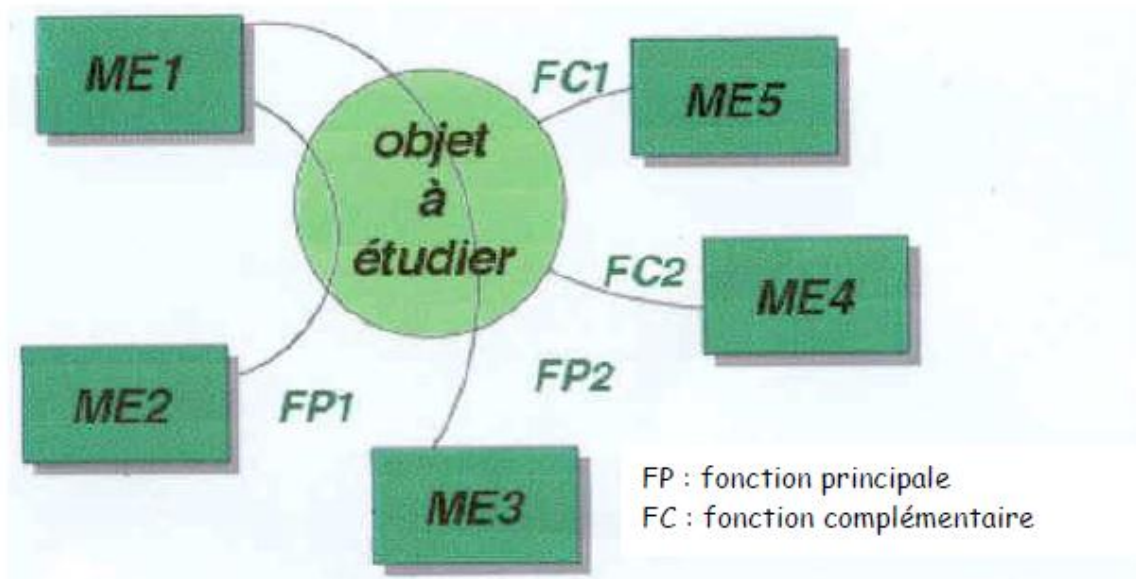


Figure 3.8. Méthode de la pieuvre [18]

Exemple : La machine métier à tisser. Voir figure 3.9.

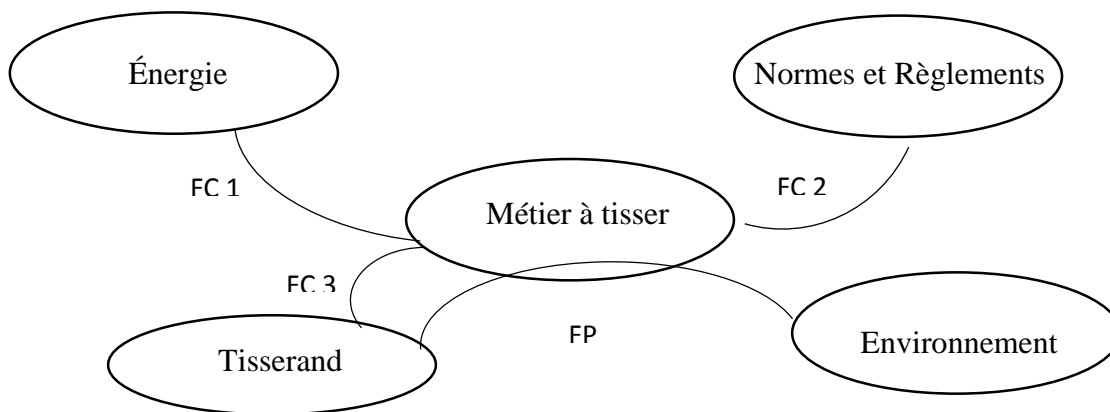


Figure3.9. Diagramme de pieuvre de métier à tisser

FP : Tisser sans polluer

FC 1 : Se raccorder à une source d'énergie externe

FC 2 : Respecter les normes et règlements en vigueur

FC 3 : Contrôler, Nettoyer

✚ Diagramme de flux

Méthode plus appropriée pour l'analyse interne [17]. Voir figure 3.10

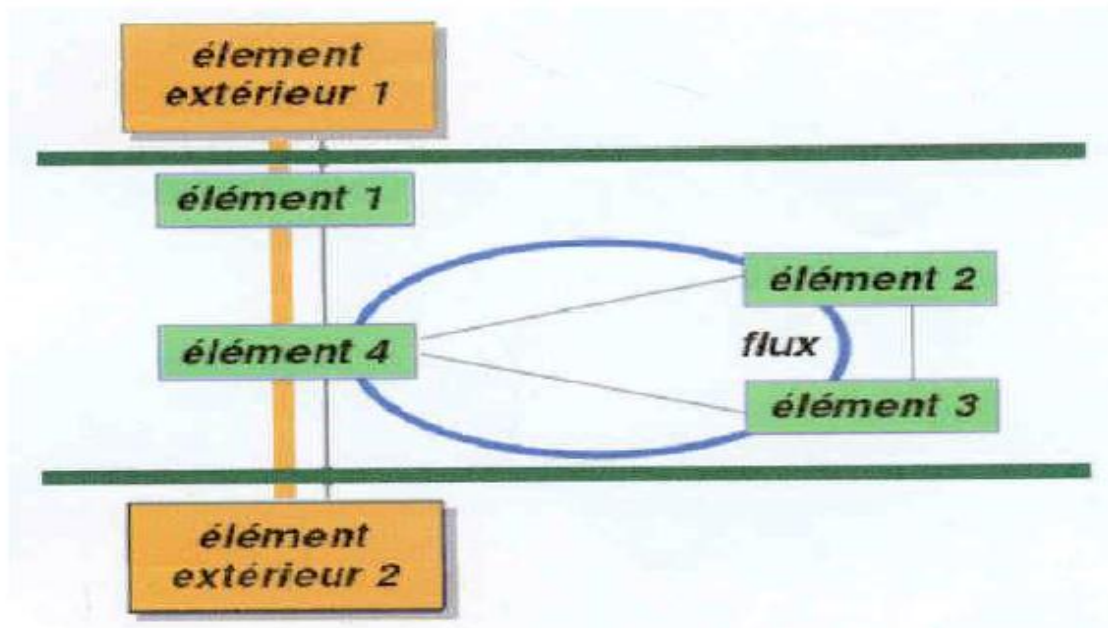


Figure 3.10. Diagramme de flux [17]

✚ Méthode arborescence

Méthode utilisée pour décrire la structure matérielle d'une machine (analyse structurale). Voir figure 3.11.

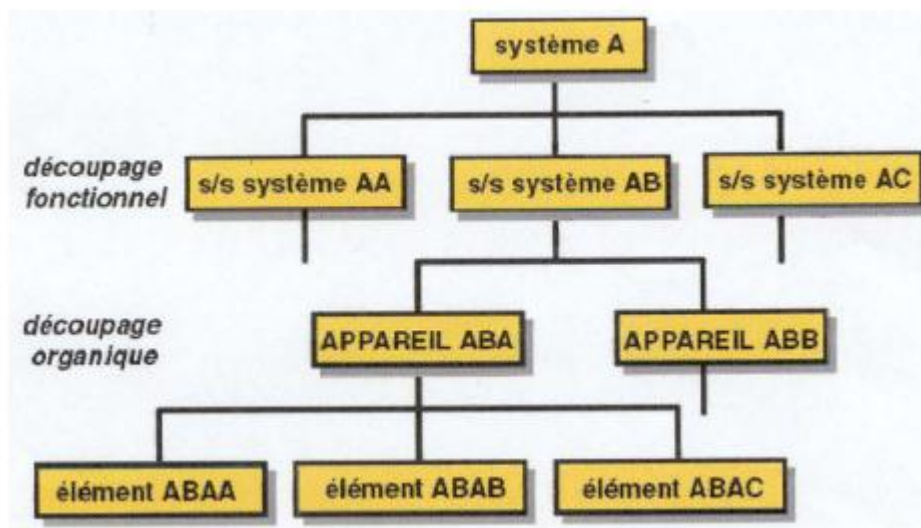


Figure 3.11. Arborescence [17]

✚ Diagramme SADT

SADT (en anglais Structured Analysis and Design Technique)

- Connue aussi sous le label IDEF0 (en anglais Integration Definition for Function Modeling).
- Est une méthode d'origine américaine, développée pour Softech par Doug Ross en 1977 puis introduite en Europe à partir de 1982 par Michel Galiner.
- Elle se répandit vers la fin des années 1980 comme l'un des standards de description graphique d'un système complexe par analyse fonctionnelle descendante, c'est-à-dire que l'analyse chemine du général (dit « niveau A-0 ») vers le particulier et le détaillé (dits « niveaux Aijk »).
- SADT est une démarche systémique de modélisation d'un système complexe ou d'un processus opératoire [17]. Voir figure 3.12.

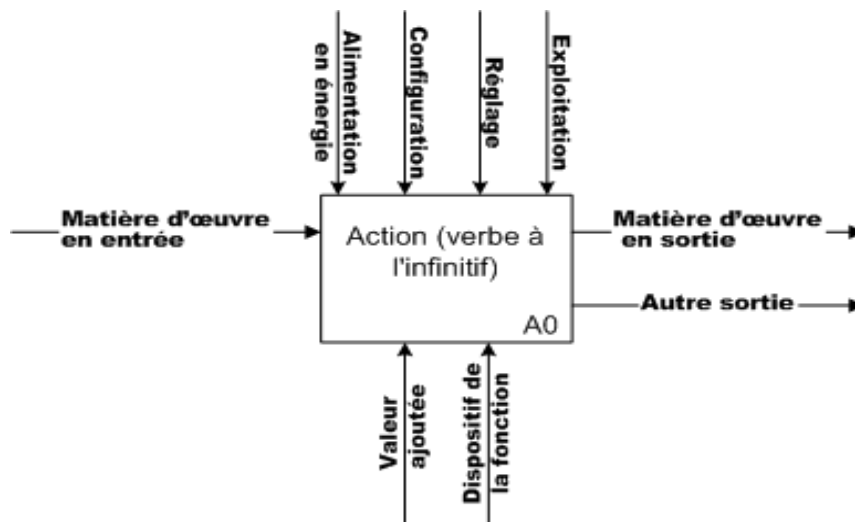


Figure 3.12. Diagramme SADT [17]

Exemple : Diagramme SADT de la machine métier à tisser. Voir figure 3.13.

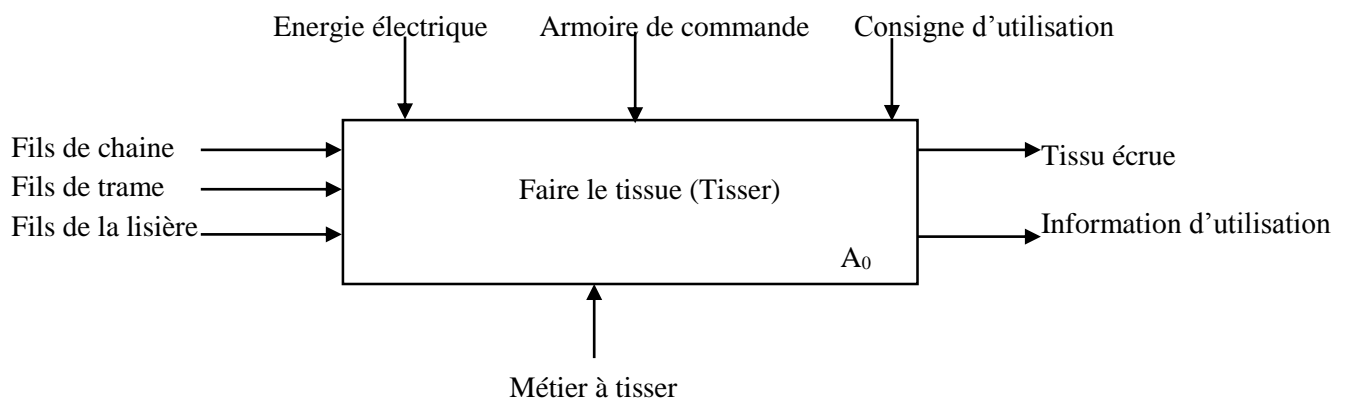


Figure 3.13. Diagramme SADT de métier à tisser

3.4.2.6. Analyse des défaillances

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 considérons qu'une défaillance se caractérise par son mode d'apparition, sa cause et ses effets sur le système ainsi que sur les autres composants.

Il s'agit d'identifier les schémas du type :



Figure 3.14. Analyse des défaillances [18]

a) Mode de défaillance

Il concerne la fonction et exprime de quelle manière cette fonction ne fait plus ce qu'elle est sensée faire. L'analyse fonctionnelle recense les fonctions, l'AMDEC envisage pour chacune d'entre-elles sa façon (ou ses façons car il peut y en avoir plusieurs) de ne plus se comporter correctement.

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

Les causes trouvent leurs sources dans cinq grandes familles. On en fait l'inventaire dans des diagrammes dits "diagrammes de causes à effets" [17].

Ce diagramme se structure habituellement autour du concept des 5 M. Kaoru Ishikawa recommande de regarder en effet l'événement sous cinq aspects différents, résumés par le sigle et moyen mnémotechnique **5M** :

1. **Matière** : les matières et matériaux utilisés et entrant en jeu, et plus généralement les entrées du processus.
2. **Matériel** : l'équipement, les machines, le matériel informatique, les logiciels et les technologies.
3. **Méthode** : le mode opératoire, la logique du processus et la recherche et développement.
4. **Main-d'œuvre** : les interventions humaines.
5. **Milieu** : l'environnement, le positionnement, le contexte.

Chaque branche reçoit d'autres causes ou catégories hiérarchisées selon leur niveau de détail.

Le positionnement des causes met en évidence les causes les plus directes en les plaçant les plus proches de l'arête centrale. Voir figure 3.15.

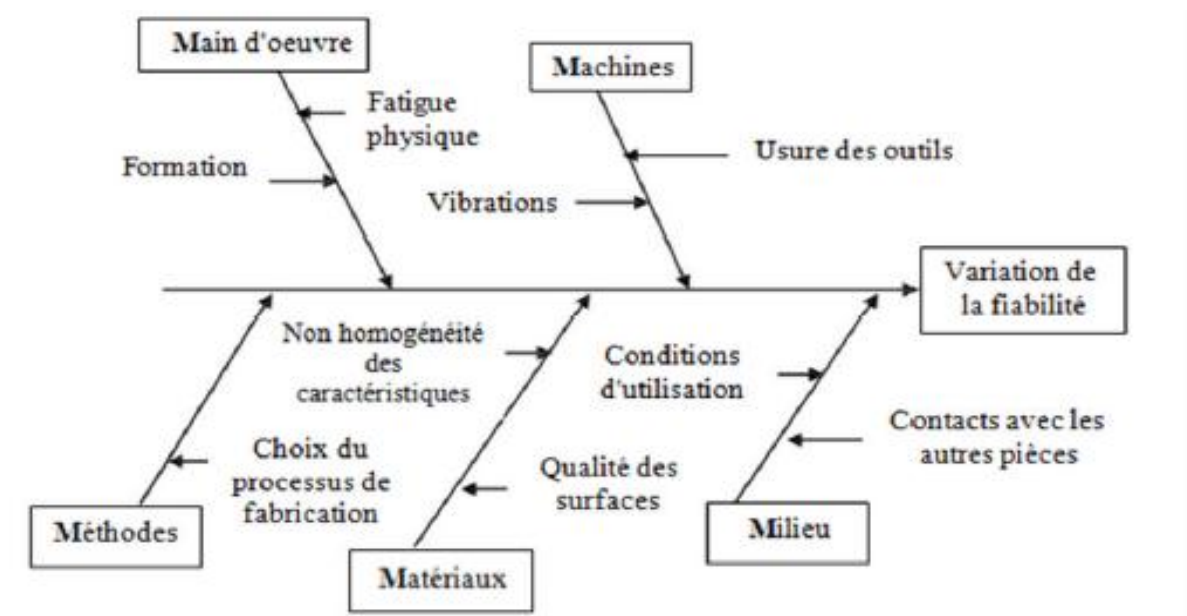


Figure 3.15. Diagramme d'Ishikawa [17]

c. Effets

L'effet concrétise la conséquence du mode de défaillance.

Il dépend du point de vue AMDEC que l'on adopte :

- Effets sur la qualité du produit (AMDEC procédé)
- Effets sur la productivité (AMDEC machine)
- Effets sur la sécurité (AMDEC sécurité)

Un effet peut lui-même devenir la cause d'un autre mode de défaillance [17].

3.5. Choix de la forme de maintenance

Pour mieux définir le type de maintenance qu'on doit appliquer pour une machine, on doit étudier les coûts de la maintenance préventive et de la maintenance corrective afin d'obtenir une décision précise sur le type de la maintenance.

Alors on a décidé d'utiliser une méthode facile, efficace, pratique et utile, dite la méthode de l'abaque de Noiret [19].

3.5.1. Abaque de Noiret : utilité

L'abaque de Noiret est un outil de calcul scientifique qui permet d'orienter le choix de la politique de maintenance en fonction :

- Des caractéristiques de l'équipement
- De son utilisation

Le résultat en est une recommandation offrant trois options possibles :

- Maintenance corrective
- Zone incertaine
- Maintenance préventive

Cependant, ce résultat doit être complété par une analyse économique portant sur le coût des maintenances et sur le retour sur investissement estimé que peut apporter une maintenance préventive. Il ne s'agit que d'un outil d'aide à la décision et non pas d'un outil de décision [19].

3.5.2. Abaque de Noiret : principe

L'abaque de Noiret est basé sur les critères suivants :

- a) Age de l'équipement
- b) Interdépendance : dans quelle mesure est-il vital pour la production
- c) Coût
- d) Complexité et son accessibilité
- e) Robustesse et sa précision
- f) Origine : France ou Etranger
- g) Utilisation dans le temps
- h) Conséquences de ses défaillances sur les produits
- i) Délais de production qui lui sont liés

Chaque critère se décline en plusieurs options qui chacune correspond à un certain nombre de points. Les points ainsi obtenus sont additionnés. Voir figure 3.16.

Remarque : un seul choix est possible par critère ; il faut donc prendre celui qui est le plus représentatif de l'équipement [19].

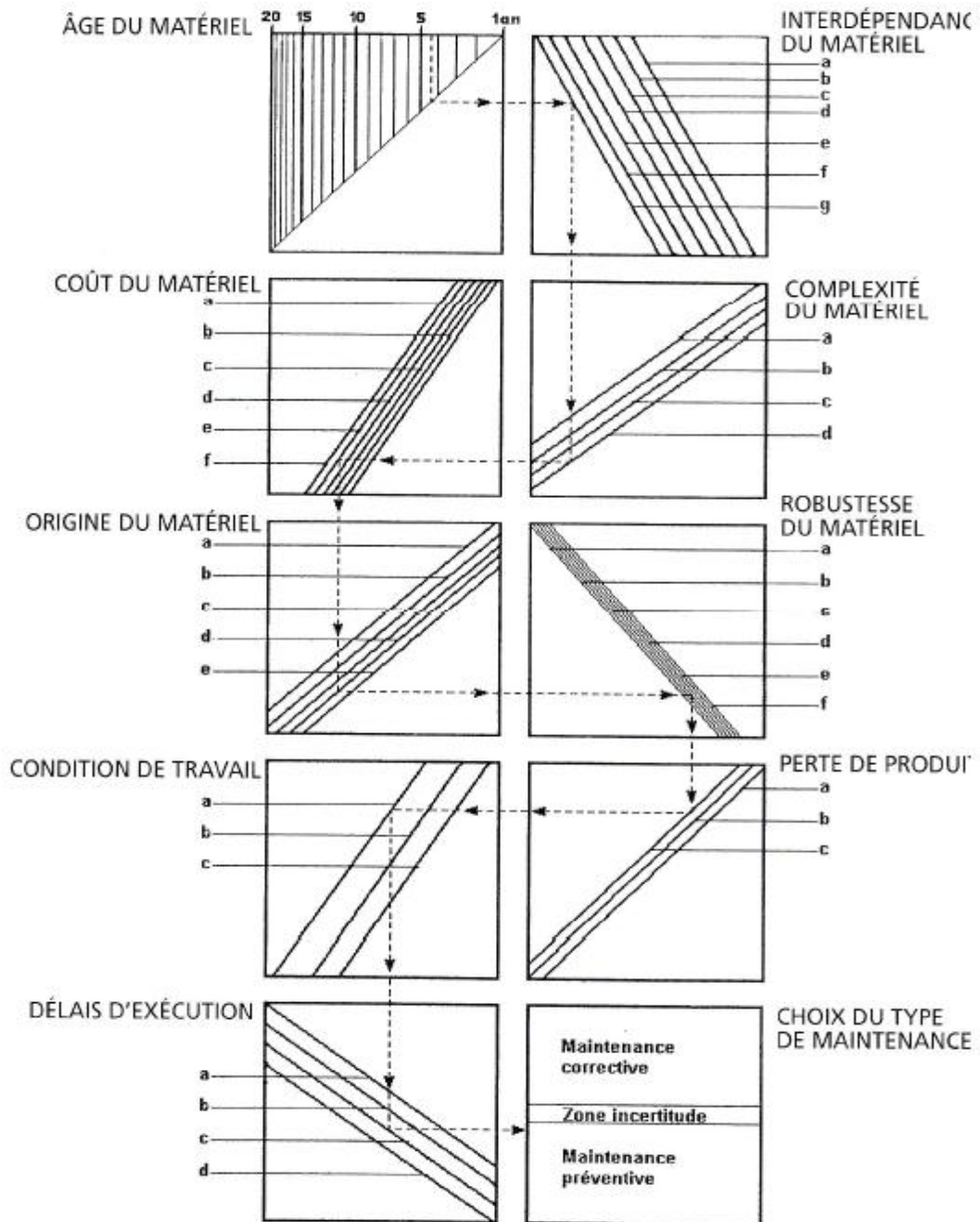


Figure 3.16. Abaque de Noiret [19]

3.6. 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 ABC), 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, où l'AMDEC nous permet d'améliorer la fiabilité des équipements, voire réduire les coûts indirects de la maintenance.

CHAPITRE 4

OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE DES **ÉQUIPEMENTS**

AU NIVEAU DE L'ATELIER DE **TISSAGE**

Chapitre 4 : Optimisation de la maintenance des équipements au niveau de L'atelier de tissage

4.1 Introduction

Ce chapitre présente une analyse de la fiabilité des équipements de l'atelier de tissage, notre étude est divisée en trois parties. On s'attachera, dans la première partie, à exploiter et analyser la méthode Pareto afin de déterminer les équipements le plus défaillants, nous irons utiliser les résultats d'exploitation de l'équipement à partir des bases de données pour une période d'une année et on traite les données archivées. Dans la deuxième partie on utilisera la méthode AMDEC afin d'identifier l'organe critique suite à un découpage fonctionnelle des équipements stratégiques de la batterie critique. Enfin, nous irons utiliser le modèle de Weibull pour déterminer les paramètres de fiabilité de l'organe critique. À la fin de ce chapitre, nous avons proposé quelques solutions pour réduire la criticité de l'organe et également diminuer la fréquence des défaillances.

4.2. Application de l'abaque de Noiret

Les machines à l'intérieur de l'atelier de tissage sont vieilles, alors on a pris une moyenne de 20 ans pour toutes les machines, et comme résultat on a déduit que toutes les machines étudiées exigent une maintenance corrective particulière. On a mis en application l'abaque de Noiret pour évaluer rapidement le type de la maintenance exigé par ces équipements, et développer une méthode évoluée pour analyser fonctionnellement les équipements. Donc, il est préférable de chercher une autre forme de maintenance pour ces machines, alors, on a préféré utiliser la méthode AMDEC pour ces machines, afin de mieux connaître leurs problèmes, leurs causes et leurs solutions, pour améliorer la gestion de la maintenance préventive. Voir figure 4.1.

CHAPITRE 4 : OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE DES ÉQUIPEMENTS AU NIVEAU DE L'ATELIER DE TISSAGE

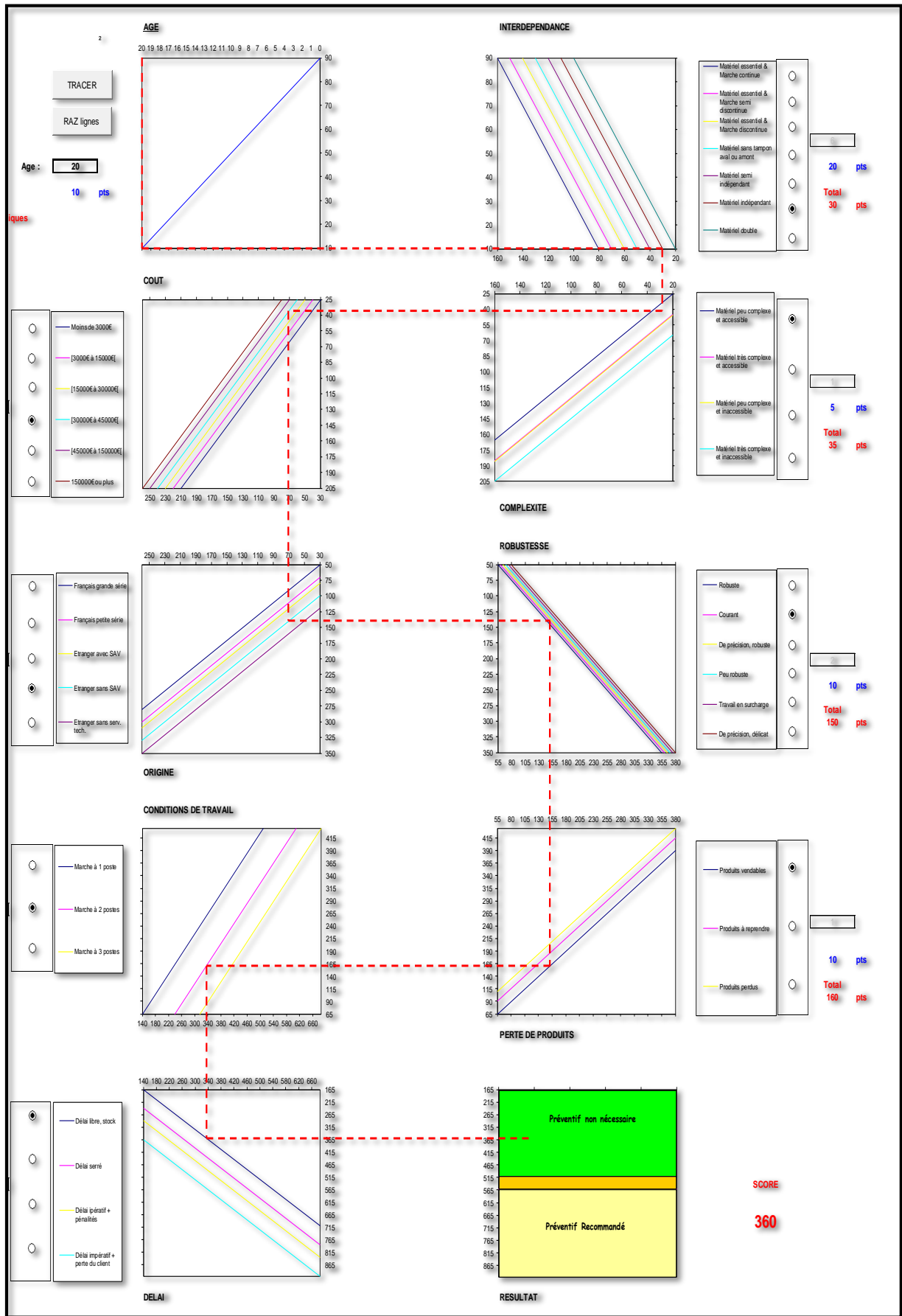


Figure 4.1. Abaque de Noiret

Afin de résoudre ce problème de l'âge des machines on a pris une décision proposée par les responsables de la société DENITEX afin de faire une étude complète sur les métiers à tisser donc, dans ce chapitre on porte notre analyse sur la méthode Pareto et AMDEC

4.3. Analyse par la méthode Pareto

La mise en œuvre d'une politique de maintenance préventive nécessite l'identification des machines critiques qui doivent donc être traités en priorité. La méthode d'analyse à posteriori qui produit des résultats à partir des données se fait à partir du diagramme de Pareto qui nous permet de sélectionner les équipements sensibles.

Le diagramme de Pareto est un histogramme dont les équipements les plus sensibles sont conventionnellement classés dans la zone A.

4.3.1. Construction du diagramme de Pareto pour les batteries de production

D'après les données recueillies prélevées nous avons classé six batteries, qui seront par la suite exploitées afin mener une analyse de dégradation :

- ✓ Coût indirect (indisponibilité des équipements).
- ✓ Coût direct (coût de réparation et coût de perte de production).

Remarque : Au niveau de l'atelier de tissage on classe les machines en six (6) batteries, chaque batterie contient soixante (60) métiers à tisser « Diederichs »

4.3.1.1. Coût indirect

Le coût indirect est modélisé par l'indicateur de l'indisponibilité des machines, c'est la résultante de la combinaison de deux facteurs : le nombre des interventions ou bien les fréquences « N » et la durée moyenne de réparation « T ». Voir tableau 4.1.

Tableau 4.1. Classement des batteries par le coût indirect

Batteries	Fréquence N	Durée d'intervention T(heure)	N x T	(N x T) %	Cumulé %
2	1187	1228	1457636	37	37
5	929	1016	943864	24	61
1	698	917	640066	16	77
3	696	853	593688	15	92
6	367	496	182032	5	97
4	295	461	135995	3	100
			3953281		

On trace le diagramme de Pareto illustré dans figure 4.2.

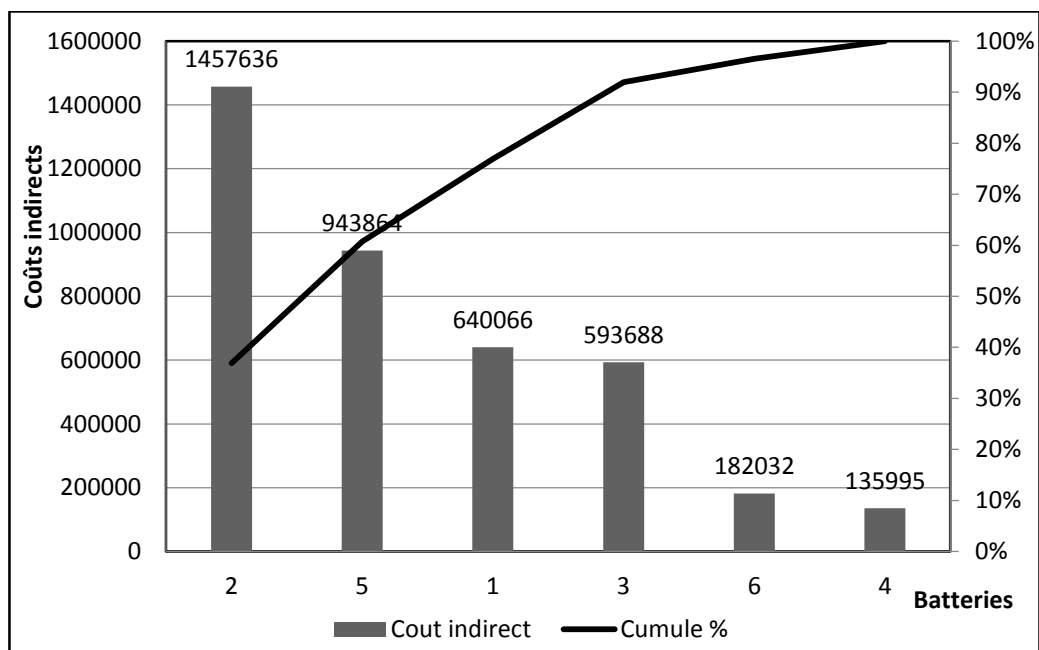


Figure 4.2. Diagramme de Pareto des coûts indirects (l'indisponibilité des batteries)

1) Interprétation

Dans le cas des coûts indirects le diagramme Pareto montre que les batteries 2,5 et 1 sont responsables de 77% de coût indirect total des équipements.

4.3.1.2. Coût direct

Le coût direct ou bien le coût de défaillance englobe la somme des dépenses des réparations et les pertes de production. On construit un tableau dans lequel les batteries sont classées selon le coût total annuel.

Tableau 4.2 Tableau de classement des ateliers par le coût direct

Batteries	Coût (DA)	Fréquence%	Cumule%
2	145008	25	25
5	110514	19	45
1	108283	19	63
3	100726	18	81
6	54564	10	91
4	54432	9	100
	573527		

On trace le diagramme de Pareto illustré dans figure 4.3 des coûts des défaillances cumulés.

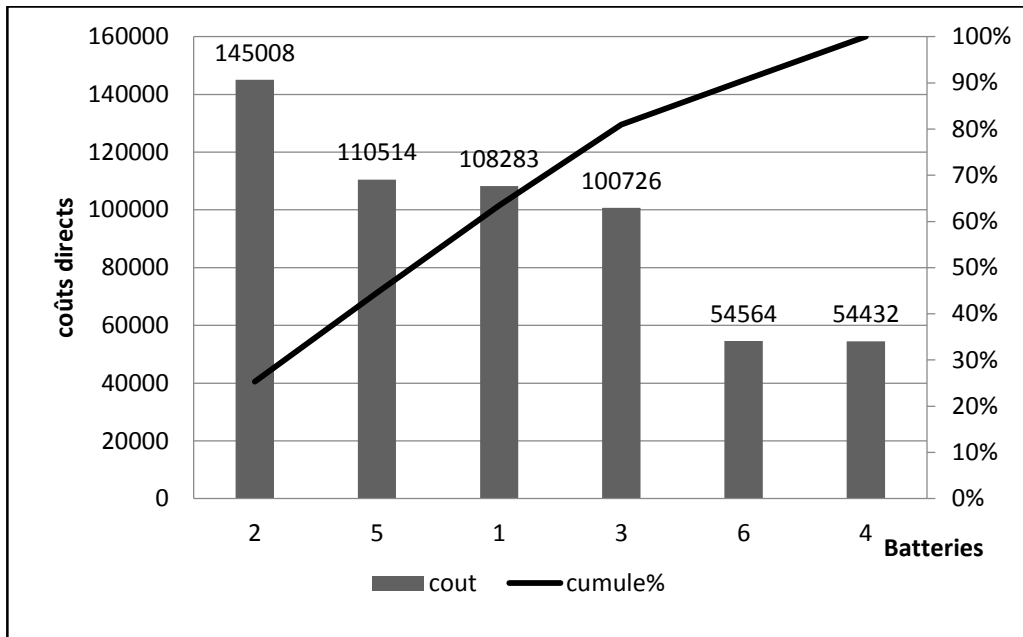


Figure 4.3. Diagramme de Pareto des coûts directs des batteries

1) Interprétation

Dans le cas des coûts directs le diagramme Pareto montre que les batteries 2, 5, 1 et 3 sont responsables de 80 % de coût total, ce qui rendra prioritaire les actions envers ces batteries.

4.4. Analyse de batterie 2

Un deuxième découpage qui permet de descendre au niveau des équipements stratégiques.

On a sélectionnée la batterie à analyser à partir les résultants obtenue par l'analyse Pareto, dans ce cas on étudie la batterie la plus sensible « Batterie 2 »

La batterie 2 contient 59 métiers à tisser classés sur le tableau 4.3.

Tableau 4.3. Tableau de classement des équipements de la batterie 2 par défaillance

Machines	Défaillance	Fréquence%	Cumule %	Machines	Défaillance	Fréquence%	Cumule %
64	50	4,1	4,1	98	19	1,5	70,5
65	41	3,3	7,4	106	18	1,5	72,0
67	39	3,2	10,6	62	17	1,4	73,4
68	37	3,0	13,6	72	17	1,4	74,8
92	37	3,0	16,6	102	17	1,4	76,2
70	36	2,9	19,5	75	16	1,3	77,5
94	34	2,8	22,3	103	16	1,3	78,8
104	34	2,8	25,1	108	16	1,3	80,1
96	32	2,6	27,7	110	16	1,3	81,4
115	31	2,5	30,2	69	15	1,2	82,6
76	30	2,4	32,6	85	15	1,2	83,8
82	30	2,4	35,1	117	15	1,2	85,0
87	30	2,4	37,5	73	14	1,1	86,2
113	30	2,4	40,0	83	14	1,1	87,3
101	29	2,4	42,3	107	14	1,1	88,4
80	28	2,3	44,6	114	14	1,1	89,6
88	27	2,2	46,8	109	12	1,0	90,6
89	27	2,2	49,0	86	11	0,9	91,5
90	26	2,1	51,1	100	11	0,9	92,4
112	26	2,1	53,2	119	11	0,9	93,2
63	25	2,0	55,2	74	10	0,8	94,1
95	25	2,0	57,3	84	10	0,8	94,9
111	23	1,9	59,2	97	10	0,8	95,7
77	22	1,8	60,9	99	10	0,8	96,5
91	21	1,7	62,7	78	9	0,7	97,2
81	20	1,6	64,3	79	9	0,7	98,0
116	20	1,6	65,9	118	9	0,7	98,7
66	19	1,5	67,5	71	6	0,5	99,2
93	19	1,5	69,0	105	6	0,5	99,7
				120	4	0,3%	100,0
					1229		

On trace le diagramme de Pareto illustré dans Figure 4.4, le nombre de défaillances cumulé.

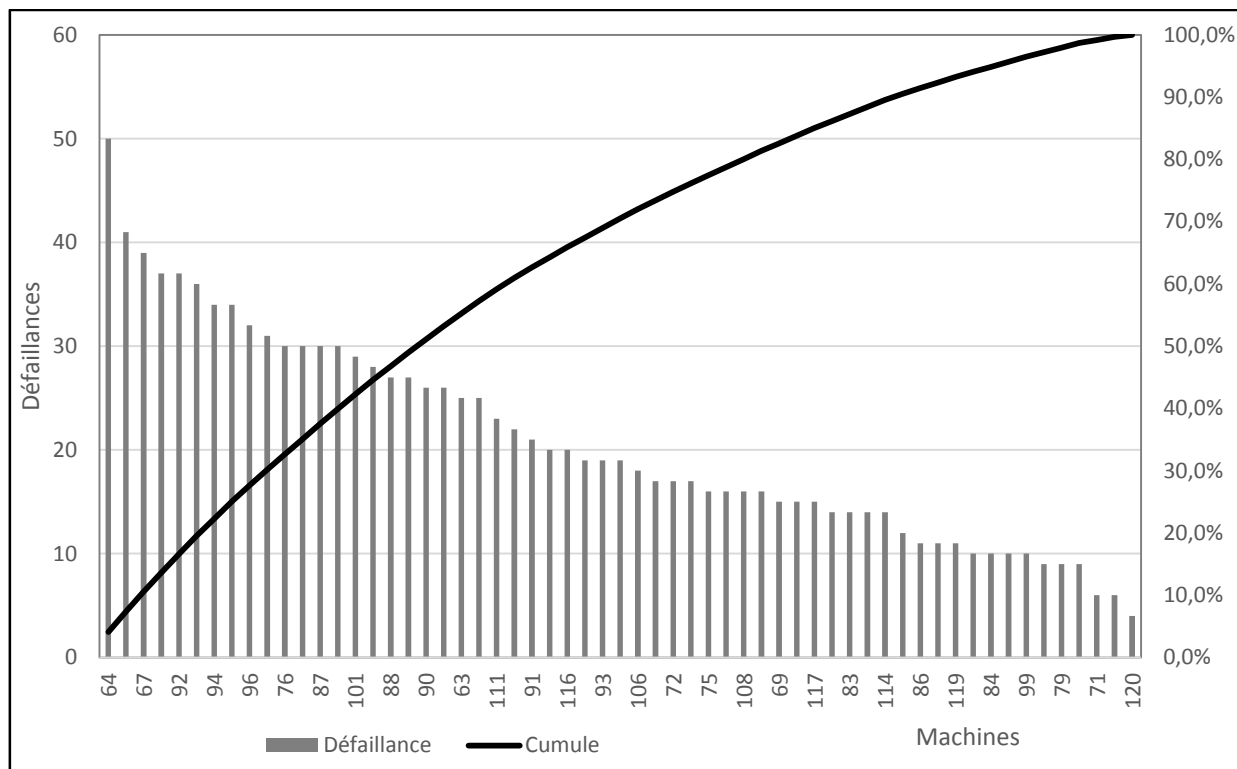


Figure 4.4. Diagramme de Pareto des défaillances de la batterie 2

4.4.1. Interprétation

Le diagramme montre que les machines de 64 à 108 sont responsables de 80% de l'indisponibilité des équipements, ce qui rendra prioritaire les actions de maintenance envers ces équipements sensibles. Pour cela on utilise la méthode développée en analyse de fiabilité et qui est connue sous le nom « AMDEC ». C'est une méthode de réflexion créative qui repose sur la décomposition fonctionnelle du système en éléments simples jusqu'au niveau des composants les plus élémentaires.

4.4.2. Analyse par la méthode « AMDEC »

Dans cette partie on utilise la méthode AMDEC comme procédé pour identifier les modes potentiels de défaillances avant qu'elles ne surviennent, avec l'intention de les éliminer ou de minimiser les risques associés. On a sélectionné l'équipement à analyser à partir des résultats obtenus déduits de Pareto, dans ce cas on étudie l'équipement le plus critique « métier à tisser numéro 64 ».

4.4.2.1. Décomposition fonctionnelle du métier à tisser

La décomposition fonctionnelle ayant pour but d'identifier les modes de défaillances en vue de les éliminer. Nous avons utilisé la méthode de l'analyse structurelle pour décomposer le métier à tisser 64, voir figure 4.5.

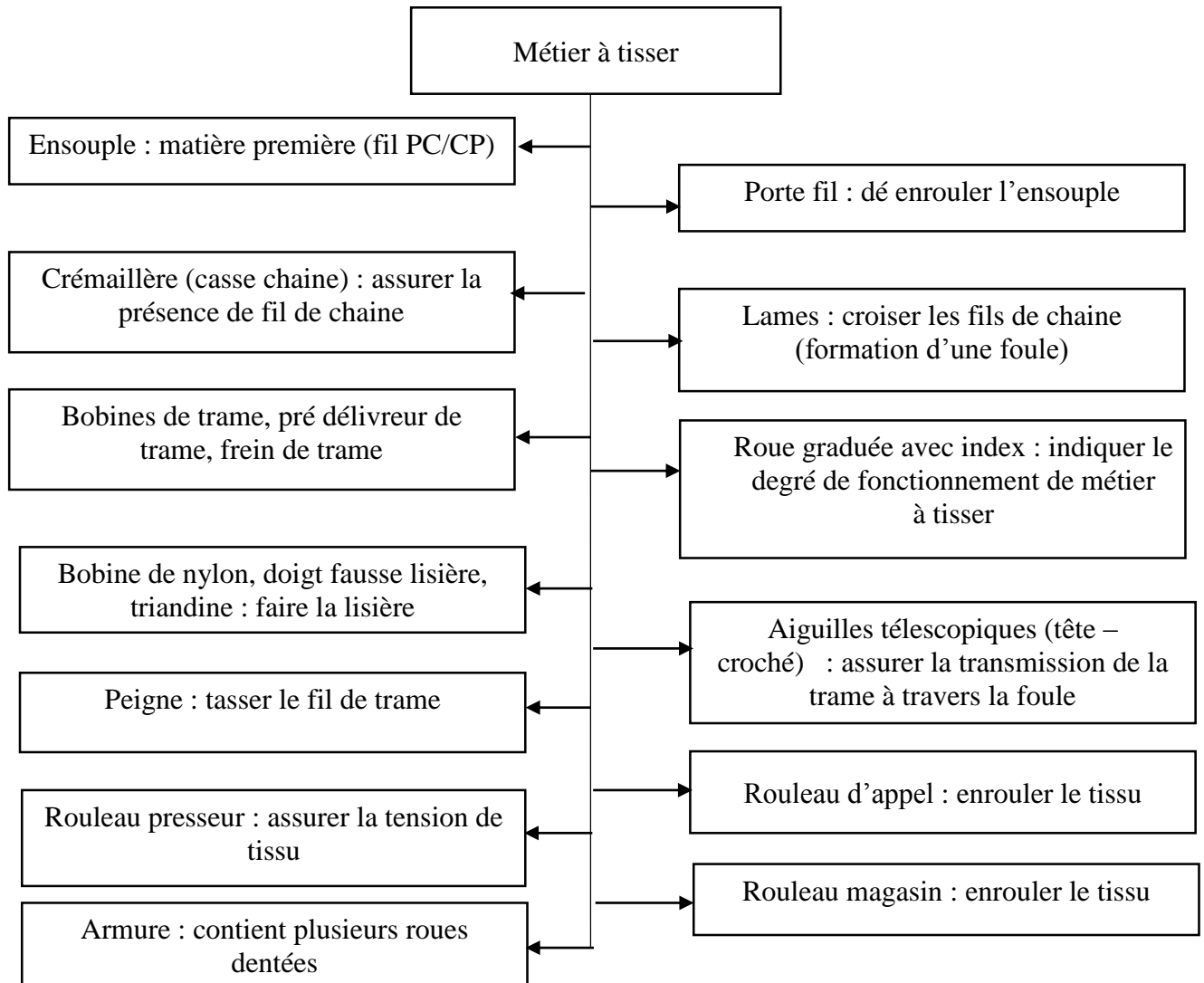


Figure 4.5. Décomposition fonctionnelle du métier à tisser

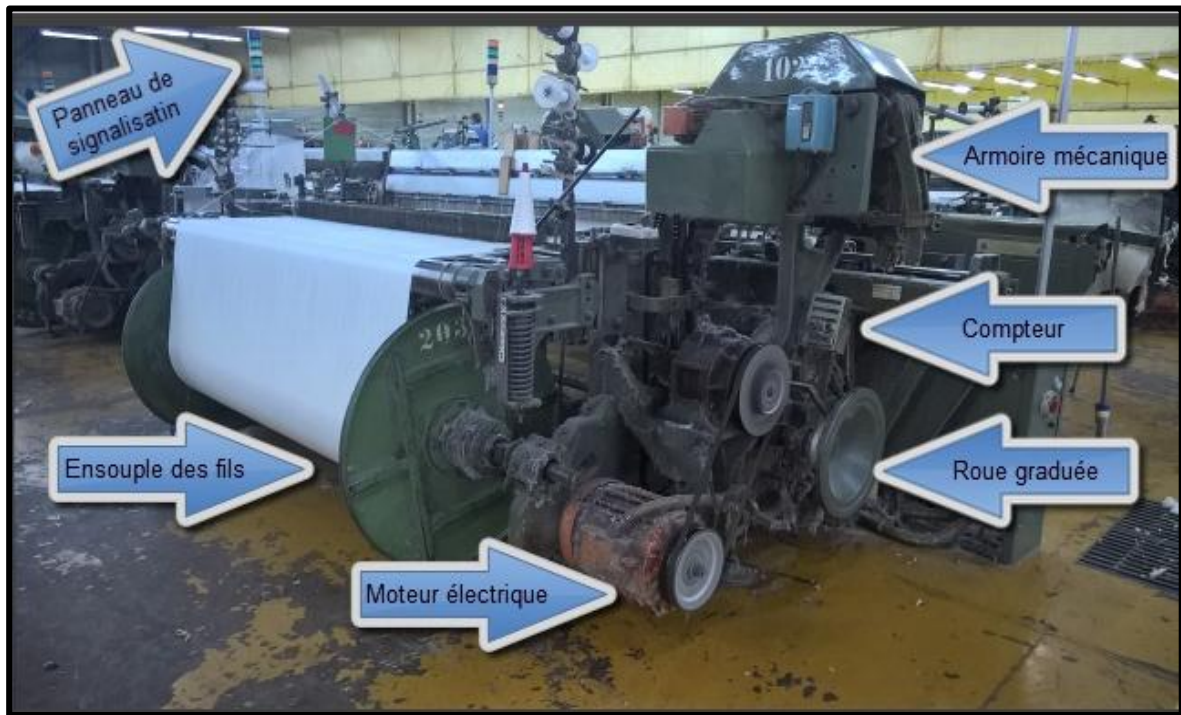


Figure 4.6. Machine métier à tisser

4.4.2.2. Tableau de cotation

Les valeurs des coefficients de notation sont fixées dans le tableau 4.4. [18]

Tableau 4.4. Grille de cotation [18]

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 Gravité	Durée d'intervention $D \leq 1h$	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

1) Calcul de la criticité (C)

La criticité est calculée par la formule suivant [18] :

$$C = G \times Fr \times D \quad (4.1)$$

La valeur maximale de C est de 64. Au-delà de 25% de la valeur maximale des actions préventives et correctives doivent être menées par la direction de maintenance.

2) Classement de criticité

Le tableau 4.5 montre les actions à appliquer sur organe critique [18].

Tableau 4.5 Échelle de Criticité C [18]

$C < 16$	Ne pas tenir compte
$16 \leq C < 32$	Mise sous préventif à fréquence faible
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventif à fréquence élevée
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration
$48 \leq C < 64$	Reprendre la conception

4.4.2.3. AMDEC de métier à tisser 64

L'analyse « AMDEC » de métier à tisser 64 permet de déterminer l'élément critique de l'équipement.

Tableau 4.6. AMDEC de métier à tisser 64

Système : Métier à tisser 64					sous système : Partie mécanique				Action à engager
Organe	Fonction d'état	Mode de défaillance	Cause	Effet sur le système	Criticité				
					Fr	Gr	D	C	
DFL	Faire la fausse lisière	Usure	Vibration frottement	Arrêt	3	2	3	18	Réparé
Triandine	Faire la fausse lisière	Usure	Vibration frottement	Arrêt	2	2	3	12	Réparé
Aiguille télescopique	Passer le fil de trame	Cassure Frottement Jeux	Mauvais réglage	Arrêt	2	2	3	12	Réparé
Tôle picoté	Enrouler le tissu	usure	Mauvais réglage	Mauvais fonctionnement	1	1	2	2	Remplacer
Distributeur	Distribuer le fil de trame	Blocage	Mauvais réglage	Mauvais fonctionnement	1	1	2	2	Réparé

Fr : Fréquence Gr : Gravité D : Détection

Résultat : L'organe possédant le plus grand degré de criticité c'est le doigt fausse lisière (DFL)



Figure 4.7. Doigt fausse lisière

4.5. Caractéristiques de la matière de la pièce DFL

La matière de la pièce doigt fausse lisière est C 45(XC 48)

4.5.1. Composition chimique

La composition chimique de la matière est donnée par le tableau suivant :

Tableau 4.7. Composition chimique de la matière

C %	S %	Mn %	P %	Si %
0,45 - 0,51	≤ 0,035	0,50 - 0,80	≤ 0,035	0,40 maxi

- ✓ C : Carbone
- ✓ S : Soufre
- ✓ Mn : Manganèse
- ✓ P : Phosphore
- ✓ Si : Silicium

4.5.2. Propriétés de la matière

Acier carbone à teneur plus élevée que pour les aciers C35 et C40, utilisée en mécanique générale de part sa bonne usinabilité et ses caractéristiques mécaniques. Apte aux traitements thermiques.

4.5.3. Domaines d'application

Pièces soumises aux chocs et nécessitant une bonne résistance : axes, engrenages, vis sans fin, paliers, pignons, boulonnerie, leviers, arbres.

4.5.4. Caractéristiques mécaniques

Les caractéristiques mécaniques de la matière sont données par le tableau suivant :

Tableau 4.8. Caractéristiques mécaniques de la pièce

Rm N/mm²	Re N/mm²	A %
560 / 620	275 / 340	14 / 16

- ✓ **Rm** : Résistance à la traction
- ✓ **Re** : Limite élastique
- ✓ **A** : Allongement à la rupture

4.6. Détermination des paramètres de fiabilité de métier à tisser 64

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

Tableau 4.9. Préparation des données historiques du DFL

Ordre i	TBF (h)	F estimée %	R estimée %
1	24	5,2	94,8
2	24	12,7	87,3
3	72	20,1	79,9
4	144	27,6	72,4
5	144	35,1	64,9
6	216	42,5	57,5
7	240	50,0	50,0
8	264	57,5	42,5
9	264	64,9	35,1
10	288	72,4	27,6
11	288	79,9	20,1
12	384	87,3	12,7
13	984	94,8	5,2

On trace la courbe de fonction de fiabilité R et la fonction de défaillance F dans Figure 4.8.

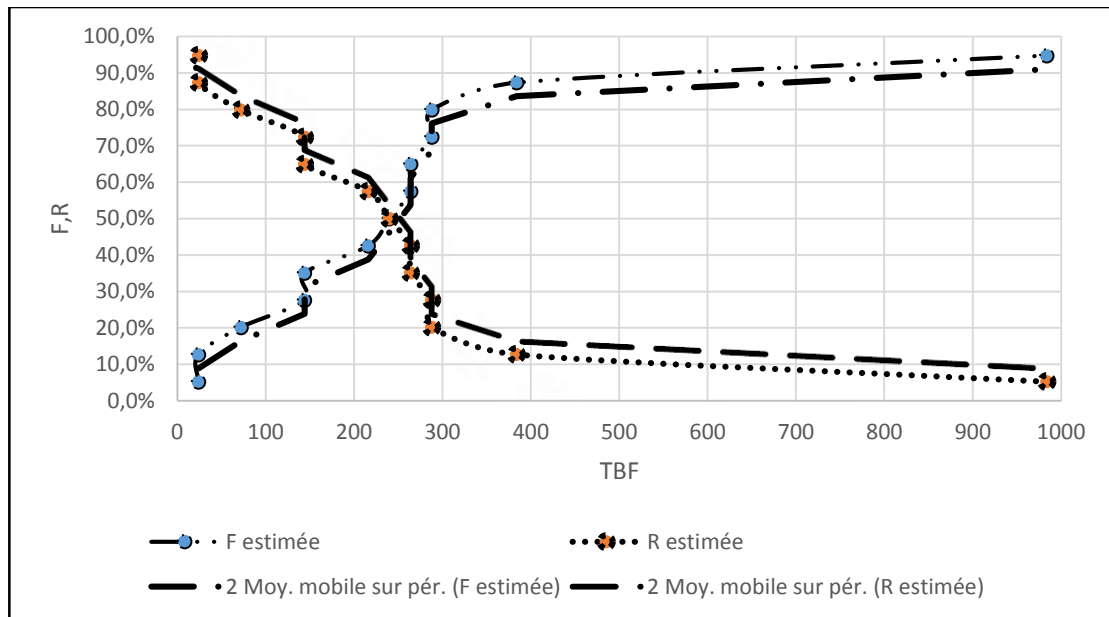


Figure 4.8. Fonctions de fiabilité

4.6.1. Détermination des paramètres de Weibull

Il existe deux méthodes pour déterminer les paramètres de Weibull (graphique et numérique)

4.6.1.1. Méthode graphique

La courbe représentée sur la figure 4.9 permet de déterminer les paramètres de fiabilité concernant l'équipement critique.

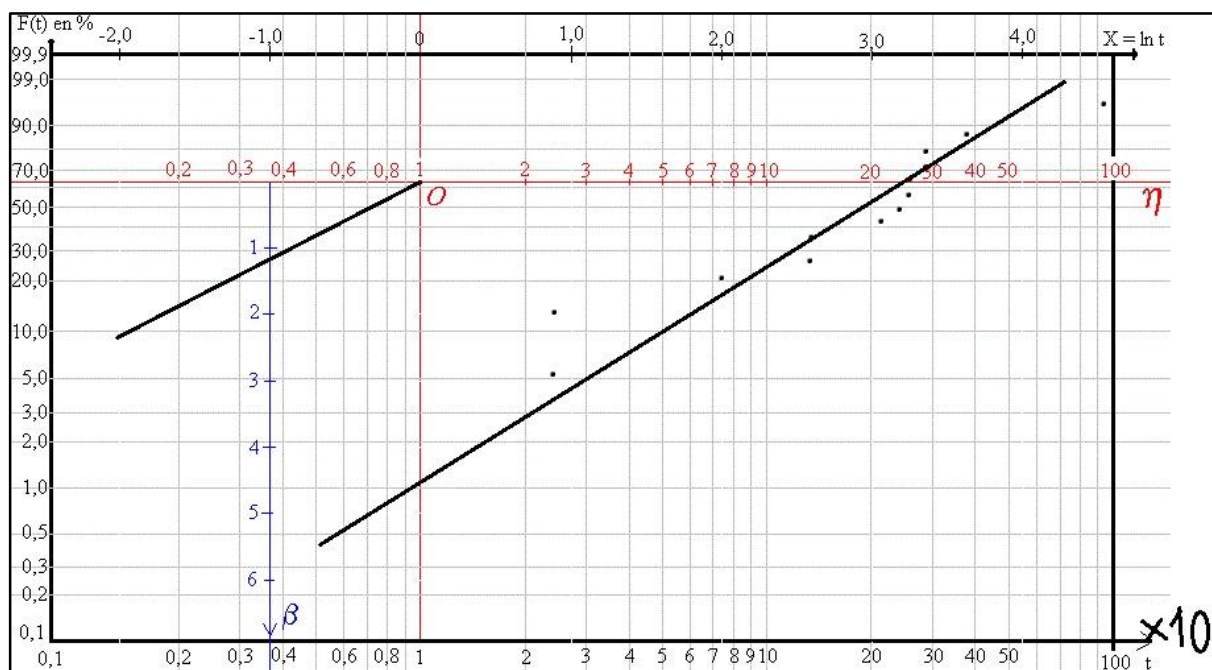


Figure 4.9. Détermination graphique des Paramètres de fiabilité

On déduit alors les paramètres de Weibull qui sont comme suit :

- ✓ $\beta = 1.1, \eta = 272.2$ heures, $\gamma = 0$.
- ✓ MTBF = 260 heures.

4.6.1.2. Méthode numérique

La courbe de Weibull représentée sur la figure 4.10 permet de déterminer les paramètres de fiabilité : $\beta = 1.13, \eta = 271.9$ heures, et MTBF= 256.61 heures

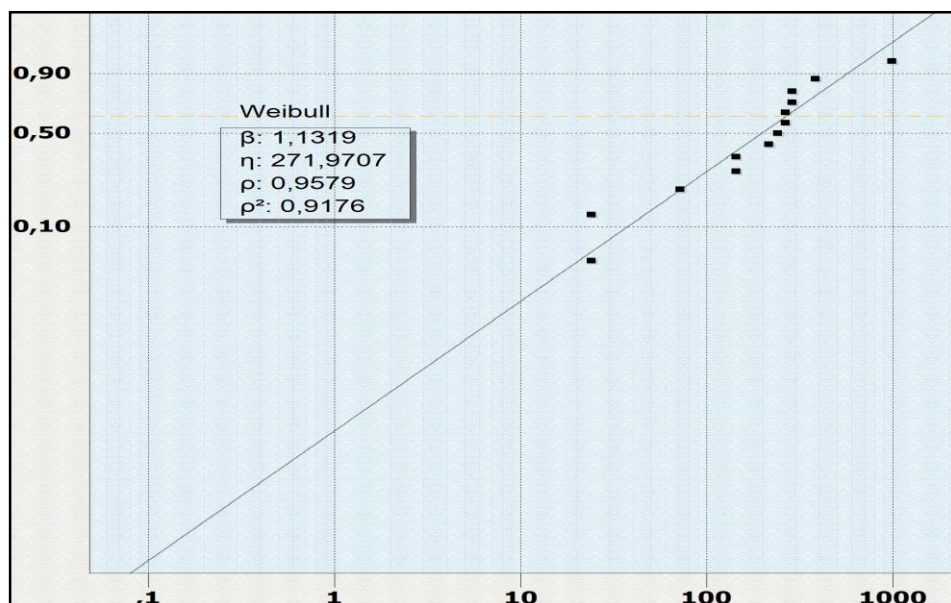


Figure 4.10. Courbe de Weibull (numérique)

4.6.2. Analyse des résultats

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

$$R(t)_{th} = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} ; \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} ; F(t) = 1 - R(t) ; f(t) = \lambda(t) \cdot R(t)$$

Tableau 4.10. Tableau des résultats

Ordre i	TBF (heure)	R théorique %	F théorique %	Taux de défaillance λ	fonction de densité f
1	24	93	7	0,0032	0,002958046
2	24	93	7	0,0032	0,002958046
3	72	79	21	0,0035	0,002806424
4	144	61	39	0,0038	0,00230782
5	144	61	39	0,0038	0,00230782
6	216	46	54	0,0039	0,001817991
7	240	42	58	0,0040	0,00167021
8	264	38	62	0,0040	0,001531431
9	264	38	62	0,0040	0,001531431
10	288	34	66	0,0041	0,001401783
11	288	34	66	0,0041	0,001401783
12	384	23	77	0,0042	0,000970707
13	984	2	98	0,0046	0.0000752224

On trace les courbes de fiabilité

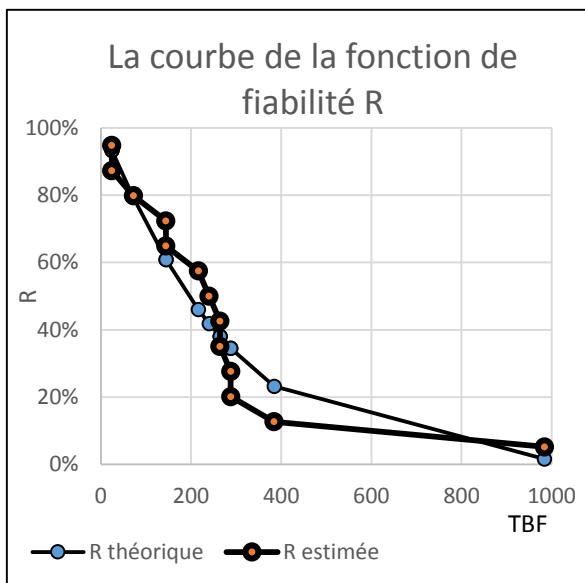


Figure 4.11. Fonction R

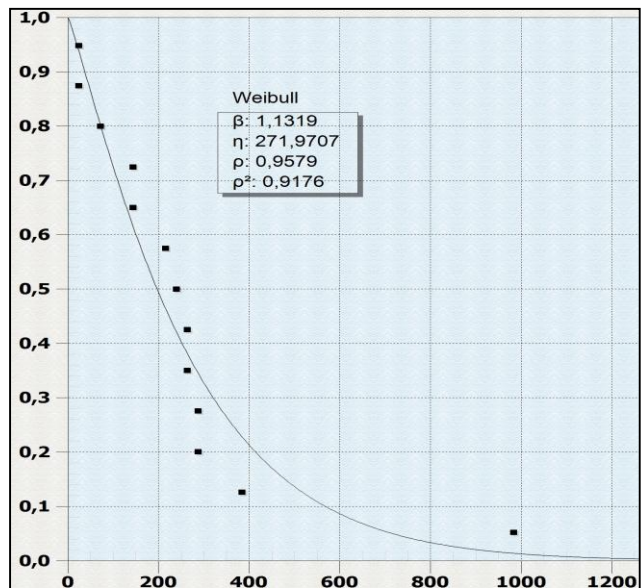


Figure 4.12. Fonction R (numérique)

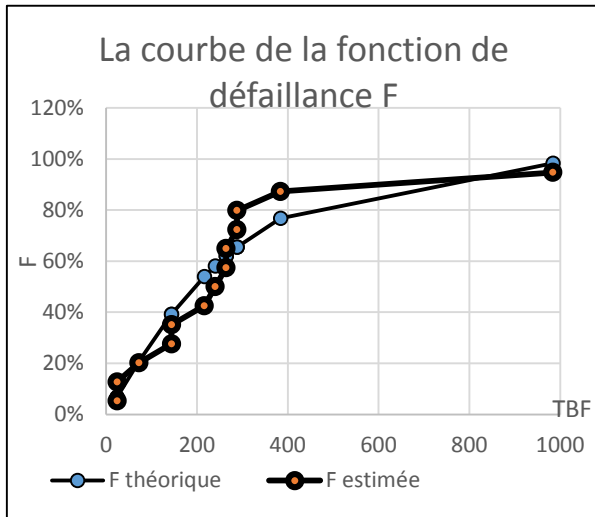


Figure 4.13. Fonction F

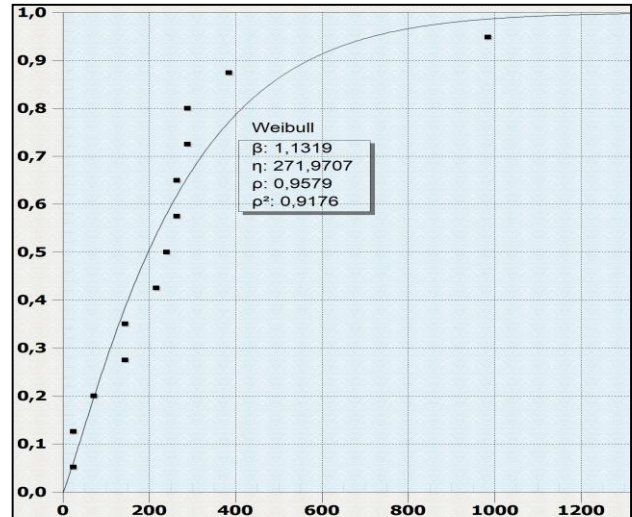


Figure 4.14. Fonction F (numérique)

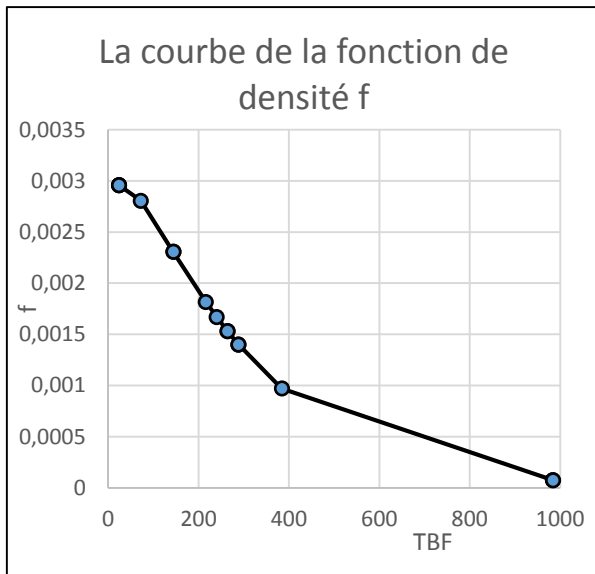


Figure 4.15. Fonction de densité f

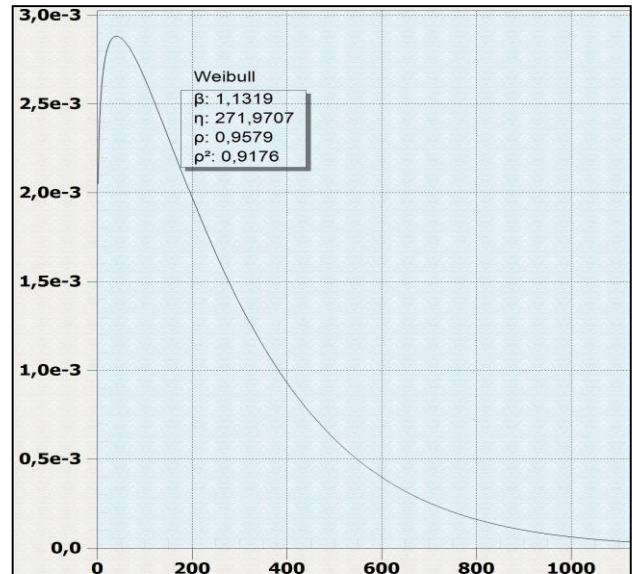


Figure 4.16. Fonction de densité f (numérique)

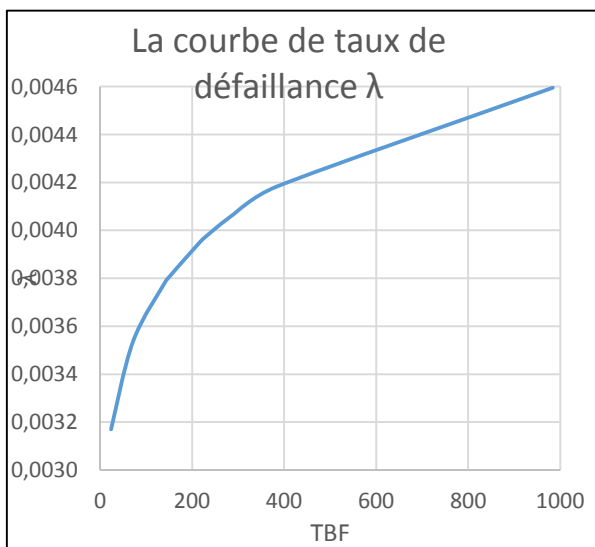


Figure 4.17. Taux de défaillance λ

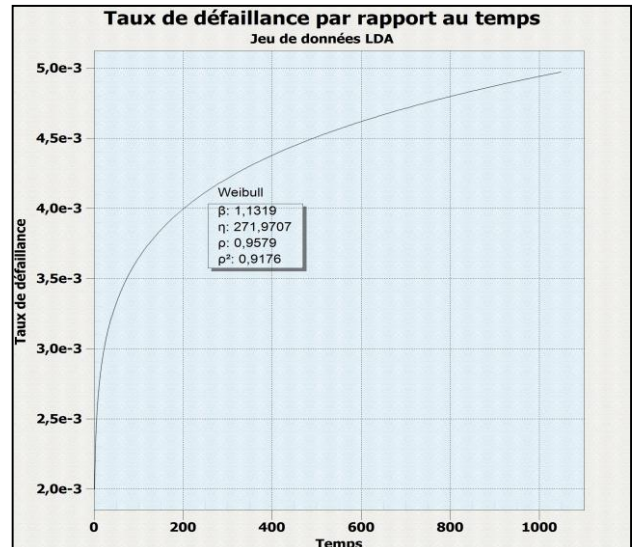


Figure 4.18. Taux de défaillance λ (numérique)

4.7. Analyse des résultats trouvés

Dans le but d'améliorer l'analyse de l'équipement critique on a procédé au calcul du coût de maintenance pour le changement de l'organe DFL concernant la maintenance corrective et la maintenance préventive systématique afin de finaliser le choix de la politique de la maintenance, voir tableau 4.12.

Tableau 4.11. Tableau des coûts de maintenance [20]

Paramètres	Formules	Coût maintenance corrective (DA)	Coût de maintenance systématique (DA)
A=nombre de défaillance /mois	$A=30/ [MTBF \text{ ou } MTBM]$	$30/32=0.93$	$30/30=1$
B1=coût de la main d'œuvre direct d'une réparation	B1=taux horaire x nombre d'homme x heure travaillée	$120*3*2=720$	$120*2*1=240$
B2 =coût des pièces d'usure d'une réparation		30000	30000
B= coût des pièces d'usure et main d'œuvre de réparation	$B=B1+B2$	30720	30240
C=coût de maintenance direct/mois	$C=A \times B$	28569.6	30240
D=coût de perte de production/mois	$D=A \times \text{temps d'arrêt de production} \times \text{coût d'arrêt}$	$0.93*3*100=279$	0
E=coût des dommages à l'équipement	$E=A \times \text{coût des dommages}$	$0.93*5000=4650$	0
F= coût de maintenance indirect		5000	0
G= coût financier l'entreprise/mois	$G=F+E+D+C$	38498.6	30240

4.8. Interprétation des résultats

Le diagnostic de la pièce critique, par les méthodes « ABC » et « AMDEC » ; nous a permis de déterminer les paramètres de fiabilité (β , η , λ) et de faire un choix de la politique de la maintenance à appliquer. Dans notre travail on a introduit un nouvel outil de diagnostic qui est l'abaque de Noiret. On a trouvé à l'aide de cet outil qu'il faut appliquer une maintenance corrective pour assurer le bon fonctionnement de la machine, et appliquer une maintenance préventive basée sur des contrôles et des inspections périodiques, avec un suivi rigoureux de cette pièce sensible qui peut provoquer l'arrêt des équipements et une perte de production importante et coûteuse au niveau de l'atelier de production, qui revient très cher à l'entreprise en cas de défaillance.

4.9. Conclusion

A travers ce projet de fin des études nous avons essayé d'utiliser quelques méthodes de gestion de la maintenance, tel que Pareto, abaque de Noiret et AMDEC. Ils nous ont permis de s'approcher du domaine de diagnostic et d'analyse de la fiabilité. Notre étude s'est portée sur l'atelier de tissage qui constitue un goulot d'étranglement, car l'arrêt de l'un de ses équipements perturbe la production du complexe, surtout celle de l'atelier du finissage. La mise en application de la fiabilité opérationnelle à partir de la base des données est primordiale pour le choix d'une politique de la maintenance. Grâce à la détermination des paramètres de fiabilité des équipements sélectionnés par les méthodes d'analyse utilisées en fiabilité, la direction de maintenance au niveau «DENITEX » aura donc un outil très efficace pour le suivi des machines de l'atelier et pour l'analyse de leurs dégradation. Cette étude est moins chère par rapport à la fiabilité expérimentale qui demande des laboratoires coûteux et sophistiqués avec un personnel hautement qualifié et des équipements complexes.

CONCLUSION GÉNÉRALE

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 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 en 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.

L'étude effectuée au chapitre 4 a montré que la machine 64 de la batterie 2 au niveau de l'atelier de tissage est la plus sensible et influe directement sur les coûts de la maintenance et sur la production en générale. Suite à notre étude de diagnostic, on a déduit une relation entre les défaillances et le problème de dysfonctionnement de l'organe DFL de la machine qui est fixé par le système de boulons. On prévoit comme premier résultat et à l'aide de l'abaque de Noiret, une orientation vers une maintenance préventive. Par ailleurs on suppose de mettre des coussinets en bronze au niveau des assemblages et une rondelle d'appui pour réduire le frottement et la cassure de l'organe DFL.

L'état des lieux des équipements au niveau du complexe DENITEX montre une importante immobilisation et une vétusté d'une grande partie des machines, d'où la nécessité d'une dynamisation de l'usine et de sa rénovation.

A travers ce projet de fin des études, nous avons participé à l'élaboration d'un diagnostic qui a permis d'apporter un outil de gestion stratégique de la maintenance des équipements de l'atelier de tissage afin d'augmenter la production et diminuer les coûts de maintenance.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] J. Bufferne. Conception et maintenance.6 -22 nov. 10, BFN conseils, page 1.
- [3] A. Gharbi, Y. Beauchamp, S. Andria. Stratégie de maintenance préventive, 3^{ème} Conférence Francophone de modélisation et simulation «Conception, MOSIM 01 » – du 25 au 27 avril 2001 – Troyes (France)
- [4] P. Vignat, M. Avila, F. Duculty. Génération d'indicateurs de maintenance, Revue Sciences et Maintenance, 2012, pages :1-28.
- [5] A. Moukhli. Optimisation de la maintenance de roues de turbines hydroélectriques soumises à une dégradation par cavitation, maîtrise des sciences appliquées, école polytechnique de Montréal, 2011
- [6] J. Auberville. Maintenance industrielle, édition « Marketing » , paris, 2004, pages: 216-218.
- [7] C. Hohmann. Techniques de productivité, Editions d'organisation, 2009.
- [8] F. Monchy. La fonction maintenance, formation à la gestion de la maintenance industrielle, Paris, Edition Masson, 1996.
- [9] H. Benaïcha. Analyse des stratégies de maintenance des systèmes de production industrielle. Thèse Doctorat en Electrotechnique option Réseaux Electriques, Oran, 2015.
- [10] J.C. Francastel, La fonction maintenance. De l'expression à la satisfaction du besoin., Edition AFNOR, 1999
- [11] Gwenola Bertoluci, méthode d'amélioration de la cohérence des processus industriels, Engineering Sciences [physics]. Arts et Metiers ParisTech, 2001.
- [13] J.M. Auberville. Maintenance industrielle, édition Marketing .Paris, 2004, page 216.
- [14] S. Nakajima. La maintenance productive Totale, Mise en œuvre, édition AFNOR, 1989.
- [15] O. Tebbi, Estimation des lois de fiabilité en mécanique par les essais accélérés, thèse de doctorat, France, 09 mars 2005.
- [16] J. Bufferne. Fiabiliser les équipements industriels, Eyrolles, 2008.
- [17] CRTA. La méthodologie AMDEC, novembre 2004. Pages : 2- 9.
- [18] X. Zwingmann. Modèle d'évaluation de la fiabilité et de la maintenabilité au stade de la conception, thèse de doctorat en Génie Mécanique. Québec, 2005.
- [19] CRTA. La Gestion de Production au sein de l'entreprise. Maintenance l'abaque de Noiret, pages : 2-3-8, édition ellipses.
- [20] X. Zwingmann et J.M. Papillon. Comment développer et mettre en œuvre un programme de maintenance et de fiabilité des équipements critiques, 16 Octobre 2014, édition STI Maintenance 2010.

WEBOGRAPHIE

[2] http://www.leconews.com/fr/actualites/nationale/industries/denitex-vise-l-exportation-du-jean-18-06-2012-158409_340.php

[12] <http://www.piloter.org/qualite/poka-yoke.htm>