

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique
جامعة أبي بكر بلقايد - تلمسان -
Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen
Faculté de Technologie



Mémoire présenté
pour l'obtention du **diplôme de MASTER**
Spécialité : Génie Mécanique
Option: **Maintenance Industrielle**
Présenté par : **KHOLKHAL Nabil**

Intitulé du sujet

**STRATEGIE DE LA MAINTENANCE PAR UNE APPROCHE MBF
APPLICATION SUR LES ENGINs « AU NIVEAU GROUPE
KHERBOUCHE »**

Soutenu publiquement le 12 juin 2017, devant le jury composé de :

Président :	HOUMAT A.	Professeur	UABB-Tlemcen
Encadreur :	KERBOUA B.	Professeur	UABB-Tlemcen
Examineur :	HAMOU S.	Professeur	UABB-Tlemcen
Examineur :	HADJOUI F.	Docteur	UABB-Tlemcen
Invité :	DEBBAL N.	Ing.	Groupe Kherbouche

Année universitaire 2016-2017

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire à:

- Mes parents qui m'ont beaucoup aidé durant mes études, et qui m'ont tellement encouragé moralement et psychiquement, et qui se sont sacrifiés pour moi pour terminer mes études, que DIEU les protègent,

-Toute ma famille sans exception,

-Tous les enseignements du parcours « Maintenance industrielle,

- Mes amis

- Tous mes amis de la promotion maintenance industrielle (2016-2017) sans préciser leurs noms.

-Tous ceux qui m'ont aidé durant ma vie universitaire et durant ma formation.

KHOLKHAL NABIL

REMERCIEMENTS

Je remercie ALLAH, le Tout Puissant, de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience de mener à terme ce présent travail.

*A travers ces quelques lignes, je tiens à exprimer mes vifs remerciements et l'expression de mon profond respect et ma gratitude pour tous ceux et celles qui m'ont aidé à la concrétisation de ce mémoire de projet de fin d'études. Je tiens tout d'abord à exprimer mon profond respect et ma reconnaissance à mon encadreur, Le professeur **KERBOUA Bachir**, Enseignant à l'université de Tlemcen, pour sa confiance, sa disponibilité et le grand intérêt qu'il m'a toujours manifesté, durant ma formation et la préparation de ce mémoire. Son enthousiasme et son optimisme communicatif m'ont été fort précieux.*

*Mes plus vifs remerciements s'adressent à Monsieur **HOUMAT Abderrahim** à l'Université de Tlemcen, de m'avoir fait l'honneur d'accepter la présidence de ce jury. Que Monsieur **HAMOU Saïd**, enseignant à l'université de Tlemcen et Monsieur **Hadjoui Fethi**, enseignant à l'Université de Tlemcen, reçoivent l'expression de ma profonde reconnaissance d'avoir accepté d'être des examinateurs de ce mémoire. Je n'oublie pas de remercier mon camarade **SAID Hamza** pour son soutien qu'il a su m'apporter pour l'accomplissement de ce projet de fin d'études.*

*Mes remerciements vont également à l'ensemble du personnel de la société inter entreprise d'avoir accepté de me recevoir en stage de fin des études. Particulièrement au responsable de l'atelier maintenance monsieur **DEBBEL Mohamed Nadjib** et le chef de département d'exploitation **Benmansour Amine**.*

Je remercie vivement tous mes enseignants du département de Génie Mécanique. De la faculté de Technologie.

KHOLKHAL NABIL

RÉSUMÉ

La maintenance industrielle est d'une importance capitale pour les entreprises (groupe Kherbouche) afin d'assurer le bon fonctionnement des outils de production au niveau de département d'exploitation, c'est une fonction stratégique dans ses entreprises.

Notre travail établit une stratégie de la maintenance à appliquer à fin d'optimiser la dégradation des engins au niveau de l'entreprise « Inter entreprise du groupe Kherbouche », on utilise une approche de la maintenance basé sur la fiabilité MBF.

Dans ce projet, nous avons utilisé les méthodes d'analyse et les lois de la fiabilité développées (ABC, AMDEC, Noiret) dans le but de focaliser les efforts sur les défaillances des engins qui causent la majorité des effets négatives à la maintenance, à la production. Ces techniques de la MBF consistent non seulement à identifier les anomalies et le dysfonctionnement mais, elle permet d'établir des analyses fonctionnelles jusqu'à leurs causes par l'outil « AMDEC ».

On a finaliser l'opération d'analyse par une application de la loi de "Weibull", très connues par ses variables, afin de déterminer la durée de vie de l'organe critique, en utilisant la méthode graphique et numérique 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.

Cette étude nous a permis de trouver des résultats de la simulation en conformité avec la réalité pratique au niveau de l'entreprise, ce qui facilite, actuellement, la gestion de la maintenance par les outils de la fiabilité..

Mots clés: *maintenance industrielle, la fiabilité MBF, défaillances, action préventive et corrective, Weibull, taux de défaillance.*

ABSTRACT

Industrial maintenance is a capital importance for companies (Kherbouche group) in order to ensure the proper functioning of the production tools at the level of operating department, it is a strategic function in its companies. Our work establishes a maintenance strategy to be applied in order to optimize the degradation of the machines at the level of the company "Inter enterprise of the group Kherbouche", we use a maintenance approach based on reliability MBF.

In this project, we used the analytical methods and reliability laws developed (ABC, AMDEC, Noiret) in order to focus efforts on gear failures that cause the majority of negative effects on maintenance and the production. The MBF techniques consist not only of identifying anomalies and dysfunctions, but also of making functional analyzes up to their causes by the "AMDEC" tool.

The analysis operation was finalized by an application of the Weibull law, known by its variables, in order to determine the lifetime of the critical organ, using the graphical and numerical method to determine the parameters which are used for the evaluation of the failure rate of the equipment and determine the type of maintenance to be applied. This study allowed us to find simulation results in line with practical reality at the company level, which facilitates management of maintenance by the tools of reliability.

Keywords: industrial maintenance, MBF reliability, failures, preventive and corrective action, Weibull, failure rate.

ملخص

الصيانة الصناعية أمر في غاية الأهمية بالنسبة للشركات ، والتي تهدف إلى ضمان التشغيل الحسن لمرافق الإنتاج، هي وظيفة إستراتيجية في مجال الأعمال التطبيقية. ترتبط ارتباطا وثيقا بالتطور التكنولوجي المستمر. يحدد عملنا إستراتيجية صيانة تطبق من أجل تحسين تدهور المعدات على مستوى شركة "Kherbouche Inter enterprise" باستخدام نهج الصيانة على أساس الاعتمادية و التوثيقية MBF. في هذا العمل، استخدمنا طرق التحليل وقوانين التوثيقية المشتركة (ABC، AMDEC، Noiret) بهدف تركيز الجهود على فشل التشغيل الذي يسبب معظم الآثار السلبية للصيانة و الإنتاج مثل الآلات المستعملة. هذه التقنيات و الادوات المستعملة ليست فقط لتحديد العيوب والخلل ولكن توضيح أسبابها الجذرية، واقتراح الإجراءات الوقائية والتصحيحية. سمحت لنا هذه الدراسة بالتأكد على النتائج النظرية وفقا للواقع العملي في المؤسسة باستخدام الطرق و الأدوات المتطورة في الصيانة

الكلمات الرئيسية: الصيانة الصناعية، الموثوقية MBF، الفشل، إجراءات وقائية وتصحيحية، نموذج

Weibull

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 : Inter entreprise	7
Figure 1.2 : Organigramme général de l'entreprise.....	7
Figure 1.3 : Organigramme département d'exploitation	8
Figure 1.4 : Ancien atelier	9
Figure 1.5 : Engins immobilisés	9
Figure 1.6 : Nouvel atelier.....	9
Figure 1.7 : Bureau service de maintenance.....	10
Figure 1.8 : Atelier de réparation des équipements	10
Figure 1.9 : Bureau service d'achat	11
Figure 1.10 : Magasin de l'entreprise.....	11
Figure 1.11 : Atelier de tôlerie	11
Figure 1.12 : Atelier de soudage.....	12
Figure 1.13 : Evolution de l'effectif de l'entreprise en fonction du temps.....	12
Figure 1.14 : Logo et produit de l'Inter entrepris	14
Figure 1.15 : Logo et produit d'Agro-industrie	14
Figure 1.16 : Logo et produit d'Atlas chimie	14
Figure 1.17 : Logo et produit d'Agrodeel	15
Figure 1.18 : Logo et produit de l'Aquatec	15
Figure 1.19 : Logo d'entreprise d'ingénierie de la nutrition animale.....	16
Figure 1.20 : Logo et produit de Canal plast	16
Figure 1.21 : Logo et produit d'Arbor Acres Algérie	16
Figure 2.1 : Indicateurs qui résultent la disponibilité	20
Figure 2.2 : Objectifs de la maintenance	

Figure 2.3 : Fonction de maintenance	22
Figure 2.4 : maintenance corrective	23
Figure 2.5 : Intervention préventive	24
Figure 2.6 : Courbe en baignoire du taux de défaillance	29
Figure 3.1 : Courbes paramétriques de la fiabilité	33
Figure 3.2 : Probabilité de réparation au cours du temps	34
Figure 3.3 : Cycle de vie d'un système: évolution dans le temps	35
Figure 3.4 : Principales propriétés de la distribution de Weibull	37
Figure 3.5 : Différents types de l'AMDEC	39
Figure 3.6 : Diagramme Ishikawa.	41
Figure 3.7 : Phases d'une étude MBF	45
Figure 4.1 : Représentation par secteur de parc roulant	50
Figure 4.2 : Représentation par un secteur des engins	50
Figure 4.3 : Pelle chenille DOOSAN S500LCV	52
Figure 4.4 : Pelle chenille KOMATSU PC210NLC	52
Figure 4.5 : Rétro Chargeur CATERPILLAR 424D	53
Figure 4.6 : Chargeur SEM 638	53
Figure 4.7 : Chargeur Caterpillar 938GII	53
Figure 4.8 : Rétro Chargeur CATERPILLAR 422 E	53
Figure 4.9 : Chargeur CATERPILLAR 966F	54
Figure 4.10 : Quantité des huiles consommées en litres	55
Figure 4.11 : Quantité des filtres consommés	56
Figure 4.12 : Temps de réparation en 2014	57
Figure 4.13 : Temps de réparation en 2015	58
Figure 4.14 : Temps de réparation en 2016	58
Figure 4.15 : Courbe de PARETO	5

Figure 4.16 : Diagramme de disponibilité	60
Figure 4.17 : Diagramme de maintenabilité	61
Figure 4.18 : Diagramme de fiabilité	61
Figure 4.19 : Courbe ABC.....	61
Figure 4.20 : Courbe ABC de la pelle à chenille KOMATSU.....	64
Figure 4.21 : Courbe ABC de rétro chargeur CATERPILLAR 424 D	65
Figure 4.22 : Courbe ABC de retro chargeur CATERPILLAR 422 E.....	66
Figure 5.1 : Classement des résultats de criticité.	72
Figure 5.2 : Flexible neuf.	73
Figure 5.3 : Flexible en état de travail	73
Figure 5.4 : Flexible de la pelleteuse de CAT 422 E.....	73
Figure 5.5 : Droite de Weibull.....	74
Figure 5.6 : Droite de Weibull numérique.....	76
Figure 5.7 : Fiabilité estimée et théorique de flexible.	76
Figure 5.8 : Fonction de fiabilité	77
Figure 5.9 : Courbe de répartition estimée et théorique de flexible	78
Figure 5.10 : Taux de défaillance de flexible	78
Figure 5.11 : Taux de défaillance	79
Figure 5.12 : La densité de défaillance.....	79
Figure 5.13 : La densité de défaillance, méthode numérique	8

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1: Identification de l'entreprise	6
Tableau 1.2: Principales réalisations de l'entreprise	13
Tableau 2.1: Types de maintenance	22
Tableau 3.1: Causes et leurs remèdes des différents modes de défaillance	40
Tableau 3.2: Exemple d'AMDEC (moyen de production)	42
Tableau 3.3: Grille de cotation de la fréquence.....	42
Tableau 3.4: Grille de cotation de la gravité	43
Tableau 3.5: Grille de cotation de la détection.....	43
Tableau 4.1: Les équipements du parc roulant.....	48
Tableau 4.2: Les engins du parc.....	50
Tableau 4.3: Les engins en arrêt.....	51
Tableau 4.4: L'état actuel des engins	51
Tableau 4.5: La flotte des engins	52
Tableau 4.6: Quantité des huiles consommées durant les années 2014, 2015, 2016 .	54
Tableau 4.7: Quantité des filtres durant les années 2014, 2015, 2016.....	55
Tableau 4.8: Temps de réparation pour chaque engin	57
Tableau 4.9: Analyse en diagramme en bâton « PARETO ».....	60
Tableau 4.10: Analyse par ABC.	62
Tableau 4.11: Analyse par ABC de la pelle à chenille KOMATSU.....	64
Tableau 4.12: Analyse par ABC de rétro chargeur CATERPILLAR 424 D	65
Tableau 4.13: Analyse par ABC de retro chargeur CATERPILLAR 422E.....	66
Tableau 5.1: spécification de système hydraulique CAT 424D	69
Tableau 5.2: spécification de système hydraulique CAT 422E	70
Tableau 5.3: Analyse système hydraulique de CAT 422 E.....	71
Tableau 5.4: Analyse système hydraulique de CAT 424D	71
Tableau 5.5: Préparation des données historiques	75
Tableau 5.6: Tableau des résultats	77

LISTE DES SYMBOLES

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillances, de leurs Effets et de leur Criticité

MTBF : Moyenne des temps de bon fonctionnement

MBF : La maintenance basée sur la fiabilité

MTTR : Moyenne des Temps Techniques de Réparation

MUT : " Mean Up Time " (Durée moyenne de fonctionnement après réparation)

TBF : Temps de bon fonctionnement [h]

$\lambda(t)$: Taux de défaillance

$\mu(t)$: Taux de réparation.

N: Le nombre d'éléments

F(t) : Fonction de répartition [%]

N0 : Nombre d'éléments à l'instant (t0)

R(t) : Fiabilité au temps t [%]

T : variable aléatoire [h]

β : Paramètre de forme de Weibull

η : Paramètre d'échelle [h] de Weibull

γ : Paramètre de position [h] Weibull

f(t) : densité de probabilité

G : indice de la gravité

F : indice de la fréquence

D : indice de la détection

C : indice de la criticité

SOMMAIRE

	Pages
DÉDICACES	I
REMERCIEMENTS.....	II
RÉSUMÉ.....	III
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES SYMBOLES.....	IX
SOMMAIRE	X
INTRODUCTION GÉNÉRALE	1
<i>Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise Groupe Kherbouche</i>	3
1.1. Introduction	3
1.2. Historique	3
1.3. Activités	3
1.3.1. Ingénierie	3
1.3.1.1. Service ingénierie	4
1.3.1.2. Consultation.....	4
1.3.1.3. Assistance technique.....	4
1.3.1.4. Domaine de compétence.....	4
1.3.2. Contrat	5
1.3.2.1. Hydraulique urbaine	5
1.3.2.2. Ouvrages hydrotechnique	5
1.3.2.3. Génie civil	5
1.3.2.4. Energie	5
1.3.3. Commerce : partenariat industrielle et commerciale	5
1.4. Identité	6
1.5. Structure et organisation de l'entreprise	7
1.5.1. Organigramme général de l'entreprise	7

1.5.2. Organigramme du département d'exploitation.....	8
1.5.2. Ancien atelier.....	9
1.5.3. Nouvel atelier	9
1.5.3.1. Service de maintenance	10
1.5.3.2. Service d'achat	10
1.5.3.3. Service de stock et magasin.....	11
1.5.4. Atelier de tôlerie	11
1.5.5. Atelier de soudure.....	11
1.6. Développement.....	12
1.7. Objectif	13
1.8. Généralités sur groupe Kherbouche	13
1.8.1. Inter-entreprise.....	14
1.8.2. Entreprise Agro-industrie	14
1.8.3. Entreprise Atlas chimie	14
1.8.4. Entreprise Agrodeel.....	15
1.8.5. Entreprise Aquatec biotechnologie.....	15
1.8.6. Entreprise d'ingénierie de la nutrition animale	15
1.8.7. Entreprise Canal plast.....	16
1.8.8. Entreprise Arbor Acres Algérie	16
Conclusion	17
<i>Chapitre 2 : Etude de la maintenance.....</i>	<i>19</i>
2.1. Introduction	19
2.2. Définitions des concepts	19
2.2.1. Maintenance.....	19
2.2.2. Fiabilité.....	19
2.2.3. Disponibilité	19

2.2.4. Maintenabilité	20
2.3. Maintenance des équipements industriels	20
2.3.1. Description de la maintenance	20
2.3.2. Objectifs de la maintenance	21
2.3.3. Activités de la maintenance	21
Figure 2.3. Fonction de maintenance [5]	22
2.4. Méthodes de la maintenance	22
2.4.1. Maintenance corrective	23
2.4.2. Maintenance préventive	23
2.5. Organisation du service maintenance	24
2.5.1. Maintenance centralisée	24
2.5.2. Maintenance décentralisée	24
2.6. Opérations de la maintenance	25
2.6.1. Opérations de la maintenance corrective	25
2.6.1.1. Dépannage	25
2.6.1.2. Réparation	25
2.6.2. Opérations de la maintenance préventive	25
2.6.2.1. Inspections	25
2.6.2.2. Visites	25
2.6.2.3. Contrôles	26
2.6.3. Opérations de surveillance	26
2.6.4. Autres opérations	26
2.6.5.1. Révision	26
2.6.5.2. Echanges standards	26
2.7. Temps de maintenance	26
2.7.1. Classification des temps de la maintenance	26
2.7.1.1. Temps machines	26
2.7.1.2. Temps d'activité	27

2.7.2. Nature des durées des interventions de maintenance.....	27
2.7.2.1. Temps de maintenance corrective	27
2.7.2.2. Temps de maintenance préventive	27
2.8. Importance de la maintenance dans une entreprise.....	27
2.9. Durée de vie.....	28
2.10. Courbe en baignoire	28
2.10.1. Phase de jeunesse.....	28
2.10.2. Phase de maturité.....	28
2.10.3. Phase de vieillesse	28
Conclusion	29
<i>Chapitre 3 : Etude des lois de la fiabilité.....</i>	<i>31</i>
3.1. Introduction	31
3.2. Généralités sur la fiabilité.....	31
3.2.1. Définition de fiabilité.....	31
3.2.2. Fonction de répartition.....	32
3.2.3. Densité de probabilité	32
3.2.4. Taux de défaillance.....	33
3.3. Paramètres de fiabilité	33
3.3.1. Moyen des temps de bon fonctionnement MTBF (MUT).....	33
3.3.2. Temps moyen pour réparer MTTR.....	34
3.3.3. Moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF).....	34
3.3.4 Relation entre MUT, MTBF et MTTR.....	35
3.4. Lois de fiabilité.....	35
3.4.1. Loi exponentielle	35
3.4.2. Loi de Weibull	36
3.4.3. Application à la fiabilité	37
3.5. Pratique de l'AMDEC.....	37
3.5.1. Introduction	37

3.5.2. Définition	38
3.5.3. Avantages de la méthode AMDEC	38
3.5.4. Types de l'AMDEC.....	39
3.5.5. Mise au point de la méthode AMDEC	39
3.5.6. Analyse fonctionnelle	40
3.5.6.1. Composants	40
3.5.6.2. Fonctions	40
3.5.7. Analyse de défaillance.....	40
3.5.7.1. Modes de défaillance	40
3.5.7.2. Causes de défaillance.....	40
3.5.7.3. Effets.....	41
3.5.8. Critères.....	41
3.5.8.1 Fréquence (F).....	41
3.5.8.2. Gravité (G).....	42
3.5.8.3. Détection (D)	42
3.5.8.4. Criticité (C).....	43
3.5.9. Actions menées.....	43
3.6. Méthode de l'Abaque de Noiret	44
3.8. Maintenance basée sur la fiabilité (MBF)	44
3.8.1 Principes de la MBF	44
3.8.2 Différentes phases d'une étude MBF	45
3.8.3. Objectifs de la MBF	46
Conclusion	46
<i>Chapitre 4 : Etude critique des engins.....</i>	<i>48</i>
4.1 Généralités sur les engins :.....	48
4.1.1 Introduction :	48
4.1.2 Etat de parc de l'entreprise :.....	48
4.1.2.1 Parc Roulent :	48

4.1.2.2 Engins	49
4.1.3 Description des engins	51
4.1.4. Etude de consommation des huiles et des filtres	54
4.1.4.1. Consommation des huiles	54
4.1.4.2. Consommation des filtre.....	55
4.2. Application	55
4.2.1. Choix du critère : Temps de réparation et nombre d'intervention	55
4.2.2. Le temps de réparation	56
4.2.3. Description de la méthode de PARETO.....	58
4.2.3.1. Définition.....	58
4.2.3.2Objectif d'utilisation.....	58
4.2.3.3 Méthodologie – Démarche	59
4.2.4 Diagramme en bâton de « PARETO »	59
4.2.4.1. Diagramme de disponibilité.....	60
4.2.4.2. Diagramme de maintenabilité.....	60
4.2.4.3 Diagramme de fiabilité	61
4.2.4.4. Courbe ABC	61
4.3. Etude critique des systèmes	63
4.3.1. Pelle à chenille KOMATSU PC210	63
4.3.2. Rétro chargeur CATERPILLAR 424 D	64
4.3.3 Retro chargeur CATERPILLAR 422E.....	65
Conclusion	67
<i>Chapitre 5 : Analyse de la fiabilité des engins au niveau d'Inter entreprise : Groupe Kherbouche.....</i>	<i>69</i>
5.1. Introduction	69
5.2 Spécifications hydrauliques des engins.....	69
5.2.1. Rétro chargeur CAT 424D	69
5.2.2. Retro chargeur CAT 422E.....	70

5.3. Analyse par AMDEC.....	70
5.4. Abaque de NOIRET	73
5.5. Application du modèle de Weibull sur le flexible	75
5.5.1. Préparations des données historiques	75
5.5.2. Tracé graphique	75
5.5.3. Analyse des résultats	76
Conclusion	80
Conclusion générale.....	82
Bibliographie.....	82

INTRODUCTION GÉNÉRALE

L'exécution de la maintenance dans l'entreprise industrielle « groupe kherbouche » est d'une importance capitale pour maintenir les équipements en état de bon fonctionnement. La fonction maintenance a été, dans la plupart des cas réduite à de simples actions financières. Son importance s'affirme de jour en jour dans l'optimisation de la production et l'assurance de la qualité dans les entreprises.

Dans ce contexte, l'élaboration d'un plan de maintenance s'impose pour atteindre les objectifs prescrits avec des coûts optimaux. Cette politique de maintenance exige la maîtrise et l'optimisation des processus et des activités des engins au niveau de l'entreprise (groupe kherbouche). Ceci pour minimiser les couts de la maintenance et de l'exploitation de ces engins.

Dans le premier chapitre, nous présentons l'inter entreprise, ses fonctions ses département, ainsi que ses activités.

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

Le troisième chapitre, est consacré aux différentes méthodes de diagnostic de la maintenance qu'on va appliquer au niveau de l'inter entreprise, ainsi nous introduirons les concepts de fiabilité, de défaillance, la méthode AMDEC avec ses types, et leur méthodologie d'application, et un nouvel outil qui est la méthode de Noiret.

Dans le quatrième chapitre, nous allons étudié les engins selon leur état de fonctionnement et selon le temps de réparation pour chaque engin, puis on va terminer par une analyse classique les graphes de Pareto, ensuite on termine par une interprétation.

Enfin, dans le dernier chapitre on met en application les méthodes et les outils de la fiabilité décrite dans les chapitres précédents, par une étude des cas pratiques sur un engin stratégique de parc d'inter entreprise. Dans cette partie on applique la méthode MBF pour déterminer l'engin le plus sensible du parc, en suite, on fera une optimisation par la méthode AMDEC sur l'engin déterminé afin d'arriver à l'organe crucial. Cette partie est caractérisée par les

paramètres de fiabilité et le type de la maintenance à appliquée. On conclue notre travail de mémoire par une interprétation des résultats et une proposition des suggestions.

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ENTREPRISE GROUPE KHERBOUCHE

Chapitre 1 : Présentation de l'entreprise Groupe Kherbouche

1.1. Introduction

Le groupe Kherbouche a été créé en 1976, spécialisé dans l'agro-industrie, l'ingénierie de l'eau et les réalisations hydrauliques, il englobe actuellement huit (8) filiales qui activent sur l'ensemble du territoire national. Ce qui nous intéresse dans ces filiales c'est l'inter-entreprise, le lieu de notre projet de fin des études. Notre séjour au sein de l'entreprise Inter Entreprise du groupe Kherbouche nous a permis de s'adapter à tous les équipements liés au processus des travaux et de leurs maintenances.

1.2. Historique

Inter entreprise c'est l'entreprise qui gère toutes les entreprises du groupe Kherbouche, sa fonction joue le rôle de la liaison entre les autres entreprises de groupe, et pour cela elle a pris le nom « inter entreprise »

L'Inter entreprise a depuis quarante ans (40) capitalisé un savoir-faire dans le domaine de l'hydraulique, des travaux publics et du bâtiment. En mettant à profit une synergie du groupe dans l'hydraulique. Elle est spécialisée dans le transfert d'eau, des retenues collinaires, des stations d'épuration, des grandes stations de dessalement, des stations de pompage pour les barrages, ainsi que des études et des réalisations diverses.

Les importantes références d'Inter-entreprise et sa quête permanente de l'excellence dans ce domaine ont permis de réaliser en partenariat avec des entreprises étrangères reconnues par leur qualité à savoir « DEGEMON, BIWATER, CONDOTTE, CULLIGAN, CAPRARI » des projets de grande envergure dans le domaine du dessalement de l'eau de mer et du traitement des eaux usées.

1.3. Activités

L'inter-entreprise est dotée aujourd'hui des moyens et compétences nécessaires en mesure de fournir à ses clients des solutions globales intégrées et d'assurer les missions suivantes, notamment en matière de :

- ✓ L'Ingénierie
- ✓ Du contrat
- ✓ Du commerce

1.3.1. Ingénierie

En matière d'ingénierie, l'inter-entreprise offre à ses partenaires et ses clients un large éventail de service parmi lesquels on trouve les acquis suivants :

1.3.1.1. Service ingénierie

- Etudes des avant projets
- Etudes de faisabilité
- Etudes d'exécution
- Dossier d'appel d'offres

1.3.1.2. Consultation

- Conseils techniques
- Elaboration des cahiers de charges
- Contrôle des études
- Etudes technico-économiques

1.3.1.3. Assistance technique

- Gestion des projets
- Suivi de chantiers
- Assistance à l'installation des équipements

1.3.1.4. Domaine de compétence

- Hydraulique urbaine et industrielle
- Réseaux d'assainissement
- Traitement et épuration des eaux
- Irrigation et drainage
- Stations de pompage
- Conception et génie civil des ouvrages
- Etudes hydrotechniques : barrages, prise d'eau, ouvrages de dérivation
- Aménagements fluviaux
- Diagnostic et réhabilitation des réseaux
- Etudes hydrotechniques (écoulement en surface) et hydro géologiques (détermination des nappes d'eau)
- Topographie, cartographie des réseaux
- Couverture de photos aériennes
- Etudes, réalisation, rénovation et pose des conduites sans tranchée
- Rabattement et traitement de nappes

- Production des bétons et des préfabriqués

L'entreprise est déterminée à participer de façon efficace au développement durable.

1.3.2. Contrat

En matière de travaux Inter-entreprise on trouve :

- Travaux de terrassements
- Travaux hydrauliques agricoles
- Aménagements de périmètres agricoles
- Réseaux d'irrigation
- Réseaux de drainage

1.3.2.1. Hydraulique urbaine

- Réseaux d'assainissement
- Stations d'épuration monobloc, lagunage et boues activées
- Adduction et distribution d'eau
- Stations de traitement monobloc
- Station de pompage
- Station de déminéralisation des eaux

1.3.2.2. Ouvrages hydrotechnique

- Travaux fluviaux et ouvrage de dérivation
- Rectification et rééquilibrage des cours d'eau

1.3.2.3. Génie civil

- Génie civil spécifique à des stations
- Châteaux d'eau et réservoirs
- Ouvrages d'art
- Construction de gestion immobilière

1.3.2.4. Energie

Le développement des énergies renouvelables : Solaire (photovoltaïques), énergie éolienne, chauffe-eau solaire,... etc.

Energie classique : Groupes électrogènes, armoires électriques, pylônes électriques (haute tension). L'inter-entreprise installe une large gamme de groupe électrogène de différentes marques (CUMMINS, VOLVO, DEUTZ, LEROY SOMER, STAFORD, ABB), de capacités allant de 16 KVA à 1000 KVA.

1.3.3. Commerce : partenariat industrielle et commerciale

Inter-entreprise représente et établit des partenariats avec des grandes marques dans leur domaine de compétence, notamment grâce à des accords privilégiés de distribution exclusive

avec des partenaires étrangers et nationaux de façon à garantir, à ses clients, en permanence une large gamme d'équipement : pompes, transformateurs tous puissances, groupes électrogènes, accessoires d'irrigation, pièces spéciale hydraulique pièces de rechanges, tuyaux en fonte etc....

Inter-entreprise active aussi en étroite collaboration avec des partenaires étrangers spécialisés (sous forme de groupement ou autres) dans la réalisation de certains de ses projets complexes, nécessitant des technologies avancées pour une meilleure performance de ses activités et une recherche permanente de l'amélioration de ses processus.

La synergie du groupe est un vecteur de performance et de progrès.

1.4. Identité

Le tableau 1.1 Représente l'identité de l'Inter-entreprise

Tableau 1.1. Identification de l'entreprise

<i>Entreprise« Inter entreprise »</i>	<i>Industrie et commerce : Kherbouche</i>
<i>Activité principale</i>	<i>Ouvrages hydrauliques, travaux publics et bâtiment</i>
<i>Date de création</i>	<i>1976</i>
<i>Adresse</i>	<i>Zone industrielle Chetouane, desserte N°3, Bloc N°3. 13000 - TLEMCEN.</i>
<i>Téléphone</i>	<i>043 27 40 90 / 043 27 32 54</i>
<i>Mobile</i>	<i>0560 05 93 96</i>
<i>Fax</i>	<i>043 27 87 93</i>
<i>E-mail</i>	<i>inter@groupekherbouche.com</i>
<i>Effectif total de l'entreprise</i>	<i>800 employés</i>
<i>Capital social</i>	<i>205. 000.000 DA</i>

1.5. Structure et organisation de l'entreprise

La structure d'une entreprise définit les relations hiérarchiques et fonctionnelles entre les divers collaborateurs : il s'agit de la répartition des responsabilités et du mode de communication interne à l'entreprise



Figure 1.1 inter-entreprise

1.5.1. Organigramme général de l'entreprise

La figure 1.2 représente l'organigramme des différents départements de l'entreprise.

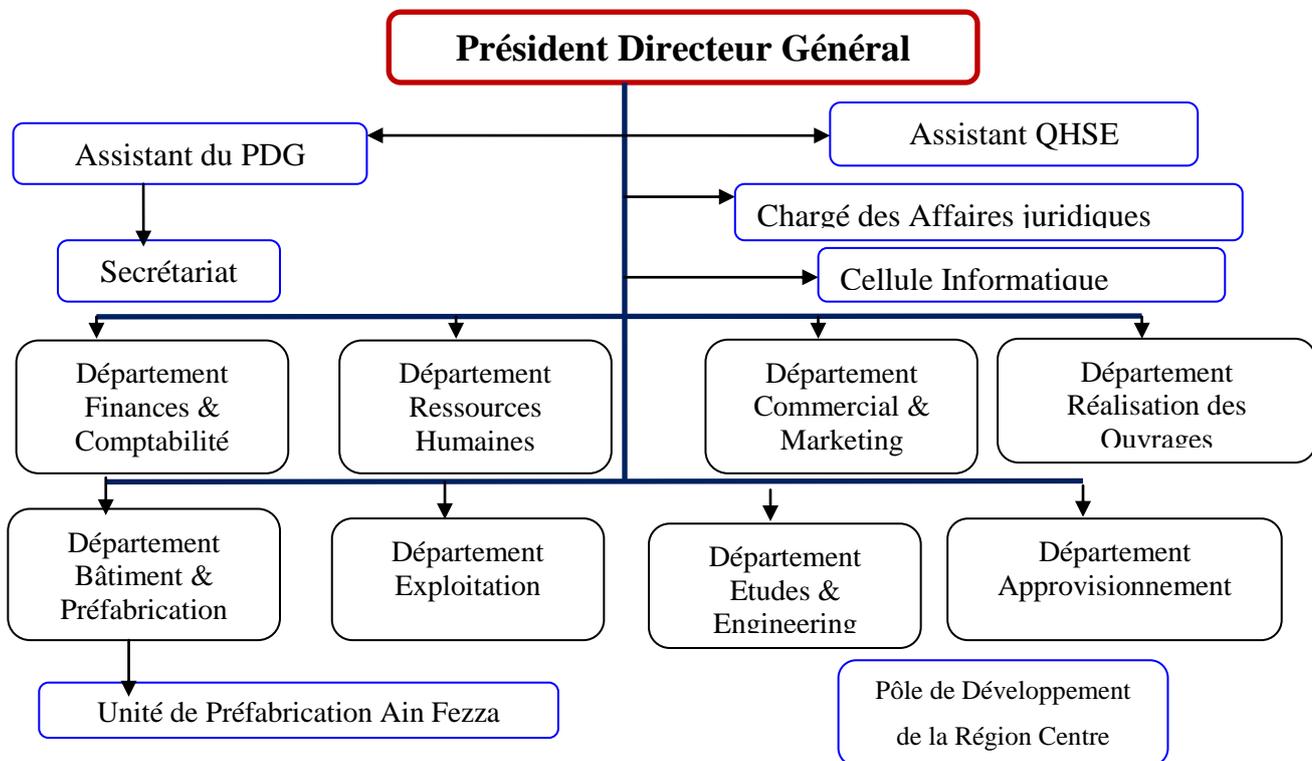


Figure 1.2. Organigramme général de l'entreprise

Inter-entreprise se compose de 8 départements administratifs, mais le travail réalisé dans cette étude est effectué au niveau de département d'exploitation (ou se situe le service de maintenance).

1.5.2. Organigramme du département d'exploitation

La figure 1.3 représente l'organigramme du département de l'exploitation.

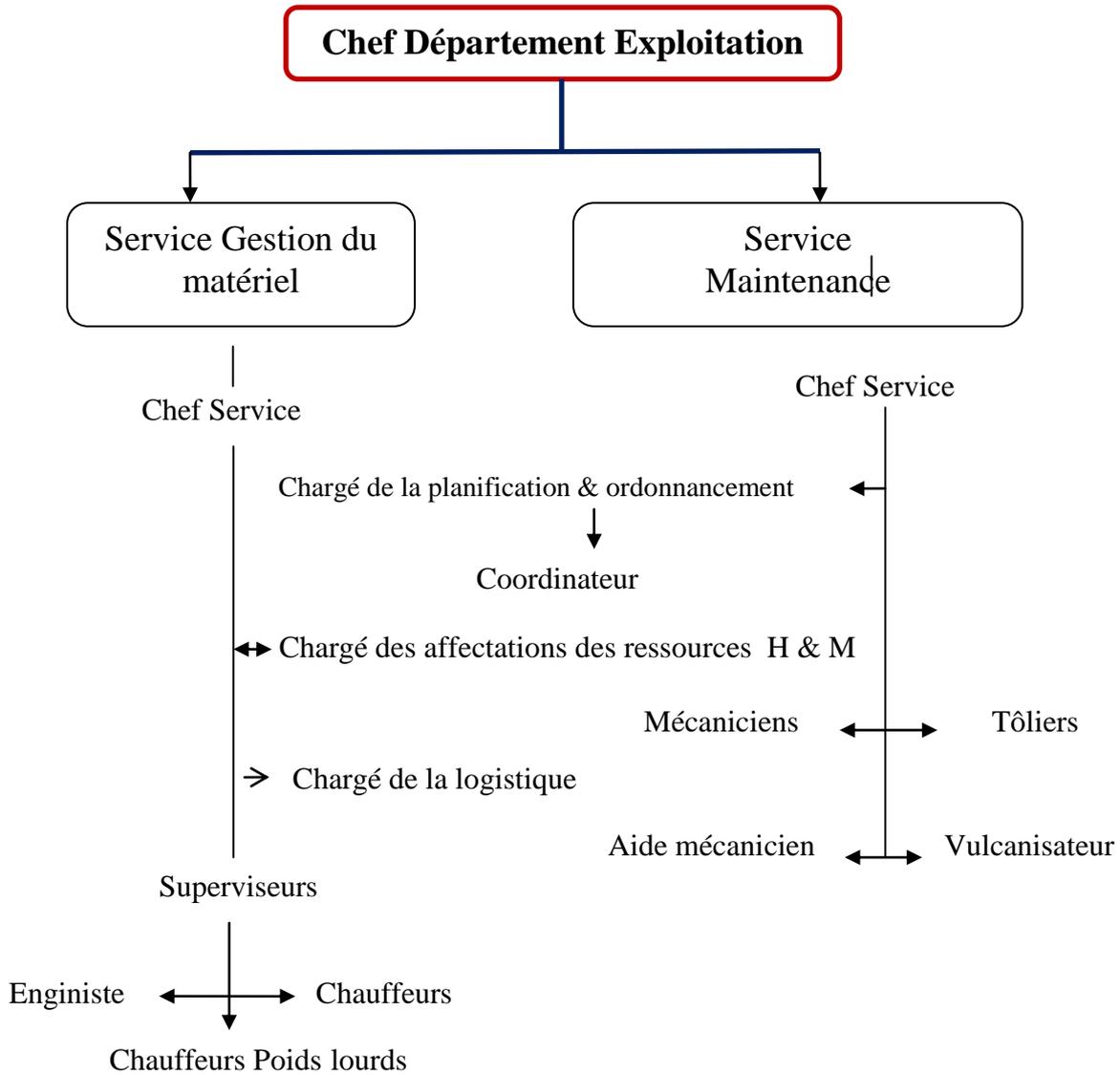


Figure 1.3. Organigramme du département d'exploitation

La structure du service de maintenance où on a réalisé cette étude se subdivise en plusieurs ateliers d'exploitation dans lesquels nous avons passé la période de projet de fin des études. Ces visites respectives des différents ateliers de l'entreprise nous ont permis une meilleure compréhension des multiples étapes intervenant dans les processus de maintenance et d'évaluer la complémentarité de ces différents ateliers afin d'avoir une idée générale des problèmes techniques de toute l'entreprise.

1.5.2. Ancien atelier

Il a été créé pour assurer la maintenance des équipements, actuellement il est conçu principalement pour toutes les opérations de la maintenance systématique à savoir : vidange, graissage, lavage des équipements, changement et la confection des roues. Il réserve aussi une surface pour les équipements en panne ou bien en cour de réparation.



Figure 1.4. Ancien atelier



Figure 1.5. Engins immobilisés

1.5.3. Nouvel atelier

Cet atelier est ajouté récemment pour assurer les fonctions suivantes : maintenance et réparations des équipements, service d'achat, stock et magasin.

Il est ajouté aussi dans le but d'élargir l'espace du parc de l'entreprise.



Figure 1.6. Nouvel atelier

1.5.3.1. Service de maintenance

Le service a pour but d'assurer le bon fonctionnement des équipements (engins, camions, véhicule utilitaire) en appliquant les fonctions de base suivantes :

- Fonction « maintenance corrective », c'est à dire le dépannage et la réparation des équipements défectueux.
- Fonction « maintenance préventive », c'est à dire la prévention du risque de défaillance.
- Fonction « amélioration des équipements »



Figure 1.7. Bureau du service de maintenance



Figure 1.8. Atelier de réparation des équipements

1.5.3.2. Service d'achat

Les services d'achats sont stratégiques en raison de l'augmentation de la part grandissante du chiffre d'affaire des achats sur le chiffre d'affaire total. La mission du service d'achat c'est acquérir des biens et des services demandés par l'entreprise, et ensuite commercialiser son

service, sa prestation auprès des clients interne. Le rôle du service d'achat est primordial, par ce que, la performance d'achat ne se limite pas à des gains rapides mais à une amélioration continue des processus et de développer le service d'achat afin de créer un avantage concurrentiel durable.

1.5.3.3. Service de stock et magasin

Ce service est désigné à assurer l'existence des pièces de rechange afin de faciliter la fonction maintenance et améliorer le temps de bon fonctionnement de tous les équipements de l'entreprise.



Figure 1.9. Bureau du service d'achat



Figure 1.10. Magasin de l'entreprise

1.5.4. Atelier de tôlerie

Il est existé pour la mission des travaux de tôlerie des équipements de l'entreprise

1.5.5. Atelier de soudure

Sa fonction est la réalisation des opérations de soudage sur les équipements, principalement, les engins et les camions. Ainsi que la confection des pièces défectueuses en cas de l'indisponibilité de ces derniers, ou bien gagner le temps des interventions de maintenance.



Figure 1.11. Atelier de tôlerie



Figure 1.12. Atelier de soudure

1.6. Développement

Inter entreprise est aussi présente sur tout le territoire national avec un plan de charge très important et diversifié avoisinant pour 2010 un montant environ une dizaine de projet de différentes natures.

Aussi dans le domaine des ressources humaines l'entreprise suit une évolution progressive au niveau des effectifs de la société, comptabilisant un effectif de 800 à savoir :

- 48 ingénieurs et Architectes
- 22 cadres financiers et administratifs
- 162 agents de maîtrise
- Plus de 600 ouvriers qualifiés

L'évolution est représentée sur la figure 1.13.

Avec un taux d'encadrements de 6%, et une moyenne d'âge de 35 ans représentés près de 80% de l'effectif total.

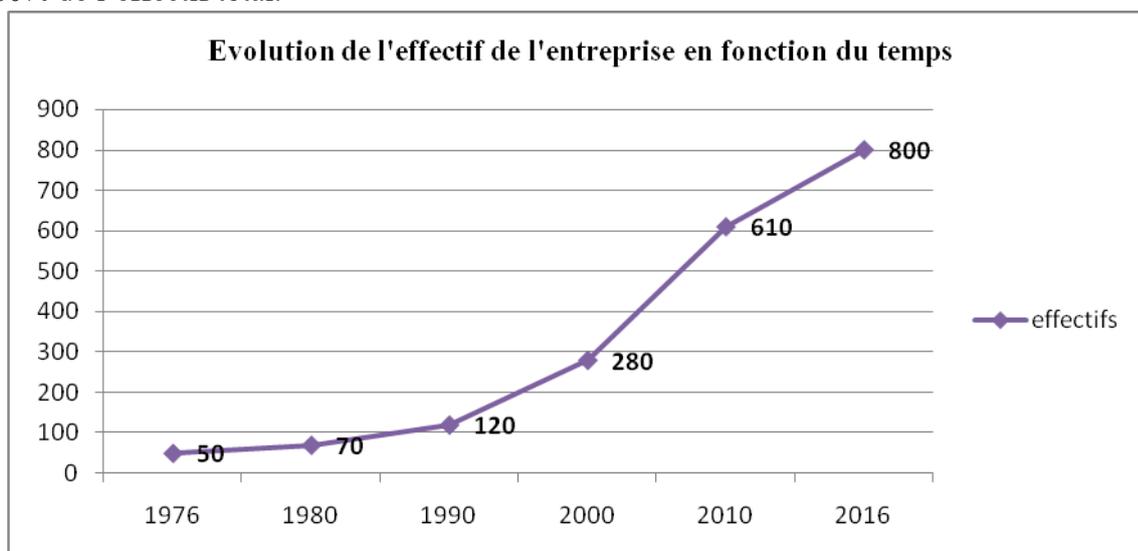


Figure1.13. Evolution de l'effectif de l'entreprise en fonction du temps

Pour mieux répondre aux attentes de ces clients, Inter entreprise a lancé un processus de certification de son système de management de qualité selon la norme ISO 9001 V 2008 qui se sont caractérisée en mois de décembre 2014.

L'entreprise a aussi gagnée plusieurs clients sur le marché algérien durant les années de son création à ce jour, le tableau suivant représente la liste des clients et les principes travaux réalisés

Tableau 1.2. Liste des clients

<i>Liste des clients</i>	<i>Principales réalisations</i>
- L'Algérienne des Eaux ADE	- Station d'épuration
- Direction Hydraulique des Wilaya DHW	- Station de déminéralisation
- Direction des Travaux Publics DTP	- Station de pompage
- Directeurs de l'Urbanisme et de la Construction	- Station de dessalement
DUC	- Station de refoulement
- Office National de l'Irrigation et du Drainage	- Transfert d'eau potable
ONID	- Traversée de forage (pose tube)
- Société des Eaux et de l'Assainissement d'Alger	- Télégestion
SEAAL	- Système lagunaire des eaux
- la société de l'eau et de l'assainissement d'Oran	- Protection des barges des eaux
SEOR	- Protection des barges des oueds

1.7. Objectif

- Recherche permanente de la satisfaction de ses clients.
- Soucieuse de son développement harmonieux par une amélioration continue de tous les processus, l'inter-entreprise en tant qu'entreprise citoyenne tenant compte des impacts sociaux et environnementaux, met à la disposition de ses clients et partenaires d'affaire tout son savoir-faire acquis pendant 40 ans d'expérience dédiées aux domaines de l'hydraulique, du génie civil, d'ouvrages d'art et en mettant à profit la synergie du groupe comme vecteur de performance et de progrès.

1.8. Généralités sur groupe Kherbouche

Le groupe Kherbouche (ex Sarl) inter-entreprise dont la création était en 1976, il englobe actuellement huit (8) sociétés commerciales pluridisciplinaires, à caractère économique et industriel qui active sur l'ensemble du territoire national.

D'une complémentarité et une interopérabilité avérée, les composantes du groupe, spécialisées chacune dans son domaine ont pu se développer grâce à la vision stratégique adoptée par la direction du groupe et de son sérieux. Elles réalisent des opérations d'envergure parfois très complexe ayant permis l'acquisition diversifiée de grandes expériences et de nouer des relations durables avec des partenaires de renommée internationale et de gagner en même temps la confiance et la fidélité de ses clients. En diversifiant ces activités, le groupe KHERBOUCHE se décompose en :

1.8.1. Inter-entreprise

Elle est active dans le domaine de l'hydraulique, des travaux publics et du bâtiment.



Figure 1.14. Logo et produit de l'Inter entreprise

1.8.2. Entreprise Agro-industrie

Créée en 1985, sous forme de SNC (société en nom collectif), Agro industrie s'est durablement installée dans l'équipement agro industriel, à savoir l'ingénierie, la fabrication et la distribution.



Figure 1.15. Logo et produit de Agro-industrie

1.8.3. Entreprise Atlas chimie

Le complexe a été créé en 1987 à la ville de Maghnia, pour la fabrication des huiles alimentaires, des détergents et des produits chimiques comme le savon et la glycérine.



Figure 1.16. Logo et produit d'Atlas chimie

1.8.4. Entreprise Agrodeel

Agrodeel a été créé en 1999 pour répondre aux besoins sans cesse croissant en pompes centrifuges, aussi bien en agriculture, en industrie et les systèmes d'épuration. La pompe centrifuge reste un composant fondamental. Elle intervient de plus en plus dans le montage et le service après vente, tout en développant ses capacités d'étude. Son objectif final est de garantir une fiabilité prouvée et une technicité maîtrisée.



Figure 1.17. Logo et produit d'Agrodeel

1.8.5. Entreprise Aquatec biotechnologie

Aquatec biotechnologie a été créée en l'an 2000, sa spécialité est d'intervenir activement et efficacement dans les domaines des études, des installations et de l'exploitation des stations de traitement des eaux, aussi bien domestique, professionnelles et industrielles.



Figure 1.18. Logo et produit de l'Aquatec

1.8.6. Entreprise d'ingénierie de la nutrition animale

C'est un complexe intégré dans la fabrication des aliments composés pour animaux, tel que les bovins, les volailles, les ovins et les équins. Il a démarré en fin 2003 avec capacité de 100.000 tonnes/an. Ce complexe est entièrement automatisé afin de répondre aux normes internationales en matière de qualité et de sécurité alimentaires.



Figure 1.19. Logo d'entreprise d'ingénierie de la nutrition animale

1.8.7. Entreprise Canal plast

Canal plast a été créée en 2005, au-delà des résultats de la volonté d'intégration des capacités du groupe dans le domaine de l'hydraulique. Elle est destinée pour la fabrication et la distribution des tubes en PVC et en polyéthylène, des raccords et des accessoires en plastiques adaptés pour réaliser la canalisation pour plusieurs applications.



Figure 1.20. Logo et produit de Canal plast

1.8.8. Entreprise Arbor Acres Algérie

La Sarl AAA (Arbor Acres Algérie) est située à Tlemcen depuis l'année de 2010 pour la production de poussins reproducteurs de chair.



Figure 1.21. Logo et produit d'Arbor Acres Algérie

Ses sites sont conformes aux normes internationales de biosécurité et de meilleures technologies, ils offrent la qualité, la performance et le meilleur choix.

Conclusion

Inter entreprise de groupe Kherbouche est un pôle économique important dans la région (plus de cinq cent travailleurs, deux cent cinq millions dinar de capital...). Elle marche à pas solide vers sa modernisation par l'incorporation des nouveaux systèmes à un rendement élevé qui conserve l'énergie, et bien l'investissement dans l'aspect humain par des formations périodique.

CHAPITRE 2 :
ETUDE DE LA MAINTENANCE



Chapitre 2 : Etude de la maintenance

2.1. Introduction

La maintenance est devenue une nécessité dans les entreprises, elle consiste à conserver ou à remettre un équipement en état de bon fonctionnement. Dans ce sens, les entreprises font appel aux services de maintenance pour la bonne marche de l'exploitation de ses équipements. Ces services organisent les moyens humains et matériels pour accomplir leur fonction de maintenance.

Aujourd'hui la maîtrise de la disponibilité des biens, des matériels et des équipements industriels, permet à l'industrie d'agir sur la régularité de la production, sur les coûts de fabrication, sur la compétitivité et sur le succès commercial. Pour vendre plus et mieux, il s'agit non seulement de proposer un meilleur mode de conduite de l'installation mais de garantir à l'exploitant un mode d'intervention rapide, une mise en place de détection et de diagnostic des défaillances, en un mot, il faut assurer une maintenance de qualité permettant d'atteindre la production optimale.

2.2. Définitions des concepts

Il est utile, avant d'aborder l'étude de la maintenance des engins au niveau du groupe « Inter entreprise », de définir les concepts de la maintenance. [1].

2.2.1. Maintenance

Selon la définition de la norme AFNOR X 60-010, la maintenance vise à maintenir ou à rétablir un bien dans un état spécifié afin que celui-ci soit en mesure d'assurer un service déterminé dans un temps déterminé et selon les spécifications fixées. [1].

2.2.2. Fiabilité

Probabilité pour qu'une pièce, un dispositif ou un équipement complet soit utilisé sans défaillance pendant une période de temps déterminée, dans des conditions opérationnelles spécifiées. (La fiabilité s'exprime par une durée qui correspond au lexique MTBF [Mean Time Between Failure]). [1].

2.2.3. Disponibilité

La disponibilité est caractérisée par un indice qui détermine la disponibilité d'un équipement à effectuer son travail dans le temps prévu. On calcule la disponibilité moyenne par l'équation suivante:

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (2.1)$$

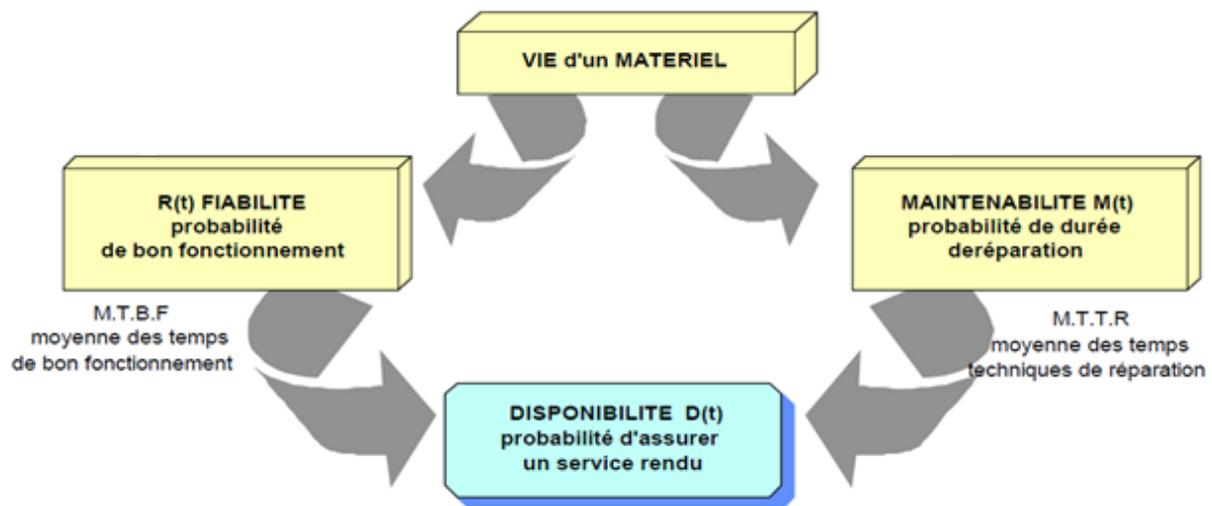


Figure 2.1. Indicateurs qui résultent la disponibilité. [2]

2.2.4. Maintenabilité

La maintenabilité concerne l'action de maintenance comme telle, son indice est la MTTR (Mean Time To Repair).

Par la maintenabilité, on recherche l'optimisation du temps d'intervention afin d'augmenter le temps de production et en diminuant les délais dus aux défaillances suivantes:

- Temps pour l'attente de la pièce de remplacement
- Temps pour préparation des documents
- Temps de préparation de l'action

2.3. Maintenance des équipements industriels

Longtemps, la maintenance été vue comme une fonction secondaire, aujourd'hui elle est devenue une réelle préoccupation dans les entreprises. Elle est perçue comme un processus industriel à part entière et elle est identifiée comme une des activités principales de l'exploitation industrielle. [3]

2.3.1. Description de la maintenance

La maintenance ne consiste pas seulement à réparer ou dépanner au moindre coût ou remettre en état dans les plus brefs délais des équipements. Elle n'est pas non faite pour maintenir les installations en marche à tout prix ou assurer une sécurité de fonctionnement élevée, coûte que coûte, pour atteindre une disponibilité maximale mais non rentable. La maintenance commence dès la conception du matériel. Il faut que l'équipement soit apte à être entretenu (notion de maintenabilité) et, apte à produire avec une utilisation facile et une sécurité maximale. Pendant toute la durée vie de production, la maintenance surveille le matériel, suit

ses dégradations et le remet à niveau avec un contrôle des ses performances avec une surveillance des coûts et une disponibilité. A la fin de vie du matériel, la maintenance analyse d'abord une diminution des ses performances compatibles avec les possibilités de sa dégradation et de son renouvellement.

2.3.2. Objectifs de la maintenance

Les objectifs de la maintenance sont schématisés dans la figure 2.2

- ✓ Assurer la qualité et la quantité des produits fabriqués, tout en respectant les délais.
- ✓ Optimiser les actions de maintenance.
- ✓ Contribuer à la création et le maintien de la sécurité au travail.
- ✓ Consolider la compétitivité de l'entreprise. [4]

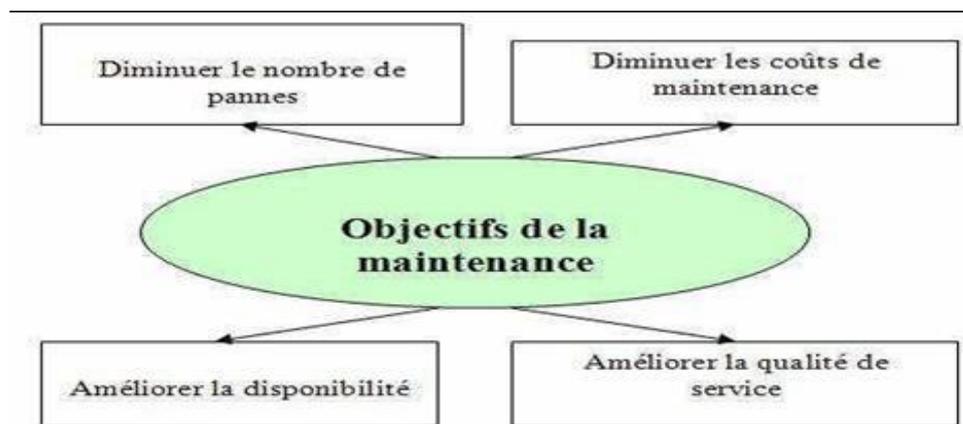


Figure 2.2. Objectifs de la maintenance [4]

2.3.3. Activités de la maintenance

La fonction maintenance peut être présentée comme un ensemble des activités regroupées en deux sous-ensembles: les activités à dominance technique et les activités à dominance de gestion. Ces différentes activités sont représentées dans la figure 2.3.

Un service de maintenance peut également être amené à participer à des études d'amélioration du processus industriel, et doit, comme d'autres services de l'entreprise, prendre en considération de nombreuses contraintes comme la qualité, la sécurité, l'environnement, le coût, etc.

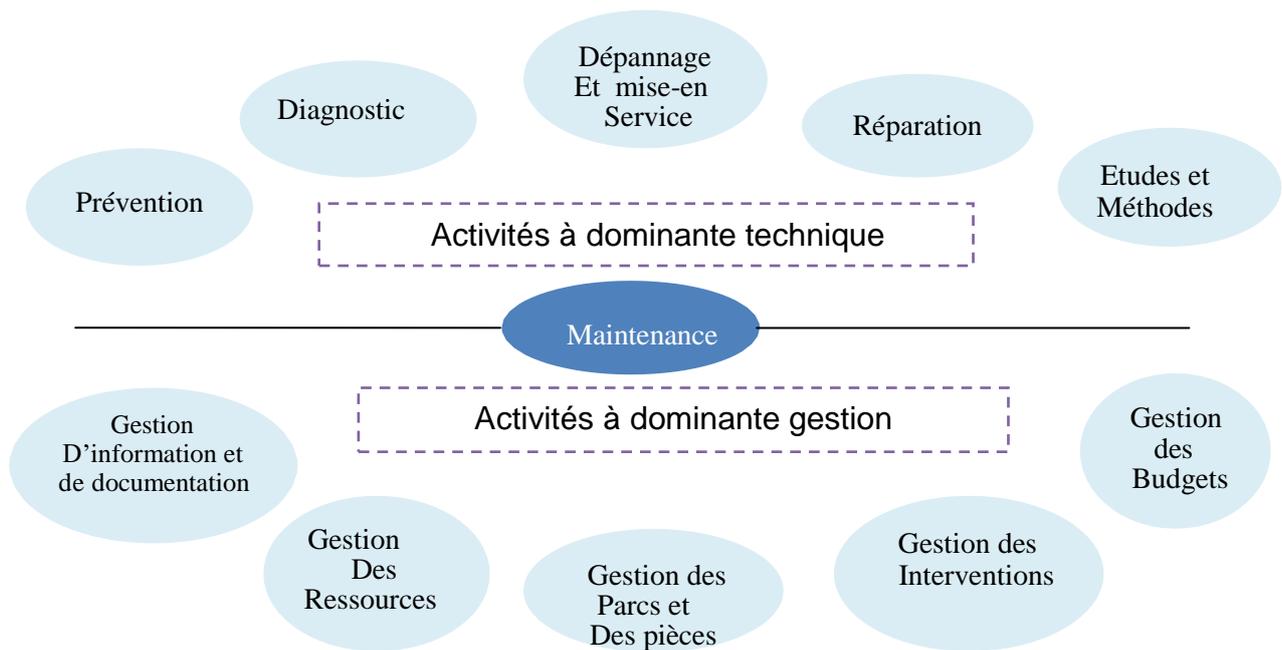


Figure 2.3. Fonction de maintenance [5]

2.4. Méthodes de la maintenance

Le tableau 2.1 montre les différents types de maintenance accessibles à une entreprise.

Tableau 2.1. Types de maintenance

	Types de maintenance				
Type de maintenance	Maintenance corrective		Maintenance préventive		
	Maintenance Palliative	Maintenance curative	Maintenance systématique	Maintenance conditionnelle	Maintenance prévisionnelle
Déclencheur	Défaillance	Défaillance	Date/échéance	Franchissement limite ou seuil	Dérive, Tendances
Action de maintenance	Dépannage	Réparation	Remplacements systématiques	Remplacements sous condition	Interventions ciblées

Le choix entre les méthodes de maintenance s’effectue dans le cadre de la politique de la maintenance au niveau de l’entreprise et doit s’opérer en accord avec sa direction. Ce choix est à la fois technique, social, environnemental et économique. Il doit répondre aux besoins des utilisateurs des équipements.

2.4.1. Maintenance corrective

La maintenance corrective est le type de maintenance qui s'approche le plus à l'entretien traditionnel dans la mesure où, comme son nom l'indique, intervient sur le système après l'apparition d'une défaillance. On peut distinguer deux types de maintenance corrective : la maintenance curative et la maintenance palliative, voir tableau 2.1 [6]

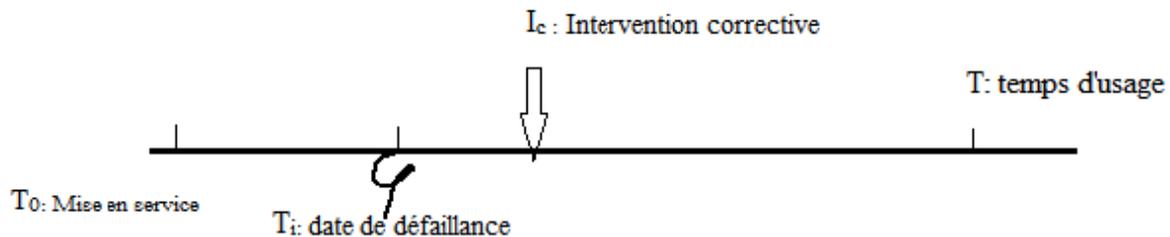


Figure 2.4 Maintenance corrective

2.4.2. Maintenance préventive

C'est principalement le développement de ce type de maintenance qui a entraîné la mutation des services d'entretiens traditionnels. Le mot préventive sous-entend prévenir, l'objectif de ces formes de maintenance est de prévenir la panne avant qu'elle ne survienne. Il en résulte principalement une économie sur les pertes de production mais, aussi une diminution de la dégradation des équipements.

Il existe deux formes principales de la maintenance préventive. La maintenance préventive systématique et la maintenance préventive conditionnelle. On peut ajouter une autre, la maintenance préventive prévisionnelle. [7]

Le but de la maintenance préventive est de :

- augmenter la durée de vie des matériels ;
- diminuer la probabilité des défaillances en service ;
- diminuer le temps d'arrêt en cas de révision ou de panne ;
- prévenir et prévoir les interventions de la maintenance corrective coûteuse ;
- permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions ;
- éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.;
- diminuer le budget de la maintenance ;
- supprimer les causes d'accidents graves.

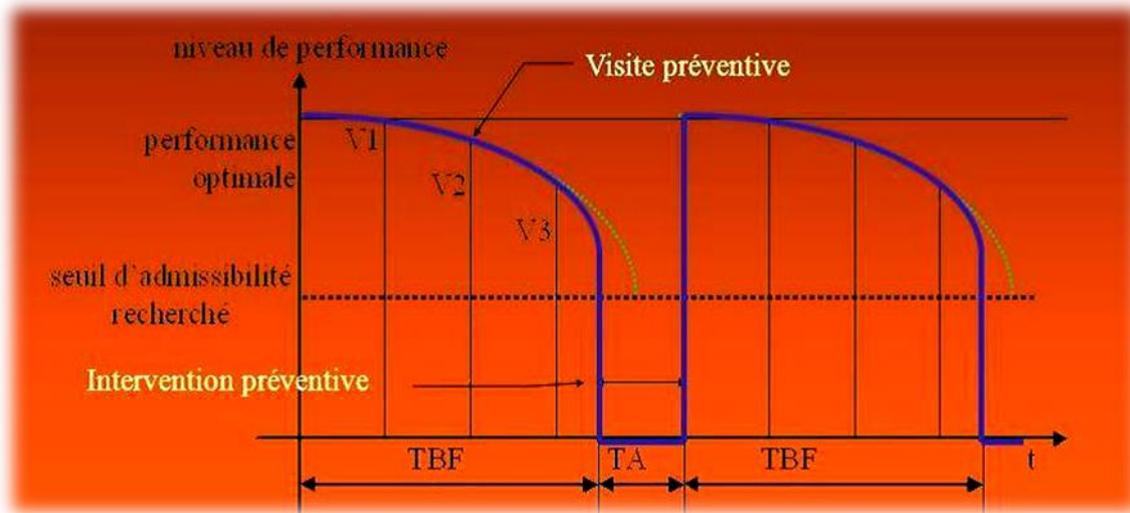


Figure 2.5. Intervention préventive [8]

2.5. Organisation du service maintenance

Deux types d'organisation peuvent être mises en place selon la spécificité et la taille de l'entreprise :

2.5.1. Maintenance centralisée

Ce type d'organisation prévoit la centralisation de toutes les activités de maintenance sous forme d'une seule entité. Cette entité gère la maintenance globale de toute l'entreprise (ateliers et secteurs). Parmi les avantages de ce type d'organisation on peut citer :

- la facilité de planning
- la facilité de surveillance
- des magasins bien équipés
- le contrôle effectif de la main-d'œuvre

2.5.2. Maintenance décentralisée

Chaque secteur d'activité a son atelier sectoriel de maintenance. Comme caractéristiques de ce type d'organisation, on trouve :

- un service rapide
- les connaissances spécialisées
- une prise en charge de chaque installation
- moins de paperasse
- les frais réels de maintenance par poste de travail. [9]

2.6. Opérations de la maintenance

2.6.1. Opérations de la maintenance corrective

2.6.1.1. Dépannage

C'est une action en vue de remettre le matériel en état de fonctionnement. Compte tenu de son objectif, c'est une action de dépannage qui s'accommode avec les résultats provisoires (maintenance palliative) et avec des conditions de réalisation, elle sera suivie de la réparation. Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation sont à la base d'un bon diagnostic et permettent souvent de gagner du temps.

Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses. De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance prennent en compte le problème du dépannage. Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnant de façon continue dont les impératifs de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt.

2.6.1.2. Réparation

C'est une intervention définitive et limitée de la maintenance corrective après une panne ou une défaillance. L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

Remarque : la réparation correspond à une action définitive. L'équipement réparé doit assurer les performances pour lesquelles il a été conçu.

2.6.2. Opérations de la maintenance préventive

2.6.2.1. Inspections

Des activités de surveillance consistant à relever périodiquement les anomalies et exécuter des réglages ne nécessitant pas des outillages spécifiques, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

2.6.2.2. Visites

Des opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste des opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages des organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.

2.6.2.3. Contrôles

Des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies et suivies d'un jugement. Le contrôle peut :

- Comporter une activité d'information.
- Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement.
- Les visites sur des opérations de maintenance corrective.

2.6.3. Opérations de surveillance

C'est des contrôles, visites et inspections nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du matériel. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

2.6.4. Autres opérations

2.6.5.1. Révision

Ensemble des actions d'examens, de contrôles et des interventions, effectuées en vue d'assurer le matériel contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné. Il faut distinguer, suivant l'étendue des opérations à effectuer, les révisions partielles et les révisions générales. Dans les deux cas, cette opération nécessite la dépose des différents sous-ensembles. Le terme révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections. Les deux types d'opérations définis (révision générale ou partielle) relèvent du 4^{ème} niveau de maintenance.

2.6.5.2. Echanges standards

Reprise d'une pièce, d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé. Ainsi la vente au même client d'une pièce, d'un organe ou d'un sous-ensemble identique, neuf ou remis en état, conformément aux spécifications du constructeur, moyennant le paiement dont le montant est déterminée selon le coût de remise en état.

2.7. Temps de maintenance

2.7.1. Classification des temps de la maintenance

La maintenance a pour devoir de maîtriser à la fois les temps machines (alternances des temps de bon fonctionnement et des temps d'arrêts) et les temps d'activité des techniciens d'intervention.

2.7.1.1. Temps machines

Ils concernent les états successifs caractérisant la disponibilité et la non disponibilité des systèmes. Pour ces temps, des saisies automatiques des dates et des durées, ou des relevés de compteurs associés à des systèmes d'imputation des causes d'arrêts seront nécessaires.

2.7.1.2. Temps d'activité

Comme ces temps relèvent des interventions humaines, ils se posent un problème de saisie délicat. Comme leur connaissance est aussi indispensable que la connaissance des temps machines, un effort d'explication destiné aux techniciens est souvent nécessaire. La maîtrise des temps, résulte de la performance intrinsèque de l'équipement (fiabilité) et de la performance humaine associée aux arrêts (maintenabilité), ce qui va donc permettre de gérer la maintenance d'un équipement à partir des causes d'indisponibilité à l'aide d'indicateurs de maintenance.

2.7.2. Nature des durées des interventions de maintenance

Les temps de maintenance comprennent les temps de la maintenance préventive et les temps de la maintenance corrective. Il sera nécessaire pour améliorer le temps d'une intervention coûteuse ou considérée anormalement longue, d'obtenir une décomposition détaillée du temps comme suit :

2.7.2.1. Temps de maintenance corrective

Parmi les temps actifs de la maintenance corrective on trouve :

- Le temps de localisation de la défaillance.
- Le temps de diagnostic.
- Le temps de dépannage ou de réparation.
- Le temps de contrôle et d'essais finaux.

Parmi les temps annexes de la maintenance corrective on trouve :

- Les temps administratifs (temps de saisie, traitement de documents).
- Les temps logistiques ou durées d'attente des ressources nécessaires à l'exécution de la maintenance.
- Les temps techniques annexes (ex : phase de refroidissement d'un équipement).
- Les temps de préparation du travail (études, méthodes, ordonnancement)

2.7.2.2. Temps de maintenance préventive

- Temps logistiques.
- Temps de préparation.

2.8. Importance de la maintenance dans une entreprise

Longtemps, la maintenance été vue comme un mal nécessaire, aujourd'hui est devenue une réelle préoccupation dans les entreprises. Elle est actuellement prise comme un véritable enjeu compétitif, tant sur l'assurance des performances de disponibilité des matériels existants qu'en termes de sécurité, de qualité et de coûts. On note aussi la prise en compte des nouvelles

préoccupations, telles que les aspects environnementaux par le biais de la réduction des émissions de déchets polluants ou encore le recyclage des systèmes en fin de vie. Aujourd'hui, elle est perçue comme un processus industriel à part entière et comme une des activités principales de l'exploitation industrielle. La politique de maintenance a pour objectif de porter l'outil de production à son meilleur potentiel de disponibilité et à un coût minimal. [10]

2.9. Durée de vie

La durée de vie d'un système est la période qui sépare sa mise en exploitation et l'apparition de sa défaillance. On mesure la durée de vie de l'équipement par le nombre d'heures durant lesquelles il aura effectivement fonctionné. On suppose alors que l'équipement ne peut occuper que l'un des deux états suivants: en bon état ou hors d'usage. [11]

2.10. Courbe en baignoire

La courbe de la figure 2.6 représente le taux de défaillance en fonction de l'âge. On distingue trois périodes.

2.10.1. Phase de jeunesse

La première (I) correspond à la jeunesse de l'équipement. Les défaillances sont dues à des défauts de fabrication ou à des phénomènes à évolution rapide. Le taux de défaillance décroît avec l'âge. Cette période a une durée variable suivant le rodage du produit. Elle s'échelonne entre quelques heures et quelques centaines d'heures.

2.10.2. Phase de maturité

La deuxième (II) présente un taux de défaillance sensiblement constant. Elle correspond à l'apparition de défaillances provenant de causes très diverses. Cette période correspond à la vie utile. Sa durée s'étend de quelques milliers d'heures pour les pièces mécaniques à plusieurs centaines de milliers d'heures pour les composants électroniques.

2.10.3. Phase de vieillesse

La dernière (III) est caractérisée par un taux de défaillance croissant. Elle correspond à l'accroissement des défaillances due à l'usure ou à la fatigue (fin de vie).

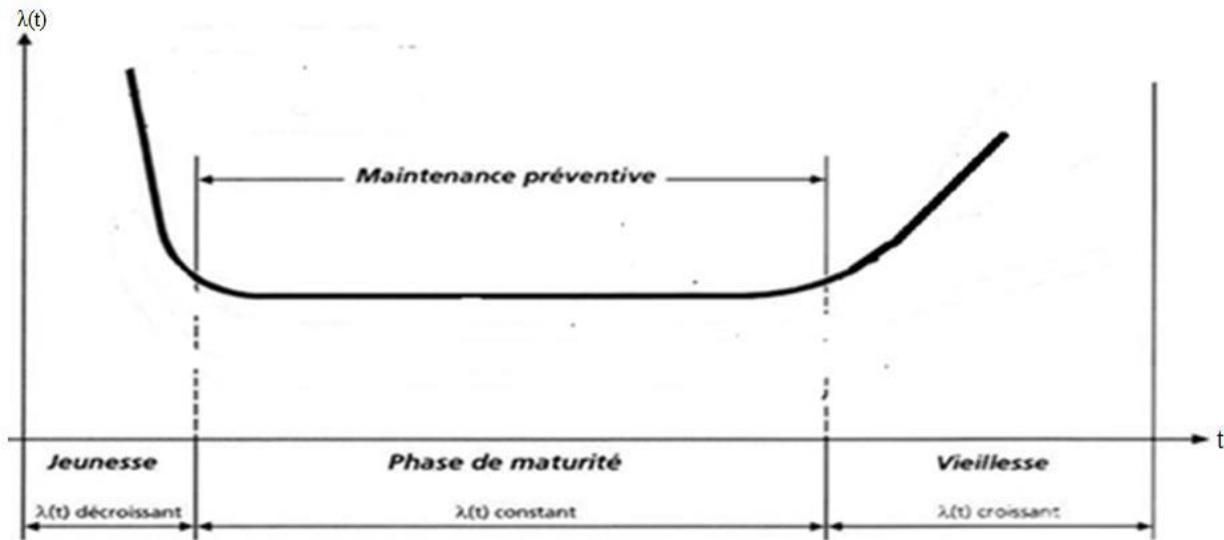


Figure 2.6. Courbe en baignoire du taux de défaillance [12]

Tableau 2.2. Causes et remèdes des différents modes de défaillance [12]

	Cause	Remèdes
Période de jeunesse	Défauts de fabrication, d'assemblage,	Tests de validation, vérification
Période de maturité	Environnement, erreur humaine, charges aléatoires,	Redondance et amélioration de la résistance
Période de vieillissement	Fatigue, corrosion frottements, charges cycliques	Réduction du taux de panne Maintenance préventive Remplacement préventif

Conclusion

La maintenance est une fonction complexe qui, selon le type du processus, peut être déterminante pour la réussite d'une entreprise. Les fonctions qui la composent et les actions qui la réalisent doivent être soigneusement analysées pour que les performances globales de l'outil de production soient optimisées.

Actualisez régulièrement la fonction « Maintenance » c'est dresser un panorama complet de cette activité au niveau de ses aspects techniques (méthodes et outils) et au niveau de ses enjeux en matière de gestion humaine (sélection et performance).

CHAPITRE 3 :
ETUDE DES LOIS DE LA FIABILITÉ



Chapitre 3 : Etude des lois de la fiabilité

3.1. Introduction

L'évolution des techniques de production vers une plus grande robotisation des systèmes techniques plus complexes a augmenté l'importance de la fiabilité des machines de production. Un arrêt coûte très cher à une entreprise, il faut pour cela penser à une méthode de gestion de la maintenance de façon plus efficace. De même, dans le domaine des engins, les problèmes de la fiabilité, de la maintenabilité et de la disponibilité sont capitaux.

La fiabilité d'un système est son aptitude à ne pas connaître de défaillance. Une meilleure fiabilité réduit les aléas de fonctionnement. La fonction MTBF (Mean time between failure) est l'indice de référence pour évaluer la fiabilité. Dans la réalité, les choses sont beaucoup moins simples. En effet, il faudrait disposer de l'inventaire complet des défaillances, autrement dit, que tous les temps de fonctionnement soient représentatifs de la population. Cela ne peut pas être le cas à cause de la complexité des équipements. Un système connaît trois périodes (jeunesse, maturité, vieillissement) et peut avoir des modifications, des transformations, des remises à neuf...etc.

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

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

3.2. Généralités sur la fiabilité

3.2.1. Définition de fiabilité

Fiabilité est l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données pour une période de temps donnée.

- $R(t_i)$: fonction de fiabilité
- N_0 : Nombre d'éléments bons à t_0
- N_i : Nombre d'éléments bons à t_i
- n_i : Nombre d'éléments défaillants entre t_i et $t_{(i+1)}$, noté aussi ΔN_i

$$R(t_i) = N_i / N_0 \quad (3.1)$$

Supposons que nous observions le comportement d'un dispositif (matériel, équipement, composant,...) en fonctionnement. Nous introduisons la variable aléatoire T qui représente le temps écoulé depuis la mise en service du dispositif à l'instant $t = 0$ jusqu'à l'instant de sa première défaillance. La variable aléatoire T représente donc la durée de vie du dispositif ou de manière équivalente, l'instant de sa défaillance. La fonction de fiabilité est définie par :

$$R(t) = P(T \geq t), t \geq 0 \quad (3.2)$$

Pour un temps t fixé, cela représente la probabilité de bon fonctionnement du dispositif étudié sur l'intervalle de temps $[0, t]$. La fiabilité est donc une fonction du temps, encore appelée fonction de survie. [13]

3.2.2. Fonction de répartition

La fonction de répartition de la variable aléatoire T est définie par :

$$F(t) = P(T < t) = 1 - R(t) \quad (3.3)$$

Pour un t fixé, elle représente la probabilité de défaillance à un instant quelconque précédant l'instant t .

Par définition, nous avons $F(t) = 0$ pour $t < 0$.

3.2.3. Densité de probabilité

La densité de probabilité est une fonction $f(t) \geq 0$ telle que pour tout $t \geq 0$

$$F(t) = \int_0^t f(u) du \quad (3.4)$$

En admettant que la fonction de répartition a une dérivée au point t , nous pouvons écrire :

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(u) du = \int_0^\infty f(u) du \quad (3.5)$$

Il en résulte que :

$$f(t) = - \frac{dR(t)}{dt} \quad (3.6)$$

On calcule approximativement la densité de probabilité pour l'intervalle de durée de vie s'étendant de t_{i-1} à t_i

$$f(t) = f(t_{i-1} < t < t_i) = \frac{R(t_{i-1}) - R(t_i)}{t_i - t_{i-1}} \quad (3.7)$$

Soit en désignant par $N(t_i)$ le nombre de survivants pour une durée de vie t_i par :

$$f(t) = \frac{1}{N_0} \frac{N(t_{i-1}) - N(t_i)}{t_i - t_{i-1}} \quad (3.8)$$

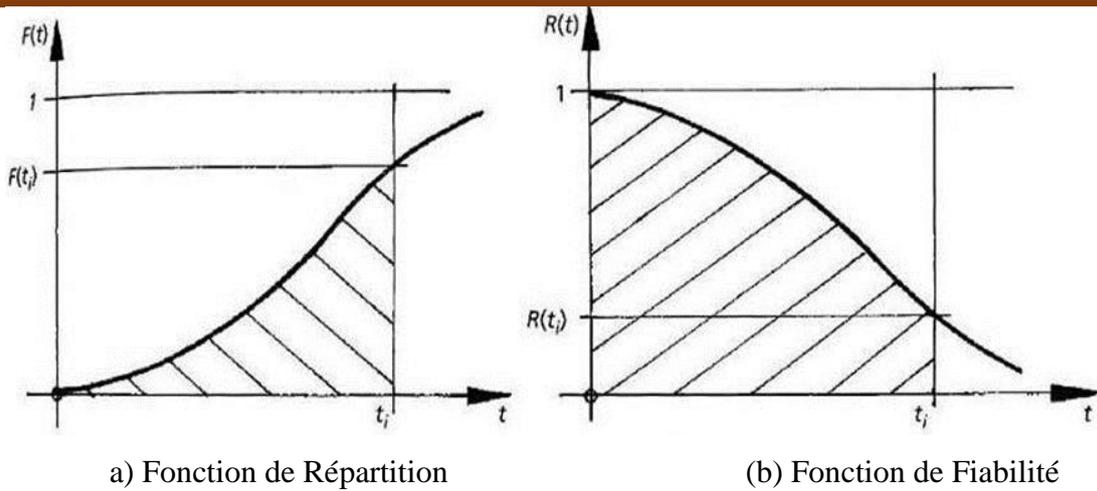


Figure 3.1. Courbes paramétriques de la fiabilité [14].

3.2.4. Taux de défaillance

Prenons maintenant une pièce ayant servi pendant une durée t et encore survivante. La probabilité qu'elle tombe en panne entre l'âge T et l'âge $T + dt$ est représentée par la probabilité conditionnelle qu'elle tombe en panne entre T et $T + dt$, sachant qu'elle a survécu jusqu'à T . d'après le théorème des probabilités conditionnelles, cette probabilité est représentée par :

$$\lambda(t)dt = \frac{F(t+dt) - F(t)}{R(t)} = \frac{dF(t)}{1 - F(t)} \quad (3.9)$$

$\lambda(t)$: taux de défaillance de la pièce à l'âge t

Nous avons donc :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3.10)$$

3.3. Paramètres de fiabilité

3.3.1. Moyen des temps de bon fonctionnement MTBF (MUT)

Le temps moyen jusqu'à défaillance (ou moyenne des temps de bon fonctionnement) est :

$$MUT = \frac{\sum \text{temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}} \quad (3.11)$$

$$MUT = \int_0^{+\infty} R(t) dt \quad (3.12)$$

3.3.2. Temps moyen pour réparer MTTR

Exprime la moyenne des temps de tâches de réparation. Il est calculé en additionnant les temps de maintenance ainsi que les temps annexes de détection et de préparation, le tout divisé par le nombre d'interventions [20]

$$MTTR = \frac{\text{Temps d'arrêt total}}{\text{nombre d'arrêt}} \quad (3.13)$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (3.14)$$

La probabilité de réparation d'un composant est principalement en fonction du temps écoulé depuis l'instant de défaillance. Il existe un certain délai t avant que le composant ne puisse être réparé. Ce délai t comprend le temps de détection et le temps d'attente de l'équipe de réparation. Il s'y ajoute le temps de réparation proprement dit. Figure 3.1 donne l'allure de la probabilité de réparation d'un composant tombé en panne en $t=0$.

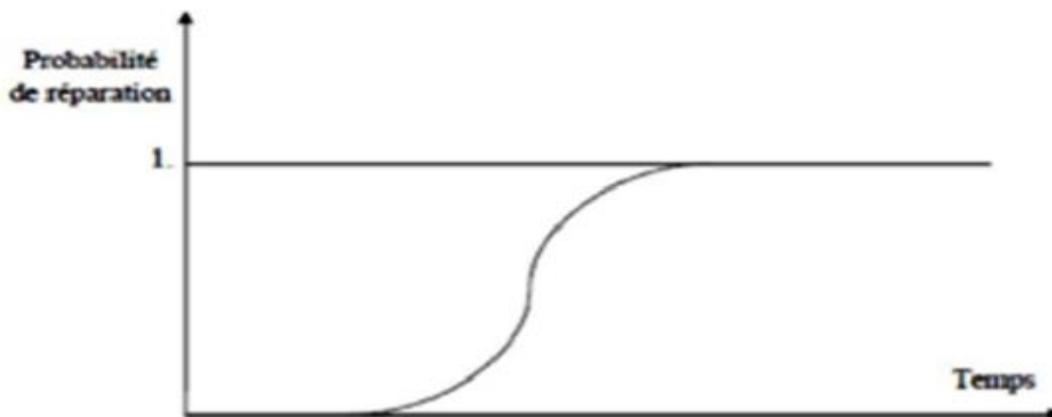


Figure 3.2. Probabilité de réparation au cours du temps [15]

3.3.3. Moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF)

C'est le temps qui sépare deux défaillances consécutives. Le MTBF est la moyenne sur un ensemble d'entités « identiques » et sur leurs durées de vie.

$$MTBF = \frac{\text{temps total de fonctionnement pour l'ensemble des produit}}{\text{nombre total de défaillance}} \quad (3.15)$$

Elle est appelée espérance mathématique des défaillances.

$$MTBF = \int_{-\infty}^{+\infty} f(t) dt \quad (3.16)$$

Nous pouvons aussi montrer qu'elle est représentée par :

$$MTBF = \int_{-\infty}^{+\infty} R(t) dt \quad (3.17)$$

3.3.4 Relation entre MUT, MTBF et MTTR

En général, on utilise les sigles suivants : MTBF, MTTR et MUT, avec le risque évoqué au début du paragraphe. On peut proposer les expressions suivantes pour utiliser exactement les mêmes notions de désignation :

On a:
$$MTBF = MUT + MTTR \quad (3.18)$$

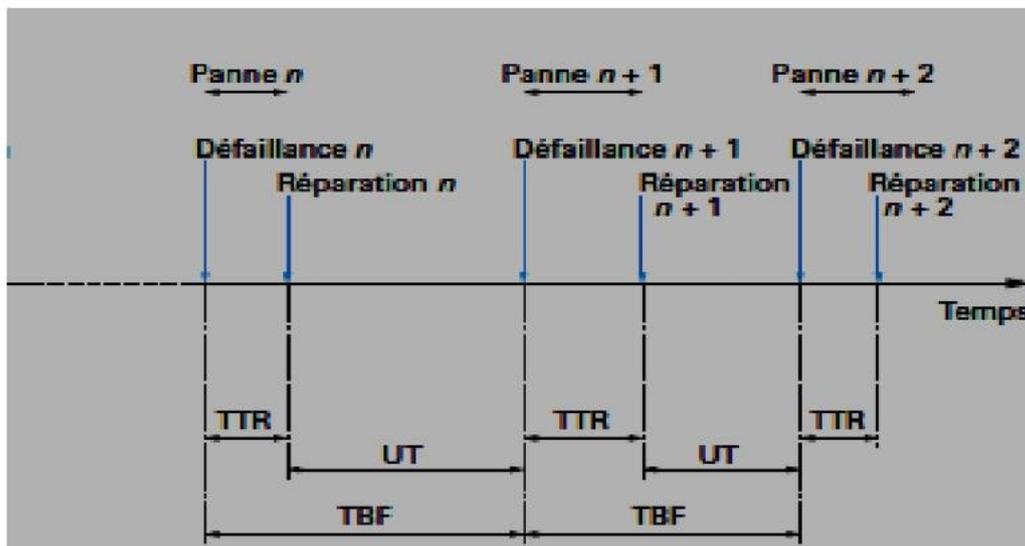


Figure 3.3. Cycle de vie d'un système: évolution dans le temps [15]

3.4. Lois de fiabilité

Nous présentons dans ce paragraphe les lois de fiabilité les plus couramment utilisées

3.4.1. Loi exponentielle

C'est une loi qui ne dépend que d'un seul paramètre (le taux de défaillance λ) ; elle s'applique d'une manière générale aux matériels qui subissent des défaillances brutales, ou à des systèmes complexes composés de plusieurs éléments dont les lois de fiabilité élémentaires sont différentes. Durant la vie utile le taux de défaillance λ est constant.

- La fiabilité est définie par : $R(t) = \exp(-\lambda t)$ (3.19)

- Densité de probabilité : $f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$ (3.20)

- Fonction de répartition : $F(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$ (3.21)

3.4.2. Loi de Weibull

La loi de Weibull est utilisée en fiabilité, en particulier dans le domaine de la mécanique. Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents cas de dégradation.

La loi de Weibull est une loi continue à trois paramètres :

- Le paramètre de position (γ) qui représente le décalage pouvant exister entre le début de l'observation (date à laquelle on commence à observer un échantillon) et le début du processus que l'on observe (date à laquelle s'est manifesté pour la première fois le processus observé).

- Le paramètre d'échelle (η) qui, comme son nom l'indique, nous renseigne sur l'étendue de la distribution.

- Le paramètre de forme (β) qui est associé à la cinétique du processus observé.

- Densité de probabilité :

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right) \quad (3.22)$$

- Fiabilité :

$$R(t) = \exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right) \quad (3.23)$$

- Fonction de répartition :

$$F(t) = 1 - \exp\left(-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta\right) \quad (3.24)$$

- Taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad (3.25)$$

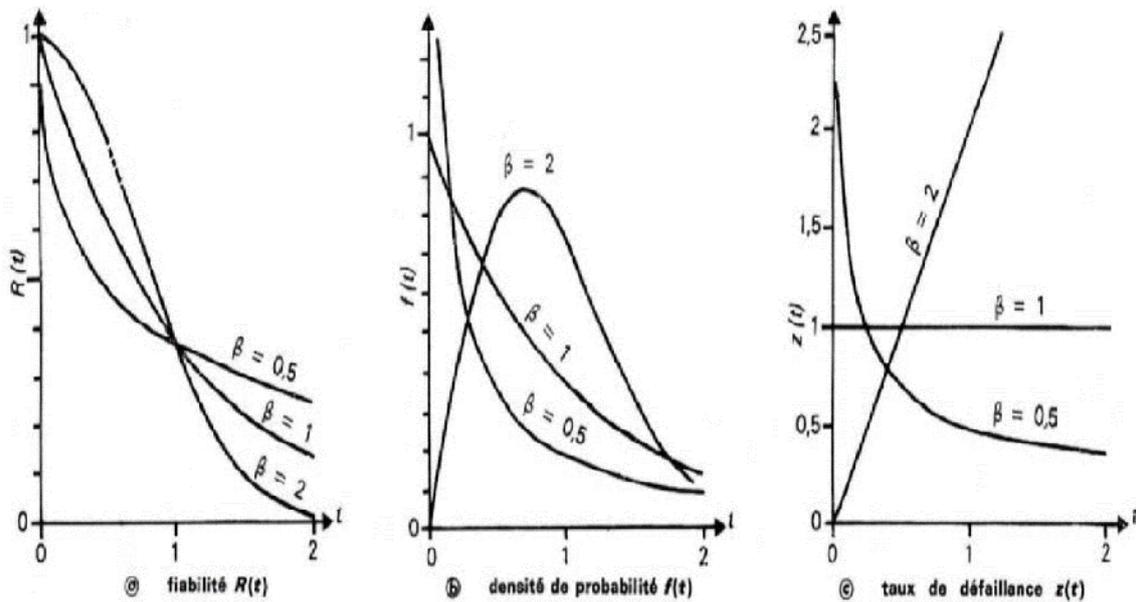


Figure 3.4. Principales propriétés de la distribution de Weibull [15]

3.4.3. Application à la fiabilité

Suivant les valeurs de β ; le taux de défaillance est soit :

- décroissant ($\beta < 1$)
- constant ($\beta = 1$)
- croissant ($\beta > 1$)

La distribution de Weibull permet donc de représenter les trois périodes de la vie d'un dispositif (jeunesse, maturité et vieillissement)

3.5. Pratique de l'AMDEC

3.5.1. Introduction

L'AMDEC est une méthode de diagnostic qui occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet, elle rend le système fiable tout en faisant diminuer le nombre des pannes, facilement maintenable car elle permet la maîtrise des éléments et de leurs fonctions disponibles. Elle permet d'agir sur les éléments critiques, car elle permet de dominer les défaillances et en particulier les défaillances critiques et catastrophiques.

3.5.2. Définition

La méthode AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leur Criticité) permet une analyse préventive de la sûreté de fonctionnement des produits et des équipements. Ce principe de la prévention repose sur le recensement systématique et l'évaluation des risques potentiels d'erreurs susceptibles de se produire à toutes les phases de la réalisation d'un produit. C'est une méthode précieuse qui permet à l'entreprise de valider, tout au long de la construction du produit, sa qualité et sa fiabilité :

- Elle identifie les modes de défaillance des composants, et évalue les effets sur l'ensemble des fonctions.
- Elle évalue l'impact ou la criticité des modes de défaillances sur la sûreté de fonctionnement.
- En phase de conception, elle est associée à l'analyse fonctionnelle, pour la recherche des modes de défaillances spécifiques à chaque fonction des composants.
- Dans le cas d'analyse sur des procédures ou chaînes de fabrication, elle permet de localiser les opérations pouvant conduire à élaborer un produit ne respectant pas le cahier des charges, ce qui permettra par la suite de limiter les rebuts.
- Elle est appliquée à un groupe de travail pluridisciplinaire, elle est recommandée pour la résolution de problèmes mineurs dont on veut identifier les causes et les effets.

3.5.3. Avantages de la méthode AMDEC

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

- La satisfaction du client est l'objectif majeur de l'AMDEC, un objectif contre lequel personne ne peut aujourd'hui s'élever. S'il n'y avait que ce seul argument en faveur de l'AMDEC, il devrait suffire à la rendre indispensable dans nos organisations.
- Le pilotage de l'amélioration continue par la gestion. L'élaboration et la gestion de ces plans seront, avec les mises à jour régulières de l'AMDEC, des moyens majeurs de pour l'amélioration continue.
- Contrairement à ce que certains prétendent, l'AMDEC vous aide à réduire les coûts d'obtention de la qualité, à condition de travailler aussi dans le cadre de l'AMDEC procédé, sur la réduction des rebuts et des retouches : c'est un des objectifs majeurs de la méthode.
- Un des objectifs majeurs de l'AMDEC se traduira par la mise en place des mesures préventives, voire par l'élaboration des plans d'actions pour l'élimination des causes des défaillances.

3.5.4. Types de l'AMDEC

Il existe globalement trois (03) types d'AMDEC suivant que le système analysé est :

- Le produit fabriqué;
- Le processus de fabrication du produit;
- Le moyen de production intervenant dans la production du produit.

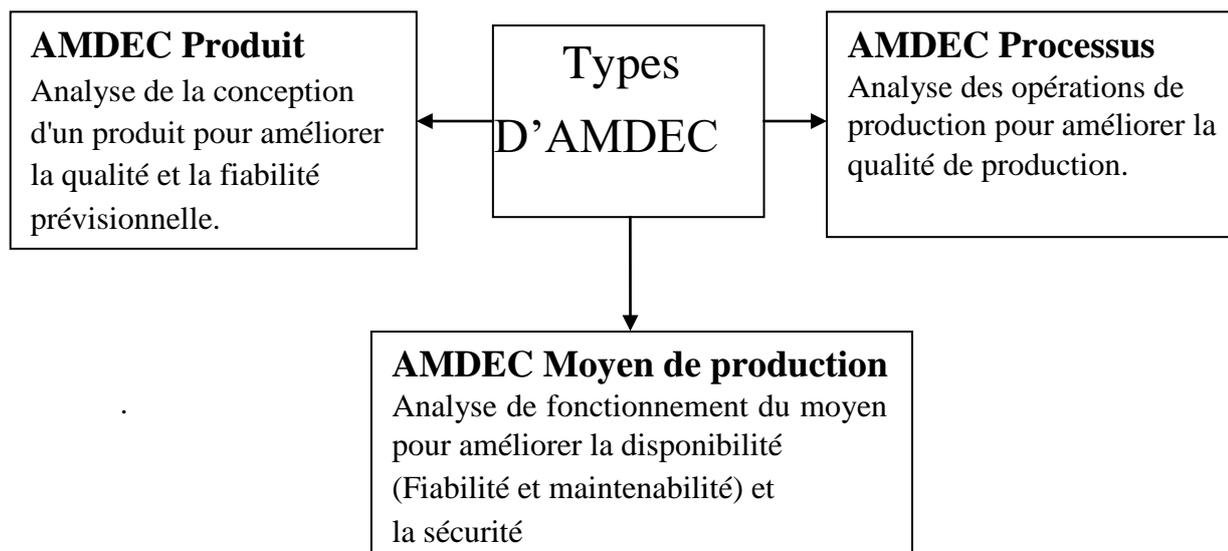


Figure 3.5. Différents types de l'AMDEC [17]

On peut effectuer :

- Une AMDEC Produit, pour vérifier le produit et la conformité d'un produit développé par rapport aux exigences du client,
- Une AMDEC Processus pour valider la fiabilité du processus de fabrication,
- Une AMDEC Moyen de production pour vérifier la fiabilité d'un équipement.

3.5.5. Mise au point de la méthode AMDEC

Sur un tableau, il faut définir les « lignes » et les « colonnes » nécessaires à la méthode AMDEC réparties en quatre grandes familles :

- Analyse fonctionnelle
- Analyse des défaillances potentielles
- Estimation de la criticité
- Mesures à appliquer.

Tableau 3.1. Exemple d'AMDEC (moyen de production) [18]

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

3.5.6. Analyse fonctionnelle

3.5.6.1. Composants

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

3.5.6.2. Fonctions

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

3.5.7. Analyse de défaillance

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

3.5.7.1. Modes de défaillance

La norme (NF X60-510), est relative à la procédure de l'analyse des modes fonctionnement et de leurs effets. Les modes de défaillance sont étroitement liés à l'environnement et aux conditions de fonctionnement.

3.5.7.2. Causes de défaillance

La recherche des causes de défaillance peut être facilitée par l'emploi de la méthode connue dite les cinq (5M) (méthode Ishikawa ou causes-effets). Cette méthode montre qu'une cause d'anomalie peut être très éloignée de l'organe dans le temps et dans. Les (5M) peuvent être remplacés par d'autres typologies voir figure 3.7

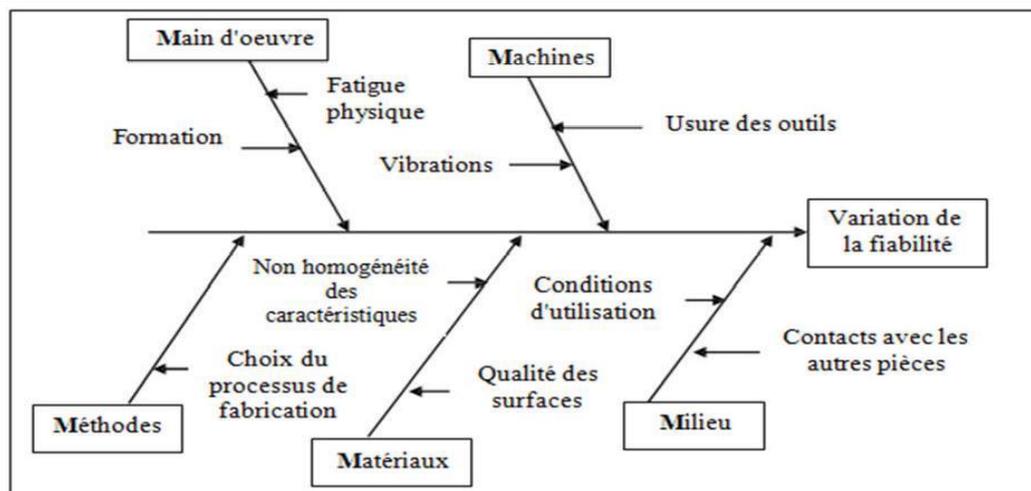


Figure 3.6. Diagramme Ishikawa [18]

3.5.7.3. Effets

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

- Les effets sur le système : Ils sont les conséquences directes du dysfonctionnement sur l'ensemble du dispositif. Contrairement aux moyens de détection, qui ne sont pas toujours perceptibles.
- Les effets locaux : Logiquement et évidemment ces cas se rencontrent lorsque l'on n'a pas pu les détecter plus tôt.

3.5.8. Critères

La définition de ces critères doit être absolument rigoureuse pour ne laisser aucune place à l'interprétation afin que quiconque les utilise de manière identique. Généralement, chaque critère reçoit un indice sur une échelle qui varie de 1 à 4 en fonction de son importance. Les défaillances au niveau de chaque sous-ensemble sont cotées suivant les valeurs des critères définis dans la grille de cotation

3.5.8.1 Fréquence (F)

Relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance, cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. La fréquence F allant de un (1) jusqu'au quatre (4).

Tableau 3.2. Grille de cotation de la fréquence. [18]

Niveau	Valeur	Définition
très faible	1	défaillance rare : moins de une défaillance par année
Faible	2	défaillance possible : moins de une défaillance par trimestre
Moyen	3	défaillance occasionnelle : moins de une défaillance par semaine
Elevé	4	défaillance fréquente : plus de une défaillance par semaine

3.5.8.2. Gravité (G)

Relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes des indices suivants :

- Qualité des pièces produites.
- Sécurité des hommes ou des biens.
- Temps d'intervention qui correspond au temps actif de maintenance corrective (diagnostic+réparation ou échange+remise en service). La gravité G est le plus souvent cotée de un (1) jusqu'à (4)

3.5.8.3. Détection (D)**Tableau 3.3.** Grille de cotation de la gravité. [18]

<u><i>Niveau</i></u>	<u><i>Valeur</i></u>	<u><i>Définition</i></u>
Mineure	1	-arrêt de production : moins de 15 minutes -aucune ou peu pièce de rechange nécessaire
Moyenne	2	-arrêt de production : de 15 minutes à une heure -pièces en stock
Majeure	3	-arrêt de production : 1 heure à 2 heures -pièces en stock ou livraison ultra-rapide
Grave	4	-arrêt de production : 2 heures et plus -long délai de livraison

Elle est relative à la possibilité de détecter la défaillance avant qu'elle ne se produise.

Tableau 3.4. Grille de cotation de la détection. [18]

<u>Niveau</u>	<u>Valeur</u>	<u>Définition</u>
Evident	1	détection certaine, sirène, moyens automatiques, signes évidents
Possible	2	délectable par l'opérateur, par des méthodes d'inspections, vibrations
Improbable	3	difficilement détectable, moyens complexes (démontages, appareils)
Impossible	4	indétectable, aucun signe

3.5.8.4. Criticité (C)

C'est un critère qui met l'équipement en situation critique.

Tableau 3.5. Critère de criticité [18]

Niveau	Définition
$C < 9$	Faible : Aucun problème particulier. Surveillance habituelle.
$9 < C < 25$	Acceptable : Nécessite une surveillance particulière et/ou une révision de la politique de maintenance.
$C > 25$	Forte : Surveillance accrue. Remise en cause de la maintenance. Eventuellement, arrêt pour amélioration.

3.5.9. Actions menées

La finalité de l'analyse AMDEC, après la mise en évidence des défaillances critiques, elle définit des actions de nature à traiter le problème identifié.

Les actions sont de trois (03) types :

- **Actions préventives** : on agit pour prévenir la défaillance avant qu'elle ne se produise et pour l'empêcher de se produire. La période d'application d'une action résulte de l'évaluation de la fréquence.

- **Actions correctives** : lorsque le problème n'est pas considéré comme critique, on agit au moment où il se présente. L'action doit alors être la plus courte possible pour une remise aux normes de façon rapide.

- **Actions améliorative** : il s'agit en général des modifications du procédé ou de la modification technologique du moyen de production, destinées à faire disparaître totalement le problème. Le coût de ce type d'action n'est pas négligeable et on le traite comme un investissement. Les actions, pour être efficaces, doivent faire l'objet d'un suivi :

- Plan d'action
- Désignation d'un responsable de l'action [19]

3.6. Méthode de l'Abaque de Noiret

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 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 de maintenance et sur le retour de l'investissement estimé qui peut préconiser une maintenance préventive. Il ne s'agit que d'un outil d'aide à la décision et non pas d'un outil de décision.

Chaque critère se décline en plusieurs options correspond chacune à un certain nombre de points [20].

3.8. Maintenance basée sur la fiabilité (MBF)

Parmi les outils ou les méthodes qu'elle utilise, on trouve (AMDEC) mode de défaillances de leurs effets et de leur criticité. Cette technique apporte une connaissance approfondie de fonctionnement et des interactions d'un système, par l'analyse systématique des relations causes-effets. Elle occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance.

Aujourd'hui, l'intérêt économique de la fonction maintenance réside dans l'anticipation des anomalies potentielles, plus que dans les actions correctives, voire la maîtrise du processus de production. [21]

3.8.1 Principes de la MBF

- Estimer la criticité des équipements à travers une échelle de classement.
- Déterminer pour chaque équipement les défaillances dont les conséquences sont les plus préjudiciables.
- Etudier les actions de maintenance préventive à travers un arbre de décision.

• Simuler le plan de maintenance préventive issu des études et évaluer sa justification technico-économique.

3.8.2 Différentes phases d'une étude MBF

Une étude de fiabilité est basée sur les phases suivantes :

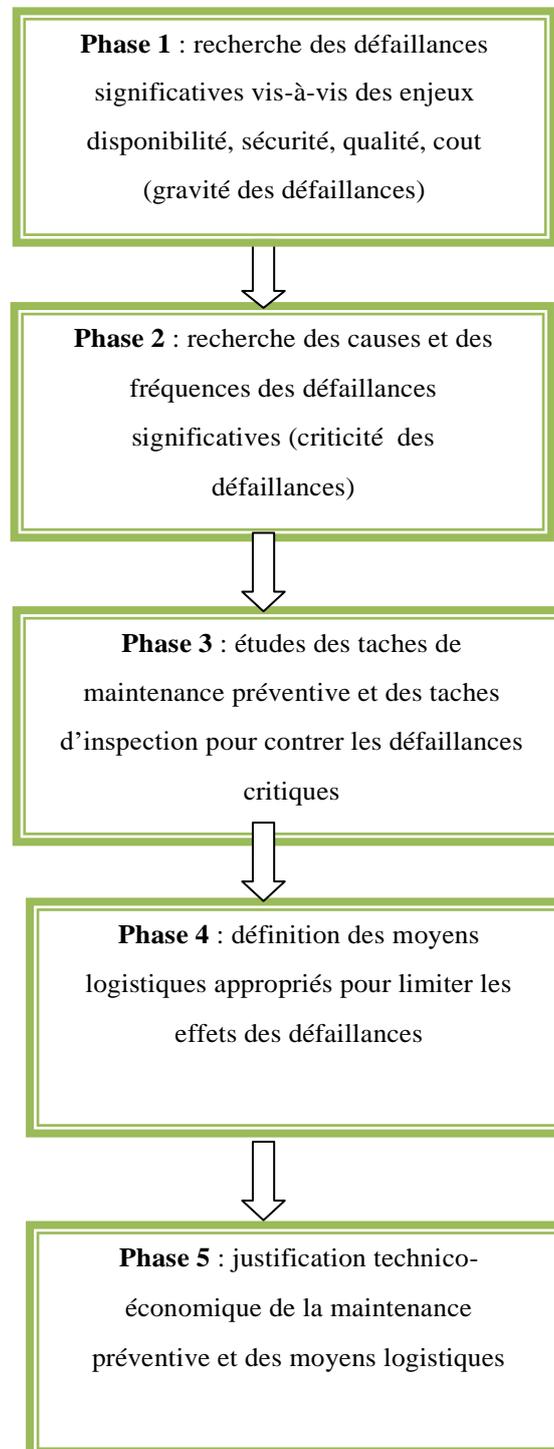


Figure 3.8. Phases d'une étude MBF [21]

3.8.3. Objectifs de la MBF

L'objectif principal est d'améliorer la disponibilité des équipements sélectionnés comme critiques par leur influence sur la sécurité, sur la qualité et, par leur impact sur les flux de production. Améliorer la disponibilité implique la réduction des défaillances techniques par la mise en place d'un plan préventif, mais aussi la réduction des durées des pertes de production par une nouvelle répartition des tâches entre la production et la maintenance.

Les autres objectifs recherchés sont :

- La maîtrise des coûts par l'optimisation du plan de maintenance préventive, en faisant porter l'effort de prévention « au bon endroit et au bon moment », donc par élimination de tâches préventives constatées improductives.
- La mise en œuvre d'une démarche structurée par analyse systématique de chaque mode de défaillance qui permet de justifier les décisions prises.
- La mise en œuvre d'une démarche participative au niveau des groupes de travail MBF ou au niveau des tâches réparties entre production et maintenance.
- La rapidité des résultats associés à une faible perturbation de l'organisation. [21]

Conclusion

Dans ce chapitre on a vu les différents aspects de la maintenance et l'importance de l'étude de la fiabilité sur la sûreté de fonctionnement des équipements. On applique les lois de probabilité utilisées en fiabilité qui permettent l'optimisation des périodes d'interventions systématiques et en diminuant le coût de la maintenance préventive avec une évaluation exacte des MTBF et des MTTR d'un équipement selon l'indice de l'indisponibilité.

CHAPITRE 4 :
ETUDE CRITIQUE DES ENGINs



Chapitre 4 : Etude critique des engins

Dans ce chapitre on présente une étude par PARETO sur les engins de l'entreprise, afin de détecter ceux qui sont les plus critiques afin de déterminer leurs paramètres de fiabilité.

4.1 Généralités sur les engins :

4.1.1 Introduction :

Cette étude a été portée sur 9 engins de catégorie différente. Les données sont relevées du système de gestion de la maintenance appartenant au service de maintenance de l'entreprise, qui représente l'intervention sur les engins soit pour un changement ou une confection de la pièce défectueuse. On a travaillé sur une période de trois (3) ans (de 01 janvier 2014 au 31 décembre 2016).

4.1.2 Etat de parc de l'entreprise :

On va étudier l'état actuel de parc de l'entreprise pour définir le nombre des équipements et ainsi, déterminer le pourcentage des arrêts par catégorie.

4.1.2.1 Parc Roulant :

Le tableau 4.1 représente la classification des équipements du parc roulant.

Tableau 4.1. Les équipements du parc roulant

Catégorie	Equipement	Nombre
Poids lourds	Tracteur routier	23
	Camion benne	24
	Camion malaxeur	12
	Camion plateau	7
	Camion citerne	1
	Pompe à béton	5
Poids légers	Berline	92
	Utilitaire	75
	SUV	7
	Fourgonnette	1
	Ambulance	1
	Motocycle	1
Remorques	Plateaux	15
	Citernes	10

	Citerne et réservoir	8
	Benne	7
	Remorques agricoles	4
	Porte engin	3
	Cocotte ciment	2
	Remorque dortoie	1
	Porte véhicule léger	1
Totale du parc roulant	300	

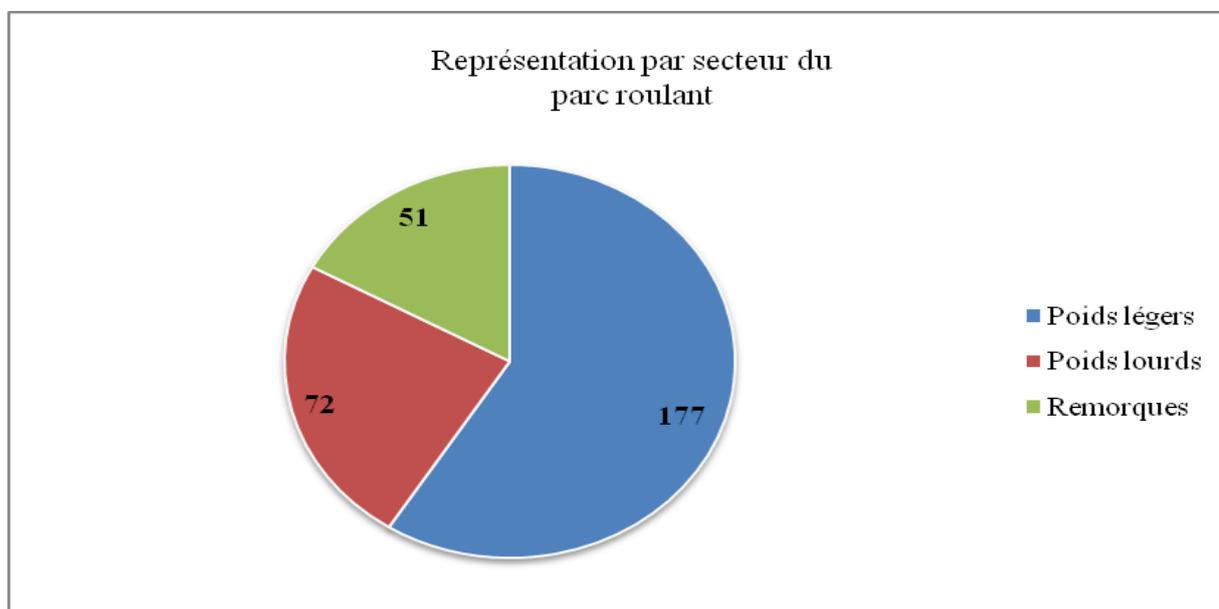


Figure.4.1. Représentation par secteur de parc roulant

4.1.2.2 Engins

Le tableau.4.2 représente la classification des engins du parc.

Tableau.4.2. Engins du parc

Catégorie	Equipement	Nombre
Terrassement	Pelle Chenille	13
	Rétro Chargeur	9
	Chargeur	8
	Compacteur	6
	Bulldozer	2

	Niveleuse	1
	Camion Dumper	1
	Mini Compacteur	1
	Mini Pelle	1
Levage	Grue mobile	9
	Camion grue	3
	Grue a tour	1
	Grue fixe	1
	Tracteur agricole	12
Totale d'engins		68

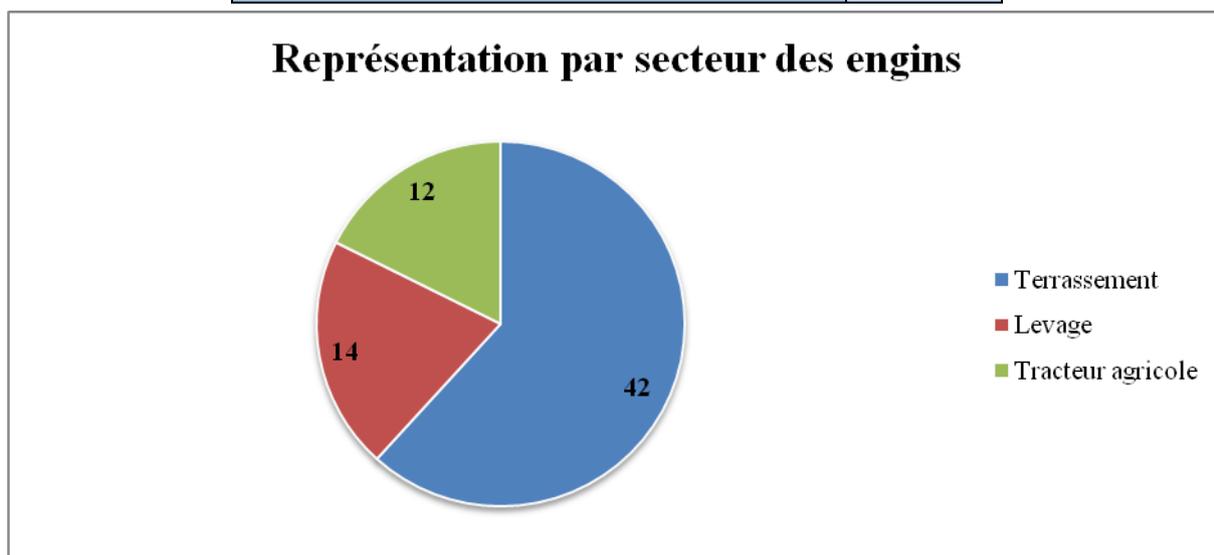


Figure.4.2. Représentation par un secteur des engins

La majorité des engins de l'entreprise sont des équipements de terrassement avec 42 équipements. Les deux tableaux 4.3 et 4.4 représentent le nombre des engins en arrêt et le pourcentage par rapport au nombre global.

Tableau.4.3. Engins roulant en arrêt

Catégorie	Equipement		Nombre
Terrassement	Pelle Chenille	KOMATSU PC 210	1
	Rétro Chargeur	CAT422D	2
	Camion Dumper	VOLVO	1

Levage	Grue mobile	ZOOMLION	1
--------	-------------	----------	---

Tableau.4.4. Etat actuel des engins roulant

Catégorie	En panne		En marche	
	Nombre	Pourcentage	Nombre	Pourcentage
Terrassement	4	10%	38	90%
Levage	1	7%	13	93%
Tracteur agricole	0	0%	12	100%
Total	5	7%	63	93%

On remarque que le nombre des engins en arrêt est égale cinq (5), ce qui représente 7% du nombre total des engins. Cette valeur est faible à cause des efforts de toute l'équipe de la maintenance au niveau de l'entreprise Kherbouche.

4.1.3 Description des engins

A l'aide du responsable de la maintenance au niveau du parc de l'entreprise on a choisi 9 engins de catégorie et de fonctionnalité différentes, afin d'améliorer la façon de la prise des données, les détails sont fixés dans le tableau 4.5.

Tableau.4.5. Flotte des engins roulant

N°	Désignation D'engin	N° d'immatriculation	Année	Marque	Modèle	N° de série	Catégorie
1	PC07	42-01804-13	2009	SEM	638	Y0808013YH0808	Chargeur
2	PC04	42-01388-13	1992	CATERPILLAR	966F	9YJ03774	Chargeur
3	PC06	42-01292-13	2007	CATERPILLAR	938GII	PHN03122	Chargeur
4	CH02	42-01305-13	2007	CATERPILLAR	422E	HBE00964	Rétro chargeur
5	CHO4	42-1309-13	2007	CATERPILLAR	422E	HBE00973	Rétro chargeur
6	CH03	42-01291-13	2007	CATERPILLAR	422E	HBE00971	Rétro chargeur
7	PH07	41-00880-13	2002	KOMATSU	PC210NLC	K40265	pelle a chenille
8	PH001	42-01953-13	2009	DOOSAN	S500LCV	2247	pelle a chenille
9	CH001AQ	04-330-46	2002	CATERPILLAR	424D	VBGP00533	Rétro chargeur



Figure.4.3. Pelle chenille DOOSAN
S500LCV



Figure.4.4. Pelle chenille KOMATSU
PC210NLC



Figure.4.5. Rétro Chargeur CAT 424D



Figure.4.6. Chargeur SEM 638



Figure.4.7. Chargeur Caterpillar 938GII

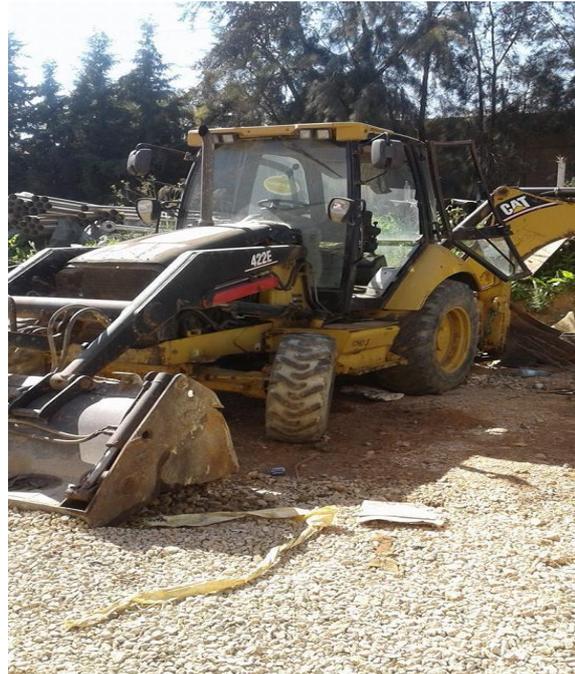


Figure.4.8. Rétro Chargeur CAT 422E



Figure.4.9. Chargeur CATERPILLAR 966F

4.1.4. Etude de consommation des huiles et des filtres

4.1.4.1. Consommation des huiles

On a préféré faire une étude spécifique sur les huiles consommées par les engins pendant les trois (3) années précédentes pour voir quelle type d'huile et la plus consommée. Les données sont représentées sur le tableau 4.6 et l'histogramme de la figure 4.9

Tableau4.6. Quantité des huiles consommées durant les années 2014, 2015, 2016

Huiles	Quantité (par litre)
Huile 10W	739
Huile rubia S10	662
Huile total 7400-15W40	449
Huile atf G3	259
Huile CHELIA SAE 10W	217
Huile hydraulique TISKA 46	180
Huile 15W40 0.901.0010.1/1 SDF	125
Huile la 40W	69
Huile W90	12
Huile TRANS 80W90 TM	5

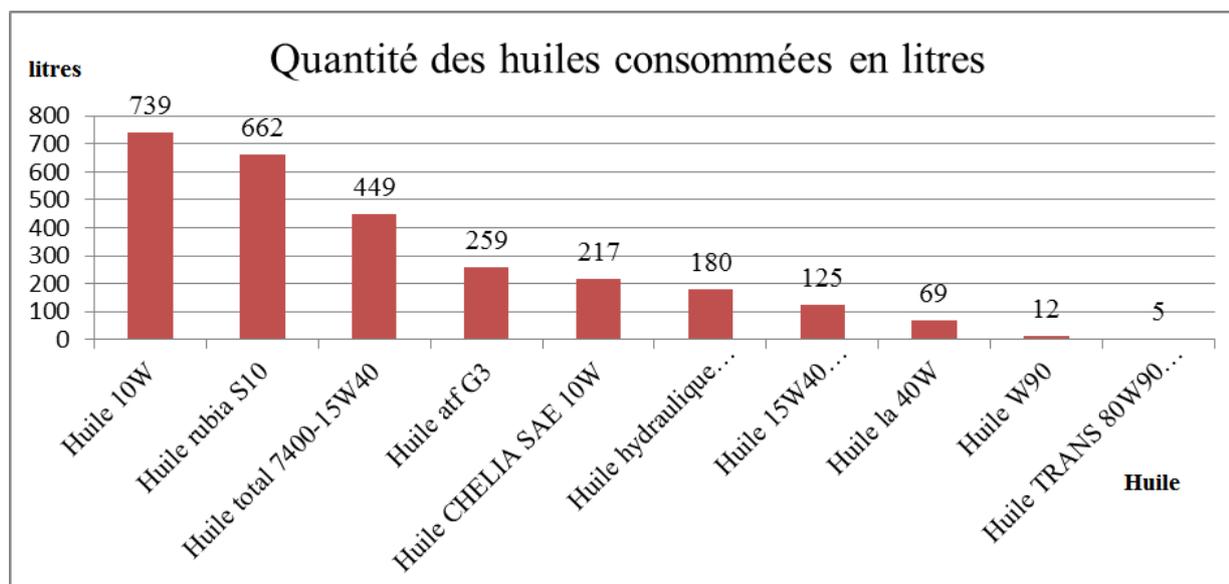


Figure.4.10. Quantité des huiles consommées en litres

Interprétation

On remarque que le type d'huile la plus consommée est Huile 10w, elle est spécifique pour les vérins hydrauliques, car les engins utilisent beaucoup plus ces vérins et c'est la même

chose que l'huile rubia S10. Alors que l'huile du moteur total 7400-15W40 vient en troisième place parmi les huiles les plus utilisées.

4.1.4.2. Consommation des filtres

Tableau4.7. Quantité des filtres durant les années 2014, 2015, 2016

Filtres	Quantité (par pièce)
Filtre gasoil	29
Filtre huile	51
Filtre air	27

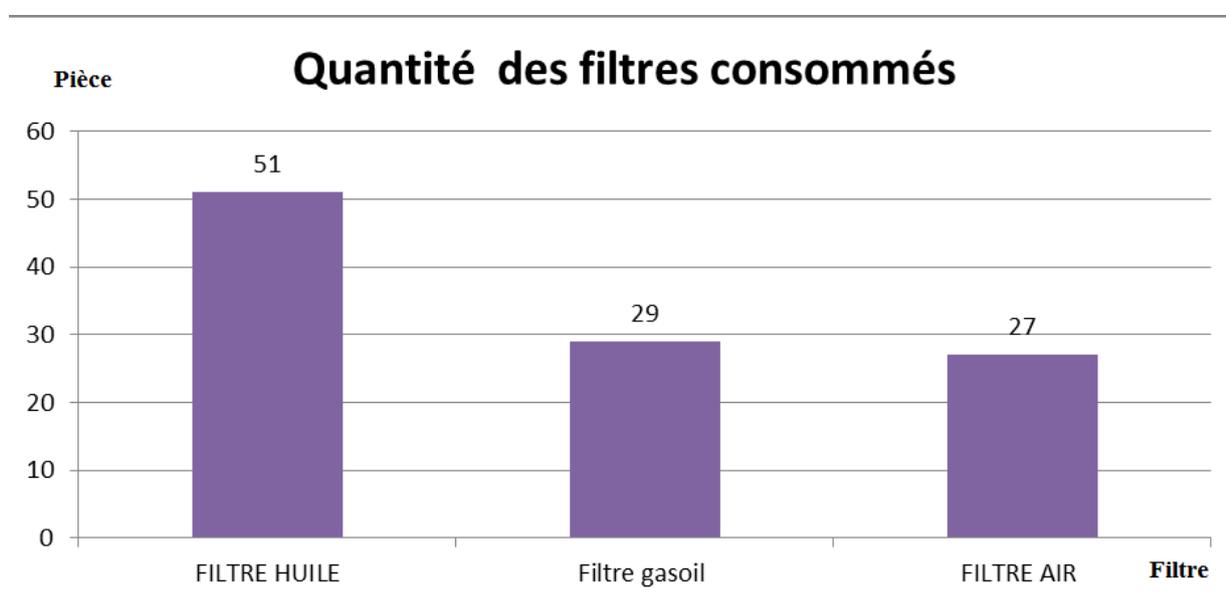


Figure.4.11. Quantité des filtres consommés

Interprétation

On remarque la consommation des filtres des huiles est plus élevée par rapport aux filtres à gasoil et les filtres à air à cause de la consommation importante des huiles par les engins en cour de travail.

4.2. Application

4.2.1. Choix du critère : Temps de réparation et nombre d'intervention

Puisque les engins tombent souvent en panne, et puisque l'entreprise n'a pas des données fiables sur les coûts des défaillances, on a préféré de travailler sur le temps de réparation, et grâce à l'aide de toute l'équipe de la maintenance au niveau de l'entreprise. On a pu arriver à connaître le temps de réparation pour chaque engin analysé dans ce travail

4.2.2. Le temps de réparation

L'étude du traitement et du diagnostique des engins sera basée sur le nombre de défaillance et sur le temps de réparation durant les trois (03) années précédentes, à savoir (2014, 2015 et 2016). Le tableau 4.8 représente le temps de réparation en heure pour chaque engin durant les trois (3) années.

Tableau4.8. Temps de réparation pour chaque engin

Engins	2014 (h)	2015 (h)	2016 (h)	Somme (h)
Pelle chenille KOMATSU PH07	128	51	41	220
Retro CHARGEUR CAT 424D	31	69	74	174
Rétro Chargeur CAT 422E CH04	25	115	28	168
Pelle chenille DOOSAN PH001	10	60	37	107
Chargeur CAT 966F	16	10	60	86
Chargeur CAT 938GII PC06	41	20	20	81
Rétro Chargeur CAT 422E CH03	28	10	18	56
Rétro Chargeur CAT 422E CH02	22	10	18	50
Chargeur SEM 638	17	10	17	44

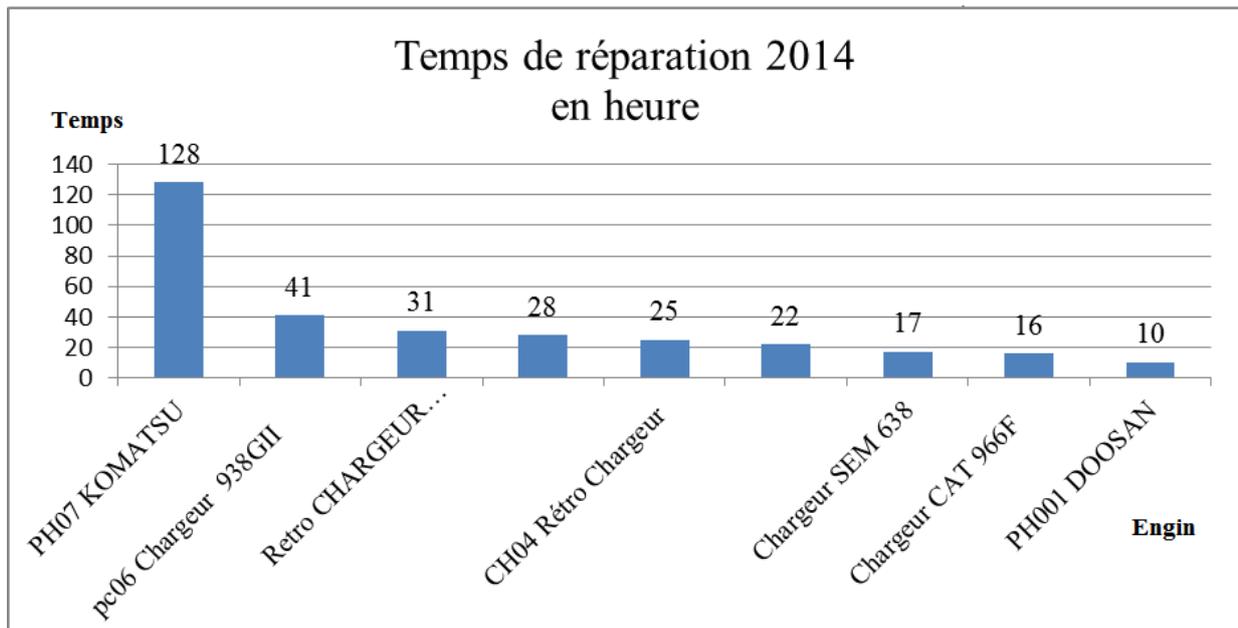


Figure.4.12. Temps de réparation en 2014

Interprétation

On remarque que la pelle à chenille KOMATSU PH07 a la plus grande valeur de temps de réparation pendant l'année 2014.

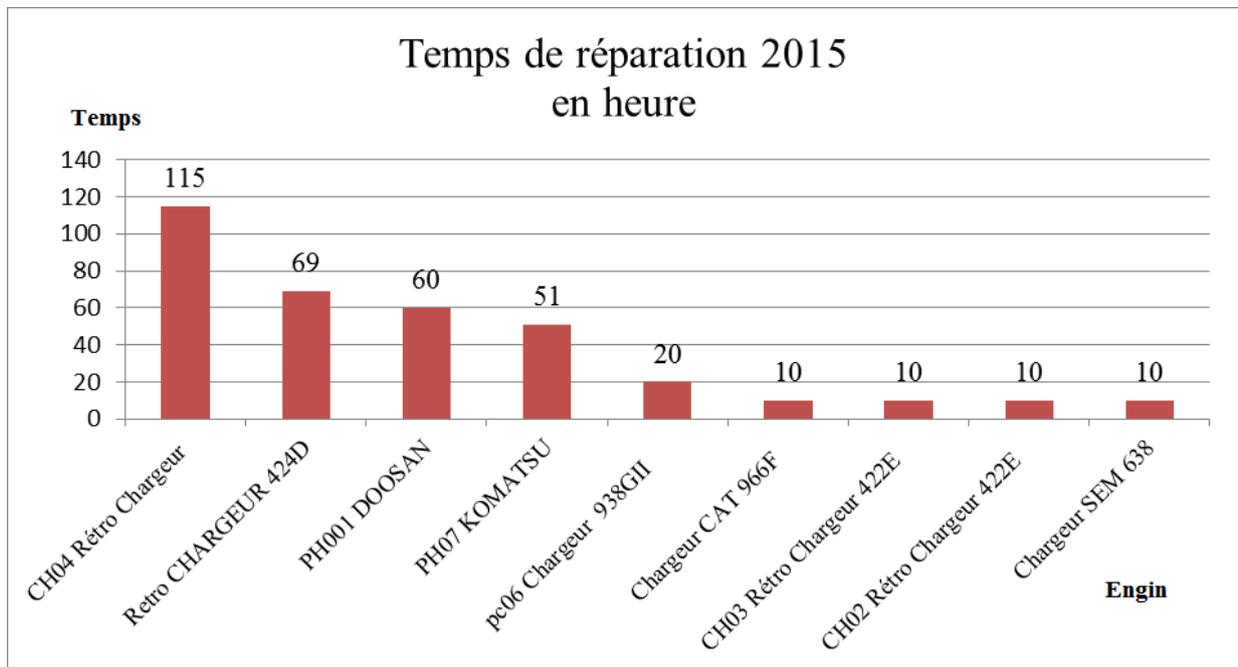


Figure.4.13. Temps de réparation en 2015

Interprétation

Pour l'année 2015 le rétro chargeur CAT 422E CH04 a la plus grande valeur de temps de réparation.

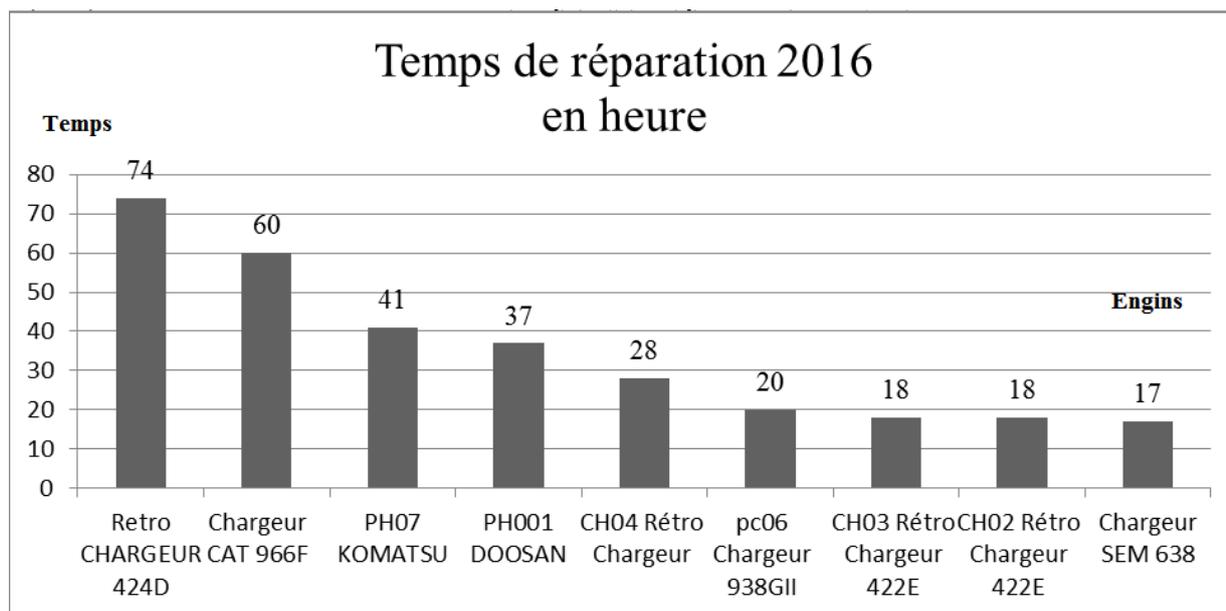


Figure.4.14. Temps de réparation en 2016

Interprétation

Le retro chargeur CAT 424D a 74 heures de réparation pendant l'année de 2016 et c'est le temps de réparation le plus élevé pour cette année.

4.2.3. Description de la méthode de PARETO

4.2.3.1. Définition

La méthode 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 prendre la décision. La loi repose sur une série d'éléments clairement définies et traitées en fonction d'un critère correspondant à un caractère et une période donnée.

4.2.3.2 Objectif d'utilisation

Le diagramme de PARETO est un moyen simple qui permet de classer les phénomènes par ordre d'importance. Ce diagramme et son utilisation sont aussi connus sous le nom de « Règle des 20/80 » ou « Méthode de ABC ». Voir la figure.4.15.

Les objectifs sont :

- Faire apparaître les causes essentielles d'un phénomène.
- Hiérarchiser les causes d'un phénomène.
- Evaluer les effets d'une solution.
- Mieux cibler les actions à mettre en œuvre.

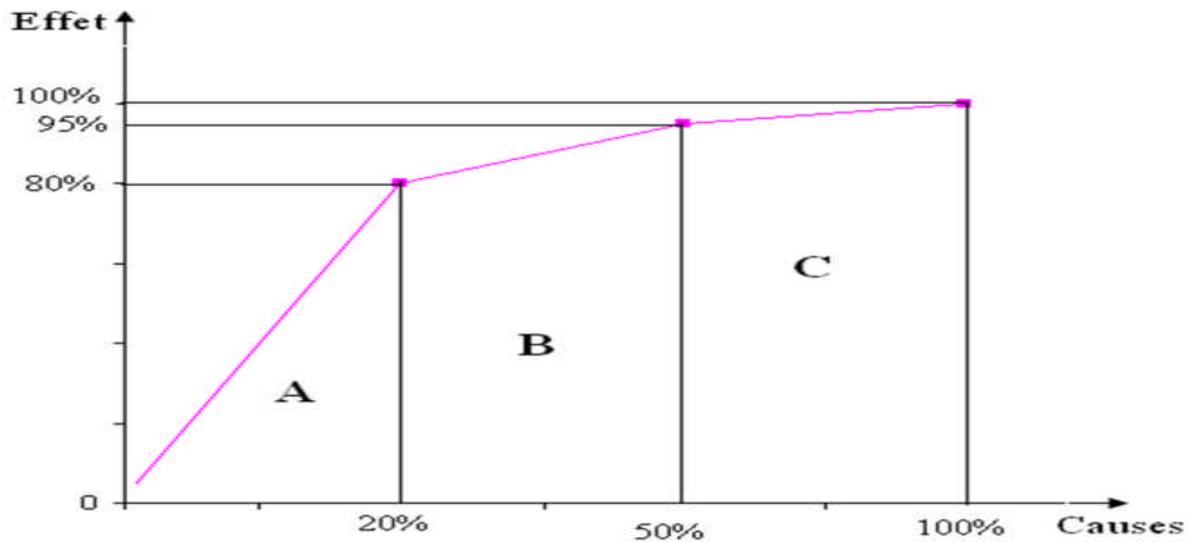


Figure.4.15. Courbe de PARETO

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

L’étude porte dans un premier temps sur les éléments constituant la zone A qui est la zone de 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.

4.2.3.3 Méthodologie – Démarche

- Etablir les listes des données.
- Classer les valeurs du critère étudié en ordre décroissantes.
- Calculer le cumule de ces valeurs.
- Calculer, pour chaque cumule le pourcentage.
- Représenter le graphique des pourcentages cumulés.

4.2.4 Diagramme en bâton de « PARETO »

Ci-dessous l’analyse du diagramme en bâton.

Tableau4.9. Analyse en diagramme en bâton « PARETO »

Engins	Fréquence N	Durée d’intervention T (h)	N x T
PELLE KOMATSU PH07	60	220	13200
Retro CHARGEUR CAT 424D	61	174	10614

Rétro Chargeur CAT 422E CH04	50	168	8400
Chargeur CAT 966F	63	86	5418
PELLE DOOSAN PH001	35	107	3745
Rétro Chargeur CAT 422E CH03	44	56	2464
Rétro Chargeur CAT 422E CH02	44	50	2200
Chargeur 938GII PC06	19	81	1539
Chargeur SEM 638	23	44	1012

4.2.4.1. Diagramme de disponibilité

La figure.4.16 représente le diagramme de disponibilité des engins roulant.

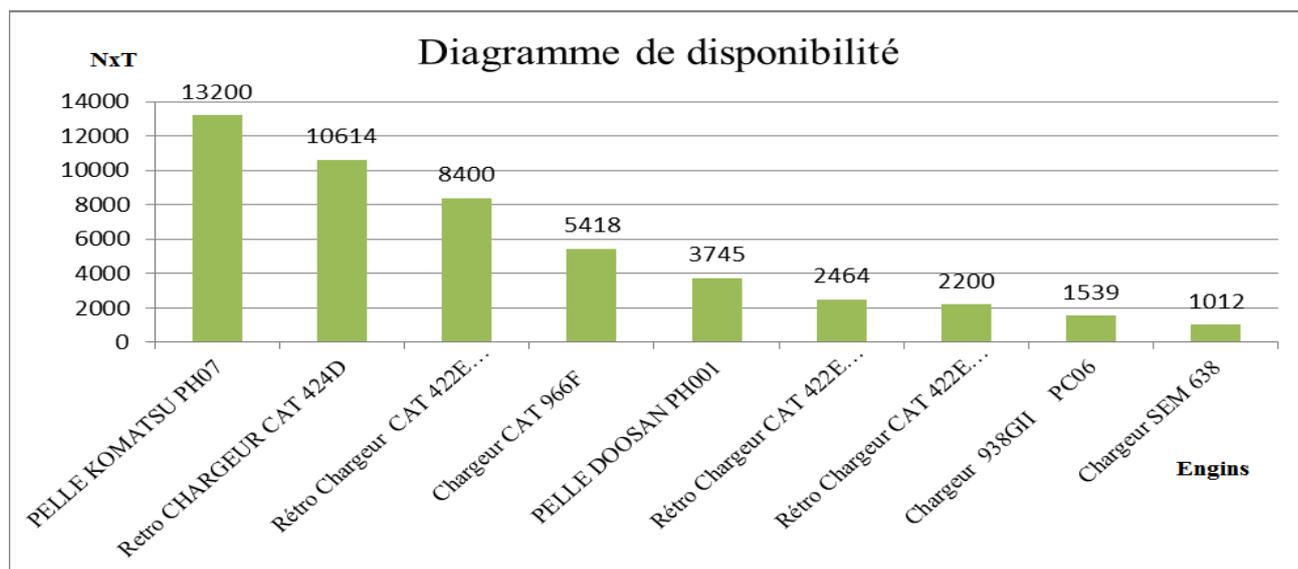


Figure.4.16. Diagramme de disponibilité

4.2.4.2. Diagramme de maintenabilité

La figure.4.17 représente le diagramme de maintenabilité

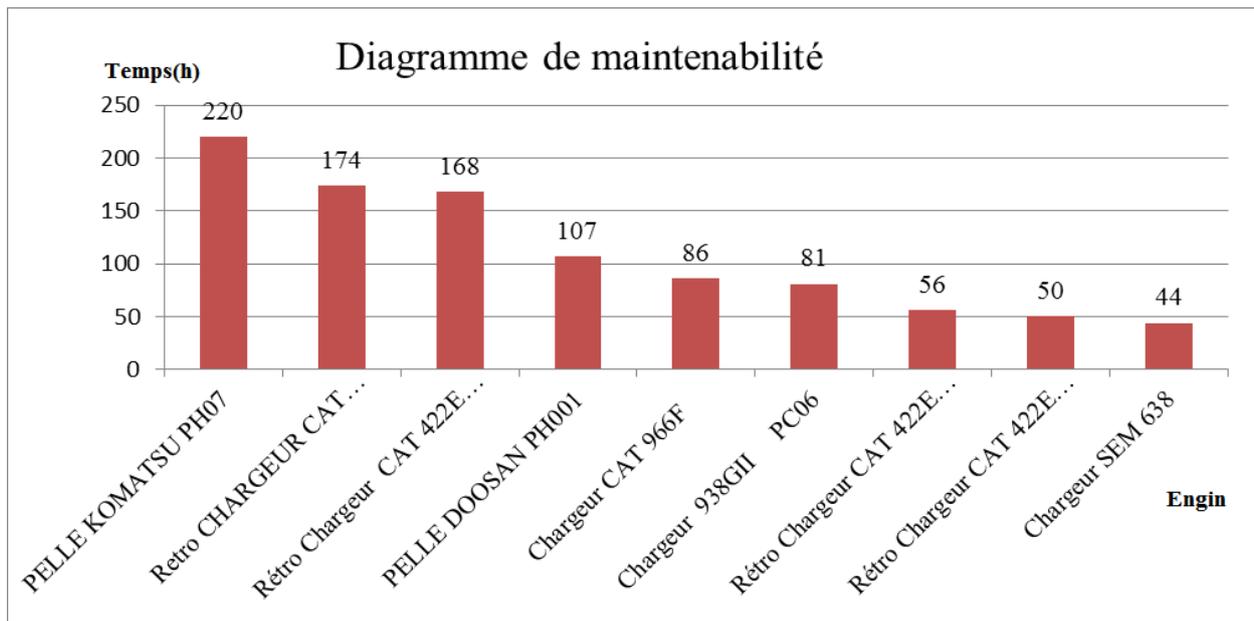


Figure.4.17. Diagramme de maintenabilité

4.2.4.3 Diagramme de fiabilité

La figure.4.18 représente le diagramme de fiabilité

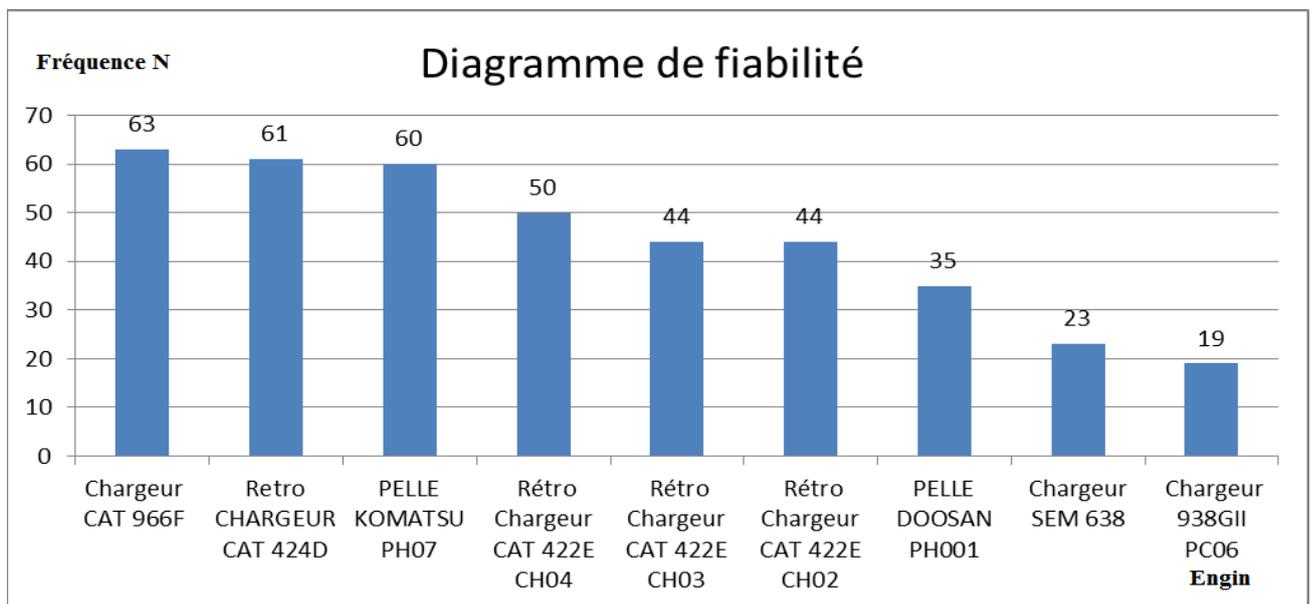


Figure.4.18. Diagramme de fiabilité

4.2.4.4. Courbe ABC

On construit un tableau 4.10 dans lequel les engins sont classés par ordre du nombre de panne.

Tableau4.10. Analyse par ABC

Engins	Fréquence N	Durée d'intervention T (h)	N x T	N x T %	Cumule (%)
PELLE KOMATSU PH07	60	220	13200	27,16%	27,16%
Retro CHARGEUR CAT 424D	61	174	10614	21,84%	49,00%
Rétro Chargeur CAT 422E CH04	50	168	8400	17,28%	66,28%
Chargeur CAT 966F	63	86	5418	11,14%	77,42%
PELLE DOOSAN PH001	35	107	3745	7,70%	85,12%
Rétro Chargeur CAT 422E CH03	44	56	2464	5,07%	90,19%
Rétro Chargeur CAT 422E CH02	44	50	2200	4,52%	94,71%
Chargeur 938GII PC06	19	81	1539	3,16%	97,87%
Chargeur SEM 638	23	44	1012	2,08%	99,95%
		SOMME	48592		

La figure 4.18 représente la courbe ABC et donne des informations importantes sur le choix des équipements sensibles.

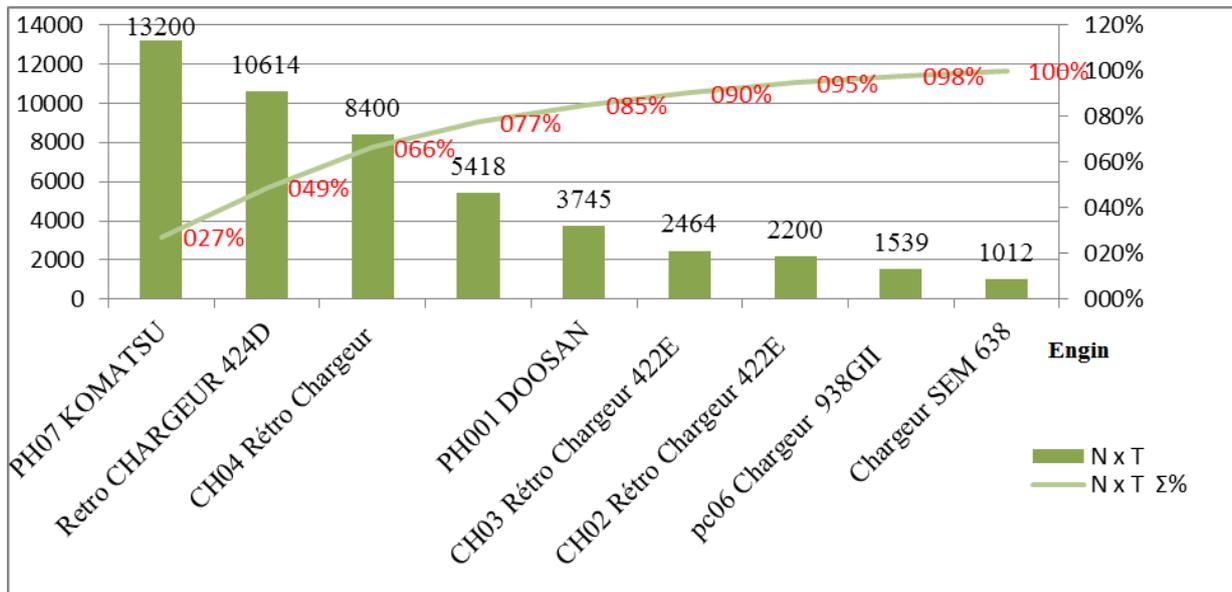


Figure.4.19. Courbe ABC

Interprétation

On remarque que l’engin le plus défaillant et la pelle à chenille KOMATSU PC 210, ceci est du aux nombre élevé des pannes dans l’entreprise durant les trois (3) années. Mais vue l’imprécision des données on ne peut pas dire que la pelle à chenille KOMATSU est l’engin critique dans l’entreprise, pour cela on va choisie les trois (3) premiers engins critiques à savoir :

- Une pelle à chenille KOMATSU PC 210
- Un rétro chargeur CATERPILLAR 424D
- Un retro chargeur CATERPILLAR 422E

Puis on va appliquer notre diagnostic sur les systèmes de chaque engin.

4.3. Etude critique des systèmes

Pour connaitre les systèmes critiques des engins dans l’entreprise on va faire une analyse par le diagramme de Pareto sur les trois premiers engins cités précédemment.

4.3.1. Pelle à chenille KOMATSU PC210

Le tableau 4.11 représente l’analyse par ABC de la pelle à chenille KOMATSU

Tableau4.11. Analyse par ABC de la pelle à chenille KOMATSU

Systemes	Fréquence N	Durée d'intervention T (h)	N x T	Cumule (%)
Mécanique	15	100	1500	66,37%
Accessoires	13	39	507	88,8%
Hydraulique	6	27	162	95,96%
Electrique	7	7	49	98,12%
Translation	1	24	24	99,18%
Transmission	3	6	18	100%
Somme			2260	

La figure.4.20 représente la courbe ABC de la pelle à chenille KOMATSU

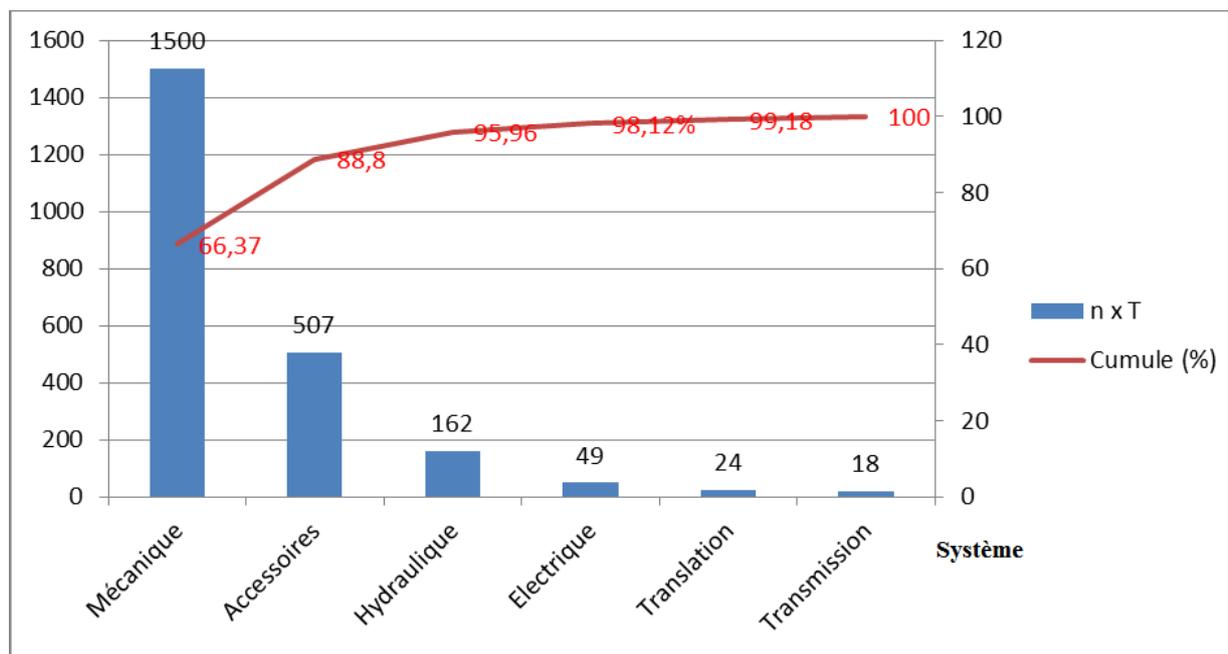


Figure.4.20. Courbe ABC de la pelle à chenille KOMATSU

Interprétation

On remarque que le système mécanique est le système le plus critique dans la pelle à chenille KOMATSU PC210.

4.3.2. Rétro chargeur CATERPILLAR 424 D

Le tableau.4.12 représente l'analyse par ABC de rétro chargeur CATERPILLAR 424D

Tableau4.12. Analyse par ABC de rétro chargeur CATERPILLAR 424 D

Systèmes	Fréquence N	Durée d'intervention T (h)	N x T	Cumule (%)
Hydraulique	11	54	594	32.7%
Electrique	15	37	555	63.2%
Mécanique	11	42	462	88.6%
Accessoires	8	23	184	98.7%
Translation	4	4	16	99.6%
Freinage	2	4	8	100%
Somme			1819	

La figure.4.21 représente la courbe ABC de rétro chargeur CATERPILLAR 424 D

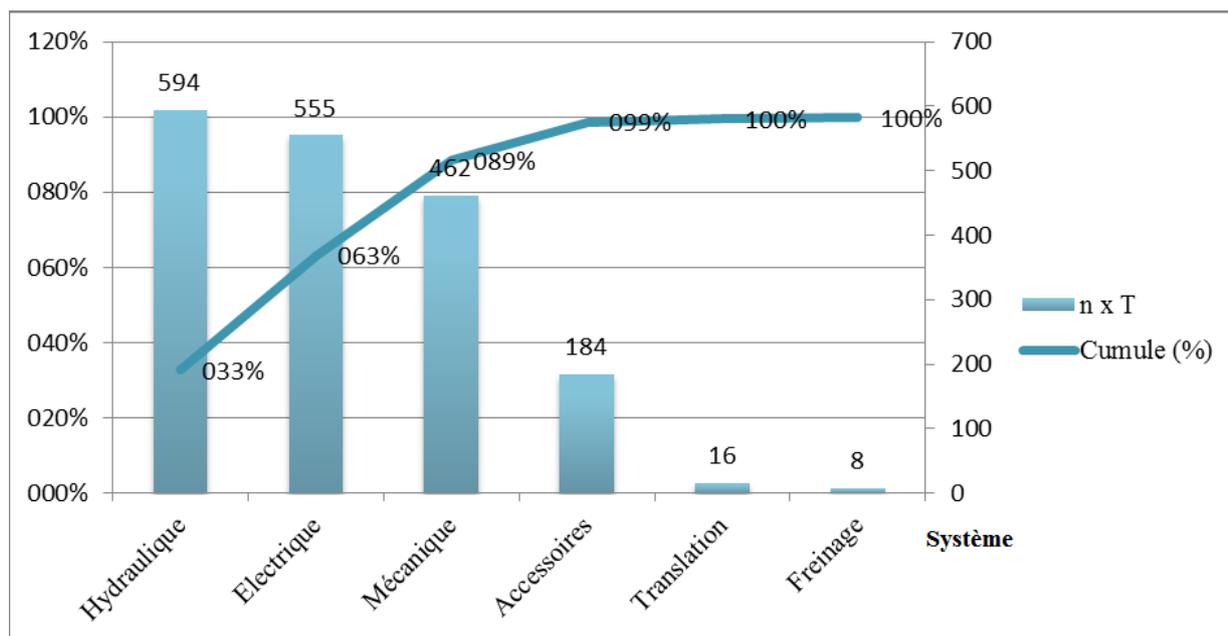


Figure.4.21. Courbe ABC de rétro chargeur CATERPILLAR 424 D

Interprétation

Le système hydraulique est le système critique dans le rétro chargeur CATERPILLAR 424D à cause de l'augmentation de la durée d'intervention sur ce système.

4.3.3 Retro chargeur CATERPILLAR 422E

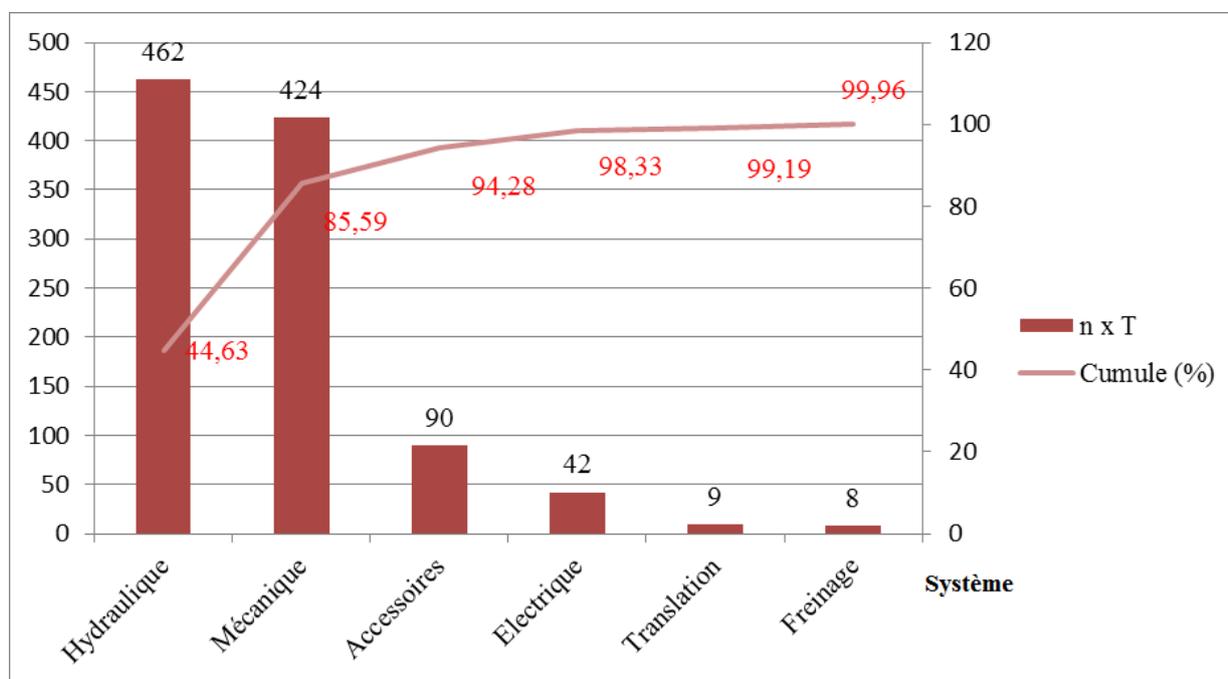
Le tableau.4.13 représente l'analyse par ABC de retro chargeur CATERPILLAR 422E

Tableau4.13. Analyse par ABC de retro chargeur CATERPILLAR 422 E

Systèmes	Fréquence N	Durée d'intervention T (h)	N x T	Cumule (%)
Hydraulique	7	66	462	44,63%
Mécanique	8	53	424	85,59%
Accessoires	5	18	90	94,28%
Electrique	6	7	42	98,33%
Translation	3	3	9	99,19%
Freinage	2	4	8	99,96%
Somme			1035	

Le tableau.4.13 représente l'analyse par ABC de retro chargeur CATERPILLAR 422E

La figure.4.22 représente la courbe ABC de retro chargeur CATERPILLAR 422 E

**Figure.4.22.** Courbe ABC de retro chargeur CATERPILLAR 422E

Interprétation

Le système hydraulique est le système le plus critique dans le rétro chargeur CAT 422E.

Conclusion

Dans cette partie nous avons utilisé des résultats d'exploitation à partir des données réelles, celui nous permettra de constater trois (3) engins critique on utilisant la méthode de Pareto, et puisqu'on a travaillé juste avec le temps de réparation, il était nécessaire d'approfondir l'étude jusqu'aux systèmes des engins, où trois (3) systèmes critiques sont détecter.

On va travailler avec le système hydraulique dans le chapitre cinq (5) d'après les conseils de service de maintenance.

CHAPITRE 5:

Analyse de la fiabilité des engins au niveau d'Inter Entreprise



Chapitre 5: Analyse de la fiabilité des engins au niveau d'Inter entreprise : Groupe Kherbouche

5.1. Introduction

Pour optimiser le bon fonctionnement des engins dans l'entreprise, de nombreuses méthodes sont mises en application. Notre étude est divisée en trois parties, dans le quatrième chapitre on a analysé la dégradation des équipements par la méthode de PARETO afin de déterminer les engins les plus défaillants. Dans la deuxième partie on va utiliser la méthode AMDEC afin d'identifier les organes critiques suite à un découpage fonctionnel des équipements des engins stratégiques. Dans la troisième partie on va étudier la loi qui a l'avantage d'être très souple et elle s'ajuste à différentes situations, c'est la loi de « Weibull » qui contient trois paramètres. En dernier lieu, on exploite l'abaque de Noiret qui aide à prendre une décision pratique sur le choix du type de maintenance.

Le service de maintenance au niveau de l'entreprise s'intéresse principalement sur les problèmes de fuites dans les systèmes hydrauliques des engins, alors que ce travail sera axé sur les systèmes hydrauliques considérés comme systèmes critiques à savoir :

- Le système hydraulique de rétro chargeur CATERPILLAR 424D
- Le système hydraulique de rétro chargeur CATERPILLAR 422E

5.2 Spécifications hydrauliques des engins

Pour les deux (2) rétro chargeurs CAT 424D et 422E, on s'attache à connaître les spécifications des systèmes hydrauliques au niveau de ces deux (2) types d'engins.

5.2.1. Rétro chargeur CAT 424D

Les systèmes hydrauliques Caterpillar 424D sont des systèmes de détection de charge, avec le système mettre des vannes. Cette conception fournit une rétroaction du système hydraulique, les exigences de la pompe, la livraison de débit exact et la pression nécessaires pour le travail. Les soupapes de compensation de pression sont utilisées pour réduire l'effort de levier de commande pour moins de fatigue de l'opérateur.

Tableau 5.1. Spécifications du système hydraulique CAT 424D

	<i>Système hydraulique</i>
Type	Centre fermé
Type de pompe	Débit variable, piston axial
La pression de système	207 bars
Capacité de pompe	139 l/min à 2200 tr/min

5.2.2. Retro chargeur CAT 422E

Le 422E à un capteur de charge et un système hydraulique avec le type centre fermé, qui correspond étroitement à la puissance et à la demande requise par les outils. Le 422E dispose également des vannes hydrauliques à partage de flux, en veillant à ce que le bon écoulement d'huile atteigne les cylindres de l'outil, assurant un meilleur contrôle et élimine les déchets de l'huile lors de l'exploitation multiple, telles que le classement avec la rétro caveuse.

Il est équipé d'une variable très efficace tel la pompe à piston à déplacement, les flexibles et joints toriques des raccords d'étanchéité, assurant un système robuste. Le flexible est construit à partir de quatre enveloppes en spirale à fil, assurant une excellente durabilité et une résistance aux dommages des pointes de pression et des impulsions hydrauliques.

Tableau 5.2. Spécifications du système hydraulique CAT 422E

	<i>Système hydraulique</i>
Type	Centre fermé
Type de pompe	Débit variable, piston axial
La pression de système	227 bars
Capacité de pompe	125 l/min à 2200 tr/min

5.3. Analyse par AMDEC

Nous allons utiliser la théorie de l'AMDEC pour une analyse approfondie des défaillances et la détermination des éléments critiques du système hydraulique afin d'identifier les causes et les modes de défaillances.

Tableau.5.3. Analyse du système hydraulique de CAT 422E

Organes	Fonction d'état	Mode de défaillance	Cause	Effet sur Système	Criticité				Action à engager
					F	G	D	C	
Pompe à huile	Distribution de l'huile aux vérins hydrauliques	Dégradation de fonctionnement	surchauffe du système / mauvais entretien	Arrêt du système	1	4	1	4	Changement
Pochette complète	Assurer l'étanchéité des systèmes hydraulique	rupture	Mauvais serrage	Fuite	1	3	2	6	Changement
flexible	Transmettre de l'huile aux vérins hydrauliques	usure rupture	surchauffe du système/ forçement du travail	Fuite/ arrêt du système	4	4	2	32	Changement/ Confection
Collier de serrage	Assurer la liaison	Rupture	Mauvais serrage	Fuite	2	1	2	4	Changement/ vérification du serrage

Tableau.5.4. Analyse du système hydraulique de CAT 424D

Organes	Fonction d'état	Mode de défaillance	cause	Effet sur le système	Criticité				Action à engager
					F	G	D	C	
Pompe Hydraulique	Distribution de l'huile aux vérins hydrauliques	Dégradation de fonctionnement	surchauffe du système / mauvais entretien	Arrêt du système	1	4	1	4	Changement
Pochettes de verin	Assurer l'étanchéité des systèmes hydraulique	Rupture	Mauvais serrage / mauvais montage	Fuite	1	3	2	6	Changement
Flexible	Transmettre de l'huile aux vérins hydrauliques	Usure/ rupture	Surchauffe du système/ Forçement du travail	Fuite/ arrêt du système	4	4	2	32	Changement/ Confection

Bague anti fuite	Assurer l'étanchéité	Rupture	Mauvais serrage / Surchauffe du système	Fuite	1	1	2	2	Changement
Pochette de joints	Assurer l'étanchéité	Rupture	Surchauffe du système	Fuite	1	2	2	4	Changement
Joint spi	Assurer l'étanchéité	Rupture	Surchauffe du système	Fuite	3	3	3	27	Changement

Après que nous ayons calculé les criticités des différents organes du système hydraulique des deux (2) engins, on trace l'histogramme de criticité qui nous permet de découvrir l'organe qui a la plus grande criticité, et ainsi, on peut savoir les actions à apposer pour diminuer le niveau de criticité de cet organe, voir l'histogramme de la figure 5.1.

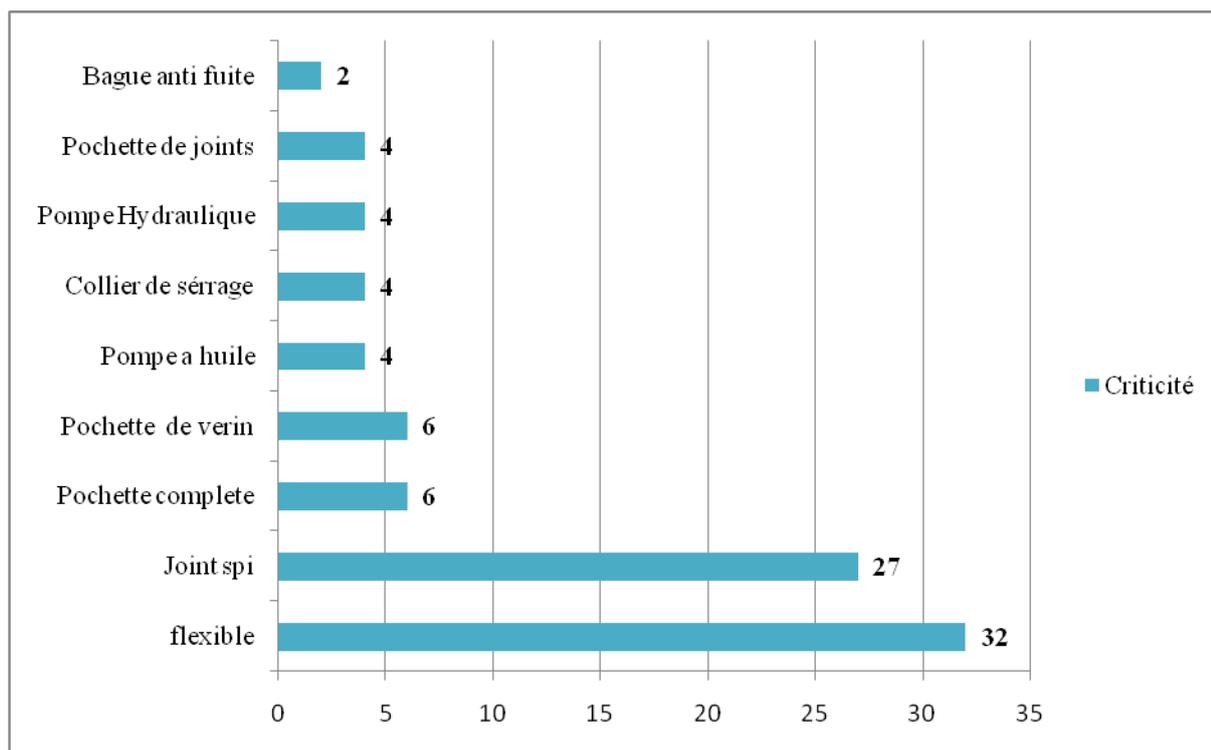


Figure 5.1. Classement des résultats de criticité

Selon les résultats de l'histogramme nous pouvons dire que c'est le flexible qui a une criticité plus élevée.



Figure 5.2. Flexible neuf



Figure 5.3. Flexible en état de travail



Figure 5.4. Flexible de la pelleuse de CAT 422E

5.4. Abaque de NOIRET

C'est un abaque qui permet aux ingénieurs de la maintenance à estimer pratiquement le type de la maintenance à appliquer.

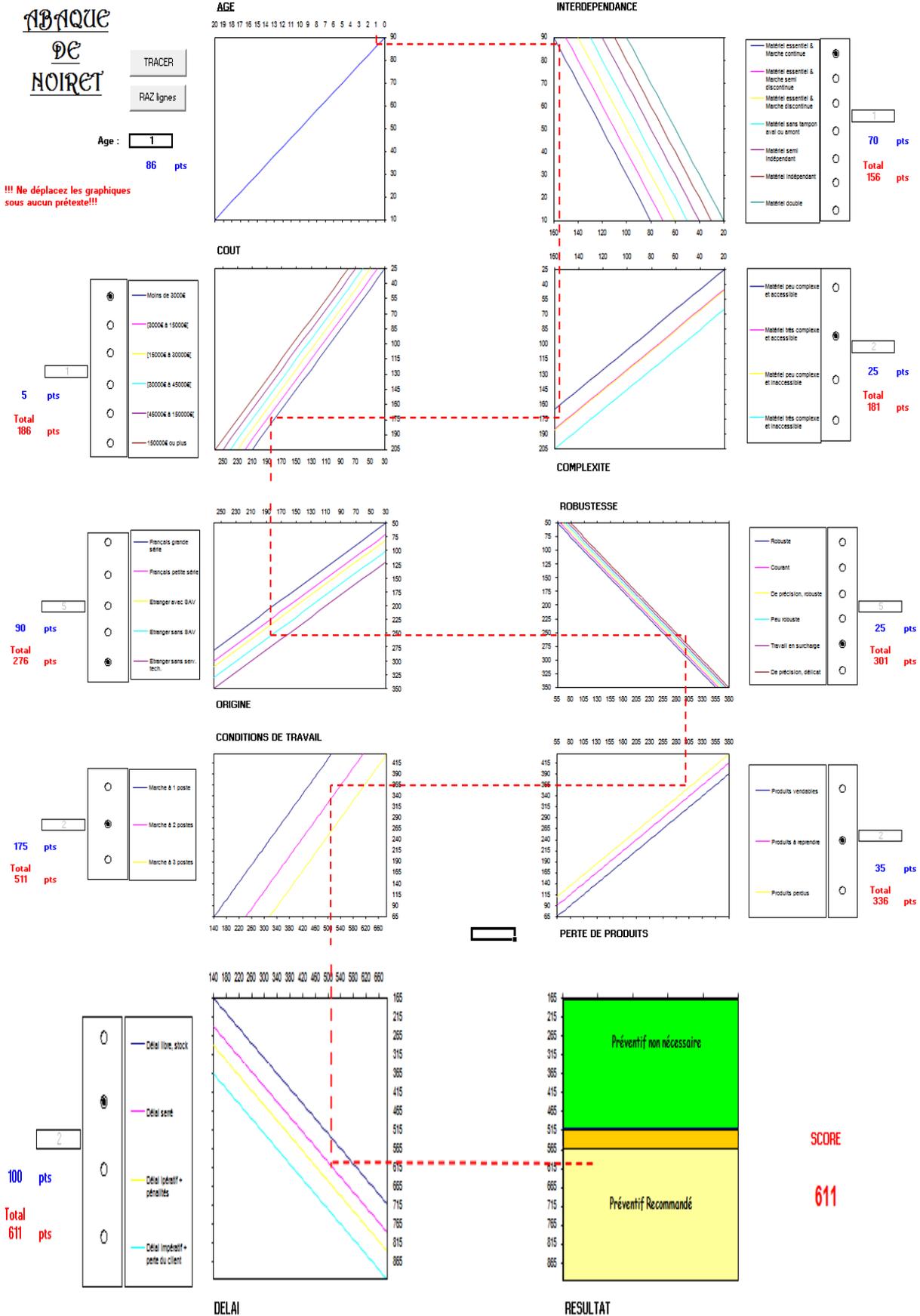


Figure 5.5 Abaque de Noiret

On distingue que le score est au dessus de 611 points, donc une maintenance préventive recommandée.

5.5. Application du modèle de Weibull sur le flexible

Pour déterminer les paramètres de fiabilité nous allons utiliser le modèle de Weibull à trois paramètres en appliquant deux types de méthodes:

- Méthode graphique.
- Méthode numérique

5.5.1. Préparations des données historiques

Dans le tableau 5.5 sont portées les valeurs de TBF à partir des bases de données sur une période de trois (3) années.

Tableau 5.5. Préparation des données

Ordre	TBF (heure)	F(t) estimé	R(t) estimé
1	100	0.07	0.93
2	200	0.18	0.82
3	264	0.29	0.71
4	280	0.39	0.61
5	350	0.50	0.50
6	580	0.61	0.39
7	960	0.71	0.29
8	2296	0.82	0.18
9	2792	0.93	0.07

5.5.2. Tracé graphique

Le traçage des données est représenté sur le papier "ALLEN PLAIT», pour déterminer les paramètres de "Weibull". Le tracé graphique est confirmé par la droite qui est distinguée sur le graphe 5.6.

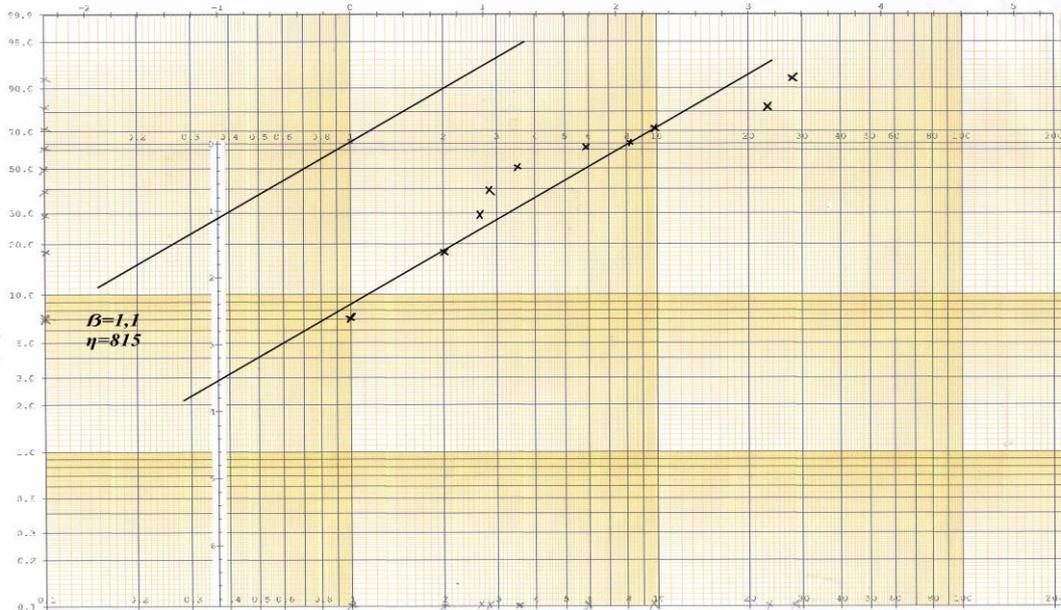


Figure 5.6. Droite de Weibull

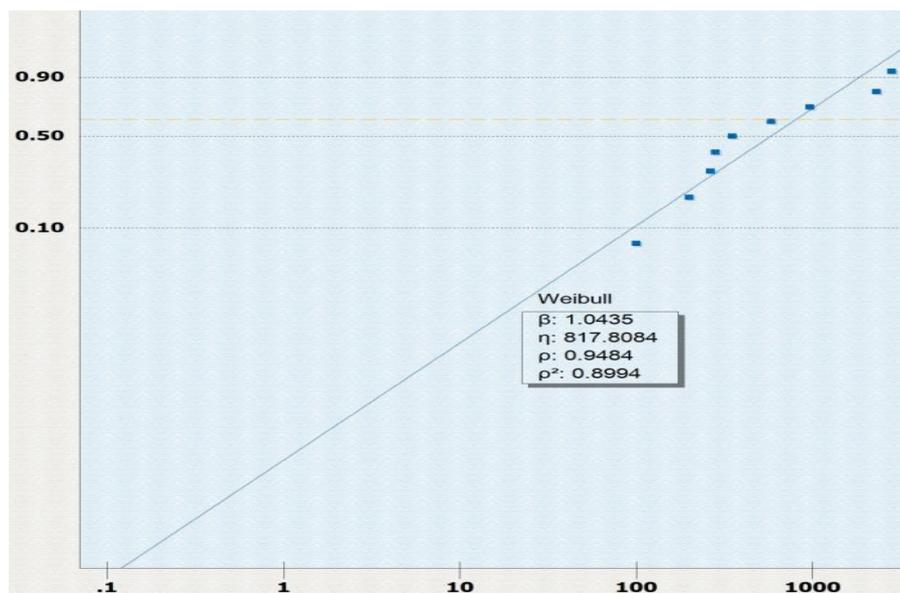


Figure 5.7. Droite de Weibull numérique

La détermination graphique des paramètres de la fiabilité nous donne ($\gamma=0$; $\beta=1,1$; $\eta=815$). Les courbes (5.6) et (5.7) représentent bien la droite des défaillances et montre une bonne corrélation entre la partie analytique et la partie numérique.

5.5.3. Analyse des résultats

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

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

Tableau 5.6. Tableau des résultats

Ordre i	TBF	R _{Th}	F _{Th}	f(t)	Taux de défaillance λ(t)
1	100	0,91	0,09	9,90E-04	0,00109
2	200	0,81	0,19	9,40E-04	0,00116
3	264	0,75	0,25	9,00E-04	0,00120
4	280	0,73	0,27	8,80E-04	0,00121
5	350	0,67	0,33	8,30E-04	0,00124
6	580	0,50	0,50	6,50E-04	0,00130
7	960	0,30	0,70	4,10E-04	0,00137
8	2296	0,04	0,96	0,50E-04	0,00149
9	2792	0,02	0,98	0,30E-04	0,00152

Les courbes 5.8 et 5.9 caractérisent bien la comparaison entre les résultats analytiques et théoriques de la fonction de fiabilité.

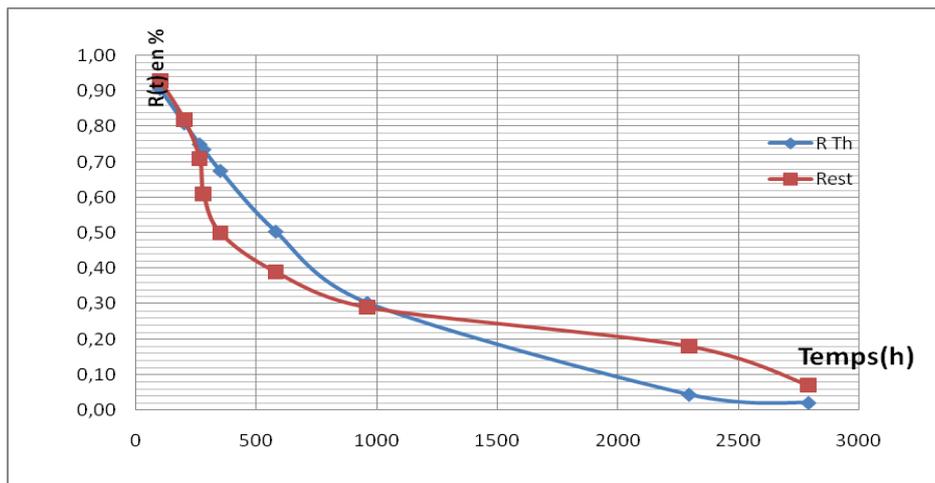


Figure 5.8. Fiabilité estimée et théorique de flexibilité

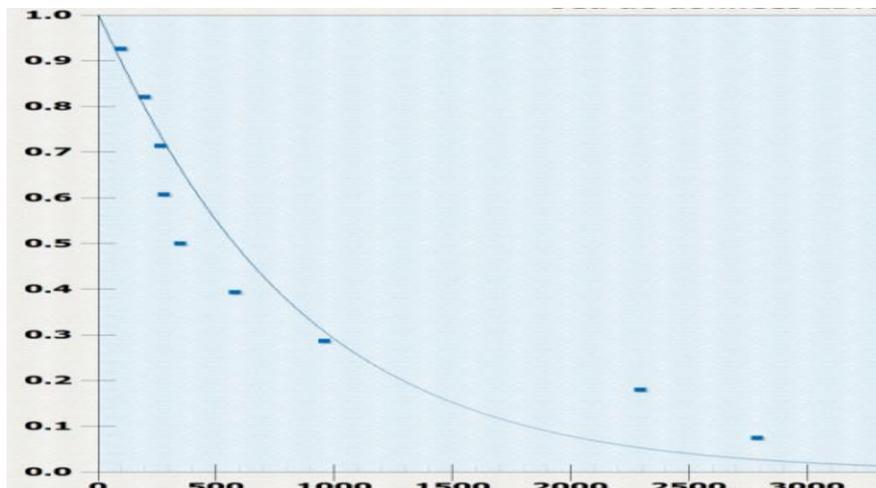


Figure 5.9. Fonction de fiabilité : Méthode numérique

La courbe (5.8) déterminée analytiquement est validée par les résultats de la courbe obtenue par simulation numérique. On trouve un bon ajustement entre les deux méthodes effectuées sur l'élément défaillant.

On remarque qu'il y a une petite différence dans la trace des deux courbes de la figure 5.8 entre la fiabilité théorique et la fiabilité estimée, ce qui est dû au tracé par les données et le tracé depuis les équations avec des coefficients bien déterminés (β , η et γ).

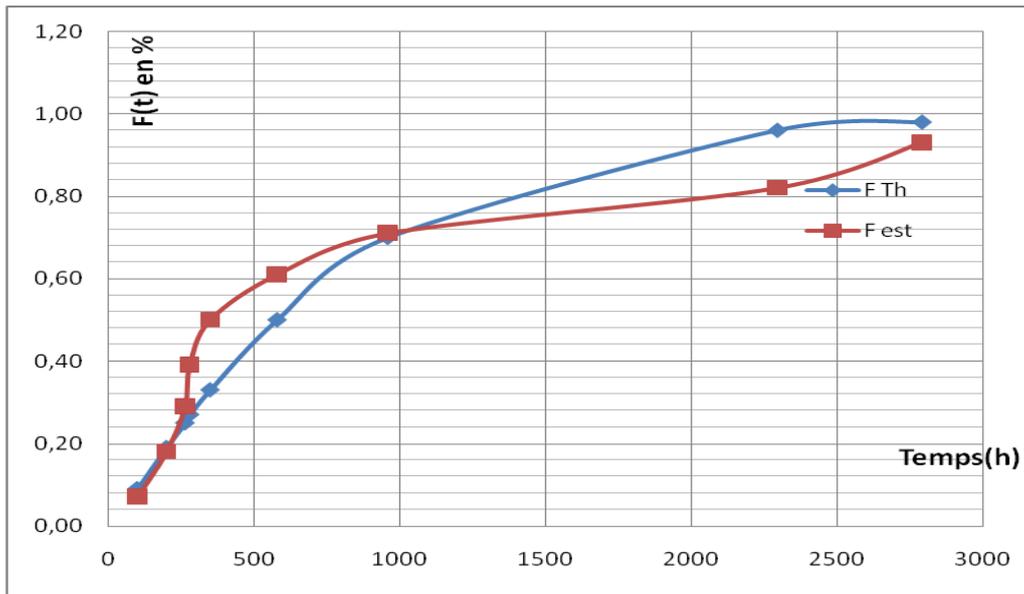


Figure 5.10. Courbe de répartition estimée et théorique du flexible

On remarque que aussi dans la trace de la courbe de la figure 5.10 de répartition estimée et théorique existe cette différence à cause de manière de calcul de chaque une de réparation de flexible.

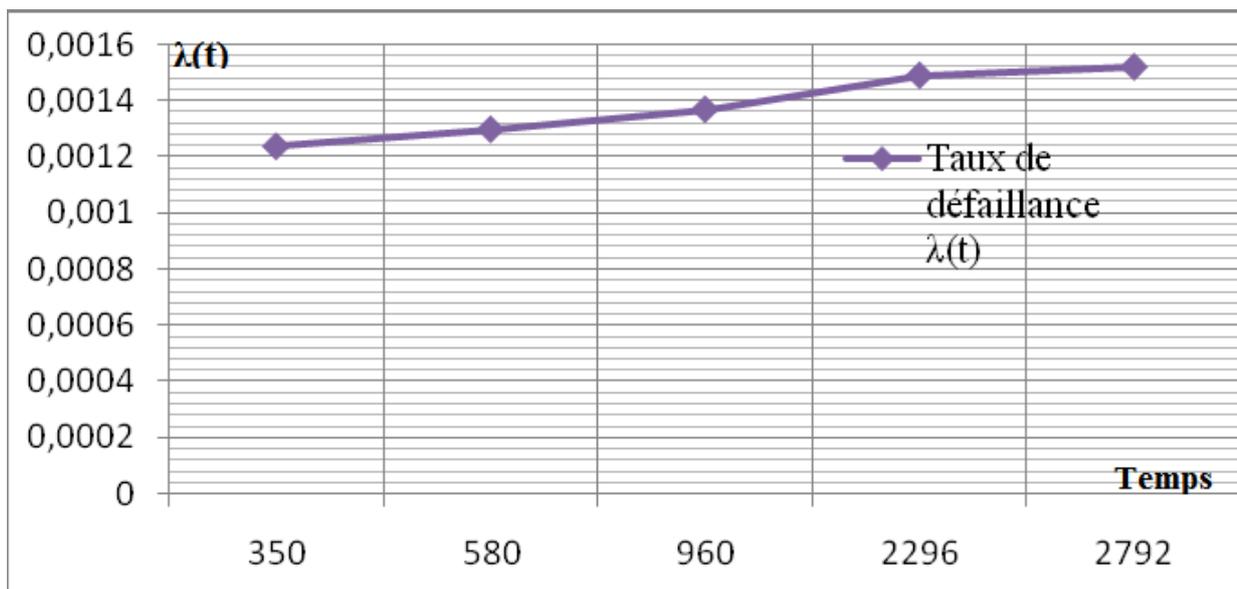


Figure 5.11. Taux de défaillance du flexible

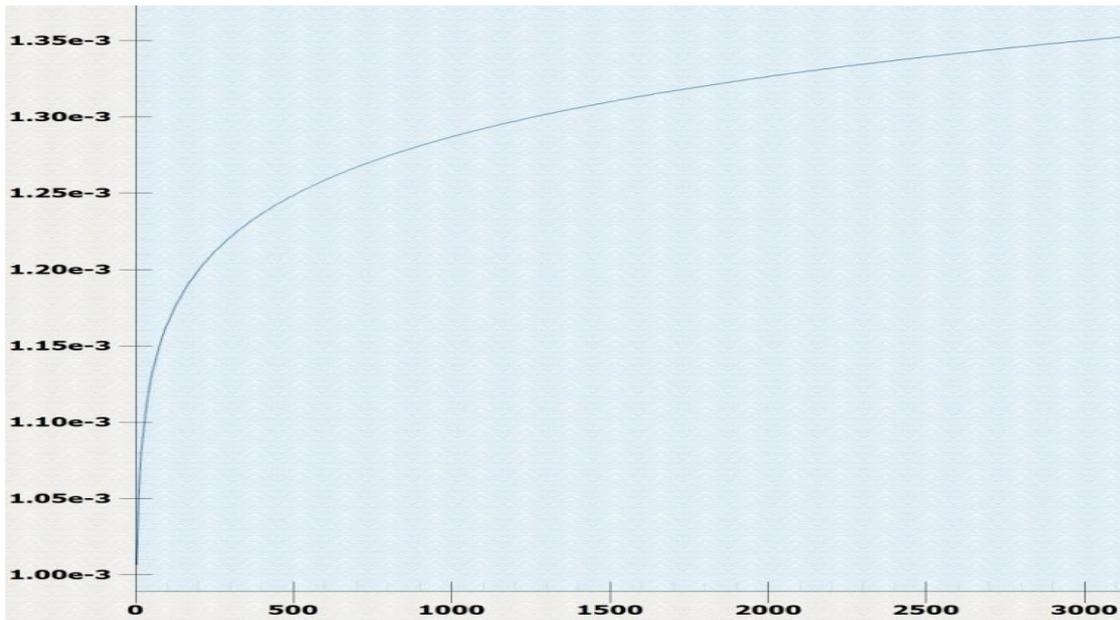


Figure 5.12. Taux de défaillance: Méthode numérique

Le taux de défaillance $\lambda(t)$ est bien représenté par un tronçon distinct sur la figure 5.11 et 5.12, On remarque que le taux de défaillance $\lambda(t)$ augmente avec le temps et que la dégradation ce fait de façon non accélérée.

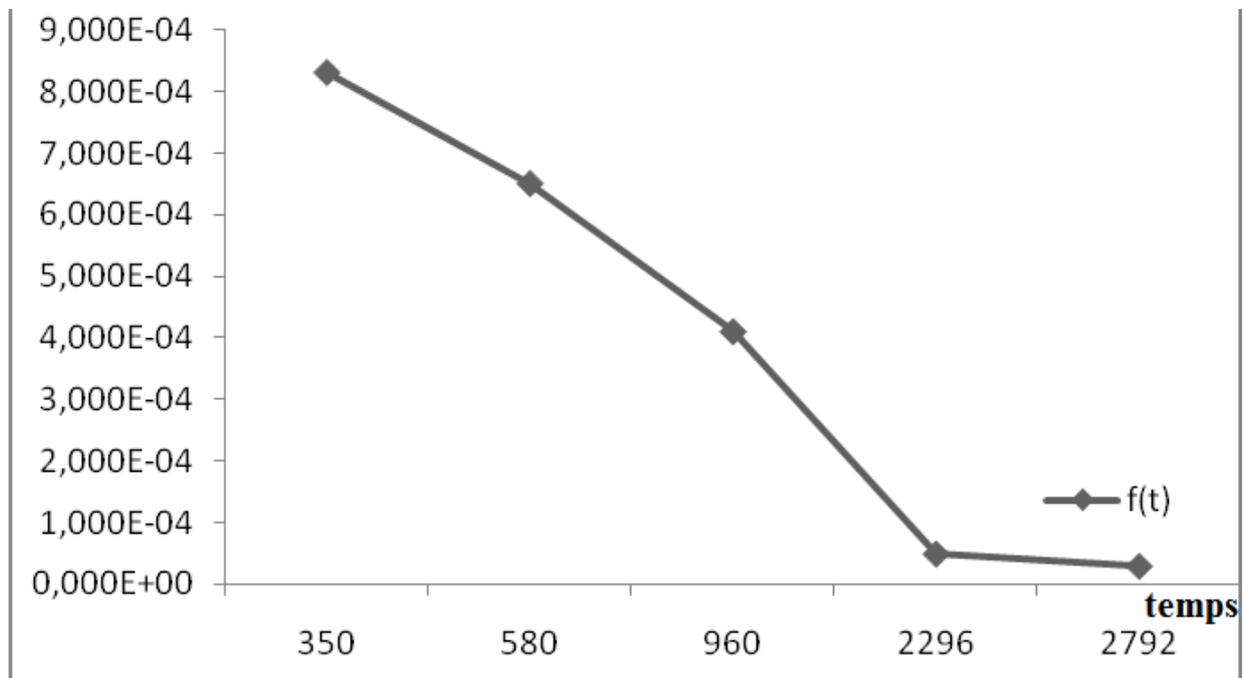


Figure 5.13. La densité de défaillance

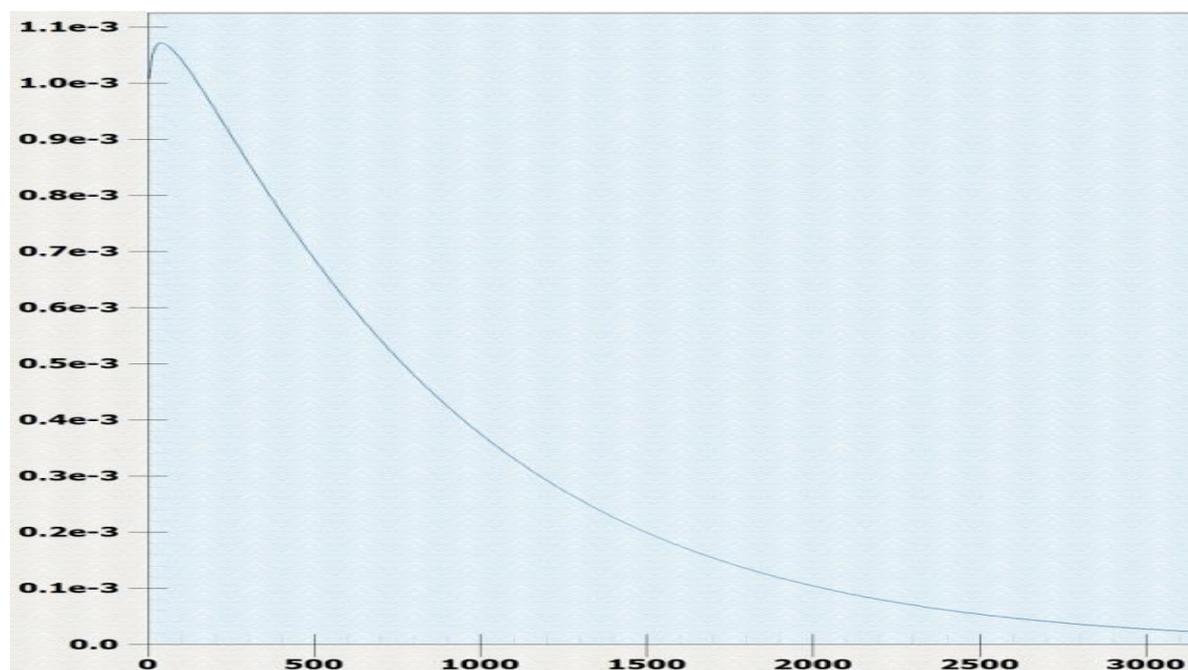


Figure 5.14. Courbe de défaillance

On note que la fonction $F(t)$ de l'organe étudié donne une bonne corrélation avec le Weibull modèle de $\beta=1.1$, et que la densité de la probabilité de défaillance se conforme notre résultat de la moyenne des temps de bon fonctionnement MTBF qui est égale à 786 heures. Au cours de notre étude nous avons constaté que :

- Le paramètre β est supérieur à un (1) ;
- le taux de défaillance est croissant en fonction de temps, donc le flexible du système hydraulique est en période de vieillissement. Il montre bien que l'organe étudié subit une défaillance, ce qui est confirmé par le paramètre de forme ($\beta=1.1$), ce qui nécessite au service de maintenance de prévoir un plan préventif pour...
- La valeur du MTBF a une valeur de 786 heures

Conclusion

Le travail présenté dans ce chapitre nous a permis d'analyser les types des défaillances et de déterminer l'équipement le plus critique en utilisant les outils développés de la fiabilité. Cette analyse est d'un grand intérêt pour le département de la maintenance afin de déterminer le type de maintenance adéquate pour le bon entretien et le bon suivi des engins de l'Inter entreprise (Groupe Kherbouche).

Le choix de notre étude a été porté sur le système hydraulique du deux (2) engins rétro chargeur (CATERPILLAR 424D) et (CATERPILLAR 422E). Grâce à la détermination des paramètres de la fiabilité des équipements sélectionnés par la méthode d'analyse utilisée en fiabilité, à savoir la méthode «AMDEC», on a déterminé que le flexible est l'organe le plus critique dans le système hydraulique, qui possède un degré criticité de 32, ce qui vérifie la norme X 60510 de criticité. Il est recommandé la remise en cause complète de la conception de ce système hydraulique.

L'étude de la fiabilité appliquée sur l'organe critique (flexible) montre que nous sommes en face d'un organe en phase de vieillissement par fatigue et, qui est caractérisé par le modèle de Weibull de paramètres ($\beta = 1,1$, $\eta = 815$ h, $\gamma = 0$).

Le résultat obtenu par l'utilisation de « l'abaque de NOIRET » nous permet de prendre une décision sur le type de la maintenance chose qui est confirmé le résultat obtenu par la méthode « AMDEC ». Donc on prévoit comme premiers résultats de faire un suivi des équipements critiques par une maintenance conditionnelle suivis par des visites afin de détecter l'indice de fatigue du flexible et de surveiller la dégradation de cet équipement dont sa défaillance coute très cher à l'engin et à l'entreprise.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le travail présenté dans ce mémoire nous a permis d'évaluer la fiabilité des équipements industriels des engins et leur optimisation par des outils graphiques et numériques de la fiabilité. Dans la planification de la maintenance, il n'y a pas des méthodes normalisées pour calculer la dégradation des systèmes et, par conséquent, le choix de la méthode à appliquer pour ce type d'équipement se fait en fonction de l'état de l'équipement, de l'environnement des équipements, des moyens disponibles et de la qualité des données recueillies.

Durant notre travail, nous avons étudié et appliqué les principales lois et outils utilisées en fiabilité ainsi que les différentes méthodes d'analyse pour déterminer les paramètres de dégradation qui caractérisent le degré de défaillance des engins. Nous avons utilisé quelques méthodes de gestion de la maintenance, tel que Pareto, Abaque de Noiret et AMDEC, qui nous ont permis de s'approcher correctement sur la nature des défaillances au niveau du parc.

Cette étude a permis de bien suivre l'évolution de l'état des équipements afin de bien choisir correctement le type de la maintenance à appliquer, et sur la base des outils utilisés, nous avons pu relever les quatre facteurs essentiels qui caractérisent des indices de la fiabilité :

- Le taux de défaillance ; car en maintenance le taux de défaillance est une fonction complexe dans chaque phase de la vie de l'équipement.
- Le recueil des données est souvent difficile pour des conditions opérationnelles: Il dépend essentiellement de l'organisation et la gestion du service de la maintenance afin de bien exploiter les données historiques des équipements.
- Les origines des défaillances sont particulièrement complexes leurs détections
- La méthode d'analyse des défaillances dont les systèmes sont de plus en plus compliquées.

Finalement, après les analyses, on a déduit que le flexible est le plus critique et influe directement sur les coûts de la maintenance et le cout de l'exploitation de l'entreprise. La direction de maintenance au niveau de l'inter entreprise aura donc un outil très efficace pour le suivi des équipements des engins et pour l'analyse de leurs degrés de dégradation.

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

BIBLIOGRAPHIE

- [1] http://www.geniemeca.fpms.ac.be/Recherche/recherche_fiabilite.htm.
- [2] Afnor 1998, fiabilité-maintenabilité-disponibilité, recueil des normes françaises, Afnor 1998.
- [3] S. Benissaad, Cours de maintenance industrielle, Tec 336, 2008
- [4] H.P. Ramella. Maintenance des turbines à vapeur. Techniques de l'ingénieur, Référence BM4186. 2002.
- [5] F. Monchy, J. P. Vernier, méthodes et organisations pour une meilleure productivité. Edition Dunod, Paris 2012, ISBN 978-2-10-057967-9.
- [6] I.W Bur, Statistical quality control methods. Marcel Dekker, 1976.
- [7] François Monchy, « la fonction maintenance : formation à la gestion de la maintenance industrielle », paris, Masson, 1996.
- [8] F. Monchy. Maintenance Méthodes et Organisations, 2eme édition. Paris: Dunod (2003).
- [9] M. Aidi, gestion coopératives des objectifs de simulation de produits industriels ; Colloque IPI Autrans 22-23 janvier 2004.
- [10] C. A, Benedetti. Introduction à la gestion des opérations (4e éd). Québec: Sylvain Ménard. 2002.
- [11] A. Hoyland .and M. Rausand, System Reliability Theory - Models and Stastical Methods, Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics - (2nd ed.), Wiley, Hoboken, 2004.
- [12] Pierre Chapouille, Fiabilité, maintenabilité, Techniques de l'Ingénieur, T 4300, 2007.
- [13] Julie Berthon, Nouvelle approche de la fiabilité opérationnelle, Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux I, 2008.

- [14] H. Procaccia, E. Fertou, and M. Procaccia., Fiabilité et maintenance des matériels industriels réparables et non réparables. Edition Lavoisier, 2011.
- [15] Patrick Lyonnet, La maintenance mathématique et méthodes, Troisième édition, Paris, 1992.
- [16] <http://www.iae.univ-lille1.fr/project/mdp/Method/M5.htm>
- [17] http://www.axess-qualite.fr/outils-qualite_m.html
- [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] www.memoirepfe.fst-usmba.ac.ma/get/pdf/771
- [20] CRTA. La Gestion de Production au sein de l'entreprise. Maintenance l'abaque de Noiret, pages : 2-3-8.
- [21] M.Bouanaka, M Chaib, M Bellaouar, « La maintenance basée sur la fiabilité », science & technologie B – N0 31, pp. 35-40