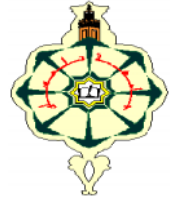




REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITÉ ABOU BEKR BELKAID-TLEMCEM
FACULTÉ DE TECHNOLOGIE
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



MÉMOIRE DE MASTER EN GÉNIE MÉCANIQUE

Option

MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Présenté par

DEBBAL MOHAMMED NADJIB

THÈME

**OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE DES
EQUIPEMENTS DU PARC ROULANT
(E.T.U.S.Tlemcen)**

Soutenu : le mois de Juin 2014

Devant le jury :

Encadreur : Kerboua Bachir

Dr. UABB-Tlemcen

Président : Houmat Abderrahim

Pr. UABB-Tlemcen

Examineur : Zinai Abdelhadi

Dr. UABB-Tlemcen

Examineur : Sari Otmane

Ing. E.T.U.S.Tlemcen

Invité d'honneur: Habi Touil Sid Ahmed

DG. E.T.U.S.Tlemcen

ANNÉE UNIVERSITAIRE 2013 - 2014

DÉDICACES

Je dédie ce mémoire à:

- ✓ *Mes très chers parents pour leur amour, leurs sacrifices et leurs encouragements, que DIEU les protègent,*
- ✓ *Mon très cher frère « Oussama » et ma très chère sœur « Nesrine »,*
- ✓ *Mes cousines et mes cousins,*
- ✓ *Et à tous les membres de la famille DEBBAL et MAHDAD.*

Une spéciale dédicace mon encadreur, Dr Kerboua Bachir et l'ensemble de mes amis et les étudiants de ma promotion 2013/2014.

DEBBAL MOHAMMED NADJIB

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toute personne ayant contribué à la réalisation de ce travail.

Je remercie vivement mon encadreur Docteur Kerboua Bachir pour ses précieux conseils et sa bienveillance, pour sa patience et son encadrement très actif durant toute la période de l'élaboration de mon mémoire.

Mes vifs remerciements aux membres du jury :

Professeur Houmat Abderrahim

Docteur Zinai Abdelhadi

Mr. le directeur général de l'entreprise E.T.U.S. Tlemcen

Mr. Sari Otmane

Je remercie vivement tous mes enseignants du département de Génie Mécanique.

DEBBAL MOHAMMED NADJIB

RÉSUMÉ

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

Notre travail est consacré à l'étude théorique et pratique de la fiabilité du parc roulant au niveau de l'entreprise « E.T.U.S.Tlemcen », en l'occurrence la fiabilité industrielle basée sur des méthodes évoluées de fiabilité.

Dans notre projet nous avons utilisé les lois de fiabilité et les méthodes d'analyse (PARETO et ABC) qui sont connues en fiabilité, et en particulier la loi de "Weibull", afin de concrétiser notre étude. Nous avons défini les méthodes graphiques et analytiques pour déterminer les paramètres de fiabilité, qui sont utilisés pour l'évaluation du taux de dégradation des équipements du parc et déterminer le type de la maintenance à appliquer.

Enfin, nous avons validé notre mémoire par une étude de cas pratique, en choisissant les organes sensibles des équipements stratégiques dans l'entreprise «E.T.U.S.Tlemcen». Cette étude nous a permis de trouver des résultats en conformité avec la réalité pratique au niveau de l'entreprise en utilisant un code de calcul évolué.

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

ABSTRACT

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

Our work is devoted to the theoretical and practical study of the reliability of the fleet at the company " E.T.U.S.Tlemcen", namely industrial reliability based on advanced methods of reliability.

In our project we used the laws of reliability and methods of analysis (Pareto and ABC) which are known reliability, and in particular the law of " Weibull ",to achieve this study, we defined the graphical and analytical methods to determine the reliability parameters , which are used for assessing the rate of degradation of equipment and determine the type of maintenance required .

Finally, we validated our memory by a practical case study , choosing the sensitive organs of critical equipment in the company " E.T.U.S.Tlemcen ." This study has allowed us to find results consistent with the practical reality at the company using a computer code developed.

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

الملخص

الصيانة الصناعية أصبحت ذات أهمية بالغة و تبرهن على أن تكون واحدة من وظائف الأعمال الرئيسية لتطوير المؤسسات الصناعية.

يركز عملنا إلى الدراسة النظرية والعملية لموثوقية معدات النقل في الشركة " E.T.U.S.Tlemcen " ، وهي الموثوقية الصناعية القائمة على أساليب متقدمة من الموثوقية.

في مشروعنا استخدمنا قوانين الموثوقية و طرق التحليل (PARETO و ABC) التي تعرف الموثوقية، و على وجه الخصوص قانون " WEIBULL " .لتحقيق هذه الدراسة ، حددنا الأساليب البيانية و التحليلية لتحديد المعلمات الموثوقية ، والتي تستخدم لتقييم معدل تدهور المعدات و تحديد نوع الصيانة المطلوبة .

أخيرا، قمنا بتقارب صحة دراسة الحالات العملية ، واختيار الأجهزة الحساسة من المعدات الضرورية في شركة " E.T.U.S.Tlemcen " . وقد سمحت لنا هذه الدراسة لإيجاد نتائج ملموسة مع الواقع العملي في الشركة باستخدام برنامج عددي متطور.

الكلمات الرئيسية : التشخيص و الموثوقية ، والتدهور ، ومعدل التدهور، الصيانة الصناعية

LISTE DES FIGURES

	Pages
Figure 1.1 : Omnibus.....	7
Figure 1.2 : Chemin de fer américain.....	8
Figure 1.3 : Tramways à chevaux.....	9
Figure 1.4 : Tramway mécanique.....	10
Figure 1.5 : Tramway électrique.....	10
Figure 1.6 : Tramway sur pneu.....	11
Figure 1.7 : Tramway sur fer.....	11
Figure 1.8 : Transport de Métro.....	12
Figure 1.9 : Autobus.....	13
Figure 1.10 : Trolleybus.....	14
Figure 2.1 : Développement du parc Urbain et Suburbain en Algérie.....	19
Figure 2.2 : Kilométrage annuel des véhicules en Algérie durant la période 1990-2005.....	21
Figure 2.3 : Unité télécabine.....	23
Figure 2.4 : Organigramme de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen.....	26
Figure 3.1 : Probabilité de réparation au cours du temps.....	33
Figure 3.2 : Vie d'un système : évolution dans le temps.....	34
Figure 3.3 : Taux de défaillance en fonction de l'âge.....	35
Figure 3.4 : Principales propriétés de la distribution de Weibull.....	37
Figure 3.5 : Représentation graphique à échelle fonctionnelle de la distribution de Weibull (graphique d'Alain Plait).....	38
Figure 4.1 : Les types de maintenance.....	41
Figure 4.2 : Cout de la maintenance (période de garantie).....	46
Figure 4.3 : Cout de la maintenance (après la période de garantie).....	46
Figure 4.4 : Diagramme de disponibilité.....	53
Figure 4.5 : Diagramme de maintenabilité.....	54
Figure 4.6 : Diagramme de fiabilité.....	54
Figure 4.7 : Courbe ABC.....	55
Figure 4.8 : Amortisseur hydraulique.....	57

Figure 4.9: Droite de Weibull	59
Figure 4.10: Droite de Weibull: code de calcul.....	59
Figure 4.11: Fiabilité estimée et théorique de l'amortisseur.....	61
Figure 4.12: Fonction de fiabilité : code de calcul.....	61
Figure 4.13: Courbe de répartition estimée et théorique de l'amortisseur.....	62
Figure 4.14: Courbe de répartition: code de calcul.....	62
Figure 4.15: Taux de défaillance de l'amortisseur.....	63
Figure 4.16: Taux de défaillance: code de calcul.....	63
Figure 4.17: La densité de défaillance.....	64
Figure 4.18: La densité de défaillance, code de calcul.....	64

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau2.1 : Recettes et fréquences des passagers.....	22
Tableau2.2 : Taux de remplissage Année 2009.....	23
Tableau2.3 : Taux de remplissage Année 2010.....	24
Tableau2.4 : Taux de remplissage Année 2011.....	24
Tableau2.5 : Etat récapitulatif des années (2008-2009-2010-2011).....	25
Tableau 2.6 : Type des véhicules, code, et série du parc roulant.....	27
Tableau 4.1 : Cout de la Maintenance (pour période de garantie).....	44
Tableau 4.2 : cout de la maintenance (après la période de garantie).....	45
Tableau 4.3 : Données de défaillances durant l'année 2011.....	48
Tableau 4.4 : Données de défaillances durant l'année 2012.....	49
Tableau 4.5 : Données de défaillances durant l'année 2013.....	50
Tableau 4.6 : Données de défaillances durant les années 2011, 2012 et 2013.....	51
Tableau 4.7 : Diagramme en bâton de « PARETO ».....	52
Tableau 4.8 : Analyse du diagramme en bâton de « PARETO ».....	53
Tableau 4.9 : L'analyse par ABC	55
Tableau 4.10 : Préparation des données historiques.....	58
Tableau 4.11 : Tableau des résultats.....	60

LISTE DES SYMBOLES

MTBF : Moyenne des temps de bon fonctionnement

MBF : La maintenance basée sur la fiabilité

MTTR : Moyenne des Temps Techniques de 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 [%]

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

R(t) : Fiabilité au temps t [%]

T : variable aléatoire [h]

β : Paramètre de forme

η : Paramètre d'échelle [h]

γ : Paramètre de position [h]

SOMMAIRE

DÉDICACES	I
REMERCIEMENTS.....	II
RÉSUMÉ.....	III
LISTE DES FIGURES	V
LISTE DES TABLEAUX	VII
LISTE DES SYMBOLES.....	VI
SOMMAIRE.....	IX
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	1
<i>CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LES TRANSPORTS</i>	3
1.1. Définitions des concepts	3
1.1.1. Maintenance.....	3
1.1.2. Fiabilité.....	3
1.1.3. Urbanisme.....	3
1.1.4. Transport.....	4
1.1.5. Déplacements.....	4
1.1.6. Déplacement urbains	4
1.1.6.1. Diversité dans les motifs des déplacements actuels.....	5
1.1.6.2. Migrations pendulaires.....	5
1.1.6.2.1. Déplacements scolaires et universitaires.....	5
1.1.6.2.2. Déplacements professionnels	5
1.1.6.2.3. Déplacements ou migration de loisirs	5
1.1.6.2.4. Déplacements pour motifs personnels	5
1.1.6.2.5. Déplacements liés à l'achat.....	5
1.2. Historique du transport	6
1.2.1. Etat des lieux : Avant 1750.....	6
1.2.2. Naissance du machinisme : 1750-1850	6
1.2.3. Expansion industrielle : 1850-1950.....	6
1.2.4. Mutations du monde contemporain : Après 1950	6

1.3. Aperçu général sur les moyens de transport	7
1.3.1. Avant la mécanisation	7
1.3.1.1. Omnibus	7
1.3.1.2. Chemin de fer américain	8
1.3.1.3. Tramway	8
1.3.1.3.1. Tramways à chevaux	8
1.3.2. Après la mécanisation.....	10
1.3.2.1. Tramway	10
1.3.2.1.1. Tramway mécanique	10
1.3.2.1.2. Tramway électrique	10
1.3.2.1.3. Tramway moderne.....	11
1.3.2.1.4. Tram rapide	11
1.3.2.2. Métro	11
1.3.2.3. Chemin de fer	12
1.3.2.4. Autobus.....	13
1.3.2.5. Trolleybus.....	13
1.4. Politique des transports en Algérie	14
1.4.1. Première étape : de 1962 à 1988.....	14
1.4.2. Deuxième étape : Période après 1988.....	14
1.5. Réseaux de transport et la structure urbaine	14
1.5.1. Accessibilité.....	15
1.5.2. Aires d'influence ou d'attraction	15
1.5.3. Réseaux de transport et urbanisation	16
1.5.4. Réseaux de transport et morphologie urbaine	16
1.6. Conclusion	17
 <i>CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE E.T.U.S.TLEMCEN ET SON PARC ROULANT</i>	
2.1. Introduction	19
2.2. Généralités sur le parc roulant	19
2.2.1. Définition d'un parc roulant	19
2.2.2. Distribution d'âge des véhicules particuliers du parc roulant	19
2.2.3. Analyse du kilométrage parcouru.....	20
2.3. Présentation de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen	21

2.3.1. Presentation	21
2.3.2. Décrets de création	21
2.3.3. Unité télécabine	22
2.3.3.1. Recettes et fréquences des passagers	22
2.3.4. Unité autobus	23
2.3.4.1. Taux de remplissage Annuel.....	23
2.3.4.2. Etat récapitulatif.....	25
2.3.5. Organigramme de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen	26
2.3.6. Classification des véhicules du parc E.T.U.S.Tlemcen	27
2.4. Conclusion.....	28
<i>CHAPITRE 3 : ETUDE DE LA FIABILITÉ.....</i>	30
3.1. Introduction	30
3.2. Fiabilité.....	30
3.2.1. Définition de fiabilité.....	30
3.2.1.1. Fonction de répartition.....	31
3.2.1.2. Densité de probabilité	31
3.2.1.3. Taux de défaillance	32
3.2.2. Définitions	32
3.2.2.1. Moyen des temps de bon fonctionnement MUT.....	32
3.2.2.2. Temps moyen pour réparer MTTR	32
3.2.2.3. Moyenne des temps de bon fonctionnement (MTBF).....	33
3.2.2.4 Relation entre MUT, MTBF et MTTR	33
3.2.3. Disponibilité	34
3.2.4. Courbe en baignoire.....	34
3.2.4.1. Partie(I)	34
3.2.4.2. Partie(II).....	35
3.2.4.3. Partie(III).....	35
3.3. Lois de probabilités usuelles en fiabilité.....	35
3.3.1. Loi exponentielle	35
3.3.2. Loi de Weibull.....	36
3.3.2.1. Application à la fiabilité.....	37
3.3.2.2. Estimation des paramètres de la loi de Weibull.....	37
3.3.2.2.1. Graphique à l'échelle fonctionnelle	37

3.4. Conclusion	38
CHAPITRE 4 : APPLICATION PRATIQUE	40
4.1. Introduction	40
4.2. Maintenance	40
4.2.1. Analyse de la maintenance	40
4.2.2. Objectifs de la maintenance.....	40
4.2.3. Stratégies et méthodes de maintenance	40
4.2.4. Stratégies classiques de maintenance	41
4.2.5. Types de maintenance	41
a. Maintenance corrective	41
b. Maintenance préventive	42
c. Maintenance améliorative	42
4.3. Diagnostic de la maintenance au niveau de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen	43
4.3.1. Coût de maintenance du parc roulant	43
4.3.2. Etude et diagnostic du parc.....	47
4.3.2.1. Données de défaillances.....	48
4.3.2.2. Diagramme en bâton de « PARETO ».....	52
a. Diagramme de disponibilité	53
b. Diagramme de maintenabilité	54
c. Diagramme de fiabilité.....	54
d. Courbe ABC.....	55
e. Interprétation de la courbe.....	56
4.3.2.3 Etude technique de l'amortisseur.....	56
a. Définition	56
b. Types des amortisseurs	56
4.3.2.4. Détermination des paramètres de fiabilité de l'organe critique	57
a. Amortisseurs du bus 22461	58
b. Tracé graphique sur le papier d'ALLEN PLAIT	58
4.3.2.5. Analyse des résultats	60
4.4. Interprétation	65
CONCLUSION GÉNÉRALE	66
BIBLIOGRAPHIE	67

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La maintenance a été longtemps jugée comme une fonction secondaire, entraînant des pertes d'argent et un gaspillage de temps. 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 le premier chapitre, nous avons présenté des généralités sur les transports urbains.
- ✓ Dans le second chapitre, nous avons analysé le parc roulant de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen, ainsi ses activités.
- ✓ Dans le troisième chapitre, nous avons rappelé certains concepts de la maintenance, non seulement pour introduire ses concepts, mais également pour mettre en évidence l'ampleur de l'effort nécessaire pour mettre en place un système de maintenance. Ce chapitre traite les différentes méthodes de diagnostic de la maintenance qu'on va appliquer au niveau de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen. En outre nous introduirons les concepts de fiabilité, de défaillance et de durée de vie (MTBF) des équipements.
- ✓ Finalement, dans l'ultime chapitre quatre on a mis en application toutes les différentes théories citées dans les chapitres précédents, pour étudier des cas pratiques sur un équipement stratégique de l'atelier de maintenance de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen. On a utilisé un outil d'optimisation pour analyser l'organe défaillant, et pour cela on a appliqué des modèles évolués, pour la détermination de certains paramètres de fiabilité et le type de la maintenance à appliquer.

Chapitre 1
Généralités sur
les transports

CHAPITRE 1 : GÉNÉRALITÉS SUR LES TRANSPORTS**1.1. Définitions des concepts**

Il est utile, avant d'aborder l'étude de la maintenance du parc roulant « ETUST Tlemcen », qui nécessite une analyse de son parc roulant, il est nécessaire de définir les concepts du transport urbain et suburbain.

1.1.1. Maintenance

Selon la définition de l'AFNOR X 60-010-1994, 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 [1].

1.1.2. 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 temps moyen entre deux pannes successives, ou T.M.B.F. [*Time Between failure*]), [1].

1.1.3. Urbanisme

- **Urbanisme:** ensemble des mesures techniques, administratives, économiques et sociales qui doivent permettre un développement harmonieux, rationnel et humain des agglomérations. C'est un nom qui correspond à la science et technique de l'aménagement rationnel des villes et des campagnes.

- Ensemble des mesures prises pour orienter et contrôler l'affectation et l'utilisation des sols, (Anglais: urban planning).

- Plan d'urbanisme: document graphique complété par un document écrit, où figurent l'affectation et les conditions d'utilisation des sols pour un territoire déterminé, (Anglais: town planning map).

- Schéma directeur d'urbanisme: ensemble de documents ayant pour objet de fixer à long terme les orientations fondamentales de l'aménagement d'un territoire déterminé, généralement pluri-communal.

- Urbanisme opérationnel: ensemble des opérations d'équipement ou de construction, d'initiative publique ou privé réalisées en application d'un plan d'urbanisme, (Anglais: operational urban planning).

•Urbanisme participatif: manière d'associer étroitement les citoyens, en particulier à l'aide d'auditions publiques, à l'élaboration des plans d'urbanisme et des projets d'aménagement du cadre de vie.

• Urbanisme prospectif: ensemble des dispositions d'urbanisme prises pour assurer à long terme l'évolution de la localisation et de l'implantation des établissements humains, (Anglais: long-term urban planning)

• Urbanisme réglementaire: ensemble des dispositions de droit public ayant pour objet de déterminer les conditions de l'utilisation et de l'occupation des sols.

• Contrôle des initiatives privées en matière d'urbanisme, (Anglais: regulatory urban planning), [2].

1.1.4. Transport

C'est une action qui permet de transporter des personnes ou des marchandises .

- Véhicules de transport.
- Acte par lequel on cède un droit.
- [Au pluriel] Ensemble des moyens de déplacement des marchandises et des personnes.

- Transport maritime: mode d'exploitation d'un navire, [1].

1.1.5. Déplacements

Le déplacement c'est l'action de se déplacer, d'aller d'un lieu à un autre [7].Un déplacement est un mouvement motivé (travail, achats, école, loisirs, etc.) d'une personne entre une origine et une destination, selon un itinéraire et pendant une certaine durée. Il est effectué avec un ou plusieurs moyens de transport entre deux lieux où la personne considérée exerce son activité. Toute activité exercée en un lieu donné marque ainsi la fin d'un déplacement, [8].

1.1.6. Déplacement urbains

La croissance urbaine de la population s'accompagne de l'extension de la ville dans l'espace. Les lieux de résidence, de travail, centres commerciaux et centres de loisirs sont de plus en plus éloignés les uns des autres ainsi que les zones de l'agglomération.

Cette consommation de l'espace impose aux citoyens des déplacements et des distances croissantes ce qui exige des moyens spéciaux de transport.

1.1.6.1. Diversité dans les motifs des déplacements actuels

Les motifs des déplacements sont liés à la composition socio-professionnelle de la population, à la nature et à la répartition géographique des activités. D'après leurs motifs les déplacements sont classés en plusieurs catégories.

1.1.6.2. Migrations pendulaires

Elles mettent en mouvement de nombreuses personnes chaque jour, ces mouvements s'expliquent par les déséquilibres qui se manifestent entre emplois et population active résidente au sein d'une agglomération ou même des quartiers d'une ville. Le déséquilibre numérique qui se traduit dans le rapport emploi/population donne une idée imparfaite de la réalité des migrations [9].

1.1.6.2.1. Déplacements scolaires et universitaires

Ce sont les déplacements de la population qui est en âge de scolarité (6-18 ans) et universitaire qui sont considérés comme pendulaires.

1.1.6.2.2. Déplacements professionnels

Ce sont les mouvements liés aux lieux de travail, beaucoup sont ceux qui travaillent hors de leur communes de résidence, tandis que d'autres viennent travailler dans ces même communes. Ces déplacements sont justifiés par la présence des équipements.

Le mode de transport dépend du lieu de travail. Le facteur le plus discriminant sur le choix du mode de transport est le lieu de travail. De ce lieu et de sa desserte par les transports en commun va dépendre le mode de transport utilisé.

1.1.6.2.3. Déplacements ou migration de loisirs

Les migrations de loisir sont devenues un fait capital dans la vie des citoyens, les espaces nécessaires à la promenade à la pratique du sport et à la détente ne trouvent plus place au cœur de la ville.

1.1.6.2.4. Déplacements pour motifs personnels

Ce sont des déplacements répétitifs, à des fréquences parfois moindres si on les compare avec les autres déplacements. Ils sont généralement liés aux affaires personnelles, ou encore aux loisirs.

1.1.6.2.5. Déplacements liés à l'achat

Les commerces de première nécessité : sont généralement bien répartis à travers les villes mais aussi les quartiers, chose qui suscite des déplacements à pied, répétés chaque jour dans un faible rayon.

1.2. Historique du transport

1.2.1. Etat des lieux : Avant 1750

Pendant longtemps, l'énergie nécessaire aux transports était exclusivement naturelle : vents marins, écoulement de l'eau, muscles des hommes et des animaux.

Les voyages les plus lointains et les transports les plus lourds ont été assurés par la navigation maritime et fluviale. Après plusieurs millénaires d'évolution, les voiliers sont parvenus à un haut niveau technique qui leur a permis la conquête des océans. Les transports terrestres complétaient les voies d'eau. Les hommes portaient des charges plus légères, attelés à des véhicules élémentaires : traîneaux, charrettes, carrosses.

1.2.2. Naissance du machinisme : 1750-1850

Peu à peu, l'usage du fer et de la machine à vapeur dispensait le voyageur des contraintes naturelles et transforme la navigation et le roulage. Deux nouveaux modes de transport apparaissent : le chemin de fer et le ballon dirigeable.

Les navires à vapeur coexistent avec les voiliers. Sur terre en revanche, le chariot à vapeur reste longtemps sans héritier. Les rails en fer puis la locomotive à vapeur facilitaient le transport terrestre, qui demeure le complément des voies d'eau. La circulation des trains et la sécurité des cheminots et des voyageurs nécessitent des règles et des instruments efficaces aux carrefours et dans les gares. Le ballon à air chaud, bientôt dirigeable, lance la grande aventure des voyages aériens

1.2.3. Expansion industrielle : 1850-1950

L'industrialisation est liée au transport de masse. Elle donne au chemin de fer une large suprématie sur les autres modes, qui le complètent.

Le chemin de fer devient le principal mode de transport, puissant, rapide et bon marché. Il pénètre au cœur des villes, débouche dans les ports industriels et se constitue en réseau international standardisé. Les navires à vapeur supplantent les voiliers. Le moteur diesel permet de naviguer sur l'eau. Le transport à cheval complète les trains. Le succès de la bicyclette prépare le règne de l'automobile à vapeur, puis à essence qui remplace peu à peu le cheval. Au tournant du siècle s'ouvre l'époque des avions, qui battent sans cesse de nouveaux records, mais restent longtemps réservés à une élite.

1.2.4. Mutations du monde contemporain : Après 1950

Si le transport individuel domine aujourd'hui grâce à l'automobile, il existe des types de plus en plus diversifiés de transports, correspondant à chaque besoin.

L'automobile domine par sa souplesse, mais crée d'importantes nuisances. Elle intègre l'électronique et l'automatisme : la voiture " intelligente " anticipe le déroulement du voyage.

Le train, renouvelé par la grande vitesse et l'automatisation, se combine avec le transport aérien dans les aéroports. L'aviation donne au voyage une dimension planétaire et, grâce aux transports terrestres tissent de nouveau lien économique. L'aéronautique et ses dérivés multiplient les performances et ne se limitent plus à l'atmosphère terrestre. Avec la conquête de l'espace, le voyageur rêve d'horizons infiniment lointains.

1.3. Aperçu général sur les moyens de transport

D'après les technologies utilisées par les entreprises de transport public urbain et suburbain, on note que sur le plan historique existait deux périodes, une avant la mécanisation et l'autre après.

1.3.1. Avant la mécanisation

Le remorquage animal, seul disponible, a été successivement utilisé par (3) modes de transport collectif :

- l'omnibus
- le chemin de fer américain
- le tramway

1.3.1.1. Omnibus

Le 10 août 1826, « Stanislas Baudry [3] » crée une entreprise de transport « deux voitures suspendues » pouvant recevoir chacune seize personnes. « Les transports en commun urbains ont été inventés par le chercheur « André Péron [4] ».

Le mot "omnibus" vient du fait que les voitures stationnaient devant la boutique du chapelier "Omnes". Les Anglais, de leur côté, adoptèrent rapidement les voitures à impériale qui font leur apparition en France en 1853.



Figure. 1.1. Omnibus

1.3.1.2. Chemin de fer américain

La difficulté de faire rouler des voitures pesant lourdes et équipées de roues dans des rues souvent mal revêtues dans des conditions décentes, a poussé les entreprises des omnibus de Baltimore aux Etats-Unis de poser en 1830 dans quelques rues, des rails en fer dont le profil accepte le roulement des roues bandages des omnibus et permet un relatif guidage.

Cette technique est rapidement améliorée par « Alphonse Loubat[5] », un ingénieur français résidant à New York, qui met en service en 1853 dans Broadway des voitures partiellement équipées de roues à bandages minces de guidage, qui peuvent rouler sur des rails à gorge encastrés dans la chaussée, mais restent susceptibles de sortir des rails à volonté, pour croiser un autre véhicule par exemple.

En 1804, la première locomotive à vapeur est mise en marche en Angleterre par « Richard Trevithick » et atteint la vitesse de 8 km/h. Vingt ans plus tard, une ligne transportant des passagers été ouverte. Mais, surtout, le transport rapide de quantités importantes de matériels entre les différentes zones économiques a joué le rôle fondamental pour la révolution industrielle en Angleterre.

Le mécanicien anglais « Georges Stephenson [6] », véritable inventeur de la locomotive, crée la première ligne ferroviaire ouverte au public. Elle est à usage commercial et relie Stockton à Darlington. L'Angleterre est le premier pays à se doter de lignes de chemin de fer. En 1829, il mettra au point la "Fusée", une locomotive qui bat tous les records de vitesse.



Figure 1.2. Chemin de fer américain

1.3.1.3. Tramway

1.3.1.3.1. Tramways à chevaux

Le rail était utilisé depuis de longs siècles dans les mines et carrières et le rail métallique depuis le XVIe siècle. Dans le premier tiers du XIXe siècle, les chemins de fer à chevaux ou à vapeur, commencent à se développer dans les pays industrialisés, comme l'Europe,

l'Angleterre, l'Allemagne, la Belgique et la France (1827, chemin de fer de Saint-Etienne à Andrézieux) et aux Etats Unis d'Amérique.

Le rail offre une très faible résistance au roulement. Mettre sur rails les omnibus à chevaux dans les villes économiserait l'énergie, améliorerait le rendement et donnerait un peu plus de confort aux passagers.

Les premiers tramways apparurent aux Etats Unis :

- 1832: ligne de New York à Harlem (1834 : Nouvelle Orléans)

Mais les rails en U saillants sur les chaussées des rues constituaient une gêne grave et occasionnaient des accidents jusqu'à l'introduction à New York du rail à gorge vers 1950

- En 1852, un français « Alphonse Loubat [5] » obtient un brevet d'invention "pour un système de chemin de fer à ornière et à rail rentrant". Ce système est un peu différent de celui de New-York puisqu'il ne comporte aucune saillie.

- En novembre 1853 à Paris, une ligne d'essai de 2000 m de "chemin de fer américain" est inaugurée sur la cours de la reine, à l'occasion de l'exposition universelle. A partir de cette année-là, les tramways se répandent dans le monde : Londres, Berlin, Paris.

- En 1860, à Birkenhead en Angleterre, circulent les premières voitures à traction hippomobile équipées de roues à boudins de type ferroviaire qui roulent uniquement sur des rails encastrés dans la chaussée, franchissables à niveau comme ceux du chemin de fer américain. Le système dénommé "tramway" se répand rapidement au Royaume-Uni, puis en Suisse, au Danemark, en Hongrie, en Prusse, en Autriche et en Belgique, avant d'atteindre la France vers 1870.

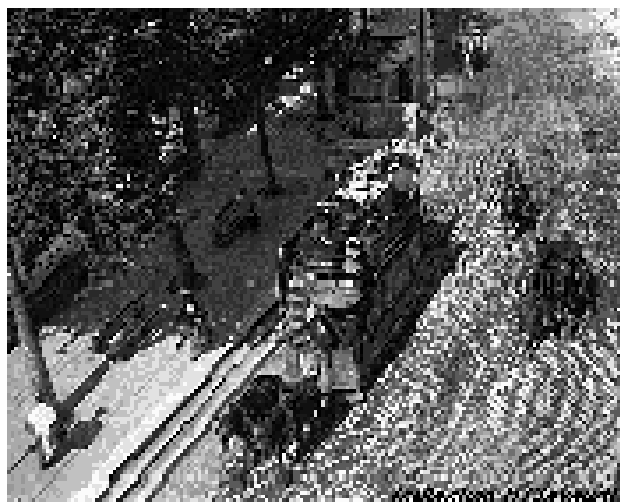


Figure 1.3. Tramways à chevaux

1.3.2. Après la mécanisation

La traction mécanisée est utilisée par les modes de transport collectif suivants, classés dans l'ordre de leur apparition sur la scène des transports urbains.

1.3.2.1. Tramway

1.3.2.1.1. Tramway mécanique

A partir de 1875, se développeront plusieurs systèmes de mécanisation, sans que pour autant faire disparaisse la traction animale.



Figure 1.4. Tramway mécanique

Paris verra en 1913 la disparition de ses derniers omnibus et tramways à chevaux et en 1914, celle de ses derniers tramways à air comprimé et à vapeur.

1.3.2.1.2. Tramway électrique

Il faudra attendre 1888 pour voir aux Etats-Unis la construction des véhicules dont certains éléments se retrouveront dans le monde entier pendant une cinquantaine d'années. C'est le cas, en particulier, des moteurs de traction directe à courant continu



Figure 1.5. Tramway électrique

1.3.2.1.3- Tramway moderne

D'un design résolument développé (high-technology » et futuriste, le tram bénéficie d'équipements de dernière génération, le tramway est aussi un mode de transport entièrement écologique. Il ne rejette aucun gaz toxique dans l'atmosphère et une rame de tramway équivaut à 177 voitures! Une rame de tramway transporte jusqu'à 200 personnes dans d'excellentes conditions de confort. Bien calés dans des sièges ergonomiques revêtus de velours bleu, vous découvrez la ville grâce aux larges baies vitrées et pendant l'été, vous profitez de la climatisation. Grâce à ses rails soudés en continu et posés sur un double système d'amortisseurs en caoutchouc synthétique et grâce à l'utilisation de matériaux composites allégés, le tramway d'aujourd'hui absorbe les vibrations et il est silencieux.



Figure 1.6. Tramway sur pneu



Figure 1.7. Tramway sur fer

1.3.2.1.4. Tram rapide

Véritable métro de surface, le tramway circule sur un site propre entièrement dédié et bénéficie d'une priorité aux carrefours, ce qui lui donne une longueur d'avance sur la circulation automobile ! , le tramway vous offre une rame toutes les 7 mn environ aux heures de pointe. Les habitants de nombreux quartiers vont donc gagner du temps : à Bron, vous voilà maintenant tout près de « Grange Blanche et du métro D » (moins de 10 mn). La rue de Marseille se rapproche de Perrache (8 mn) et le trajet de « Grange Blanche à la Faculté de Bron » s'effectue en seulement 15 mn, et celui de « Charpenne-Charles Hernu à La Doua » en 6 mn.

1.3.2.2. Métro

On désigne ainsi un système guidé, destiné à assurer les déplacements urbains ou suburbains, établi en site propre intégral, en général souterrain, plus rarement aérien, et exceptionnellement au niveau du sol.

Ces caractéristiques permettent l'utilisation de matériels roulants homogènes, doués des meilleures performances d'accélération et de freinage qui, en fonction du nombre et de l'espacement des arrêts, autorisent des vitesses commerciales élevées.

Tous les réseaux ont recours à la traction électrique et, presque partout, la prise de courant s'effectue par un troisième rail conducteur, plus aisé à faire rentrer dans un gabarit étiqué qu'un système aérien.

L'usage d'un site propre intégral entraîne généralement des coûts d'infrastructures très élevés. En 1890, avec l'électrification, les ingénieurs s'orientent vers le transport aux tunnels forés à grande profondeur qui évitent les perturbations en surface et au niveau des fondations d'immeubles.



Figure 1.8. Transport de Métro

1.3.2.3. Chemin de fer

Le chemin de fer est un élément d'une importance majeure dans la jonction de lignes suburbaines. Son utilisation remonte à la fin du 19^e siècle dans les grandes agglomérations européennes et américaines. La spécificité du chemin de fer urbain et suburbain tient à :

- L'usage d'infrastructures existantes (réseau ferroviaire), implantées en site propre intégral, en général partagées avec d'autres services (trains de grandes lignes ou de fret).
- L'emploi d'automotrices ou de rames de voitures tirées ou poussées par une locomotive dites "rames réversibles" qui constituent généralement des trains de grande longueur à forte capacité.

Il est apparu dès le début du 20^e siècle que seule la traction électrique permet de garantir la souplesse d'exploitation nécessaire et des performances acceptables. Un exemple fameux reste celui de la banlieue parisienne assurée depuis ; Saint Lazare qui, dès la seconde guerre mondiale était considéré comme un modèle de régularité et de performances.

1.3.2.4. Autobus

L'autobus, appelé à l'origine "Omnibus automobile", La rentabilité médiocre, le coût élevé d'entretien des cavaleries, les problèmes de stockage de fourrage constituent le cauchemar quotidien des exploitants d'omnibus qui désirent ardemment leur mécanisation. en 1831, l'anglais « Walter Hancock » dota son pays du premier autobus à moteur. Pourvu d'un moteur à vapeur, il pouvait transporter dix passagers. Il fut mis en service à titre expérimental entre Stratford et la city de Londres l'année même de sa conception, et on le baptisa Infant. Il fut remplacé par l'autobus à moteur à essence, construit par la firme allemande Benz, et mis en service le 18 mars 1895 sur une ligne de 15 km, dans le nord de la Rhénanie. Six à huit usagers pouvaient y prendre place, plus deux conducteurs, placés à l'intérieur. Le succès des autobus est immédiat car, comparés aux omnibus hippomobiles, leur vitesse de pointe de 20 km/h permet des performances commerciales fortes appréciées du public comme de l'exploitant.



Figure 1.9. Autobus

Universellement répandu sur les réseaux de transport urbain et constamment modernisé, l'autobus pourrait en principe prétendre à l'exclusivité.

1.3.2.5. Trolleybus

A la fin du 19^e siècle, le moteur électrique était considéré comme un concurrent sérieux du moteur à explosion, encore lourd, volumineux et peu fiable, pour la traction de véhicules routiers.

En 1882, Siemens et Halske mettent en service dans la banlieue de Berlin un engin routier électrique qui capte son énergie à partir de deux fils aériens sur lesquels il roule. Un chariot à roues à gorge métalliques isolées, entraîné par le véhicule grâce aux câbles conducteurs souples qui le relie au chariot.

En effet, dès les années 1920, le terme électro-bus va de plus en plus désigner les autobus électriques à accumulateurs qui sont expérimentés dans plusieurs villes, mais sans grand succès, car les batteries sont lourdes, volumineuses et coûteuses. Cet insuccès relatif ne semble toujours pas définitif, car des projets d'électro-bus resurgissent de temps à autre

lorsqu'il intervient une amélioration technique ou économique dans le domaine des accumulateurs électriques.

Certes, l'industrie moderne produit des accumulateurs ou des piles techniquement adaptables à la traction d'autobus, ou pour le moins de minibus, mais les prix restent élevés et la sécurité de l'utilisation, en exploitation publique, de certains composants comme le sodium ou le soufre, par exemple, est encore incertaine. Seule l'alimentation à partir de conducteurs fixes constitue, pour le moment, la seule solution exploitable pour la propulsion électrique d'autobus publics.



Figure 1.10. Trolleybus

1.4. Politique des transports en Algérie

Le transport en Algérie a connu deux grandes étapes que nous pouvons résumer ainsi :

1.4.1. Première étape : de 1962 à 1988

Domination de l'état sur le secteur du transport collectif urbain. Cette période était caractérisée par le monopole de l'état dans le cadre du transport collectif malgré la présence du secteur privé, dont la participation et la concurrence étaient faibles. (Cette période fût gérée par une série de lois, [10]).

1.4.2. Deuxième étape : Période après 1988

Une forte présence des privés et le retrait total de l'état a caractérisé essentiellement cette période, dans la quelle on remarque une nouvelle phase dans le transport collectif des voyageurs par routes. Après 1990, un saut qualitatif et quantitatif dans le transport afin de régulariser le réseau routier, [11].

1.5. Réseaux de transport et la structure urbaine

De nos jours, les transports contribuent à modeler et à gérer la ville, et mutuellement ils doivent aussi s'adapter aux morphologies urbaines ainsi qu'aux caractéristiques du tissu urbain. Le zonage n'est pas uniquement influencé par les transports car ces derniers y

contribuent fortement. Les éléments favorables sont l'accessibilité et la tranquillité, ainsi, la proximité d'une voie ferrée, d'une autoroute ou d'un aéroport sont des éléments nuisants pour une zone urbaine. Le zonage social peut aussi être influencé par la largeur des voies (boulevards créent des immeubles bourgeois; les ruelles, la dégradation). Les réseaux des transports et les milieux urbains se complètent et se conditionnent.

1.5.1. Accessibilité

Les notions d'accessibilité et de désenclavement des régions ont permis l'exode rural. Le transport a joué un rôle de catalyseur dans ces migrations. Les voies de communication ou plus précisément la mobilité sont une incitation au développement. Alors que certaines régions profitent du facteur transport pour se développer, d'autres moins bien nanties ou mal desservies par les transports stagnent ou régressent.

Le système de transport doit répondre à la fois à des objectifs de performance et à un souci d'équité territoriale. Le concept d'accessibilité qui recouvre les éléments de mesure de l'équité de l'accès des villes et des territoires aux divers modes de transport, indépendamment de considérations de prix ou de flux, a été développé précisément pour apporter des éléments de réponse à ce second souci. L'accessibilité à des panels des villes permet de caractériser la qualité de l'accès à une ville, à diverses échelles : intra-régionale, inter-régionale et nationale. Elle peut se mesurer pour chaque mode séparément ou en retenant, pour chaque liaison, le mode le plus rapide. Elle peut être examinée pour comparer l'accès des diverses villes à un moment donné ou pour mesurer l'effet d'un projet sur l'amélioration dans le temps de la qualité de cet accès.

1.5.2. Aires d'influence ou d'attraction

Les zones d'attraction souvent liées aux moyens de transport sont des zones à partir desquelles une majorité de la population se déplace pour des motifs variés d'achats, de visites, de services et de loisirs. Alors que les zones d'influence, plus abstraites ne mettent en jeu qu'une minorité de personnes, comme par exemple le rayonnement de la presse ou des commerces de gros.

Plusieurs modèles d'espaces régionaux peuvent être observés :

- Les modèles centralisés : où les réseaux de transport se calquent sur les réseaux urbains.
- Les modèles linéaires : avec un ou plusieurs pôles, qui se développent en fonction de la forme du pays ou de l'État, la forme du relief ou encore le long des vallées ou de cours d'eau , [12] .

1.5.3. Réseaux de transport et urbanisation

Urbanisation et organisation des transports devraient être pensées en même temps, cela suppose un esprit de prévision rarement recherché dans le passé [13]

Au cours de l'histoire, les réseaux de transport ont structuré l'espace. Au début en influençant la répartition des cultures agricoles, ensuite en favorisant la localisation de certaines industries, par la suite en favorisant la formation des grands centres et des réseaux urbains et régionaux.

Les transports organisent et structurent l'espace. Les voies de communication stimulent le développement économique mais structurent aussi l'espace que les géographes des transports d'aujourd'hui représentent de plus en plus en termes de pôles, de flux et de relations. L'espace module les transports tout comme ces derniers modulent l'espace. Ce sont les objets réciproques de la géographie des transports.

1.5.4. Réseaux de transport et morphologie urbaine

La morphologie d'une ville est un grand déterminant des modèles de déplacement et, à l'inverse, elle est influencée par ceux-ci. Par exemple, les noyaux urbains densément peuplés de nombreuses villes européennes et japonaises permettent à leurs habitants d'effectuer de 30 à 60 % de leurs déplacements à pied ou à vélo. Par contre, l'étalement des villes australiennes et américaines milite en faveur d'une plus forte dépendance à l'égard des moyens de transports. De plus en plus des villes dans le monde entier semblent se développer sur une échelle qui exacerbe la dépendance à l'égard des transports collectifs. L'étalement se manifeste à présent dans un nombre d'agglomérations urbaines de types très différents. Les moyens de transports ne sont pas la seule cause de l'expansion urbaine, mais des facteurs comme la croissance de la population et la spéculation foncière jouent également un rôle déterminant de cette expansion.

Dans les régions plus avancées du monde, le district des affaires habituellement situé dans les vieux centres historiques des villes, autrefois à destination d'un incessant va et vient, et aujourd'hui accessible par les moyens de transport en commun, qui est en train de devenir obsolète à cause des changements dans les méthodes de travail. Là où l'industrie classique était tributaire des lieux de travail et des moyens de transport centralisés, le progrès technologique a libéré l'industrie moderne en la rendant plus souple. Il en résulte que les emplois ont migré vers la banlieue.

La décentralisation des habitants et des activités a deux effets contradictoires : les trajets des gens qui font la navette, souvent maintenant d'un district de banlieue à l'autre, sont moins longs, mais la plupart se font en voiture privée plutôt qu'en empruntant les moyens de

transport en commun. Les axes du réseau routier et du transport en commun avaient été conçus pour faciliter les déplacements entre la banlieue et la ville. Il en résulte, bien souvent, que la circulation est à présent aussi intense sur les routes de banlieue que dans les artères urbaines.

Au fur et à mesure que la morphologie urbaine continue à se disperser, les coûts de construction et de fonctionnement des réseaux du transport public sont en train de devenir prohibitifs. De plus, le modèle résidentiel dispersé fait en sorte que l'utilisateur moyen des réseaux du transport en commun n'obtient pas toujours un service qui lui convient.

Dans beaucoup de pays en développement, l'absence de planification et de coordination des aménagements urbains a abouti à une rapide expansion de la périphérie. Les habitants moins fortunés sont souvent isolés dans des régions plus éloignées, sans accès à un mode de transport en commun abordable et commode, [14].

1.6. Conclusion

L'alourdissement des déplacements et les nuisances qui en découlent provoquent aujourd'hui de graves problèmes environnementaux, sociaux, de santé publique, et ne sont pas compatibles avec une vision de développement durable, que ce soit à l'échelle locale ou internationale.

Donc, il est à signaler qu'on qualifie aujourd'hui l'importance des transports des personnes, non par le nombre des passagers qui se déplacent mais par l'énorme appui rendu aux différents types de la société ainsi que la qualité du service qui est entraîné de se développer d'un jour à un autre.

Chapitre 2
Présentation de l'entreprise
E.T.U.S. Tlemcen et son
parc roulant

CHAPITRE 2 : PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE E.T.U.S.TLEMCEN ET SON PARC ROULANT

2.1. Introduction

On a décrit de manière générale le transport dans le chapitre1 pour dégager le principal objectif de mon étude portée sur l'étude la maintenance et fiabilité des équipements dans le transport urbain.

Mon stage au sein de l'entreprise l'E.T.U.S.Tlemcen a été le terrain privilégié pour voir l'importance de la maintenance dans le transport ainsi que son impact sur le développement économique et social des zones urbaines et suburbaines.

2.2. Généralités sur le parc roulant

2.2.1. Définition d'un parc roulant

Le parc roulant ou parc automobile est constitué de l'ensemble des véhicules utilisés pour le transport. Il se compose du parc automobiles particuliers et du parc de véhicules utilitaires (camionnettes, camions, bus, etc.). [15]

2.2.2. Distribution d'âge des véhicules particuliers du parc roulant

La figure 2.1 représente la distribution Développement du parc Urbain et Suburbain en Algérie (2001-2005), [16].

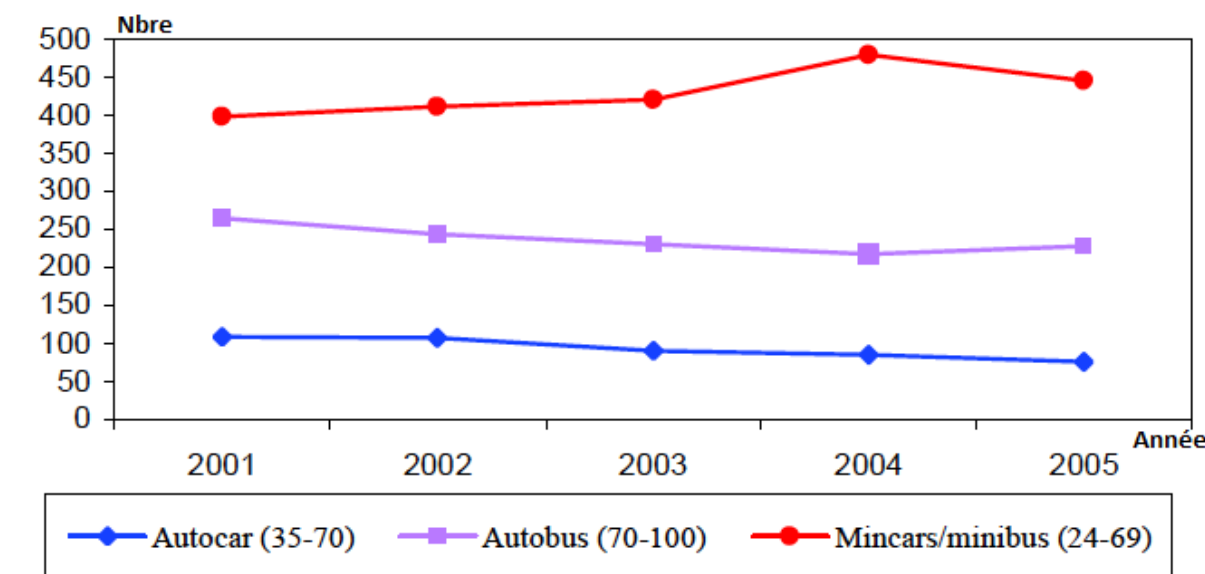


Figure 2.1. Développement du parc urbain et suburbain en Algérie

2.2.3. Analyse du kilométrage parcouru

La mobilité motorisée avec des véhicules particuliers dépend étroitement de la structure de la ville et de son urbanisation. La compréhension de cette relation permet une meilleure prévision de la tendance future et des choix politiques pour chaque ville. C'est pour avoir des données représentatives de l'usage réel des véhicules en Algérie que plusieurs enquêtes sont effectuées pour la détermination du kilométrage annuel des véhicules.

Selon les enquêtes menées entre 1994 et 2003 dans plusieurs wilayas à travers le territoire national, les véhicules particuliers algériens (VP) ont un kilométrage annuel moyen de 30 000 km, tandis que les utilitaires légers (VUL), qui sont en général très utilisés, ont un kilométrage annuel moyen de 38 000 km pour les véhicules d'âge inférieur à 5 ans, ce kilométrage annuel moyen décroît avec l'âge, mais reste supérieur à celui des pays européens (Hickman, 1999 ; André, 1999 ; Adra et André, 2004). La durée de vie des véhicules est plus longue, avec un âge moyen supérieur à 10 ans et un niveau d'entretien et de maintenance relativement faible, [16].

Les véhicules utilitaires légers représentent 21% du parc algérien avec plus de 3 millions. Environ 79% des (VUL) sont de marque européenne et seulement 17% sont d'origine asiatique. Selon les statistiques de 2005 (ONS, 2006), l'âge du parc statique des VUL est respectivement de 15,4 à 17,8 ans, à Blida et Alger. Une nette décroissance du kilométrage (près de 17%) parcouru annuellement par les VP a été observée entre 1990 et 1998, ceci est dû à la réduction des déplacements de personnes en cette période de crise sécuritaire. Par contre les catégories de taxi, de VUL et de bus ont vu leur kilométrage croître dans des proportions variables. Cette période a coïncidé aussi avec l'émergence du secteur privé dans les transports publics, [16].

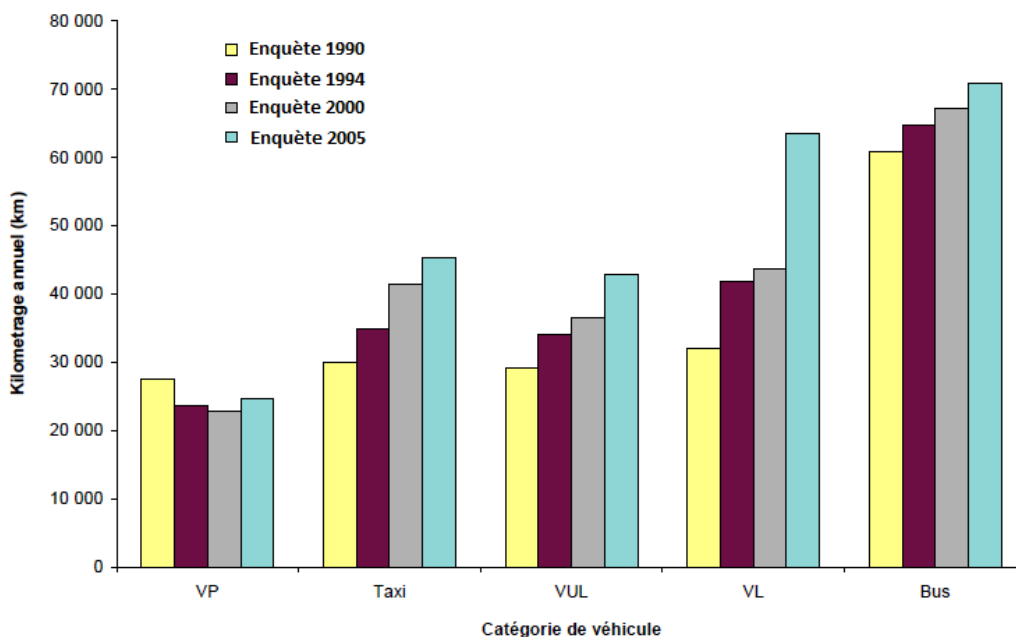


Figure 2.2. Kilométrage annuel des véhicules en Algérie durant la période 1990-2005 [16]

2.3. Présentation de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen

2.3.1. Présentation

L'entreprise du transport urbain et suburbain de Tlemcen est un établissement public de transport, à caractère industriel et commercial, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. L'établissement se compose de deux unités (02)

- Unité Autobus
- Unité Télécabine

2.3.2. Décrets de création

- Décret exécutif n°06-499 du 24 décembre 2006 portant création de l'établissement public de transport urbain de Tlemcen ;
- Décret exécutif N°10-91 du 14 mars 2010 fixant le statut-type des établissements publics de transport urbain et Suburbain.
- Décret exécutif N°10-92 du 14 mars 2010 portant création des établissements publics de transport urbain et suburbain.
- L'E.T.U.S Tlemcen est désignée en tant qu'établissement public à caractère industriel et commercial « E.P.I.C. », doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière. [17]

2.3.3. Unité télécabine

Nature de l'activité : transport touristique des passagers

- Date de mise en service : 02 avril 2009
- Nombre des stations : trois (03)
 - ✓ Station aval (grand bassin)
 - ✓ Station intermédiaire (ex coopérative militaire)
 - ✓ Station amont (plateau Lalla Setti)
- Longueur de la ligne : 1685 ml
- Nombre des cabines = 17 cabines
- Capacité de cabines = 15 places/cabines
- Effectif : 53

L'Unité Télécabine a démarré son activité avec un effectif de 32 employés qui est passé par la suite à 53 à ce jour. [17]

2.3.3.1. Recettes et fréquences des passagers

Le tableau suivant représente la recette et les fréquences des passagers durant les années 2009,2010 et 2011

Tableau 2.1. Recettes et fréquences des passagers

MOIS	ANNEE 2009		ANNEE 2010		ANNEE 2011	
	Nombre de Passagers	Recettes (TTC)	Nombre de Passagers	Recettes (TTC)	Nombre de Passagers	Recettes (TTC)
1 ^{er} TRIMESTRE	-	-	325 700	6 514 000,00	378 500	7 570 000,00
2 ^{ème} TRIMESTRE	675 100	13 502 000,00	468 400	9 368 000,00	-	-
3 ^{ème} TRIMESTRE	629 300	12 586 000,00	543 300	10 866 000,00	-	-
4 ^{ème} TRIMESTRE	336 500	6 730 000,00	295 800	5 916 000,00	-	-
TOTAL	1 640 900	32 818 000,00	1 633 200	32 664 000,00	378 500	7 570 000,00
TOTAL GENERAL DES PASSAGERS	3 652 600					
TOTAL GENERAL DES RECETTES	73 052 000,00					
NBRE MOYEN DE PASSAGERS / MOIS	148 196					
NBRE MOYEN DE PASSAGERS / JOUR	4 940					

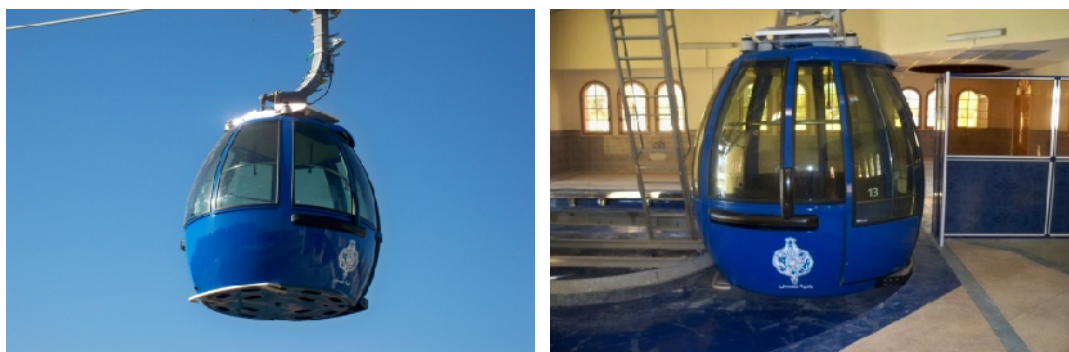


Figure 2.3. Unité télécabine

2.3.4. Unité autobus

Nature de l'activité : transport urbain et suburbain de voyageurs

Date de mise en service : 25 novembre 2008

Nombre de bus = 30 bus dont trois (03) en réserves_

Capacité des autobus = 101 places avec un effectif de 174

L'unité autobus a démarré son activité avec un effectif de 81 employés et 15 Bus desservant 04 lignes urbaines réparties sur le grand Tlemcen.

Durant l'année 2009, le nombre de bus est passé de 15 à 30 avec un élargissement de son réseau, par la création des nouvelles lignes couvrant les localités des communes de Chetouane et Ouzidane et, par conséquent une augmentation de l'effectif atteignant 174 employés. [17]

2.3.4.1. Taux de remplissage Annuel

Les tableaux suivant représentent le taux De Remplissage Annuel durant les années 2009,2010 et 2011

Tableau 2.2 : Taux de remplissage année 2009

	DESTINATION	NBRE DE PERSONNE TRANSPORTÉ	TAUX DE REMPLISSAGE (%)
1	CNR-CENTRE VILLE TLEMCCEN	187100	18,14
2A	OUJLIDA-CENTRE VILLE TLEMCCEN	1155100	46,47
2B	KOUDIA-CENTRE VILLE TLEMCCEN	1492800	51,61
3	BOUHANAK-CENTRE VILLE TLEMCCEN	2184200	54,15
4A	CHETOUANE-CENTRE VILLE TLEMCCEN	744900	37,96
4B	OUZIDANE-CENTRE VILLE TLEMCCEN	652900	50,39

5	PLATEAU LALLA SETTI-CENTRE VILLE TLEMCCEN	31150	33
TOTAL		6448150	41,67
MOYENNE PAR MOIS		537346	46,74

Tableau 2.3 : Taux de remplissage année 2010

LIGNE	DESTINATION	NBRE DE PERSONNES TRANSPORTÉES/AN	TAUX DE REMPLISSAGE/ANS (%)
LIGNE 01	CNR-CENTRE VILLE TLEMCCEN	106000	14,27
LIGNE 2A	OUJLIDA-CENTRE VILLE TLEMCCEN	1078000	43,87
LIGNE 2B	KOUDIA-CENTRE VILLE TLEMCCEN	1583100	51,49
LIGNE 03	BOUHANAK-CENTRE VILLE TLEMCCEN	1693000	51,09
LIGNE 3A	400 LGTS-CENTRE VILLE TLEMCCEN	110000	30,00
LIGNE 4A	CHETOUANE-CENTRE VILLE TLEMCCEN	511600	34,01
LIGNE 4B	OUZIDANE-CENTRE VILLE TLEMCCEN	778100	45,31
LIGNE 4C	AIN ELHOUT-CENTRE VILLE TLEMCCEN	190400	44,27
LIGNE 4D	AINDEFLA-CENTRE VILLE TLEMCCEN	31200	35,25
LIGNE 05	PLATEAU LALLA SETTI-CENTRE VILLE TLEMCCEN	35850	31,50
LIGNE 5A	SID TAHAR-CENTRE VILLE TLEMCCEN	244800	24,35
LIGNE 06	SAFSAF-CENTRE VILLE TLEMCCEN	157000	17,00
LIGNE PLAGE	RECHGOUNE- BENISAF-CENTRE VILLE TLEMCCEN	1030	17,17
TOTAL		6520080	33 ,81
MOYENNE PAR MOIS		543340	41,41

Tableau 2.4 : Taux de remplissage année 2011

LIGNE	DESTINATION	NBRE DE PERSONNE TRANSPORTÉ	TAUX DE REMPLISSAGE (%)
1	CNR-CENTRE VILLE TLEMCCEN	10900	22,37
2A	OUJLIDA-CENTRE VILLE TLEMCCEN	178000	31,34
2B	KOUDIA-CENTRE VILLE TLEMCCEN	315400	42,10
3	BOUHANAK-CENTRE VILLE TLEMCCEN	291200	40,42
3A	400 LGTS-CENTRE VILLE TLEMCCEN	47100	30,33
4A	CHETOUANE-CENTRE VILLE TLEMCCEN	93100	26,93
4B	OUZIDANE-CENTRE VILLE TLEMCCEN	163300	38,13
4C	AIN ELHOUT-CENTRE VILLE TLEMCCEN	48900	39,11

4E	ELHEMRI-CENTRE VILLE TLEMCCEN	17500	33,33
5	PLATEAU LALLA SETTI-CENTRE VILLE TLEMCCEN	4350	28,51
5A	SID TAHAR-CENTRE VILLE TLEMCCEN	68000	22,26
6	SAFSAF-CENTRE VILLE TLEMCCEN	45100	14,69
TOTAL		1282850	30,79
MOYENNE PAR MOIS		427617	33,53

2.3.4.2. Etat récapitulatif

Le tableau suivant représente un état récapitulatif durant les années 2009,2010 et 2011

Tableau 2.5 : Etat récapitulatif des années (2008-2009-2010-2011)

ANNEE	2008	2009	2010	2011
Nombre de passagers	323 800	6 448 150	6 520 080	8 476 104
Chiffre d'Affaire (DA)	3 079 487,18	58 420 151,29	71 744 542,74	93 267 905,56
<ul style="list-style-type: none"> • Transport Lignes Régulières • Transport entreprises(Excursion) • Autres (pub+ Abonnement) 	3 079 487,18 - -	55 378 632,49 75 279,48 2 966 239,32	66 872 649,58 57 264,96 4 814 628,20	86 934 444,45 74 444,45 6 259 016,66
Charges Totales (DA)	61 178 664,21	169 056 152,00	175 481 434,78	170 241 128,15
<ul style="list-style-type: none"> • Frais du personnel 	1 807 490,59	52 374 009,74	54 123 862,48	51 022 125,12
Résultats (CA-CT)	58 099 177,03	-110 636 000,71	-103 736 892,04	-7 697 322,59

2.3.5. Organigramme de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen

La figure suivante représente l'organigramme des différents services de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen :

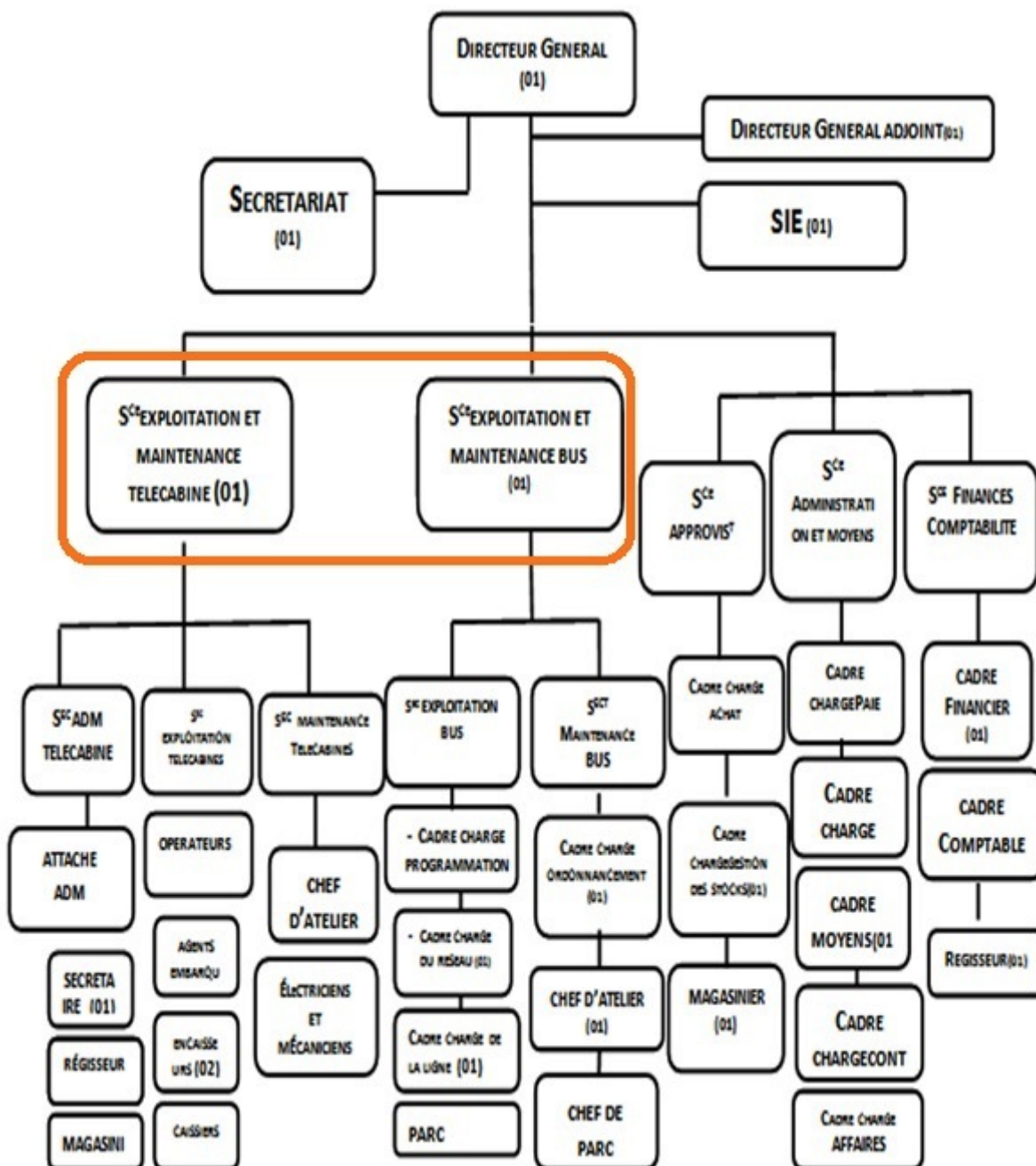


Figure 2.4. Organigramme de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen

2.3.6. Classification des véhicules du parc E.T.U.S.Tlemcen

Le tableau suivant représente la classification des véhicules du parc E.T.U.S.Tlemcen :

Tableau 2.6. Type des véhicules, code, et série du parc roulant

N°	Code Bus	Type	Série
1	22453	VANHOOL	A500 Euro(3)
2	22457	VANHOOL	A500 Euro(3)
3	22439	VANHOOL	A500 Euro(3)
4	22461	VANHOOL	A500 Euro(3)
5	22440	VANHOOL	A500 Euro(3)
6	22456	VANHOOL	A500 Euro(3)
7	22454	VANHOOL	A500 Euro(3)
8	22452	VANHOOL	A500 Euro(3)
9	22458	VANHOOL	A500 Euro(3)
10	22450	VANHOOL	A500 Euro(3)
11	22451	VANHOOL	A500 Euro(3)
12	22429	VANHOOL	A500 Euro(3)
13	22459	VANHOOL	A500 Euro(3)
14	22460	VANHOOL	A500 Euro(3)
15	22431	VANHOOL	A500 Euro(3)
16	22602	VANHOOL	A500 Euro(3)
17	22599	VANHOOL	A500 Euro(3)
18	22587	VANHOOL	A500 Euro(3)
19	22603	VANHOOL	A500 Euro(3)
20	22588	VANHOOL	A500 Euro(3)
21	22600	VANHOOL	A500 Euro(3)
22	22601	VANHOOL	A500 Euro(3)
23	22604	VANHOOL	A500 Euro(3)
24	22586	VANHOOL	A500 Euro(3)
25	22637	VANHOOL	A500 Euro(3)
26	22639	VANHOOL	A500 Euro(3)
27	22638	VANHOOL	A500 Euro(3)
28	22636	VANHOOL	A500 Euro(3)
29	22640	VANHOOL	A500 Euro(3)
30	22656	VANHOOL	A500 Euro(3)

2.4. Conclusion

L'analyse du parc véhicule algérien est effectuée sur la base de nombreuses enquêtes de terrain et sur l'analyse des données en provenance de multiples sociétés de transport routier et de distribution de carburant. La méthodologie suivie consiste à effectuer des sondages sur le terrain pour avoir des données réelles, et non pas par un calcul, afin de réduire les incertitudes et obtenir des données du parc réel en circulation. L'étude a porté essentiellement sur cinq catégories de véhicules existant en Algérie, à savoir : les véhicules particuliers, les camions, les véhicules utilitaires, les transports en commun et les tracteurs routiers.

Chapitre 3
Etude de la fiabilité

CHAPITRE 3 : ETUDE 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 pensé à une méthode de gestion de la maintenance plus efficace. De même, dans le domaine des parcs roulants, les problèmes de la fiabilité, de maintenabilité et de disponibilité sont capitaux.

Pendant longtemps, les centres d'études de recherche et de formation se sont intéressés à la production, la fabrication et la conception.

Plus récemment, au vu des défis technologiques et de la rentabilité économique, des études de fiabilité et de maintenance se sont développées ; le concept de maintenabilité est apparu pour la première fois aux Etats Unis dans l'armée américaine en 1954.

Depuis lors, diverses techniques ou méthodologies se sont mises en place afin de mieux répondre à cette attente. Ces techniques sont axées sur la constatation, l'analyse, le calcul et l'anticipation.

3.2. Fiabilité

3.2.1. Définition de fiabilité

La fiabilité et l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données pour une période de temps donnée. [18]

- $R(t_i)$: 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 défectueux 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, [19]. 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 [19]. La variable aléatoire T

est positive, elle est de plus supposée absolument continue. 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.

Remarque :

$R(t)$ est une fonction monotone décroissante à valeurs dans $[0,1]$,

$$\text{Telle que : } \begin{cases} R(0) & = 1 \\ \lim_{t \rightarrow \infty} R(t) & = 0 \end{cases} \quad (3.3)$$

Nous notons $F(t)$ la fonction de répartition de la variable aléatoire T . l'absolue continuité de T nous permet de définir sa densité de probabilité, notée $f(t)$.

3.2.1.1. Fonction de répartition

La fonction de répartition de la variable aléatoire T est :

$$F(t) = P(T < t) = 1 - R(t) \quad (3.4)$$

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 $t < 0$.

3.2.1.2. Densité de probabilité

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

$$F(t) = \int_0^t f(u) du \quad (3.5)$$

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

$$R(t) = 1 - F(t) = 1 - \int_0^t f(u) du = \int_0^{\infty} f(u) du \quad (3.6)$$

Il en résulte que :

$$f(t) = - \frac{dR(t)}{dt} \quad (3.7)$$

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

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

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

$$f(t) = \frac{1}{N_0} \frac{N(t_i-1) - N(t)}{t_i - t_i - 1} \quad (3.9)$$

3.2.1.3. 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 qu'elle a déjà et l'âge $T + d t$ est représentée par la probabilité conditionnelle qu'elle tombe en panne entre T et $T + d t$, sachant qu'elle a survécu jusqu'à T . d'après le théorème des probabilités conditionnelles, cette probabilité est égale à : [18]

$$\lambda(t)dt = \frac{F(t+dt) - F(t)}{R(t)} = \frac{dF(t)}{1-F(t)} \quad (3.10)$$

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

Nous avons donc :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (3.11)$$

$\lambda(t)$ s'exprime également par l'inverse d'un temps, mais n'est pas une densité de probabilité.

3.2.2. Définitions

3.2.2.1. Moyen des temps de bon fonctionnement MUT

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

$$MUT = \frac{\Sigma \text{temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}} \quad (3.12)$$

$$MUT = \int_0^{+\infty} R(t) dt \quad (3.13)$$

3.2.2.2. 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]

$$MTTR = \frac{\text{Temps d'arrêt Total}}{\text{nombre d'arrêts}} \quad (3.14)$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad (3.15)$$

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 $t=0$ [21].

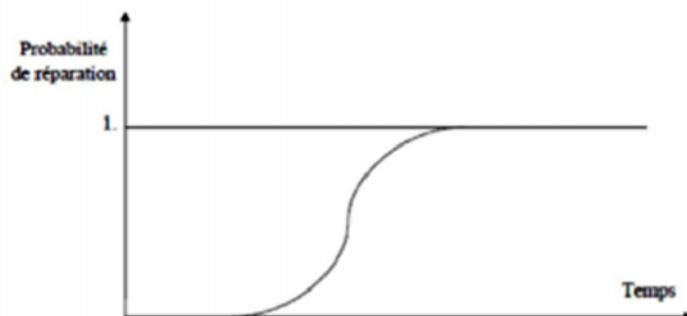


Figure 3.1. Probabilité de réparation au cours du temps

3.2.2.3. 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 considérées des TBF, [20].

$$\text{MTBF} = \frac{\text{Temps total de fonctionnement pour l'ensemble des produits}}{\text{Nombre total de défaillance}} \quad (3.16)$$

Et, est l'espérance mathématique des défaillances.

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

Nous pouvons aussi montrer qu'elle est égale à :

$$\text{MTBF} = \int_{-\infty}^{+\infty} R(t)dt \quad (3.18)$$

3.2.2.4 Relation entre MUT, MTBF et MTTR

En général, on utilise les sigles d'origine américaine MTBF, MTTR et MUT, avec le risque évoqué au début du paragraphe de mal se comprendre ; on peut proposer les expressions françaises suivantes pour utiliser exactement les mêmes notions en levant les ambiguïtés : [18]

On a :

$$MTBF = MUT + MTTR \quad (3.19)$$

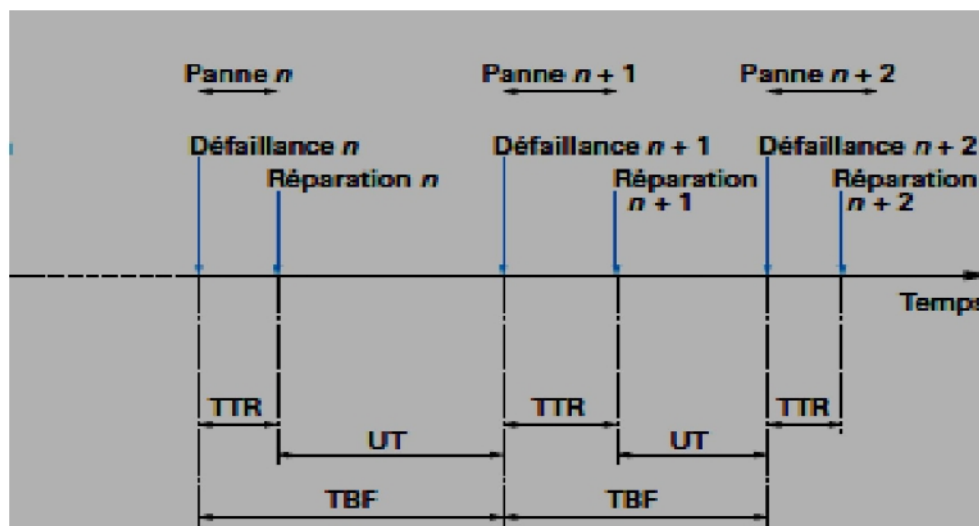


Figure 3.2. Cycle de vie d'un système : évolution dans le temps [18]

3.2.3. Disponibilité

La disponibilité est la caractéristique d'un système réparable, mesurée par la probabilité que le système fonctionne correctement à un instant quelconque lorsqu'il est utilisé et entretenu dans les conditions spécifiées. [18]

$$D = \frac{\Sigma \text{Temps de bon fonctionnement}}{\Sigma \text{Temps entre défaillances}} \quad (3.20)$$

$$D = \frac{MUT}{MUT + MTTR} = \frac{MUT}{MTBF} \quad (3.21)$$

3.2.4. Courbe en baignoire

La courbe de la Figure 3.3 représente le taux de défaillance en fonction de l'âge en fonction de l'âge. On distingue trois périodes. [18]

3.2.4.1. Partie(I)

La première (I) correspond à la jeunesse du produit. 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 produit. Elle s'échelonne entre quelques heures et quelques centaines d'heures.

3.2.4.2. Partie(II)

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.

3.2.4.3. Partie(III)

La dernière (III) est caractérisée par un taux de défaillance croissant. Elle correspond à l'apparition due à l'usure ou à la fatigue (fin de vie). [18]

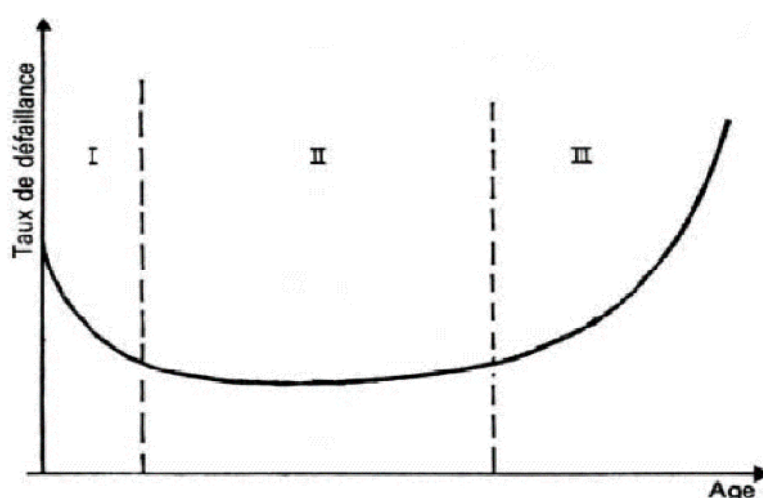


Figure 3.3. Taux de défaillance (Courbe en baignoire)

3.3. Lois de probabilités usuelles en fiabilité

Nous présentons dans ce paragraphe les lois de fiabilité les plus couramment utilisés.

3.3.1. 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 élémentaire sont différentes. [22]. Durant la vie utile, le taux de défaillance λ est constant.

- La fiabilité est solution de : $R(t) = \exp(-\lambda t)$ (3.22)
- Densité de probabilité : $f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$ (3.23)
- Fonction de répartition : $F(t) = 1 - \exp(-\lambda t)$ (3.24)

3.3.2. 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 résultats d'expérimentations.

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), [20].

- 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 :

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

- Fiabilité :

$$R(t) = \exp \left[\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (3.26)$$

- Fonction de répartition :

$$F(t) = 1 - \exp \left[\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta} \right] \quad (3.27)$$

- Taux de défaillance :

$$i(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \quad (3.28)$$

Remarque :

$$\text{Si } \begin{cases} \gamma = 0 \\ \beta = 1 \end{cases} \Rightarrow i(t) = \frac{1}{\eta} = \frac{1}{MUT} \quad (3.29)$$

- Moyenne des temps de bon fonctionnement

$$MUT = \gamma + \eta \Gamma \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \quad (3.30)$$

- Variance

$$\sigma^2 = \eta^2 \left[\Gamma \left(1 + \frac{2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left(1 + \frac{1}{\beta} \right) \right] \quad (3.31)$$

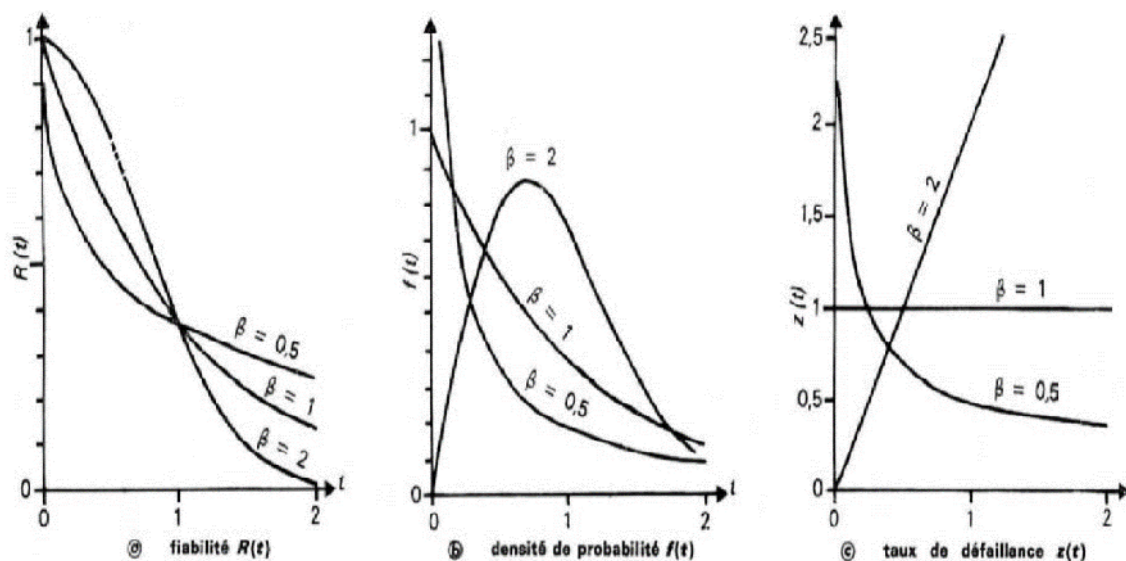


Figure 3.4. Principales propriétés de la distribution de Weibull

3.3.2.1. Application à la fiabilité

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

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

La distribution de Weibull permet donc de représenter les trois périodes de la vie d'un dispositif (courbe de baignoire) [20].

3.3.2.2. Estimation des paramètres de la loi de Weibull

Un des problèmes essentiels est l'estimation des paramètres : (β, η, γ) de cette loi, pour cela, nous disposons de la méthode suivante :

3.3.2.2.1. Graphique à l'échelle fonctionnelle

Si pour la distribution de Weibull à deux paramètres, on fait la transformation :

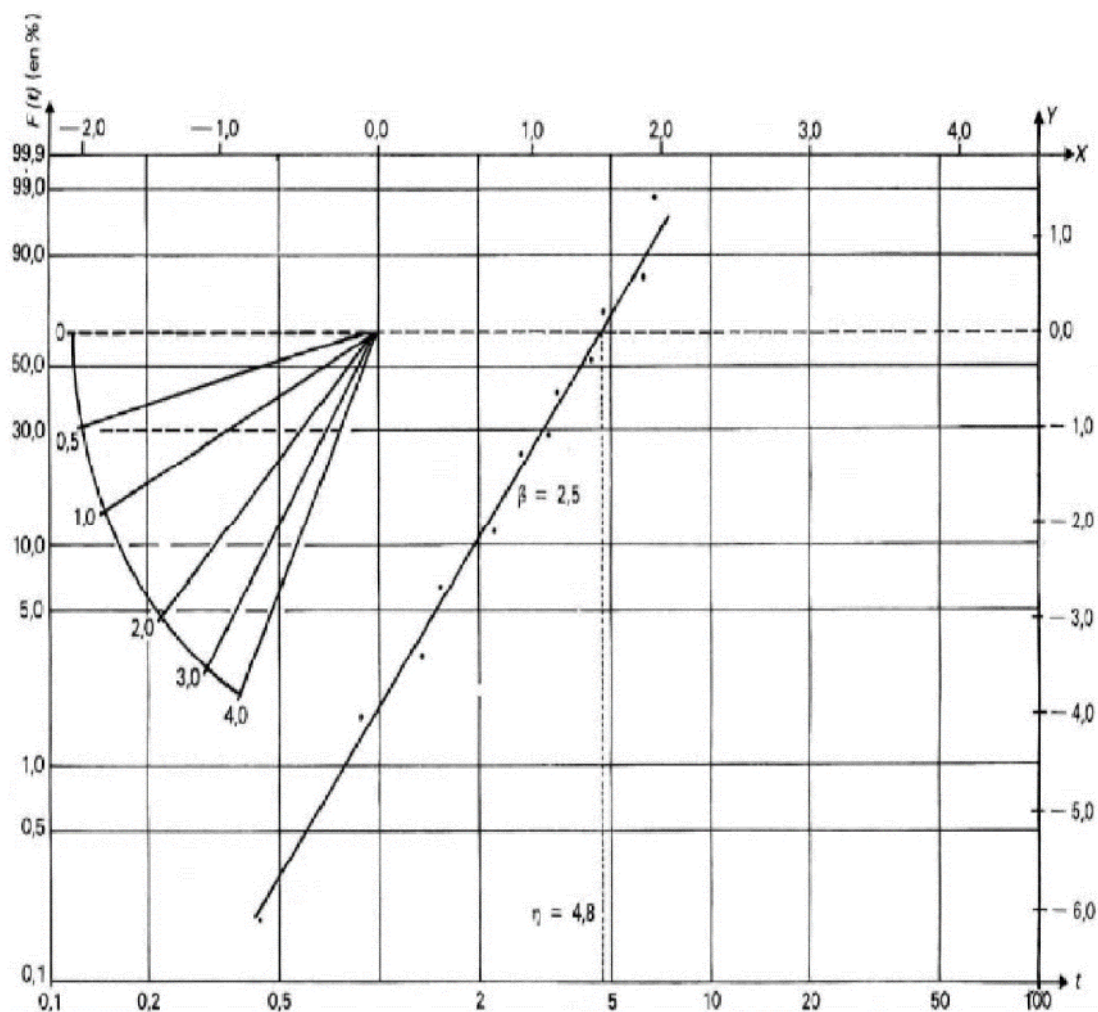


Figure 3.5. Représentation graphique (graphique d'Alain Plait) [18]

3.4. Conclusion

L'analyse de la fiabilité dans le domaine de la maintenance est un outil très important pour caractériser le comportement d'un équipement dans les différentes phases de sa vie.

En maintenance, l'analyse de la fiabilité apporte des réponses à plusieurs questions :

- L'optimisation des périodes d'interventions systématiques.
- L'optimisation de la gestion de la pièce de rechange.
- L'évaluation exacte des MTTR et MTBF d'un équipement pour le mieux gérer suivant l'indicateur de disponibilité.
- La MBF (maintenance basée sur la fiabilité).

Chapitre 4
APPLICATION
PRATIQUE

CHAPITRE 4 : APPLICATION PRATIQUE**4.1. Introduction**

Dans ce chapitre, nous allons présenter une application de la maintenance avec ses différents modes. On présentera également un plan de maintenance préventif en utilisant l'outil numérique dans le but de déceler l'organe le plus défaillant et d'analyser les différentes pannes au niveau du parc en vue pour trouver les solutions adéquates. Des histogrammes ont été établis pour une présentation plus claire et plus explicite des résultats obtenus suite à l'analyse des organes défaillants.

4.2. Maintenance**4.2.1. Analyse de la maintenance**

Dans certains secteurs industriels tels que l'énergie, les transports et l'aéronautique, les performances d'un système ou d'une installation considèrent non seulement les coûts relatifs à l'exploitation mais également la sûreté de fonctionnement au sens large, [27].

La notion de sûreté de fonctionnement couvre les aspects de fiabilité, de la sécurité, de la maintenabilité et de la disponibilité. Elle représente ainsi l'ensemble des aptitudes d'un produit qui lui permettront de disposer de performances fonctionnelles spécifiées, au moment voulu, pendant la durée prévue, sans dommage pour ce produit et son environnement, [27].

4.2.2. Objectifs de la maintenance

L'objectif de la maintenance est de limiter les effets des perturbations de la production ou de l'exploitation afin d'atteindre les performances, donc des actions sont élaborées de manière à :

- ✓ limiter les indisponibilités,
- ✓ garantir la qualité des produits et des services
- ✓ maîtriser les coûts
- ✓ protéger les personnes, l'environnement et les biens

4.2.3. Stratégies et méthodes de maintenance

Ceci concernera les méthodes et les stratégies classiques de la maintenance, les modes d'optimisation de ces stratégies et les outils de la maintenance.

4.2.4. Stratégies classiques de maintenance

Une stratégie de maintenance se traduit de la manière dont la défaillance est considérée. Le traitement de la défaillance peut être abordée de deux manières: soit l'intervention avant la défaillance (il s'agit alors de la maintenance préventive), soit après la défaillance (il s'agit dans ce cas de la maintenance corrective).

Ces deux formes de maintenance (préventive et corrective) correspondent aux deux mots-clés (maintenir et rétablir) de la définition AFNOR NF EN 13306 que l'on peut décomposer et représenter selon la figure 4.1

4.2.5. Types de maintenance

Il y a deux grandes classes de la maintenance qui se décomposent en sous classes, voir figure ci dessous

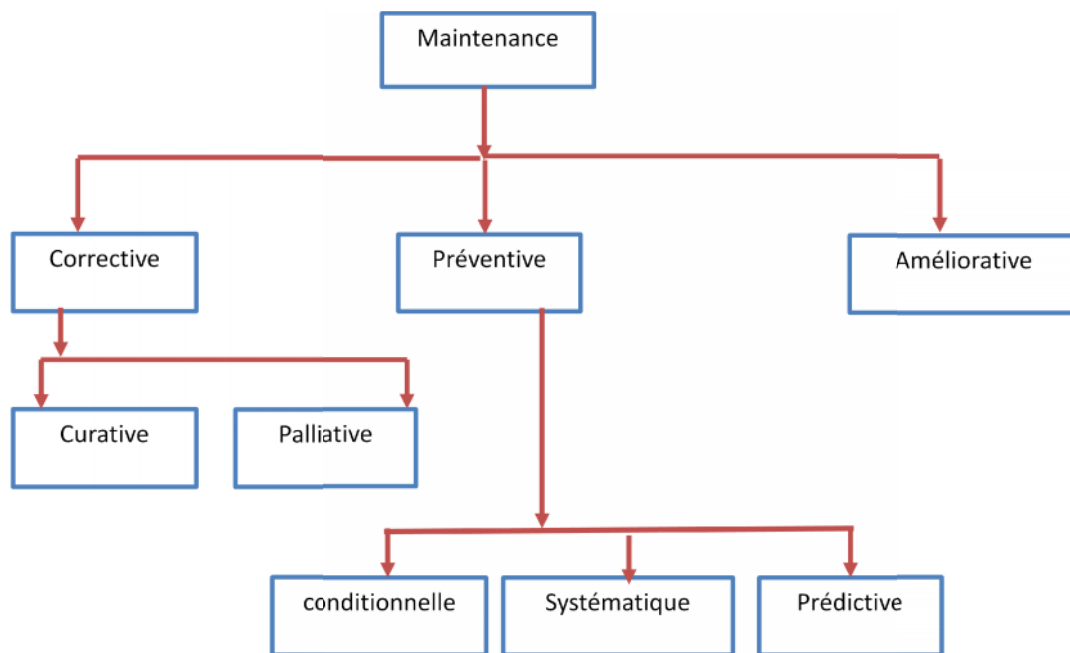


Figure 4 .1. Les types de maintenance

a. Maintenance corrective

C'est la forme de la maintenance la plus "traditionnelle" car elle n'intervient qu'après l'apparition de la défaillance. Cette maintenance peut se traduire par deux types d'intervention.

- le premier type est provisoire, avec des interventions palliatives (simples dépannages), [28].
- Le second type a un caractère définitif, avec des interventions curatives (réparations ayant pour but de supprimer durablement les défaillances).

La maintenance corrective est dépendante du caractère aléatoire des défaillances, elle n'est donc pas programmable et, nécessite la disponibilité des ressources humaines et matérielles adéquates [28].

b. Maintenance préventive

Celle-ci constitue une évolution des services de la maintenance traditionnelle. Elle a pour but de diminuer les pertes dues aux défaillances avant qu'elles ne surviennent, [28].

Il existe plusieurs types de maintenance préventive :

- La maintenance préventive systématique, organisée selon un échéancier, planifiée dans le temps ; elle est simple à mettre en place mais peut être coûteuse car les interventions ne sont pas toujours justifiées [28].
- La maintenance préventive conditionnelle, réagissant au franchissement d'un seuil détecté par un capteur, provoquant une intervention ; elle peut s'appliquer à tout système équipé d'un capteur détectant une anomalie ou une dérive [28].
- La maintenance prédictive (ou prévisionnelle), basée sur le suivi du matériel et sur des analyses périodiques, pour déterminer la tendance de la dégradation et estimer la période d'intervention ; elle permet de maximiser l'intervalle entre deux réparations [28].

c. Maintenance améliorative

Elle vise à augmenter la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité et la sécurité d'un équipement ou d'un sous-ensemble. Ce type de maintenance fait partie des interventions de grandes opérations, avec les travaux de rénovation et de remise à neuf [28].

Les évolutions provoquées par les TIC (Technologies d'Information et de Communication). Ces évolutions se situent également aussi bien en maintenance préventive qu'en maintenance corrective. En préventif, les TIC permettent, par exemple, de faire des relevés d'information à distance, notamment pour le prédictif. Les TIC aident aussi au démontage, en rendant accessible la documentation de l'équipement à distance. En correctif, les TIC peuvent également aider à l'établissement de diagnostic [28].

4.3. Diagnostic de la maintenance au niveau de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen

Dans cette phase nous avons fait un diagnostic des équipements de transport (Bus), en prenant en considération les états des équipements tout au long de la période entre 2011, 2012 et 2013.

4.3.1. Coût de maintenance du parc roulant

On peut distinguer le fonctionnement du parc roulant en deux périodes. (Période de garantie et période après la garantie). La garantie s'est prolongée jusqu'à 03 années d'utilisation des autobus (de nov. 2008 au dec.12/2011). Après l'année 2011 commence la période de non garantie

- Les vidanges des moteurs sont effectués tous les 500 heures (équivalent à 2 mois), ceci a été déduit après une étude de viscosité d'huile moteur 15W40 Total Rubbia (tir7400), présente une fiabilité qui peut tenir jusqu'à 500h au lieu de 250h définie par le constructeur.

- Concernant le changement du filtre à l'huile, après une étude approfondie avec essai sur terrain, on a constaté que son changement peut être alterné à la 2^{ème} vidange moteur.

- Le même changement se fait pour le filtre à gasoil.

En se basant sur les données du diagnostic que l'on a établi dans l'entreprise, on a pu établir un tableau qui résume le coup moyen de la maintenance du parc roulant.

Tableau 4.1. Cout de la Maintenance (pour la période de garantie)

	Quantité par ans	Quantité par mois	Prix unitaire/DA	Par bus/mois	Par bus/ans	Par 30bus/mois	Par 30bus/ans
Vidange moteur+Filtres	12	1	15 030,00	15 030,00	180 360,00	450 900,00	5 410 800,00
chang. Coussins d'air	12	1	7 500,00	7 500,00	90 000,00	225 000,00	2 700 000,00
Amortisseurs	6	0,5	9 500,00	4 750,00	57 000,00	142 500,00	1 710 000,00
Chang. Pneus	2	0,166666667	40 000,00	6 666,67	80 000,00	200 000,00	2 400 000,00
Plaquettes de freins (jeux)	6	0,5	17 000,00	8 500,00	102 000,00	255 000,00	3 060 000,00
Filtre à air	2	0,166666667	10 500,00	1 750,00	21 000,00	52 500,00	630 000,00
Batteries 24V	1	0,083333333	28 000,00	2 333,33	28 000,00	70 000,00	840 000,00
Rétroviseurs	12	1	1 350,00	1 350,00	16 200,00	40 500,00	486 000,00
Lampe flash	8	0,666666667	25,00	16,67	200,00	500,00	6 000,00
Lampe veilleuse	40	3,333333333	25,00	83,33	1 000,00	2 500,00	30 000,00
Feux de gabarit	8	0,666666667	150,00	100,00	1 200,00	3 000,00	36 000,00
Capuchon clignotant	8	0,666666667	150,00	100,00	1 200,00	3 000,00	36 000,00
Lampe navette	8	0,666666667	25,00	16,67	200,00	500,00	6 000,00
Cosses batterie	2	0,166666667	500,00	83,33	1 000,00	2 500,00	30 000,00
Total	127	10,583333333		48 280,00	579 360,00	1 448 400,00	17 380 800,00

Tableau 4.2. Cout de la maintenance (après la période de garantie)

	Quantité par ans	Quantité par mois	Prix unitaire/da	Par bus/mois	Par bus/ans	Par 30bus/mois	Par 30bus/ans
Vidange moteur+Filtres	6	0,5	15 030,00	7 515,00	90 180,00	225 450,00	2 705 400,00
chang. Coussins d'air	12	1	7 500,00	7 500,00	90 000,00	225 000,00	2 700 000,00
Amortisseurs	6	0,5	9 500,00	4 750,00	57 000,00	142 500,00	1 710 000,00
Chang. Pneus	2	0,16666667	40 000,00	6 666,67	80 000,00	200 000,00	2 400 000,00
Plaquette de frein (jeux)	6	0,5	17 000,00	8 500,00	102 000,00	255 000,00	3 060 000,00
Filtre à air	2	0,16666667	10 500,00	1 750,00	21 000,00	52 500,00	630 000,00
Batteries 24V	1	0,08333333	28 000,00	2 333,33	28 000,00	70 000,00	840 000,00
Rétroiseurs	12	1	1 350,00	1 350,00	16 200,00	40 500,00	486 000,00
Lampe flash	8	0,66666667	25,00	16,67	200,00	500,00	6 000,00
Lampe veilleuse	40	3,33333333	25,00	83,33	1 000,00	2 500,00	30 000,00
Feux de gabarit	8	0,66666667	150,00	100,00	1 200,00	3 000,00	36 000,00
Capuchon clignotant	8	0,66666667	150,00	100,00	1 200,00	3 000,00	36 000,00
Lampe navette	8	0,66666667	25,00	16,67	200,00	500,00	6 000,00
Cosses batterie	2	0,16666667	500,00	83,33	1 000,00	2 500,00	30 000,00
Total	121	10,08333333		40 765,00	489 180,00	1 222 950,00	14 675 400,00

La figure 4.2 représente le cout de la maintenance (pour période de garantie)

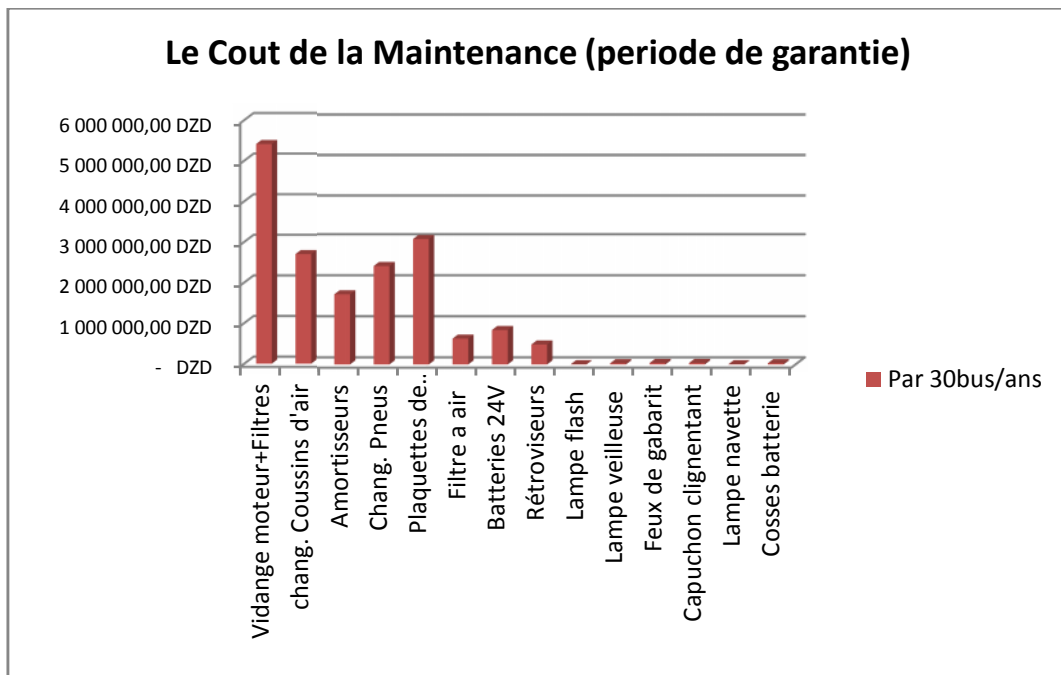


Figure 4.2. Cout de la Maintenance (période de garantie)

La figure 4.3 représente le cout de la maintenance (Après la période de garantie)

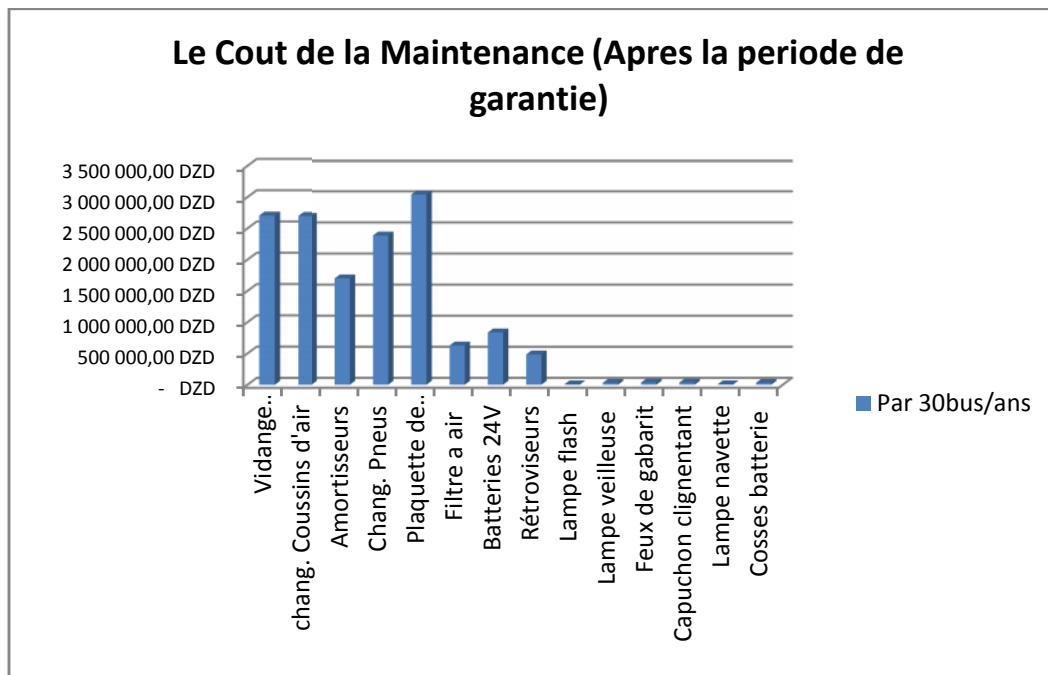


Figure 4.3. Cout de la maintenance (après la période de garantie)

On en déduit après la sortie de période de garantie un gain de 2 705 400 DA par année tout en gardant le même rendement et la même efficacité des véhicules roulants.

NB : Ce gain représente seulement l'opération de vidange. (On a considéré que les autres organes restent selon les recommandations du constructeur).

Après la période de garantie (à partir l'année 2014), le programme présente des changements sur le plan curatif, du au vieillissement de certains organes comme :

- Turbo compresseur
- Ralentisseur
- Freins de secours
- Capteur d'accélérateur
- Valve de nivellement
- Valve de desserrage rapide

4.3.2. Etude et diagnostique du parc

L'étude du traitement et du diagnostique du parc sera basée sur le nombre de défaillance et sur le temps moyen de réparation durant les trois (03) années précédentes, à savoir (2011, 2012 et 2013).

Les organes suivants sont les plus défaillants et les plus couteux pour l'entreprise

- ✓ Filtre à air
- ✓ Filtre à gasoil
- ✓ Filtre à huile
- ✓ Changement de pneus
- ✓ Changement de plaquettes de freins
- ✓ Coussins d'air
- ✓ Amortisseur

Remarque :

Le bus inscrit sous le code (22656) a été immobilisé pendant toute la période des trois (03) années à cause de l'attente d'arrivée de la pièce de rechange. La pièce de rechange n'est pas disponible en Algérie à cause de l'absence des pièces de rechange des magasins de vente des véhicules VANHOOL.

4.3.2.1. Données de défaillances

Tableau 4.3. Données de défaillances durant l'année 2011

Num	Code Bus	Filtre à air		Filtre à gasoil		Filtre à huile		Chang. pneus		Chang. Plaquettes de freins		Coussins d'air		Amortisseurs	
		Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h
1	22453	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	0	0	2	1,33333333	3	1	2	1
2	22457	2	0,33333333	3	0,25	3	0,25	2	0,66666667	2	1,33333333	4	1,33333333	2	1
3	22439	1	0,16666667	3	0,25	3	0,25	3	1	1	0,66666667	3	1	6	3
4	22461	2	0,33333333	2	0,16666667	1	0,08333333	1	0,33333333	3	2	2	0,66666667	6	3
5	22440	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	3	2	3	1	3	1,5
6	22456	3	0,5	4	0,33333333	4	0,33333333	3	1	2	1,33333333	3	1	6	3
7	22454	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	1	0,33333333	2	1,33333333	4	1,33333333	5	2,5
8	22452	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	1	0,66666667	3	1	6	3
9	22458	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	1	0,66666667	3	1	2	1
10	22450	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	3	1	3	2	2	0,66666667	6	3
11	22451	2	0,33333333	3	0,25	3	0,25	1	0,33333333	3	2	3	1	6	3
12	22429	2	0,33333333	3	0,25	3	0,25	3	1	5	3,33333333	3	1	3	1,5
13	22459	2	0,33333333	3	0,25	3	0,25	2	0,66666667	3	2	4	1,33333333	6	3
14	22460	1	0,16666667	3	0,25	3	0,25	2	0,66666667	1	0,66666667	3	1	5	2,5
15	22431	2	0,33333333	3	0,25	3	0,25	4	1,33333333	3	2	2	0,66666667	6	3
16	22602	2	0,33333333	3	0,25	3	0,25	2	0,66666667	4	2,66666667	3	1	2	1
17	22599	3	0,5	3	0,25	3	0,25	2	0,66666667	2	1,33333333	3	1	6	3
18	22587	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	2	1,33333333	3	1	3	1,5
19	22603	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	3	2	5	1,66666667	6	3
20	22588	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	3	2	3	1	6	3
21	22600	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	4	1,33333333	2	1,33333333	3	1	8	4
22	22601	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	1	0,66666667	2	0,66666667	2	1
23	22604	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	3	1	2	1,33333333	3	1	6	3
24	22586	3	0,5	3	0,25	3	0,25	1	0,33333333	3	2	3	1	2	1
25	22637	2	0,33333333	4	0,33333333	4	0,33333333	2	0,66666667	2	1,33333333	4	1,33333333	6	3
26	22639	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	3	2	3	1	2	1
27	22638	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	3	1	2	1,33333333	6	2	6	3
28	22636	1	0,16666667	3	0,25	3	0,25	2	0,66666667	2	1,33333333	3	1	3	1,5
29	22640	3	0,5	4	0,33333333	4	0,33333333	4	1,33333333	3	2	2	0,66666667	6	3
30	22656	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Somme	53	8,83333333	75	6,25	74	6,16666667	64	21,33333333	69	46	91	30,33333333	134	67

Tableau 4.4. Données de défaillances durant l'année 2012

Nu	Code	Filtre à air		Filtre à gasoil		Filtre à huile		Chang. pneus		Chang. Plaquettes de		Coussins d'air		Amortisseurs	
		Nmbr/anné	Temps/h	Nmbr/anné	Temps/h	Nmbr/anné	Temps/h	Nmbr/anné	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/anné	Temps/h	Nmbr/anné	Temps/h
1	22453	3	0,5	4	0,3333333	4	0,3333333	2	0,6666666	3	2	4	1,3333333	6	3
2	22457	2	0,3333333	3	0,25	3	0,25	1	0,3333333	1	0,6666667	2	0,6666666	3	1,5
3	22439	2	0,3333333	3	0,25	3	0,25	2	0,6666666	0	0	4	1,3333333	2	1
4	22461	1	0,1666666	2	0,1666666	1	0,0833333	2	0,6666666	4	2,6666667	2	0,6666666	6	3
5	22440	2	0,3333333	3	0,25	3	0,25	2	0,6666666	5	3,3333333	4	1,3333333	2	1
6	22456	3	0,5	4	0,3333333	4	0,3333333	1	0,3333333	3	2	3	1	6	3
7	22454	1	0,1666666	2	0,1666666	2	0,1666666	2	0,6666666	1	0,6666667	4	1,3333333	6	3
8	22452	1	0,1666666	2	0,1666666	2	0,1666666	2	0,6666666	3	2	3	1	3	1,5
9	22458	1	0,1666666	2	0,1666666	2	0,1666666	4	1,3333333	2	1,3333333	4	1,3333333	4	2
10	22450	2	0,3333333	3	0,25	3	0,25	2	0,6666666	4	2,6666667	2	0,6666666	6	3
11	22451	1	0,1666666	2	0,1666666	2	0,1666666	2	0,6666666	2	1,3333333	4	1,3333333	2	1
12	22429	2	0,3333333	3	0,25	2	0,1666666	2	0,6666666	3	2	5	1,6666666	2	1
13	22459	2	0,3333333	3	0,25	3	0,25	4	1,3333333	4	2,6666667	4	1,3333333	6	3
14	22460	1	0,1666666	3	0,25	3	0,25	0	0	2	1,3333333	4	1,3333333	3	1,5
15	22431	2	0,3333333	3	0,25	3	0,25	2	0,6666666	4	2,6666667	3	1	7	3,5
16	22602	2	0,3333333	3	0,25	2	0,1666666	2	0,6666666	2	1,3333333	4	1,3333333	6	3
17	22599	3	0,5	3	0,25	3	0,25	2	0,6666666	3	2	5	1,6666666	4	2
18	22587	1	0,1666666	2	0,1666666	2	0,1666666	3	1	1	0,6666667	4	1,3333333	6	3
19	22603	1	0,1666666	2	0,1666666	2	0,1666666	4	1,3333333	1	0,6666667	6	2	5	2,5
20	22588	2	0,3333333	3	0,25	3	0,25	2	0,6666666	2	1,3333333	2	0,6666666	3	1,5
21	22600	1	0,1666666	2	0,1666666	2	0,1666666	3	1	3	2	3	1	6	3
22	22601	1	0,1666666	3	0,25	3	0,25	4	1,3333333	3	2	4	1,3333333	4	2
23	22604	2	0,3333333	2	0,1666666	2	0,1666666	3	1	3	2	5	1,6666666	2	1
24	22586	3	0,5	3	0,25	3	0,25	2	0,6666666	1	0,6666667	4	1,3333333	6	3
25	22637	1	0,1666666	2	0,1666666	2	0,1666666	4	1,3333333	2	1,3333333	3	1	2	1
26	22639	1	0,1666666	3	0,25	3	0,25	2	0,6666666	3	2	2	0,6666666	2	1
27	22638	2	0,3333333	2	0,1666666	2	0,1666666	2	0,6666666	2	1,3333333	4	1,3333333	6	3
28	22636	1	0,1666666	3	0,25	3	0,25	4	1,3333333	0	0	3	1	7	3,5
29	22640	3	0,5	4	0,3333333	4	0,3333333	2	0,6666666	5	3,3333333	4	1,3333333	3	1,5
30	22656	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Somme	50	8,3333333	79	6,5833333	76	6,3333333	69	23	72	48				

Tableau 4.5. Données de défaillances durant l'année 2013

Num	Code Bus	Filtre à air		Filtre à gasoil		Filtre à huile		Chang. pneus		Chang. Plaquettes de freins		Coussins d'air		Amortisseurs	
		Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h
1	22453	1	0,16666667	3	0,25	2	0,16666667	2	0,66666667	4	2,66666667	3	1	4	2
2	22457	1	0,16666667	3	0,25	2	0,16666667	4	1,33333333	5	3,33333333	3	1	4	2
3	22439	2	0,33333333	2	0,16666667	3	0,25	0	0	2	1,33333333	4	1,33333333	6	3
4	22461	3	0,5	2	0,16666667	2	0,16666667	0	0	4	2,66666667	3	1	7	3,5
5	22440	3	0,5	3	0,25	2	0,16666667	2	0,66666667	2	1,33333333	3	1	6	3
6	22456	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	2	1,33333333	2	0,66666667	2	1
7	22454	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	5	3,33333333	3	1	3	1,5
8	22452	2	0,33333333	2	0,16666667	4	0,33333333	0	0	0	0	5	1,66666667	6	3
9	22458	1	0,16666667	4	0,33333333	2	0,16666667	6	2	0	0	3	1	6	3
10	22450	3	0,5	2	0,16666667	2	0,16666667	4	1,33333333	4	2,66666667	3	1	4	2
11	22451	1	0,16666667	3	0,25	2	0,16666667	0	0	3	2	2	0,66666667	6	3
12	22429	3	0,5	3	0,25	3	0,25	0	0	4	2,66666667	3	1	6	3
13	22459	1	0,16666667	2	0,16666667	3	0,25	2	0,66666667	2	1,33333333	3	1	3	1,5
14	22460	2	0,33333333	3	0,25	2	0,16666667	2	0,66666667	8	5,33333333	6	2	6	3
15	22431	1	0,16666667	3	0,25	3	0,25	0	0	2	1,33333333	3	1	2	1
16	22602	1	0,16666667	4	0,33333333	2	0,16666667	4	1,33333333	2	1,33333333	3	1	6	3
17	22599	2	0,33333333	3	0,25	3	0,25	3	1	4	2,66666667	2	0,66666667	3	1,5
18	22587	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	4	1,33333333	2	1,33333333	3	1	6	3
19	22603	3	0,5	3	0,25	3	0,25	2	0,66666667	1	0,66666667	6	2	3	1,5
20	22588	2	0,33333333	2	0,16666667	2	0,16666667	0	0	4	2,66666667	4	1,33333333	6	3
21	22600	1	0,16666667	4	0,33333333	2	0,16666667	7	2,33333333	5	3,33333333	3	1	4	2
22	22601	1	0,16666667	2	0,16666667	4	0,33333333	10	3,33333333	2	1,33333333	3	1	2	1
23	22604	1	0,16666667	3	0,25	2	0,16666667	2	0,66666667	4	2,66666667	5	1,66666667	4	2
24	22586	3	0,5	3	0,25	3	0,25	2	0,66666667	3	2	3	1	6	3,5
25	22637	2	0,33333333	3	0,25	2	0,16666667	2	0,66666667	2	1,33333333	2	0,66666667	6	3
26	22639	2	0,33333333	2	0,16666667	3	0,25	4	1,33333333	4	2,66666667	3	1	2	1
27	22638	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	0	0	0	0	5	1,66666667	6	3
28	22636	3	0,5	3	0,25	3	0,25	6	2	0	0	3	1	3	1,5
29	22640	1	0,16666667	2	0,16666667	2	0,16666667	2	0,66666667	4	2,66666667	2	0,66666667	6	3
30	22656	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Somme	51	8,5	77	6,41666667	71	5,91666667	74	24,66666667	84	56	96	32	135	68

Tableau 4.6. Données de défaillances durant les années 2011, 2012 et 2013

Nu	Code	Filtre à air		Filtre à gasoil		Filtre à huile		Chang. pneus		Chang. Plaquettes de		Coussins d'air		Amortisseurs	
		Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h	Nmbr/année	Temps/h
1	22453	6	1	9	0,75	8	0,6666666	4	1,3333333	9	6	10	3,3333333	12	6
2	22457	5	0,8333333	9	0,75	8	0,6666666	7	2,3333333	8	5,3333333	9	3	9	4,5
3	22439	5	0,8333333	8	0,6666666	9	0,75	5	1,6666666	3	2	11	3,6666666	14	7
4	22461	6	1	6	0,5	4	0,3333333	3	1	11	7,3333333	7	2,3333333	19	9,5
5	22440	7	1,1666666	8	0,6666666	7	0,5833333	6	2	10	6,6666667	10	3,3333333	11	5,5
6	22456	7	1,1666666	10	0,8333333	10	0,8333333	6	2	7	4,6666667	8	2,6666666	14	7
7	22454	3	0,5	6	0,5	6	0,5	5	1,6666666	8	5,3333333	11	3,6666666	14	7
8	22452	4	0,6666666	6	0,5	8	0,6666666	4	1,3333333	4	2,6666667	11	3,6666666	15	7,5
9	22458	3	0,5	8	0,6666666	6	0,5	12	4	3	2	10	3,3333333	12	6
10	22450	7	1,1666666	7	0,5833333	7	0,5833333	9	3	11	7,3333333	7	2,3333333	16	8
11	22451	4	0,6666666	8	0,6666666	7	0,5833333	3	1	8	5,3333333	9	3	14	7
12	22429	7	1,1666666	9	0,75	8	0,6666666	5	1,6666666	12	8	11	3,6666666	11	5,5
13	22459	5	0,8333333	8	0,6666666	9	0,75	8	2,6666666	9	6	11	3,6666666	15	7,5
14	22460	4	0,6666666	9	0,75	8	0,6666666	4	1,3333333	11	7,3333333	13	4,3333333	14	7
15	22431	5	0,8333333	9	0,75	9	0,75	6	2	9	6	8	2,6666666	15	7,5
16	22602	5	0,8333333	10	0,8333333	7	0,5833333	8	2,6666666	8	5,3333333	10	3,3333333	14	7
17	22599	8	1,3333333	9	0,75	9	0,75	7	2,3333333	9	6	10	3,3333333	13	6,5
18	22587	4	0,6666666	6	0,5	6	0,5	9	3	5	3,3333333	10	3,3333333	15	7,5
19	22603	6	1	7	0,5833333	7	0,5833333	8	2,6666666	5	3,3333333	17	5,6666666	14	7
20	22588	6	1	7	0,5833333	7	0,5833333	4	1,3333333	9	6	9	3	15	7,5
21	22600	4	0,6666666	8	0,6666666	6	0,5	14	4,6666666	10	6,6666667	9	3	18	9
22	22601	3	0,5	7	0,5833333	9	0,75	16	5,3333333	6	4	9	3	8	4
23	22604	5	0,8333333	7	0,5833333	6	0,5	8	2,6666666	9	6	13	4,3333333	12	6
24	22586	9	1,5	9	0,75	9	0,75	5	1,6666666	7	4,6666667	10	3,3333333	14	7,5
25	22637	5	0,8333333	9	0,75	8	0,6666666	8	2,6666666	6	4	9	3	14	7
26	22639	4	0,6666666	7	0,5833333	8	0,6666666	8	2,6666666	10	6,6666667	8	2,6666666	6	3
27	22638	5	0,8333333	6	0,5	6	0,5	5	1,6666666	4	2,6666667	15	5	18	9
28	22636	5	0,8333333	9	0,75	9	0,75	12	4	2	1,3333333	9	3	13	6,5
29	22640	7	1,1666666	10	0,8333333	10	0,8333333	8	2,6666666	12	8	8	2,6666666	15	7,5
30	22656	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Somme	154	25,6666666	231	19,25	221	18,4166666	207	69	225	150				

4.3.2.2. Diagramme en bâton de « PARETO »

Le tableau 4.7 représente les valeurs du diagramme en bâton de « PARETO »

Tableau 4.7. Diagramme en bâton de « PARETO »

Organes	Le temps moyen de réparation/Heurs (2011-2012-2013)														
	1	0,833333	0,833333	1	1,166666	1,166666	0,5	0,666666	0,5	1,166666	0,666666	1,166666	0,833333	0,666666	0,833333
Filtre à air	1	0,833333	0,833333	1	1,166666	1,166666	0,5	0,666666	0,5	1,166666	0,666666	1,166666	0,833333	0,666666	0,833333
Filtre à gasoil	0,75	0,75	0,666666	0,5	0,666666	0,833333	0,5	0,5	0,666666	0,583333	0,666666	0,75	0,666666	0,75	0,75
Filtre à huile	0,666666	0,666666	0,75	0,333333	0,583333	0,833333	0,5	0,666666	0,5	0,583333	0,583333	0,666666	0,75	0,666666	0,75
Chang. Pneus	1,333333	2,333333	1,666666	1	2	2	1,666666	1,333333	4	3	1	1,666666	2,666666	1,333333	2
Chang. Plaquettes de freins	6	5,333333	2	7,333333	6,666666	4,666666	5,333333	2,666666	2	7,333333	5,333333	8	6	7,333333	6
Coussins d'air	3,333333	3	3,666666	2,333333	3,333333	2,666666	3,666666	3,666666	3,333333	2,333333	3	3,666666	3,666666	4,333333	2,666666
Amortisseurs	6	4,5	7	9,5	5,5	7	7	7,5	6	8	7	5,5	7,5	7	7,5
Bus	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Organes	Le temps moyen de réparation/Heurs (2011-2012-2013)														
	0,833333	1,333333	0,666666	1	1	0,666666	0,5	0,833333	1,5	0,833333	0,666666	0,833333	0,833333	1,166666	0
Filtre à air	0,833333	1,333333	0,666666	1	1	0,666666	0,5	0,833333	1,5	0,833333	0,666666	0,833333	0,833333	1,166666	0
Filtre à gasoil	0,833333	0,75	0,5	0,583333	0,583333	0,666666	0,583333	0,583333	0,75	0,75	0,583333	0,5	0,75	0,833333	0
Filtre à huile	0,583333	0,75	0,5	0,583333	0,583333	0,5	0,75	0,5	0,75	0,666666	0,666666	0,5	0,75	0,833333	0
Chang. Pneus	2,666666	2,333333	3	2,666666	1,333333	4,666666	5,333333	2,666666	1,666666	2,666666	2,666666	1,666666	4	2,666666	0
Chang. Plaquettes de freins	5,333333	6	3,333333	3,333333	6	6,666666	4	6	4,666666	4	6,666666	2,666666	1,333333	8	0
Coussins d'air	3,333333	3,333333	3,333333	5,666666	3	3	3	4,333333	3,333333	3	2,666666	5	3	2,666666	0
Amortisseurs	7	6,5	7,5	7	7,5	9	4	6	7,5	7	3	9	6,5	7,5	0
Bus	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30

Tableau 4.8. Analyse du diagramme en bâton de « PARETO »

Organes	n	t̄ (h)	n x t̄
Filtre à air	154	0,16666667	25,6666667
Filtre à gasoil	231	0,08333333	19,25
Filtre à huile	221	0,08333333	18,4166667
Chang. Pneus	207	0,33333333	69
Chang. Plaquettes de freins	225	0,66666667	150
Coussins d'air	292	0,33333333	97,3333333
Amortisseurs	394	0,5	198

a. Diagramme de disponibilité

La figure 4.4 représente le diagramme de disponibilité

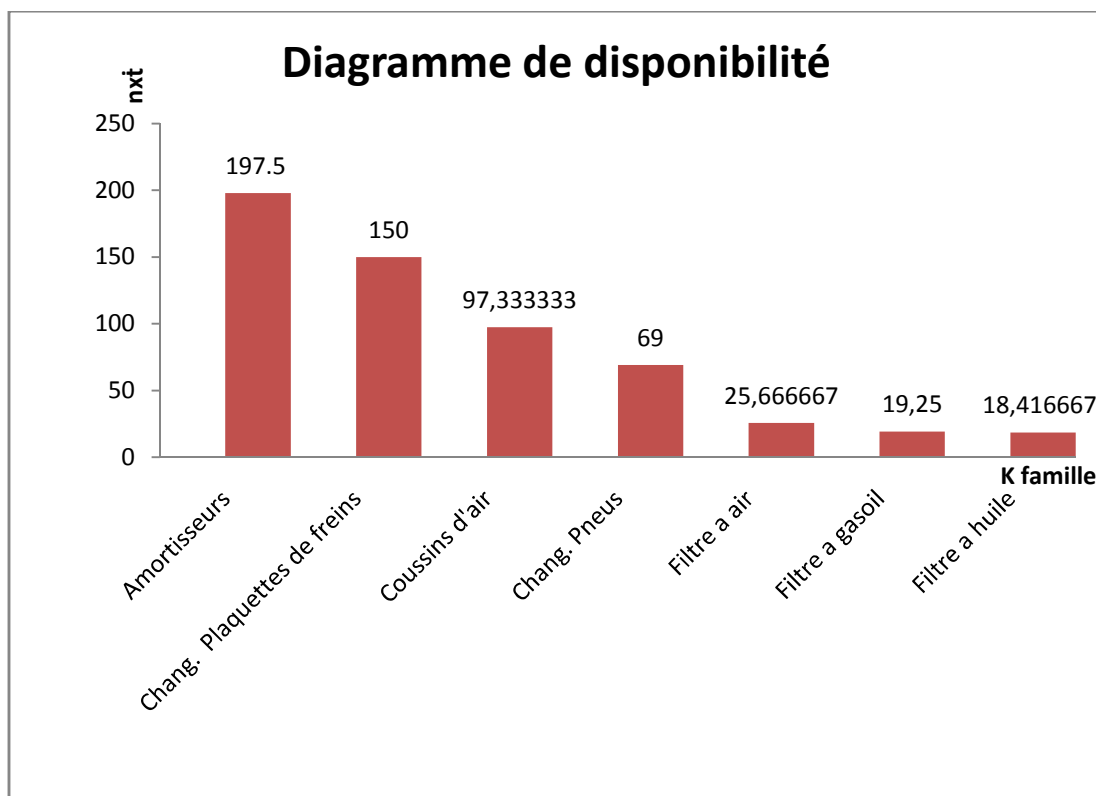


Figure 4.4. Diagramme de disponibilité

b. Diagramme de maintenabilité

La figure 4.5 représente le diagramme de maintenabilité

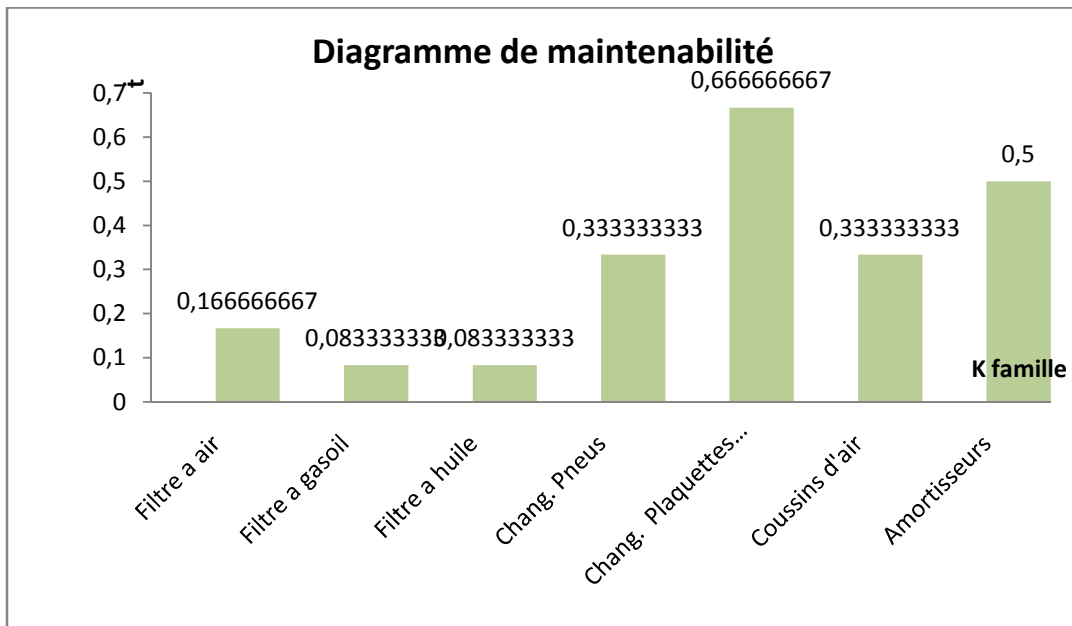


Figure 4.5. Diagramme de maintenabilité

c. Diagramme de fiabilité

La figure 4.6 représente le diagramme de fiabilité

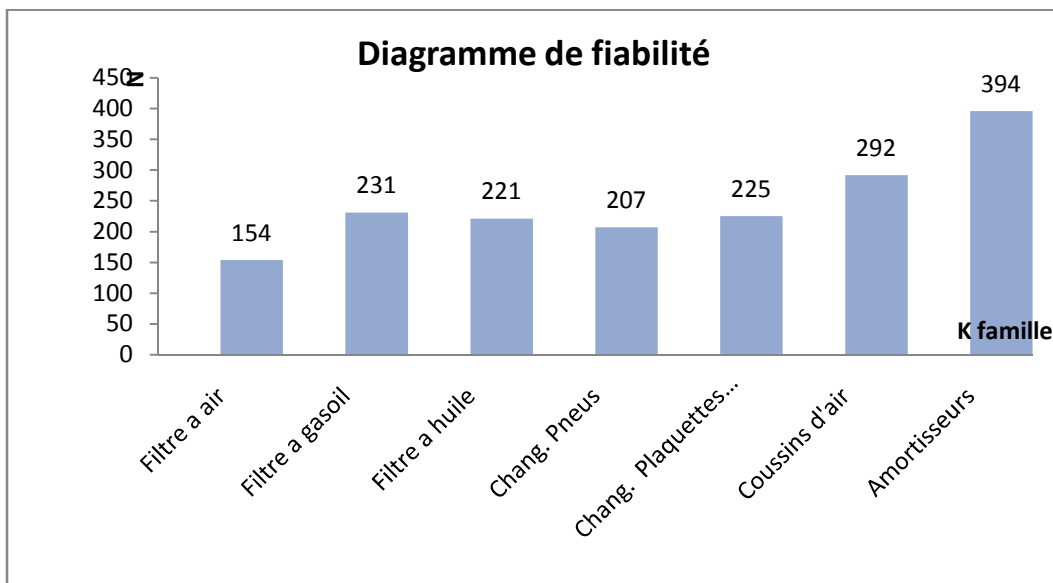


Figure 4.6. Diagramme de fiabilité

On remarque que l'amortisseur est l'élément le plus critique.

d. Courbe ABC

Le tableau 4.9 représente les valeurs de l'analyse par ABC

Tableau 4.9. L'analyse par ABC

	Organes	nxt	nxt (%)	Σ nxt (%)
7	Amortisseurs	197.5	34%	34%
5	Chang. Plaquettes de freins	150	26%	60%
6	Coussins d'air	97,333333	17%	77%
4	Chang. Pneus	69	12%	89%
1	Filtre à air	25,666667	4%	93%
2	Filtre à gasoil	19,25	3%	97%
3	Filtre à huile	18,416667	3%	100%
	Total	577,666667		

La figure 4.7 représente la courbe ABC

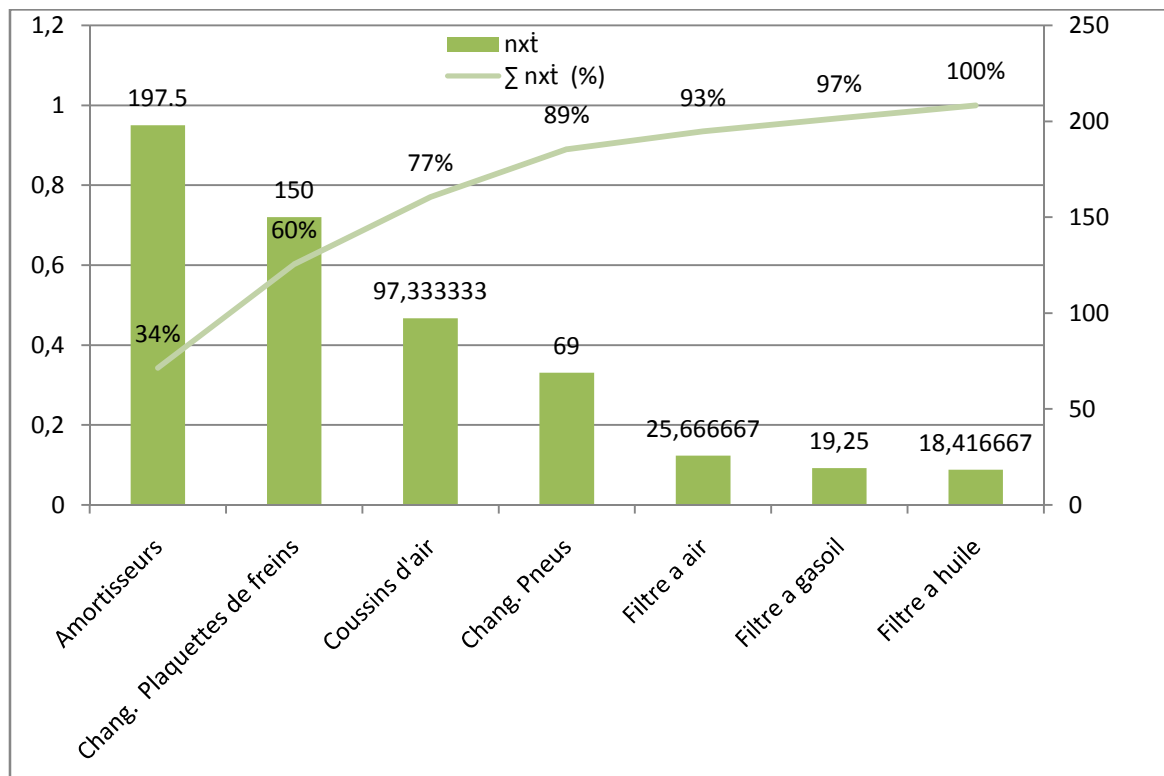


Figure 4 .7. Courbe ABC

e. Interprétation de la courbe

On remarque que l'organe le plus défaillant c'est les amortisseurs, ceci est dû aux nombres élevés des pannes dans le parc durant les années 2011, 2012 et 2013.

4.3.2.3 Etude technique de l'amortisseur

Les amortisseurs utilisés dans les bus du parc E.T.U.S.Tlemcen, sont de type hydraulique de la marque « KONI »

a. Définition

Un amortisseur est un système destiné à limiter, voire supprimer les oscillations d'un objet ou à isoler un objet des vibrations par dissipation d'énergie. Les vibrations libres ou forcées correspondent au mouvement d'une masse sur un ressort. Au cours des oscillations, il y a alternance d'énergie cinétique et d'énergie potentielle, un amortisseur dissipe une partie de l'énergie cinétique, le plus souvent en chaleur. De nombreux principes physiques peuvent être utilisés : pertes de charge d'un fluide, frottement, etc. [29].

b. Types des amortisseurs

- **Amortisseurs hydrauliques télescopiques** : montés sur les véhicules automobiles, ils utilisent les pertes de charge d'une huile circulant dans une enceinte close.

- **Amortisseurs hydropneumatiques** : Ces amortisseurs, appelés aussi *monotubes* car, bien que ressemblant aux amortisseurs hydrauliques télescopiques, ils ne comportent qu'un seul tube qui contient le piston relié à la tige et, à la partie supérieure, un autre piston libre qui ferme une chambre contenant de l'azote comprimé. Dans les mouvements de va-et-vient du piston principal, la variation de volume d'huile est compensée par la variation de la chambre de gaz. La pression du gaz donne des temps de réactions très rapides et la construction monotube permet de réaliser des modèles plus puissants à encombrement égal par rapport à un amortisseur classique. Ces amortisseurs n'ont pas de réserve d'huile comme les amortisseurs à deux tubes.

- **Amortisseurs hydrauliques à palettes** : Ancien système de fonctionnement similaire au vérin rotatif, il est constitué d'un corps dans lequel une palette immergée dans un bain d'huile freine, par l'intermédiaire des clapets tarés, le passage d'une chambre à l'autre. Cette palette est reliée à un bras, lui-même relié à l'essieu.

- **Amortisseurs hydrauliques à levier** : Même technique que le vérin rotatif à pignon-crémaillère. C'est un corps de vérin rempli d'huile dans lequel se déplace un piston-crémaillère qui actionne un pignon relié à la suspension.

- **Amortisseur pneumatique** : Fondé sur le principe du vérin ou du coussin gonflable, c'est un type de suspension alimenté par une pompe à air entraînée par un moteur électrique ou un compresseur.

La figure 4.8 représente un l'amortisseur hydraulique utilisé dans le parc roulant de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen :



Figure 4.8 Amortisseur hydraulique

4.3.2.4. Détermination des paramètres de fiabilité de l'organe critique

Suite aux résultats obtenus grâce aux études faites dans les chapitres précédents:

- ✓ Diagramme de Pareto
- ✓ Diagramme de maintenabilité
- ✓ Diagrammes de fiabilité
- ✓ Courbe ABC

On a constaté que l'élément le plus critique c'est les amortisseurs, et le bus 22461 présente le nombre le plus élevé des pannes, notre analyse de fiabilité sera basé sur ce bus.

a. Amortisseurs du bus 22461

Le calcul des paramètres de fiabilité dépend en premier lieu de la fonction de défaillance estimée définie par les lois de fiabilité

Tableau 4.10. Préparation des données historiques

Ordre i	les Valeurs TBF	F(t) estimé	R(t) estimé
1	300	0,04	0,96
2	372	0,09	0,91
3	420	0,14	0,86
4	480	0,19	0,81
5	492	0,24	0,76
6	516	0,29	0,71
7	540	0,35	0,65
8	576	0,40	0,60
9	612	0,45	0,55
10	636	0,50	0,50
11	672	0,55	0,45
12	696	0,60	0,40
13	732	0,65	0,35
14	768	0,71	0,29
15	828	0,76	0,24
16	864	0,81	0,19
17	912	0,86	0,14
18	960	0,91	0,09
19	1020	0,96	0,04

b. Tracé graphique sur le papier d'ALLEN PLAIT

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 de Weibull déterminée par code de calcul.

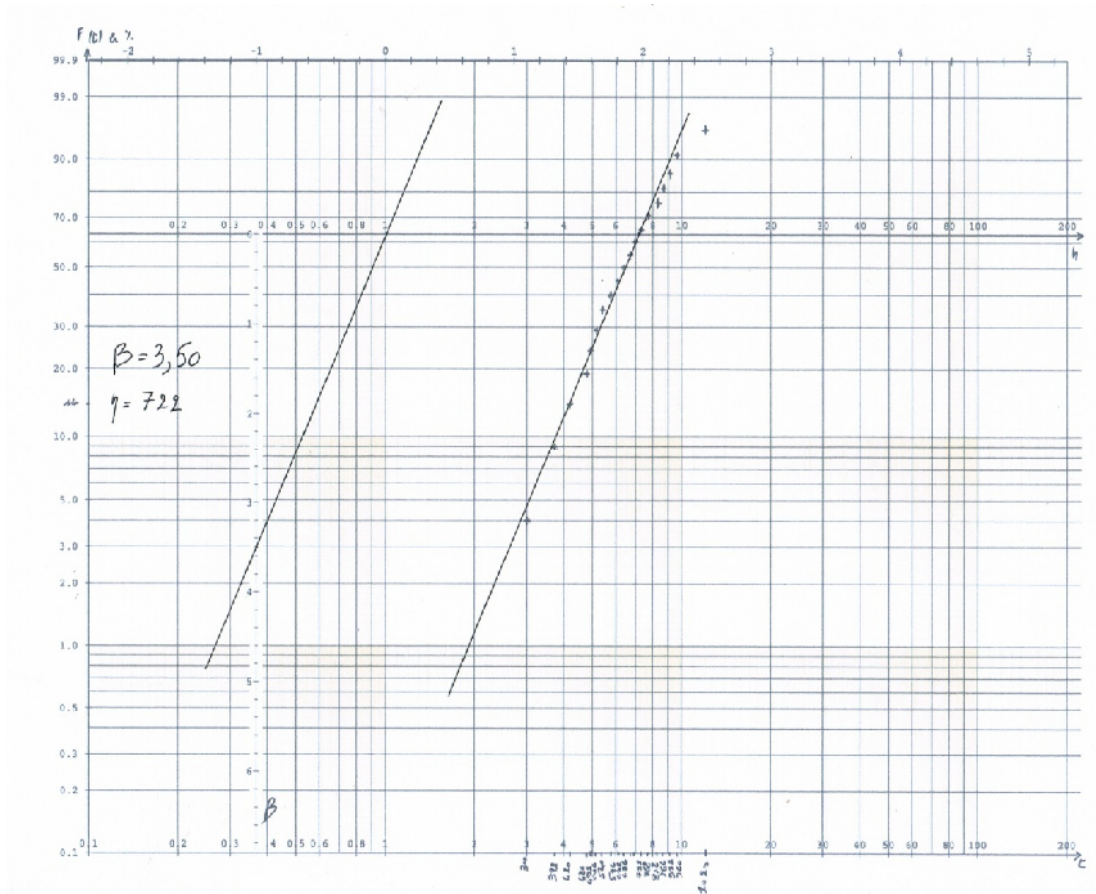


Figure 4.9. Droite de Weibull

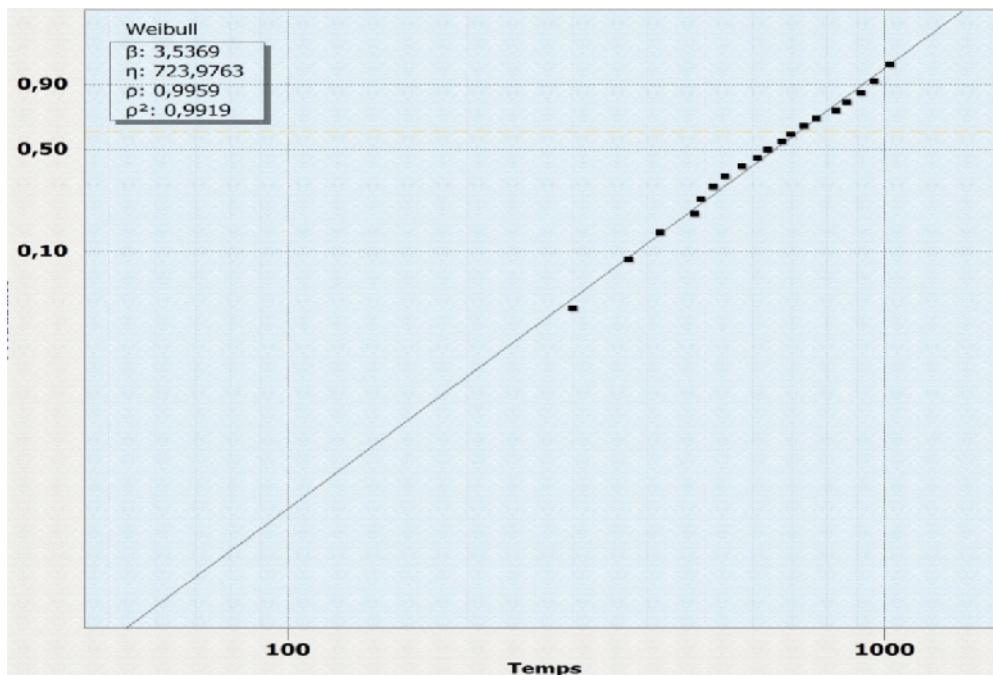


Figure 4.10 Droite de Weibull par code de calcul

La détermination graphique des paramètres de la fiabilité nous donne ($\gamma=0$; $\beta=3.5$; $\eta=722$)
 Les courbes (4.9) et (4.10) représentent bien la droite des défaillances et montre une bonne corrélation entre la partie pratique et la partie numérique donnée par le code.

4.3.2.5. Analyse des résultats

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

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

Tableau 4.11. Tableau des résultats

Ordre i	TBF	R _{Th}	F _{Th}	f(t)	Taux de défaillance λ(t)
1	300	0,95	0,05	1,26E-03	0,0050
2	372	0,91	0,09	1,52E-03	0,0062
3	420	0,86	0,14	1,63E-03	0,0070
4	480	0,79	0,21	1,71E-03	0,0081
5	492	0,77	0,23	1,71E-03	0,0083
6	516	0,73	0,27	1,72E-03	0,0087
7	540	0,70	0,30	1,71E-03	0,0091
8	576	0,64	0,36	1,69E-03	0,0097
9	612	0,57	0,43	1,65E-03	0,0103
10	636	0,53	0,47	1,62E-03	0,0107
11	672	0,46	0,54	1,56E-03	0,0113
12	696	0,41	0,59	1,52E-03	0,0117
13	732	0,35	0,65	1,44E-03	0,0123
14	768	0,29	0,71	1,37E-03	0,0129
15	828	0,20	0,80	1,23E-03	0,0139
16	864	0,15	0,85	1,15E-03	0,0145
17	912	0,10	0,90	1,05E-03	0,0153
18	960	0,07	0,93	9,41E-04	0,0161
19	1020	0,04	0,96	8,19E-04	0,0171

Les courbes suivantes déterminent la comparaisant entre les résultats pratiques et théoriques.

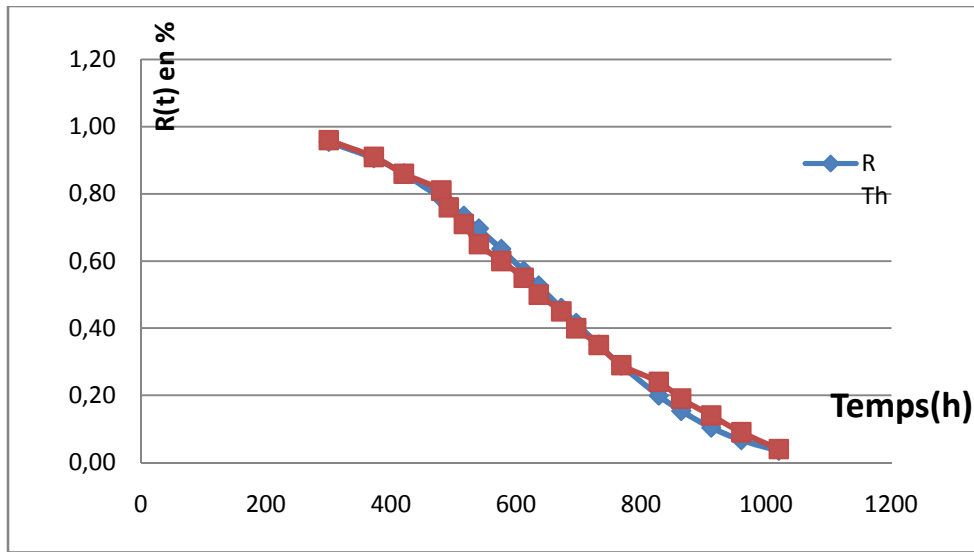


Figure 4.11. Fiabilité estimée et théorique de l’amortisseur

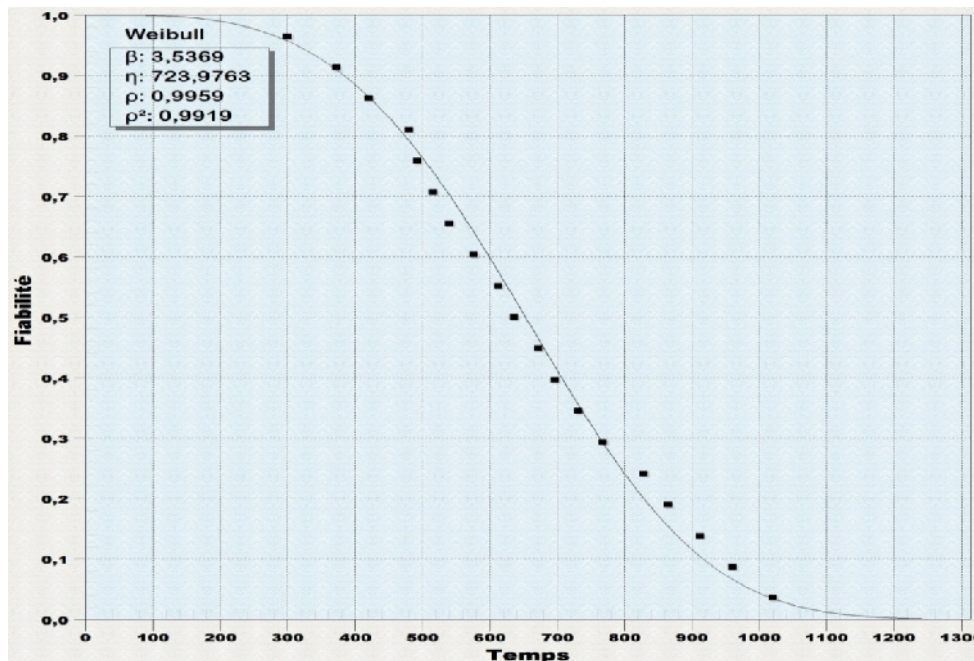


Figure 4.12. Fonction de fiabilité : code de calcul

La courbe (4.11) déterminée analytiquement est validée par les résultats de la courbe de simulation numérique par le code. On trouve un bon ajustement fait par notre méthode de fiabilité pour l’analyse effectuée sur l’élément défaillant.

On remarque sur la figure (4.11), que les courbes de (R_{est} et R_{th}) sont très proches l'une de l'autre et donnent une bonne corrélation avec les courbes déterminées par le code, voir la figure (4.12). Ceci nous a permis de valider notre travail de diagnostique et d'expertise sur l'élément le plus défaillant et de bien situer les paramètres de fiabilité de cet organe.

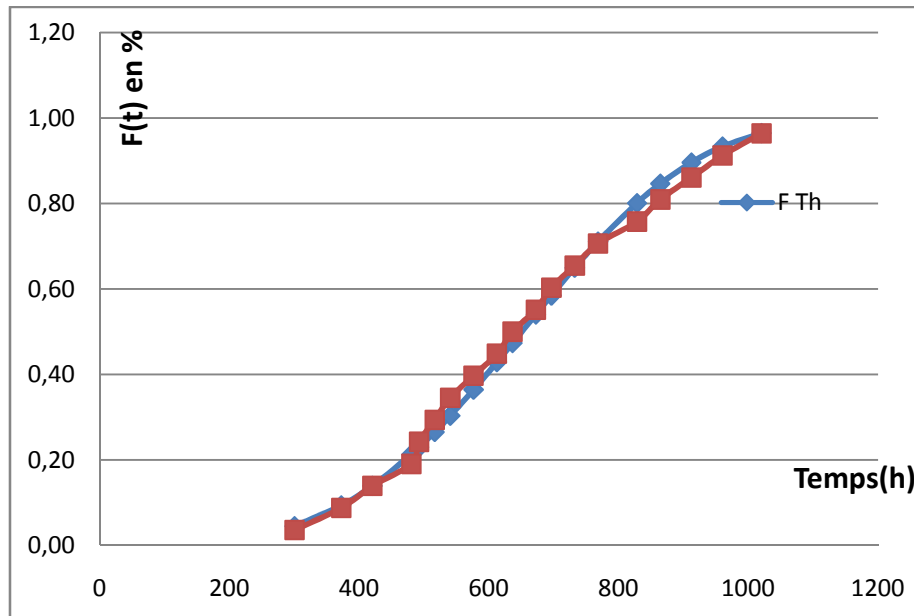


Figure 4.13. Courbe de répartition estimée et théorique de l'amortisseur

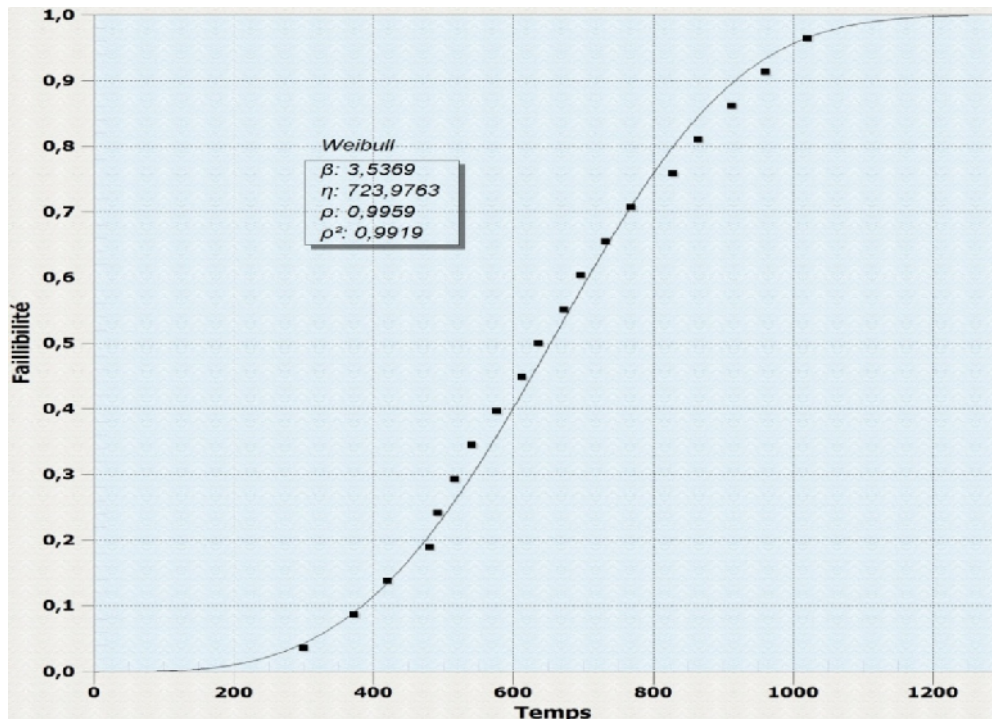


Figure 4.14. Courbe de répartition: code de calcul

On remarque dans la figure (4.13), que les courbes de (F_{est} et F_{th}) sont très proches l'une de l'autre et donnent une bonne corrélation avec les courbes déterminées par le code, voir figure (4.14).

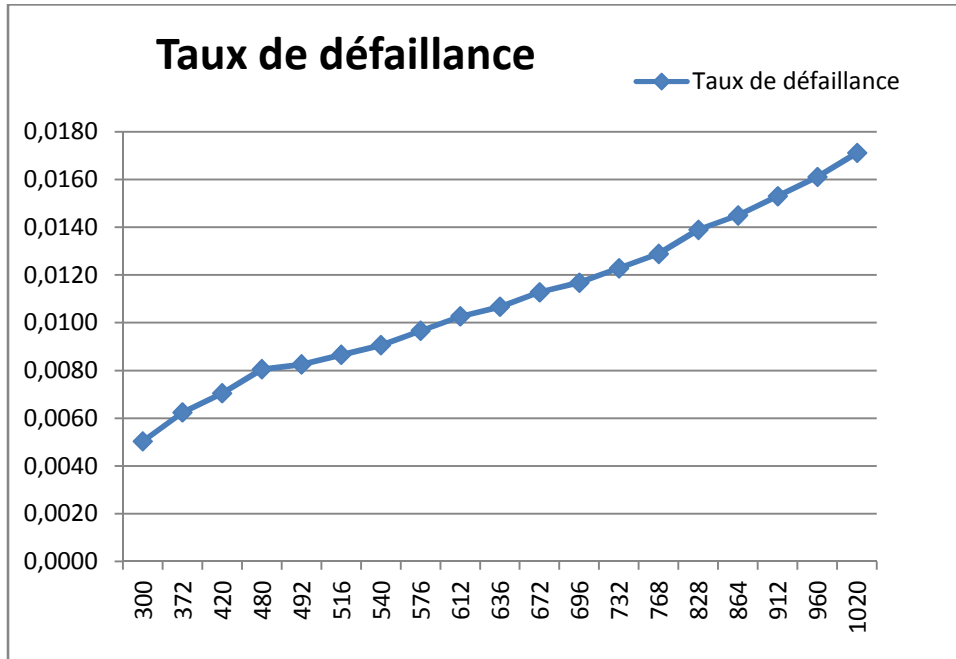


Figure 4.15. Taux de défaillance de l'amortisseur

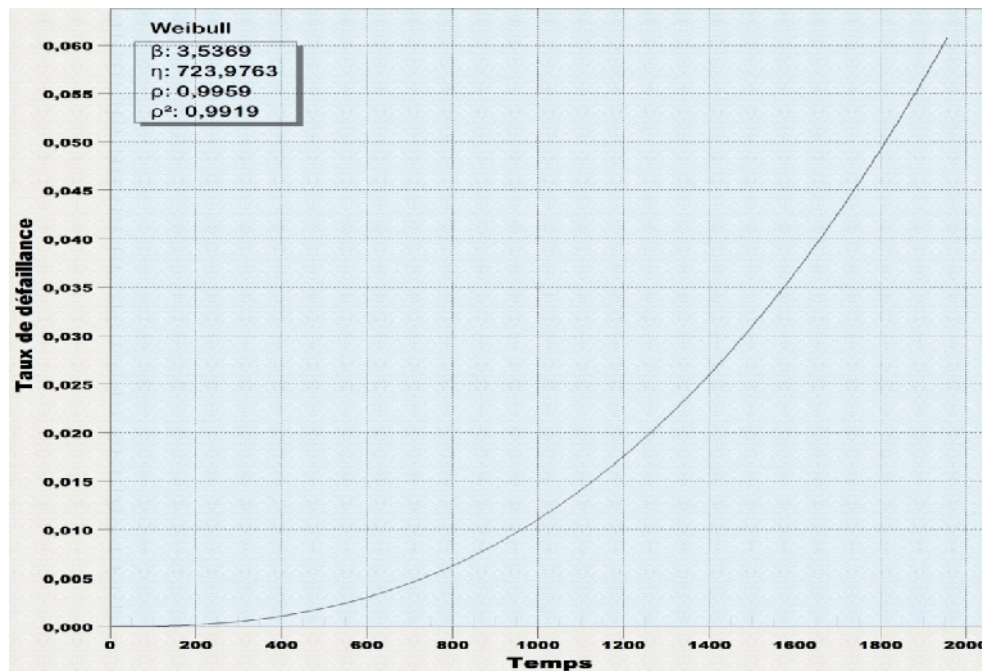


Figure 4.16. Taux de défaillance: code de calcul

Le taux de défaillance est représenté par un tronçon distinct sur la figure (4.15) et la figure (4.16) , et montre bien que l'organe étudié est une pièce d'usure car le paramètre de forme $\beta=3.5$, donc on est dans la période de vieillissement, ce qui nécessite un entretien préventif. Les résultats analytiques sont validés par le code de calcul.

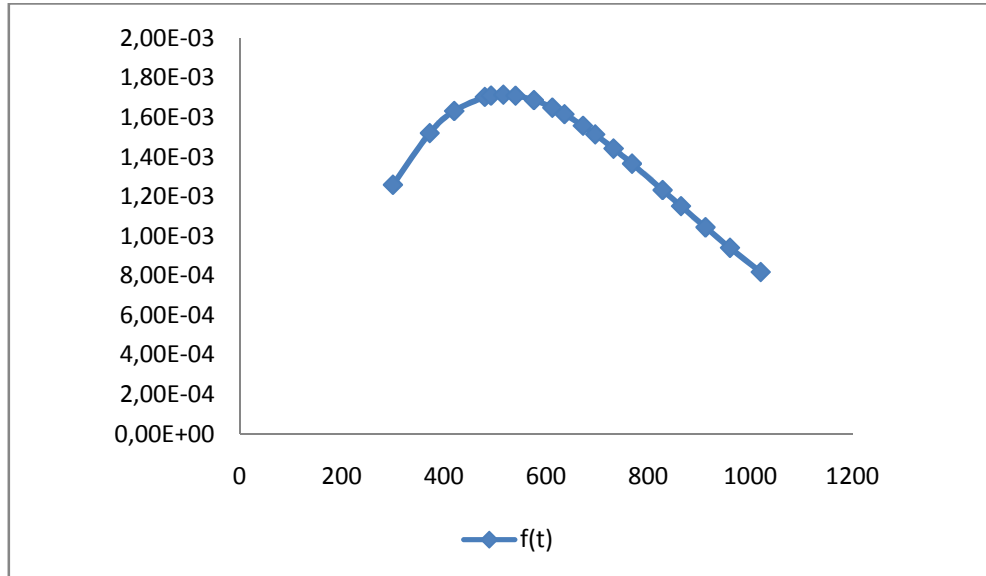


Figure 4.17. La densité de défaillance

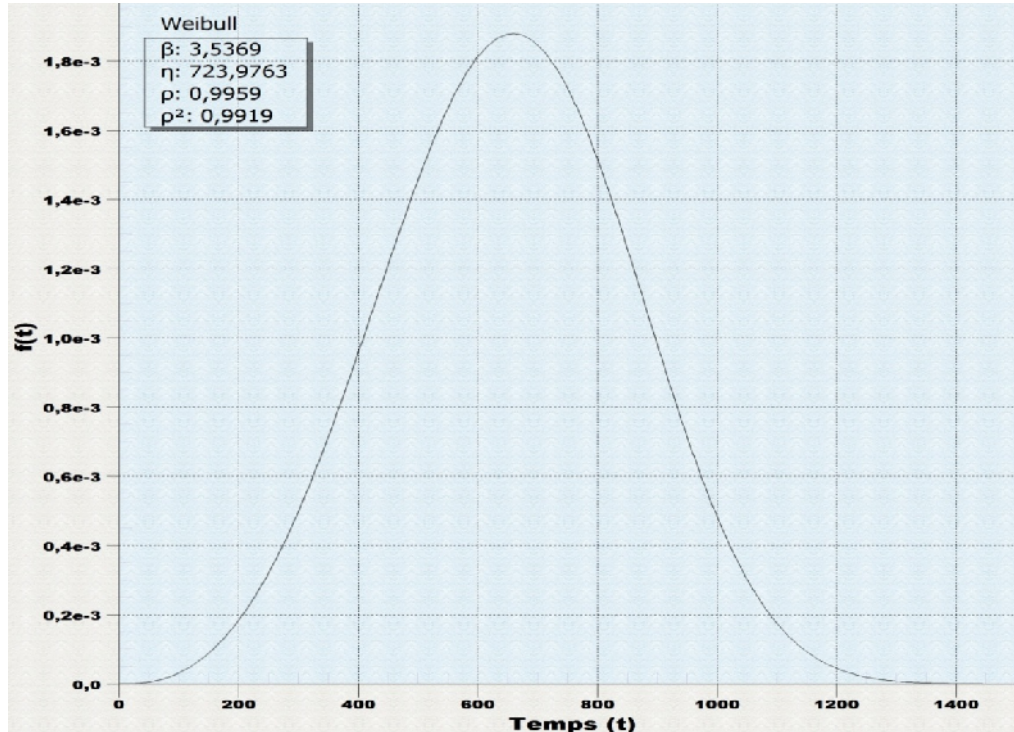


Figure 4.18. La densité de défaillance, code de calcul

La courbe (4.17) représente la densité de défaillance confirmée par le code de calcul.

4.4. Interprétation

Le travail présenté dans ce chapitre nous a permis de déterminer l'organe le plus critique, et le type de maintenance adéquate pour le bon entretien et le bon suivi des équipements du parc roulant de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen.

Le choix de notre étude s'est porté sur l'atelier du parc roulant de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen, car l'arrêt de l'un de ses équipements perturbe le fonctionnement de l'entreprise et peut causer des pertes sur la plus value, ce qui influe directement sur le cout d'exploitation du parc. La mise en application de la fiabilité opérationnelle à partir d'un retour d'expérience est primordiale pour le choix d'une politique de la maintenance préventive ou curative. Ceci grâce à la détermination des paramètres de fiabilité par les méthodes d'analyse développées.

Les résultats numériques du calcul des indices de fiabilités nous ont permis de situer correctement l'état de dégradation de l'organe étudié, et on a confronté notre résultat avec la réalité au niveau l'entreprise. L'organe sollicité ce trouve bien dans la zone de vieillissement et vérifie bien la dégradation par usure, ce qui a été bien confirmé par la direction de maintenance de l'entreprise.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Le travail présenté dans ce mémoire nous a permis d'évaluer la fiabilité des équipements industriels et leur optimisation par des outils graphiques et numériques. Il n'y a pas des méthodes normalisées pour calculer la fiabilité 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 la grandeur des équipements, des moyens disponibles et des données recueillies.

Durant notre travail, nous avons étudié et appliqué les principales lois utilisées en fiabilité ainsi que les différentes méthodes pour déterminer les paramètres de dégradation qui caractérisent le degré de défaillance. Cette étude permet par la suite de bien suivre l'évolution de l'état des équipements afin de bien choisir correctement le type de la maintenance à appliquer. Sur la base d'une étude bibliographique, nous avons pu relever les quatre facteurs essentiels pour le calcul des indices de la fiabilité.

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

Finalement on a déduit que l'amortisseur est le plus critique et influent directement sur les coûts de la maintenance dans le parc roulant en général. La direction de maintenance au niveau « E.T.U.S.Tlemcen » aura donc un outil très efficace pour le suivi des équipements de l'atelier 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 qui permet d'orienter directement le type de maintenance en fonction des données recueillies. Ceci 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] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Urbanisme>
- [3] http://fr.wikipedia.org/wiki/Stanislas_Baudry
- [4] <http://www.letudiant.fr/educpros/responsables-enseignement-superieur/peron-andre-199302.html>
- [5] http://fr.wikipedia.org/wiki/Alphonse_Loubat
- [6] http://fr.wikipedia.org/wiki/George_Stephenson
- [7] <http://fr.answers.com/topic/d-placement-1>
- [8] http://www.ile-de-france.equipement.gouv.fr/IMG/pdf/annexe-2001_cle63264c.pdf
- [9] Maurice Wolkowitsch: Géographie des transports, Arnaud Colin -collection U "1974, p 296
- [10] La loi du journal officiel de la république algérienne n° : 67-130 du 22 juillet 1967
- [11] Le décret exécutif du journal officiel de la république algérienne n° : 88-01 du 12 janvier 1988
- [12] <http://www.geog.umontreal.ca/geotrans/fr/ch8fr/conc8fr/ch8c2fr.html>
- [13] Maurice Wolkowitsch, Géographie des transports, éd, Arnaud Colin -collection 974, p 326
- [14] <http://www.globenet.org/preceup/pages/fr/chapitre/etatlieu/contexte/a/ad.htm>
- [15] http://fr.wikipedia.org/wiki/Parc_automobile_fran%C3%A7ais
- [16] Rabah Kerbachi, Robert Joumard, Menouer Boughedaoui, John Goger, Environnement et Transports dans des international Symposium Proceedings, Algeria 16 - 18 February 2009, page 208
- [17] Documentation de l'entreprise E.T.U.S.Tlemcen, Fiche de présentation, année 2014

- [18] Pierre Chapouille , Fiabilité, maintenabilité, Techniques de l'Ingénieur, T 4300, 2007.
- [19] Julie Berthon , Nouvelle approche de la fiabilité opérationnelle ,Thèse de doctorat de l'Université de Bordeaux I, 2008.
- [20] Patrick Lyonnet ,La maintenance mathématique et méthodes, Troisième édition, Paris, 1992.
- [21] Benferroudj Hafiza , La modélisation stochastique pour l'évaluation des indicateurs de la sureté de fonctionnement d'un système de production , Thèse de magister de l'Université de Batna, 2010.
- [22] Valérie Zille, Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants ,Thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Troyes, 2009.
- [23] www.icbf.pagesperso-orange.fr/btsmain/cours/weib.htm
- [24] SAP, ENAFOR, 2010.
- [25] Anne Seguy , Décision collaborative dans les systèmes distribués, application à la e-maintenance ,Thèse de doctorat à l'Université de Toulouse, 2008.
- [26] Jean-Cristophe Auge , Utilisation d'un modèle à hasard proportionnel pour estimer la fiabilité d'un composants mécaniques, modélisation de l'influence de l'environnement sur la fiabilité de vérins hydrauliques et pneumatiques, application aux essais accélérés, Thèse de doctorat de l'école centrale de Lyon, Mécanique, 1998.
- [27] Valérie Zille, modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants, thèse de doctorat de l'Université de Technologie de Troyes, 2009.
- [28] Anne Segey, décision collaborative dans les systèmes distribués application à la maintenance, thèse de doctorat de l'université de Toulouse, 2008.
- [29] <http://fr.wikipedia.org/wiki/Amortisseur>