REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère De L'enseignement Supérieure Et De La Recherche Scientifique

UNIVERSITE DR. YAHIA FARES MEDEA
جامعة الدكتور يحي فارس بالمدية

Faculté de Technologie

Département du Génie mécanique

Projet de fin d'étude de MASTER

DOMAINE : Science et Technologie

FILIERE : Génie Mécanique

SPECIALITE : Construction Mécanique

Estimation de fiabilité d'un tour parallèle

Préparé par :

- **SAHI Sid Ahmed**
- **RABEHI Dahmanne**

Diriger par :

PR. GUEMANA Mouloud

PR. HAFAIFA Ahmed

2022/2023

Estimation de la fiabilité d'un tour parallèle

REMERCIEMENT

Au terme de ce travail, je saisie cette occasion pour exprimer mon vif remerciement à toute personne ayant contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

Je gratifie avant tout, mon promoteur et le chef de service de ***POVAL*** *qui m'ont non seulement aidé, encouragés, orientés mais qui m'ont donné de précieux conseils pour réaliser ma recherche.*

Aussi, j'adresse de très sincères remerciements à l'ensemble de l'administration du département de ***Génie Mécanique*** *de l'université* ***YAHIA FARES*** *Médéa qui nous a apportés l'aide et les moyens de travailler.*

Enfin j'adresse de spéciaux remerciements à l'ensemble des enseignants du département de ***Génie Mécanique*** *qui nous ont suivis et formés tout au long de notre cursus universitaire.*

DEDICACES

Tout d'abord, je remercie Dieu Tout-Puissant, qui m'a permis de le faire

Je dédie ce modeste travail A ma douce et tendre mère

A mon très cher père

Qui ont sacrifié leur modeste vie pour que je puisse étudier.

A mes sœurs, à mon frère et mes grandes parents ferté de tout ce qui existe sur terre.

A Tous les membres de ma famille de près ou de loin.

A mes amis, compagnons de ma joie et de ma misère

SAHI. Sid Ahmed

DEDICACES

Je dédie ce modeste travail à ma chère mère et à mon père pour leur soutien moral et financier, ainsi que pour être la lumière de ma vie. Ils m'ont toujours encouragé à terminer mes études, en leur souhaitant une longue vie et que Dieu les protège.

À mes frères qui me stimulent, à tous mes proches collègues, sans exception.

À toute la famille « RABEHI », sans exception

À toutes les personnes qui sont proches de mon cœur et que je n'ai pas nommées.

À mes enseignants, depuis l'école primaire jusqu'à l'université.

À toutes les personnes qui m'ont encouragé ou aidé tout au long de mes études, merci à tous.

RABEHI Dahmanne

Sommaire :

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Résumé

Introduction générale……**1**

CHAPITRE I : Généralités sur les machines-outils

I.1 Introduction…….... **4**

I.2 Les types des machines-outils……...……... **4**

I.2.1 Perceuse ……..……....**4**

I.2.1. Modèles de perceuse……..……....**5**

I.2.1.1 Perceuse à colonne ……..**5**

I.2.1.2 Perceuse à main ……..…...……**5**

I.2.1.3 Perceuse sans fil ……..**5**

I.2.1.4 Perceuse à percussion ……...…..**6**

I.2.1.5 Perceuse magnétique ……. ……**6**

I .2.1.6 Perceuse de précision ……...…**6**

I.2.1.7 Perceuse multifonctions ……....**6**

I.2.2 Fraiseuse…...…….....**6**

I.2.2.1 Fraiseuse verticale……..……..……..……..**7**

I.2.2.2 Fraiseuse en bout et Fraiseuse en roulant ……..……..…**7**

I.2.2.3 Fraiseuse horizontale ……..……..…**7**

I.2.2.4 Fraiseuse en opposition et Fraiseuse en avalant ……..…**7**

I.2.3 Tour ……**7**

I.2.3.1 Le principe de fonctionnement ……...**8**

I.2.3.2 Opérations de tour ……...……..……...**9**

I.2.3.2.1 Chariotage ……...……**9**

I.2.3.2.2 Alésage ……...…….....**9**

I.2.3.2.3 Dressage ……...……**9**

I.2.3.2.4 Contournage ……...……**10**

I.2.3.2.5 Gorgeage ……..……..**10**
I.2.3.2.6 Chanfreinage ……..……**10**
I.2.3.2.7 Tronçonnage ……...……...…**11**
I.2.3.2.8 Filetage ……..……**11**
I.3 Les Tours ……...……...…..**12**
I.3.1 Classification des machines de tour ……**12**
I.3.1.1 Les tours parallèles pour le chariotage et le filetage ……..…**12**
I.3.1.2 Les tours à copier ……..**12**
I.3.1.3 Les tours semi-automatiques ……....**12**
I.3.1.4 Les tours automatiques ……**13**
I.3.1.5 Les tours automatiques multibroches ……...**13**
I.3.1.6 Les tours à commande numérique ……..…..**13**
I.4 Soutien et Formation des pièces sur un tour ……...…**13**
I.4.1 Montage en l'air ……...**13**
I.4.2 Montage mixte ……...……..**14**
I.4.3 Montage entre-pointes ……**14**
I.5 Conditions de coupe ……...…**15**
I.5.1 Vitesse de coupe Vc ……**15**
I.5.2 Vitesse d'avance *Vf et* avance par tour *f* ……..**16**
I.5.3 Les Différents types d'avances ……**17**
I.5.3.1 L'avance longitudinale …….……....**17**
I.5.3.2 L'avance transversale …….....**17**
I.5.3.3 L'avance oblique …….....**17**
I.5.4 Profondeur de passe « ap» ……...**18**
I.6 Les matériaux outils ……**18**
I.7 Refroidissement et graissage des machines-outils…….....**19**
I.7.1 Refroidissements …….…….....**19**
I.7.2 Les types de liquides de refroidissement …….……**20**
I.7.2.1 Les huiles miscibles à l'eau……**20**
I.7.2.2 Les huiles minérales ……...…..**20**
I.7.2.3 Les huiles organiques et animales …….…...**20**
I.7.2.4 Les huiles minérales lourdes ……..…**20**
I.7.2.5 Les émulsions aqueuses ….…….....**20**

I.7.3 Les avantages de l'utilisation de liquides de refroidissement……..…….……**21**
Conclusion
CHAPITRE II : Description d'un tour parallèle
II.1 Introduction…….…...**23**
II.2 Le tour Parallèle…….…**23**
II.3 Principe de fonctionnement……. ……..**24**
II.3 Les composantes de tour parallèle……...…..**24**
II3.1 Le bâti ……..……**24**
II.3.2 Le mandrin …….... **24**
II.3.3 Le chariot……....**24**
II.3.4 La poupée mobile ……..... **25**
II.3.5 Le système de transmission ……..….**26**
II.4.1 Lubrification et graissage d'une machine de tournage parallèle……...…..**27**
II.4.2 Les étapes de lubrification et graissage……..…**28**
II.5.1 Les principales raisons qui contribuent à la qualité du produit ……..…**29**
II.5.2 Les facteurs qui contribuent à obtenir une qualité de surface produite……..……**29**
Conclusion
CHAPITRE III : Différents Modèle de fiabilité
III.1 Introduction……..**32**
III.2 Concepts de la fiabilité …….……...**32**
III.2.1 Définition de la fiabilité …….....**32**
III.2.2 Fonction de la fiabilité ……..**32**
III.2.2.1 La fiabilité interne …….....**33**
III.2.2.2 La fiabilité externe …….……**33**
III.2.3 Fonction de densité de probabilité ……....**33**
III.2.4 Taux de défaillance ……...**34**
III.2.5 le courbe en baignoire …….....**34**
III.2.5.1 La phase de jeunesse …….……**35**
III.2.5.2 La phase de vieillissement normal ……..…**35**
III.2.5.3 La phase d'usure ……...….**35**
III.2.6 Durée de vie ……..……....…**35**
III.2.7 Fonction de réparation ……...……...**36**
III.3 Moyenne des temps de bon fonctionnement ……...…**36**

III.3.1 MUT (Mean Up Time) ……..**36**
III.3.2 Temps moyen pour réparer **MTTR** (Mean Time To Repair) ……..**36**
III.3.3 Taux de réparation μ ……**37**
III.3.4 MTBF ……...**37**
III.3.5 La relation entre **MUT, MTBF** et **MTTR** ……...**37**
III.3.6 Pour le matériel réparable……..**37**
III.3.7 Pour le matériel non réparable……...**38**
III3.8 Disponibilité……...…**39**
III.3.9 Méthodologie de la recherche de la fiabilité ……**39**
III.4 Principale lois utilisées ……....**40**
III.4.1 Les lois exponentielles ……..**41**
III.4.2 La loi normale (Laplace-Gauss) ……...**41**
III.4.3 La loi log –normale (ou de Galton) ……..**42**
III.4.4 La loi de poisson ou la loi de fiables probabilités ……....**42**
III.4.5 La loi du khi-deux …….....**43**
III.4.6 La loi Gamma……....**43**
III.4.7 La loi uniforme ……....**44**
III.4.8 La loi de Wei bull ……....**45**
III.4.8.1 Significations des paramètres de **Wei bull** ……...**45**
III.4.8.1.1 Paramètre de forme **ß** ……..……...**45**
III.4.8.1.2 Paramètre d'échelle **η** …….…....**46**
III.4.8.1.3 Paramètre de position **γ** ……..…….**46**
Conclusion
CHAPITRE IV : Estimation de fiabilité d'un tour parallèle
IV.1 Introduction……...**49**
IV.2 Matériel et méthodes …….....**49**
IV.2.1 Matériel ……**49**
IV.2.2 Méthodes…….... **50**
IV.2.2.1 Méthode Graphique……..…….…….....**50**
IV.2.2.2 Méthode Maximum de Vraisemblance…….…….…….…..…..**51**
IV.2.2.3 Méthode des Moindres Carrées …….……**51**
IV.2.2.4 Méthode des Moments …...……..…..**51**
IV.3.1 L'historique de la machine tour parallèle …….…….....…**51**

IV.3.2 Étude de la fiabilité d'un tour parallèle ……**52**
IV.3.2.1 Applique la Méthode Graphique……...…..**54**
IV.3.2.2 Applique la Méthode des Moindres Carrées……...…**56**
IV.3.2.3 Applique la Méthode Maximum De Vraisemblance……..…**59**
IV.3.2.4 Applique la Méthode des Moments ……..……..…**60**
IV.4 Résultat de modélisation……**62**
IV.5 La fonction de la répartition réelle obtenue par la rang moyenne…….....**65**
Conclusion
Conclusion générale
Référence bibliothèque
Annexe

Liste des figures :

CHAPITRE I
Figure I.1 : Composante d'une machine perceuse ……**5**
Figure I.2 : Composante d'une machine fraiseuse...…….……...…..**6**
Figure I.3 : Schéma Composante d'un tour ……..**8**
Figure I.4 : Chariotage ……...…...**9**
Figure I.5 : Alésage ……...**9**
Figure I.6 : Dressage ……...**10**
Figure I.7 : Contournage …….…....**10**
Figure I.8 : Gorgeage ……..…**10**
Figure I.9 : Chanfreinage ……**11**
Figure I.10 : Tronçonnage ……...**11**
Figure I.11 : Filetage ……...**11**
Figure I.12 : Montage en l'air…….....**14**
Figure I.13 : Montage mixte……....**14**
Figure I.14 : Montage entre pointe……...…**14**
Figure I.15 : Les choix des paramètres de coupe……..…...**15**
Figure I.16 : Vitesse de coupe…….....**16**

Figure I.17 : Vitesse d'avances……....**17**

Figure I.18 : Les Différents types d'avances (intérieur)……..**17**

Figure I.19 : Les matériaux pour outils de coupe……**19**

CHAPITRE II

Figure II.1 : Tour parallèle……...**23**

Figure II.2 : Mandrin 3 morts……..**24**

Figure II.3 : Le chariot…….....**25**

Figure II.4 : Poupée mobile…….....**26**

Figure II.5 : Boite de vitesse……..….**27**

CHAPITRE III

Figure III.1 : Fonction de fiabilité……...…**33**

Figure III.2 : Courbe de baignoire……..**35**

Figure III.3 : Fonction de distribution, fonction de réparation……**36**

Figure III.4 : Chronogramme de la relation entre **MUT, MTBF** et **MTTR** pour un modèle réparable……**38**

Figure III.5 : Chronogramme de **MTTR** pour un modèle non réparable……..….**39**

Figure III.6 : La méthode de la recherche de la fiabilité……...…..**40**

Figure III.7 : Papier **Weibull** ……..……**46**

CHAPITRE IV

Figure IV.1 : Histogramme des pannes ……..…**54**

Figure IV.2 : Méthode Moindre de Carrée en **Excel** …….…….**58**

Figure IV.3 : Courbe de **F(i)**……....**58**

Figure IV.4 : Les courbes de la résultat des méthodes……..…..**63**

Figure IV.5 : Fonction de fiabilité **R(t)**……..…….**64**

Figure IV.6 : Fonction de **F(t)**……...……..**64**

Figure IV.7 : Fonction de densité ***f*(t)**……..**65**

Liste des tableaux :

Tableau III.1 : Relation entre **F(t), R(t), *f*(t)** et **λ(t)** …….…….**34**
Tableau IV.1 : Historique de tour parallèle…….……..……..**52**
Tableau IV.2 : Calcule de **F(i)**……...……..**53**
Tableau IV.3 : Les déffaiances par classes ……...……..**54**
Tableau IV.4 : Calcule de **F(t), R(t)** et ***f*(t)**……...……..**55**
Tableau IV.5 : Calcule de **MMC** …….…..….**57**
Tableau IV.6 : La résultat des méthodes……..…...**62**

الملخص

العنوان الخاص بتقريرنا هو "تقدير موثوقية آلة الخراطة.

حاليًا، يوفر مجال الاعتمادية مجموعة من الأدوات القوية لتحسين عمليات تشغيل المعدات الصناعية. ومع ذلك، تعتمد موثوقية العمليات الصناعية على تطوير أدوات تسمح بتقدير عملية التدهور في هذه الأنظمة وتحليل توافرها. تندرج أعمال هذه الأطروحة في هذا السياق، حيث تهدف إلى استكشاف نهج الاعتمادية المطبقة على آلات الخراطة المتوازية وتقديم أدوات جديدة لتصميم موثوقية هذه الأنظمة بشكل أفضل، لزيادة سلامتها واتخاذ قرارات مستقبلية تؤثر في حالتها التشغيلية. كانت فائدة النهج المقترح في هذه الأطروحة هو إنشاء نموذج قوي للموثوقية، يكون أداءه أفضل قدر ممكن لآلات الخراطة المتوازية، لضمان ربحها. في السياق الصناعي، يتم تصميم تحليل وتقييم نهج الموثوقية لآلات الخراطة المتوازية لتجنب الأعطال والأضرار غير المتوقعة في هذه الأنظمة، بهدف تحسين توافرها وإنتاجها.

Résumé :

Actuellement, le domaine de la fiabilité offre un ensemble d'outils solides pour optimiser les opérations d'exploitation des équipements industriels. Cependant, la fiabilité des processus industriels repose sur le développement d'outils permettant d'estimer le processus de dégradation dans ces systèmes et d'analyser leur disponibilité. C'est dans ce contexte que s'inscrivent les travaux de cette thèse, visant à explorer les approches de fiabilité appliquées aux machines-outils et à proposer de nouveaux outils pour mieux modéliser la fiabilité de ces systèmes, afin d'accroître leur sécurité et de prendre des décisions futures influençant leur état de fonctionnement. L'intérêt de l'approche proposée dans cette étude a été d'établir un modèle d'estimation de fiabilité, le plus performant possible pour le tour parallèle, afin de garantir leur rentabilité. Dans le contexte industriel, l'analyse et l'évaluation des approches de fiabilité de tour parallèle sont conçues pour éviter les défaillances et les dommages imprévus de ces systèmes, dans le but d'améliorer leur disponibilité et leur productivité.

Mots clés : Fiabilité ; Disponibilité, loi de Weibull, Tour parallèle, Estimation de la fiabilité

Abstract:

Currently, the field of reliability offers a set of robust tools to optimize the operational activities of industrial equipment. However, the reliability of industrial processes relies on the development of tools that estimate the degradation process in these systems and analyze their availability. In this context, the work of this thesis aims to explore reliability approaches applied to parallel turret machines and propose new tools to better model the reliability of these systems, in order to increase their safety and make future decisions that influence their operational state. The interest of the proposed approach in this thesis was to establish a robust reliability model, as efficient as possible for parallel turret machines, to ensure their profitability. In the industrial context, the analysis and evaluation of reliability approaches for parallel turret machines are designed to prevent failures and unforeseen damages in these systems, with the goal of improving their availability and productivity.

Introduction générale

Ces dernières années, la machine tour parallèle a connu un développement significatif dans de nombreuses applications industrielles, en particulier dans le domaine de la fabrication. Elle est conçue avec un mandrin qui maintient la pièce en rotation pendant que des outils de coupe la travaillent. La rotation est contrôlée par une poupée mobile qui maintient l'autre extrémité de la pièce en place.

L'évolution et le succès de cette machine ont été conditionnés par l'amélioration des performances techniques des tours. La maintenance des équipements de production repose en grande partie sur l'état des mécanismes nécessaires à leur fonctionnement. On reconnaît l'importance d'un entretien régulier pour assurer la disponibilité des machines. Cependant, lorsqu'il s'agit de garantir la sécurité des biens, des personnes et de l'environnement, l'entretien s'avère souvent insuffisant et nécessite des approches plus fines développées dans les stratégies de maintenance. La maintenance optimale des machines tournantes en fonctionnement revêt une importance cruciale pour assurer une production continue et prolonger leur durée de vie.

Cette machine est utilisée dans l'analyse générale de la fiabilité des composants électroniques et mécaniques simples. D'autres distributions telles que la distribution gamma et la distribution log-normale sont également utilisées dans le domaine de la fiabilité, ainsi que d'autres approches.

Dans cet article, nous nous intéressons à la modélisation de la fiabilité d'une machine tour parallèle en utilisant le modèle de **Weibull,** qui est généralement utilisé dans l'analyse générale de la fiabilité.

L'objectif de ce travail est d'estimer la fiabilité d'une machine tour parallèle en utilisant le modèle de **Weibull.**

Notre mémoire est structurée en quatre chapitres, suivis d'une conclusion générale.

- Le premier chapitre présente une introduction généralités sur les machines-outils.
- Le deuxième chapitre décrit en détail un tour parallèle.
- Le troisième chapitre présente le modèle de fiabilité.
- Enfin, le quatrième chapitre détermine l'estimation de la fiabilité d'une machine tour parallèle à l'aide du modèle de **Weibull** avec quatre méthodes différentes **(Graphique, MMC, MEV et MOM)**

CHAPITRE I

Généralités sur les machines-outils

I.1 Introduction :

En mécanique, les machines-outils sont des équipements motorisés qui permettent réaliser des opérations d'usinage sur des pièces métalliques ou autres matériaux. Ces opérations peuvent inclure le tournage, le fraisage, le perçage, et d'autres processus d'usinage. Les machines-outils sont utilisées pour produire des pièces de haute précision pour diverses applications, allant des pièces simples pour la construction à des pièces de précision pour les industries de pointe telles que l'aéronautique et la défense.

Les machines-outils ont été développées au **XVIII -ème** siècle pour répondre aux besoins croissants de l'industrie manufacturière. Elles ont transformé la fabrication en permettant de produire des pièces en série avec une grande précision et une grande efficacité Au fil des ans, les machines-outils ont évolué pour devenir des équipements sophistiqués et hautement automatisés, intégrant des technologies telles que l'informatique et l'automatisation robotique. **[1]**

I.2 Les types machines-outils :

I.2.1 Perceuses :

Une machine perceuse est un outil motorisé qui est utilisé pour percer des trous dans différents types de matériaux, tels que le bois, le métal, le plastique et la pierre. Elle est généralement composée d'un moteur électrique qui entraîne une mèche de forage rotative à haute vitesse, permettant ainsi de réaliser des trous précis et uniformes. Les machines perceuses peuvent être de différentes tailles et styles en fonction de leur utilisation, allant des petites perceuses portatives à main aux grandes machines industrielles montées sur socle. Ces machines sont largement utilisées dans de nombreux domaines, tels que la construction, la menuiserie, la fabrication de meubles, l'automobile, la réparation et l'entretien de la maison, ainsi que dans l'industrie manufacturière pour la production en série de pièces**.[2]**

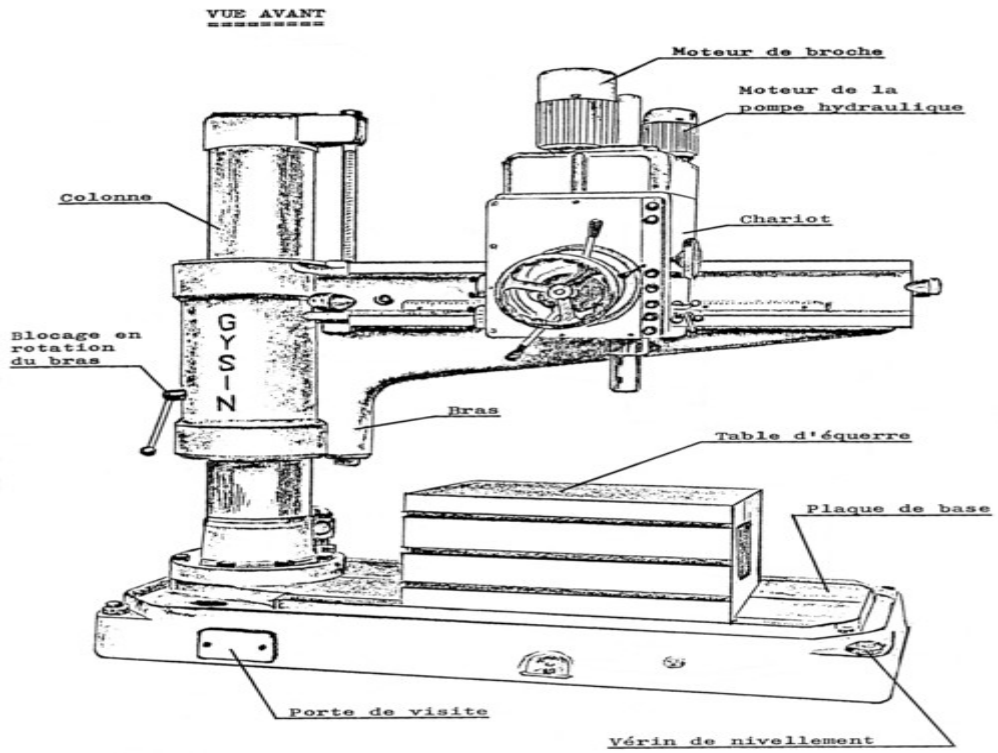


Figure I.1 : Composantes d'un machine perceuse **[2]**

I.2.1. Modèles de perceuse :

Il existe plusieurs types de perceuses, chacune adaptée à des besoins et des applications différents. Voici quelques exemples :

I.2.1.1 Perceuse à colonne : C'est une perceuse stationnaire utilisée pour les travaux de perçage sur des pièces de grande taille. Elle est dotée d'une base solide, d'un bras vertical et d'une table ajustable. La perceuse à colonne est souvent utilisée dans les ateliers d'usinage et de production.

I.2.1.2 Perceuse à main : La perceuse à main est une petite perceuse portative que l'on peut tenir à la main. Elle est utilisée pour les travaux de perçage légers, comme les travaux de bricolage et de réparation à la maison.

I.2.1.3 Perceuse sans fil : La perceuse sans fil est une perceuse portative alimentée par une batterie rechargeable. Elle est idéale pour les travaux de perçage dans des endroits difficiles d'accès ou lorsque l'on n'a pas accès à une prise électrique.

I.2.1.4 Perceuse à percussion : La perceuse à percussion est une perceuse qui combine un mouvement de rotation et de percussion pour percer des matériaux plus durs, comme la pierre ou le béton.

I.2.1.5 Perceuse magnétique : La perceuse magnétique est une perceuse équipée d'un aimant puissant qui permet de la fixer sur des surfaces métalliques. Elle est souvent utilisée dans les industries telles que la construction navale et la fabrication de machines.

I.2.1.6 Perceuse de précision : La perceuse de précision est une perceuse utilisée pour les travaux de perçage de précision, comme les travaux de bijouterie, d'horlogerie et de modélisme.

I.2.1.7 Perceuse multifonctions : est une perceuse qui peut être utilisée pour différentes fonctions, comme le perçage, le vissage, le ponçage et le polissage. Elle est souvent utilisée pour les travaux de bricolage et de réparation à la maison**.[2]**

I.2.2 Fraiseuse :

Le fraisage est un processus de fabrication qui implique l'enlèvement de matière sous forme de copeaux. Ce processus est effectué par une machine-outil appelée fraiseuse, qui combine la rotation de l'outil de coupe et l'avancée de la pièce à usiner.

La fraiseuse est particulièrement adaptée pour usiner des pièces prismatiques et peut réaliser tous types de formes complexes si elle est équipée d'une commande numérique. L'outil le plus couramment utilisé pour le fraisage est la fraise**. [3]**

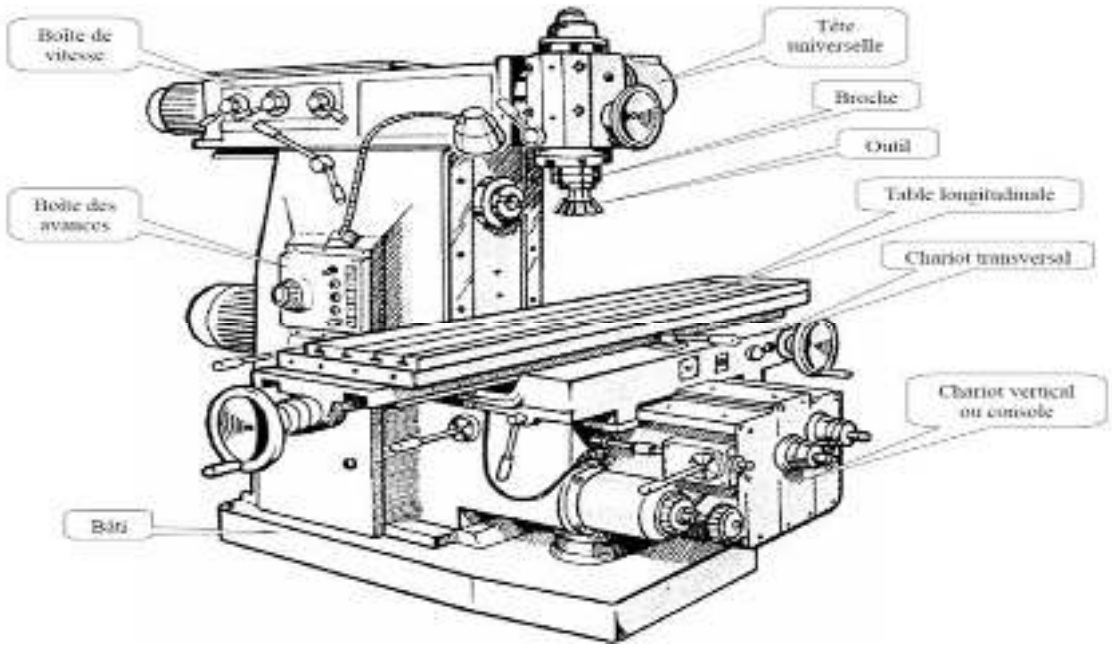


Figure I.2 : Composantes d'un machine fraiseuse **[3]**

Il existe plusieurs types de fraisage, si :

I.2.2.1 Fraiseuse verticale :

Qui implique un mouvement de coupe circulaire de l'outil et des mouvements selon les axes X et Y.

I.2.2.2 Fraiseuse en bout et Fraiseuse en roulant :

Qui sont réalisés avec une fraise à deux tailles et qui produisent des états de surface différents (rosaces pour le travail en bout et ondulations parallèles pour le travail en roulant).

I.2.2.3 Fraiseuse horizontale :

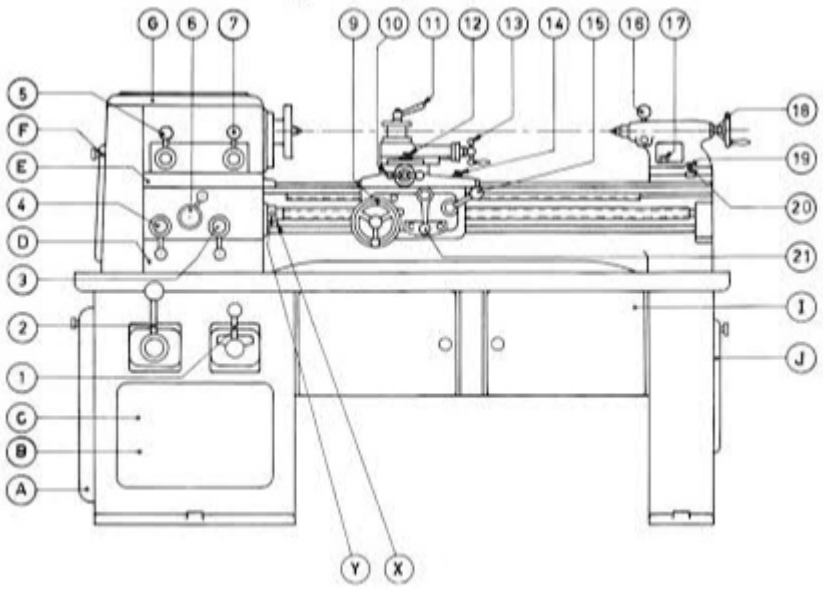
Dans le fraisage horizontal, l'axe de la broche est positionné horizontalement.

I.2.2.4 Fraiseuse en opposition et Fraiseuse en avalant :

Le fraisage en opposition implique que le mouvement de coupe de la fraise s'oppose au mouvement d'avance de la pièce, tandis que le fraisage en avalant implique que la fraise augmente le mouvement d'avance de la pièce, ce qui permet à la fraise d'avaler la pièce**.[3]**

I.2.3 Tour :

Le tournage est une méthode de production mécanique qui implique l'enlèvement de matière par coupe à l'aide d'outils à arête unique. Cette opération est réalisée sur des machines-outils appelées tours. **[4]**



1	Levier de commande du moteur	17	Ecrou de blocage de la contre-pointe sur le banc
2	Levier de commande de boite de vitesse	18	Volant de commande du canon de la contre-pointe
3	Levier d'inversion du sens de rotation	19	Vis de désaxage de la contre-pointe
4	Levier de section des filetages et avances	20	Contre-avis de désaxage de la contre-pointe
5	Levier donnant les mouvements lent et rapide	21	Levier d'embrayage des mouvements automatiques longitude et transversal des chariots
6	Levier baladeur de la sélection des filetages et avances	A	Couvercle d'accès à la poulie d'entrée de la boite de vitesse
7	Levier donnant à la poupée les vitesses à la volée ou au harnais	C	Accès du moteur principal
9	Volant de commande à la main de chariot longitudinal	D	Couvercle d'accès à l'inverseur
10	Commande à la main du chariot transversal	E	Couvercle d'accès au graissage de la boite de vitesse
11	Levier de blocage de la tourelle porte-outil	F	Porte d'accès à la tête de cheval
12	Vis(deux) de blocage de l'orientation du chariot porte-outils	G	Couvercle de la poupée fixe
13	Commande à la main du chariot porte-outil	I	Portes des armoires à outils
14	Vis de blocage du chariot longitudinal	J	Couvercle d'accès au dispositif de lubrification
15	Levier commandant les demi-écrous de la vis mère (filetage)	X	Moncho
16	Levier de blocage du fourreau de la contre-pointe	Y	Vis

Figure I.3 : Schéma Composante d'un tour **[4]**

I.2.3.1 Le principe de fonctionnement :

Après avoir fixé la pièce à usiner dans le mandrin et l'avoir serrée à l'aide des mors, la broche entraîne le mandrin en rotation grâce à un moteur. L'outil coupant est ensuite placé dans un porte-outil et fixé avec des vis avant d'être installé sur une tourelle porte-outils.

Les mouvements de l'outil sont assurés par les moteurs d'avance du chariot transversal et longitudinal. En outre, la contrepointe permet de réaliser des opérations telles que le pointage, le centrage, le perçage et l'alésage en bout de la pièce. **[5]**

I.2.3.2 Opérations de tournage :

I.2.3.2.1 Chariotage :

Le déplacement vers l'avant de l'outil correspond à une translation en ligne droite qui est parallèle à l'axe de rotation de la pièce. Cette opération de fraisage entraînera une diminution du diamètre de la pièce. **[6]**

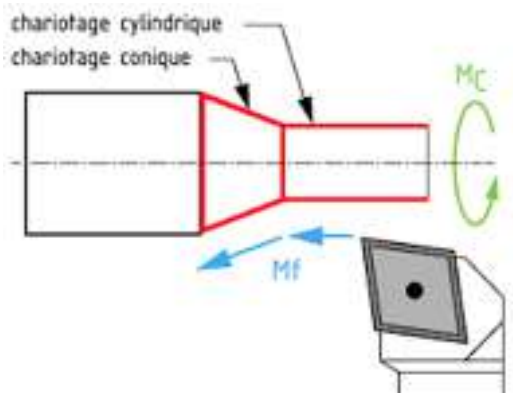


Figure I.4 : Chariotage **[6]**

I.2.3.2.2 Alésage :

L'opération implique l'usinage d'une surface intérieure cylindrique ou conique. Le mouvement d'avance est comparable à celui utilisé en chariotage**. [6]**

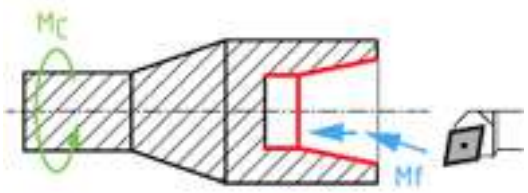


Figure I.5 : Alésage **[6]**

I.2.3.2.3 Dressage :

L'opération implique la fabrication d'une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure, ce qui entraîne une réduction de la longueur. **[6]**

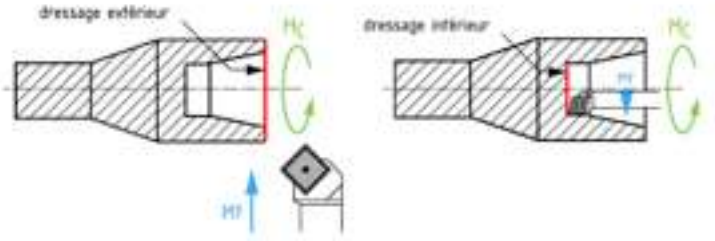


Figure I.6 : Dressage **[6]**

I.2.3.2.4 Contournage :

En donnant à l'outil un mouvement sur un plan quelconque, il est possible d'obtenir une variété de formes de révolution. **[6]**

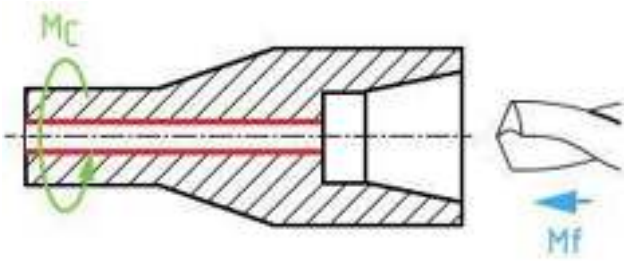


Figure I.7 : Contournage **[6]**

I.2.3.2.5 Gorgeage :

Cette opération implique la fabrication d'une encoche à l'intérieur ou à l'extérieur pour accueillir un circlip ou un joint torique. **[6]**

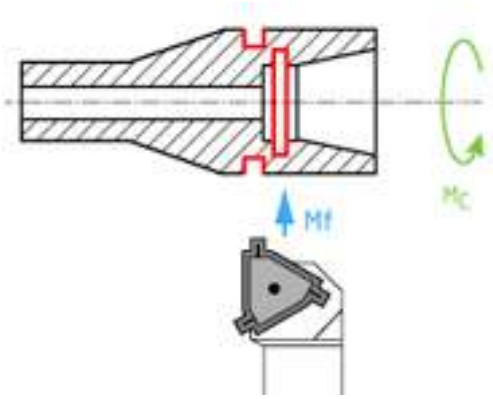


Figure I.8 : Gorgeage **[6]**

I.2.3.2.6 Chanfreinage :

L'opération implique l'usinage d'un petit cône pour éliminer un angle pointu. **[6]**

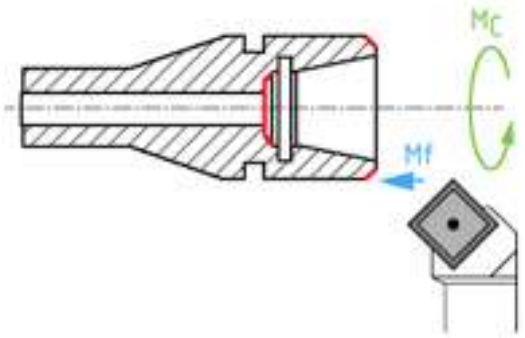


Figure I.9 : Chanfreinage **[6]**

I.2.3.2.7 Tronçonnage :

L'opération implique la création d'une fente jusqu'à l'axe de la pièce pour en retirer une partie. **[6]**

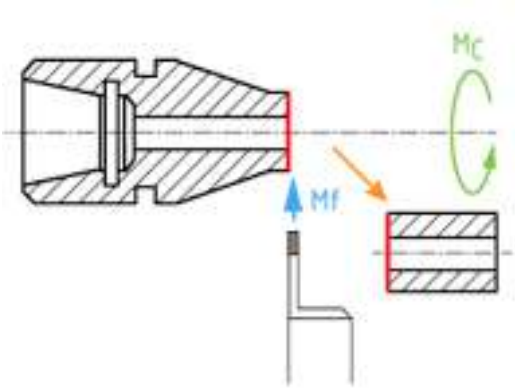


Figure I.10 : Tronçonnage **[6]**

I.2.3.2.8 Filetage :

L'opération implique la création d'un filetage intérieur ou extérieur, en combinant les mouvements d'avance et de coupe. **[6]**

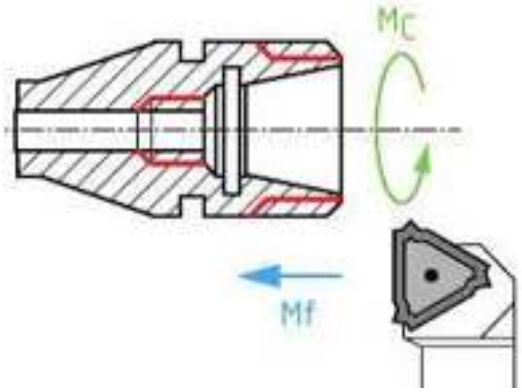


Figure I.11 : Filetage **[6]**

I.3 Les Tours :

Les tours sont utilisés pour usiner des surfaces de révolution et des filetages hélicoïdaux tels que des cylindres, des cônes et des plans où la génératrice est perpendiculaire à l'axe de la révolution. Les machines sont principalement utilisées pour l'usinage des arbres. La pièce à usiner, tenue généralement par le mandrin, est mise en rotation pour créer un mouvement de coupe qui est transmis par la broche. L'outil peut se déplacer en translation dans deux directions perpendiculaires entre elles, qui appartiennent à un plan parallèle à l'axe de la broche. Le premier mouvement de translation suit l'axe de la broche tandis que le deuxième mouvement est perpendiculaire à l'axe de la broche. **[7]**

I.3.1 Classification des machines de tour :

Les machines-outils les plus courantes utilisées pour le tournage sont :

I.3.1.1 Les tours parallèles pour le chariotage et le filetage :

Elles sont utilisées pour des travaux uniques ou des petites et moyennes séries sur des pièces très simples. Ces tours sont peu flexibles, car seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche peuvent être produites en travail d'enveloppe. **[8]**

I.3.1.2 Les tours à copier :

Permettent l'usinage de pièces en reproduisant un gabarit grâce à un système hydraulique de copiage qui contrôle le déplacement du chariot transversal. Il s'agit d'une machine assez

flexible qui convient pour des travaux de petites à grandes séries. La génératrice des surfaces de révolution peut être de n'importe quelle forme. **[8]**

I.3.1.3 Les tours semi-automatiques :

Sont équipés d'un traînard similaire à celui d'un tour parallèle avec une tourelle hexagonale index able munie de 6 postes d'outils animée d'un mouvement longitudinal contrôlé par des butées. Les outils spécialement conçus pour la machine permettent des opérations simples et précises. La commande de ces tours peut être manuelle ou en partie automatique. La flexibilité de ces machines est très limitée, et elles sont utilisées pour des travaux de moyenne série. **[8]**

I.3.1.4 Les tours automatiques :

Sont équipés de plusieurs outils qui sont disposés tangentiellement à la pièce à usiner. Les mouvements de ces outils sont contrôlés par des cames qui déterminent la vitesse et la course de chaque outil. Chaque came est conçue pour une opération spécifique et une pièce spécifique. Ces tours sont complètement automatisés et n'offrent pas beaucoup de flexibilité. Ils sont surtout adaptés aux grandes séries de production. **[8]**

I.3.1.5 Les tours automatiques multibroches :

Sont équipés de huit broches qui fonctionnent simultanément et effectuent des opérations différentes sur une pièce. Les broches tournent d'un huitième de tour pour présenter la pièce devant le prochain outil. Une fois que toutes les broches ont tourné un tour complet, la pièce est terminée. Ce type de tour permet de travailler dans la barre, mais les réglages sont longs et le temps de passage d'une série à l'autre immobilise la machine. Ce type de tour convient surtout aux grandes et très grandes séries de pièces de petite taille en raison de l'espace entre les broches. **[8]**

I.3.1.6 Les tours à commande numérique :

Sont similaires aux tours de copiage, car la forme de la pièce peut être n'importe quoi, mais dans ce cas, la trajectoire de l'outil est obtenue par le mouvement simultané de deux

axes. Ces axes sont contrôlés par un calculateur qui utilise un programme spécifique à la pièce pour déterminer leur position à chaque étape.

Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement d'un système de chargement des pièces. En raison de leur grande flexibilité, ils conviennent 'articulairement bien pour le travail Unitaire ou les petites séries répétitives. **[8]**

I.4 Soutien et Formation des pièces sur un tour :

Il y a trois configurations principales pour usiner la pièce sur le tour.

I.4.1 Montage en l'air :

Il s'agit d'un montage réalisé sur un mandrin pour les pièces courtes (L<4D). Une extrémité est attachée au mandrin tandis que l'autre reste libre.

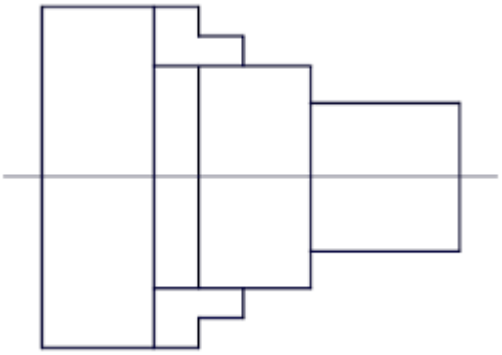


Figure I.12 : Montage en l'air **[9]**

I.4.2 Montage mixte :

Il est destiné à être utilisé pour des pièces relativement longues (4D < L < 8D). L'une des deux extrémités est fixée au mandrin tandis que l'autre extrémité est soutenue par la poupée mobile.

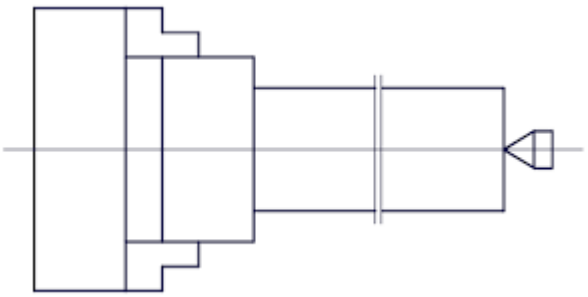


Figure I.13 : Montage mixte **[9]**

I.4.3 Montage entre-pointes :

Pour l'usinage des pièces longues (L > 8D), on utilise le montage entre pointes. La pièce est soutenue par ses deux extrémités à l'aide de deux pointes et d'une lunette**.[9]**

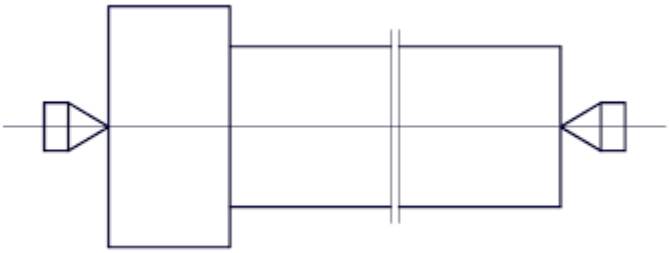


Figure I.14 : Montage entre pointe **[9]**

I.5 Conditions de coupe :

Afin d'obtenir un résultat satisfaisant lors d'une opération de tournage, il est important de sélectionner avec soin les conditions de coupe. Plusieurs critères peuvent être pris en compte pour déterminer ces conditions, tels que :

- Le type de machine (mécanisme, plage de vitesses…).
- La puissance de la machine.
- Le matériau de l'outil (ARS, carbure…).
- Le matériau à usiner (acier, aluminium…).
- Le type d'opération (perçage, chariotage, surfaçage…)

Ainsi que l'utilisation éventuelle d'une lubrification destinée à refroidir ou réduire les frottements**.[10]**

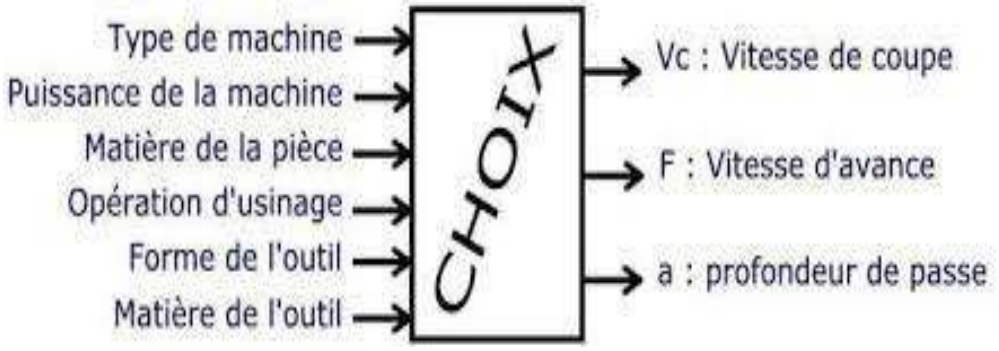


Figure I.15 : Les choix des paramètres de coupe

I.5.1 Vitesse de coupe Vc :

La pièce est mise en rotation à une certaine vitesse angulaire ω sur le tour, qui est transmise par la broche de la machine au mandrin.

La vitesse de la pièce par rapport à l'outil en ce point est calculée à l'aide de la formule suivante :

$$Vc(m/min) = D/2(m) \times \omega(red/min) \qquad (1)$$

La vitesse de la broche est donnée par l'expression suivante :

$$N\,(tr/min) = 1000\ \ (1000 \times \mathbf{Vc(m/min}\ ))/(\pi \times D(mm)) \qquad (2)$$

Vc : vitesse de coupe (m/min)

D : Diamètre de la pièce (mm)

N : Fréquence de rotation (tr/min).**[11]**

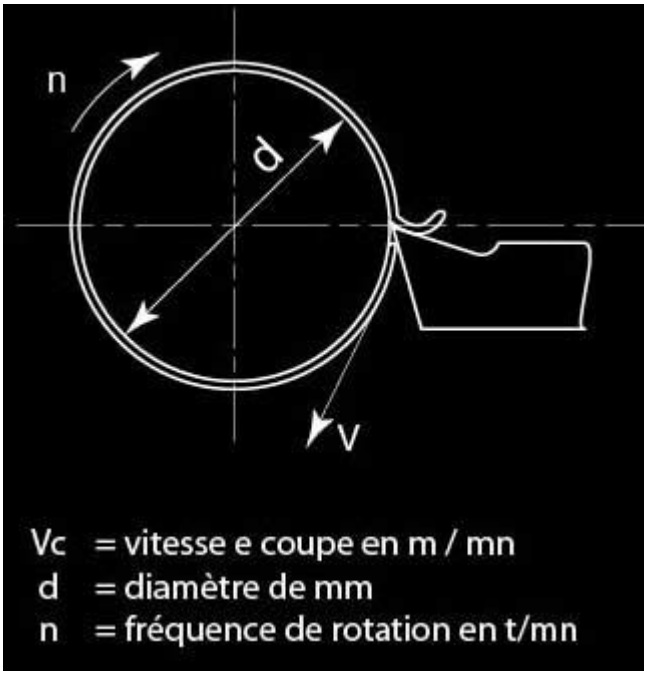


Figure I.16 : Vitesse de coupe

I.5.2 Vitesse d'avance *Vf et* avance par tour *f* :

La vitesse d'avance *Vf (mm/min)* correspond à la vitesse à laquelle la machine déplace l'outil par rapport à la structure de la machine. L'avance par tour *f(mm/tr)* correspond quant à elle à la distance parcourue par l'outil à chaque révolution complète de la pièce. Cette valeur est cruciale pour garantir la qualité de la surface usinée. En effet, l'avance joue un rôle important non seulement sur l'épaisseur des copeaux, mais également sur leur fragmentation.**[12]**

$$Vf = f \times N \ (mm/min)$$

- *Vf* : vitesse d'avance (mm/min)
- *f* : l'avance (mm)
- N : Fréquence de rotation (tr/min)

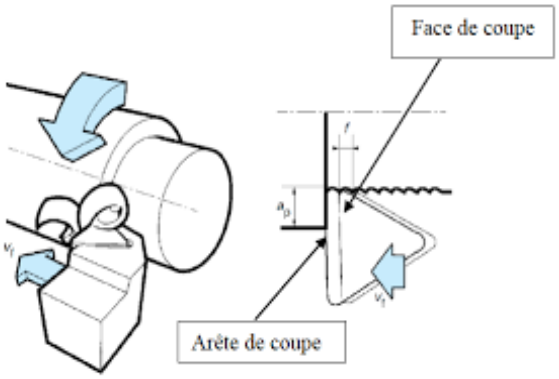


Figure I.17 : Vitesse d'avances

I.5.3 Les Différents types d'avances :

Il existe trois types d'avances :

I.5.3.1 L'avance longitudinale :

On parle d'avance longitudinale lorsque l'outil se déplace parallèlement à l'axe de la pièce brute.

I.5.3.2 L'avance transversale :

On parle d'avance transversale lorsque l'outil se déplace perpendiculairement à l'axe de la pièce brute.

I.5.3.3 L'avance oblique :

On parle d'avance oblique lorsque l'outil se déplace selon un angle par rapport à l'axe de la pièce brute**.[13]**

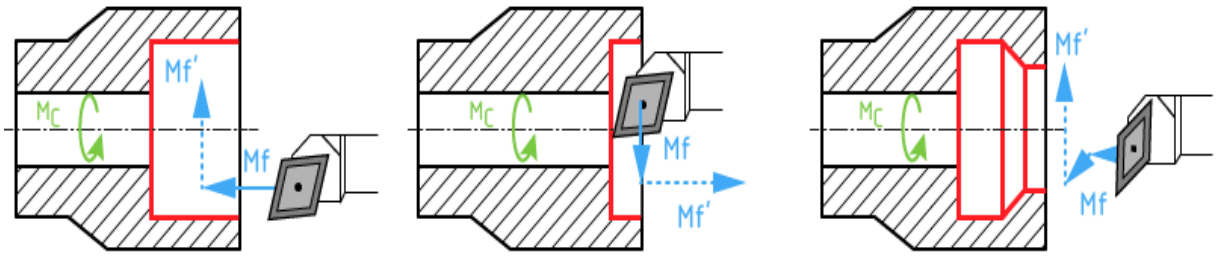


Figure I.18 : Les Différents types d'avances **(intérieur)**

I.5.4 Profondeur de passe « ap » :

La valeur « **ap »,** exprimée en millimètres, représente la profondeur de la partie de la pièce coupée par l'outil dans le cas d'une coupe orthogonale. Dans le cas du tournage, elle correspond à la différence entre le rayon initial et le rayon final de la pièce. La mesure de cette profondeur s'effectue toujours perpendiculairement à la direction d'avance et non pas en suivant l'arête de l'outil**.[14]**

I.6 Les matériaux outils :

Les matériaux utilisés pour fabriquer des outils ont certaines caractéristiques :

- Ils doivent avoir une bonne résistance mécanique à l'usure et au frottement.
- Ils doivent avoir une bonne résistance aux chocs et être tenaces.
- Ils doivent avoir une bonne résistance à la pénétration et être durs.
- Ils doivent garder leurs propriétés à haute température, comme leur dureté à chaud.
- Ils doivent avoir une bonne résistance à la pression.
- Ils doivent être chimiquement stables vis-à-vis du matériau usiné et de l'environnement (air, liquides de coupe, etc.).
- Ils ne doivent pas adhérer au matériau usiné sous haute pression et haute température.

• Ils doivent être peu coûteux à l'achat et à la mise en forme, et les éléments de composition doivent être abondants.

Le schéma **(Figure I.19)** est fourni à titre indicatif pour localiser les différents domaines des matériaux utilisés pour les outils. Il représente les conditions normales d'utilisation de ces outils, en début de processus, pour les aciers et les fontes. Il ne peut pas être utilisé pour choisir les conditions de coupe. **[15]**

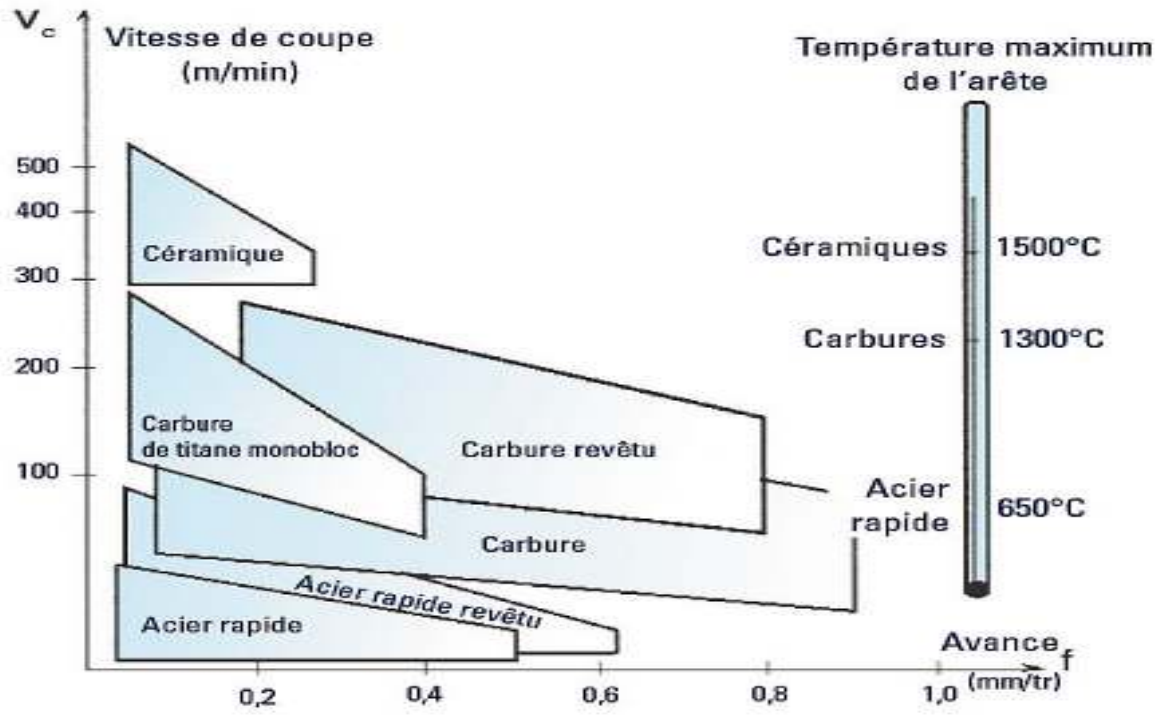


Figure I.19 : Les matériaux pour outils de coupe**.[16]**

I.7 Refroidissement et graissage des machines-outils :

I.10.1 Refroidissements :

Le processus de refroidissement est considéré comme l'un des processus auxiliaires les plus importants pour la coupe sur un tour, car il permet de réduire les problèmes de chaleur découlant de la coupe et facilite le processus de coupe. En général, les liquides spéciaux ou l'air comprimé sont utilisés pour le processus de refroidissement, bien que cela soit effectué dans des limites très restreintes. Bien que le dioxyde de carbone soit l'un des meilleurs réfrigérants, son utilisation pour refroidir la coupe est évitée en raison de son coût élevé.

Les liquides de refroidissement sont largement utilisés lors de la coupe sur un tour avec des couteaux en acier à haute vitesse et en acier blanc. En plus de leurs propriétés de refroidissement, les liquides de refroidissement ont souvent des propriétés de lubrification et de nettoyage. **.[17]**

I.7.2 Les types de liquides de refroidissement :

Les liquides de refroidissement les plus importants de notre ère sont : l'eau, la solution de sodium, l'eau savonneuse, les huiles minérales, les graisses, la solution de graisses, les émulsions dissoutes dans l'eau, ainsi qu'un mélange de ces liquides ensemble.

Les liquides utilisés pour l'usinage sur tour peuvent être classés en plusieurs types :

I.7.2.1 Les huiles miscibles à l'eau :

Il s'agit d'un groupe de composés qui se dissolvent dans l'eau et lui donnent une couleur semblable à celle du lait. Ces huiles sont généralement utilisées dans divers processus de coupe pour éliminer la chaleur générée à l'extrémité de l'outil de coupe. En plus de leur propriété de refroidissement, ces huiles protègent la pièce travaillée et les parties de la machine contre la rouille. Ces huiles sont généralement mélangées à de l'eau dans un rapport de (1 :5).

I.7.2.2 Les huiles minérales :

Elles comprennent différentes sortes d'huiles dérivées du pétrole, telles que la paraffine et le kérosène. Ces huiles sont mélangées avec des huiles organiques et animales pour être utilisées lors du tournage de finition et pour faciliter la coupe des métaux non ferreux.

I.7.2.3 Les huiles organiques et animales :

Il s'agit d'un groupe riche en soufre extrait des matières organiques et animales. Elles sont utilisées pour le tournage lourd avec une profondeur de coupe importante.

I.7.2.4 Les huiles minérales lourdes :

Il s'agit d'un mélange d'huile lourde et d'huile minérale liquide. Elles sont utilisées pour obtenir un liquide de refroidissement qui présente une meilleure capacité de lubrification que l'huile minérale liquide. Elles sont utilisées pour le tournage de moyenne profondeur de coupe.

I.7.2.5 Les émulsions aqueuses :

Il est possible d'obtenir des liquides de refroidissement capables de nettoyer les copeaux et de les refroidir en utilisant de l'eau contenant des alcalins. Cependant, l'utilisation de cette solution crée des taches sur la surface métallique de la machine et de ses pièces, il est donc préférable d'ajouter de l'huile lourde et du savon doux pour éliminer ces taches**.[17]**

I.7.3 Les avantages de l'utilisation de liquides de refroidissement :

- Augmentation de la durée de vie de l'outil de coupe.
- Maintien de l'outil de coupe et de la pièce à usiner à une température basse.
- Prévention de la coloration de la pièce à usiner due à la chaleur générée pendant le processus de coupe.
- Élimination des copeaux du site de coupe (nettoyage du site de coupe).
- Prévention de la rouille et de la corrosion de l'outil de coupe et de la pièce à usiner.
- Aide à réduire la poussière et les fumées générées pendant le processus de coupe.
- Empêche l'adhérence des copeaux sur l'outil de coupe pour les tours. **.[17]**

Conclusion :

En résumé, les machines-outils sont indispensables dans le domaine de la fabrication mécanique. Elles proposent une variété de modèles adaptés à des besoins spécifiques. Il est également primordial de prendre en considération les paramètres de coupe, tels que la vitesse de coupe, la puissance de la machine, le matériau de l'outil et du matériau à usiner, ainsi que l'éventuelle utilisation d'une lubrification adéquate.

En bref, les machines-outils de perçage, de fraisage et de tournage jouent un rôle essentiel dans la fabrication mécanique en permettant la réalisation de différentes opérations d'usinage et en offrant une grande polyvalence pour répondre aux exigences spécifiques des industries et des projets de fabrication.

CHAPITRE II

Description d'un tour parallèle

DESCRIPTION D'UN TOUR PARALLELE

II.1 Introduction :

Le tour parallèle est une machine-outil qui est couramment utilisée dans l'industrie ; l'usinage des pièces cylindriques. C'est un équipement polyvalent et indispensable dans la fabrication de pièces mécaniques de toutes sortes, que ce soit pour les travaux de tournage, de fraisage, de perçage ou de filetage. Les tours parallèles sont utilisés dans de nombreux secteurs, tels que l'automobile, l'aéronautique, la construction navale, la mécanique générale, etc. Dans cet outil, la pièce est maintenue dans un mandrin et mise en rotation à une vitesse contrôlée, tandis que les outils de coupe la travaillent pour obtenir des formes cylindriques précises et des surfaces lisses. Dans cette optique, le tour parallèle est un outil de haute précision qui permet de réaliser des pièces mécaniques de qualité supérieure. **.**

II.2 Le tour Parallèle :

Le tour parallèle est une machine industrielle qui sert à usiner des pièces cylindriques. Elle est équipée d'un mandrin qui permet de maintenir la pièce en rotation, tandis que des outils de coupe la travaillent. La rotation est contrôlée par une poupée mobile qui maintient l'autre extrémité de la pièce en place. **.[18]**

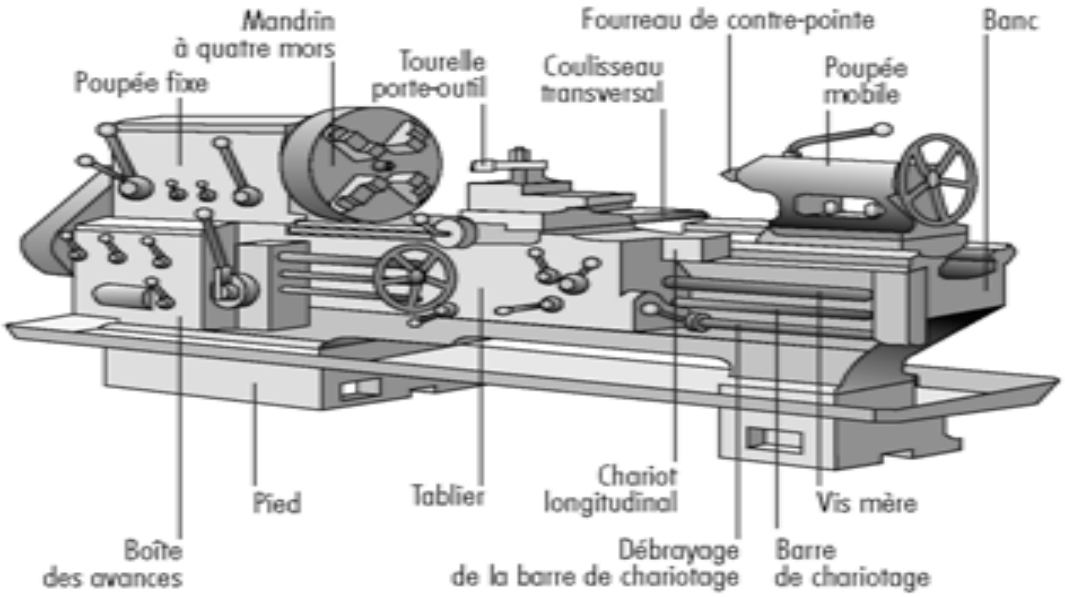


Figure II.1 : Tour parallèle **[18]**

II.3 Principe de fonctionnement :

Le mandrin maintient la pièce à usiner grâce aux mors, tandis qu'il est fixé sur la broche et en rotation grâce à un moteur. L'outil coupant est positionné dans un porte-outil, fixé à l'aide de vis, puis le porte-outil est placé sur une tourelle porte-outil. Les mouvements de l'outil sont contrôlés par les moteurs d'avance, commandés par le chariot transversal et longitudinal. Finalement, le contrepoint permet d'effectuer des opérations de pointage, centrage, perçage et alésage à l'extrémité de la pièce**.[19]**

II.3 Les composantes de tour parallèle :

II3.1 Le bâti :

C'est la partie principale de la machine, qui assure la stabilité et la résistance mécanique de l'ensemble. Il est souvent en fonte et dispose d'une base solide pour supporter les autres parties du tour. **.[20]**

II.3.2 Le mandrin :

C'est une pièce cylindrique qui permet de maintenir la pièce à usiner en place. Le mandrin est fixé sur la broche du tour, qui assure la rotation de la pièce. **.[20]**

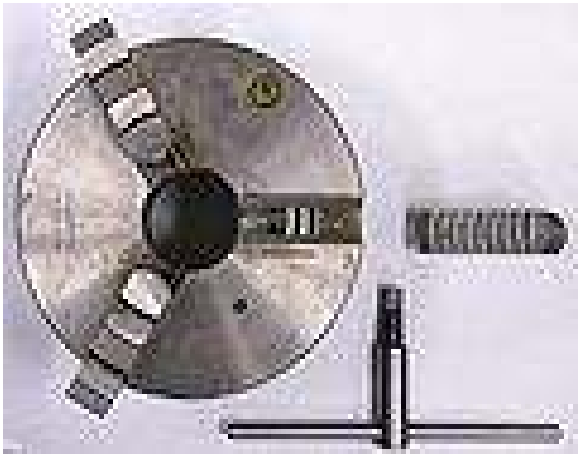


Figure II.2 : Mandrin 3morts **[20]**

II.3.3 Le chariot :

C'est la partie mobile du tour qui se déplace le long du bâti et qui porte les outils de coupe. Le chariot est contrôlé par une vis-mère qui permet de déplacer l'outil de coupe vers ou loin de la pièce. **.[20]**



Figure II.3. Le chariot **[20]**

1 : porte-outils

2 : chariot

2a : réglage

2b : base pivotante

3 : chariot transversal

3a : système de lecture optoélectronique du chariot transversal

3b : volant de manœuvre

4 : trainard

5 : tablier

5a : volant trainard

5b : levier avance

5c : inverseur d'avance

II.3.4 La poupée mobile :

C'est la partie mobile qui soutient l'autre extrémité de la pièce à usiner. Elle est souvent équipée d'un plateau diviseur pour réaliser des filetages et des formes complexes. **.[20]**



Figure II.4 : Poupée mobile **[20]**

T1 : vis de manœuvre

T2 : réducteur (en option)

T3 : le corps

T4 : base réglable

T5 : broche

T6 : levier de verrouillage

II.3.5 Le système de transmission :

C'est le système qui permet de régler la vitesse de rotation de la broche du tour en fonction des besoins de l'opération d'usinage. Il peut être mécanique ou électronique, selon les modèles de tour. **.[20]**



Figure II.5 : Boite vitesse **[20]**

H1 : bloc de tête

H2 : engrenages intermédiaires

H3 : grande vitesse

H4 : broche

H5 : marche avant/arrière

H6 : vitesses d'avance

H7 : vis mère

H8 : barre de chariotage

H9 : sélecteur de filetage

H10 : carter de boîte

II.4.1 Lubrification et graissage d'une machine de tournage parallèle :

Il est essentiel de fournir régulièrement l'huile nécessaire pour la lubrification et le graissage d'une machine de tournage parallèle, conformément aux instructions du fabricant et aux directives suivantes :

II.4.1.1 Porte avant : Avant de démarrer la machine, vérifiez la présence d'huile dans les points de lubrification situés sur la porte avant de la machine. Ajoutez de l'huile si nécessaire, selon les recommandations du fabricant.

II.4.1.2 Broche principale (structure de base) : La machine nécessite une lubrification de la broche principale et des paliers présents dans la structure de base. Utilisez l'huile recommandée et suivez les instructions du fabricant pour une application correcte.

II.4.1.3 Base et glissières : Graissez la base et les glissières en utilisant la graisse recommandée. Appliquez la graisse sur les glissières et assurez-vous d'une répartition uniforme.

II.4.1.4 Vis et écrous : Certains vis et écrous de la machine peuvent nécessiter une lubrification pour faciliter leur mouvement. Utilisez une petite quantité d'huile et répartissez-la sur les vis et les écrous.

Autres points de lubrification : Vérifiez s'il existe d'autres points de lubrification sur la machine et appliquez de l'huile conformément aux recommandations du fabricant.

Ces procédures doivent faire partie de l'entretien régulier de la machine. Assurez-vous de consulter le manuel de l'utilisateur ou le guide technique fourni avec la machine pour des instructions spécifiques et précises sur le processus de lubrification et de graissage.**[21]**

II.4.2 Les étapes de lubrification et graissage :

Pour lubrifier une machine à tour parallèle, il est nécessaire de suivre certaines étapes de base. Voici un exemple de procédure de lubrification traditionnelles à suivre :

- Avant de commencer le processus de lubrification, assurez-vous que la machine est complètement arrêtée et qu'il n'y a aucun mouvement dans les outils ou les pièces mobiles.
- Vérifiez la présence du système de lubrification sur la machine parallèle. Généralement, il y a des points de lubrification répartis le long des axes, des paliers et d'autres parties nécessitant de la lubrification.
- Utilisez l'huile de lubrification recommandée pour la machine parallèle. Il est préférable d'utiliser une huile de lubrification ayant une viscosité appropriée et résistante à l'usure et à la corrosion.

- Avant de lubrifier la machine, nettoyez les zones à lubrifier à l'aide d'un chiffon propre pour éliminer toute saleté ou dépôt éventuel.
- Utilisez un moyen pour distribuer l'huile de manière uniforme sur les zones à lubrifier. Vous pouvez utiliser une petite brosse ou une bouteille de lubrification avec une petite buse pour guider l'huile vers les ports appropriés.
- Appliquez une petite quantité d'huile à chaque point de lubrification. N'utilisez pas une quantité excessive d'huile pour éviter les fuites ou les accumulations inutiles.
- Après la lubrification, mettez la machine en marche pendant quelques minutes à une vitesse lente pour permettre à l'huile de se répandre et de se distribuer efficacement dans les axes, les paliers et les autres pièces.
- Vérifiez régulièrement les ports et les pièces lubrifiées et répétez la lubrification au besoin. **[21]**

II.5.1 Les principales raisons qui contribuent à la qualité du produit :

- Installation de la pièce de travail d'exploitation.
- Choix du stylo de tour approprié pour travailler sur la pièce requise.
- Fixation du stylo en le reliant solidement à la tour, de sorte que la coupure soit au niveau de l'axe de la tour.
- Utilisation d'outils de mesure appropriés et de haute précision.
- Utilisation de liquide de refroidissement en cas de besoin. **.[22]**

II.5.2 Les facteurs qui contribuent à obtenir une qualité de surface produite :

- L'absence de vibration du tour et sa fixation au sol.
- L'absence de vibration des parties guidées de la tour.
- Nettoyage continu de la tour, ainsi que sa lubrification.
- Fixation solide du stylo de coupe, de sorte qu'il reste fixe tout au long du trajet de coupe. **.[22]**
- La stabilité de la rotation de la pièce à travailler.

Conclusion :

En résumé, la machine tour parallèle est un outil essentiel de fabrication mécanique offrant une grande polyvalence pour réaliser diverses opérations d'usinage. Sa conception robuste et précise permet d'obtenir des pièces de haute qualité avec des tolérances précises, adaptées à différents matériaux. Elle offre également une grande flexibilité de réglages et d'ajustements, répondant ainsi aux besoins spécifiques de chaque projet de fabrication. Utilisée dans de nombreux secteurs industriels, elle joue un rôle clé en assurant des performances fiables, une précision accrue et une efficacité de production élevée pour la réalisation de pièces mécaniques de qualité.

CHAPITRE III

Déférents Modèles de fiabilité

I Introduction :

Fiabilité des machines mécaniques est un sujet crucial. Leur défaillance peut entraîner des conséquences graves pour l'environnement, la sécurité des individus et des pertes économiques importantes. C'est pour cette raison qu'il est primordial d'évaluer leur fiabilité afin de s'assurer de leur bon fonctionnement et de leur durabilité.

Cette évaluation peut être réalisée grâce à diverses méthodes, telles que l'analyse statistique des données de défaillance, l'inspection régulière et la maintenance préventive, ainsi que l'utilisation de modèles mathématiques tels que le modèle de **Weibull**. Cet article examine les différentes méthodes utilisées pour évaluer la fiabilité des équipements mécaniques. **[23]**

II. 2 Concepts de la fiabilité :

II.2.1 Définition de la fiabilité :

La fiabilité peut être définie comme la capacité d'un système ou d'un équipement à fonctionner de manière satisfaisante dans des conditions données, sans défaillance, pendant une période de temps spécifique. Elle est mesurée en termes de la probabilité qu'un système ou un équipement fonctionne correctement pendant une période de temps donnée. **[24]**

II.2.2 Fonction de la fiabilité :

La fiabilité d'un système est mesurée par la probabilité que le dispositif exécute correctement une tâche donnée dans des conditions d'utilisation et sur une période de temps spécifiée. Cette mesure est appelée R(t) dans la suite, où t représente la durée de la mission. La définition de la fiabilité indique clairement qu'elle implique des probabilités, ce qui implique l'utilisation de statistiques et de mathématiques.

En termes mathématiques, la fiabilité se définit comme la probabilité que l'équipement fonctionne correctement (sans défaillance) jusqu'à l'instant t, où t est la durée spécifiée avant la panne :

$$R(t) = P\{T > t\} = \int f(u)du \qquad (3)$$

La fonction de survie ou de fiabilité décroît avec le temps t. Elle obéit également à certaines propriétés :

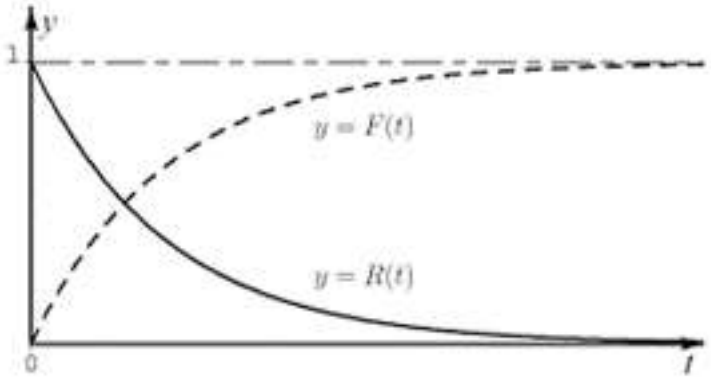


Figure III.1 : Fonction de fiabilité

Il y a de types de fiabilité

a) La fiabilité interne :

Fait référence à la mesure de la constance et de la précision des résultats d'une étude, c'est-à-dire la capacité d'une étude à produire des résultats fiables et cohérents au fil du temps et dans des conditions similaires. La fiabilité interne est souvent évaluée à l'aide de tests de reproductibilité ou de cohérence des résultats**. [25]**

b) La fiabilité externe :

Fait référence à la généralisation des résultats d'une étude à une population plus large ou à d'autres contextes que celui de l'étude. La fiabilité externe est souvent évaluée en examinant la validité des conclusions d'une étude dans différents contextes ou en comparant les résultats de différentes études menées sur des populations similaires. **[25]**

II.2.3 Fonction de densité de probabilité :

La fonction f(t) décrit la probabilité des durées de vie de l'équipement à un moment donné. Cette fonction est mesurable et a une mesure égale à l'unité. La probabilité de panne de l'équipement entre [*t, t + dt*] est approximativement égale à f(t)dt. La surface F(t) sous la

courbe de la figure 2.2 représente la probabilité que le système tombe en panne au moment t*, tandis que la surface R(t) représente la probabilité que le système fonctionne. Logiquement, avec le temps, la probabilité de panne augmente (t* se déplace vers la droite sur le graphique) et la fiabilité diminue. **[25]**

II.2.4 Taux de défaillance :

Le taux de défaillance est une mesure importante de la fiabilité d'un système ou d'un équipement. Il est défini comme le nombre de défaillances du système ou de l'équipement par unité de temps. Plus le taux de défaillance est faible, plus la fiabilité du système ou de l'appareil est élevée.

Le taux de défaillance peut être utilisé pour calculer la probabilité qu'un système ou un appareil tombe en panne sur une période de temps. **[26]**

La structure globale de taux défaillance est :

$$\lambda(t)=\frac{(\boldsymbol{nombre\ de\ défaillance})}{(\boldsymbol{durée\ dusage})\ \ (\boldsymbol{panne/heure})} \qquad \textbf{(4)}$$

Fonction	F(t)	R(t)	f(t)	λ(t)
F(t)		1-R(t)	$\int_0^t f(u)du$	1-exp$\int_0^t \lambda(u)du$
R(t)	1-F(t)		$\int_0^{\infty} f(u)du$	$exp\int_0^t \lambda(u)du$
f(t)	$\frac{dF(t)}{dt}$	$-\frac{dR(t)}{dt}$		$(t)exp\int_0^t \lambda(u)du$
λ(t)	$\frac{\frac{dF(t)}{dt}}{1-F(t)}$	$\frac{R(t)}{R(t)}$	$\frac{(t)}{\int_0^{+\infty} f(u)du}$	

Tableau III.1 : Relations entre F(t), R(t), f(t) et λ(t)

II.2.5 Le courbe en baignoire :

La courbe en baignoire est un graphique qui représente la variation du taux de défaillance d'un système au fil du temps. Elle est appelée ainsi en raison de sa forme qui ressemble à une baignoire.

La courbe en baignoire est divisée en trois phases distinctes :

II.2.5.1 La phase de jeunesse :

Pendant cette phase, le taux de défaillance est élevé car le système est sujet à des défaillances dues à des défauts de conception, de fabrication ou d'installation.

II.2.5.2 La phase de vieillissement normal :

Au fil du temps, les défauts sont éliminés et le taux de défaillance diminue jusqu'à atteindre un niveau stable.

II.2.5.3 La phase d'usure :

À mesure que le système vieillit, le taux de défaillance augmente à nouveau en raison de l'usure et de la détérioration des composants. La courbe en baignoire est largement utilisée dans l'évaluation de la fiabilité des systèmes et des équipements. Elle peut aider à identifier les problèmes de fiabilité et à planifier la maintenance préventive. **[27]**

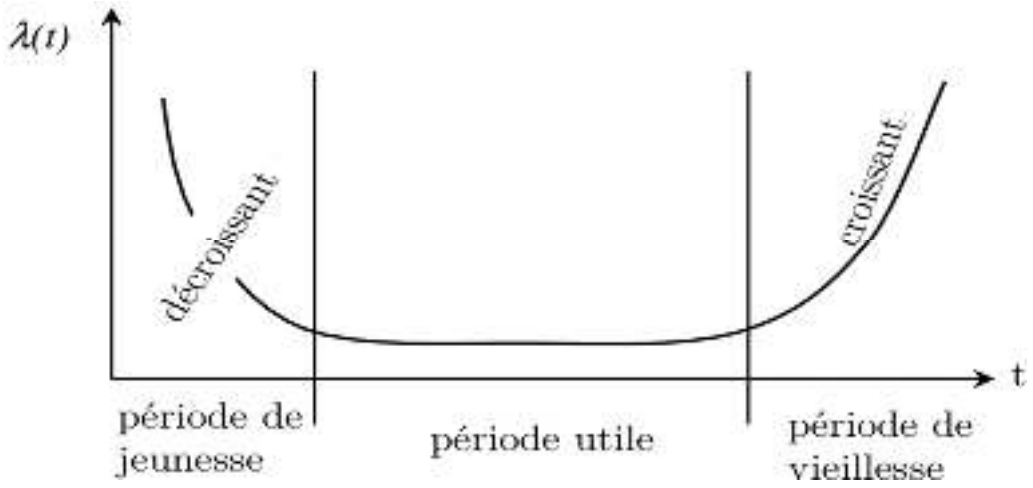


Figure III.2 : Courbe de baignoire **[27]**

II.2.6 Durée de vie :

La durée de vie d'un système est le temps qui s'écoule entre sa mise en service et l'apparition de sa panne. On peut mesurer la durée de vie de l'équipement en fonction du nombre d'heures pendant lesquelles il fonctionne réellement. On suppose que l'équipement ne peut être que dans l'un des deux états suivants : opérationnel ou hors d'usage. La durée de vie de l'équipement est considérée comme une variable aléatoire continue notée T, dont la loi de probabilité doit être estimée à partir de ses réalisations (ti) i=1, …n, qui constitue un historique des données de durée de vie. **[27]**

II.2.7 Fonction de réparation :

La fonction de distribution de l'équipement représente la probabilité que l'équipement tombe en panne avant l'instant t. Cette fonction est également appelée fonction cumulative ou fonction de répartition complémentaire de la fonction de survie R(t). **[25]**

$$F(t) = P\{T \leq t\} = \int f(u)\,du \qquad (5)$$

La fonction F(t) de répartition est une fonction bornée et croissante, définie comme suit ; **[27]**

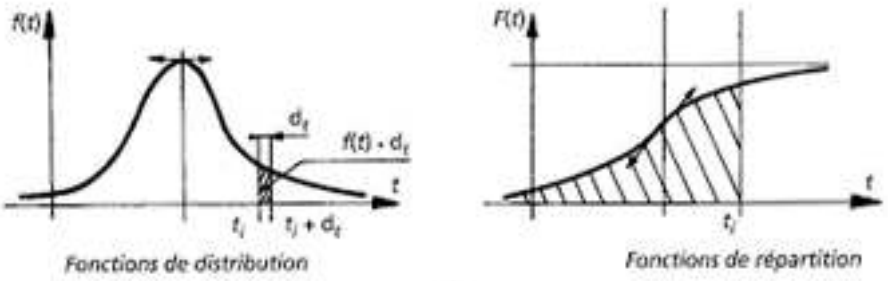


Figure III.3 : Fonction de distribution, Fonction de réparation

II.3 Moyenne des temps de bon fonctionnement :

II.3.1 MUT (Mean Up Time) :

Il s'agit de la durée moyenne avant une panne (ou la moyenne des temps de fonctionnement correct). **[25]**

$$\mathbf{MUT} = \frac{(\boldsymbol{\Sigma temps\ de\ bon\ fonctionnment})}{(\boldsymbol{nombre\ dintervalles\ de\ temps\ de\ bon\ fonctionnment})} \qquad \mathbf{(6)}$$

$$\text{MUT} = \int_0^{+\infty} R(t)dt \qquad \textbf{(7)}$$

II.3.2 Temps moyen pour réparer MTTR (Mean Time To Repaire) :

Calculez la moyenne du temps nécessaire pour effectuer une tâche de réparation en additionnant le temps de maintenance actif et le temps de maintenance supplémentaire, puis en divisant le tout par le nombre d'interventions effectuées**. [25]**

$$\textbf{MTTR} = \frac{(\textbf{temps d'arret total})}{(\textbf{nombre d'rrets})} \qquad \textbf{(8)}$$

II.3.3 Taux de réparation μ :

Le taux de réparation p dépend du temps écoulé depuis la défaillance du composant. Il y a un délai (t) avant que la réparation puisse être effectuée, comprenant le temps nécessaire à la détection du problème ainsi que le temps d'attente de l'équipe de réparation. Ce délai est exprimé de la manière suivante : **[25]**

$$\boldsymbol{\mu} = \frac{\mathbf{1}}{(\boldsymbol{MTTR})} \qquad \textbf{(9)}$$

II.3.4 MTBF :

Le **MTBF** correspond à la moyenne des temps de bon fonctionnement **(TBF)** entre deux défaillances successives pour un ensemble d'éléments « identiques » et sur leurs durées de vie considérées : **[25]**

$$\textbf{MTBF} = \frac{(\textbf{temps total de foctionnement lensembledes produits})}{(\textbf{nombre total de defaillances})} \qquad \textbf{(10)}$$

Et est l'espérance mathématique des défaillances :

$$\textbf{MTBF} = \int_0^{+\infty} \boldsymbol{tf(t)dt} \qquad \textbf{(11)}$$

II.3.5 La relation entre MUT, MTBF et MTTR :

Avant tout, il est important de donner quelques indications sur les temps spécifiques utilisés pour les MTBF, MUT, MTTR et MDT, qui sont souvent confondus en raison d'une mauvaise interprétation ou traduction du MTBF, qui peut être facilement compris. **[25]**

II.3.6 Pour le matériel réparable :

On a le chronogramme suivant :

$$\mathbf{MTBF = MUT + MTTR} \qquad \mathbf{(12)}$$

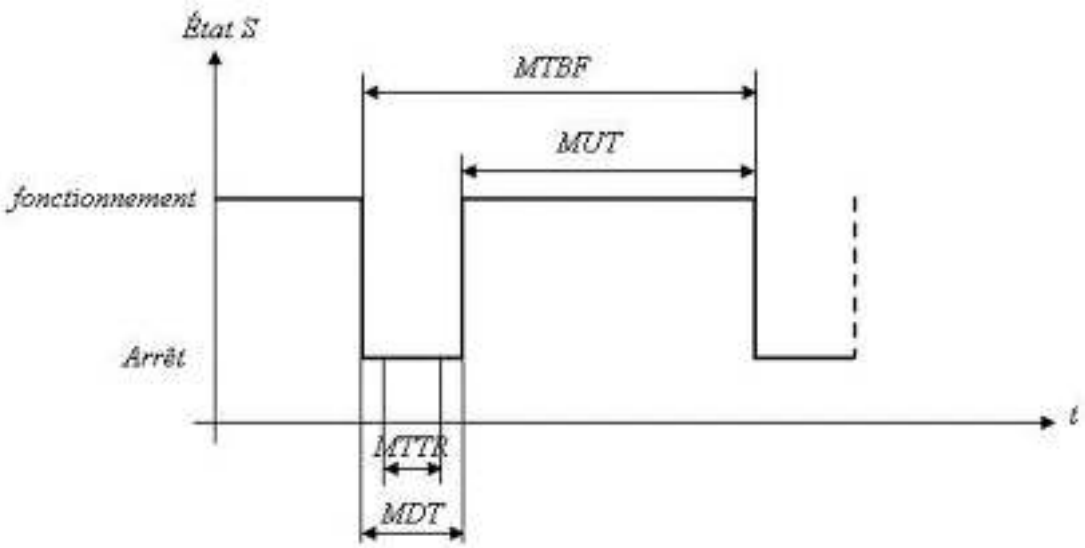


Figure III.4 : Chronogramme de la relation entre **MUT.MTBF. MTTR**

pour un matériel réparable

- F: Fonctionnement.
- A: Arête.
- MUT: Mean up time.
- MTTR: Mean time to repair.
- MDT: Mean down time.
- MTTF: Mean time to failure.
- MTBF: Mean time between failures. Si **MTTR** << **MTBF** alors **MUT = MDT.**
- MTTF: Mean time to failure.**[25]**

II.3.7 Pour le matériel non réparable :

On a le chronogramme suivant :

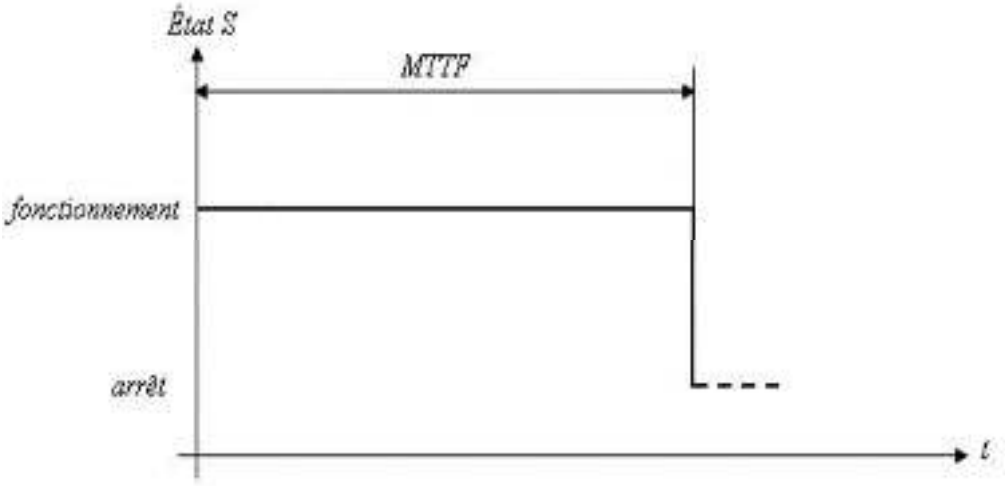


Figure III.5 : Chronogramme de **MTTR** pour un matériel non réparable

Ⅱ.3.8 Disponibilité:

La disponibilité d'un dispositif représente la probabilité que celui-ci fonctionne correctement à un instant donné (t). Le terme utilisé pour désigner la disponibilité, noté D(t), correspond à la traduction du mot anglais « availability ». **[25]**

$$\mathbf{D} = \frac{\sum \boldsymbol{temps\ de\ fonctionnement}}{\sum \boldsymbol{temps\ entre\ défaillance}} \qquad \mathbf{(13)}$$

$$\mathbf{D} = \frac{\boldsymbol{MUT}}{\boldsymbol{MUT+MTTR}} = \frac{\boldsymbol{MUT}}{\boldsymbol{MTBF}} \qquad \mathbf{(14)}$$

II.3.9 Méthodologie de la recherche de la fiabilité :

La figure suivante montre la méthode de la recherche de la fiabilité :

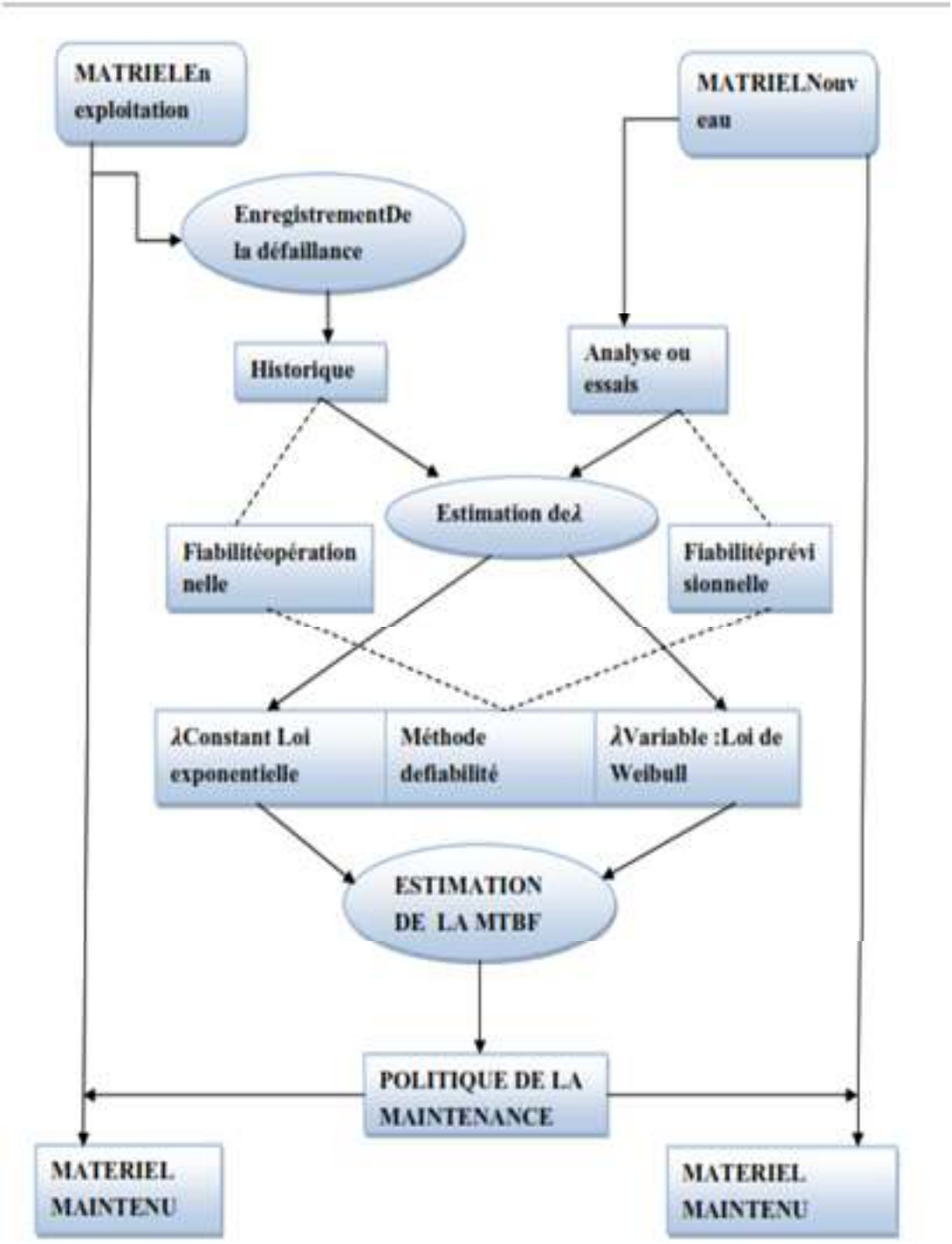


Figure III.6 : La méthode de la recherche de la fiabilité.**[25]**

II.4 Principale lois utilisées :

En fiabilité, les équipements sont soumis à l'étude de différentes lois de probabilité discrètes ou continues pour modéliser leur durée de vie et leur probabilité de défaillance.

II.4.1 Les lois exponentielles :

La loi en question trouve diverses applications dans plusieurs domaines, notamment en fiabilité. Elle est simple et largement utilisée car elle présente un taux de défaillance constant. Cette loi décrit la vie de matériels qui subissent des défaillances soudaines. **[28]**

La densité de probabilité d'une loi exponentielles de paramètre λ s'écrit :

$f(t) = \lambda e^{-\lambda t}$ **(15)**

La fonction de fiabilité :

$R(t) = e^{-\lambda t}$ **(16)**

Le taux de défaillance est constant dans le temps :

$\lambda(t)=\lambda$ **(17)**

II.4.2 La loi normale (Laplace-Gauss) :

La distribution normale est largement utilisée parmi les lois de probabilité car elle est applicable à de nombreux phénomènes.

En fiabilité, elle est employée pour représenter la distribution des durées de vie de dispositifs en fin de vie en raison de l'augmentation constante du taux de défaillance. Toutefois, elle ne sera utilisée que si la moyenne des durées de vie est supérieure à trois fois l'écart type. Cela s'explique par le fait que la variable t est toujours positif, alors que la variable normale est définie de -∞ à +∞ ; Cette restriction réduit la probabilité théorique de trouver une durée de vie négative à environ 0,1 %. **[28]**

La densité de probabilité d'une loi normale de moyenne μ d'écart-type σ s'écrit :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}}\, e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{1-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad \textbf{(18)}$$

La fonction de répartition s'écrit :

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\Pi}} \int_{-\infty}^{t} e^{\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}\, dx \quad \textit{(19)}$$

La fiabilité est donnée par : $R(t)=1-\phi((t-\mu)/\sigma)$ **(20)**

Ou ϕ est la fonction de répartition de la loi normale centrée (μ=0) réduite (σ=1)

$$\phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\Pi}} \int_{-\infty}^{t} e^{-\frac{u^2}{2}} \, du \qquad \textbf{(21)}$$

II.4.3 La loi log –normale (ou de Galton) :

Si le logarithme naturel d'une variable aléatoire continue et positive T suit une loi normale, alors cette variable est distribuée selon une loi log-normale. Cette loi est fréquemment utilisée pour représenter des données de durée de vie, en particulier pour les pannes causées par la fatigue en mécanique. **[28]**

La densité de probabilité d'une loi log-normale de paramètre positifs μ et σ est :

$$f(t) = \frac{1}{\sigma.t.\sqrt{2\Pi}} \; e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad , t > 0 \qquad (22)$$

La fonction fiabilité :

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{log\,(t)-\mu}{\sigma}\right) \qquad (23)$$

$$R(t) = 1 - \frac{1}{\sigma.\sqrt{2\Pi}} \int_{0}^{t} \frac{1}{x}.e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)^2} \qquad (24)$$

ϕ : Fonction de répartition de la loi normale centrée.

La plage de valeurs possibles étant toujours positive, il n'y a pas de restriction quant à l'utilisation de la distribution log-normale dans le domaine de la fiabilité. Le taux de panne augmente au début, puis diminue jusqu'à atteindre zéro, et la distribution est très asymétrique. **[28]**

II.4.4 La loi de poisson ou la loi de fiables probabilités :

Le fait de voir des événements aléatoires se produire dans le temps est appelé « processus de **POISSON** », ce qui se caractérise par une série de défaillances qui sont indépendantes les unes d'autres et indépendantes du temps. La loi de **POISSON** est une loi

discrète qui permet d'exprimer la probabilité qu'un événement se produise lorsque celui-ci peut se manifester de nombreuses façons mais avec une faible probabilité. En posant certains paramètres, on peut utiliser ces lois : **[25]**

- Sa variance : $m = \gamma t$ (25)

- Sa fréquence : $\Pr[x=k] = \frac{m^k}{k!} e^{-m}$ (26)

- Sa fonction de répartition : $F(x) = \sum_{k=0}^{x} \frac{m^k}{k!} e^{-m}$ (27)

II.4.5 La loi du khi-deux :

La loi du khi-deux, également connue sous le nom de loi de Pearson et notée X, est un type spécifique de la loi Gamma. Elle est considérée comme l'une des lois fondamentales les plus importantes utilisées pour les tests statistiques, tout comme la loi d'étudiant et la loi de **FISHER-SNEDECOR**. Bien que cette loi ne soit pas directement utilisée pour modéliser la fiabilité, elle est principalement utilisée pour calculer les limites de confiance lors de l'estimation par intervalle de confiance. Elle est caractérisée par un paramètre positif appelé les degrés de liberté (v) et n'est définie que pour des valeurs positives. Sa densité de probabilité est exprimée comme suit **:[28]**

$$f(t) = \frac{1}{2^{\frac{v}{2}}\,\Gamma\left(\frac{v}{2}\right)} e^{\frac{v}{2}-1}\, e^{-\frac{t}{2}} \qquad t \geq 0 \qquad (28)$$

II.4.6 La loi Gamma :

La loi gamma est utilisée pour décrire le temps d'attente jusqu'à ce que le $\alpha ème$ événement survienne dans un processus de Poisson.

Soit $\{Ti\}_{.i=1,\alpha}$ Le vecteur représentant les durées inter-évènements dans lequel chaque durée est une variable aléatoire indépendante et identiquement distribuée selon une loi exponentielle de paramètre ß. Si l'on considère le temps cumulé d'apparition de α

événements, alors sa loi de probabilité suit une loi gamma de paramètre (α, β). Sa densité de probabilité s'écrit :

$$f(t) = \frac{\beta^{\alpha}.t^{\alpha-1}.e^{-\beta t}}{\Gamma(\alpha)} \qquad (29) \qquad \mathbf{t\geq 0\ ,\alpha\geq 1,\beta\geq 0}$$

Le taux défaillance est donnée par :

$$\lambda(t) = \frac{\beta^{\alpha}.t^{\alpha-1}.e^{-\beta t}}{\int_t^{\infty}\Gamma(\alpha)f(u)du} \qquad (30)$$

La loi gamma est très utilisée dans l'approche bayésienne, elle est la conjuguée naturelle de la loi exponentielle de paramètre λ.

Un cas particulier intéressant dans consiste, pour un entier naturel n fixé, à choisir les paramètres :

α = n/2 et **β = 1/2.[28]**

II.4.7 La loi uniforme :

Cette loi est couramment employée en approche bayésienne pour représenter l'opinion d'experts face à une situation donnée. Les formules suivantes permettent de déterminer la densité de probabilité et la fiabilité d'une loi uniforme sur [0, a] sont données par les formules suivantes :

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{a} & si 0 \leq t \leq a \\ 0 & sit > a \end{cases} \qquad (31)$$

Plus généralement, la distribution de probabilité d'une loi uniforme sur [a, b] s'écrit **:[28]**

$$f(t) = \begin{cases} \frac{1}{b-a} & sia \leq t \leq b \\ 0 & si\ non \end{cases} \qquad (32)$$

II.4.8 La loi de Weibull :

La loi de Wei bull est employée afin de décrire la variation dans le temps du taux de défaillance, notamment pour les éléments mécaniques qui subissent une usure. Pour appliquer ce modèle, il est nécessaire de disposer du temps de bon fonctionnement (TBF) ainsi que du nombre de pannes correspondant à ce temps. Nous pouvons alors, soit de manière analytique soit graphique, associer à chaque instant « t » la fonction qui décrit le comportement du matériel. **[29]**

-Densité de probabilité $f(t)$:

$$\boldsymbol{f(t) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)}} \qquad \mathbf{t \geq \gamma} \qquad \mathbf{(33)}$$

-Fiabilité R(t) :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}} \qquad (34)$$

-Taux de défaillance :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \qquad \mathbf{(35)}$$

II.4.8.1 Significations des paramètres de Weibull :

II.4.8.1.1 Paramètre de forme ß :

Il s'agit d'une grandeur qui n'a pas d'unité de mesure, elle décrit la façon dont les durées sont distribuées et permet d'ajuster la forme de la courbe λ (t) en fonction des différentes étapes de la vie. **[30]**

- **Lorsque B<1 :** on se trouve dans la zone décroissante de la courbe, qui correspond à la période de mise en place et de rodage de l'installation (période de jeunesse).

- **Lorsque B=1 :** on se trouve dans la zone où le taux de défaillance aléatoire est pratiquement constant. C'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement aucune symphonie de dégradation préalable (vie utile), et c'est la période la plus longue.

• **Lorsque B>1 :** on se trouve dans la zone croissante rapide. C'est l'époque de vieillesse qui est provoquée par l'usure mécanique.

II.4.8.1.2 Paramètre d'échelle η :

L'unité associée à l'échelle utilisée sur le graphe d'Alliant Platt est graduée de la manière suivante.

• **En abscisse** **ln t** **(36)**

• **En ordonnée** $\ln\frac{1}{1-f(t)}$ **(37)**

II.4.8.1.3 Paramètre de position γ :

Il est utilisé pour déterminer la date de début de la défaillance, et son unité de mesure est celle du temps. On le note Si : **[30]**

• **Si γ< 0 :** cela signifie que les défaillances ont commencé avant l'origine du temps.

• **Si γ= 0 :** cela signifie que les défaillances ont commencé à l'origine du temps.

• **Si γ> 0 :** cela signifie qu'il y a une survie normale entre **t = 0** et **t = γ**

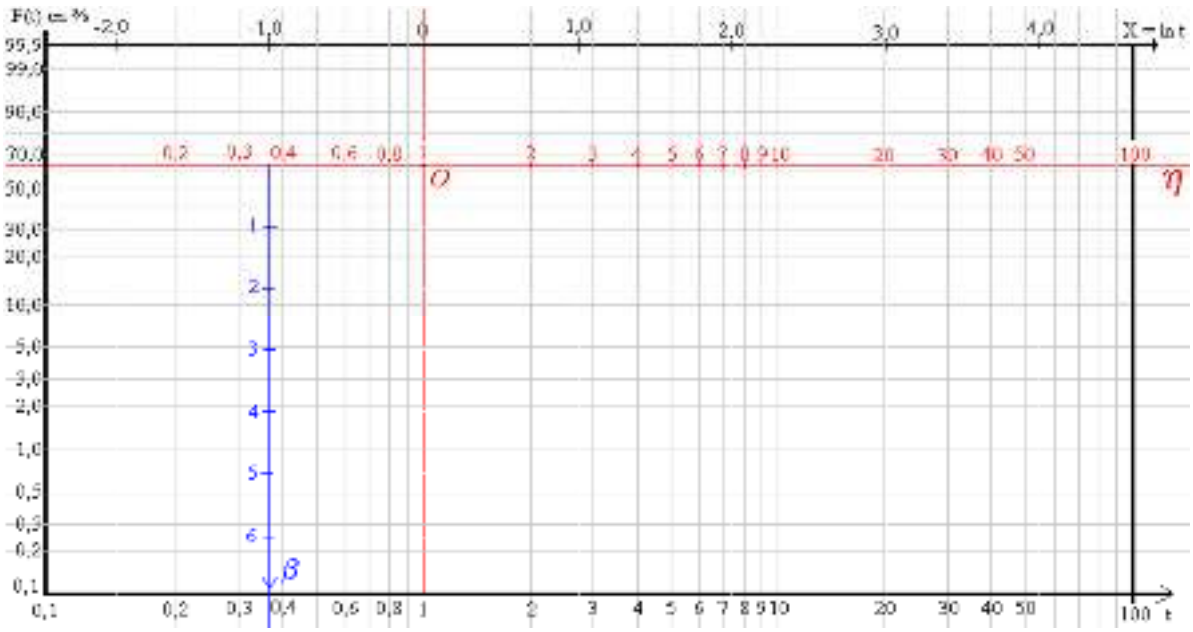


Figure III.7 : Papier **Weibull**

Conclusion :

En résumé, ce paragraphe expose les idées essentielles concernant la fiabilité. La fiabilité se définit comme la capacité d'un système ou d'un équipement à fonctionner sans défaut pendant une période de temps précise. La durée de vie d'un système représente le laps de temps entre sa mise en service et sa défaillance. La fonction de fiabilité mesure la probabilité qu'un équipement fonctionne correctement jusqu'à un moment donné. Il existe divers types de fiabilité, tels que la fiabilité interne et externe. Les concepts de réparation, de densité de probabilité, de MTBF (Mean Time Be tween Failure), de MUT (Mean Up Time), de MTTR (Mean Time To Repaire) et d'accessibilité sont également abordés. Pour finir, les principales lois probabilistes utilisées pour modéliser la fiabilité sont présentées, notamment les lois exponentielles, normales et log-normales. Ces lois sont couramment employées dans l'étude de la durée de vie des équipements.

CHAPITRE IV

Estimation de fiabilité d'un tour parallèle

IV.1 Introduction :

Les industries d'aujourd'hui sont confrontées à une complexité élevée, ce qui les oblige à maintenir certains de leurs systèmes à des niveaux de disponibilité élevés. En maîtrisant cet indicateur de performance, les coûts liés à la perte de production, aux interventions non planifiées, à la sécurité des installations et du personnel dus à la dégradation et à la défaillance de ces systèmes peuvent être réduits de manière significative. Pour étudier la fiabilité, il convient de déterminer la durée moyenne de fonctionnement avant la première défaillance, appelée **MTTF** pour les systèmes non réparables et **MTBF** pour les systèmes réparables. La connaissance de cet indicateur permet de définir une politique de maintenance préventive appropriée pour chaque équipement industriel.

La fiabilité est la capacité d'un dispositif à accomplir une fonction spécifiée dans des conditions d'utilisation et pour une durée déterminée. Plusieurs modèles de fiabilité peuvent être utilisés pour ces études, notamment celui de **Weibull** qui exprime la fiabilité d'un équipement comme étant la probabilité que celui-ci continue de fonctionner à un instant.

IV.2 Matériel et méthodes :

IV.2.1 Matériel :

L'histoire enregistre les différents moments de fonctionnement et les classe dans un ordre croissant. En utilisant les relations empiriques selon la taille des données, la fonction de répartition de la probabilité associée à ces données est calculée.**[31]**

Le rang moyen est calculé pour les échantillons de grande taille N **(N >50)** :

- $Fi = \frac{i}{N+1}$ **(1)**

Rang médian pour les échantillons de taille N faible **(N < 20)** :

- $Fi = \frac{i-0.3}{N+0.4}$ **(2)**

Symétrique pour les échantillons de taille N **(20 < N < 50) :**

- $Fi = \frac{i}{n+1}$ **(3)**

IV.2.2 Méthodes :

L'estimation a pour but de trouver les valeurs possibles des paramètres ß, y et n telles que la fonction de **Weibull.** S'ajuste le mieux aux données disponibles (calculées de façon empirique).

Il existe plusieurs méthodes d'estimation et nous avons pour notre cas d'étude, nous avons appliqué quatre de ces méthodes, (la méthode **graphique**, la méthode **maximum de vraisemblance**, la méthode **des moindres carrés** et la méthode des **moments)**.

IV.2.2.1 Méthode Graphique :

Est une technique utilisée pour analyser la fiabilité et la durée de vie d'un équipement ou d'un système. Elle se base sur la loi de **Weibull**, qui est une distribution statistique largement utilisée dans le domaine de la fiabilité.

Cette méthode graphique consiste à tracer les données de durée de vie observées sur un graphique semi-logarithmique, où l'axe des abscisses représente le temps et l'axe des ordonnées représente la probabilité de survie. Les données sont généralement représentées sous forme de points.

Ensuite, une courbe de **Weibull** est ajustée aux données à l'aide d'une analyse de régression. Cette courbe permet de décrire la distribution de la durée de vie et fournit des informations sur la forme de la courbe de défaillance. Les paramètres de la courbe de **Weibull**, tels que le paramètre de position (γ), le paramètre de forme (β) et le paramètre d'échelle (η), sont estimés à partir des données.

La méthode graphique de **Weibull** permet de visualiser et d'analyser la fiabilité d'un équipement ou d'un système, en identifiant les modes de défaillance les plus courants, en prévoyant les défaillances futures et en prenant des décisions éclairées en matière de maintenance préventive. Elle est largement utilisée dans les domaines de l'ingénierie, de la fiabilité et de la gestion des actifs**.**

IV.2.2.2 Méthode des moindres carrées :

La méthode des moindres carrés est une technique d'estimation utilisée pour trouver les valeurs des paramètres d'un modèle mathématique qui minimisent la somme des carrés des écarts entre les valeurs observées et les valeurs prédites par le modèle. Elle est souvent utilisée dans les cas où le modèle est linéaire par rapport aux paramètres. L'idée est de trouver les valeurs des paramètres qui rendent les résidus (différences entre les valeurs observées et les valeurs prédites) les plus petits possibles**.[32]**

IV.2.2.3 Méthode maximum de vraisemblance :

La méthode du maximum de vraisemblance est une approche statistique utilisée pour estimer les paramètres d'un modèle en maximisant la vraisemblance des données observées. La vraisemblance mesure la probabilité d'observer les données en fonction des paramètres du modèle. L'idée est de trouver les valeurs des paramètres qui rendent les données observées les plus probables**.[32]**

IV.2.2.4 Méthode des moments :

La méthode des moments est une technique d'estimation des paramètres qui se base sur les moments statistiques de l'échantillon observé. Les moments statistiques sont des quantités calculées à partir des données et des paramètres du modèle. L'idée principale de cette méthode est d'égaliser les moments théoriques du modèle aux moments empiriques calculés à partir des données observées. Cela permet d'estimer les paramètres du modèle en utilisant les moments empiriques**.[32]**

IV.3.1 L'histoire de la machine tour parallèle :

L'histoire contient le jour de travail, le temps cumulé et le temps de bon fonctionnement du tour parallèle sont portée au tableau.

N	Le jour de travail	Marche Cumulée (h)	TBF(h)
1	**13**	**74**	74
2	**29**	**240**	166
3	**30**	**411**	171
4	**155**	**1297**	886
5	**11**	**13630**	63
6	**138**	**2149**	789
7	**32**	**2332**	183
8	**48**	**2606**	274
9	**45**	**2863**	257
10	**22**	**2989**	126
11	**56**	**3309**	320
12	**94**	**3846**	537
13	**15**	**3932**	86
14	**67**	**4315**	383
15	**97**	**4867**	554

Tableau IV.1 : historique de la tour parallèle

IV.3.2 Étude de la fiabilité d'un tour parallèle :

En étudiant la fiabilité d'un tour parallèle, on analyse les données d'interventions passées sur des tours parallèles, on calcule les valeurs de la fonction de répartition cumulée à l'aide de la méthode de rangs médians, puis on les enregistre dans le tableau présenté ci-dessous.

	Jour de travail	TBF(h)	F(i)	**%**
1	11	63	0.045454	45.45
2	13	74	0.11038	11.04
3	15	86	0.17532	17.53
4	22	126	0.24025	24.03
5	29	166	0.30519	30.52
6	30	171	0.37012	37.01
7	32	183	0.43506	43.51
8	45	257	0.5	50
9	48	274	0.56793	56.93
10	56	320	0.62987	62.99
11	67	383	0.6948	69.48
12	94	537	0.75974	75.97
13	97	554	0.82467	82.47
14	138	789	0.88961	88.96
15	155	886	0.95455	95.46

Tableau IV.2 : Calcule de **F(i)**

A partir du tableau en à regrouper en classe dans le cas ou **N > 20**, plusieurs règles empiriques proposent le nombre de classes.

Dans notre cas, N= 15 et d'après la formule de STRINGERS.

$$K= 1+3.3\log\sum_1^{15} n_i \qquad \textbf{(4)}$$

$$K= 1+3,3\ \log 15 = 4.88$$

En prend **K = 5**

Maintenant en calculé l'intervalle du temps entre deux classes :

$$\Delta T = \frac{TBF_{max}}{5} = 177.2h \qquad \textbf{(5)}$$

En chargé le nombre de défaillance dans chaque classe :

Classe	ΔT(H)	Nombre de panne
1	(0 -177.2)	6
2	(177.2- 354.4)	4
3	(354.4 – 531.6)	1
4	(531.6 – 708.8)	2
5	(708.8 – 886)	2

Tableu IV.3 : les defaillances par classe

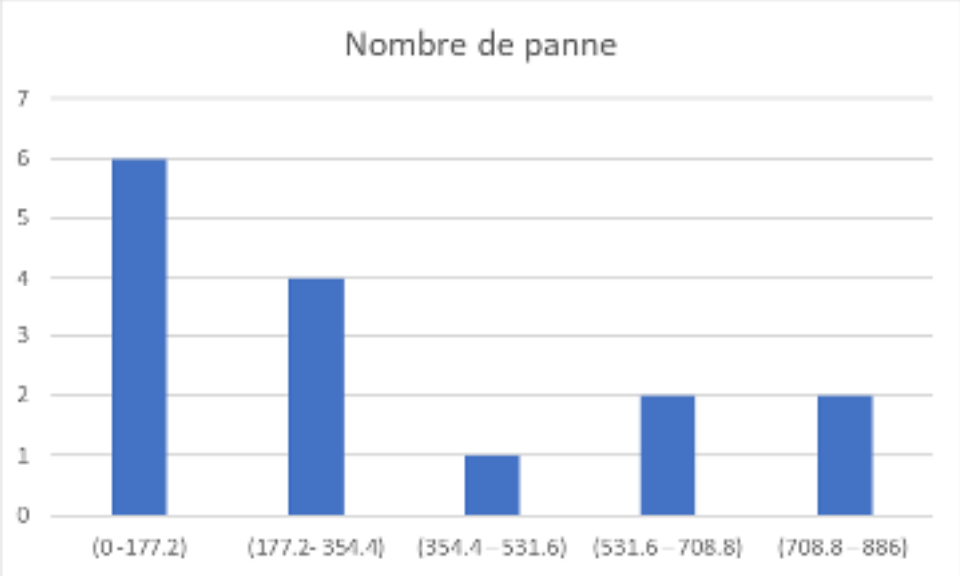


Figure IV.1 : Histogramme des pannes

IV.3.2.1 Applique la méthode graphique :

$$\begin{cases} \boldsymbol{\beta = 1.5} \\ \boldsymbol{A = 0.9023} \\ \boldsymbol{B = 0.613} \\ \boldsymbol{\eta = 450h} \end{cases}$$

- **MTBF = A. η+ γ** **(6)**

  = 0.9027*450+0

  = 406.21h

- **σ = B.η** **(7)**

= 0.613*450

= 275.85h

R(t) = $e^{-(\frac{t}{450})^{\beta}}$ **(8)**

i	**R(t) = $e^{-(\frac{t-\gamma}{450})^{1.5}}$**	**F(t) = 1- R(t)**	**$f(t) = 0.0033.(\frac{t}{450})^{0.5}.e^{-(\frac{t}{450})^{1.5}}$**
63	0.9493	0.0507	0.00117
74	0.9355	0.0645	0.00125
86	0.9198	0.0802	0.00133
126	0.8623	0.1377	0.00150
166	0.7993	0.2007	0.00160
171	0.7912	0.2088	0.00160
183	0.7716	0.2284	0.00162
257	0.6495	0.3505	0.00162
274	0.6218	0.3782	0.00160
320	0.5490	0.4510	0.00152
383	0.4560	0.5440	0.00138
537	0.2716	0.7284	0.00097
554	0.2521	0.7479	0.00092
789	0.0981	0.9019	0.00042
886	0.0622	0.9378	0.00028

Tableau IV.4 : Calcule de **F(t), R(t)** et ***f*(t)**

= $e^{-(\frac{t}{450})^{1.5}}$

F(T) + R(T) = 1 → F(t)= 1- R(t) **(9)**

= $1 - e^{-\left(\frac{t}{450}\right)^{1.5}}$

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta}\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} . e^{\frac{(t-\gamma)}{\eta}} \qquad \textbf{(10)}$$

$$f(t) = \frac{1.5}{450}\frac{(t-0)^{1.5-1}}{450} . e^{-\frac{(t-0)^{1.5}}{450}}$$

$$f(t) = 0.0033\left(\frac{t}{450}\right)^{0.5} . e^{-\left(\frac{t}{450}\right)^{1.5}}$$

IV.3.2.2 Méthode des moindres carrées :

La loi de Wei bull :

La fiabilité $R(t) = e^{\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta}}$ **(12)**

La fonction de répartition :

$F(t) = 1 - R(t)$ donc

$R(t) = 1 - F(t)$ **(13)**

On introduit le logarithme deux fois :

$$\ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F}\right)\right) = \beta\ln(t) - \beta\ln(\eta) \qquad \textbf{(14)}$$

$Y = aX + b$ **(15)**

On met $Y = \ln\left(\ln\left(\frac{1}{1-F}\right)\right)$ **(16)**

$$\begin{cases} a = \beta \\ X = \ln(t) \\ b = \beta\ln(\eta) \end{cases}$$

Selon la méthode des moindres carrés on a :

$$a = \frac{\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{X}).(Yi-\bar{Y})}{\sum_{i=1}^{n}(Xi-\bar{X})} \qquad \textbf{(17)}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

En applique la Méthode des Moindres Carrées **:**

	TBF(h)	F(i)	Xi (ln TBF)	Yi(Y)	Xi * Yi	F. calculer
1	63	0.045454	4.1431	-3.0678	-12.7106	0.0931
2	74	0.11038	4.3040	-2.1458	-9.2357	0.1143
3	86	0.17532	4.4543	-1.6462	-7.3331	0.1380
4	126	0.24025	4.8362	-1.2917	-6.2474	0.2195
5	166	0.30519	5.1119	-1.0102	-5.1644	0.3014
6	171	0.37012	5.1416	-0.7716	-3.9676	0.3115
7	183	0.43506	5.2094	-0.5602	-2.9188	0.3356
8	257	0.5	5.5490	-0.3665	-2.0338	0.4752
9	274	0.56793	5.6131	-0.1836	-1.0306	0.5047
10	320	0.62987	5.7683	-0.0061	-0.0352	0.5790
11	383	0.6948	5.9480	0.1712	1.0186	0.6675
12	537	0.75974	6.2859	0.3548	2.2308	0.8232
13	554	0.82467	6.3171	0.5545	3.5030	0.8358
14	789	0.88961	6.9707	0.7901	5.2709	0.9451
15	886	0.95455	6.7867	1.1285	7.6588	0.9663

Tableau IV.5 : Calcule de **MMC**

$\sum Xi$	$(\sum Xi)^2$	$\sum Yi$	$\sum Xi\ Yi$	$\sum (Xi)^2$
82.1401	6747.0079	-8.0508	-30.9951	459.5603

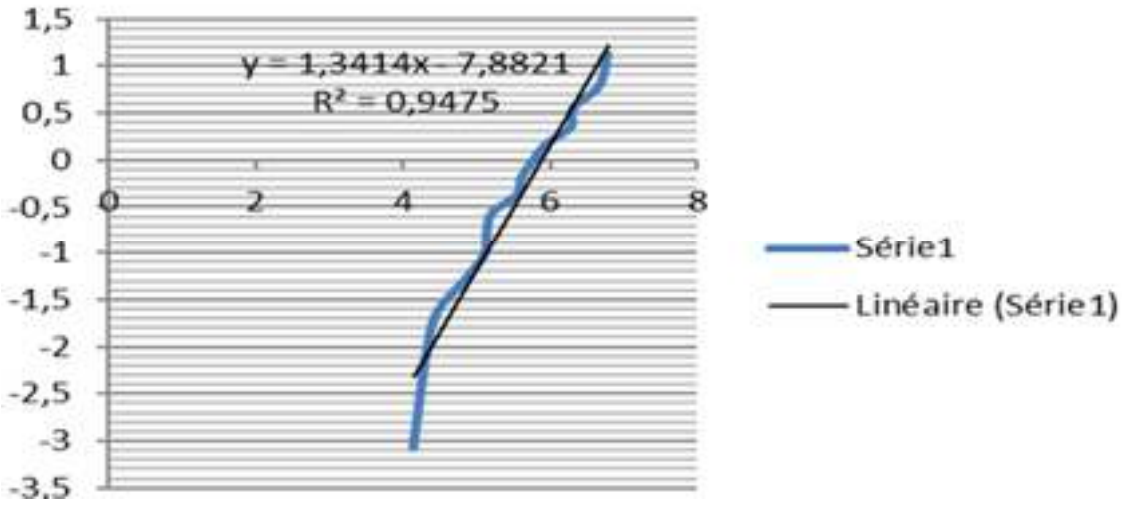


Figure IV.2 : courbe de **MMC**

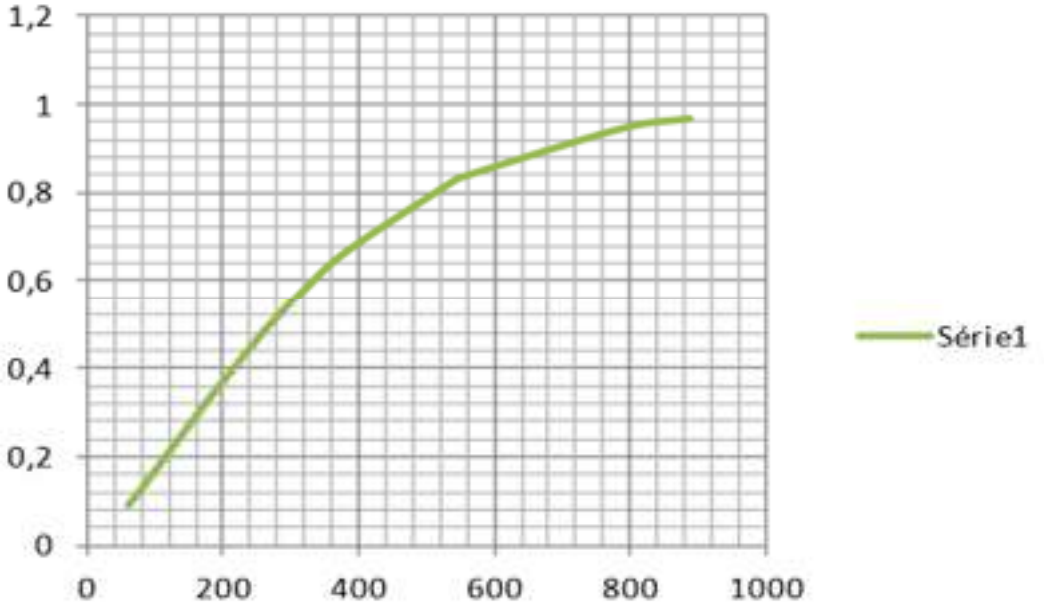


Figure IV.3 : Courbe de **F(i)**

$$\text{En résultats : } \begin{cases} \alpha = \beta = 1.34 \\ B = 7.882 \\ \eta = 356.43 \end{cases}$$

IV.3.2.3 Méthode Maximum De Vraisemblance :

R(t) = $e^{-(\frac{t-\gamma}{\eta})^{\beta}}$ on met $\gamma = 0$ et $(\frac{1}{\eta})^{\beta} = \alpha$

$$R(t) = e^{-\alpha.t^{\beta}} \quad \textbf{(18)}$$

F(t) = 1- R(t)

$$f(t) = \beta.\alpha\ t^{\beta-1}\ e^{-\alpha t^{\beta-1}} \quad \textbf{(19)}$$

$$L = \prod_{i=1}^{n} fXi\ (Xi, \beta, \eta) \quad \textbf{(20)}$$

$$= \alpha^n \beta^n \prod_{i=1}^{n} (X^{\beta-1}).\ e^{-\alpha \sum_{i=1}^{n} .X^{\beta}}$$

On calcul ln (L) :

$$Ln(L) = \ln\left(\prod_{i=1}^{n} fXi(\ Xi, \beta, \eta)\right)$$

$$Ln(L) = n\ \ln(\alpha) + n\ \ln(\beta) + (\beta-1) \sum_{i=1}^{n} \ln(Xi) - \alpha \sum_{i=1}^{n} (Xi^{\beta})$$

$$\frac{dln(L)}{d\beta} = \frac{n}{\beta} + \sum_{i=1}^{n} \ln(Xi - \alpha \sum_{i=1}^{n} Xi^{\beta} \ln(Xi) = 0 \quad (21)$$

$$\frac{dln(L)}{d\alpha} = -\frac{n}{\alpha} + \sum_{i=1}^{n} Xi^{\beta} = 0 \quad (22)$$

On élimine (α) :

$$\frac{\sum_{i=1}^{n} Xi^{\beta} \ln(Xi)}{\sum_{i=1}^{n} Xi^{\beta}} - \frac{1}{\beta} - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \ln(Xi) = 0 \quad (23)$$

On trouve (β et η) :

$$\begin{cases} \beta = 1.36 \\ . \\ \eta = 356.7 \end{cases}$$

IV.3.2.4 Méthode des moments :

R(t) =$e^{-(\frac{t}{\eta})^{\beta}}$ on met et $\eta^{\beta} = \gamma$

R(t) = $e^{-\frac{t^{\beta}}{\gamma}}$

F(t) =1-R(t)

$f(t) = \frac{\beta}{\gamma} t^{\beta-1} e^{-\frac{t^{\beta}}{\gamma}}$ (24)

Calcule de moyen :

Mean : EX $\int_0^{\infty} X \frac{\beta}{\gamma} x^{\beta-1} e^{-\frac{X^{\beta}}{\gamma}} dx = \frac{\beta}{\gamma} \int_0^{\infty} X^{\beta} E^{-\frac{X^{\beta}}{\gamma}} dx$ (25)

On la fonction gamma

$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} X^{\alpha-1} e^{-t} dt$ (26)

On met

$t = \frac{X^{\beta}}{\gamma}$; $X=(\gamma t)^{(\frac{1}{\beta})}$; $dX = \frac{1}{\beta} (\gamma t)^{(\frac{1}{\beta})-1} \gamma \, dt$ (27)

mean = $\frac{\beta}{\gamma} \int_0^{\infty} (\gamma t)^{(\frac{1}{\beta})\beta} e^{-t} \frac{1}{\beta} (\gamma t)^{(\frac{1}{\beta})-1} \gamma \, dt$ (28)

$= \gamma^{\frac{1}{\beta}} \int_0^{\infty} t^{\frac{1}{\beta}} e^{-t} dt$

On α-1=$\frac{1}{\beta}$ $\alpha = 1 + \frac{1}{\beta}$

mean = $\gamma^{\frac{1}{\beta}} \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt = \gamma^{\frac{1}{\beta}} \Gamma(\alpha)$ (29)

mean = $\gamma^{\frac{1}{\beta}} \Gamma (1+\frac{1}{\beta})$ (30)

Calcule de la variance :

pdf ; $f(t) = \frac{\beta}{\gamma}\ t^{\beta-1}\ e^{-\frac{t^{\beta}}{\gamma}}$

mean =EX = $\gamma^{\frac{1}{\beta}}\ \Gamma\left(1+\ \frac{1}{\beta}\right)$ (31)

Variance = E(X-EX) ² = EX²-(EX)² (32)

$EX^2 = \int_0^{\infty} X^2\ \frac{\beta}{\gamma} X^{\beta-1} e^{-\frac{X^{\beta}}{\gamma}}\ dx = \frac{\beta}{\gamma}\int_0^{\infty} X^{\beta+1} E^{-\frac{X^{\beta}}{\gamma}}\ dx$ (33)

$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} X^{\alpha-1}\ e^{-t}\ dt$

On met

$t = \frac{X^{\beta}}{\gamma}$; $X = (\gamma t)^{(\frac{1}{\beta})}$; $dX = \frac{1}{\beta}\ (\gamma t)^{(\frac{1}{\beta})-1}\ \gamma\ dt$

$EX^2 = \frac{\beta}{\gamma}\ \int_0^{\infty}(\gamma t)^{(\frac{1}{\beta})(\beta+1)}\ e^{-t}\ \frac{1}{\beta}\ (\gamma t)^{\left(\frac{1}{\beta}\right)-1}\ \gamma\ dt$ (34)

$= \gamma^{\frac{2}{\beta}}\ \int_0^{\infty} t^{\frac{2}{\beta}}\ e^{-t}\ dt$ (35)

On a α-1 = $\frac{2}{\beta}$; $\alpha = 1 + \frac{2}{\beta}$

$EX^2 = \gamma^{\frac{2}{\beta}}\ \int_0^{\infty} t^{\alpha-1}\ e^{-t}\ dt = \gamma^{\frac{2}{\beta}}\ \Gamma(\alpha)$ (36)

$EX^2 = \gamma^{\frac{2}{\beta}}\ \Gamma(1+\frac{2}{\beta})$ (37)

Variance = EX^2 - $(EX)^2 = \gamma^{\frac{2}{\beta}}\ \Gamma(1+\frac{2}{\beta}) - [\gamma^{\frac{1}{\beta}}\ \Gamma(1+\frac{1}{\beta})]^2$

$= \gamma^{\frac{2}{\beta}}\ \Gamma(1+\frac{2}{\beta})$ - $\gamma^{\frac{2}{\beta}}\ \Gamma^2(1+\frac{1}{\beta})$

$= \gamma^{\frac{2}{\beta}}\ [\Gamma(1+\frac{2}{\beta})$ - $\Gamma^2(1+\frac{1}{\beta})]$ (38)

Pour éliminer gamma on divise la variance sur le carré du mean :

$$\frac{var}{mean^2} = \frac{\gamma^{\frac{2}{\beta}} \left[\Gamma(1+\frac{2}{\beta}) - \Gamma^2(1+\frac{1}{\beta})\right]}{\gamma^{\frac{2}{\beta}} \ \Gamma^2(1+\frac{1}{\beta})}$$

$$= \frac{\left[\Gamma(1+\frac{2}{\beta}) - \Gamma^2(1+\frac{1}{\beta})\right]}{\Gamma^2(1+\frac{1}{\beta})} \qquad (39)$$

Donc on a

$$\frac{\left[\Gamma(1+\frac{2}{\beta}) - \Gamma^2(1+\frac{1}{\beta})\right]}{\Gamma^2(1+\frac{1}{\beta})} - \frac{var}{(mean)^2} = 0 \qquad (40)$$

On utilise le **MATLEB** pour trouve (β et η) :

$$\begin{cases} \beta = 1.31 \\ \eta = 352 \end{cases}$$

IV.4 Résultat de modélisation :

A partir de l'application du méthodes précédentes sur l'historiques de la tour

nous trouvons :

	β	**η**	**EMS**
Graphique	**1.5**	**450**	**0.006**
MMC	**1.34**	**356.4**	**0.0024**
EMV	**1.36**	**356.7**	**0.0031**
MOM	**1.31**	**352**	**0.00064**

Tableau IV.7 : La Résultat des méthodes

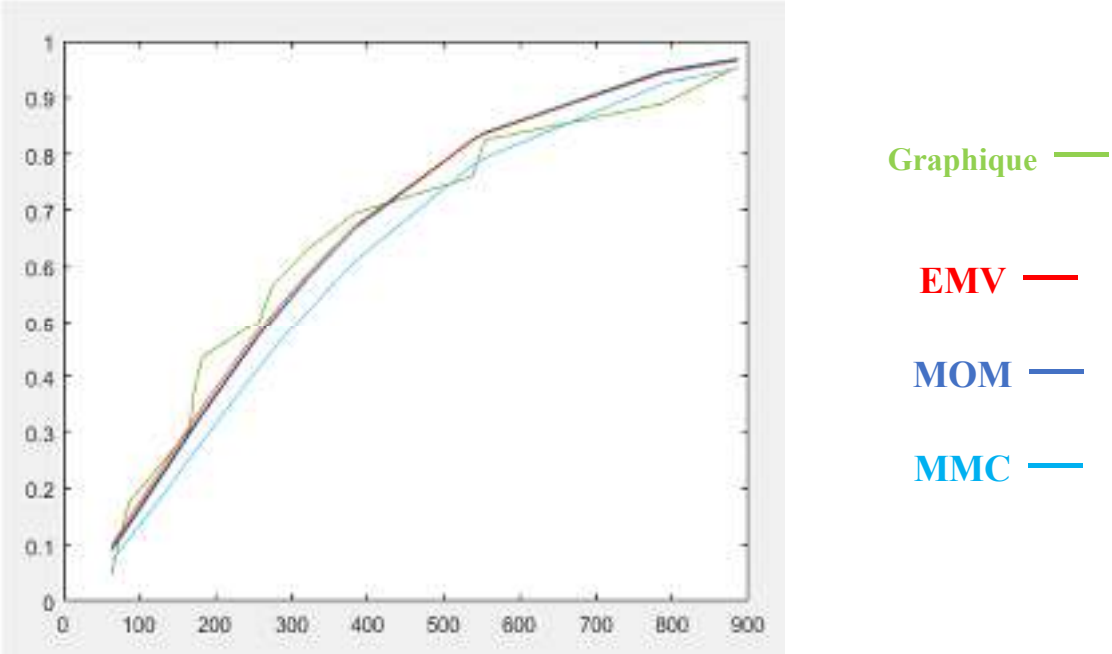


Figure IV.4 : Les courbes de La Résultat des méthodes

Correspond à **0.00064** avec les paramètres (**β= 1.31 et η=352**).

Nous optons pour l'approche des **MOM** pour notre prochaine étude. La durée moyenne de bon fonctionnement et les paramètres de fiabilité sont directement liés aux paramètres de la loi de **Weibull**.

$$MTBF = \int_0^{\infty} tF\,(x)dt = \gamma + A\eta \qquad (43)$$

$$E(t) = MUT = MTBF = \eta\Gamma.\,(1+\frac{1}{\beta}) \qquad (\Gamma=0.355) \qquad (45)$$

$$MTBF = 220.3\ h$$

L'écart type de temps de fonctionnement

$$\sigma = B\eta$$

$$\sigma = 0.716*352 = 252.032$$

Remarque : A, B coefficient lie à β, pris du tableau en annexe correspond à loi de **Weibull.**

La fiabilité de tour parallèle donner par :

$$\mathbf{R(t) = e^{-(\frac{t}{\eta})^{\beta}}}$$

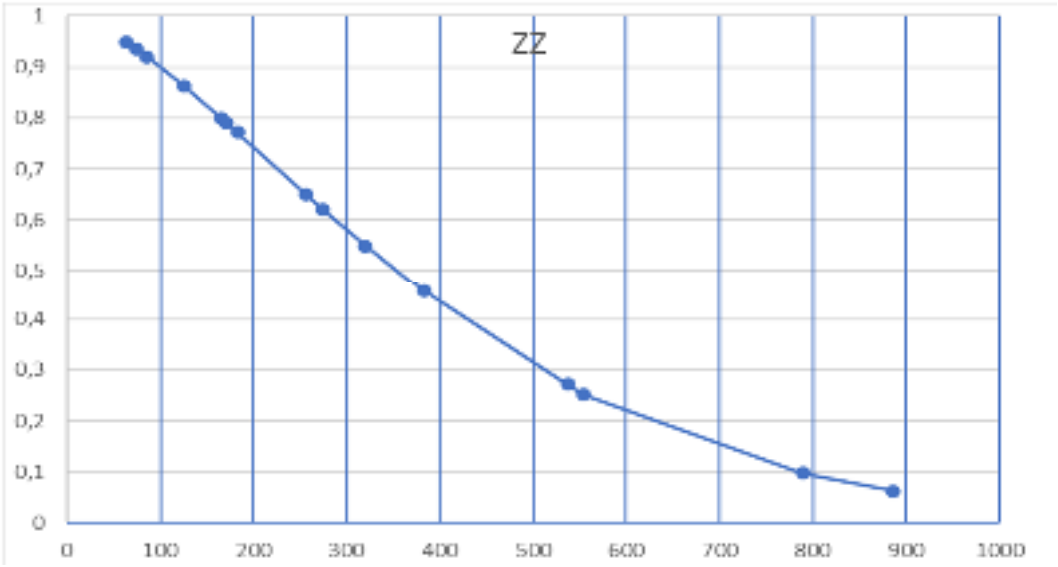


Figure IV.5 : La fonction de la fiabilité **R(t)**

Et la fonction de répartition qui est le complément de fiabilité

$$\mathbf{F(t) = 1\text{-}e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}}} \qquad \mathbf{(46)}$$

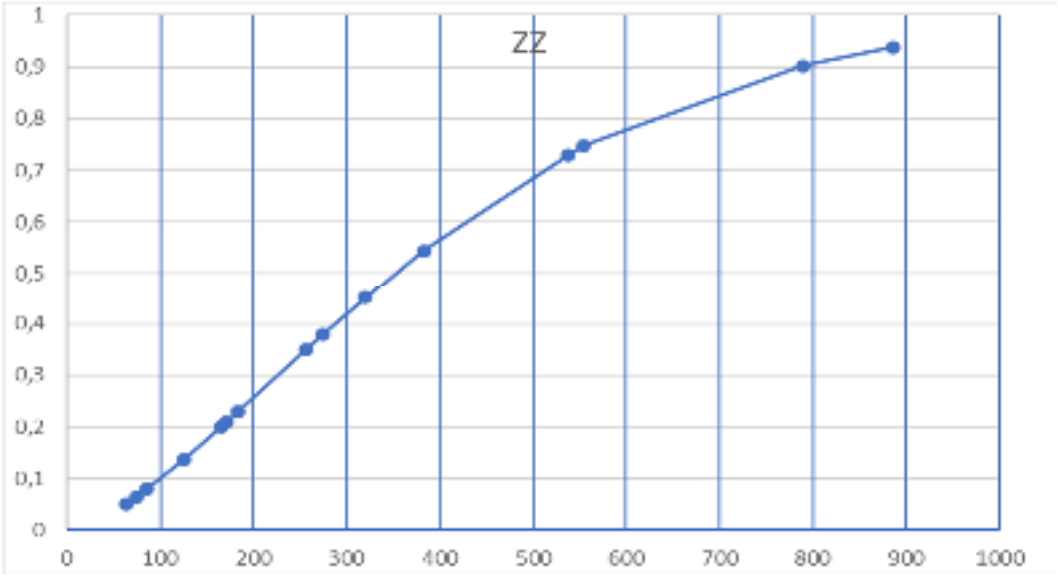


Figure IV.6 : La fonction de **F(t)**

Puis la fonction de densité représenter par :

$$f(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta}} \qquad (47)$$

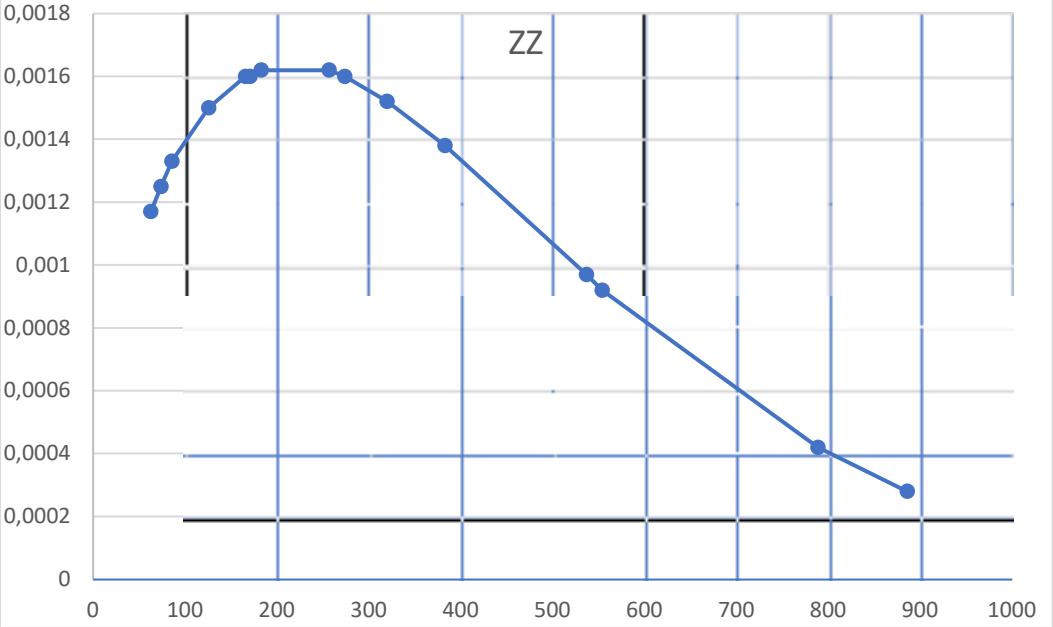


Figure IV.7 : La fonction de densité $f(x)$

Enfin le taux de d'défaillance représenter par :

$$\lambda(x) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \qquad (48)$$

Pour valider le modèle développé, il est conseillé d'utiliser le test de **Kolmogorov-Smirnov**, qui consiste à comparer la fonction de répartition réelle avec la fonction de répartition théorique, en évaluant la différence entre ces deux fonctions point par point.

$$Dn_i = |F\,réelle(t) - Fthéorique(t)|$$

IV.5 La fonction de la répartition réelle obtenue par la rang moyenne

$\frac{i-0.3}{n+0.4}$ Et la fonction de répartition théorique obtenue par l'équation

Et en pose les conditions suivantes :

- **Si $D_{max} < D_{n,\alpha}$** le modèle accepté.
- **Si $D_{max} > D_{n,\alpha}$** le modèle refusé.

Dans notre on a $D_{max} = 0.3376$

$$D_{n,\alpha} = D_{15*0.05} = 0.75$$

Donc

$D_{max} < D_{n,\alpha}$ le modèle accepté.

Le facture de MFD :

Le temps moyen de bon fonctionnement est un élément extrêmement important lors du calcul de la fiabilité (**M**ean **T**ime **B**e tween **F**ailure).

$$\textbf{MTBF} = \frac{\sum TBF}{N} = 220{,}6\ h \qquad (49)$$

Qui est équivalent en termes de calcul à la méthode de Wei bull. Le facteur **MTTF** représente le temps moyen de défaillance (**M**ean **T**ime **T**o **F**ailure), qui indique la capacité du système à maintenir ses performances.

MTTF = MTBF – MTTR

MTTF = 197.6 *h*

Le **MTTR** représente le temps moyen de réparation (**M**ean **T**ime **T**o **R**epaire). Dans cette étude, nous nous intéressons à la disponibilité des tours, qui est décrite de la manière suivante :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} = 90.33\ \%$$

$$R(t) = e^{-(\frac{t}{352})^{1.31}} = 90.03\ \%$$

Il est remarqué que la tour est en état normal avec une disponibilité de **90.33 %**

et une fiabilité de **90.03 %.**

Conclusion :

Le tour parallèle est un équipement très compliqué et très importante dans les domaines d'usinage qui nécessite une maintenance préventive bien planifier. dans ce cadre nous faire une étude de fiabilité du tour basé sur des donné technique de terrain par la distribution de **Weibull** et nous utilisons toutes les méthodes pour déterminé les paramètres de cette dernier **MOM, EMV, MMC** et le méthode **Graphique** pour atteindre la meilleur estimation parmi eux ainsi pour avoir une disponibilité optimale après l'étude nous donne les différents facteurs de **FMD** avec une fiabilité de **90.03%** et une disponibilité de **90.33%,** ces valeurs indique à une état optimale du tour parallèle.

CONCLUSION

GENERALE

Conclusion Générale

Dans ce mémoire, nous avons abordé l'estimation de la fiabilité d'une machine tour parallèle en utilisant le modèle de Weibull.

Dans le premier chapitre, nous nous sommes familiarisés avec les outils mécaniques, leurs types, leurs composants et les principes de fonctionnement de chaque type.

Dans le deuxième chapitre, nous avons parlé de la machine de tournage parallèle et de ses composants de base, car elle représente l'élément essentiel parmi les outils mécaniques en raison de son utilisation répandue et diversifiée dans le domaine de l'industrie.

Ensuite, nous avons examiné les modèles de fiabilité et différentes méthodes de calcul en utilisant plusieurs lois, notamment la loi de Weibull.

Enfin, le fonctionnement de la machine de tournage parallèle repose sur une maintenance régulière dans le but de préserver son bon fonctionnement, de détecter les problèmes qui pourraient entraîner son arrêt et de trouver des solutions appropriées pour éviter ou réduire ces problèmes qui affectent négativement le taux de productivité. Par conséquent, nous avons utilisé quatre méthodes efficaces différentes discutées pour améliorer la fiabilité de cette machine et augmenter sa performance, la méthode des moments étant la plus préférée.

Références

Bibliographiques

Références Bibliographiques

CHAPITRE I :

[1] Capliez, Educalivre, éditions Casteilla, (1996) donne des définitions générales relatives à la désignation des machines d'usinage : machine-outil…-2005/10/04.

[2] "Machine tool practices" de Richard R. Kibbe, John E. Neely, Roland O. Meyer, et Jon Stenerson.

[3] MECA, 0444-usinage-2007.

[4] R, BERGHIDA, « Imputions De La Signature Des Outils De Coupe Sur La Variation De La Géométrie Des Pièces Mécanique », Université CONSTANTINE, 2006.EXAPRO, Principe De Fonctionnement D'un Tour Et Différents Types,2007.

[5] EXAPRO, Principe De Fonctionnement D'un Tour Et Différents Types,2007. [6] ROCDACIER, Cours sur le tournage - Usinage Cours technologie,2011

[7] H, HADJ SAAD, Choix Optimaux D'une Technique D'optimisation Des Conditions De Coupe En Tournage, mémoire de MASTER, Université KASDI MERBAH, OUARGLA, 2014.A,

[8] Procédés d'usinage SOUHIR GARA ingénieur de l'ENI de TUNIS.

[9] S. BEN LAHMIDI, H. AOUCI, tournage TP production 12ème année GM pi Ecole Nationale Supérieur De Technologie.

[10] R. GHOUINI, « Amélioration des paramètres technologiques de coupe en tournage », UNIVERSIT2 D'OUARGLA,

[11] ALAIN. PASSERON, « tournage » technologie de l'Ingénieur, Traite Génie mécanique, BM, P27, 1998.

[12] AUREIEN MAUREL-PANTEL, « Etude expérimentale et modélisation par élément finis du procédé de fraisage : Applications à l'indentification paramétrique des lois de comportement », Thèse de DOCTORAT, UNIVERSIT2 de Franche-Comté, septembre,2009

[13] DEBBACHE Abdellatif, BENGLIA MOHAMED BAKAR, « Optimisation Multi-passe des régimes de coupe en chariotage ». Mémoire de master, université ASDI MERBAH OUARGLA, JUIN ,2011

[14] ALEXANDER TOUMINE, « cours usinage », groupe Conception Production. INSA de LYON, FRANCE.

[15] M. NESRINE, R. SOUMIA, T. MUSTAPHA. « Développement et modélisation de l'usure des outils de coupe par la méthode des surfaces de réponses : application au tournage », Université SAAD DAHLAB DE BLIDA 1 ,2019/2018

[16] http/ : googleweblight.com/httpwww.cours-et-exercices.com/2016 choix des matériaux de l'outil usinage

[17] M, ABED ALLAH HIDJAOUI. A. ABED ELRAHMANE ELMASRI, Livre De Tournage Et D'équilibrage Automatique (Théorie Et Pratique), 2020

Chapitre II :

[18] A. Belferkous et A. Boubaia, « Etude et maintenance du tour parallèle PMO(SN-40) », Mémoire de fin d'étude, université de M'sila (2004/2005).

[19] GHAZALI AMINA, Etude Et Maintenance D'une Boite Vitesse D'un Tour Parallèle (16D25), Université ANABANA,2020/2021.

[20] Wikipedia. https://fr.wikipedia.org/wiki/Tour_parall%C3%A8le

[21] Chat GBT

[22] M, ABED ALLAH HIDJAOUI. A. ABED ELRAHMANE ELMASRI, Livre De Tournage Et D'équilibrage Automatique (Théorie Et Pratique) , 2020

Chapitre III:

[23] KUO, T. W, S. TSZNG, C.F, (2017) a review of reliability assement for mechanical equipment used in hydraulique engineering, journal of marine science and technologies, 20(4), 465- 475.

[24] LIV.J, ZHOU, W. une ruée sur l'évaluation de la fiabilité des éoliennes méthodes et défis, examen des énergies renouvables et durable (136,110 414), (2021).

[25] KASI ALI, SEDDIK MEFTAH. Estimation de fiabilité de la turbine à gaz ms 50026 et la gestion des opérations de mi. Diss. Université of science and technologie in ORAN, (2015).

[26] FANSECA, P. TEIXEIRA, J. analyse de la fiabilité et de disponibilité, énergie 10(6) 791 (2017).

[27] MOUBRAY, J. maintenance centrée sur la fiabilité. Presse industrielle, (2011).

[28] Mme, OUAHIBA TEBBI, estimation des lois de fiabilité en mécanique par les essais accélères, Ecoles DOCTORAS d'Angers ni 669, (2005).

[29] OLIVIER BOUTON, GERARD LANDY, BRUNO, saint vorin « AMDEC guide pratique », performance de l'entreprise afnor, 2007.

[30] DERRADJ TAHAR, mise en œuvre d'une politique de maintenance préventive d'un system de production.

Chapitre IV :

[31] Cour de fiabilité. Université de Médéa, département génie mécanique,2023

[32] y. LEY, Evaluation of three methods for estiming the Weibull distribution parameter of Chinese pine

ANEXE

ANEXE

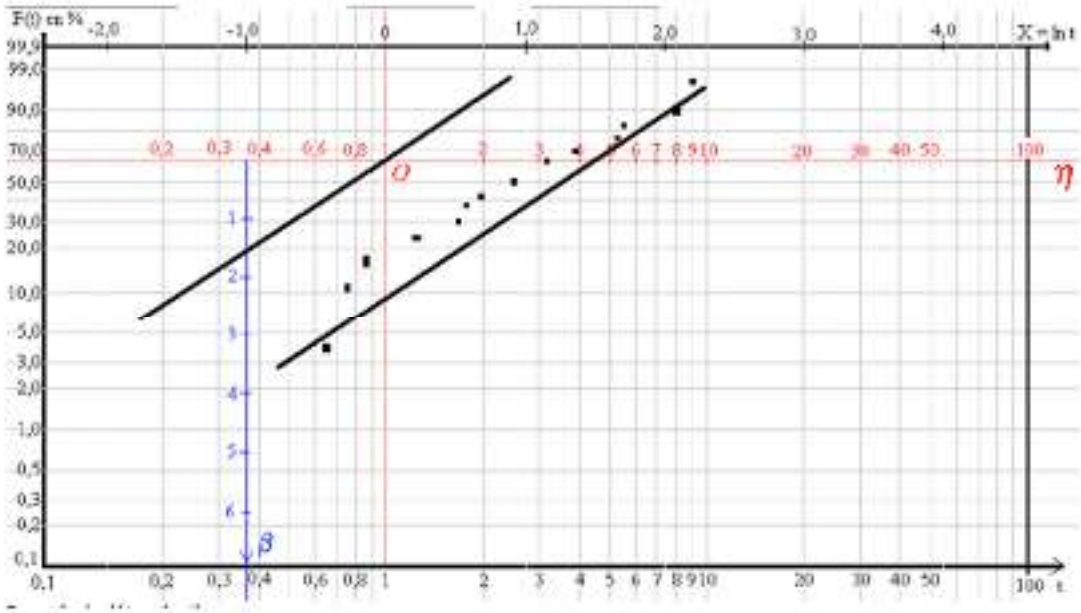
SYMBOLES	DISINATION
MUT	Temps Moyen De Disponibilité
MTTR	Temps Moyen DE Réparation
MTBF	Moyenne des temps de bon fonctionnement
TBF	Temps entre défaillances
MMC	Méthode des moindres carrées
MOM	Méthode des moments
EMV	Méthode maximum de vraisemblance
F(t)	Fonction de répartition
R(t)	Fonction de fiabilité
***f*(t)**	Fonction de densité de probabilité
λ(t)	Taux de défaillance instantané
η	Paramètre d'échelle
β	Paramètre de forme
μ	Taux de réparation
γ	Décalage de l'origine du temps
Γ	Loi de gamma

```
clear
clc    %methode des momont
for beta=1:0.01:2;
 t= [63 74 86 126 166 171 183 257 274 320 383 537 554 789 886 ];
 mean=(sum(t))/15;
 meancarre=mean^2;
 mean_carre=(sum(t.^2))/15;
 k1=(mean_carre-meancarre)/meancarre;
 km=(gamma(1+2./beta)-(gamma(1+1./beta)).^2)/(gamma(1+1./beta)).^2 -k1;
 kj=[beta,km]
end
beta1=1.31
mean=(sum(t))/15;
gama=(mean/(gamma(1+1/beta1))).^beta1
nue=gama.^(1/beta1)
```

```
clc        %maximume de vrai semblance
for beta=1:0.001:2;
 t= [63 74 86 126 166 171 183 257 274 320 383 537 554 789 886 ];
y=(sum(t.^beta.*log(t)))/(sum(t.^beta))-1/beta-1/15*sum(log(t));
k=[beta y] ;
end
beta1=1.3640;
alpha=15/sum(t.^beta1);
nue3=1/(alpha.^(1/beta1))
tt=[63 74 86 126 166 171 183 257 274 320 383 537 554 789 886] ;
i=1:15;
yy=(i-0.3)/15.4
y1=1-exp(-(tt/400).^1.4);
moindr=1-exp(-(tt/356.43).^1.341)
plot(tt,yy)
hold on
plot(tt,y1)
hold on
plot(t,moindr)
Fcal=1-exp(-(tt/356.7336).^1.364);
plot(tt,Fcal)
F_MM=1-exp(-(t/352).^1.31);
hold on
plot(t,F_MM)
                                    %calcule d'erreur quadratique
erreur_graph=(sum((yy-y1).^2))/15
erreur_maxv=(sum(yy-Fcal).^2)/15
erreur_moindre=(sum(moindr-yy).^2)/15
erreur_MM=(sum(F_MM-yy).^2)/15
max=max(abs(yy-F_MM))
```

ANEXE

Méthode graphique:



Kolmogrov-Smirnov Test.

n \ α	0.001	0.01	0.02	0.05	0.1	0.15	0.2
1		0.99500	0.99000	0.97500	0.95000	0.92500	0.90000
2	0.97764	0.92930	0.90000	0.84189	0.77639	0.72614	0.68377
3	0.92063	0.82900	0.78456	0.70760	0.63604	0.59582	0.56481
4	0.85046	0.73421	0.68887	0.62394	0.56522	0.52476	0.49265
5	0.78137	0.66855	0.62718	0.56327	0.50945	0.47439	0.44697
6	0.72479	0.61660	0.57741	0.51926	0.46799	0.43526	0.41035
7	0.67930	0.57580	0.53844	0.48343	0.43607	0.40497	0.38145
8	0.64098	0.54180	0.50654	0.45427	0.40962	0.38062	0.35828
9	0.60846	0.51330	0.47960	0.43001	0.38746	0.36006	0.33907
10	0.58042	0.48895	0.45662	0.40925	0.36866	0.34250	0.32257
11	0.55588	0.46770	0.43670	0.39122	0.35242	0.32734	0.30826
12	0.53422	0.44905	0.41918	0.37543	0.33815	0.31408	0.29573
13	0.51490	0.43246	0.40362	0.36143	0.32548	0.30233	0.28466
14	0.49753	0.41760	0.38970	0.34890	0.31417	0.29181	0.27477
15	0.48182	0.40420	0.37713	0.33760	0.30397	0.28233	0.26585
16	0.46750	0.39200	0.36571	0.32733	0.29471	0.27372	0.25774
17	0.45440	0.38085	0.35528	0.31796	0.28627	0.26587	0.25035
18	0.44234	0.37063	0.34569	0.30936	0.27851	0.25867	0.24356
19	0.43119	0.36116	0.33685	0.30142	0.27135	0.25202	0.23731
20	0.42085	0.35240	0.32866	0.29407	0.26473	0.24587	0.23152
25	0.37843	0.31656	0.30349	0.26404	0.23767	0.22074	0.20786
30	0.34672	0.28988	0.27704	0.24170	0.21756	0.20207	0.19029
35	0.32187	0.26898	0.25649	0.22424	0.20184	0.18748	0.17655
40	0.30169	0.25188	0.23993	0.21017	0.18939	0.17610	0.16601
45	0.28482	0.23780	0.22621	0.19842	0.17881	0.16626	0.15673
50	0.27051	0.22585	0.21460	0.18845	0.16982	0.15790	0.14886
OVER 50	$\frac{1.94947}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.62762}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.51743}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.35810}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.22385}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.13795}{\sqrt{n}}$	$\frac{1.07275}{\sqrt{n}}$