

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



UNIVERSITE DE M'SILA
FACULTE DE TECHNOLOGIE
DEPARTEMENT DE GENIE ELECTRIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE

OPTION : ELECTROMECHANIQUE

THEME

**Contribution à l'amélioration des performances
de la maintenance par l'utilisation
des files d'attentes**

Proposé et dirigé par :

Monsieur: Mabrouk DEFDAF

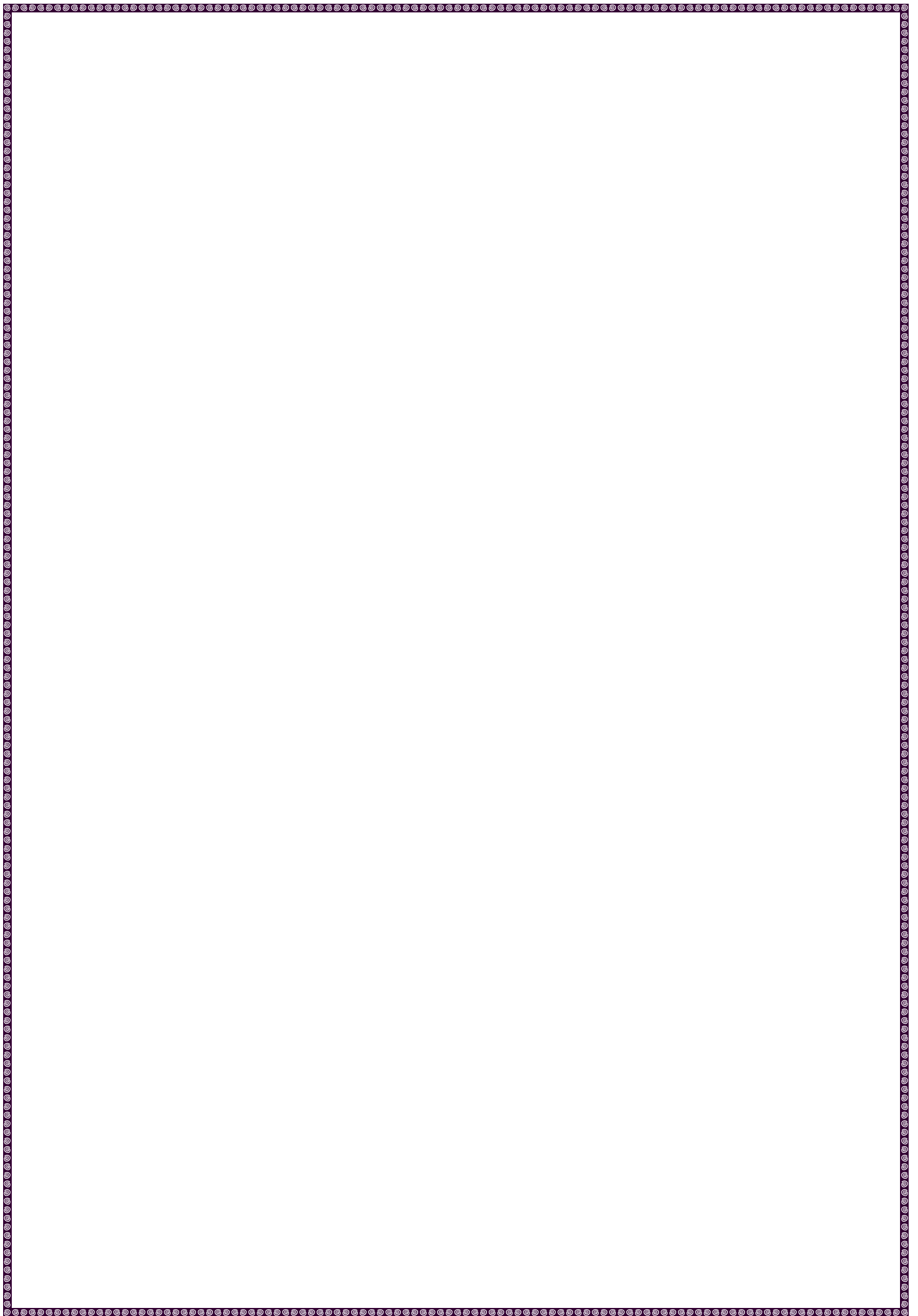
Présenté par :

LOGHRAB Feteh

SIDI MOHAMED Ould Yeye

BEN ABDERRAHMAN Thameur

Année Universitaire : 2010 / 2011



Remerciements

Nous rendons nos profondes gratitudes à ALLAH qui nous a aidé à réaliser ce modeste travail.

Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur monsieur MABROUK DEFDEF pour avoir d'abord proposé ce thème, pour son suivi continuel tout e long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessé de nous donner ses conseils.

Nous remercions tous les membres du jury qui acceptent de juger notre travail et pour l'intérêt qu'ils ont porté à ce dernier.

Un gros merci à nos parents et à tous les enseignants qui ont contribué à notre formation sons exception.

Liste Des Figure

- Fig. I.1 – L’assurance produit.....04
- Fig. I.2 – Types de maintenance.....09
- Fig.I.3-niveaux d’analyse ou de réparation [EL A 05].....16
- Fig. :II.1-.Situation de la société.....21
- Fig. II .2. Missions.....21
- Fig. . II .3 – L’organigramme de la société.....22
- Fig. II.4-ateliers de M’sila.23
- Fig. II.5.a Usinage de pièces.....23
- Fig. II.5.b Rectification de vilebrequins.....23
- Fig. II.5.1.a Equilibrage d’une rou turbine A gaz(pièce seule).....24
- Fig. II.5.1.b Equilibrage d’un rotor turbine à gaz (pièce assemblée).....24
- Fig. II.5.2.a La métallisation au plasma.....24
- Fig. II.5.2.b La métallisation HVOF.....25
- Fig. II.5.3.Application par Rechargement manuel de métaux antifrictions.25
- Fig II.5.3.b Machine pour application Par centrifugation de métaux.25
- Fig. II.5.4 Le control.....26
- Fig. .II.6. schéma mécanique tour vertical.....27
- Fig. III.1- Les trois périodes de la courbe en baignoire avec différentes valeurs de β 38
- Fig. III.2 - Graphique Allan Plait.....39
- Fig. III.3 - Allure d’un taux de défaillance « en baignoire ».....39
- Fig. :III.4. Ce papier «log-log» port quatre axes.....41
- Fig. III.5 - Logiciel Log-LAALA.....43
- Fig.-III.6 : Taux de défaillance par le TBF.....46
- Fig. III.7 - Courbe de densité de probabilité.....46
- Fig. III.8 - courbe de fonction de répartition.....47
- Fig. III.9 - Courbe de taux de défaillance.....46
- Fig. III.10 - courbe de fonction de fiabilité.....47
- Fig. III.11 - Courbe de maintenabilité.....50
- Fig. III.12 - Courbe de disponibilité.....53
- Fig. IV.1 :l’objectif de l’analyse de la file d’attente.....57
- Fig. IV.4 : courbe de probabilité..... 60
- Fig. IV.2.Courbe Proposition 4.....61
- Fig. IV.3 : système de file d’attente simple.....61
- Fig. IV.4 illustre ces deux distributions.....64

Figure

- Fig IV.5.A. Les arrivées.....65
- Fig IV.5. B. temps de service.....65
- Fig. IV.5 : arrivées distribuées selon la loi de poisson et temps de service distribué....66
- Fig. IV.6: distributions de poisson et exponentielle.....68
- Fig. IV.8 : les nombre moye des clients.....68
- Fig. IV.9 : courbe mesure performance.....81
- Fig. IV.10 : probabilité P de system.....82
- Fig. IV.10 : taux utilisation du système.....82

Liste des tableaux

Chapitre II

- Tableau : II.2.1. Capacités et dimensions.....28
- Tableau : II.2.2. Plateau.....28
- Tableau : II.2.3. Chariot porte-outil sur traverse.....29
- Tableau : II.2.4. Chariot porte-outil.....29
- Tableau : II.2.4.1 Équipement électrique.....29
- Tableau : II.1 : vérifications à effectuer comme entretien préventif. Périodique....31

Chapitre III

- Tableau : III.1. Les temps d'arrêt de la tour vertical TSS-20/40 A.....42
- Tableau : III.2. Application du modèle de weibull.....43
- Tableau: III.3. Test de Kolmogorov Smirnov.....44
- Tableau : III.4. Étude de modèle de weibull.....45
- Tableau : III.5 Tableau de maintenabilité.....49
- Tableau : III.6 Grille de criticité.....52

Chapitre IV

- Tableau IV.1. symboles (modèle avec population infinie).....69
- Tableau IV.2. formules de modèle de base.....71
- Tableau IV.3. formules pour le modèle de file d'attente.....72
- Tableau IV.4. Mesure performance.....75
- Tableau IV.5. représentation l'historique de tour verticale.....76

Liste du figure

- Fig. I.1 – L’assurance produit
- Fig. I.2 – Types de maintenance
- Fig. I.3-niveaux d’analyse ou de réparation [EL A 05]
- Fig. :II.1-.Situation de la société
- Fig. II .2. Missions
- Fig. . II .3 – L’organigramme de la société
- Fig. II.4-ateliers de M’sila
- Fig. II.5.a Usinage de pièces
- Fig. II.5.b Rectification de vilebrequins
- Fig. II.5.1.a Equilibrage d’une rou turbine A gaz(pièce seule)
- Fig. II.5.1.b Equilibrage d’un rotor turbine à gaz (pièce assemblée)
- Fig. II.5.2.a La métallisation au plasma
- Fig. II.5.2.b La métallisation HVOF
- Fig. II.5.3.Application par Rechargement manuel de métaux antifrictions. ..
- Fig II.5.3.b Machine pour application Par centrifugation de métaux
- Fig. II.5.4 Le control
- Fig. .III.6. schéma mécanique tour vertical
- Fig. III.1.: tour vertical mono-montant, modèle : TSS-20/40A
- Fig. III.1- Les trois périodes de la courbe en baignoire avec différentes valeurs de β
- Fig. III.2 - Graphique Allan Plait
- Fig. III.3 - Allure d’un taux de défaillance « en baignoire »
- Fig. :III.4. Ce papier «log-log» port quatre axes
- Fig. III.5 - Logiciel Log-LAALA
- Fig.-III.6 : Taux de défaillance par le TBF.
- Fig. III.7 - Courbe de densité de probabilité
- Fig. III.8 - courbe de fonction de répartition
- Fig. III.9 - Courbe de taux de défaillance
- Fig. III.10 - courbe de fonction de fiabilité
- Fig. III.11 - Courbe de maintenabilité
- Fig. III.12 - Courbe de disponibilité
- Fig. IV.1 :l’objectif de l’analyse de la file d’attente
- Fig. IV.4 : courbe de probabilité
- Fig. IV.2.Courbe Proposition 4
- Fig. IV.3 : système de file d’attente simple

- Fig. IV.4 illustre ces deux distributions.
- Fig IV.5.A. Les arrivées
- Fig IV.5. B. temps de service
- Fig. IV.5 : arrivées distribuées selon la loi de poisson et temps de service distribué
- Fig. IV.6: distributions de poisson et exponentielle
- Fig. IV.8 : les nombre moye des clients
- Fig. IV.9 : courbe mesure performance
- Fig. IV.10 : probabilité P de system
- Fig. IV.10 : taux utilisation du système

Introduction générale

La maintenance aujourd'hui reconnue comme facteur de performance et de compétitivité des entreprises, jouant un rôle fondamental dans la maîtrise du coût global des équipements, de la qualité et des délais de livraison des produits et services.

La transformation de la maintenance d'un centre de coûts en un centre de profit, nécessite une étude du comportement dynamique des systèmes de production en intégrant et évaluant les différentes politiques de maintenance. Cet objectif passe nécessairement par l'utilisation combinée d'un ensemble des méthodes permettant la prévention des défaillances, leur identification et leur maîtrise.

Parmi les approches développées ces dernières années pour répondre aux exigences des entreprises en terme de maintenance, nous citons par exemple la mise au point d'outils de modélisation qui offrent une description détaillée sur le comportement des systèmes de production et permet d'identifier les pannes qui peuvent se produire et faciliter ainsi la démarche de maintenance.

Dans nos recherches, nous avons fait appel à un ensemble d'outils de modélisation pour procéder à une analyse et une évaluation de contribution à l'amélioration des performances de la maintenance par l'utilisation des files d'attente

Cette recherche est motivée par le constat du manque d'outils pour évaluer les systèmes de production en présence d'activités de maintenance. Nos recherches s'orientent ainsi vers des techniques d'évaluation de performances utilisant les files d'attentes.

Notre travail est structuré comme suit :

- Chapitre I : Généralité sur la maintenance industrielle.
- Chapitre II : présentation de l'entreprise et du Tour vertical modèle TSS20/40 A.
- Chapitre III : Analyse FMD et d'autres méthodes d'aide à la décision.
- Chapitre IV : Les files d'attentes.

Chapitre I :

Généralités sur la

maintenance

I.1.Introduction

Ce chapitre a pour objet de présenter, d'une manière générale la maintenance industrielle, qui a pour vocation d'assurer le bon fonctionnement des outils de production, la maintenance est une fonction stratégique dans les entreprises. Intimement liée à l'incessant développement technologique, à l'apparition de nouveaux modes de gestion, à la nécessité de réduire les coûts de production, elle est en constante évolution. Elle n'a plus aujourd'hui comme seul objectif de réparer l'outil de travail mais aussi de prévoir et éviter les dysfonctionnements. Au fil de ces changements, l'activité des personnels de maintenance a également évolué, pour combiner compétences technologiques, organisationnelles et relationnelles.

I.2.Qu'est ce que la maintenance ? [1]

I.2.1 Un peu d'histoire

Le terme «maintenance » forgé sur les racines latines, Manus et Tenere est apparu dans la langue française au 12^{eme} siècle, l'étymologiste WACE a trouvé la forme maintenance comme celui qui soutient, utilisée en 1169, c'est une forme archaïque de maintenir.

Les utilisateurs anglo-saxons du terme sont donc postérieurs, à l'époque moderne, le mot a réapparu dans le vocabulaire militaire « maintien dans les unités de combat, de l'effectif et du matériel à des niveaux constant », définition intéressante, puisque l'industrie la reprise à son compte en l'adaptant aux unités de production affectées à un « combat économique ».

Avant 1900 : on parle de réparation.

1900 - 1970 : on utilise la notion d'entretien, avec le développement des chemins de fer, de l'automobile, de l'aviation et l'armement pendant les 2 guerres mondiales.

A partir de 1970 : les développements de secteurs à risques et d'outils modernes aboutissent à la mise en œuvre de la maintenance.

Les principales raisons à retenir pour le passage de l'entretien à la maintenance :

- Automatisation.
- Evolution technologique.
- Amortissement.
- Contraintes réglementaires.
- Coût.

I.2.2 Définition :

La maintenance est l'ensemble de toutes les tâches permettant de maintenir ou de rétablir un bien, dans l'état dans lequel il peut accomplir la fonction requise on appelle :

- **Bien** : Tout équipement «mécanique, électrique,.....etc.» pouvant remplir une tâche bien défini dans la production de l'entreprise.
- **La fonction requise** : C'est la fonction ou ensemble de fonction d'un bien, considéré comme nécessaires pour un service donné.
 - Selon l'AFNOR : La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou dans un état où il est en mesure d'assurer un service déterminé.
 - Selon LAROUSSE : La maintenance est l'ensemble de tous ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement.

I.3 La Maintenance comme politique : [1]

La maintenance est une politique qui prend en compte :

- a) le choix des méthodes d'entretien (les différents modes de maintenances).
- b) les améliorations.
- c) la place des équipements dans le procédé de fabrication (hiérarchisation).
- d) la formation du personnel d'entretien et de production.

I.4 L'environnement de la maintenance :

La maintenance s'intègre dans le concept global de la Sûreté de fonctionnement, qui lui-même s'intègre dans l'Assurance Produit.

L'Assurance Produit :

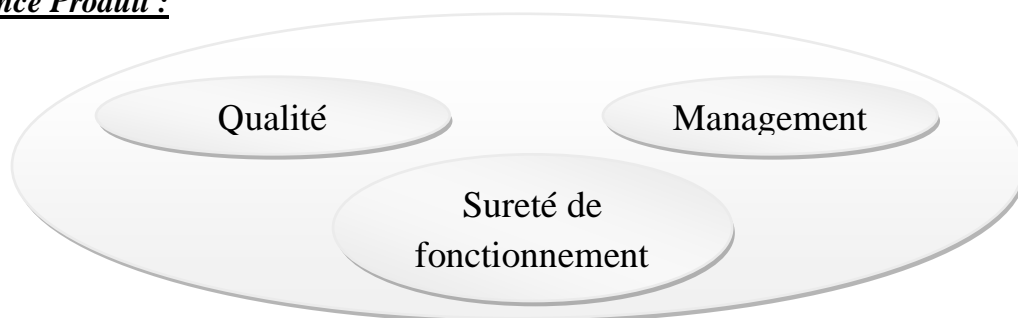


Fig. I.1 – L'assurance produit [1]

I.4.1 Le concept de Sûreté de fonctionnement regroupe 4 disciplines :

- a) **La Fiabilité (AFNOR X-06-501)** : « Aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation données à un instant donné ».
- b) **La Disponibilité (AFNOR X-06-010)** : « Aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation données pendant une période donnée ».

- c) **La maintenabilité (AFNOR X-06-010)** : «Aptitude d'un dispositif à être maintenu ou rétabli dans un état dans lequel il puisse accomplir une fonction requise lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions d'utilisation données avec des moyens et procédures prescrits».
- d) **La sécurité (AFNOR X-06-010)** : « Aptitude d'un dispositif à éviter de faire apparaître des événements critiques ou catastrophiques».

I.4.2 La maintenance et la vie du produit :

La maintenance commence bien avant la première panne :

- dès la conception : la maintenance s'intègre dans le concept de maintenabilité qui évalue la capacité d'un produit à être dépanné.
- à l'achat, c'est un conseil et aussi un argument.
- à l'installation, à la mise en route elle apporte une connaissance du produit.
- à l'utilisation, le rôle de la maintenance est triple : le dépannage, les actions préventives et la surveillance.

L'objectif de la maintenance dans la vie du produit c'est de minimiser le rapport :

$$\frac{\text{Dépense de maintenance} + \text{coût d'arrêts fortuits}}{\text{Service rendu}}$$

I.5 Les différents types de Maintenance [1]

- La maintenance corrective.
- La maintenance préventive.

I.5.1 La maintenance corrective

I.5.1.1 Définition

C'est une opération effectuée après la détection d'une panne ou après défaillance ; on envisage deux types d'interventions différentes :

- a) **Palliative (dépannage)**, c'est-à-dire une remise en état de fonctionnement «caractère provisoire».
- b) **Curative (réparation)**, c'est la réparation complète, parfois après dépannage «caractère définitif».
- **Définition AFNOR** : Maintenance effectuée après défaillance.
- **Définition (d'Alain Villemeur)** : maintenance effectuée après la détection d'une panne et destiné à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise.

Cette maintenance est utilisée lorsque l'indisponibilité du matériel n'as pas de conséquences majeures sur le processus de production ou quand les contraintes de sécurité sont faibles.

I.5.1.2 Les formes de la maintenance corrective [1]

La maintenance corrective peut être utilisée:

- seule en tant que méthode.
- en complément d'une maintenance préventive pour s'appliquer aux défaillances résiduelles.

I.5.1.3 Evolution de la maintenance corrective

La maintenance corrective peut évoluer vers une maintenance d'amélioration.

I.5.1.4 Le fonctionnement de cette maintenance

1) Le diagnostic :

Permet d'identifier la cause d'une panne à l'aide d'un raisonnement logique s'appuie sur :

- des schémas fonctionnels.
- les tests.
- des tableaux du type effet, cause, remède.
- des systèmes experts.

2) L'action curative :

La réparation à caractère définitif qui est déduit du diagnostic et qui permet au système de fonctionner correctement, la réparation permet de :

- décomposer l'intervention en phases.
- décrire précisément le travail.
- allouer les temps.
- définir mes moyens d'exécution.
- définir les moyens de contrôle.

(Ces données seront injectées dans le diagnostic et la gestion de la maintenance).

I.5.2 La maintenance préventive :

I.5.2.1 Définition :

- **Définition AFNOR (X-60-010) :** Maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

I.5.2.2 L'intérêt d'une telle maintenance :

- Diminuer les travaux urgents.
 - Faciliter la gestion de la maintenance.
 - Favoriser la planification des travaux.
 - Rendre possible la préparation, l'ordonnancement et la gestion des stocks.
-

- Eviter les périodes de dysfonctionnement avant panne, ainsi que les dégâts éventuels provoqués par une panne intempestive.
- augmenter la sécurité.

I.5.2.3 Préparation des actions préventives [1]

Ces actions sont sous la forme de visites préventives répondant la démarche suivante :

- choix des matériels - criticité (selon études **AMDEC**).
- recherche des éléments clés d'un matériel (**AMDEC**).
- détermination d'une fréquence de visite à priori.
- établissement de l'échéancier.
- établissement des fiches des visites définitives.
- exploitation des résultats en vue de faire évoluer la maintenance.

I.5.2.4 Les types de maintenance préventive :

- 1) La maintenance préventive systématique.
- 2) La maintenance préventive conditionnelle.

1) La maintenance préventive systématique :

a) Définition :

- **AFNOR X-60-010** : « Maintenance préventive effectuée suivant un échéancier établi, suivant le temps ou le nombre d'unité d'usage ».

Cette maintenance comprend des inspections périodiques et des interventions planifiées.

b) Ce type de maintenance concerne plutôt :

- des équipements dont une défaillance met en cause la sécurité des biens et des personnes.
- des équipements à coût de défaillance élevés.
- des équipements dont l'arrêt (ou le redémarrage) est long.
- des équipements soumis à des obligations réglementaires.

c) La mise en place de cette maintenance

- 1) Etude préalable pour déterminer un coût probable.
- 2) Choisir les fréquences fixes d'intervention (en rapport avec la MTBF).
- 3) Planification des tâches et mesures de sécurité.
- 4) Préparation des documents.
- 5) Exécution et rapports de visite.
- 6) Exploitation des résultats: pour l'historique et le réajustement des fréquences.

d) Conclusion➤ **Avantage :**

C'est une maintenance facile à gérer car les périodes d'interventions sont fixes, elle permet :

- d'éviter les détériorations importantes.
- de diminuer les risques d'avaries imprévues.

➤ **Inconvénient :**

Reposer sur la notion de MTBF et ne prends pas en compte les phénomènes d'usure.

2) La maintenance préventive conditionnelle : [1]**a) Définition :**

- **AFNOR X-60-010 :** « Maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé révélateur de l'état du bien. »

b) Ses objectifs :

- Eviter les démontages inutiles liés au systématique, qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances.
- Accroître la sécurité des biens et des personnes.
- Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, afin d'intervenir dans les meilleures conditions.

c) Paramètres d'alerte :

- Contrôle du produit fabriqué (qualité, quantité, couleur).
- Contrôle des normes du matériel (vibrations, épaisseurs, températures).
- Contrôle des consommations.

d) Conclusion :➤ **Ses avantages :**

- elle sécurise : détection de l'arrivée des défauts.
- elle améliore la disponibilité par la planification des opérations.
- elle favorise les facteurs humains (appel aux compétences des opérateurs).

➤ **Ses inconvénients :**

- Pour être efficace elle doit être pensée dès la phase de conception.
 - Elle sera limitée par l'existence de symptômes.
 - Le coût de l'instrumentation.
-

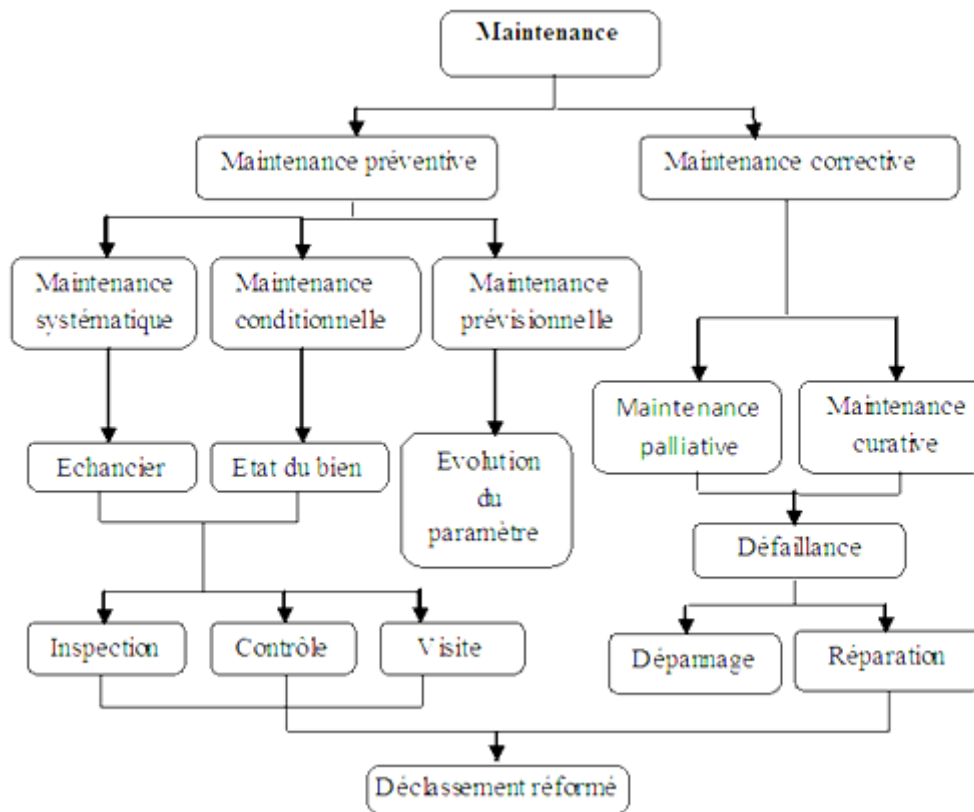


Fig. I.2 – Types de maintenance: [1]

I.6 Définitions des opérations de maintenance [2]

Il existe des définitions normatives des différentes opérations de maintenance ; néanmoins :

- Les normes donnent l'esprit d'une intervention mais ne définissent pas toujours clairement les opérations à effectuer.
- Les normes ne couvrent pas toutes les prestations.

De ce fait, pour éviter toute ambiguïté, il est nécessaire pour chaque entreprise de définir parfaitement les prestations attendues ou effectuées (objectif, détail des opérations, etc.).

I.6.1 Réparation : (Extrait de la norme AFNOR X 60-010-1994).

Action définitive et limitée de la maintenance à la suite d'une défaillance.....

I.6.2 Dépannage : (Extrait de la norme AFNOR X 60-010-1994).

Action consécutive à la défaillance de bien, en vue de rendre apte à accomplir une fonction requise, au moins provisoirement.

Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de conditions de réalisation, hors règle de procédures, de coût et de qualité et dans ce cas, sera suivi d'une réparation.

I.6.3 Vérification : (extrait de la norme AFNOR X 07-010-1992). : [1]

Confirmation par examen et établissement des preuves que les exigences spécifiées ont été satisfaites.....

Le résultat d'une vérification se traduit par une décision de remise en service, d'ajustage, de réparation, de déclassement ou de réforme. Dans tous les cas, une trace écrite de la vérification effectuée doit être conservée dans le dossier individuel de l'appareil de mesure.

La vérification peut être effectuée au vu des caractéristiques constructrices ou au vu des résultats des certificats d'étalonnage. La vérification est une intervention métrologique, fondé sur la comparaison à un étalon.

I.6.4 Vérification préliminaire : (Extrait de la spécification E2M n°E/970101/C).

La vérification préliminaire est une opération de vérification effectuée après l'opération de contrôle fonctionnel et avant toutes autres opérations.

la vérification préliminaire est un constat de l'exactitude de l'appareil dans une configuration d'origine et avant toutes interventions d'ajustage ou de maintenance corrective.

I.6.5 Contrôle : (Extrait de la norme ISO 8402-1994)

Activité, tel que mesurer, examiner, essayer ou passer au calibre une ou plusieurs caractéristiques d'une entité et comparer les résultats aux exigences spécifiées en vue de déterminer si la conformité est obtenue pour chacune de ces caractéristiques.

I.6.6 Ajustage : (extrait de la norme AFNOR NF X 07-010-1992)

Opération destinée à amener un appareil de mesure à un fonctionnement et à une justesse convenable pour son utilisation.

I.6.7 Calibrage : (Extrait de la spécification E2M n° E/970101/C)

Le calibrage consiste à remettre un appareil à un niveau de précision optimale.

I.6.8 Etalonnage : (Extrait de la norme AFNOR NF X 07-010-1992)

. Ensemble des opérations établissant, dans des conditions spécifiées, la relation entre les valeurs indiquées par un appareil de mesure ou un système de mesure et les valeurs connues correspondantes d'une grandeur mesurée...

I.6.9 Expertise technique : (Extrait de la spécification E2M n° E/900505/A)

En vue d'évaluer l'état d'un appareil présumé défectueux, l'expertise technique comprend :

- Des examens visuels (externe, interne, sécurité).
- Un examen fonctionnel.
- Une vérification si l'examen fonctionnel c'est avéré satisfaisant.

L'expertise technique ne remet en aucun cas l'appareil dans des conditions de fiabilité, de sécurité ou de précision.

I.6.10 Réglage :

(Extrait du vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie – 1993).
Ajustage utilisant uniquement les moyens mis à la disposition de l'utilisateur.

I.6.11 Déclassement : (Extrait de la norme AFNOR NF X 60-010-1994)

Action par laquelle un bien est affecté à une classe d'utilisation moins sévère.

I.6.12 Réforme :

(Extrait de la norme AFNOR NF X 60-010-1994). Action administrative par laquelle il est décidé d'exclure de toute utilisation, un bien usagé dont on a constaté l'inaptitude totale ou partielle à accomplir la fonction requise et qu'il n'est pas possible de déclasser.

I.6.13 Recette fonctionnelle : (Extrait de la spécification E2M n°E/97010/C)

La recette fonctionnelle permet de s'assurer de l'état de fonctionnement global d'un appareil de mesure sans préjuger de sa précision. La recette fonctionnelle comprend entre autres les contrôles de sécurité, extérieur, un examen fonctionnel et un contrôle de la conformité à la commande.

I.6.14 Recette technique : (Extrait de la spécification E2M n°E/970101/C)

La recette technique correspond à une recette fonctionnelle suivie d'une opération de vérification. Ceci permet d'assurer qu'un appareil de mesure, neuf ou d'occasion, satisfait aux prescriptions qui autorisent sa mise en service.

La recette technique se différencie de l'intervention de vérification par le contrôle de la confirmée à la commande.

I.7 Les niveaux de maintenance [2]

Les interventions de maintenance peuvent être classées par ordre croissant de complexité (selon norme X60-000 de 2002) :

I.7.1 1^{er} niveau de maintenance

Réglage simple prévu par le constructeur ou le service de maintenance, au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage pour ouverture de l'équipement. Ces interventions peuvent être réalisées par l'utilisateur sans outillage particulier à partir des instructions d'utilisation, actions simples nécessaires à l'exploitation et réalisées sur des éléments facilement accessibles en toute sécurité à l'aide d'équipements de soutien intégrés au bien, ce type d'opération peut être effectué par l'utilisateur du bien avec, le cas échéant, les équipements de soutien intégrés au bien et à l'aide des instructions d'utilisation.

I.7.2 2^{ème} niveau de maintenance

Dépannage par échange standard des éléments prévus à cet effet et d'opération mineure de maintenance préventive, ces interventions peuvent être réalisées par un technicien habilité ou l'utilisateur de l'équipement dont la mesure ou ils ont reçu une formation particulière, actions qui nécessitent des procédures simples et/ou des équipements de soutien (intégrés au bien ou extérieurs) d'utilisation ou de mise en œuvre simple, ce type d'actions de maintenance est effectué par un personnel qualifié avec les procédures détaillées et les équipements de soutien définis dans les instructions de maintenance.

Un personnel est qualifié lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur un bien présentant certains risques potentiels, et est reconnu apte pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

I.7.3. 3^{ème} niveau de maintenance :

Identification est diagnostique de panne suivit éventuellement d'échange de constituant, de réglage et de d'étalonnage général. Ces interventions peuvent être réalisées par technicien spécialisé sur place ou dans un local de maintenance à l'aide de l'outillage prévu dans des instructions de maintenance.

Opérations qui nécessitent des procédures complexes et/ou des équipements de soutien portatifs, d'utilisation ou de mise en œuvre complexes, ce type d'opération de maintenance peut être effectué par un technicien qualifié, à l'aide de procédures détaillées et des équipements de soutien prévus dans les instructions de maintenance.

I.7.4. 4^{ème} niveau de maintenance :

Travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ces interventions peuvent être réalisées par une équipe disposant d'un encadrement technique très spécialisé et des moyens importants adaptés à la nature de l'intervention, opérations dont les procédures impliquent la maîtrise d'une technique ou technologie particulière et/ou la mise en œuvre d'équipements de soutien spécialisés, ce type d'opération de maintenance est effectué par un technicien ou une équipe spécialisée à l'aide de toutes instructions de maintenance générales ou particulières.

I.7.5 5^{ème} niveau de maintenance :

Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importante confiée à un atelier central de maintenance ou une entreprise extérieure prestataire de service, opérations dont les

procédures impliquent un savoir-faire, faisant appel à des techniques ou technologies particulières, des processus et/ou des équipements de soutien industriels.

Par définition, ce type d'opérations de maintenance (rénovation, reconstruction, etc.) est effectué par le constructeur ou par une société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné.

I.8 Gestion de maintenance [1]

I.8.1 Principe de la gestion :

Gérer c'est administré, dirigé, gouverné, exercer des fonctions de direction est de contrôle pour son propre compte ou pour le compte d'un autre. La gestion de la maintenance dans une installation industrielle c'est ;

- Lui définir des objectifs chiffrés est mesurable.
- Définir les moyens à mettre en œuvre pour atteindre ses objectifs,

Le gestionnaire de maintenance est responsable de la mise en classe d'un système de gestion adapté à son entreprise, il doit tenir compte ;

- Des spécifié de l'entreprise.
- De sa taille.
- De l'importance de la maintenance.
- Du degrés d'information.

- Mesurer les résultats, les comparer avec les objectifs, analyser les écarts et décider des moyens à maître en œuvre pour corrigé la déviation.

I.8.2 Les objectifs de la maintenance :

Les objectifs de la gestion de maintenance seront atteints si le gestionnaire maîtrise parfaitement les paramètres et les conditions de fonctionnement de l'entreprise, le rôle de la maintenance et donc de traiter des défaillances afin de réduire est si possible d'éviter les arrêts de production.

La maintenance est indissociable des poursuites des objectifs conduisant à la maîtrise de la qualité, les cinq zéros symbolisant les objectifs, concernent en effet la maintenance, est un fonctionnement avec :

- Zéro panne : c'est l'objectif matériel de la maintenance.
-

- Zéro défaut : une production sans défaut nécessite un outil de production en parfait état et une organisation adéquate, tout produit présentant un défaut est assimilable à un arrêt de production et ce traduit par une prolongation des délais et des coûts inacceptables.
- Zéro stocke et zéro délai : une fabrication sans stocke n'est pas compatible avec une livraison sans délai que si l'outil de production est parfaitement fiable.
- Zéro papier : il faut assurer zéro papier inutile on particulier les papiers engendrés pour les erreurs, les défauts, les défaillances, le retard ...etc.

I.8.3 Aspects de la maintenance [2]

La maintenance d'un bien commence avec la prise en compte, dès sa conception, des notions de fiabilité de maintenabilité, qui sont de plus en plus inscrites dans le cahier de charge.

Un équipement commence par une évolution peut de temps après sa mise en service. Ces caractéristiques, sa capacité à produire, la qualité de travail fournit, alors ses coûts d'exploitation peuvent diminuer. Il est donc indispensable d'agir pour le rendre conforme à un état initial, plusieurs solutions s'offrent alors :

- Intervention du constructeur.
- Intervention d'une entreprise extérieure spécialisée.
- Intervention de service de maintenance interne à l'entreprise.

I.8.4 Démarche de la maintenance

Les interventions sur des équipements sont nécessaires pour la conservation de leur bon état de fonctionnement il est donc possible de garder en mémoire :

- Les pannes qui ne sont présentés.
- Les coûts de remise en état.
- Le temps d'indisponibilité.
- Les coûts de perte de production pendant l'indisponibilité.
- Les modifications techniques à porter...etc.

Cette nécessité conduit à mettre en place pour chaque équipement un dossier qui se présente en 2 parties :

- Dossier technique.
- Dossier machine.

I.8.4.1. Dossier technique : Il regroupe tout ce qui est propre à un modèle de machine : données du constructeur, plans schémas électriques, nomenclature... Il suffit donc d'un dossier technique par type des machines.

I.8.4.2. Dossier machine : Relatif à chaque machine prise individuellement, les dossiers machine regroupent :

- Les renseignements propres qui concernent cette machine (année de mise en service, montant d'investissement, configuration de fonctionnement, GRAFCET, GEMMA ...)
- La trace écrite de toutes les opérations d'entretien réalisé sur la machine (historique ou traçabilité).

I.8.5 Optimisations des couts et gestion des performances [3]

Concernent les domaines suivants :

- Les domaines de performance et leurs indicateurs.
- Les différents tableaux de bord.
- Les budgets de maintenance.
- L'amélioration continue.
- La recherche de la performance.
- L'auto évaluation de la fonction maintenance.

I. 8.6 Gestion des stocks et magasinage des pièces de recharge [3]

Concernent les domaines et les actions suivantes :

- Analyse des besoins.
- Types de stocks.
- Règles de gestion des stocks de recharge.
- Organisation du magasinage.
- Fiabilité et gestion des rechanges.
- Gestion informatisée des pièces de recharge.

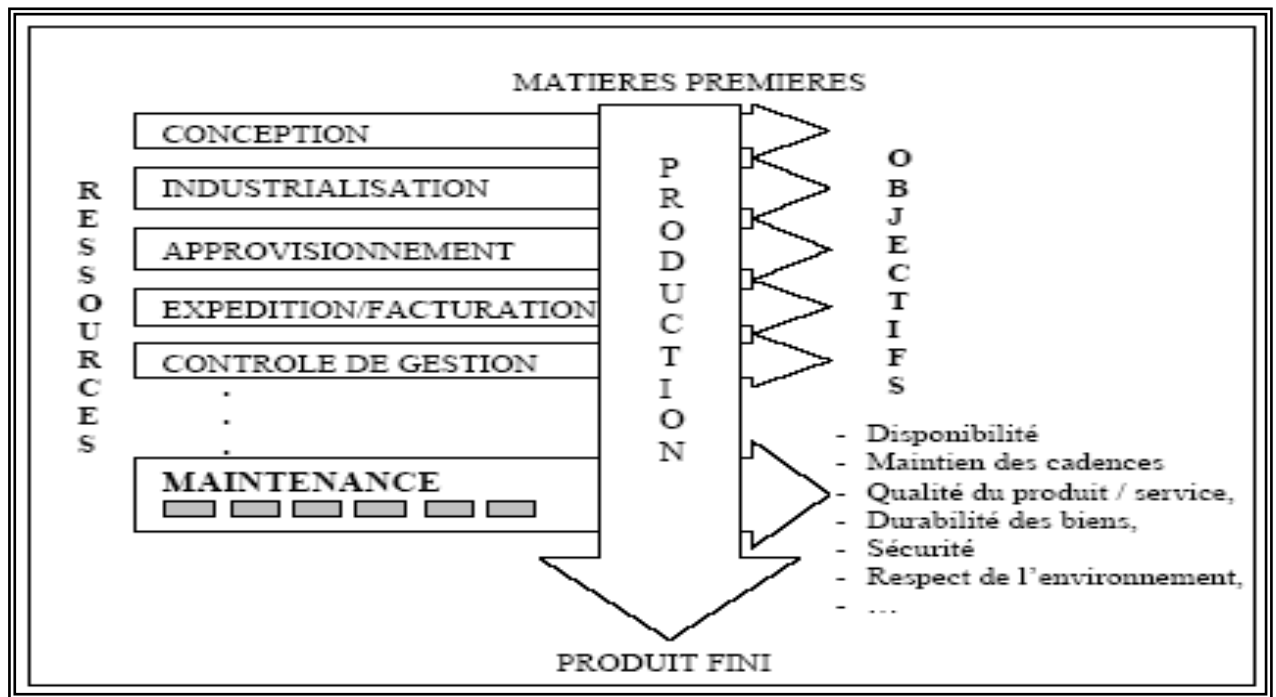


Figure I.3 : Niveaux d'analyse ou de répartition [4]

I.8.7 Le coût du processus maintenance [4]

Avant de définir les coûts directs de la maintenance, nous pensons qu'il est intéressant d'avoir d'abord une réflexion sur la maintenance, sa place et ses objectifs au sein de l'entreprise. Nous choisissons de modéliser la maintenance dans l'entreprise comme un processus support (**fig.1**) composé d'un ensemble d'activités (de préparation, de réalisation, de suivi et d'analyse) ayant des objectifs clairement et consensuellement identifiés au sein de l'entreprise et qui, en vue de la réalisation de ces objectifs va consommer des ressources.

Nous définissons les coûts directs de la maintenance comme les coûts des ressources mise en œuvre vue de la réalisation des objectifs de la maintenance. Ces ressources peuvent être identifiées et listées

- Les méthodes.
- Elles englobent les outils et méthodes de management de la maintenance, les moyens documentaires, les procédures, la formation, la **GMAO**.

I.9- la comptabilité analytique des coûts directs de maintenance [4]

I.9.1-La logique de calcul :

Un coût de revient est, dans une logique traditionnelle, composé de 2 parties:

- ✓ une partie directe facilement imputable aux produits.
- ✓ Une partie indirecte (commune) à imputer par le biais de clés de répartition plus ou moins arbitraires.

L'analogie au contexte de la maintenance conduit à distinguer:

- les coûts facilement imputables à une intervention telles que les pièces de rechange consommées ou des heures de main d'œuvre.
- les coûts liés à des ressources partagées telles que le responsable de la maintenance, une **GMAO**, des outillages, des locaux, La comptabilité analytique des coûts directs de la maintenance consistera donc à :
 - Identifier les différents postes de coût.
 - Identifier les niveaux d'imputation désirés.
 - Élaborer des règles de calcul et des règles de répartition qui permettront le calcul des coûts dans chacun des postes et leur répartition selon les niveaux d'imputation voulus.
- **La main d'œuvre**: elle peut être interne ou externe à l'entreprise. Elle englobe non-seulement le personnel d'intervention mais également le personnel d'encadrement et de gestion.
- **Les matières**: elles englobent les pièces de rechange et les consommables.
- **Le matériel**: ce sont les outillages, instruments de mesure, de diagnostic ou de test, ainsi que les équipements dédiés à la fabrication en interne des pièces de rechange.
- **Le milieu**: c'est l'ensemble des locaux, bureaux ou magasins dédiés à l'activité de maintenance.

1.9.2. Définir et justifier la stratégie de maintenance [5]

- Description de la tâche.
- Recenser les activités à effectuer et déterminer les charges de travail correspondantes.
- Analyser les données technico-économiques liées à la maintenance :
 - ✓ disponibilité opérationnelle.
 - ✓ taux d'engagement prévisionnel.
 - ✓ coûts liés à la maintenance.
 - ✓ indicateurs permettant de mesurer l'efficacité de la maintenance.
 - ✓ criticité des équipements.
- Recenser les moyens humains et matériels et déterminer les capacités de travail.
- Choisir et justifier les types et stratégies de maintenance.
- Elaborer les clauses techniques des contrats de maintenance.

1.10. Situation de début

- La décision d'optimiser la fonction maintenance de l'entreprise a été prise.
- La politique de maintenance a été modifiée.

1.11 - Conditions de réalisation [5]

1.11.1 Moyens

- Des outils informatiques (GMAO...).

I.11.2-Liaisons

- Les prestataires de services de maintenance.
- Le service comptable de l'entreprise.

I.12- Références et ressources

- Les données technico-économiques de l'entreprise.
- Les historiques des biens.
- Les préconisations des constructeurs.
- La réglementation en vigueur.
- La politique de maintenance.
- Les moyens humains et matériels de l'entreprise.
- Les données technico-économiques des prestataires de services.

I.13- Résultats attendus

Le choix de la stratégie de maintenance est justifié.

Les clauses techniques du contrat de maintenance sont élaborées.

I.14-Conclusion

Dans ce chapitre nous avons abordés une vue générale sur la fonction de maintenance est l'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management effectuées durant le cycle de vie d'un bien et destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. La maintenance a longtemps joué un rôle curatif dont l'unique objectif était de réduire la durée d'immobilisation des machines. Cette maintenance curative était axée sur le court terme et ne résolvait en rien les problèmes liés aux dégradations inévitables.

La maintenance est de plus en plus prise en compte au stade de la conception, en examinant les défaillances possibles, leurs conséquences et en prévoyant les dispositifs de diagnostic, dans un esprit.

Le personnel de maintenance moins nombreux mais plus qualifié, peut alors consacrer une part importante de son temps à l'organisation optimale de la maintenance et à l'exploitation des informations recueillies. Il peut en particulier améliorer la fiabilité et la maintenabilité des principaux équipements, en recherchant les meilleures méthodes et moyens de diagnostic en cas d'incident.

La suite de ce travail consiste à étudier l'évaluation des performances d'un système de production, après de faire représenter la société (MEI).

Chapitre II :

MEI et Tour vertical

II.1 Introduction

Ce chapitre a pour but de faire représenter la société algérienne maintenance des équipements industriels ou nous avons fait notre stage, et de donner une vue à se qui concerne son organisation interne spécifiant le procédé de fabrication des profilés commercialisables qui comprend trois ateliers : refonte, traitement des surfaces et l'extrusion.

II.2 Représentation de la société [6]

Maintenance des Equipements Industriels est une société d'une solide réputation de savoir-faire dans les divers métiers de la maintenance industrielle sur site et en ses ateliers.

Nos compétences et notre savoir faire s'étendent dans les domaines suivants :

- La réparation des turbines à gaz et à vapeur.
- La Maintenance des moteurs et des générateurs Diesel.
- La remise en état des machines électriques tournantes.
- La Maintenance mécanique.

Pour chacun de ces domaines, nous disposons de l'infrastructure, de l'expérience et des compétences nécessaires à l'effet de vous offrir des solutions fiables et efficaces, pour vos questions de maintenance.

MEI dispose pour ce fait d'un important parc machines et d'une logistique intégrée à l'entreprise (jusqu'à 60 t), capables de traiter des pièces de grande dimension.

Avec un effectif de plus de 500 employés experts dans leurs domaines, nous assurons des prestations simples ou complexes sur du prototype, de la pièce unitaire ou de la petite série, à quelques 200 entreprises appartenant à divers secteurs : production d'énergie, pétrole, sidérurgie, parachimie, mécanique, agro-alimentaire..., ceci sur site ou dans un de nos ateliers.

Une formation permanente de notre personnel aux nouvelles technologies fait de MEI une entreprise reconnue pour son expertise et ses compétences.

L'amélioration des performances du matériel confié par nos clients ainsi que la qualité de nos prestations, sont les éléments moteurs de notre équipe.

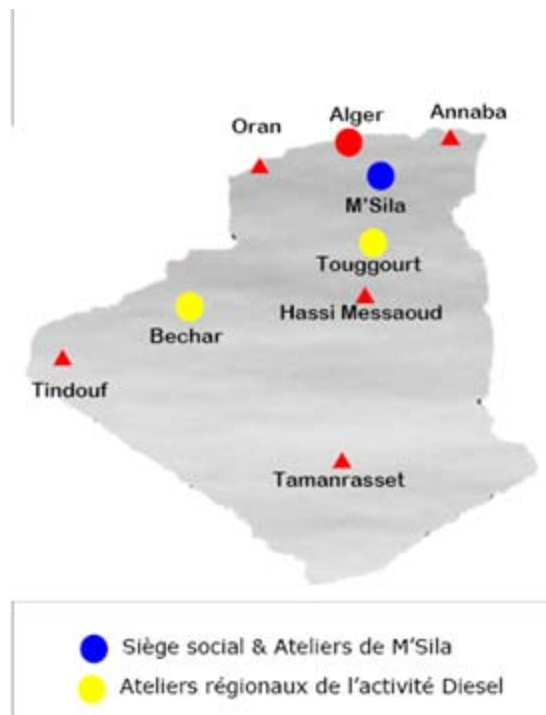


Fig. :II.1-.Situation de la société [6]

II .2.1 Missions

Avec nos partenaires et sociétés alliées , nous répondons aux besoins de clients de manière professionnelle , compétente et fiable , dans les domaine de la maintenance mécanique et électrique, le reconditionnement et l'assemblage des moteur diesel ainsi que dans la fabrication d'accessoire et de pièces de remplacement , afin de rencontrer pleinement leurs objectifs en terme de disponibilité de leur outil de production .



Fig. II .2. Missions [6]

II.3 Organigramme de la société [6]

Structure organisation

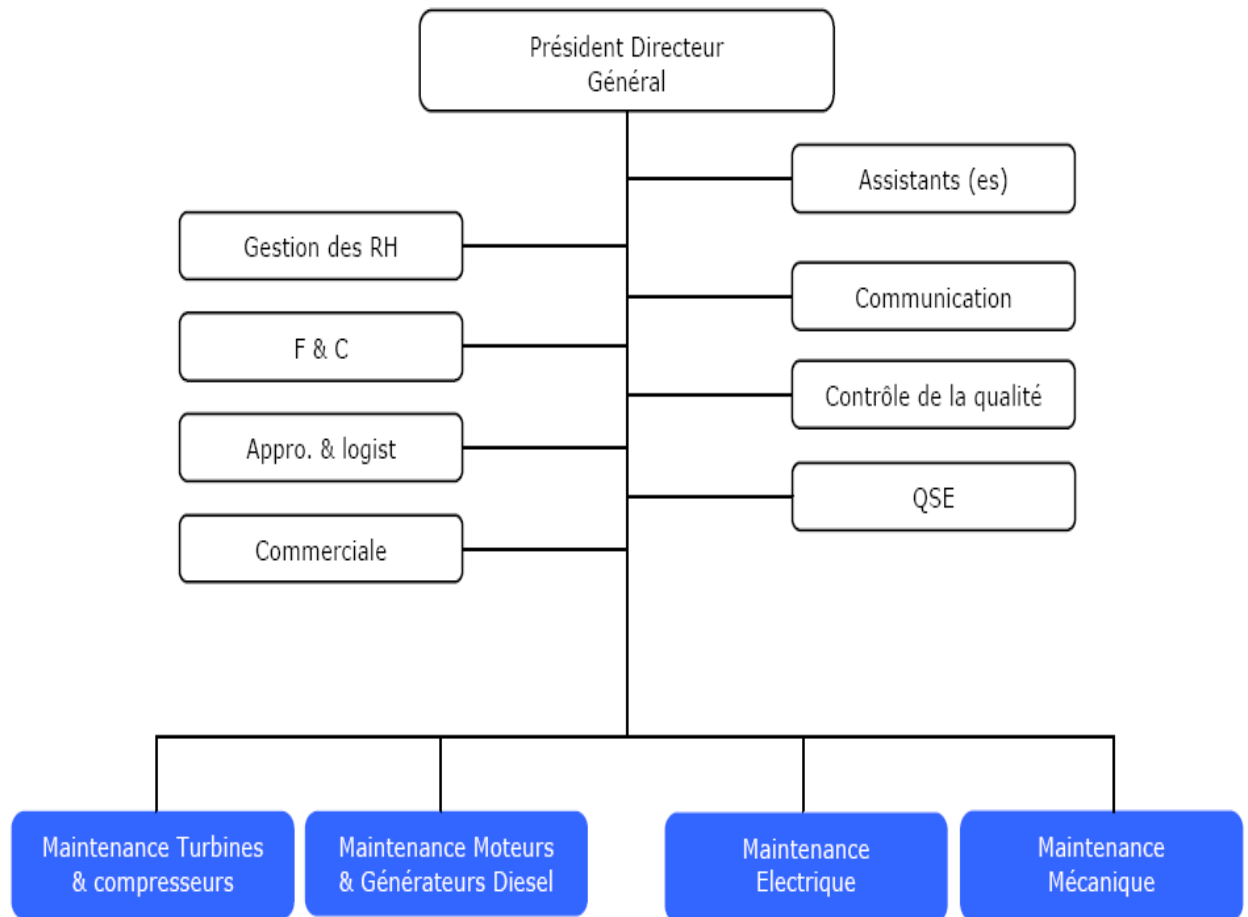


Fig. . II.3 – L’organigramme de la société [6]

II.4 Capacités en ateliers

Maintenance des Equipements Industriels dispose de plusieurs workshops, tous complètement équipés en vue de la révision, de la réhabilitation, de la réparation de divers types de machines tournantes : turbines gaz et vapeur, moteurs et générateurs diesel, moteurs électriques, alternateurs...

MEI possède, également, un parc de machines d'usinages très complet, lui permettant de travailler sur des pièces mécaniques de toutes formes, de tous métaux, de petites et de grandes dimensions avec précision.



Ateliers de M'Sila

Fig. II.4-ateliers de m'sila [6]

II.5 Travaux sur machine outils

- Usinage des pièces, simples ou complexes, jusqu'à un diamètre maximum de 4000 mm, une longueur de 15000 mm et un poids maximum de 280 tonnes.
- Rectification des pièces jusqu'à 6 mètres de longueur et 1.6 mètre de diamètre.

Usinage de pièces sur tour
// de 15m entre-pointes.Rectification de vilebrequins
jusqu'à 6m de longueur.*Fig. II.5.a Usinage de pièces**Fig. II.5.b Rectification de vilebrequins*

II.5.1 Equilibre industriel [6]

- Nous équilibrons les pièces seules ou les assemblages (ensemble constitué de plusieurs pièces).

- Nous effectuons l'équilibrage dynamique des pièces tournantes avant leur remontage sur machine, jusqu'au poids maximum de 70 tonnes, pour un diamètre de 3500 mm ou une longueur de 11740 mm.



Fig. II.5.1.a Equilibrage d'une route turbine

A gaz (pièce seule)



Fig. II.5.1.b Equilibrage d'un rotor turbine

à gaz (pièce assemblée).

II.5.2 Revêtements et rechargements [6]

- La métallisation aux fils.
- La métallisation au plasma.
- La métallisation HVOF.
- Le rechargement à l'arc, au tige ...

Des procédés applicables sur pièces neuves ou à remettre en état et qui préservent les caractéristiques mécaniques des pièces.



Fig. II.5.2.a La métallisation au plasma [6]



Fig.5.2.b La métallisation HVOF [6]

II.5.3 Application sur métal plane

MEI a développé, au fil des ans, un savoir-faire dans le domaine des applications sur métal blanc, qui lui permet des remises à neuf de paliers et de patins jusqu'à 6500 mm de diamètre.



Fig_II.5.3.Application par Rechargement manuel de métaux antifrictions.



fig II.5.3.b Machine pour application Par centrifugation de métaux

II.5.4 Le control [6]

MEI entretien un système d'organisations pour le contrôle de la qualité de ses produits

et services MEI est capable de réaliser du :

- Contrôle dimensionnel.
- Contrôle géométrique.
- Contrôle de dureté.
- Contrôle d'état de surface.
- Contrôle d'épaisseur de revêtement.



Fig. II.6. Le control [6]

II.6. Description Tour vertical Modèle : TSS-20/40A [7]

Cette machine est un tour vertical mono-montant à siège mobile conçu de manière à pouvoir effectuer des opérations de passe profonde avec une grande précision de travail. La traverse étant à déplacement vertical, cette machine peut exécuter d'une manière économique et efficace des pièces dont le diamètre est relativement grand, auprès du diamètre du plateau.

Supporté par des paliers de butée à roulement à rouleaux de grande diamètre et à roulement à rouleaux coniques, tous de haute précision, le plateau est entraîné par un moteur courant continu par l'intermédiaire d'une boîte de vitesse située à l'arrière du plateau.

Le chariot porte-outil sur traverse est entraîné par un moteur à courant alternatif par l'intermédiaire d'une autre boîte de vitesses (située à extrémité droite de la traverse). En outre, il est prévu une boîte d'avances manuelles qu'on peut faire déplacer le chariot porte-outil sur traverse par la commande manuelle et de le positionner.

Pour pouvoir faire équilibre au poids mort du coulant porte-outil, il est prévu un dispositif fonctionnant à l'huile sous pression.



Fig. II.7.: tour vertical mono-montant, modèle : TSS-20/40A [7]

II.7. Caractéristiques principales [8]**II.7.1. Capacités et dimensions****Table : II.2.1. Capacités et dimensions**

Les compositions	démontions
Diamètre du plateau	2.000 mm
Diamètre maximal à tourner	4.000 mm
Diamètre maximal à tourner au centre (chariot porte-outil sur traverse à coulant)	3.200 mm
Hauteur maximal du bac à huile au dessus du plateau	2.190 mm
Hauteur du porte-outil du chariot porte-outil sur traverse (à coulant) au-dessus du plateau	2.000 mm
Couple maximal admis du plateau	4.500 kg*m
Charge maximal admise sur le plateau	16.000 kg
Hauteur maximale	6.600 mm
Encombrement (longueur * largeur)	6.700 * 5.200 mm
Poids (avec équipements standards)	27.450 kg

II.7.2. Plateau**Table : II.7.2. Plateau**

Les compositions	démontions
Diamètre	2.000 mm
Nombre de gammes de vitesse de rotation	3 en courant continu
Gammes de vitesse de rotation rapide :	
➤ Première	04 à 20 tr/mn
➤ Deuxième	10 à 50 tr/mn
➤ Troisième	25 à 125 tr/mn

II.7.3. Chariot porte-outil sur traverse**Table : II.7.3. Chariot porte-outil sur traverse**

Les compositions		démontions
Course verticale		1.000 mm
Course latérale		1.780 mm
Inclinaison		+/- 30°
Nombre d'avances		32
Game d'avances	50 HZ.....	0.6 à 800 mm/mn
	60 HZ.....	02 à 1.000 mm/mn (.02 à 20 mm/tr)
Déplacement rapide	50 HZ.....	1.300 mm/mn
	60 HZ.....	1.560 mm/mn
Force maximale de coupe		3.000 kg

II.7.4. Chariot porte-outil latéral sur montant (équipement optimal) [8]**Table : II.7.4. Chariot porte-outil**

Spécification		démontions
Course verticale		1.690 mm
Course axiale		500 mm
Nombre d'avances		32
Poids (avec contrepoids)		3.800 kg
Game d'avances	50 HZ.....	0.6 à 800 mm/mn
	60 HZ.....	02 à 1.000 mm/mn
Déplacement rapide	50 HZ.....	1.300 mm/mn
	60 HZ.....	1.560 mm/mn
Force maximale de coupe		2.000 kg

II.7.4.1 Équipement électrique**Table : II.7.4.1 Équipement électrique**

Spécification	démontions
Source d'alimentation	Courant alternatif triphasé à 380v, 50HZ
Variation admise de tension	±10 %
Source d'alimentation des circuits de commande	≈ 100v ,50/60HZ

II.7.4.1.1 Moteur électrique

1. Moteur principale.....1 unité
A courant continu (quadripolaire)- 37/30 kW 30 mn de marche en régime continu.
2. Moteur de déplacement d'avance et de déplacement rapide de chariot port-outilleur traverse.....1 unité
A courant alternatif Quadripolaire.....2.2 kW
3. Moteur de déplacement vertical de la traverse mobile.....1 unité
A courant alternatif –quadripolaire50 W
4. Motopompe hydraulique (d'équilibrage du coulant et de changement d'avances.....1 unité
A courant alternatif – Quadripolaire1.5KW
5. Motopompe de graissage de la boîte de vitesses principale1 unité
A courant alternatif – Quadripolaire0.4 KW
6. Moteur de déblocage de la traverse mobile1 unité
A courant alternatif –quadripolaire0.75 KW

II.7.4.1.2 .équipements de commande des moteurs électriques précités**II.7.5. Équipements standards**

1. Outillage fonctionnement d'entretien et de e.....1 jeu
2. Pièces de mise en place.....1 jeu
3. Quatre (4) mors indépendants.....1 jeu
4. Porte-outil normal.....1 unité
5. Blocages automatique de la traverse mobile.....1 jeu
6. Echafaud suspendu à la traverse mobile (en cas de fourniture sans chariot porte-outil latéral sur *montant).....1 unité
7. Pare –copeaux.....1 unité

II.7.6. Équipements optionnels

Ci-dessous énumérés sont les équipements particuliers optionnels qu'il ne sera à disposition que sur la demande :

1. porte-outils spéciaux.
2. chariot porte-outil latéral sur montant.
3. dispositif d'arrosage (dont l'emploi donnera lieu à la réduction à 2.400 mm

du diamètre maximal à tourner et à une réduction de 150 mm de la course du plateau).

II.7.7. Entretien préventive périodique

Cette machine étant un ensemble constitué par beaucoup d'éléments constitutifs de haute précision, le plus faible dérèglement de la précision de montage pourrait donner lieu à une erreur beaucoup plus importante d'usinage à l'extrémité de chariot port-utile.

Pour que la machine puisse maintenir ses précisions statique et dynamique, il faut faire la visite périodiquement et régulièrement et de mettre toujours en meilleur état de fonctionnement.

II.8. Vérifications à effectuer comme entretien préventif périodique [8]

Il est conseillé d'établir un programme convenable d'entretien préventif périodique se reportant aux indications ci-dessous données à titre indicatif :

Tableau II.1 : suite table des vérifications à effectuer comme entretien préventif périodique :

N	Objet du contrôle	Interventions d'entretien	Périodicité
11	Ensemble hydraulique	Vidange et remplissage (annule en 95 litres) d'huile B1 et B2	Tout les 6 mois
12	Boîte de vitesses De déplacement Vertical de la traverse mobile	Vidange et remplissage (tous les 2ans en 2.5 litre)d'huile L Nettoyage la boîte d'engrenage.	Tout les 6 mois
13	Boîte d'avance	Vidange et remplissage (annuel en 9.6 litre) d'huile B1 et B2.	Tout les 6 mois
14	Pompe de graissage	Vidange et remplissage (en 0.8 liter) d'huile G Nettoyage du filtre et de réservoir	Tout les 6 mois
15	Bistrant	Rectification d'empreintes. Rinçages graissage de la glissière	Tout les 6 mois

Tableau II.8 : table des vérifications à effectuer comme entretien préventif périodique

N	Objet du contrôle	Interventions d'entretien	Périodicité
01	Chariot porte-outil sur traverse	Rectification d'empreintes. Rinçage des butées. Rinçage et graissage des glissières.	Tour les 6 mois
02	Traverse mobile	Réglage des coins. Rinçage et graissage de l'arbre porte-vis déplacement vertical de la traverse mobile.	Tour les 6 mois
03	Chariot porte-outil sur traverse	Réglage des coins. Rattrapage de jeu de vis. Femelle de réglage. Rinçage et graissage de l'arbre porte-vis de déplacement latéral et de l'arbre cannelé.	Tour les 6 mois
04	Moteur principal	Graissage à graisse. Remède à toute surchauffe et à tout bruit anormal, ainsi que resserrage des connexions de branchement électrique .	Tour les 6 mois
05	Moteur d'avance	Idem	Tour les 6 mois
06	Moteur de déplacement vertical de la traverse mobile	Idem	Tour les 6 mois
07	Motopompe hydraulique	Idem	Tour les 6 mois
08	Motopompe de Graissage de la boîte de vitesses principale	Idem	Tour les 6 mois
09	Contrôle de précision	Effectuer le contrôle de précision en se reportant à la fiche de contrôle du (tour vertical mono-montant à traverse et siège mobile).	Tour les 6 mois
10	Boîte de vites principale	Vidange et remplissage (semestriel en 70 liter) d'huile e. Nettoyage du filtre de la pompe trochoïdes de la Boîte d'engrenages.	

❖ Les éléments principaux de tour vertical

1. Chariot.
2. chariot porte-outil sur traverse.
3. traverse mobile.
4. volant d'avance manuelle.
5. boîte d'avance.
6. Montant.
7. Plateau.
8. boîte de manœuvre pendue.
9. chariot porte-outil latéral sur montant (équipement optionnel).

II.9. Conclusion

Ce chapitre a été concerné premièrement à des généralités sur la tour verticale, sa composition des matériels et ses caractéristiques, ensuite on a expliqué le procédé d'extrusion de protection au niveau de l'entreprise (MEI) qui est l'un des modes de fabrication des profilés commercialisables, où nous avons essayé de donner une vue concernant ce procédé, enfin on a représentés l'unité de maintenance principale dans cette société qui est la tour vertical (TSS20/40A), cette machine peut exécuter d'une manière économique et efficace des pièces dont le diamètre est relativement grande, auprès du diamètre du plateau, pour cela on va essayer d'étudier dans le suivant chapitre le comportement de cette machine d'après leur historique des pannes, et de donner des solutions pour augmenter la disponibilité de la tour vertical ainsi pour la productivité de la ligne.

Chapitre : III

Analyse FMD et autres

méthodes

d'aide à la décision

III.1 Introduction

La Sûreté de fonctionnement (Sdf) ou la science des « défaillances » qui est suivant les domaines d'applications: analyse des risques (milieu pétrolier), élastique, cylindrique (science du danger), **FMD** (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) que nous avons l'étudiée dans ce chapitre III, ou on caractérise à la fois par les études structurelles statiques et dynamiques des systèmes, du point de vue prévisionnel mais aussi opérationnel et expérimental (essais, accidents), en tenant compte des aspects probabilités et des conséquences induites par les défaillances techniques et humaines, pour ce la on doit introduire dans notre étude l'analyse FMD de la tour vertical.

III.2 L'analyse FMD [8]

III.2.1 Fiabilité

La norme **NF X 60-500** définit la fiabilité comme « l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise, dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné ».

L'entité (**E**) désigne au sens large un composant, sous-système ou système, et la fonction requise est la ou les fonctions que doit accomplir le dispositif pour pleinement remplir la tâche qui lui est assignée.

Considérons l'instant **T** d'occurrence de la défaillance ; cette variable aléatoire permet de définir la notion de fiabilité qui s'interprète comme la probabilité que l'entité considérée ne tombe pas en panne avant une instants **t** donnée ou bien comme la probabilité qu'elle tombe en panne après l'instant **t**.

Par extension, on appelle également fiabilité la probabilité associée **R (t)** à cette notion alors qu'elle n'en est qu'une mesure.

Elle est définie par:

R (t) = P (E non-défaillante sur la durée [0, t], en supposant qu'elle n'est pas défaillante à l'instant t = 0). Ce qui peut s'exprimer par:

$$\mathbf{R (t) = P (T > t)}$$

L'aptitude contraire est appelée dé fiabilité, et est définie par :

$$\mathbf{F(t)=1-R(t)= P(t<T)}$$

III.2.1.1 Les différents types de fiabilité

On distingue plusieurs types de fiabilité (termes spécifiques) :

III.2.1.1.1 la fiabilité opérationnelle (observée ou estimée) déduite de l'analyse d'entités identiques dans les mêmes conditions opérationnelles à partir de l'exploitation d'un retour d'expérience.

III.2.1.1.2 la fiabilité prévisionnelle (prédite) correspondant à la fiabilité future d'un système et établie par son analyse, connaissant les fiabilités de ses composants.

III.2.1.1.3 la fiabilité extrapolée déduite de la fiabilité opérationnelle par extrapolation ou interpolation pour des conditions ou des durées différentes.

III.2.1.1.4 La fiabilité intrinsèque ou inhérente qui découle directement des paramètres de conception. Sans modification de conception des entités, il n'est pas possible d'obtenir un niveau de fiabilité au plus égal à la fiabilité intrinsèque.

III.2.1.2 Analyse de fiabilité

III.2.1.2.1 Loi de Weibull

C'est une loi qui continue à être utilisée le long du cycle de vie d'un matériel, **Weibull** a donné au taux de défaillance une formule qui dépend de trois paramètres : β, γ, η

III.2.1.2.1.1 Caractéristiques [16]

a) Densité de probabilité : elle caractérise la probabilité de panne juste à temps.

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1} \cdot e^{-\left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta}}$$

b) La fonction de répartition : elle représente la probabilité de pannes cumulée de défaillance entre 0 et t

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

c) La fonction de fiabilité : C'est la probabilité cumulée de non – défaillance au-delà du temps.

$$F(t) + R(t) = 1$$

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

d) Le taux de défaillance : C'est la probabilité instantanée d'une panne au temps $t + \Delta t$, sachant que mon dispositif est bon à l'instant t.

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t-\gamma}{\eta} \right]^{\beta-1}$$

e) Le moyen de temps de bon fonctionnement MTBF : C'est la racine de temps de bon fonctionnement [MTBF] divisée par le nombre de pannes.

$$MTBF = \gamma + A\eta$$

III.2.1.2.1.2 Signification des différents paramètres

- **paramètre de forme** : ce paramètre donne l'allure de la distribution des défaillances, il est sans dimensions

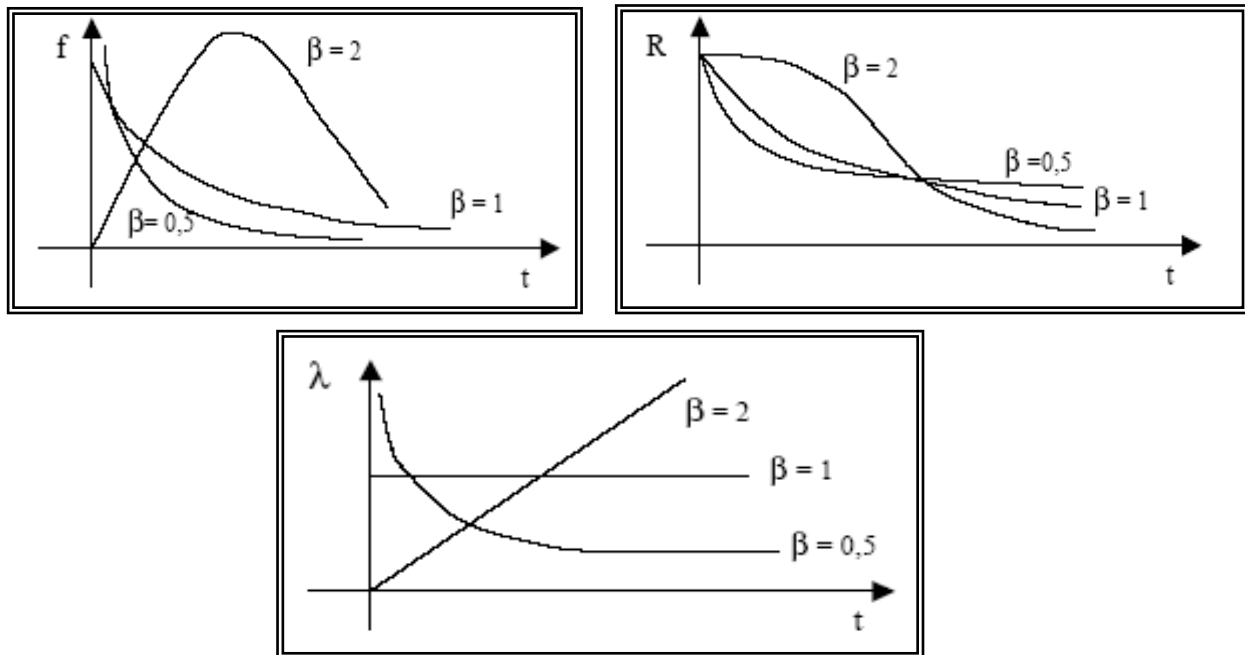


Fig. III.1- Les trois périodes de la courbe en baignoire avec différentes valeurs de β [8]

- **Paramètre de position** γ : Son unité est celle de la variable, il explique la survie du lot :
 Si $\gamma < 0$ dès la réception du matériel, il y a défaillance.
 Si $\gamma = 0$ dès l'origine des temps, on peut s'attendre à des défaillances.
 Si $\gamma > 0$ il y a survie totale du lot.
- **Paramètre d'échelle** η : En unité de temps qui est associé à l'échelle utilisée sur le graphe d'ALAIN PLATT. Ce dernier qui est en papier de WEIBULL utilise la méthode graphique pour l'estimation des paramètres de cette loi. Il est gradué comme suit :
 - En abscissa: $\text{Ln } t$.
 - En ordonnées:

$$\text{Ln} \left(\text{Ln} \frac{1}{1 - F(t)} \right)$$

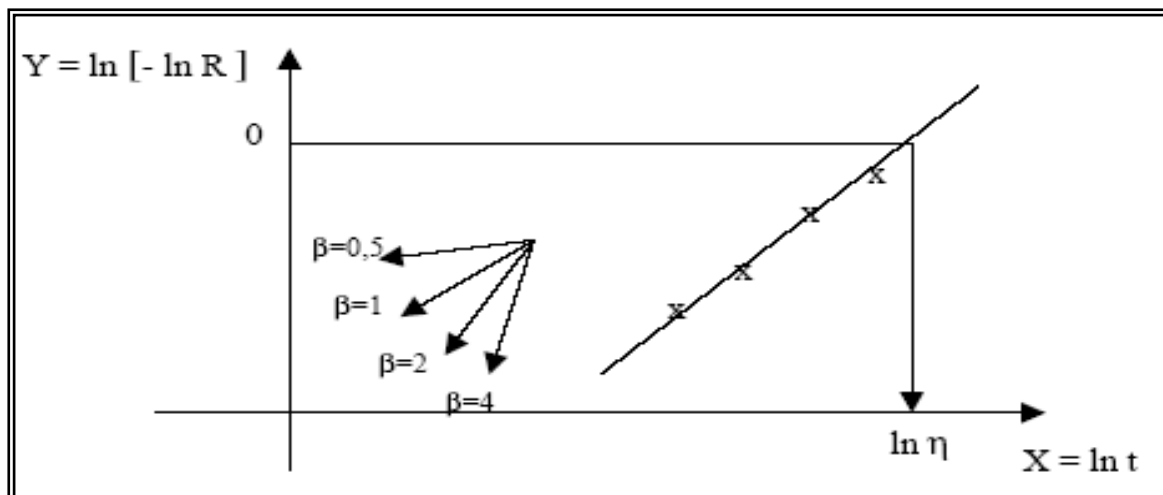


Fig. III.2 - Graphique Allan Plait

Courbe de défaillance :

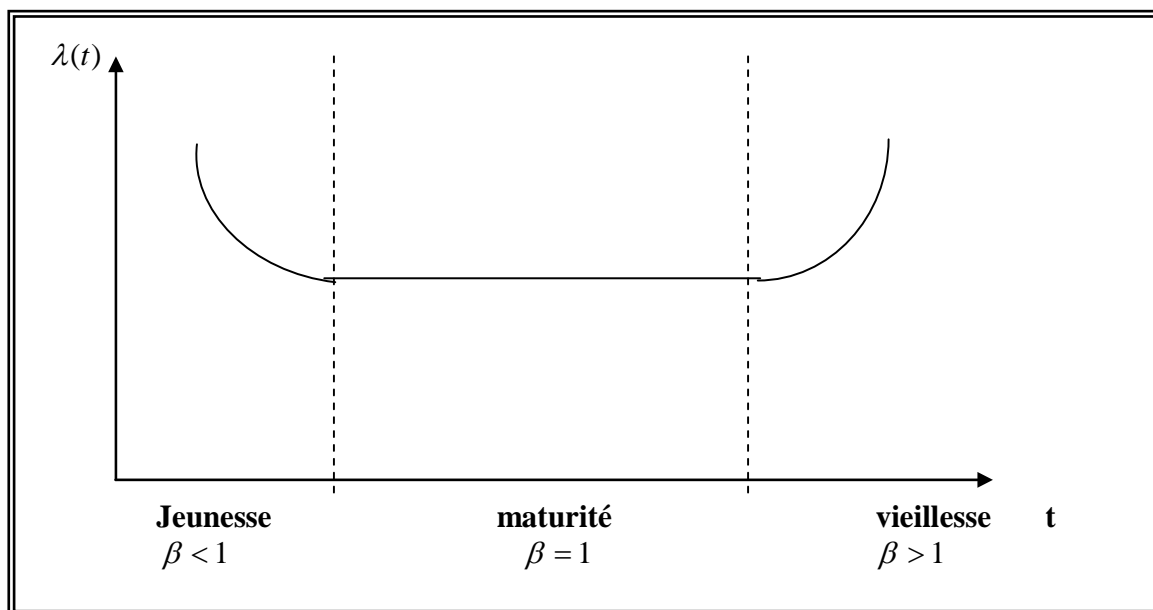


Fig. III.3 - Allure d'un taux de défaillance « en baignoire » [8]

Paramètre de forme

$\beta < 1$: Correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place et de rodage de l'installation (période de jeunesse).

$\beta = 1$: Correspond à la zone où le taux de défaillance est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement aucun symptôme de dégradation préalable (*vie-utile*) c'est la période la plus longue.

$\beta > 1$: Correspond à la zone croissante rapide, c'est l'époque de vieillesse provoquée par l'usure mécanique.

- La **MTBP** moyenne des temps entre panne.
- La **MUT** moyenne de temps de bon fonctionnement.

$$MTBF = \frac{\sum \text{Temps entre panne}}{N_i} \qquad MUT = \frac{\sum TBF}{N_i}$$

III.2.1.2.1.3 Algorithme de l'étude de la loi de "Weibull" [8]

Saisie des données d'exploitations recensement de **TBF** tableau de classement des **TBF** par ordre croissant.

Ordre attribué à chaque **TBF** ($1 < i < n$) suivant la taille n de l'échantillon

On calcule F(t) Théorique.

$$\begin{cases} F(t) \text{ théo} = \frac{\sum ni - 0,3}{N + 0,4} & \text{Si } N \leq 20 \\ F(t) \text{ théo} = \frac{\sum Ni}{N + 0,4} & \text{Si } N > 20 \end{cases}$$

III.2.1.2.1.4 Structure de papier de "Weibull"

Description de papier fonctionnel de Weibull

Ce papier «log-log» port quatre axes :

- l'axe **A** est l'axe des temps sur lequel nous porterons les valeurs t_i de durées de bon fonctionnement ;
- l'axe **B** porte **F (t)** sur lequel nous porterons les valeurs **F (i)** calculées par approximation (rangs moyens ou médians).

Nous estimerons la fiabilité en prenant le complément : **R (t) = 1- F (t)** ;

- l'axe a correspond à **lnt** ;
- l'axe b correspond à **ln (1/1- F(t))**.

Cet axe permettra d'évaluer la valeur de β

III.2.1.2.1.5 Application de modèle de Weibull

a) Le temps de bon fonctionnement

TBF=TT-TR

TT: temps total=176 heures

TR: temps d'arrêt

TBF: temps de bon fonctionnement

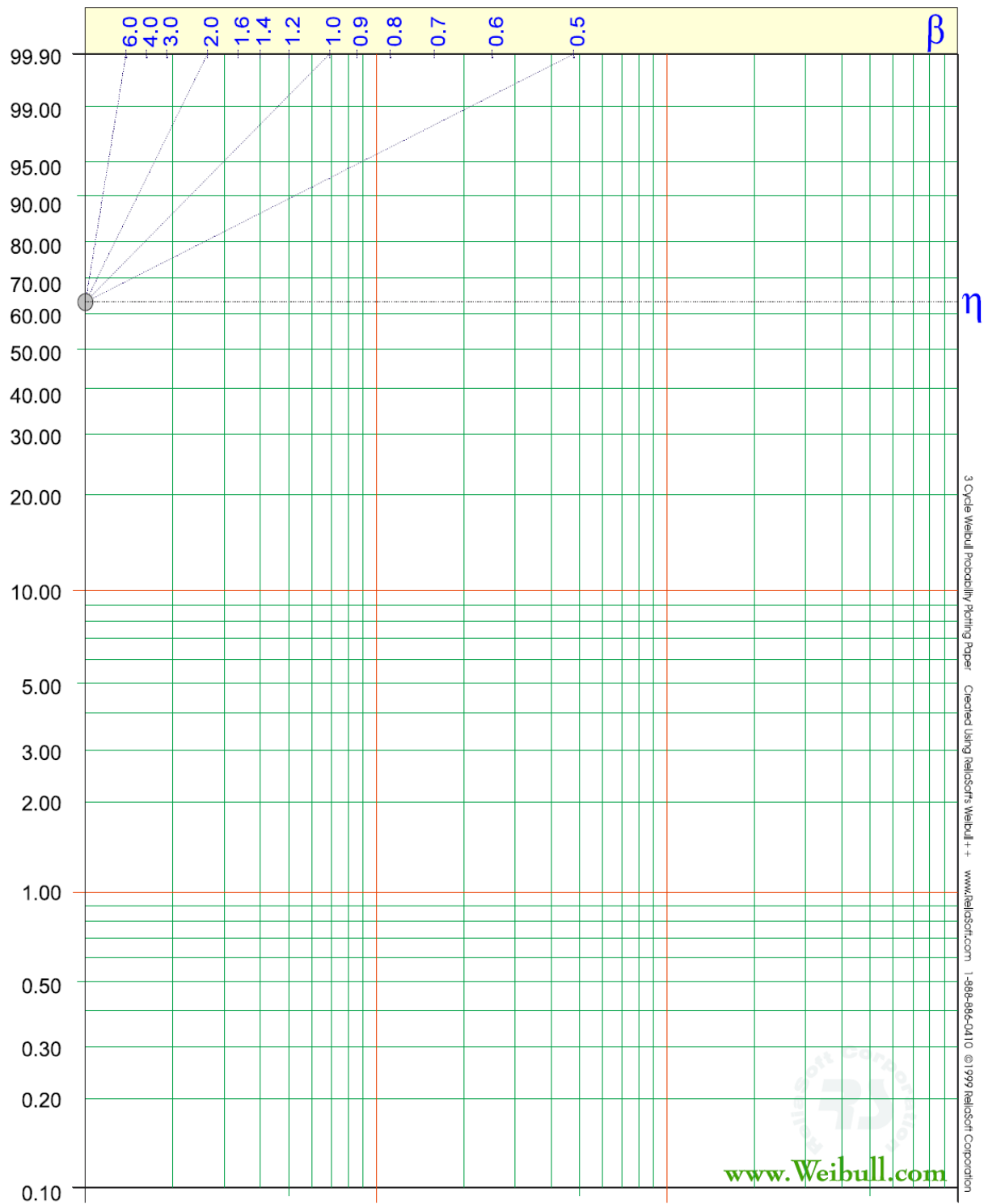


Fig. :III.4. Ce papier «log-log» port quatre axes [17]

Table. III.1. Les temps d'arrêt de la tour vertical TSS-20/40 A

N°	Mois	Temps d'arrêt (T.R)	Temps de bon fonctionnement (T.B.F)
01	Janvier 2010	13.78	161.21
02	Février 2010	06.56	168.43
03	Mars 2010	9.43	166.57
04	Avril 2010	08.43	140.95
05	Mai 2010	34.04	163.70
06	Joins 2010	11.29	164.27
07	Juillet 2010	03.03	171.96
08	Aout 2010	32.17	142.82
09	Septembre2010	08.86	166.13
10	Octobre 2010	11.74	163.25
11	Novembre2010	12.04	162.95
12	décembre 2010	09.92	165.07
13	janvier 2011	22.45	152.45
14	Février 2011	84.14	90.85
15	Mars 2011	23.35	151.64

Table. III .2 . Application du modèle de weibull :

<u>TBF</u>	<u>Ni</u>	<u>Σni</u>	
90.85	1	1	0.045
140.95	1	2	0.110
142.82	1	3	0.175
151.64	1	4	0.240
152.45	1	5	0.305
161.21	1	6	0.370
162.95	1	7	0.435
163.25	1	8	0.500
163.70	1	9	0.665
164.27	1	10	0.630
165.07	1	11	0.695
166.13	1	12	0.760
166.57	1	13	0.825
168.43	1	14	0.890
171.96	1	15	0.954

b) Paramètres de la loi de weibull en logiciel Log - LAALA

The screenshot shows the 'fiabilité Courbes' window in the Log-LAALA software. It displays a list of 16 TBF values and a table of the first four values. Below this, there are buttons for 'Initialiser', 'Analyser', and 'Fermer'. The main section, titled 'Resultats de l'analyse statistique', compares four distributions: Loi LOG-NOR, Loi NORMALE, Loi EXPONEN., and Loi WEIBULL. Each distribution has several parameters and test results displayed in input fields.

Loi LOG-NOR	Loi NORMALE	Loi EXPONEN.	Loi WEIBULL
Ecart: 5.0365	Ecart: 20.0604	Landa: 0.0064	Beta: 5.5573
Mu: 0.1572	MTBF: 155.4833	MTBF: 155.4833	MTBF: 155.8478
MTBF: 155.8369	TEST K-S: >20%	TEST K-S: >20%	Eta: 168.8041
TEST K-S: >20%			TEST K-S: >20%

Fig. III.5 - Logiciel Log-LAALA [19]

A partir de logiciel LOG _ LAALA, On déduire les paramètres: β , η , γ , MTBF,...?

$$\beta = 5.5573$$

$$\eta = 168.8041$$

$$\gamma = 0$$

$$\text{MTBF} = 155.8475$$

c) Test de (Kolmogorov Smirnov)

Ce test consiste à calculer l'écart entre la fonction théorique **F(t) théo** et la fonction réelle **F(t) réel** et prendre le maximum en valeur absolue **D_{n,max}**.

Cette valeur est comparée avec **D_{n,α}** Qui est donnée par la table de Kolmogorov

- Si **D_{n, Max} > D_{n, α}**, on refuse l'hypothèse du modèle théorique.
- Si **D_{n, Max} < D_{n, α}**, on accepte l'hypothèse du modèle théorique.

N.B :* la valeur de **D_{n,α}** est donnée par la table de **Kolmogorov-Smirnov**.

* ici on a : $N=15 < 20 \rightarrow \alpha = 0.05 = 5\%$

Table. .III.3 . Test de Kolmogorov Smirnov:

<u>N</u>	<u>TBF</u>	<u>F(t) reel</u>	<u>F(t) théo</u>	<u>D_n [F(t)r-F(t)t]</u>
01	90.85	0.031	0.045	0.014
02	140.95	0.241	0.110	0.131
03	142.82	0.261	0.175	0.086
04	151.64	0.375	0.240	0.135
05	152.45	0.387	0.305	0.082
06	161.21	0.541	0.370	0.171
07	162.95	0.573	0.435	0.138
08	163.25	0.579	0.500	0.079
09	163.70	0.588	0.665	0.076
10	164.27	0.599	0.630	0.031
11	165.07	0.615	0.695	0.080
12	166.13	0.637	0.760	0.123
13	166.57	0.646	0.825	0.179
14	168.43	0.684	0.890	0.206
15	171.76	0.754	0.954	0.200

$$\alpha = 0.05 = 5\%$$

$$D_{n,\alpha} = D_{15, 0.05} = 0.271$$

$$D_{n,\max} = 0.206$$

$$0.206 < 0.271 \Rightarrow D_{n,\max} < D_{n,\alpha} \text{ (Pour La Valeur } D_{n,\alpha}$$

Donc le modèle de Wei Bull est acceptable.

❖ Etude de modèle de Weibull

Table. III.4. Étude de modèle de weibull :

<u>N</u>	<u>TBF</u>	<u>F(t)</u>		<u>$\mu(t)$</u>	<u>R(t)</u>
01	90.85	0.031	0.00086	0.00089	0.969
02	140.95	0.241	0.00480	0.00632	0.759
03	142.82	0.261	0.00507	0.00686	0.739
04	151.64	0.375	0.00638	0.01021	0.625
05	152.45	0.387	0.00650	0.01060	0.613
06	161.21	0.541	0.00739	0.01610	0.459
07	162.95	0.573	0.00745	0.01745	0.427
08	163.25	0.579	0.00745	0.01769	0.421
09	163.75	0.588	0.00746	0.01811	0.412
10	164.27	0.599	0.00746	0.01860	0.401
11	165.07	0.615	0.00745	0.01935	0.385
12	166.13	0.637	0.00741	0.02041	0.363
13	166.57	0.646	0.00738	0.02084	0.354
14	168.43	0.684	0.00723	0.02288	0.316
15	171.96	0.754	0.00673	0.02736	0.246

Tout d'abord on va tracer Les trois courbes des fonctions "Densité De Probabilité, Répartition, Taux De Défaillance", successivement qui sont liées du concept de la fonction fiabilité, ensuite on trace la courbe de la fonction fiabilité.

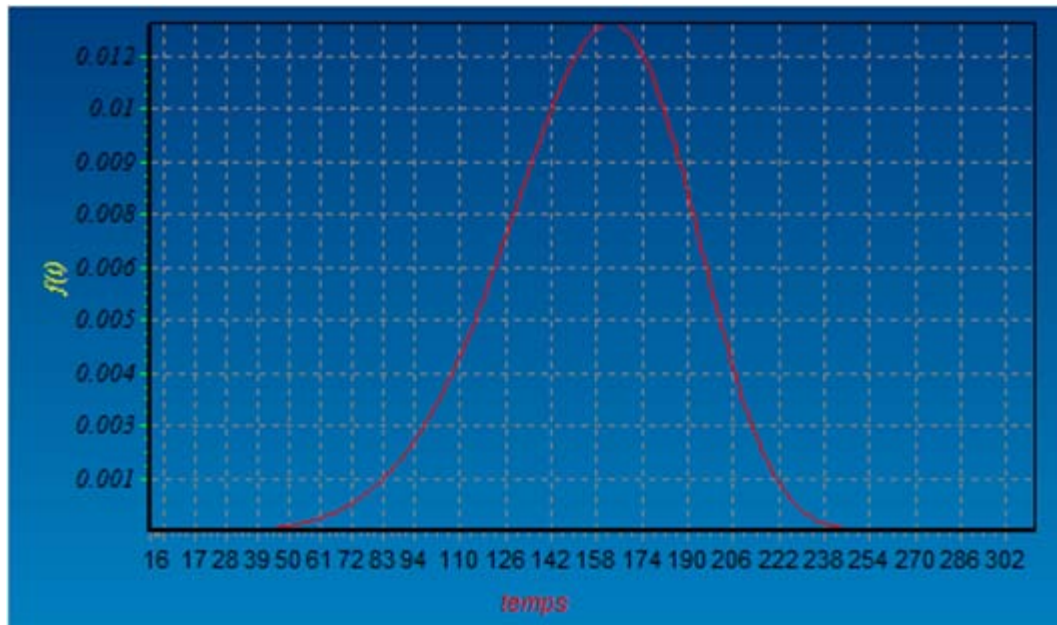


Fig. III.7 - Courbe de densité de probabilité.

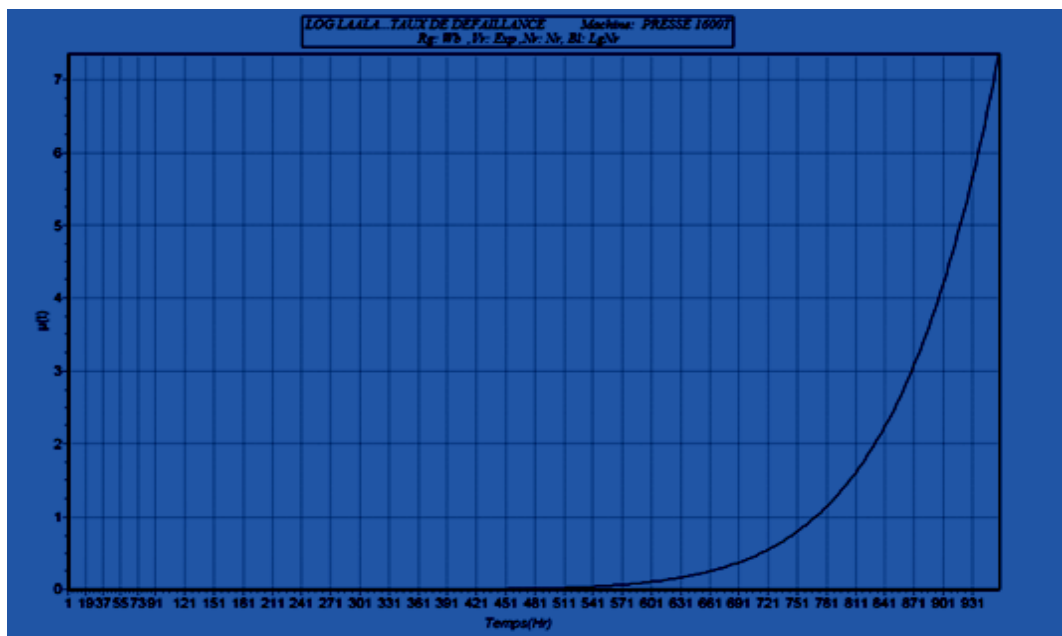


Fig. III.8 - Courbe de taux de défaillance.

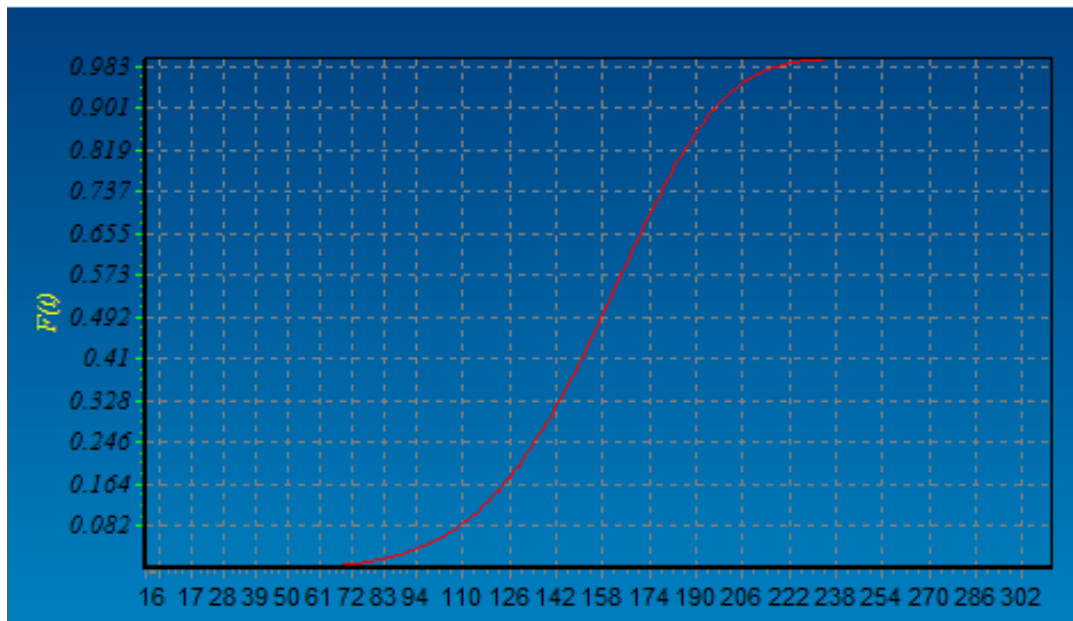


Fig. III.9 - courbe de fonction de répartition.

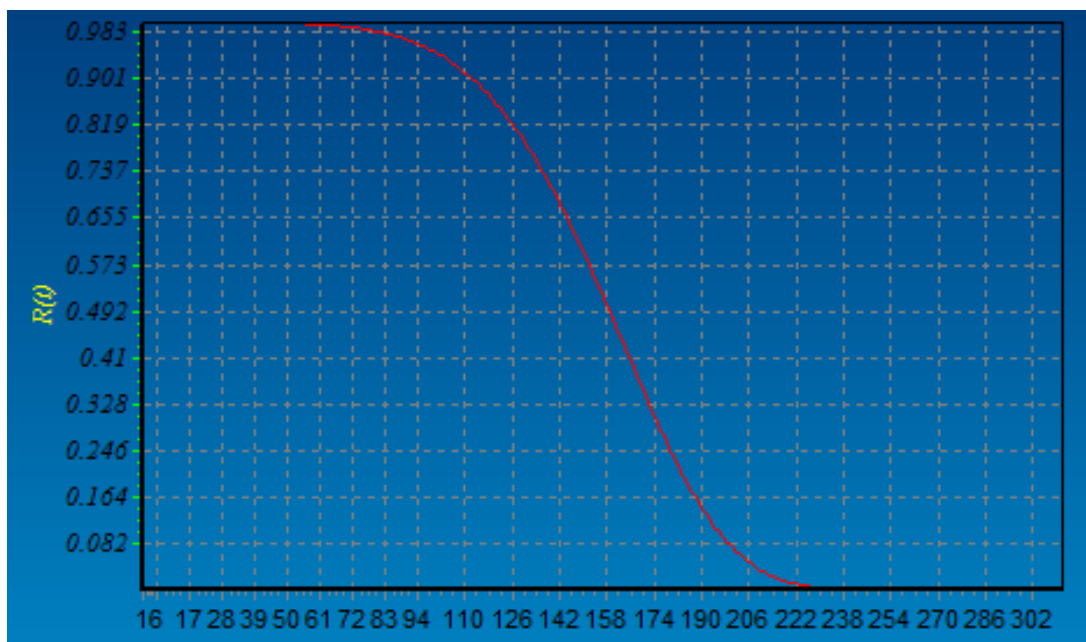


Fig. III.10 - courbe de fonction de fiabilité.

III.2.1.2.1.6 Interprétation des courbes

La courbe de fiabilité de la machine tour vertical est une courbe descendante, le moyen du temps de bon fonctionnement est 155.8475 heures (pour chaque mois) et avec une probabilité de **52.60 %**.

Donc on peut dire que la qualité de cette chaîne de production (tour vertical) est de **52.60 %**.

La fiabilité de cette dernière est jugé comme étant acceptable.

Pour la courbe de la densité de probabilité, la courbe représente la probabilité instantanée de défaillance (juste au temps t), donc l'augmentation du TBF provoque une diminution de sa fiabilité et augmente la probabilité d'appariation d'un défaut ou de défaillance.

La courbe de la fonction de répartition est une courbe croissante, et qui représente la probabilité cumulée de défaillance, et ce qu'on peut voir dans cette courbe c'est que la probabilité de défaillance de la tour vertical augmente avec l'augmentation des temps de bons fonctionnements.

La courbe qui représente le taux de défaillance à un instant donné est une courbe croissante. $\beta = 5.5573$ ne correspond pas à la zone de décroissance rapide c'est la période de mise en place et de déverminage de l'installation. Les défaillances sont dues à des anomalies ou des imperfections de montage ou à la méconnaissance de la conduite du matériel de la part des opérateurs, c.-à-d. que le taux de défaillance augmente aussi avec l'augmentation du temps de bon fonctionnement, cette augmentation qui provoque la diminution de fiabilité de la machine.

Pour l'amélioration de la fiabilité de la tour vertical on a proposé Le Suivant :

Graphiquement :

D'après les figures précédentes on trouve que le temps systématique de maintenance pour assurer la fiabilité de 90% de la machine est 110 heures.

III.2.2 Maintenabilité intrinseque [8]

MTTR: Mean Time To Repair.

Moyenne des temps de réparation

$$MTTR = \frac{\text{Temps cummule pour réparation}}{\text{Nombre d'intervention}}$$

Le taux de réparation (μ) : $\mu = \frac{1}{MTTR} \text{ int/h}$

Dans la plus par cas $\mathbf{M(t)}$ est constante alors

$$Me(t) = 1 - e^{-\mu_a \cdot t}$$

$$MTTR = \frac{291.23}{15} = 19.415h/int$$

$$\mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{19.415} = 0.0515h/int$$

$$M(t) = 1 - e^{-0.0515t}$$

Table : III .5 Tableau de maintenabilité :

<u>N</u>	<u>Temps de réparation (H)</u>	<u>M(t)</u>
01	13.78	0.500
02	06.56	0.286
03	9.43	0.384
04	08.43	0.352
05	34.04	0.826
06	11.29	0.441
07	03.03	0.144
08	32.17	0.810
09	08.86	0.366
10	11.74	0.453
11	12.04	0.462
12	09.92	0.400
13	22.45	0.685
14	84.14	0.986
15	23.35	0.700

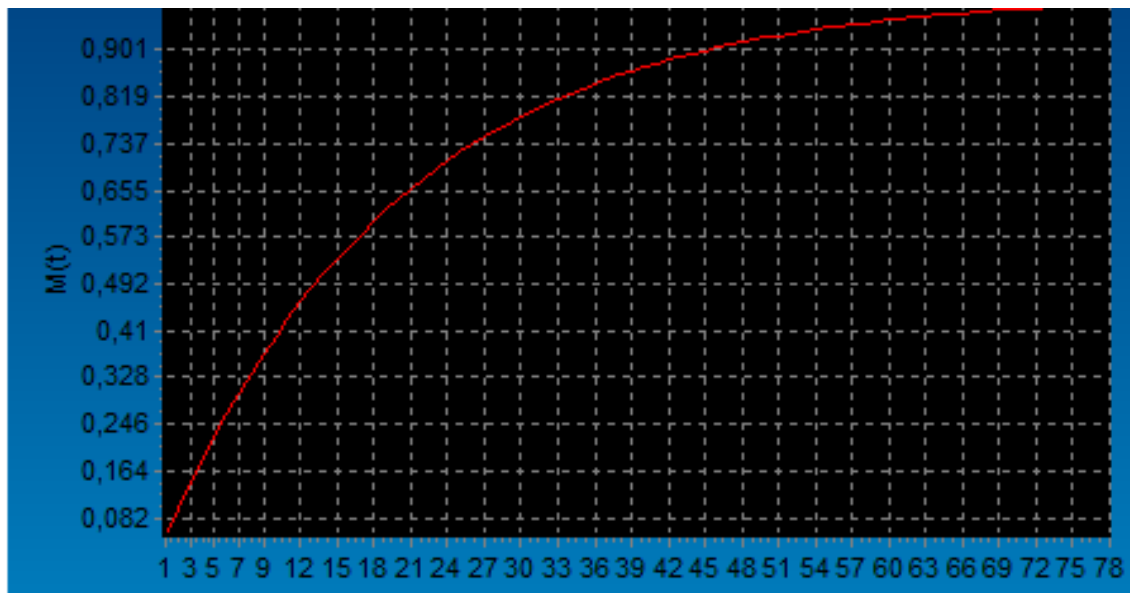


Fig. III.11 - Courbe de maintenabilité .

A partir de logiciel LOG _ LAALA, On déduit les paramètres :

MTTR=18.69

μ (taux de réparation) = 0.0515 h/int

$M(t)$ =0.9776

t =71

III.2.2.1 Interprétation de la courbe de maintenabilité

On voit que la courbe de maintenabilité est une courbe croissante, qui est le complément à l'unité de la probabilité pour que le système ne soit pas réparé sur l'intervalle $[0, t]$.

Après l'observation du graphe de maintenabilité on déduit que nous avons peu de chance pour que la réparation se fasse dans les meilleures conditions possibles.

Pour l'amélioration de la maintenabilité de la tour vertical on a proposé le suivant :

Il faut diminuer l'allongement du temps de réparation par l'application de la méthode de l'AMDEC.

III.2.3 La disponibilité [9]

La norme AFNOR X 60-500 définit la disponibilité comme « l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou pendant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs nécessaires de maintenance soit assurée ».

La probabilité associée $A(t)$ à l'instant t est aussi appelée disponibilité et s'exprime par :

$A(t) = P(E \text{ non-défaillante à l'instant } t)$.

L'aptitude contraire est appelée indisponibilité et est définie par :

$$\bar{A} = 1 - A(t)$$

III.2.3.1 Définition de la disponibilité

C'est l'aptitude d'un dispositif à être en état de fonctionnement dans ces conditions données sous les aspects combinés de la fiabilité de la maintenance, la logistique et l'organisation de maintenance c'est la probabilité pour qu'un dispositif soit en état de fonctionnement selon des conditions de maintenance prescrite et pour un temps donné.

III.2.3.2 Les sortes de la disponibilité**a) Disponibilité intrinsèque**

Cette disponibilité est évaluée en prenant en compte les moyennes des temps de bon fonctionnement et les moyennes des temps de réparation.

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR}$$

b) Disponibilité instantanée

C'est la probabilité pour qu'un dispositif puisse accomplir une fonction requise dans des conditions données et un instant donné.

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \cdot e^{-(\mu + \lambda)t}$$

μ : Taux de réparation.

λ : Taux de défaillance.

III.2.3.3 Analyse numérique**a) Disponibilité intrinsèque**

$$D_i = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} = \frac{155.8475}{155.8475 + 18.69} = 0.8929$$

$$D_i = 89.29\%$$

b) Disponibilité instantanée

$$MTBF = \frac{1}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{1}{MTBF} = \frac{1}{155.8475} = 0.0064$$

$$MTTR = \frac{1}{\mu} \rightarrow \mu = \frac{1}{MTTR} = \frac{1}{18.69} = 0.0535$$

$$\frac{\lambda}{\lambda + \mu} = \frac{0.0064}{0.0064 + 0.0535} = 0.1068$$

$$\frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{0.0535}{0.0064 + 0.0535} = 0.8930$$

$$D(t) = 0.8930 + 0.1068 \times e^{-0.0599t}$$

Table : III .6 . Tableau de la disponibilité

<u>N</u>	<u>TBF</u>	<u>D(t)</u>
01	90.85	0.89346
02	140.95	0.89302
03	142.82	0.89302
04	151.64	0.89301
05	152.45	0.89301
06	161.21	0.89300
07	162.95	0.89300
08	163.25	0.89300
09	163.75	0.89300
10	164.27	0.89300
11	165.07	0.89300
12	166.13	0.89300
13	166.57	0.89300
14	168.43	0.89300
15	171.96	0.89300

A partir de logiciel **LOG _ LAALA**, On déduire les paramètres :

MTTR=18.13

MTBF=155.67

Disponibilité - Asymp =0.9

D(t) =0.896

t =93

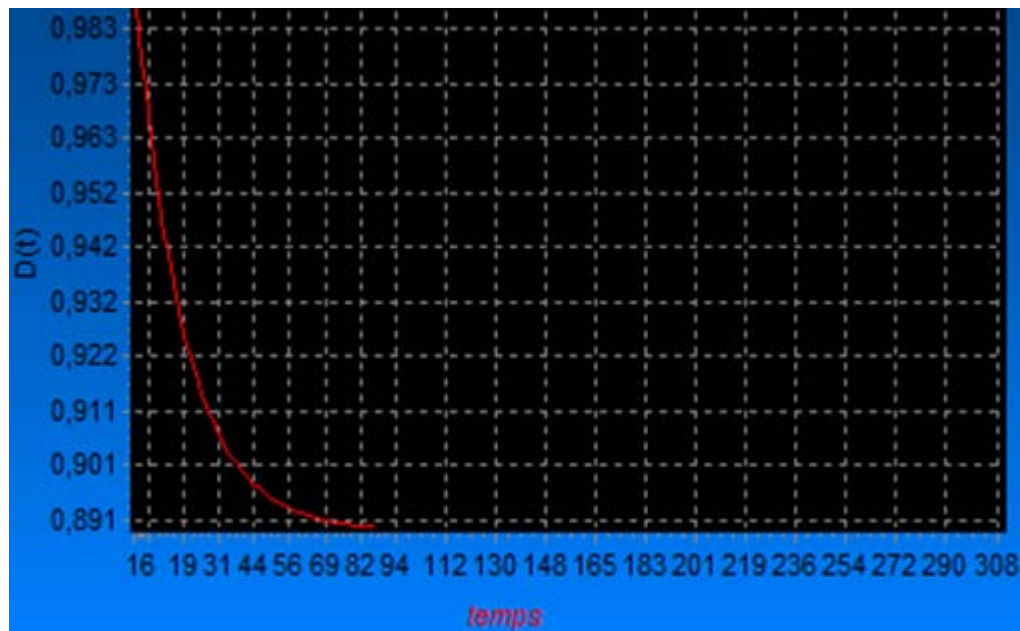


Fig. III.12 - Courbe de disponibilité.

III.2.4 Interprétation de la courbe de disponibilité

On voit que la courbe de disponibilité est une courbe descendante, et la disponibilité est le reflet de la fiabilité et de la maintenabilité, l'augmentation de cette caractéristique revient directement à augmenter ces deux paramètres et du moment de tour verticale TSS on doit agir toujours sur la fiabilité.

Nous pouvons constater que la tour verticale (TSS) représente une disponibilité instantanée prévisionnelle acceptable de 89.6%.

III.5.Conclusion

L'application de la méthodologie de maintenance montre bien l'importance que l'on doit accorder aux données du retour d'expérience et de historique des pannes. Raison pour laquelle l'application de la méthodologie sur les équipements de production, nécessite une organisation structurelle rigoureuse basée sur le principe de flexibilité, adaptabilité et complémentarité et aussi sur des axes particuliers tels que nous avons proposé au deuxième chapitre. Dans ce chapitre l'analyse FMD permettra au gestionnaire de la fonction maintenance de déterminer une stratégie de maintenance basé sur l'étude graphique à travers un exemple pratique qui permet d'obtenir des analyses profondes pour mieux planifier une politique de gestion de la maintenance qu'implique les objectifs

Chapitre IV :

Les files d'attente

IV.1 Généralités

La théorie des files d'attente s'attache à modéliser et à analyser de nombreuses situations en apparence très diverses, mais qui relèvent néanmoins toutes du schéma descriptif général suivant. Des *clients* arrivent à intervalles aléatoires dans un système comportant plusieurs *serveurs* auxquels ils vont adresser une requête. La durée du service auprès de chaque serveur est elle-même aléatoire. Après avoir été servis (ce qui suppose un arrêt chez un ou plusieurs serveurs selon le cas), les clients quittent le système.

Le but de l'analyse est de caractériser le degré de performance du système en répondant à des questions du type suivant:

- en moyenne, combien de temps attend un client avant d'être servi?
- quel est le nombre moyen de clients dans le système?
- quel est le taux d'utilisation moyen des serveurs?
- Illustrons cette description générale par quelques exemples spécifiques.

Atelier de production

Les 'clients' sont les ordres de fabrication à exécuter, et les 'serveurs' sont les machines nécessaires à l'exécution de chaque ordre de fabrication.

IV.2 pourquoi y a-t-il de l'attente? [13]

Il est surprenant d'apprendre que des files d'attente se forment même dans les systèmes non congestionnés. L'expression clé est « en moyenne ». Le problème vient du fait que les arrivées des clients ont lieu à intervalles aléatoires plutôt qu'à intervalles fixes. De plus, certaines commandes requièrent un temps de traitement plus long. En d'autres termes, les processus d'arrivée et de service ont un degré de variabilité élevé. Par conséquent, le système est soit temporairement congestionné, ce qui crée des files d'attente, soit vide, parce qu'aucun client ne se présente. Donc, si le système n'est pas congestionné d'un point de vue macro, il l'est d'un point de vue micro. Par ailleurs, en cas de variabilité minimale ou inexistante (arrivée selon les rendez-vous et temps de service constant), aucune file d'attente ne se former.

IV.3. l'objectif de l'analyse des files d'attente

L'objectif de l'analyse des files d'attente est de minimiser le coût total, qui équivaut à la somme de deux coûts : le coût associé à la capacité de service mise en place (coût de service) et le coût associé à l'attente des clients (coût d'attente). Le coût de service est le coût résultant du maintien d'un certain niveau de service, par exemple le coût associé au nombre de caisses dans un supermarché, au nombre de réparateurs dans un centre de maintenance, au nombre de guichets dans une banque, au nombre de voies d'une autoroute, etc. En cas de ressources inoccupées, la capacité est une valeur

perdue, car elle est non stockable. Les coûts d'attente sont constitués des salaires payés aux employés qui attendent pour effectuer leur travail (mécanicien qui attend un outil, chauffeur qui attend le déchargement du camion, etc.), du coût de l'espace disponible pour l'attente (grandeur de la salle d'attente dans une clinique, longueur d'un portique de lave-auto, kérosène consommé par les avions qui attendent pour atterrir) et, bien sûr, du coût associé à la perte de clients impatientes qui vont chez les concurrents.

En pratique, lorsque le client est externe à l'entreprise, le coût d'attente est difficile à évaluer, car il s'agit d'un impact plutôt que d'un coût pouvant être comptabilisé. Cependant, on peut considérer les temps d'attente comme un critère de mesure du niveau de service. Le gestionnaire décide des temps d'attentes acceptables, « tolérables », et il met en place la capacité susceptible de fournir ce niveau de service.

Lorsque le client est interne à l'entreprise les clients sont les machines et les commis, l'équipe d'entretien, on peut établir directement certains coûts se rapportant au temps d'attente des clients (machines). Par ailleurs, il ne faut pas conclure trop rapidement que pour l'entreprise, le coût du temps d'attente d'un employé qui attend est égal à son salaire durant le temps d'attente ; cela impliquerait que la baisse nette des gains de l'entreprise, du fait de l'inactivité d'un employé, est égale au salaire de ce dernier, ce qui, a priori, n'est pas évident. L'employé, qu'il travaille ou qu'il attende, reçoit le même salaire. Par contre, sa contribution aux gains de l'entreprise est réellement perdue, car la productivité baisse. Quand un opérateur de machine est inactif parce qu'il attend, sa force productive (qui peut comprendre, outre son salaire, une proportion des coûts fixes de l'entreprise) est perdue. En d'autres termes, il faut tenir compte non pas de la ressource physique en attente, mais plutôt de la valeur (coût) de toutes les ressources économiques inactives, et évaluer ensuite la perte de profit à partir de la perte de productivité.

L'objectif de l'analyse des files d'attente est de trouver un compromis entre le coût associé à la capacité de service et le coût d'attente des clients. La figure IV.1 illustre bien ce concept. Notez que lorsque la capacité de service augmente, le coût de service augmente. Par souci de simplicité, nous avons illustré un coût de service linéaire. Cela n'affecte en rien la démonstration. Lorsque la capacité de service augmente, le nombre de clients en attente et le temps d'attente tendent à diminuer, donc les coûts d'attente diminuent. Le coût total (la somme des coûts de service et d'attente) est représenté sur le graphique par une courbe en forme de U. Graphiquement, il suffit de déterminer le niveau de service se traduisant par le coût total minimum. (Contrairement au modèle de la quantité économique utilisé dans la gestion des stocks, le minimum n'est pas nécessairement atteint au point d'intersection de la droite et de la courbe.)

Dans le cas d'une clientèle externe à l'entreprise, les files d'attente donnent une image négative de la qualité du service offert. Dans cette situation, les entreprises auront tendance à augmenter la rapidité du service plutôt que d'augmenter le nombre d'employés. Le fait d'abaisser le coût d'attente aura pour effet de déplacer vers le bas la courbe en U, qui représente le coût total.

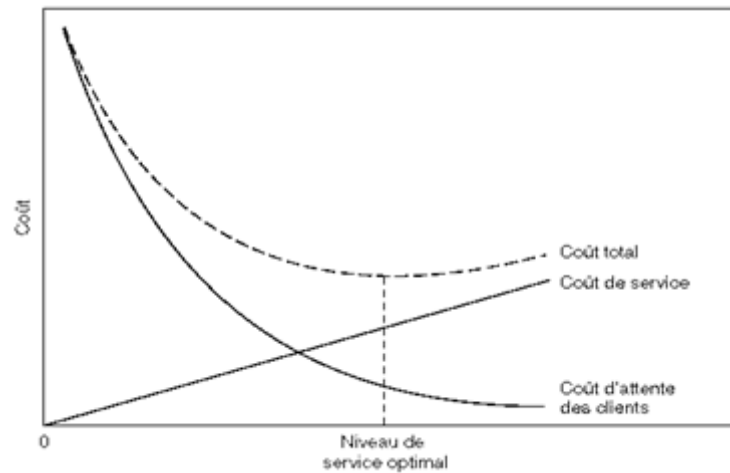


Fig. IV.1 : l'objectif de l'analyse de la file d'attente [13]

IV.4 .Processus d'arrivée :[14]

Les clients arrivent au sein du système en décrivent un processus déterminé ils peuvent par exemple être réguliers est leurs arrivées sont espacées par un temps égale soit (c'est -à-dire chaque τ unités de temps, on a des arrivées) ; mais ce cas est rare et assez difficile à schématiser mathématiques.

Le modèle le plus simple et le plus courant est celui des arrivées complètement aléatoires, ce qui est caractérisé par le processus de poisson.

IV.4.1. Processus de service :

La deuxième composante d'un système de files d'attente est la quantité de service demandée par un client. Dans la majorité des cas, on suppose que la population des clients est homogène, ce qui entraîne que les services demandés sont identiquement distribués, ou ont une distribution commune dite distribution de service. Dans des cas plus compliqués, les clients sont classés dans de différents types suivant la nature de distribution de leurs services.

En pratique, on rencontre la distribution exponentielle qui est plus simple à manipuler

Mathématiquement. Une propriété assez importante de cette distribution est son manque de mémoire, qui pourrait-être caractérisé par le fait que le temps résiduel d'un service est indépendant du temps déjà écoulé de ce service.

IV.4.2.Discipline de service :

On mentionné plus haut, qu'une fois le serveur devient libre, il choisit un client de la file suivant une politique ou discipline adoptée au sien du système.

La règle la plus familière est FCFS (PAPS) : First Come First Service (premier arrivé premier servi) ou FIFO Ferste In Ferste Oute ou les clients sont service dans l'ordre de leurs arrivées.

cette règle peut ne pas interpréter réellement la situation au sein du système : parfois certains client sont plus important que d'autres et nécessitent un traitement meilleur, d'où on parlera de fils d'attente avec priorité. On distingue la priorité simples est priorité complexes.

Il existe d'autre disciplines de service telle LIFO : Last In First Out(ou DAPS : dernier arrive premier sorti)

R-R :Rounde-Ropin.....etc.

IV.5.Définir des priorités d'action et des axes d'amélioration [13]

IV.5.1. Description

IV.5.1. 1.de la tâche

- Analyser la disponibilité.
- Analyser les nombre moyen des Clients à la maintenance.
- Analyser l'activité de la maintenance à l'aide d'une file d'attente.
- Analyser les nouvelles fonctions et performances des composants dans les domaines de surveillance.
- Définir les points clés et les priorités d'action.

IV.5.1.2. Situation de début

- Les biens sont en fonctionnement sur une période significative.

IV.5.2.Conditions de réalisation

IV.5.2.1. Moyens

- Les historiques des biens.
- Les données technico-économiques de l'entreprise.
- Des outils d'investigation : GMAO, tableurs...

IV.5.2.2 Liaisons

- Le service exploitation.
- Le service sécurité.
- Les fournisseurs.
- Le concepteur.

IV.5.2.3 Références et ressources

- La politique de maintenance de l'entreprise.
-

- Les dossiers techniques des biens.
- Les normes en vigueur.

IV.6. Notation du système des files d'attente

Pour leur étude mathématique on classe les files d'attente selon une notation standard A/B/C/D

Les différentes lettres sont dédiées

- ✚ La lettre M désigne le flux d'arrivées.
- ✚ La lettre B désigne le temps service.
- ✚ La lettre C désigne le nombre des guichets.
- ✚ La lettre D désigne les infos supplémentaires avec les convoitions.

IV.6.1. Système M/M/c [15]

On obtient une description d'un système M/M/c en posant $\mu_n = \lambda$ pour $n = 0, 1, \dots$, et

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & \text{si } n \leq c \\ \mu c & \text{si } n \geq c \end{cases}$$

En effet, lorsque le nombre des clients présents dans le système est inférieur au nombre de serveurs, alors les n serveurs occupés donnent lieu à un processus de départ poissonnier de taux $n\mu$ (que le taux soit égal à $n\mu$ est évident; que le processus de départ soit poissonnier.

Mais peut être démontré rigoureusement). Si le nombre de clients présents des excèdes c , alors le taux du processus de départ reste limité à μc , comme illustré par la figure ci-dessous.

IV.6.1.2. Système M/M/c/N.

Dans un système de file d'attente dont la capacité est finie (égale à N), les états possibles du système sont

$n = 0, 1, \dots, N$, et

$$\lambda_n = \begin{cases} \lambda & \text{si } n \leq c \\ 0 & \text{si } n \geq c \end{cases}$$

$$\mu_n = \begin{cases} n\mu & \text{si } n \leq c \\ \mu & \text{si } n \geq c \end{cases}$$

Puisqu'aucun client n'a accès au système lorsque $n = N$.

IV.7. Probabilités à long terme [12]

Dans le cas simple d'un processus de naissance pur ou de mort pur, il est possible de calculer directement les probabilités d'état $p_n n(t)$ sous forme analytique (voir ci-dessus). Par contre, pour des processus de naissance et de mort plus généraux, le calcul de ces probabilités devient difficile

ou tout simplement impossible. On se contente donc souvent d'établir des formules analytiques pour les probabilités à long terme p_n , $n = 0, 1, 2, \dots$ (voir Section 2).

Nous allons à présent énoncer un résultat général permettant de dériver de telles formules.

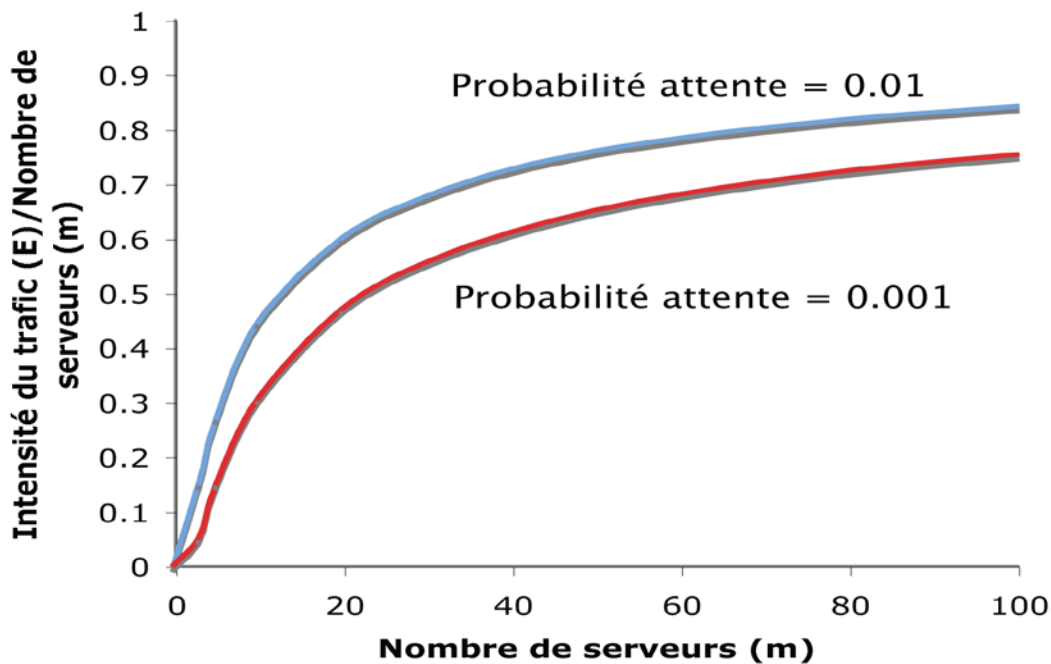


Fig. IV.4 : courbe de probabilité [12]

IV.8.Proposition [4]

Lorsqu'elles existent, les probabilités à long terme p_n ($n = 0, 1, \dots$) d'un processus de naissance et de mort satisfont aux équations d'équilibre

$$\lambda_n p_n = n\mu + 1 p_{n+1} \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

Et à l'équation de normalisation :

$$\sum_{n=0}^{\infty} p_n = 1$$

Nous ne donnerons pas de démonstration de ce résultat, et nous contenterons d'observer que les équations d'équilibres admettent une visualisation et une interprétation naturelles.

Tout d'abord, considérons le graphe de transition associé à un processus de naissance et de mort arbitraire.

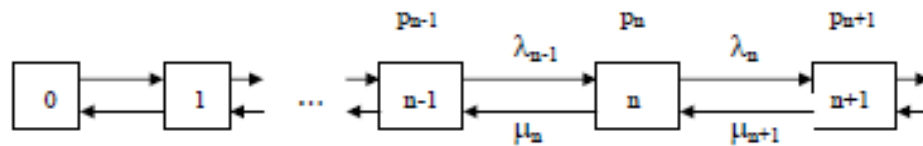


Fig. IV.2. Courbe Proposition 4 [13]

IV.9. Système de files d'attente en cascade : [13]

L'étude analytique du système en cascade est en générale difficile et on procède presque toujours par simulation (thème qui sera abordé dans la partie C de cette cour).

Toutefois, dans le cas des arrivées parsoniennes et de service exponentiel, l'étude est Possible.

On rencontre le système en cascade, dans une chaine de fabrication, dans la circulation des dossiers dans une administration...etc.

A titre d'exemple, on va présenter une cascade de deux system des files parsoniennes possédant chacune un seul canal de service, pour trouver les équations d'état du système, en Stationnaire, on va utiliser la théorie des chaines de Markov.

IV.10. les caractéristiques du système des files d'attentes [13]

Dans le cadre de la théorie des files d'attentes, on à conçu plusieurs modèles d'analyse. Le succès de l'analyse des files d'attente repose surtout sur le choix du modèle approprié. Plusieurs caractéristiques sont à prendre en considération :

- 1) La population.
- 2) Le nombre de serveurs.
- 3) Les tendances quant à l'arrivée et au service.

L'ordre de traitement des clients. L'illustre un système de file d'attente.

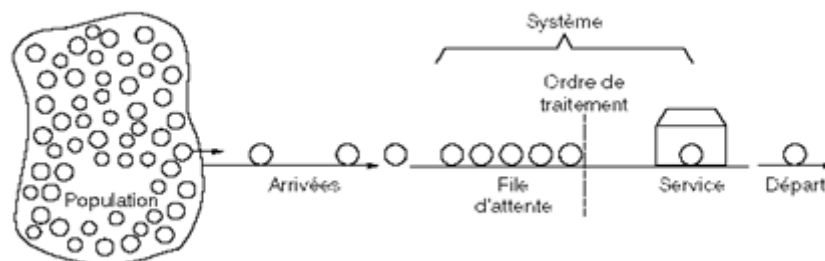


Fig. IV.3 : système de file d'attente simple [13]

IV.10.1 La population

Dans la théorie des files d'attente, on appelle « population » la source de clients potentiels : il y a deux situations possibles. Dans le premier cas, la **population** est **infinie**, c'est-à-dire que le nombre potentiel de clients est infiniment grand en tout temps. C'est le cas des clients des supermarchés, des banques, des restaurants, des cinémas, des centres d'appels, etc. De plus, les clients proviennent de toutes les régions possibles. Dans la deuxième situation, la **population** est **finie**, ce qui signifie que le nombre de clients potentiels est limité.

Un bon exemple est le nombre de machines, d'avions, etc., en réparation dans le centre de maintenance d'une entreprise. L'entreprise en question possède un nombre fini des machines, d'avions, etc...

IV.10.2 Le nombre de serveurs

La capacité de service dépend de la capacité de chaque serveur et du nombre de serveurs disponibles. Le terme « serveur » représente ici la ressource, et en général, on suppose qu'un serveur ne traite qu'un client à la fois.

Les systèmes des files d'attentes fonctionnent avec serveur unique ou serveurs multiples (plusieurs serveurs travaillant en équipe constituent un serveur unique, par exemple une équipe chirurgicale). Les exemples des systèmes de files d'attentes avec serveur unique sont nombreux : les petits magasins avec une seule caisse, tels que les dépanneurs, certains cinémas, certains lave-autos et établissements de restauration rapide avec guichet unique. Les systèmes à multiples serveurs sont les banques, les billetteries d'aéroports, les garages et les stations-service. **La figure IV.3** illustre les systèmes de files d'attente les plus courants. Pour des raisons pratiques, ceux qui sont étudiés dans le cadre de ce chapitre comprennent une seule étape.

IV.10.3 Les tendances quant à l'arrivée et au service [13]

Les files d'attente résultent de la variabilité des tendances d'arrivée et de service. Elles se forment parce que le degré élevé de variation dans les intervalles entre les arrivées et dans les temps de service cause des congestions temporaires. Dans plusieurs cas, on peut représenter ces variations par des distributions théoriques de probabilités. Dans les principaux modèles utilisés, on suppose que le nombre d'arrivées dans un intervalle donné suit la loi de Poisson.

Dans ce graphe, les sommets correspondent aux états possibles du système, et chaque arc indique une transition possible d'un état vers un autre (remarquer que les arcs de la forme $(n, n+2)$, $(n, n-2)$, $(n, n+3)$, ... ne figurent pas dans ce graphe, puisque les arrivées et les départs d'un processus de Poisson sont toujours individuels).

Lorsque le système est dans l'état n , il passe à l'état $n+1$ au taux moyen λ_n . Cette valeur se retrouve sur l'arc $(n, n+1)$ du graphe de transition. Puisque p_n est, intuitivement, la proportion du temps pendant laquelle le système se trouve dans l'état n , on déduit:

$\lambda_n p_n =$ taux espéré auquel le système passe de l'état n à l'état $n+1$. De même, lorsque le système est dans l'état $n+1$ (ce qui se produit durant une proportion p_{n+1} du temps), il passe dans l'état n au taux moyen μ_{n+1} . On obtient ainsi:

$$\mu_{n+1} p_{n+1} = \text{taux espéré auquel le système passe de l'état } n+1 \text{ à l'état } n.$$

Les équations d'équilibre traduisent donc simplement le fait que, en régime stationnaire, c'est-à-dire à l'équilibre, le système connaît autant de transitions (par unité de temps) de l'état n vers l'état $n+1$ que de l'état $n+1$ vers l'état n .

On trouve un autre système mais n'est pas important parce que même description que le système précédent, sauf que la file est limitée à N place.

Autre systèmes : M/D/S, M/E_K/2/N, G/G/1etc.

- a G {M, G, ...} précise le processus d'arrivée: M (Markovien) pour un processus de Poisson, G (général) pour un processus quelconque non précisé.
- G {M, G, ...} précise la distribution des durées de service: M (Markovien) pour des durées indépendantes et distribuées exponentiellement avec moyenne identique pour chaque serveur, G pour des durées quelconques.
- G {1, 2, ..., ∞} indique le nombre de serveurs;
- N G {1, 2, ..., ∞} précise la capacité du système, c'est-à-dire le nombre de clients qui peuvent simultanément trouver.
- Le paramètre N est souvent omis lorsqu'il vaut $+\infty$. Ainsi, on parlera de systèmes M/M/1, M/M/5/8, M/G/1, etc. Par ailleurs, la notation a/b/c/N est parfois complétée par des champs alors que le temps de service suit une loi exponentielle. La **figure IV.4** illustre ces deux distributions.

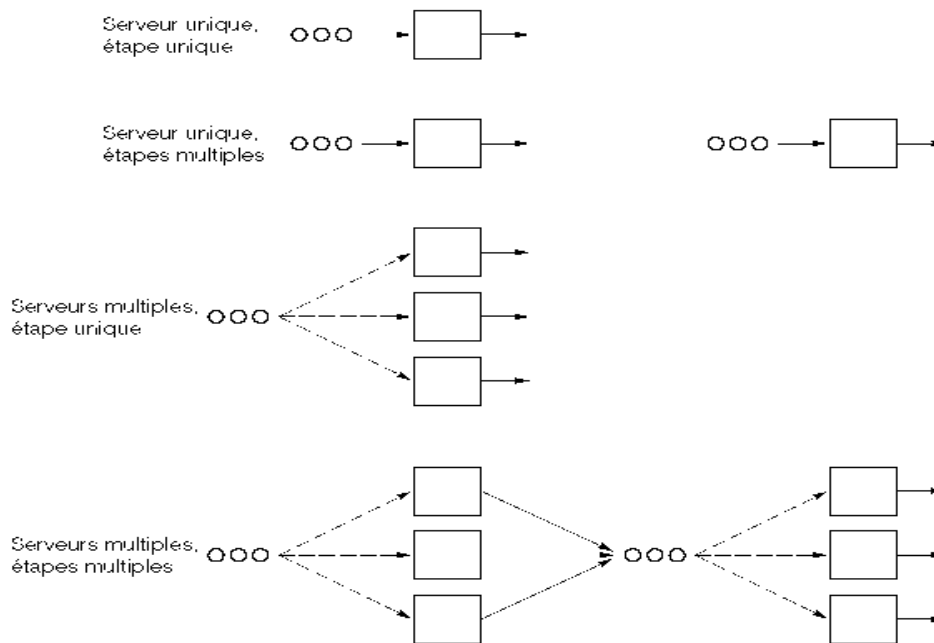


Fig : IV.4 illustration des deux distributions. [13]

- En général, la distribution de Poisson donne un assez bon aperçu du nombre de clients qui arrivent par unité de temps (par exemple le nombre de clients à l'heure). **La figure IV.5 A** illustre les arrivées distribuées selon la loi de Poisson (par exemple des accidents) pendant une période de trois jours. Durant certaines heures, on note de trois à quatre accidents ; à d'autres, un ou deux, et pour certaines, aucun.
- La distribution exponentielle, quant à elle, donne une assez bonne approximation des temps de service (par exemple avant l'arrivée des premiers secours auprès des victimes d'accidents).

La figure IV.5 B illustre le temps de service pour des clients qui arrivent selon le processus illustré à la figure IV.5 A. Remarquez que la plupart des temps de service sont très courts certains sont proches de zéro et quelques-uns, assez longs. C'est la caractéristique typique de la distribution exponentielle. Par exemple, les opérations traitées au guichet d'une banque prennent approximativement le même temps (assez court), alors qu'un nombre limité de clients requièrent un temps de traitement assez long.

- Les files d'attente se forment plus souvent lorsque les arrivées se font en groupe ou que les temps de service sont particulièrement longs ; elles se créent presque à coup sur ces deux facteurs se manifestent. Par exemple, notez, à la figure IV.5 B, le temps de service particulièrement long pour le client n° 7 au 1^{er} jour 1. À la figure IV.5 A, le client n° 7 arrive à 10 heures et les deux clients suivants arrivent juste après, ce qui crée alors une file d'attente. Une situation similaire s'est présentée le 3^{ème} jour avec les trois derniers clients : le temps de service assez long pour le

client n° 13 (figure IV.5 B) combiné au temps relativement court entre les deux arrivées suivantes (figure IV.5 A, jour 3) va certainement engendrer (ou augmenter) une file d'attente.

- Remarquez qu'il existe une relation entre la distribution de Poisson et la distribution exponentielle. En d'autres termes, si le temps de service suit la loi exponentielle, le taux de service (nombre de clients servis par unité de temps) suit la loi de Poisson. De la même manière, si le taux d'arrivé suit la loi de Poisson.

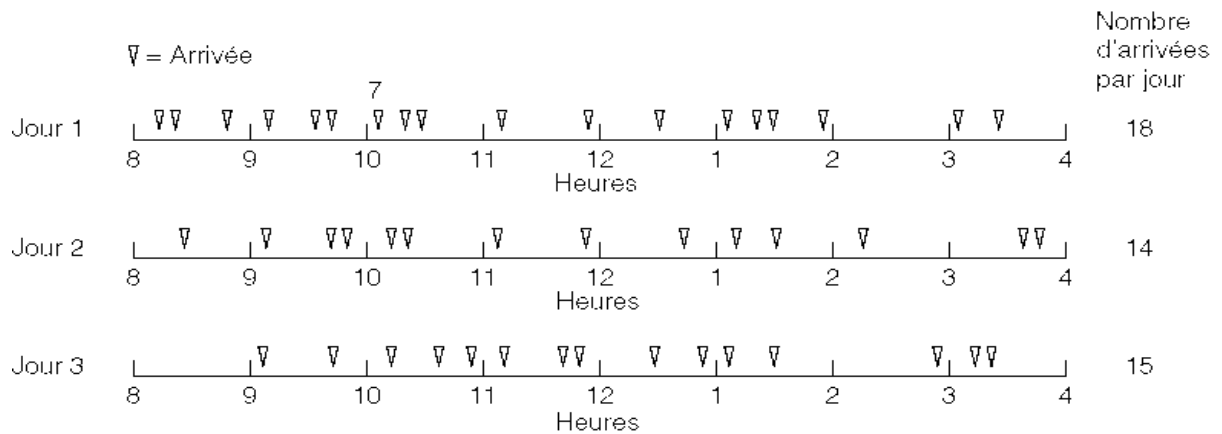


Fig IV.5.A. Les arrivées [13]

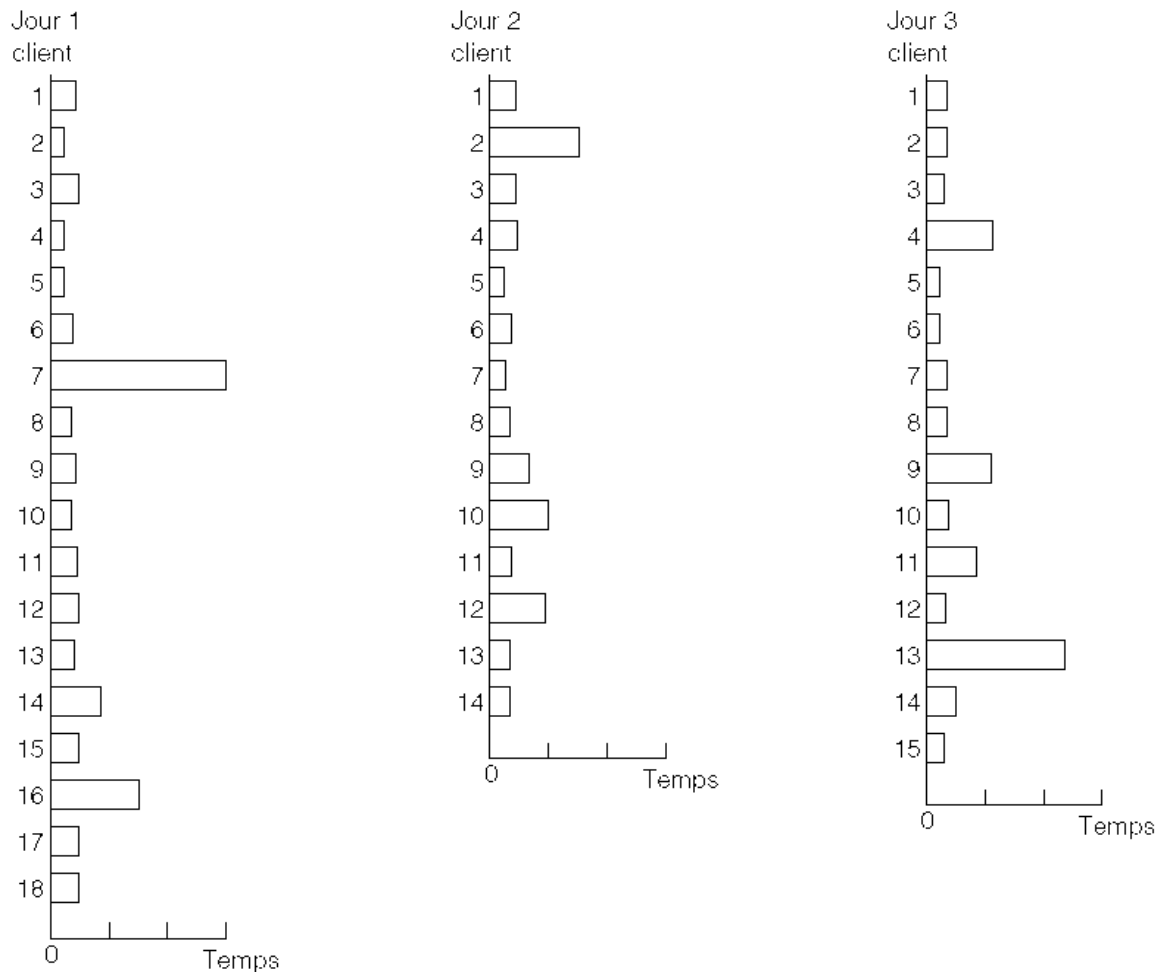


Fig IV.5. B. temps de service [13]

Fig IV.5 : arrivées distribuées selon la loi de poisson et temps de service distribué de façon exponentielle.

Le temps inter arrivées (temps entre deux arrivées successives) suit une loi exponentielle. Par exemple, si un centre de service a la capacité de traiter en moyenne 12 clients à l'heure (taux de service), le temps moyen de service est de cinq minutes. Si le taux moyen d'arrivée est de 10 clients à l'heure, le temps moyen entre 2 arrivées successives est de 6 minutes. Ainsi, les modèles de files d'attente décrits dans ce chapitre ont généralement comme processus d'arrivée un processus de Poisson ou, de façon équivalente, des temps inter arrivées exponentiels et des temps de service distribués selon une loi exponentielle. En pratique, avant d'utiliser un modèle, il faut vérifier ces caractéristiques.

Dan certains cas, on peut le faire en colligeant des données et en les représentant graphiquement. On ajuste en suite la distribution observée à la distribution théorique.

Il est toutefois préférable pour ce type de problème d'utiliser le test du khi-deux (χ_2): ce sujet ne fait pas l'objet d'étude de ce chapitre et il est développé dans la majorité des ouvrages de statistique. Aujourd'hui, il existe des logiciels très puissants qui permettent d'ajuster très rapidement une série

d'observations à une distribution théorique de probabilité. L'un des plus complets est Expert Fit, conçu par Avril Law et associés. Par ailleurs, les recherches ont démontré que si ces hypothèses sont généralement appropriées pour le processus d'arrivée, elles sont moins pour le processus de service. Dans ce cas, les solutions à considérer consistent à :

- ✓ Mettre au point un modèle plus approprié.
- ✓ Utiliser un meilleur modèle (généralement plus complexe).
- ✓ Avoir recours à la simulation numérique.

Ces solutions requièrent généralement plus d'efforts, de temps et d'argent que les modèles de files d'attentes présentés dans ce chapitre.

IV.11. La discipline de la file d'attente [13]

La discipline de la file d'attente concerne l'ordre de traitement des clients. Dans tous les modèles décrits dans les pages suivantes, on suppose que la règle de priorité est :

Premier entré, premier servi (PEPS). C'est la règle la plus communément utilisée dans les entreprises de services ; elle procure aux clients un sentiment de justice, bien qu'elle pénalise les clients dont le temps de service est court. Elle est appliquée dans les banques, les magasins les cinémas, les restaurants, les intersections avec arrêt obligatoire, les contrôles douaniers, etc. Certains systèmes ne s'en servent pas : les salles d'urgence des hôpitaux, en général, utilisent trois niveaux de priorité (les cas graves étant traités en priorité) ; les usines traitent les commandes urgentes et les ordinateurs centraux traitent les tâches par ordre d'importance. Certains clients devront donc attendre plus longtemps, même s'ils sont arrivés plus tôt. Les autres règles de priorité susceptibles d'être appliquées sont les temps d'opération les plus courts, les commandes, ou les clients les plus importants, les urgences, les réservations en priorité, les délais de livraison les plus courts, etc...

IV.11.1. les mesures de performance [13]

Les gestionnaires ont à leur disposition cinq outils de mesure ou indices pour évaluer les performances d'un système de production des biens ou de services existant ou celle d'un système qu'ils veulent concevoir. Ces mesures sont :

- ✓ Le nombre moyen de clients qui attendent en file ou dans le système.
- ✓ Le temps moyen d'attente en file et dans le système.
- ✓ Le taux d'utilisation du système, c'est-à-dire le pourcentage de la capacité utilisée.
- ✓ Le coût associé au niveau de service (capacité) mis en place.
- ✓ La probabilité qu'un client potentiel attende pour être servi.

Parmi ces cinq outils de mesure, le taux d'utilisation du système nécessite quelques éclaircissements. Il reflète l'étendue de l'occupation des serveurs plutôt que leur inactivité. Il est logique de penser qu'une bonne gestion des ressources implique un taux d'utilisation de 100 %.

Cependant, comme le montre **la figure IV.6**, le fait d'augmenter le taux d'utilisation revient à augmenter à la fois le nombre de clients qui attendent et le temps moyen fois le nombre de clients qui attendent et le temps moyen d'attente. En fait, ces deux mesures augmentent indéfiniment lorsque le taux d'utilisation approche de 100 %. Si tous les serveurs sont occupés, il est certain que les clients potentiels qui arrivent vont attendre. Cela implique que dans des conditions normales d'opération, un taux d'utilisation de 100 % est irréaliste. La somme des coûts de service et d'attente soit minimale, tel qu'illustré la figure IV.1.

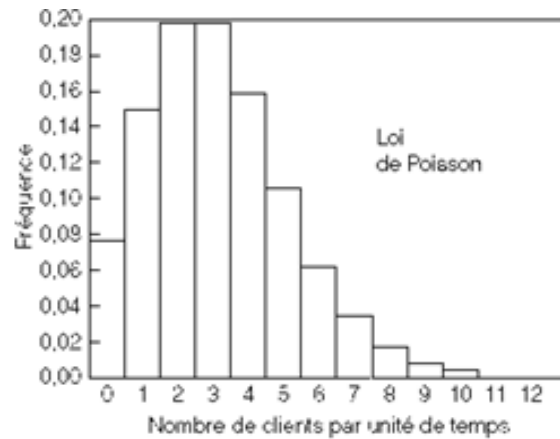


Fig. IV.6: distributions de poisson et exponentielle [13]

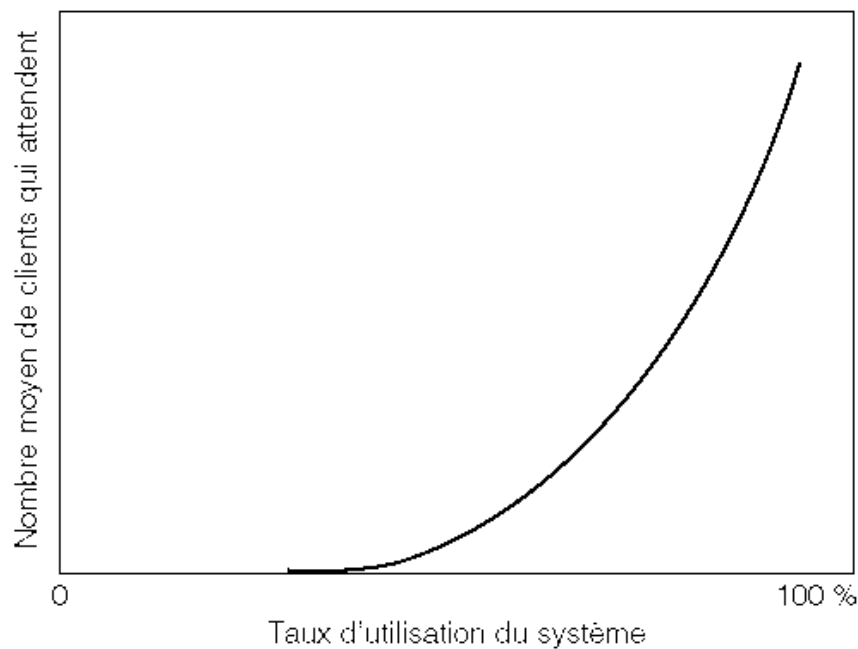


Fig. IV.8 : les nombre moye des clients [13]

IV.11.2. les principaux modèles des files d'attentes

Modèles avec population infinie Plusieurs modèles des files d'attentes sont à la disposition des gestionnaires pour leur permettre de concevoir des systèmes de production des biens ou de services ou de représenter un système réel afin d'analyser les performances. Dans ce chapitre, nous Présentons les quatre modèles de base les plus utilisés. Le but n'est pas d'étudier de façon exhaustive les modèles, mais plutôt d'analyser un certain nombre d'entre eux. Tous ont pour hypothèse que le taux d'arrivée est distribué selon la loi de Poisson. On suppose aussi que le système étudié est en régime permanent (stationnaire), c'est-à-dire que les taux d'arrivée et de service sont stables. Les quatre modèles présentés sont :

- a) Serveur unique, temps de service exponentiel.
- b) Serveur unique, temps de service constant.
- c) Serveurs multiples, temps de service exponentiel.
- d) Serveurs multiples, règles de priorité multiples, temps de service exponentiel.

Afin de faciliter l'utilisation des modèles, le tableau IV.1 présente les symboles et la terminologie utilisés pour les modèles avec population infinie.

Tableau IV.1 symboles (modèle avec population infinie) [13]

Symbole	Signification
P	Taux d'utilisation du système
\bar{n}_j	Nombre moyen de clients qui attendent d'être servis
\bar{n}_s	Nombre moyen de clients dans le système (clients qui attendent et clients qui sont en train d'être servis)
t	Temps de service
\bar{t}_f	Temps moyen d'attente en file
\bar{t}_s	Temps moyen d'attente dans le système (temps d'attente en file, plus le temps de service)
P_0	Probabilité qu'il y ait zéro unité (client) dans le système
P_n	Probabilité qu'il y ait n unités (clients) dans le système
M	Nombre de serveurs
p_w	Probabilité qu'un client Potentielle avant d'être service

IV.11.3. Les relations de base [15]

Dans les modèles de files d'attente avec population infinie, il existe certaines relations de base (entre certains paramètres et les mesures de performance) qui permettent de déterminer les mesures de performance désirées grâce à quelques valeurs clés. Les principales relations sont présentées ci-dessous :

Le taux d'utilisation du système : il représente le rapport entre la demande (mesurée grâce au taux d'arrivée, X) et la capacité de service (produit du nombre de serveurs M par le taux de service,

$$P = \frac{\lambda}{M\mu}$$

Le nombre moyen de clients en train d'être servis si $M=1$

$$P = \frac{\lambda}{\mu}$$

Le nombre moyen de clients en file :

N_i est obtenu à partir d'une table ou de la formule appropriée, selon le modèle en question.

Le nombre de clients dans le système :

$$\bar{n}_s = \bar{n}_j + \rho$$

Le temps moyen d'attente en file :

$$\bar{t}_j = \frac{\bar{n}_j}{\lambda}$$

Le temps moyen d'attente dans le système :

$$\bar{t}_s = \bar{t}_j + \frac{1}{\mu} = \frac{\bar{n}_s}{\lambda}$$

a) Modèle 1: serveur unique, temps de service exponentiel

Le modèle classique (le plus simple) d'analyse des files d'attente concerne les systèmes comptant un seul serveur (ou une seule équipe). La règle de priorité est « premier entré, premier servi (PEPS) » ; on suppose que le processus d'arrivée suit une loi de Poisson et que le temps de service suit une loi exponentielle. Il n'y a aucune restriction quant à la longueur de la file proprement dite. Le tableau IV.2 présente les formules servant à calculer les mesures de performance pour un modèle avec serveur unique. On les utilise conjointement avec les formules des tableaux IV.1 à IV.5.

Tableau IV.2 formules de modèle de base

Mesure de performance	Equation
Nombre moyen de cliente en file	$\bar{n}_j = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$
Nombre moyen de cliente dans le système	$\bar{n}_s = \frac{\lambda}{(\mu-\lambda)}$
Temps moyen d'attente en ligne	$\bar{t}_j = \frac{\lambda}{\mu(\mu-\lambda)}$
Temps moyen passé dans le système	$\bar{t}_s = \frac{1}{(\mu-\lambda)}$
Probabilité qu'il y ait zéro unité dans le système	$P_0 = 1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)$
Probabilité qu'il y ait n unités dans le système	$P_n = P_0 \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$
Probabilité qu'il y ait moins de n unité dans le système	$P_{<n} = 1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n$

b) Modèle 2: serveur unique, temps de service constant

Comme nous l'avons signalé précédemment, les files d'attente sont la conséquence directe de phénomènes aléatoires et du degré élevé de variabilité des taux d'arrivée et de service. Si, dans un système donné, on arrive à diminuer ou à réduire les variations d'un taux ou des deux, on peut également raccourcir les files d'attente de façon significative. Toutefois, dans le cas où les temps de service sont constants, le nombre moyen de clients qui attendent en file diminue de moitié.

$$\bar{n}_j = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu-\lambda)}$$

c) Modèle 3: serveurs multiples, temps de service exponentiel

Un tel modèle existe lorsqu'il y a deux serveurs ou plus qui travaillent en parallèle, de façon indépendante. Il faut tout d'abord vérifier les hypothèses suivantes :

Le processus d'arrivée est distribué selon une loi de Poisson et le processus de service, selon une loi exponentielle.

Le taux de service moyen est identique pour tous les serveurs.

Les clients sont traités selon l'ordre d'arrivée : premier entré, premier servi (règle PEPS).

Dans le tableau IV.3, vous trouverez les formules permettant de calculer les mesures de performance de ce modèle. Vous constaterez qu'elles sont beaucoup plus complexes que celles du modèle 1, particulièrement celles qui déterminent \bar{n}_j et P_0 . Nous présentons pour montrer leur complexité et compléter la description de ce modèle, mais on utilise plutôt le tableau IV.4, qui donne les valeurs de n_1 et de P_0 pour différentes valeurs de λ/μ et de M .

Pour se servir du tableau IV.4, on commence par calculer la valeur de λ/μ (arrondie aux décimales près comme dans le tableau), puis on lit tout simplement les valeurs de n_1 et de P_0 correspondant au nombre approprié de serveurs, M . Par exemple, si $\lambda/\mu = 0,50$ et $M = 2$, on peut lire : $n_1 = 0,033$ et $P_0 = 0,600$. On peut se servir de ces valeurs pour déterminer d'autres mesures des performances. Notez que les formules du tableau IV.3 et les valeurs du tableau IV.4 donnent des moyennes. On peut utiliser le tableau IV.3 pour le modèle 1 (serveur unique, temps de service exponentiel) en prenant $M = 1$.

Tableau IV.3. formules pour le modèle de files d'attente

Mesure performance	Equation
Nombre moyen de clients en file	$\bar{n}_j = \frac{\lambda_\mu}{(M-1)!(M_\mu - \lambda)^2} * \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n P_0$
Probabilité qu'il y ait zéro unité dans le système	$P_0 = 1 / \left[\sum_{n=0}^{M-1} \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{n!} + \frac{\left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n}{M! \left(1 - \frac{\lambda}{M_\mu}\right)} \right]$
Temps moyen d'attente pour un client Potentielle non servi immédiatement	$\bar{t}_a = \frac{1}{M_\mu - \lambda}$
Probabilité qu'un client Potentielle avant d'être servi	$p_w = \frac{\bar{t}_1}{\bar{t}_a}$

IV.12. Optimisation des files d'attente

Pour concevoir un système, on calcul et on compare le coût associé au niveau de service (capacité de service) et le coût d'attente des clients (coût encouru par l'entreprise en raison de l'attente des clients dans le système). Par exemple, lorsqu'on conçoit un quai de chargement pour un entrepôt, on étudie le coût du quai plus le coût des L'approche d'optimisation consiste à calculer le coût total du système en fonction de différentes valeurs correspondant au nombre de serveurs. Après un certain nombre d'itérations, on établit la capacité qui minimise le coût total. Comme la courbe représentant le coût total est en forme de U, le fait d'augmenter le nombre de serveurs va faire en sorte que le coût total va diminuer pour atteindre le minimum. À partir de là, le fait d'augmenter la capacité va engendrer avec une augmentation du coût total. C'est donc à ce point que se situe la capacité optimale.

IV.13. Capacité maximale de la file d'attente

Un autre point important est à considérer : la capacité maximale de la file d'attente proprement dite, c'est-à-dire la longueur maximale en termes d'espace disponible. Théoriquement, dans le cas d'une population infinie, la file d'attente peut devenir indéfiniment longue, et l'espace disponible peut être insuffisant pour accueillir tous les clients. Par exemple, les clients qui arrivent pour laver leur automobiles dans une station libre-service proviennent d'une population infinie, et l'espace disponible est limité au nombre des voitures qui peuvent attendre en file sans perturber la circulation.

D'un point de vue pratique, on peut toujours déterminer la longueur de la file d'attente qui ne sera pas dépassée pour un certain pourcentage de temps spécifié. Par exemple, un analyste pourrait déterminer la longueur de la file qui ne sera pas dépassée 98 % ou 99 % du temps.

$$n = \frac{\log K}{\log K} \text{ ou } \frac{\ln K}{\ln K} \text{ ou } K = \frac{1 - \text{pourcentage spécifié}}{\bar{n}_j (1 - \rho)}$$

d) Modèle 4: serveurs multiples et règles de priorité

Dans la majorité des systèmes de files d'attente, la règle de priorité pour le traitement des clients est la règle du premier entré, premier servi (PEPS). Cependant, dans plusieurs situations, cette règle est inapplicable, car le coût ou les conséquences qui en résultent ne sont pas les mêmes. Par exemple, dans les salles d'urgence des hôpitaux, où les clients sont malades ou accidentés, la rapidité de la prise en charge des patients dépend de la gravité de la situation. Certains patients peuvent être traités assez rapidement par l'infirmière, alors que d'autres, dont la vie est en danger, ont besoin de plusieurs intervenants. C'est pourquoi, dans les hôpitaux, il existe trois niveaux de priorité, qui vont de l'urgence (intervention immédiate) au cas le plus simple. Même chose pour le

traitement des programmes à exécuter sur un ordinateur central, qui se fait selon la règle donnant la priorité au temps d'opération le plus court. Ces exemples illustrent l'importance des modèles de files d'attente qui prennent en considération plusieurs règles de priorité.

Dans ces systèmes, on attribue aux clients qui se présentent une des règles de priorité disponibles. Par règle de priorité, on entend l'ordre de traitement des clients (dans une salle d'urgence, une personne inconsciente ou ayant une crise cardiaque aura la priorité la plus élevée, celle qui a subi une blessure mineure aura la priorité la plus faible, et les autres auront une priorité intermédiaire). Ainsi, les clients sont classés par catégories en fonction de la règle de priorité qui leur est attribuée. Dans chaque classe ou catégorie, le traitement se fait selon la règle du premier entré, premier servi (PEPS), puisque les clients d'une même catégorie ont la même importance. Lorsque les clients d'une classe ont été servis, on passe à la classe inférieure. Si un client de la classe supérieure se présente, deux situations possibles, selon qu'il y a préséance ou non. S'il n'y a pas priorité, son traitement ne commence que lorsque le client en traitement a fini de se faire servir ; dans le cas contraire, il est traité immédiatement.

Quant aux hypothèses, ce sont les mêmes que celles du modèle 3 (serveurs multiples avec temps de service exponentiel), excepté que ce modèle utilise des règles de priorité de traitement autres que la règle PEPS. On attribue aux clients qui arrivent une priorité (priorité 1 à n). Une file d'attente organisée selon des règles de priorité aurait l'allure de celle qui est représentée ci-dessous

Chaque client est traité selon la règle PEPS dans chacune des catégories. On commence par servir le client n° 1 de la classe 1, puis le n° 2 de la classe 1, puis le n° 1 de la classe 2, et ainsi de suite. À ce point, si un client des classes 1 ou 2 se présente, on le placera devant le premier client de la classe 3. Si un client de la classe 4 se présente, il sera placé à la fin de la file, juste après le seul client de la classe 4. Il est évident que les clients dont la priorité est la moins élevée pourraient attendre assez longtemps, ce qui serait intolérable. Dans ce cas, on leur attribue une priorité plus élevée. Le tableau IV.5 donne les formules permettant de calculer les principales mesures des performances de ce modèle.

Tableau : IV.4.Mesure performance

Mesure performance	Equation
Taux d'utilisation	$\rho = \frac{\lambda}{M\mu}$
Mesure intermédiaire (\bar{n}_j à déterminer à partir Du tableau IV.9)	$A = \frac{\lambda}{(1-\rho)} \frac{1}{\bar{n}_j}$
Temps moyen en file pour les Clients de la classe k.	$B_K = 1 - \sum_{c=1}^K \frac{\lambda}{M\mu}$
Temps moyen d'attente dans le système pour Clients de la classe k.	$\bar{t}_k = \frac{1}{B_{K-1} * B_K * A}$
Nombre moyen de clients de la classe k qui attendent.	$\bar{t}_s = \bar{t}_k + \frac{1}{\mu}$

Si les gestionnaires jugent trop longs les temps d'attente calculés, ils peuvent choisir d'autres options. L'une d'elles serait d'augmenter le nombre de serveurs. Une autre option serait d'essayer d'augmenter le taux de service, par exemple en introduisant de nouvelles méthodes de travail. Si toutes ces tentatives s'avèrent infructueuses, ils devraient revoir l'attribution de l'ordre de priorité et ramener certaines demandes de réparation de la classe de priorité 1 à la classe inférieure. Cela aura pour effet de diminuer le temps moyen d'attente de la classe de priorité 1, tout simplement parce que le taux d'arrivée aura diminué.

On peut faire une autre observation intéressante : le temps moyen d'attente des clients de la troisième classe n'a pas changé par rapport à l'exemple précédent. Par conséquent, les unités ayant priorité la plus faible vont toujours être en compétition avec le taux d'arrivée combiné de 4 des deux autres classes supérieures.

e) Modèle avec population finie

Ce modèle s'applique lorsque le nombre de clients potentiels est limité et relativement petit. Par exemple, dans l'industrie de l'aviation, les compagnies aériennes font inspecter leurs avions dans leur centre de maintenance. Ce centre n'inspecte que les avions appartenant à la compagnie aérienne. De la même manière, un employé peut avoir la charge d'un nombre limité de clients ; ceux qui lui sont

attribués proviennent donc d'une population finie. Cependant, il peut y avoir plus d'un serveur. Si l'employé est débordé de travail, on affecte quelqu'un pour l'aider.

IV.14. Analyse de file d'attente sur tour verticale :

Après le stage qui nous avons fait, (tour vertical : machine à seul service et une seule ligne) (temps de service exponentiel) , nous basons notre études sur les résultats des premiers trois mois de cette année, les résultats de travail sont enregistrés dans le tableaux suivant :

Tableau : IV.5.représentation l'historique de tour verticale :

N° OT	DESIGNATION	DATE		VLUME HORAIRE		EQUIPEMENT
		Déb.Tvx	Fin.Tvx	HN	HS	
228/11	pré usinage 1coussinet Ø203mm palier 1 N°2	06/02/2011	06/03/2011	30	4	T.V
						T.V
223/11	Pré usinage 1coussinet Ø203mm palier 1 N°1	06/02/2011	06/03/2011	30	4	T.V
						T.V
1596/10	Usinage de 3 coussinets Ø95mm	13/02/2011	22/03/2011	74		T.V
						T.V
						T.V
338/11	TVX d'usinage sur 2 manchettes	08/03/2011	17/03/2011	58		T.V
280/11	Contrôle géométrique du 1/2 coussinet Ø436,5	03/11/2011	04/03/2011	5		T.V
467/11	TVX d'usinage sur 2 coussinets Ø228mm	07/03/2011	26/03/2011	91		T.V
						T.V

N° OT	DESIGNATION	VLUME HORAIRE		EQUIPEMENT		
		HS		HN		
87/11	Contrôle géométrique coussinet Ø320mm N°3 GTA4	02/02/2011	02/02/2011	6		T.V
115/11	Contrôle géométrique coussinet Ø320mm N°4 GTA4	01/02/2011	01/02/2011	6		T.V
148/11	MAD machine pour contrôle coussinet TG2(centrage du coussinet)	31/01/2011	01/02/2011	17		T.V
6/11	Usinage coussinet Ø440mm	20/01/2011	20/02/2011	39	33	T.V
						T.V
						T.V
236/11	Usinage coussinet Ø203mm	14/02/2011	02/03/2011	175	14	T.V
					35	
312/11	Tvx d'usinage sur coussinet Ø180mm	05/02/2011	10/02/2011	30		T.V
						T.V
1817/10	Usinage coussinet Ø203mm	06/02/2011	14/02/2011	31	3	T.V
						T.V
205/11	Usinage 2 coussinet Alt TG II Ø228mm	02/02/2011	05/02/2011	48	10	T.V
						T.V
121/11	MAD consommable et matière +1 superviseur et équipe à la centrale Boufarik	06/01/2011	02/03/2011	312	74	T.V
					15	
					2	
61/11	Usinage 1 coussinet Ø203mm N°1 du GTA4	06/02/2011	05/04/2011	54		T.V
						T.V
1715/10	Réparation d'un coussinet Ø180mm	01/02/2011	28/02/2011	32	3	T.V
						T.V

N° OT	DESIGNATION	DATE		VLUME HORAIRE		EQUIPEMENT
		Déb.Tvx	Fin.Tvx	HN	HS	
1821/10	Usinage de 03 demi coussinets Ø750mm	29/12/2010	09/01/2011	35		T.V
						T.V
765/10	Usinage de 03 demi coussinets Ø80mm	05/01/2011	10/01/2011	39	7	T.V
						T.V
1872/10	Usinage d'1 coussinet excitatrice Ø280mm Gr 7	04/01/2011	04/01/2011	9		T.V
1865/10	Usinage d'1 coussinet butée réducteur Ø210mm	02/01/2011	10/01/2011	11		T.V
1102/10	Réalisation pièces pour dispositif modification caisse 5001E	17/08/2010	10/01/2011	383		T.V
						T.V
						T.V
						T.V
						T.V
72/11	Contrôle géomé 1 coussinet Ø366m GTA4 N°2 centrale RB	17/01/2011	18/01/2011	7		T.V
40/11	Préusinage et usinage d courter(turbine coupleur hyd)	19/01/2011	21/01/2011	10		T.V
809/10	Usinage d'1 coussinet coupleur Ø130mm	03/01/2011	06/01/2011	20		T.V
						T.V
1867/10	Usinage finition coussinet Ø280mm	01/01/2011	02/01/2011	7	6	T.V
170/11	Usinage 1 coussinet Ø315mm	02/01/2011	02/01/2011	32		T.V
						T.V
34/11	Perçage des segments du 1/2 corps et usinage	20/01/2011	25/01/2011	56	14	T.V
					14	
1560/10	Usinage d'un patin broyeur Ø1800mm	08/12/2010	10/01/2011	84	11	T.V
					14	
1302/10	Usinage finition coussinet réducteur Rep1 et B55S0	30/11/2010	10/01/2011	23	7	T.V
						T.V

	1756 Ø230mm Ø280mm				24	
1569/10	Réparation 2 coussinets turbines	19/01/2011	31/01/2011	42	6	T.V
					7	T.V
540/10	Réparation d'un coussinet Ø228,60mm	JAN 2011		57	13	T.V
						T.V
1649/10	Réparation chaise palier N°2 de la TG5001PN°19 in salah	07/01/1977	11/01/2011	71		T.V
						T.V
						T.V
1153/10	Réparation 2 coussinets Ø225mm	JAN 2011		32	7	T.V
						T.V
1309/10	Usinage 1 coussinet Ø315mm	JAN 2011		26		T.V
						T.V

IV.15.1. Application le modale1 pour déterminer les mesure de performance :

a. Taux d'utilisation du système

$$\rho = \frac{\lambda}{M\mu} \quad \text{avec } M=1$$

$$\lambda = 12 \text{ pièce/mois}$$

$$\mu = 1 / \text{temps de service}$$

Temps de service = 66 heur par pièce donc :

$$\mu = 32.72 \text{ pièce par mois}$$

Alor $\rho = 0.36$

b. Pourcentage d'inactivité de l'agent :

$$\text{Pourcentage d'inactivité} = 1 - \rho$$

$$= 1 - 0.36.$$

$$= 0.64 \text{ c'est-à-dire } 64 \% \text{ du temps.}$$

c. Nombre moyen de clients qui attendent pour être servis :

$$\bar{n}_j = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)} = 12^2 / 32.72(32.72 - 12)$$

$$= 0.2124.$$

d. Nombre moyen de clients qui attendent pour être système :

$$\bar{n}_s = \frac{\lambda}{(\mu - \lambda)} = 0.579.$$

e. Temps moyen passé par un client dans de l'agent :

$$\bar{t}_j = \frac{\lambda}{\mu (\mu - \lambda)} = 0.0177 \text{ heure.}$$

f. Temps moyen passé par un client dans de système :

$$\bar{t}_s = \frac{1}{(\mu - \lambda)} = 0.0482 \text{ 1/h.}$$

g. Probabilité qu'il n'y ait aucun client dans le système :

$$P_0 = 1 - \left(\frac{\lambda}{\mu}\right) = 0.633.$$

Tableau IV.6. Résulta de file d'attente (tour verticale)

	A	B	C	D	E	F
4	The arrival RATE and service RATE both must be rates and use the same time unit. Given a time such as 10 minutes, convert it to a rate such as 6 per hour.					
5						
6	Data			Results		
7	Arrival rate (λ)	12		Average server utilization(ρ)	0,36674817	
8	Service rate (μ)	32,72		Average number of customers in the queue(L_q)	0,21240241	
9				Average number of customers in the system(L)	0,57915058	
10				Average waiting time in the queue(W_q)	0,0177002	
11				Average time in the system(W)	0,04826255	
12				Probability (% of time) system is empty (P_0)	0,63325183	
13						
14						
15						

Mesure performance

- Results
- Average server utilization(r)
- Average number of customers in the queue(L_q)
- Average number of customers in the system(L)
- Average waiting time in the queue(W_q)
- Average time in the system(W)
- Probability (% of time) system is empty (P_0)

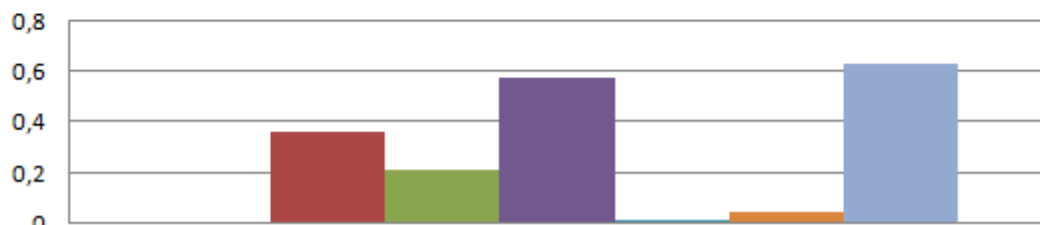


Fig. IV.9 : courbe mesure performance

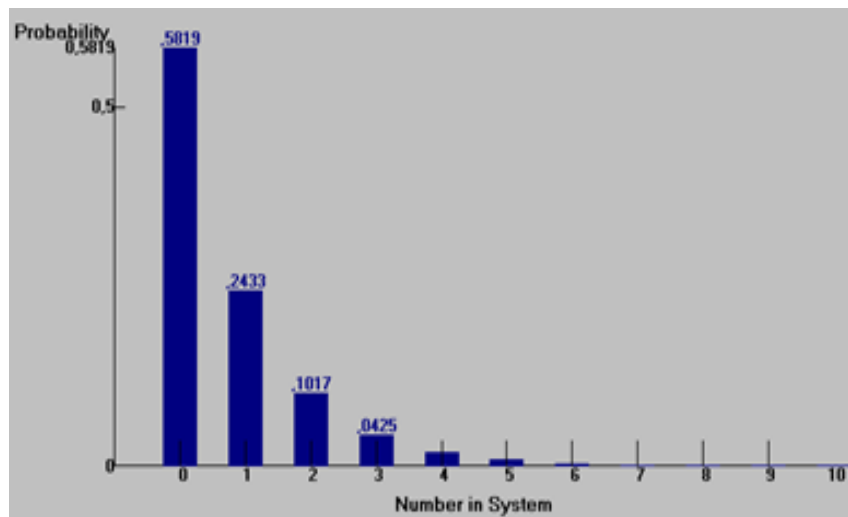


Fig. IV.10 : probabilité P de système

IV.15.2. Interprétation de la courbe de probabilité :

On voit que la courbe de probabilité est une courbe descendante, ce résultat exprime qu'au bout d'un certain temps, le système se stabilise pour $(S=1)$ un seul service l'activité de cette machine est démunie à 50% et plus démunie pour augmenter le nombre de services.

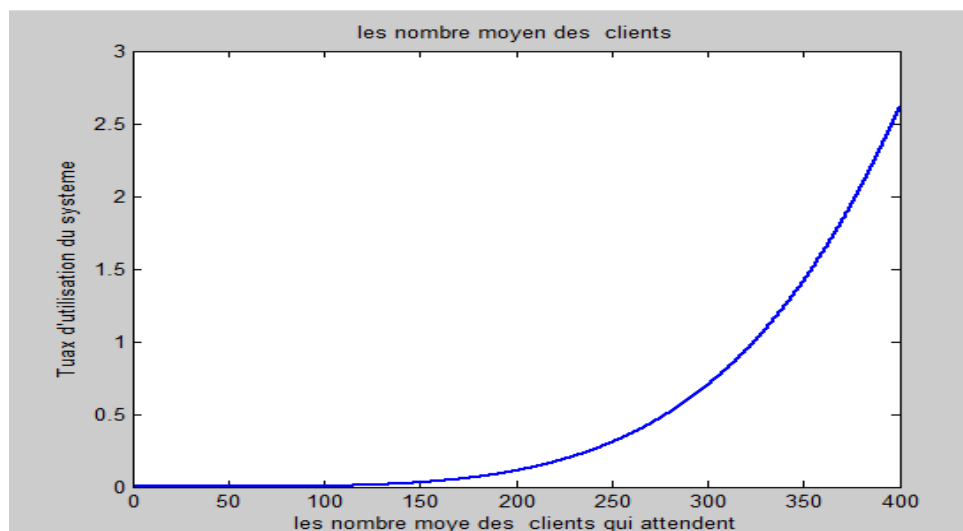


Fig. IV.10 : taux utilisation du système

IV.15.2. Interprétation la courbe de taux utilisation de système

le nombre moyen des clients qui attendent en file et le temps moyen d'attente des clients en file, augmentent de façon exponentielle avec l'augmentation du taux d'utilisation.

IV.15.3. Proposition à l'amélioration des maintenances des files d'attentes :

Nous avons vu dans le chapitre IV que les mesures des performances des files d'attentes à pour but principale d'améliorer la maintenance par l'ajustement sur les paramètres :

- $\rho < 1$ ($\lambda < \mu$), c.à.d. si le débit moyen est strictement supérieur au débit maximum, le nombre aléatoire n_t de personnes dans le système est un processus récurrent il peut prendre une infinité de fois toute valeur arbitrairement grande et une infinité de fois la valeur zéro.
- Nombre moyen de clients qui attendent pour être servis.
- Pourcentage d'inactivité = $1 - \rho$.
- La durée de vue des pièces.
- La coût de fabrication.

En générale pour déterminé la maintenance séante dans la société on utilisé deux coefficient principale :

1)-taux moyen de ligne.

2)-taux moyen de service.

Donc :

-Si : taux moyen de ligne $>$ taux moyen de service ; alors utiliser la maintenance corrective ou ajouter autre machine.

-Si : taux moyen de ligne $<$ taux moyen de service ; alors utiliser la maintenance préventive.

-Si : taux moyen de ligne = taux moyen de service, alors utiliser la maintenance préventive (systématiques et conditionnelle). Par le suivi des propriétés du processus de poisson qui modélise les arrives.

IV.16. Conclusion

L'analyse des files d'attente peut être un aspect important de la conception des systèmes de productions .le fonctionnement d'un atelier de production peut être modélisé par plusieurs files d'attentes. Chaque poste de travail constitue une entité ou un service est rendu.

Pour analyser les files d'attente, il est important de définir la population des clients pour l'application de chaque modèle.

Conclusion générale

Bien que les méthodes d'évaluation des critères de sûreté de fonctionnement soient diverses, spécifiant l'analyse *FMD* et les différents méthodes d'aide à la décision, les files d'attente nous apportent un avantage qui prend en compte des dépendances fonctionnelle, ce qui permet une optimisation chiffrée de la maintenance du tour vertical.

Les files d'attentes permettent de modéliser des processus parallèles ou séquentiels mettant en œuvre des opérations s'effectuant en même temps ou les unes après les autres. Répondu aux besoins de la modélisation des systèmes de production.

La recherche de l'accroissement des performances des systèmes de production devenus complexes conduit à transférer sur la fonction maintenance la responsabilité de garantir la disponibilité de tels systèmes. Aussi, on ne cessera, jamais de dire que la maintenance doit s'intégrer à toutes les démarches de l'entreprise pour affirmer son rôle qui est d'assurer une plus grande disponibilité et une pérennité des moyens de production.

Nous venons de montrer dans ce mémoire l'intérêt de mettre en œuvre une stratégie de maintenance adaptée à nos entreprises et particulièrement la société *MEI* de m'sila.

L'utilisation des files d'attentes offrant à la fois une puissance de description des systèmes, et constituant une méthode formelle, systématique et structurée, et une richesse de traitement et d'interprétation des modèles résultants nous à permis de modéliser notre système .

Comme perspectives de ce travail nous proposons de faire une réalisation du modèle pratique pour les systèmes multiservices.

Bibliographies:

- [1]: **NICOLAS TERRIER** << la maintenance>> (2001/2002).
 - [2]: **A. FERHATI, S. KASMI.** «Maintenance des échangeurs de chaleur (mémoire de fin d'étude)». 2001.
 - [3]: **Site web:** <http://www.ingexpert.com/>.
 - [4]: **EL AOUFIR H., BOUAMI D.**
«Les coûts directs de la maintenance : De la comptabilité analytique vers la gestion par les activités » CPI'2005 – Casablanca, Morocco.
 - [5]: **Site web:** <http://www.entreprisesmc.com/>.
 - [6]: **Site web:** <http://www.MEI M'sila.com/>.
 - [7]: notation d'instruction tour vertical modèle TSS-20/40A
 - [8]: **Spécifications relatives à l'extrusion** (document de l'entreprise MEI).
 - [9] : **MONCHY F.**
« Maintenance: méthodes et organisation » éditions DUNOD, pari, 2000.
 - [10] **HERROU B, ELGHORBA M.**
«Démarche d'optimisation du plan d'action maintenance, étude de cas d'une PME marocaine »CPL'2005-Casablanca, Morocco.
 - [11]: **Site web:** <http://www.ougagner.fr/>.
 - [12]: **Stephan ropert, HEIG-Vd** “mobilization stohastique, Files d'attente”.
30 novembre 2009.
 - [13]: **ATTENDRE... UN PASSE-TEMPS POPULAIRE : Mme BONNES MANIÈRES.**
(Judith Martin, adaptation de Hocine Bourenane) Source: U.S.News et world report, 30/1/1989,p.81.
 - [14]: **Malika BABES** (statistiques, file d'attente et simulation), 11/1992, p.86
 - [15] : **Michel Roussignol et Daniel Flipo**
(file d'attente et fiabilité) D.E.S.S. Ingénierie statistique et Numérique
 - [16]: **Site web:** <http://www.previnfo.net/>
 - [17] :<http://www.Weibull.com>
 - [19]: **Logiciel Log-LAALA**
 - [21]: **Logiciel pomme for Windows**
 - [22]: **Logiciel excelle MQ**
-

ANNEXE

Tableau IV.4, qui donne les valeurs de η_i et de P_0 pour différentes valeurs de λ/μ et de M .

λ/μ	M	η_i	P_0	λ/μ	M	η_i	P_0
0.15	1	0.026	0.850	1.3	3	0.130	0.264
	2	0.001	0.860		4	0.023	0.271
0.20	1	0.050	0.800		5	0.004	0.272
	2	0.002	0.818	1.4	2	1.345	0.176
0.25	1	0.083	0.750		3	0.177	0.236
	2	0.004	0.778		4	0.032	0.245
0.30	1	0.129	0.700	5	0.006	0.246	
	2	0.007	0.739	1.5	2	1.929	0.143
0.35	1	0.188	0.650		3	0.237	0.211
	2	0.011	0.702		4	0.045	0.221
0.40	1	0.267	0.600	5	0.009	0.223	
	2	0.017	0.667	1.6	2	2.844	0.111
0.45	1	0.368	0.550		3	0.313	0.187
	2	0.024	0.633		4	0.060	0.199
0.5	3	0.002	0.637	5	0.012	0.201	
	1	0.500	0.500	1.7	2	4.426	0.081
	2	0.033	0.600		3	0.409	0.166
3	0.003	0.606	4		0.080	0.180	
0.55	5	0.017	0.182	5	0.017	0.182	
	1	0.672	0.450	1.8	2	7.674	0.063
	2	0.045	0.569		3	0.532	0.146
3	0.004	0.576	4		0.105	0.162	
0.65	5	0.023	0.166	5	0.023	0.166	
	1	1.207	0.350	1.9	2	17.587	0.026
	2	0.077	0.509		3	0.698	0.128
3	0.008	0.521	4		0.136	0.145	
0.70	6	0.030	0.149	6	0.030	0.149	
	1	1.633	0.300	2.0	3	0.889	0.111
	2	0.098	0.481		4	0.174	0.130
3	0.011	0.495	5		0.040	0.134	
0.75	6	0.007	0.149	6	0.009	0.135	
	1	2.250	0.250	2.1	3	1.149	0.096
	2	0.123	0.455		4	0.220	0.117
3	0.015	0.471	5		0.052	0.121	
0.80	6	0.007	0.149	6	0.012	0.122	
	1	3.200	0.200	2.1	3	1.149	0.096
	2	0.152	0.429		4	0.220	0.117
3	0.019	0.447	5		0.052	0.121	

Annexe

0.85	1 2 3 4	4.817 0.187 0.024 0.003	0.150 0.404 0.425 0.427	2.2	3 4 5 6	1.491 0.277 0.066 0.016	0.081 0.105 0.109 0.111
0.90	1 2 3 4	8.100 0.229 0.030 0.004	0.1000 0.379 0.403 0.406	2.3	3 4 5 6	1.951 0.346 0.084 0.021	0.068 0.093 0.099 0.100
0.95	1 2 3 4	18.050 0.277 0.037 0.006	0.050 0.356 0.383 0.386	2.4	3 4 5 6 7	2.589 0.431 0.105 0.027 0.007	0.066 0.063 0.089 0.090 0.091
1.00	2 3 4	0.333 0.045 0.007	0.333 0.364 0.367	2.5	3 4 5	4.933 0.685 0.161	0.045 0.074 0.080
1.10	2 3 4	0.477 0.066 0.011	0.290 0.327 0.367		6 7	0.043 0.009	0.082 0.082
1.20	2 3 4 5	0.675 0.094 0.016 0.003	0.260 0.294 0.300 0.301	2.6	3 4 5 6 7	4.933 0.658 0.161 0.034 0.009	0.035 0.065 0.072 0.074 0.074
1.30	2	0.951	0.212				
2.7	3 4 5 6 7	7.345 0.811 0.198 0.053 0.014	0.025 0.057 0.065 0.067 0.067	2.8	3 4 5 6 7	12.273 1.000 0.241 0.066 0.018	0.016 0.050 0.058 0.060 0.061
2.9	3 4 5 6 7	27.193 1.234 0.239 0.081 0.023	0.008 0.044 0.052 0.054 0.055	3.00	4 5 6 7 8	1.528 0.354 0.099 0.028 0.008	0.038 0.047 0.049 0.050 0.050
3.10	4 5 6 7	1.902 0.427 0.120 0.035	0.032 0.042 0.044 0.045	3.2	4 5 6 7	2.396 0.513 0.145 0.043	0.027 0.037 0.040 0.040

Annexe

	8	0.010	0.045		8	0.012	0.041
3.3	4	3.027	0.023	3.4	4	3.906	0.019
	5	0.615	0.033		5	0.737	0.029
	6	0.174	0.036		6	0.209	0.032
	7	0.052	0.037		7	0.063	0.033
	8	0.015	0.037		8	0.019	0.033
3.5	4	5.165	0.015	3.6	4	7.090	0.011
	5	0.882	0.026		5	1.055	0.023
	6	0.248	0.029		6	0.295	0.026
	7	0.076	0.030		7	0.019	0.027
	8	0.023	0.030		8	0.028	0.027
	9	0.007	0.011	9	0.008	0.027	
3.7	4	10.347	0.008	3.8	5	1.519	0.017
	5	1.265	0.020		6	0.412	0.021
	6	0.349	0.023		7	0.129	0.022
	7	0.109	0.024		8	0.041	0.022
	8	0.034	0.025		9	0.013	0.022
	9	0.010	0.025				
3.90	4	36.859	0.002	4.0	5	2.216	0.013
	5	1.830	0.015		6	0.570	0.017
	6	0.485	0.019		7	0.180	0.018
	7	0.153	0.020		8	0.095	0.018
	8	0.050	0.020		9	0.019	0.018
	9	0.016	0.020				
4.1	5	2.703	0.011	4.2	5	3.703	0.009
	6	0.668	0.015		6	0.794	0.013
	7	0.212	0.016		7	0.248	0.014
	8	0.070	0.016		8	0.083	0.015
	9	0.023	0.017		9	0.027	0.015
4.3	5	4.194	0.008	4.4	5	5.268	0.006
	6	0.919	0.012		6	1.078	0.010
	7	0.289	0.130		7	0.337	0.012
	8	0.097	0.013		8	0.114	0.012
	9	0.033	0.014		9	0.039	0.012
	10	0.009	0.014	10	0.013	0.012	
4.5	5	6.862	0.005	4.6	5	9.289	0.004
	6	1.285	0.009		6	1.487	0.008
	7	0.391	0.010		7	0.453	0.009
	8	0.133	0.011		8	0.156	0.100
	9	0.046	0.011		9	0.045	0.100
	10	0.015	0.001	10	0.018	0.100	
4.7	5	13.382	0.003	4.8	5	21.641	0.009
	6	1.752	0.007		6	2.017	0.002
	7	0.525	0.008		7	0.607	0.006
	8	0.181	0.008		8	0.209	0.008
	9	0.064	0.009		9	0.074	0.008

Annexe

	10	0.022	0.009		10	0.026	0.008
4.9	5	46.655	0..1	5.0	6	2.938	0.005
	6	2.459	0.005		7	0.810	0.006
	7	0.702	0.007		8	0.279	0.006
	8	0.242	0.007		9	0.101	0.007
	9	0.087	0.007		10	0.036	0.007
	10	0.031	0.007		11	0.013	0.007
	11	0.011	0.007				
5.1	6	3.536	0.004	5.2	6	4.301	0.003
	7	0.936	0.005		7	1.081	0.005
	8	0.321	0.006		8	0.368	0.005
	9	0.117	0.006		9	0.135	0.005
	10	0.042	0.006		10	0.049	0.005
	11	0.015	0.006		11	0.017	0.006
5.3	6	5.303	0.003	5.4	7	1.444	0.004
	7	1.249	0.004		8	0.483	0.004
					9	0.178	0.004
					10	0.066	0.004
					11	0.024	0.005
5.3	8	0.422	0.005	5.5	6	8.590	0.002
	9	0.155	0.005		7	1.674	0.003
	10	0.057	0.005		8	0.553	0.004
	11	0.021	0.005		9	0.204	0.004
	12	0.007	0.005		10	0.077	0.004
	12	0.007	0.005		11	0.029	0.004
					12	0.010	0.004
5.6	6	11.519	0.001	5.7	6	16.446	0.001
	7	1.944	0.003		7	2.264	0.002
	8	0.631	0.003		8	0.721	0.003
	9	0.233	0.004		9	0.266	0.003
	10	0.288	0.004		10	0.102	0.003
	11	0.033	0.004		11	0.038	0.003
	12	0.012	0.004		12	0.014	0.003
5.8	6	26.373	0.001	5.9	6	56.300	0.000
	7	2.649	0.002		7	3.113	0.001
	8	0.832	0.003		8	0.939	0.002
	9	0.303	0.003		9	0.345	0.003
	10	0.116	0.003		10	0.133	0.003
	11	0.044	0.003				
	12	0.017	0.003				
5.9	6	56.300	0.000				
	7	3.113	0.001				
	8	0.939	0.002				
	9	0.345	0.003				
	10	0.133	0.003				

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN GENIE ELECTROTECHNIQUE
OPTION : ELECTROMÉCANIQUE
Année Universitaire : 2010 / 2011**

Proposé et dirigé par : Monsieur : Mabrouk DEFDAF

Présenté par : Feteh LOGHRAB

Ould Yeye SIDI MOHAMED

Thameur BEN ABDERAHMAN

Thème

Contribution à l'amélioration des performances de la maintenance par l'utilisation des files d'attentes

Résumé:

Parmi les facteurs de mesure des performances de maintenance des systèmes de production l'analyse FMD aide à la décision pour faire des politiques de maintenance, ainsi que les files d'attentes.

Dans cette optique la maintenance par l'utilisation des files d'attentes permet de développer de nouvelles stratégies visant à augmenter le rendement des moyens de production au moindre cout.

Une nouvelle vision de la maintenance qui permet de contribuer à la compétitivité des entreprises indépendamment de leurs tailles. Le travail s'est déroulé par les étapes suivantes:

- on étudiant l'analyse FMD et d'autres méthodes d'aide à la décision spécifiant
- utilisation les mesure performance des files d'attentes
- Effectuer une explication ou une présentation détailler de la maintenance industrielle de présenter leurs axes principales et tous leurs moyens et faire ressortir les points faibles.
- Proposer une réalisation pratique "application" de cette technique sur la machine TV.

Mots clés:

Fiabilité ,disponibilité, file d'attente ,analyse FMD...