

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 DIPLÔME
DE MASTER EN GENIE ELECTRIQUE

SPECIALITE : INGENIERIE DES SYSTEMES ELECTROMECHANIQUES

THEME

Application de la méthode MBF pour l'amélioration de la disponibilité d'un système électromécanique

Proposé et dirigé par :

Monsieur:GHEMARI Zine

Présenté par :

- NOUR Aboubakr

Année Universitaire : 2011 / 2012

N°d'ordre : 043

Remerciements

Nous tenons à remercier tout premièrement Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience, qu'il nous a donné durant toutes ces longues années.

*Ainsi, nous tenons également à exprimer nos vifs remerciements à notre encadreur **Mr. GHEMARI Zine** pour avoir d'abord proposé ce thème, pour suivi continuel tout le long de la réalisation de ce mémoire et qui n'a pas cessé de nous donner ses conseils.*

Nous tenons à remercier vivement toutes personnes qui nous ont Aidés à élaborer et réaliser ce mémoire, ainsi à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin à accomplir ce travail.

Nos remerciements vont aussi à tous les enseignants du département de Génie Electrique qui ont contribué à notre formation.

*Nos remerciements vont aussi à tous les travailleurs dans la Société de Maintenance des Equipements Industriels(MEI)
Surtout **Mr. Titoum Abdelrezak, Chaker Zouhir.***

En fin, nous tenons à exprimer notre reconnaissance à tous nos Amis et collègues pour le soutien moral et matériel...



DEDICACE



Nous dédions ce modeste mémoire à mes parents qui ont su nous soutenir tout au long de nos études, parfois nous reconforter dans les moments difficiles, et qui sans eux nous n'aurions pu effectuer ce travail.

Nous dédions ce modeste travail :

A mes frères, et mes sœurs.

A toutes ma famille.

A tous mes fidèles amis .

A toute la promotion 2012.

Notre dédicace va également à ceux qui ont participer de prés ou de loin à l'aboutissement de nos efforts

NOUR Aboubakr

LISTE DES SYMBOLES ET ABREVIATIONS

MTTF	L'estimation de la durée moyenne s'écoulant entre la mise en service du système et la survenance.
MBF	Maintenance basé sur la fiabilité.
MTBF	La durée moyenne entre deux défaillances consécutives.
MTTR	Le temps moyen mis pour réparer le système.
$\lambda(t)$	Taux de défaillance.
TBF	Temps de bon fonctionnement entre deux défaillances.
f(t)	Densité de probabilité.
F(t)	La fonction de répartition.
R(t)	La fonction de fiabilité.
M(t)	Fonction maintenabilité.
D(t)	Fonction de disponibilité.
Di	Disponibilité intrinsèque.
β	paramètre de forme.
γ	Paramètre de position.
η	paramètre d'échelle.
D_n	La différence de test de Kolmogorov Smirnov.
$\mu(t)$	Taux de réparation.
a et b	nombre réel.
FMD	Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité.

LISTE DES FIGURE

Figure I.1 les types de maintenance	3
Figure I.2 les causes de défaillance.....	9
Figure I.3 Classification des défaillances	11
Figure II.1 siège social & Ateliers de M'sila	13
Figure. II.2 ateliers de m'sila	14
Figure II.3.a Usinage de pièces.....	14
Figure II.3.b Rectification de vilebrequins.	14
Figure II.4.a Equilibrage d'une route turbine.....	14
Figure II.4.b Equilibrage d'un rotor turbine	14
Figure II.5 La métallisation au plasma.	15
Figure II.6.a Application par Rechargement.....	15
figure II.6.b Machine pour application	15
Figure II.7 Structure organisationnelle de la société.....	17
Figure II.7 La machine L'aléuseuse-fraiseuse	19
Figure III.1: Exemple de densité de probabilité.....	26
Figure III.2 Exemple de fonction de réparation.....	26
Figure III.3 Taux de défaillance en fonction du temps.....	27
Figure III.4 Système avec n composantes en séries.....	28
Figure III.5 Système avec n composantes en parallèles.....	29
Figure III.6 : l'impacte de la maintenance sur la fiabilité des équipements.....	33
Figure III.7 Composante de la disponibilité.....	34
Figure III.8 Histogramme de PARETO.....	38
Figure III.9 Courbe ABC.....	39
Figure IV.1 Application de méthode MBF.....	42
Figure IV.2 courbe ABC.....	47
Figure IV.3 Diagramme de PARETO.....	48
Figure IV.4 Menu principale.....	48
Figure IV.5 Papier fonctionnel pour la loi de Weibull avec Gamma.....	49
Figure IV.6 Fonction de répartition F(t).....	50
Figure IV.7 Fonction de fiabilité R(t).....	50

LISTE DES TABLEAU

Tableau (IV.1) : L'historique des pannes.....	45
Tableau (IV.2) : construction de la courbe ABC	47
Tableau (IV.3) : valeurs de maintenabilité.....	52

SOMMAIRE

SOMMAIRE

Remerciement

Dédicace

Notion & symbole

Liste de figure

Liste de tableaux

sommaire

Introduction Générale

Chapitre I Généralité sur la maintenance

I.1 Introduction	1
I.2 Définitions générales.....	1
I.2.1 La Maintenance comme politique.....	1
I.2.2 Rôle de la maintenance	2
I.2.3 Entretien et maintenance.....	2
I.3 les différents types de maintenance.....	3
I.3.1 la maintenance corrective.....	3
I.3.2 la maintenance préventive.....	4
I.4 Les stratégies de maintenance	6
I.5 Les Operations de la maintenance.....	7
I.6 Les niveaux de la maintenance	8
I.7 Définition d'une panne et d'une défaillance.....	9
I.7.1 Les six éléments de connaissance d'une défaillance.....	9
I.7.2 Typologie des défaillances.....	9
I.7.3 Causes de défaillance.....	9
I.7.4 Les modes de défaillances.....	10
I.7.5 Classification des défaillances.....	10
I.8 Conclusion.....	11

Chapitre II MEI et Aléreuse-Fraiseuse

II.1 Introduction.....	12
II.2 Représentation de MEI.....	12
II.2.1 Activités de MEI.....	13

II.2.2 Capacité de MEI.....	13
II.2.2.1 Travaux sur machine outils.....	14
II.2.2.2 Equilibrage industriel.....	14
II.2.2.3 Revêtements et rechargement.....	15
II.2.2.4 Chaudronnier industrielle.....	15
II.2.2.5 Application sur métal blanc.....	15
II.2.2.6 Production de pièce de remplacement.....	16
II.2.2.7 Contrôle.....	16
II.2.2.8 Mesures et essais.....	16
II.2.3 Equipement matériels.....	16
II.2.4 Structure organisationnelle de la société.....	17
II.2.5 Les ateliers de la MEI.....	17
II.2.5.1 Atelier de fabrication mécanique.....	17
II.2.5.2 Atelier de chaudronnerie.....	17
II.2.5.3 Atelier métallurgie.....	18
II.3 Description l'aléseuse-fraiseuse Modèle :WD 130A.....	18
II.3.1 Description de la version standard de la machine.....	18
II.3.2 Particularités de la machine.....	18
II.3.3 Description sommaire des principaux ensembles de la machine.....	20
II.3.4 Equipement électrique.....	21
II.3.5 Caractéristiques principales de la machine.....	21
II.4 Conclusion.....	22

Chapitre III FMD et courbe ABC

III.1 Introduction.....	23
III.2 La sûreté de fonctionnement.....	23
III.2.1 Évolution historique des besoins en terme de sûreté.....	23
III.3 Les fondamentaux de La sûreté de fonctionnement.....	25
III.3.1 La Fiabilité.....	25
III.3.2 La Maintenabilité.....	33
III.3.3 La Disponibilité.....	34
III.3.4 La Sécurité.....	37

III.4 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) ».....	38
III.4.1 Histogramme de PARETO.....	38
III.4.2 L'analyse ABC	38
III.4.3 Courbe théorique	39
III.5 Conclusion.....	39

Chapitre IV Application MBF

IV.1 Introduction.....	40
IV.2 La méthode MBF (Maintenance Basée sur la Fiabilité).....	40
IV.2.1 Historique.....	40
IV.2.2 Origines.....	40
IV.2.3 Définitions et principes.....	41
IV.2.4 Comment rendre une maintenance efficace.....	42
IV.3 Historique des pannes.....	45
IV.4 Les analyses prévisionnelles des dysfonctionnements.....	46
IV.4.1 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) ».....	46
a. Construction de la courbe ABC.....	46
b. La courbe ABC.....	47
IV.4.2 Diagramme de PARETO.....	47
IV.5 L'analyse FMD.....	48
IV.5.1 La fiabilité.....	48
IV.5.2 La maintenabilité.....	51
IV.6 Conclusion.....	53

Conclusion générale

Références bibliographiques

résumé

INTRODUCTION
GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Avant 1900, on parle de réparation, dans la période de 1900 à 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 deux guerres mondiale[19].

A partir de 1970, les développements des secteurs à risques et d'outils modernes aboutissent à la mise en œuvre de la maintenance[19].

Le souci de toute entreprise est d'assurer sa fonction continuellement avec une meilleure qualité, un coût minimal et un maximum de sécurité pour atteindre cette perspective, les sociétés possèdent des services de maintenance[19].

La maintenance est donc un champ d'action privilégié de la recherche d'amélioration des performances des équipements dans l'entreprise. Cependant, les méthodes et les techniques de maintenance ne possèdent pas un caractère unique et universel[19].

Le rôle de service de maintenance est de choisir une politique de maintenance adéquate on prenant en considération l'aspect technique, économique et financier, des différentes méthodes en vue d'optimiser la disponibilité des matériels. Pour cela l'ingénieur utilise des méthodes et des outils mathématiques afin de calculer et d'évaluer les critères de maintenance (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) qui permet de prendre des décisions[19].

Pour minimiser l'impact de ces arrêts sur la production et traiter rapidement les problèmes des arrêts accidentels de la machine de production qui sont considérés comme une source de perturbation et de perte de productivité, les activités de maintenance doivent être intégrées à la gestion de production[19].

Il s'agit d'une technique de maintenance applicable sur les équipements et les machines de production, cette technique s'appelle "**maintenance basée sur la Fiabilité (MBF)**", qu'est de planifier l'exécution des autres tâches de maintenance, en altérant le moins possible le plan de production, et tout en respectant au mieux la périodicité de maintenance des équipements.

L'objectif de ce mémoire est de déterminer le remplacement préventif à mettre en œuvre en fonction des priorités, des facteurs économiques et impératifs de sécurité.

Ce mémoire comporte quatre chapitres, qui sont organisé comme suites :

Le premier chapitre est consacré a l'étude théorique de la maintenance, définition générales, classification de la maintenance, les niveaux et les opérations de la maintenance .

Dans le deuxième chapitre sera consacré à la description d'unité MEI et son processus de maintenance ainsi une étude descriptive sur la machine, son rôle et ses caractéristique.

le troisième chapitre nous s'intéressons par la maintenance basée sur la fiabilité qui consiste à l'interaction entre la maintenance et la production d'équipement et leurs ordonnancements, il s'agit d'une technique applicable sur les équipements et les machines de production.

Le quatrième chapitre nous effectuerons l'analyse **FMD** par l'exploitation de l'historique de panne d'usine et on a extrait le diagramme de **PARETO**, puis on utilise le logiciel **FiabOptim** pour obtenir les courbes de différentes performances de maintenance (fiabilité).

Enfin, en clôture notre travail par une conclusion générale.

Chapitre I

Généralité sur la maintenance

I.1 Introduction :

Pour être et demeurer compétitive, une entreprise doit produire toujours mieux (qualité) et au coût le plus bas. Pour minimiser ce coût, on fabrique plus vite et sans interruption des produits sans défaut afin d'atteindre la production maximale par unité de temps.

L'automatisation et l'informatique ont permis d'accroître considérablement cette rapidité de production. Cependant, les limitations technologiques des moyens de production ne permettent pas d'augmenter continuellement les cadences. De plus, produire plus sous-entend produire sans ralentissements, ni arrêts. Pour cela, le système de production ne doit subir qu'un nombre minimum de temps de non production. Exceptés les arrêts inévitables dus à la production elle-même (changements de gamme, montées en température, etc.), les machines ne doivent jamais (ou presque) connaître de défaillances tout en fonctionnant à un régime permettant le rendement maximal.

Cet objectif est un des buts de la fonction maintenance d'une entreprise. Il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction. L'objectif de toute entreprise industrielle est de gagner des parts de marché et d'arriver à satisfaire un plus grand nombre de consommateurs. L'atteinte de cette cible dans un environnement concurrentiel exige une production de meilleure qualité avec une maîtrise des coûts engendrés.

I.2 Définitions générales [6]

Le dictionnaire *Le Robert*, donne de la maintenance la définition suivante : "Action de maintenir, tech. Ensemble des opérations d'entretien destiné à accroître la fiabilité ou pallier des défaillances".

Ne pouvant nous contenter d'une description aussi peu précise, nous pouvons nous référer à la définition normative **X 60-319** : "Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise".

Selon *LAROUSSE* : La maintenance est l'ensemble de tous ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement.

Le management de la maintenance concerne toutes les activités des instances de direction qui d'une part déterminent les objectifs, la stratégie et les responsabilités concernant la maintenance, et d'autre part les mettent en application par des moyens tels que la planification, la maîtrise et le contrôle de la maintenance, l'amélioration des méthodes dans l'entreprise (y compris dans les aspects économiques).

I.2.1 La Maintenance comme politique

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.2.2 Rôle de la maintenance [3]

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise ; cette politique devant permettre d'atteindre le rendement maximal des systèmes de production. Cependant, tous les équipements n'ont pas le même degré d'importance d'un point de vue maintenance. Le service devra donc, dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux diverses situations. La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées :

- **Prévisions à long terme** : elles concernent les investissements lourds ou les travaux durables. Ce sont des prévisions qui sont le plus souvent dictées par la politique globale de l'entreprise.
- **Prévisions à moyen terme** : la maintenance doit se faire la plus discrète possible dans le planning de charge de la production. Il lui est donc nécessaire d'anticiper, autant que faire se peut, ses interventions en fonction des programmes de production. La production doit elle aussi prendre en compte les impératifs de suivi des matériels.
- **Prévisions à courts termes** : elles peuvent être de l'ordre de la semaine, de la journée, voire de quelques heures. Même dans ce cas, avec le souci de perturber le moins possible la production, les interventions devront elles aussi avoir subi un minimum de préparation.

I.2.3 Entretien et maintenance

L'entretien se content d'intervenir sur un système défaillant pour relancer la production et effectue les opérations courantes préconisées par le constructeur. Il n'y a donc pas prise en compte des caractéristiques spécifiques des conditions de fonctionnement. On peut donc être conduit à effectuer (sans évaluation à priori ou à posteriori) à faire trop ou pas assez d'entretien.

En effet, par la prise en compte des objectifs de production et la connaissance du comportement du matériel, la maintenance considère les notions de «bon état» et de «rendement» comme relatives. De par des démarches de réflexion et par ses relations avec la production, la maintenance concourt à l'augmentation de la productivité.

L'objectif primordial de la maintenance est d'optimiser en permanence la disponibilité de l'outil de travail. Ainsi, elle participe à la production globale.

I.3 les différents types de maintenance [6]

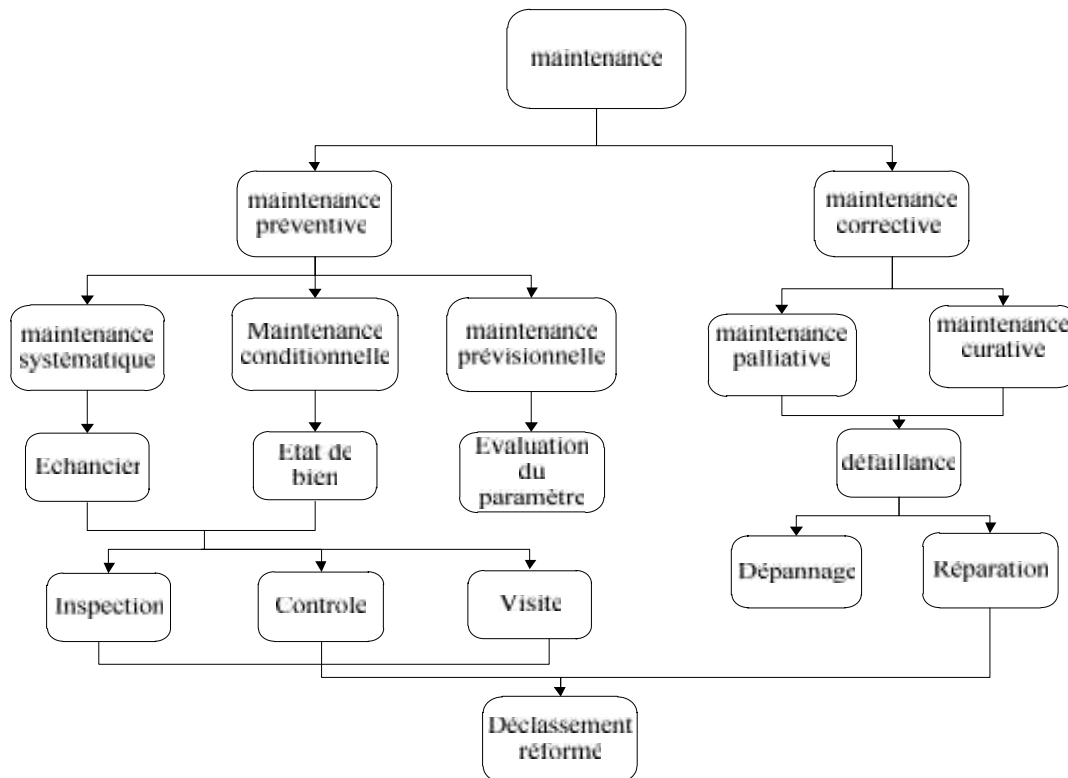


Figure I.1 les types de maintenance [6].

I.3.1 la maintenance corrective

Selon l'AFNOR par la norme **NF X 60-010**, La maintenance corrective est définie comme une maintenance effectuée après défaillance.

Elle est caractérisée par son caractère aléatoire et requiert des ressources humaines compétentes et des ressources matérielles (pièces de rechange et outillage) disponibles sur place.

La maintenance corrective débouche sur deux types d'intervention :

- Le premier type est à caractère provisoire, ce qui caractérise la maintenance palliative.
- Le deuxième type est à caractère définitif, ce qui caractérise la maintenance curative.
- C'est un choix politique de l'entreprise qui malgré tout, nécessite la mise en place d'un certain nombre de méthodes qui permettent d'en diminuer les conséquences :
- Analyse des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité (AMDEC), méthode permettant de mettre en évidence de façon prospective un certain nombre d'organes ou de machines critiques pour la sécurité ou la fiabilité d'un système après inventaire des défaillances élémentaires possibles.
- Installation d'éléments de secours (redondance de matériels).
- Utilisation de technologies plus fiables.
- Recherche de méthodes de surveillance les mieux adaptées aux points névralgiques (capteurs intégrés...).

- Utilisation de méthodes de diagnostics de pannes plus rapides (arbre des causes de défaillances, historique des pannes, systèmes experts...).

I.3.2 la maintenance préventive

Selon l'AFNOR par la norme **NF X 60-010**, La maintenance préventive est définie quant à elle comme une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou d'un service rendu.

Buts de la maintenance préventive [3]

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

Préparation des actions préventives [6]

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.3.2.1 la maintenance préventive systématique

Selon l'AFNOR par la norme **NF X 60-010**, La maintenance préventive systématique est une maintenance effectuée selon un échéancier établi selon le temps ou le nombre d'unités d'usage.

La périodicité des remplacements est déterminée selon deux méthodes :

La première est de type bloc et la seconde, de type âge. La politique de remplacement de type âge suggère de remplacer l'équipement à la panne ou après T unités de temps de bon fonctionnement. La politique de type bloc suggère de remplacer l'équipement après une période prédéterminée de temps T, 2T, etc. indépendamment de l'âge et de l'état du composant.

❖ 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.

❖ **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.

❖ **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.

I.3.2.2 La maintenance préventive conditionnelle

Selon l'AFNOR par la norme **NF X 60-010**, La maintenance préventive conditionnelle est une maintenance subordonnée à un type d'événement prédéterminé.

❖ **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.

❖ **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.

I.3.2.3 La maintenance prévisionnelle

Selon l'AFNOR par la norme **NF X 60-01**, La maintenance prédictive (ou prévisionnelle) est une maintenance préventive subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation du bien, permettant de retarder et de planifier les interventions.

I.4 Les stratégies de maintenance [11]

Tous les équipements d'une installation industrielle sont soumis à des mécanismes de dégradation pouvant causer l'apparition des modes de défaillance des matériels, entraînant ainsi leur panne et d'éventuels effets sur le fonctionnement de l'installation.

Les mécanismes de dégradation peuvent être de plusieurs types : usure, fatigue, vieillissement, altérations physico-chimiques diverses, etc. Leur cinétique d'évolution (fonction du temps de fonctionnement, du temps calendaire ou encore du nombre de sollicitations) peut dépendre de plusieurs facteurs influents (conditions d'environnement et de fonctionnement, dégradation d'autres matériels, tâche de maintenance défavorable, etc...).

Les modes des défaillances décrivent le dysfonctionnement d'un matériel par la fonction qu'il ne remplit plus. Cinq modes de défaillances génériques sont définis: perte de la fonction, fonctionnement intempestif, refus de s'arrêter, refus de démarrage, fonctionnement dégradé.

Face à la diversité des matériels d'une installation et de leurs comportements et, les responsables de maintenance doivent envisager de véritables stratégies. Ils peuvent décider de pratiquer une maintenance corrective à la suite de la défaillance d'un matériel, mais cela ne permet pas d'éviter les conséquences des pannes sur le fonctionnement du système. Une attitude plus offensive consiste à mettre en œuvre une maintenance préventive systématique selon laquelle la décision d'intervenir précède l'apparition du dysfonctionnement. Cela permet de diminuer le nombre de défaillances et induit un gain économique substantiel, conséquence de la différence entre les coûts générés par l'intervention et la disponibilité qu'elle occasionne.

En limitant, voire en empêchant, les défaillances de cette manière, on court toutefois au risque de dépenses excessives et d'indisponibilités pour maintenance inutiles. Il est donc nécessaire de régler les paramètres de la politique de manière adéquate.

La maintenance préventive conditionnelle est de plus en plus utilisée. Elle présente l'avantage de limiter le nombre d'interventions sur les matériels. En effet la remise en état du matériel est réalisée uniquement lorsque celui-ci présente des signes de dysfonctionnement (dégradation, symptômes, panne à la sollicitation) pouvant mettre en cause ses performances à brève échéance.

Enfin, on peut associer à la maintenance préventive les notions de *visite* et *révision* qui consistent en un regroupement de tâches de maintenance préventive afin de redonner au matériel un potentiel d'usage pour une durée déterminée tout en limitant le nombre d'interventions sur le matériel et donc son indisponibilité pour maintenance.

La diversité des alternatives fait de la maintenance un processus caractérisé par des choix d'exécution pour la définition des stratégies de maintenance. L'importance de l'impact sur les performances du système considère rend nécessaire son optimisation.

I.5 Les Operations de la maintenance

Ne sont vues ici que les opérations essentielles.

I.5.1 Les opérations de maintenance préventive

I.5.1.1 Les inspections

Ce sont des activités de surveillance qui consistent à relever périodiquement des anomalies et exécuter des règles simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ou d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

I.5.1.2 Les visite

C'est une opération de surveillance, se situant dans le cadre d'action de Maintenance préventive, elle peut consister en un examen détaillé et approfondi d'une partie ou de l'ensemble du système suivi.

I.5.1.3 Les contrôle

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

- Comporter une activité d'information ;
- Inclure une décision : acception, rejet, ajournement ;
- Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective.

Les opérations de surveillance (contrôles, visites, inspections) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien. Elles sont effectuées de manière continue ou à des intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou le nombre d'unités d'usage.

I.5.2 Les opérations de maintenance corrective

I.5.2.1 Le dépannage

Actions physiques exécutées pour permettre à un bien en panne d'accomplir sa fonction requise pendant une durée limitée jusqu'à ce que la réparation soit exécutée.

Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation n'est pas indispensable même si cette connaissance permet souvent de gagner du temps.

Ainsi, le dépannage peut être appliqué par exemple sur des équipements fonctionnent en continu dont les impératifs de production interdisent toute visites ou intervention à l'arrêt.

I.5.2.2 la réparation

Actions physiques exécutées pour rétablir la fonction requise d'un bien en panne.

L'application de la réparation peut être décidée soit immédiatement à la suite d'un incident ou d'une défaillance, soit après un dépannage, soit après une visite de maintenance préventive conditionnelle ou systématique.

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

I.5.3 Autre opérations

I.5.3.1 Les révisions

Ensemble des actions et examens de contrôle et d'intervention effectuée en vue d'assurer le bien contre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour nombre d'unités d'usage donné.

I.6 Les niveaux de la maintenance [13]

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

1^{er} niveau de maintenance

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.

2^{ème} niveau de maintenance

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.

3^{ème} niveau 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.

4^{ème} niveau de maintenance

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.

5^{ème} niveau de maintenance

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 un service ou société spécialisée avec des équipements de soutien définis par le constructeur et donc proches de la fabrication du bien concerné.

I.7 Définition d'une panne et d'une défaillance [4]

Une panne est une non-conformité qui nécessite une intervention de maintenance non prévue pour y remédier, alors que le terme défaillance englobe toute forme de non-conformité à un critère de performance défini.

Une défaillance est une perte de fonction. La norme AFNOR définit la défaillance comme une altération ou une cessation d'un bien à accomplir une fonction requise.

I.7.1 Les six éléments de connaissance d'une défaillance

La synthèse de l'analyse qualitative et quantitative mettra en évidence, les défaillances et leurs combinaisons qui compromettent la sûreté de fonctionnement du système ainsi que les composants les plus critiques ou les missions les plus importantes du système. Seront alors dégagées les améliorations techniques susceptibles d'augmenter la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité ou la sûreté. Une analyse post défaillance doit comporter les six éléments de connaissance permettant de comprendre aussi bien l'environnement du système lors de sa perte de normalité que les mécanismes ayant engendré la défaillance. Cela afin d'apporter des remèdes durables et des mesures d'organisation pour éviter la réapparition de la défaillance, ou pour atténuer ses effets.

I.7.2 Typologie des défaillances

Il existe deux types de défaillances : La défaillance catalectique complète et soudaine qui est due à une rupture brusque et la défaillance par dérive qui est due à un phénomène d'usure.

I.7.3 Causes de défaillance

Ce sont des circonstances liées aux plusieurs facteurs ; c'est ce que nous présentons à la figure I.2 :

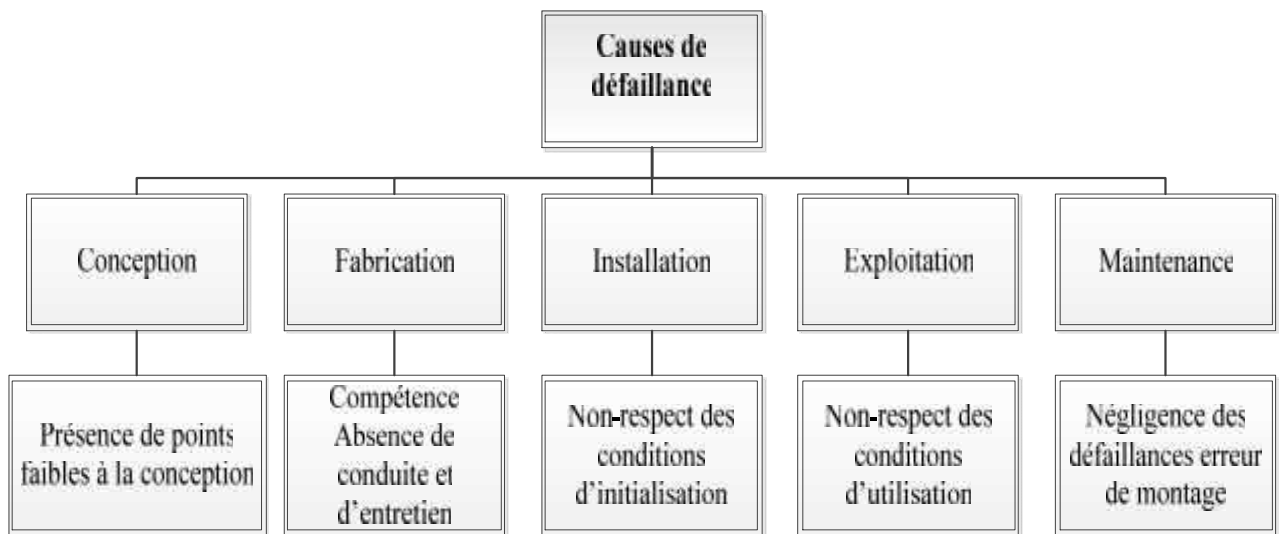


Figure I.2 les causes de défaillance [4].

I.7.4 Les modes de défaillances

Le mode de défaillance est défini par la norme NF x 60-010 : "Effet par lequel une défaillance est observée".

Les principaux modes de défaillances sont divisés dans les trois catégories suivantes :

- la santé – matière : il s'agit de défauts préexistants dans les pièces en service. Il apparaît suite à un défaut soit lors de l'élaboration de la matière, soit lors de l'élaboration de la pièce finie, ou lors du montage.
- Les modes de défaillances mécaniques:
 1. **Les modes de défaillances inhérents au fonctionnement** : Elles apparaissent suite à : A l'Usure, à une surcharge, à une fatigues (thermique et mécanique), à un fluage, à un choc, à une fissuration, à l'abrasion, à l'érosion ou à la corrosion.
 2. **Les modes de défaillances inhérents au matériau** : Défaut de mise en œuvre, défaut de fabrication (défaut d'usinage, de traitements thermiques, de soudure...)
 3. **Les modes de défaillances inhérents à l'environnement** : Défaut de montage, abrasion, corrosion.
- Les modes de défaillances électriques : ces défaillances surgissent suite à la rupture d'une liaison électrique, au collage, à l'usure de contact ou au claquage d'un composant. Les modes de défaillances sont donc en rapport avec le processus de dégradation.

I.7.5 Classification des défaillances

Le cadre de référence de la classification des défaillances que nous présentons à la figure I.3, est réparti en sept familles et 17 causes.

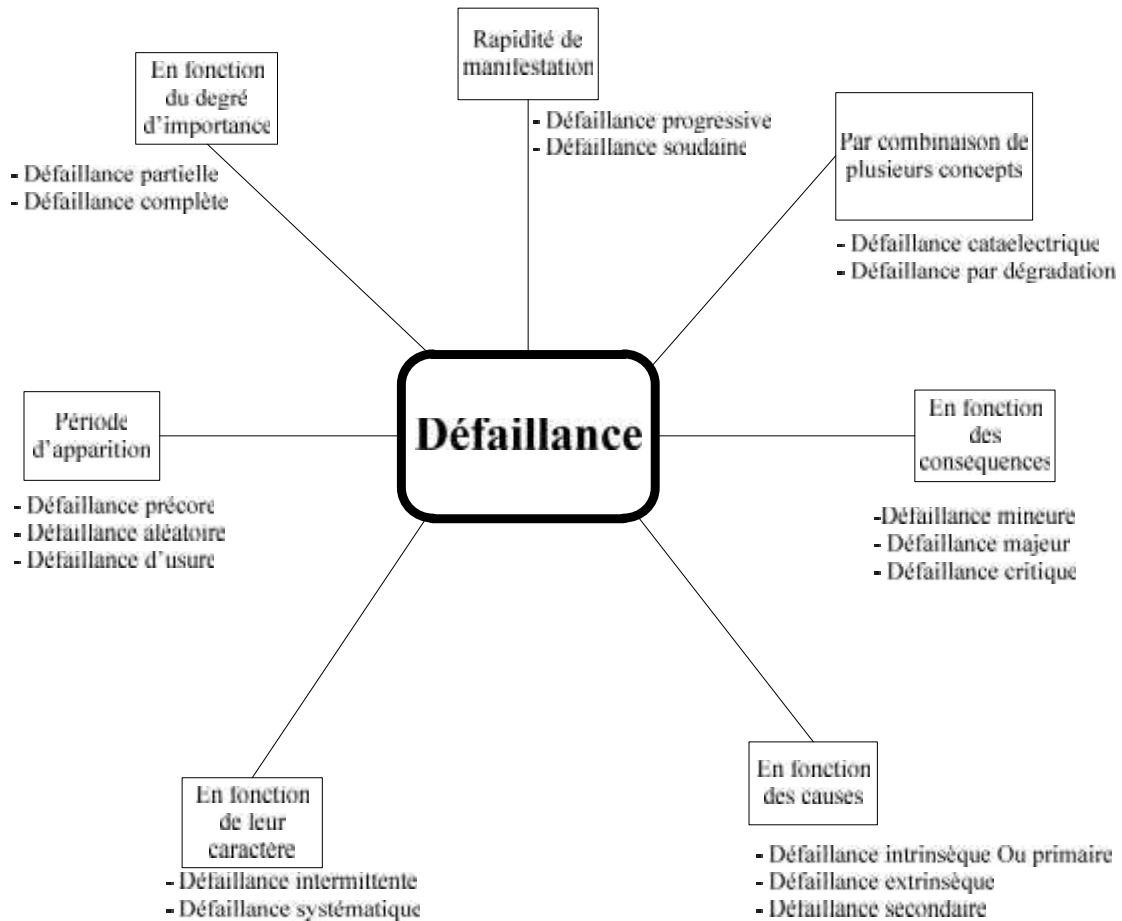


Figure I.3 Classification des défaillances [4].

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons abordé une vue générale sur la fonction de maintenance industrielle. Cette fonction joue un rôle économique, elle a toujours réduit les coûts et assurée la disponibilité de l'équipement industriel pour garantir la continuité de la production.

Chapitre II

**MEI et l'Aléseuse-
Fraiseuse Modèle : WD
130A**

II.1 Introduction

Le but de ce chapitre est de présenter la société Maintenance des Equipements Industriels (MEI), et nous avons fait notre stage au niveau cette société.

II.2 Représentation de MEI [16]

La Société de Maintenance des Equipements Industriels (MEI / SPA) a pour mission principale la maintenance des équipements industriels et de production d'énergie.

Créée le 02/01/1998, MEI est devenue au fil du temps un professionnel industriel capable de répondre à l'ensemble des besoins en matière de maintenance industrielle pour sonelgaz.

Outre les ateliers de M'sila, MEI dispose aussi de deux ateliers régionaux situés l'un à BECHAR et l'autre à TOUGGOURT, ce qui lui donne la capacité d'assurer :

- la rénovation des groupes électrogènes en ateliers,
- l'inspection des turbines gaz, vapeur et groupe diesel sur site,
- la rénovation des machines électriques tournantes MT, BT,
- les travaux de grosse mécanique (tournage, fraisage, rectification ...),
- l'équilibrage de roues de turbines, rotors de gros moteurs électriques, rotors turbocompresseurs et turboalternateurs,
- les traitements thermiques,
- la chaudronnerie (rebutage, fabrication de ballons BP, distillateurs thermiques, moules de buses, réparation de vannes hydrauliques, fabrication des baffles et réparation des cheminées turbines à Gaz,
- la réparation de coussinets tous types confondus...,
- la réparation et le revêtement des pièces par projection plasma (APS et HVOF).

MEI emploie 683 agents et a réalisé un chiffre d'affaires de 1,19 Milliards de dinars en 2006.

La Société de Maintenance des Equipements Industriels MEI a certifié Depuis Octobre 2003 son SMQ selon la norme ISO 9001/2000. Pour améliorer ses performances environnementales MEI a lancé en 2007 une démarche pour obtenir la certification d'un système de management environnemental selon le référentiel ISO 14001/2004.

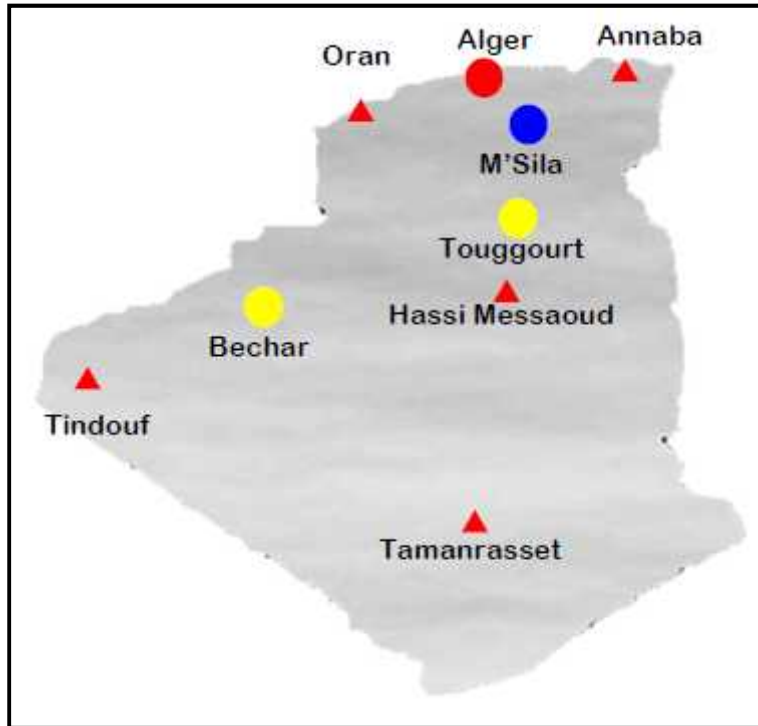


Fig II.1 ● siège social & Ateliers de M'sila

II.2.1 Activités de MEI

Leur compétence et leur 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.

II.2.2 Capacité de MEI

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.



Fig. II.2 ateliers de m'sila[16].

II.2.2.1 Travaux sur machine outils

- Usinage de 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 de pièces jusqu'à 6 mètres de longueur et 1.6 mètre de diamètre.



Fig II.3.a Usinage de pièces[20]



Fig II.3.b Rectification de vilebrequins[20].

II.2.2.2 Equilibrage industriel

- 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.4.a Equilibrage d'une route turbine à gaz (pièce seule)[20] .



Fig II.4.b Equilibrage d'un rotor turbine à gaz (pièce assemblée)[20].

II.2.2.3 Revêtements et rechargement

- 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 La métallisation au plasma[20].

II.2.2.4 Chaudronnerie industrielle

- Tôlerie (sablage, peinture)
- Mécano-soudure
- Soudure

II.2.2.5 Application sur métal blanc

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.6.a Application par Rechargement manuel de métaux antifrictions[20].



Fig II.6.b Machine pour application Par centrifugation de métaux[20].

II.2.2.6 Production de pièce de remplacement

Nous fabriquons de nouvelles pièces détachées pour vos machines. Les réalisations peuvent être :

- Faites à partir de plans
- Faites à partir de modèles
- De petites à de grandes dimensions

II.2.2.7 Contrôle

- MEI entretient un système d'organisation 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
- Contrôle non destructif (PT, MT, UT) Plus de 350 appareils de mesures sont à la disposition de nos inspecteurs qualifiés.

II.2.2.8 Mesures et essais

MEI dispose de plusieurs bancs et plateformes d'essais dont :

- Banc d'essais pour moteurs et générateurs diesel jusqu'à 4 MW.
- Banc d'essais pour pompes d'injection
- Banc d'essais pour régulateur hydraulique
- Banc d'essais pour moteurs électriques et alternateurs (MT & BT)

II.2.3 Equipement matériels

- Installation plasma.
- Machine de régulation par centrifugation.
- Tour parallèle de 15m d'entre point.
- Tour parallèle de 6m d'entre point.
- Tour verticale.
- Aléseuse fraiseuse.
- Equipement pour la réparation des moteurs BT, MT.
- Banc d'essai (moteur et cabine).
- Equipement schnick.
- Banc d'essai pompes injection.
- Machine a déglacé les chemises (honteuse).
- Four sous vide horizontale.
- Cabine de peinture.
- Banc d'essai pour régulateur hydraulique.
- Equipement pour contrôle par magnétoscopie fixes et transportable.

- Lots d’installations de métrologie (étalonnés).
- Lots d’appareil de contrôle par ultrason.

II.2.4 Structure organisationnelle de la société

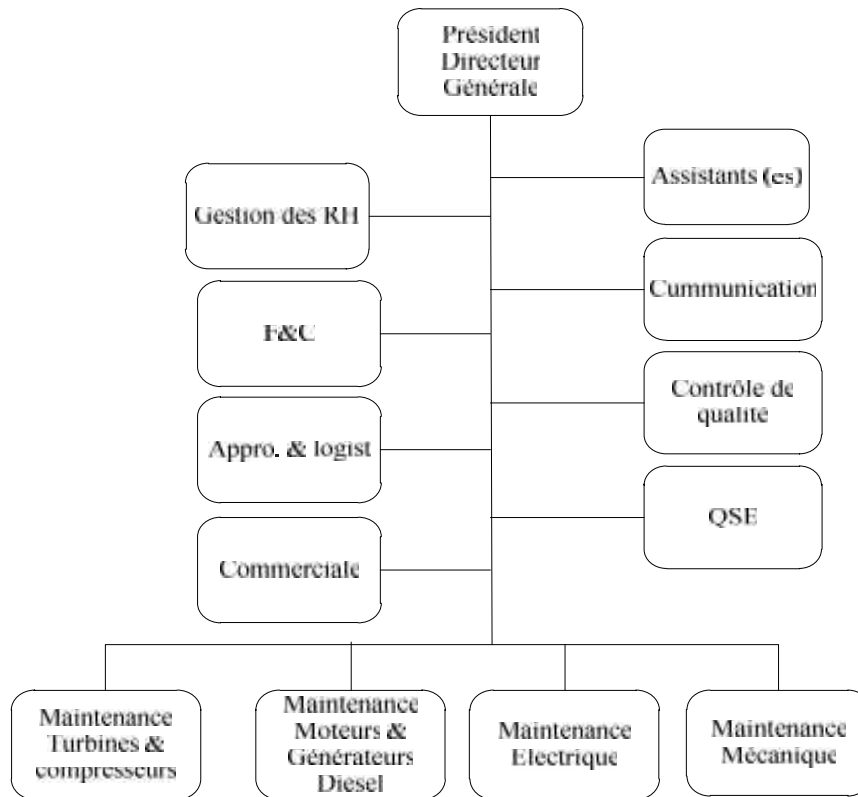


Fig II.7 Structure organisationnelle de la société

II.2.5 Les ateliers de la MEI

Les ateliers de la MEI sont :

II.2.5.1 Atelier de fabrication mécanique

L’atelier de fabrication assure les différents types de travaux de fabrication mécanique :

- Tournage (tour 15m, 6m, 3m, 2m, tour vertical) ;
- alésage (aléseuse fraiseuse) ;
- fraisage (fraiseuse universel, aléseuse fraiseuse) ;
- équilibrage (équilibrage schnick) ;
- rectification (rectifieuse de vilebrequin RG600 et RG450) ;
- honage (honteuse) : pour déglacer les chemises, ajustage, perçage, et généralement la préparation de la pièce mécanique telle que (coussinet de différents diamètres, vilebrequin, arbre, rotor,..)

II.2.5.2 Atelier de chaudronnerie

Cet atelier assure les travaux de réparation et confection (soudage, cintrage,..)des pièces : il est équipé essentiellement des machines suivants :

- Cisaille guillotine, cisaille universelle, plieuse de tôle.
- Rouleuses de tôles, banc d’oxycoupage, poste a soudure :

- ✓ Soudage à l'arc électrique.
- ✓ Soudage par point (résistance)
- ✓ Soudage TIG
- ✓ Soudage MIG
- ✓ Soudage oxyacétylénique.

II.2.5.3 Atelier métallurgie

Composé le four pour l'étamage, le préchauffage la fusion de régule et d'une machine à réguler par centrifugation, cette atelier répand au besoin de réglage de réparation de coussinets turbo-alternateur des groupes TV et TG de diamètre (100 à 2000mm) ainsi que les gros patins des fours de cimenteries.

L'atelier métallurgie comporte aussi

- Installation (cabine) de sablage et cabine de peinture : pore sabler et peindre les moteurs, les coussinets et les déferents pièces mécanique.
- Stand métallisation des paliers :
 - ✓ Rechargement a la baguette.
 - ✓ Rechargement par centrifugation.
 - ✓ Rechargement par coulée statique.

II.3 Description l'aléseuse-fraiseuse Modèle :WD 130A [17]

II.3.1 Description de la version standard de la machine

L'aléseuse-fraiseuse, de par sa conception moderne répond aux impératifs les plus rigoureux des ateliers modernes tant par son rendement, rigidité et universalité d'emploi que par la commodité et rapidité de sa conduite.

La machine est destinée à percer et à aléser avec précision les trous dont l'espacement exact est obtenu à l'aide d'un projecteur optique. Elle est employée en outre pour les opérations de fraisage avec outils montés dans la broche ou dans l'arbre creux.

Lorsque la machine est équipée d'accessoires facultatifs, elle peut usiner les faces difficilement accessibles et sous différentes pentes. Dans ce but, diverses sortes d'appareils de fraisage sont prévues. Lorsque la machine est équipée d'un plateau à surfacer amovible, elle permet de travailler de gros trous et les surfaces cylindriques ainsi que de dresser les faces autour des alésages de dimensions importantes. D'autres accessoires facultatifs permettant de tailler les filetages en système métrique et anglo-saxon, d'aléser les trous à l'aide des barres d'alésage, d'une lunette, d'une table pivotants, etc.

La machine est destinée avant tout aux travaux sur des pièces de fonderie ou soudées de grand encombrement. En un seul montage peuvent être effectuées plusieurs différentes opérations.

II.3.2 Particularités de la machine

-Grand gamme des vitesses de broche et changement de vitesses même pendant la marche de la machine sans charge.

- Montage très soigné de la broche en acier nitruré offrant les garanties de précision et de longue durée de vie.
- Vitesses d'avance infiniment variables de la broche, du chariot porte-broche et du montant à l'aide de trois servocommandes hydrauliques.
- Montage minutieux de la broche nitrurée, garantissent la précision et une longue durée de vie.
- Avances de la broche, du chariot porte-broche et du montant réglables en continu à l'aide de trois servocommandes hydrauliques.
- Possibilité de déplacement horizontal du chariot porte-broche.
- Lecture numérique des coordonnées pour le déclassement du montant du chariot porte-broche, éventuellement pour la sortie de la broche avec présélection des coordonnées.
- Blocage automatique des ensembles mobiles (ce n'est que l'ensemble devant se déplacer qui est débloqué), réduisant les temps auxiliaires.
- Possibilité de fraisage oblique dans trois plans perpendiculaires sous n'importe quel angle, grâce à la combinaison des mouvements du chariot porte-broche et du montant, ce qui permet de réduire les temps d'usinage surtout pour le fraisage des surfaces d'assise irrégulières etc.
- Télécommande de la machine, concentrée dans un panneau pendentif actionné par moteur, ce qui rend le service rapide et simple.
- Capotage parfait des glissières du banc, permettant d'augmenter la durée de vie.
- Graissage central et par ensembles de tous les mécanismes mobiles et surfaces de glissement, nécessitant le service minimal.



Fig II.7 La machine L'aléreuse-fraiseuse [17].

II.3.3 Description sommaire des principaux ensembles de la machine

II.3.3.1 Chariot porte-broche

L'entraînement de la broche est assuré par un électromoteur asynchrone par l'intermédiaire d'un accouplement élastique (encastré dans une roue dentée) et d'une boîte de vitesses à embrayages électromagnétiques et harnais d'engrenages. Sous une faible charge le moteur peut être couplé en étoile. La charge du moteur peut être contrôlée à l'aide d'un ampèremètre (sur le chariot porte-broche). Le sens de rotation de la broche change par l'inversion de la marche du moteur. Le freinage de la broche est assurée au moyen d'un relais alnico.

Le chariot porte-broche est équilibré par un contre-poids logé dans le montant.

Le réglage des tours de la broche dans la gamme choisie s'effectue par un commutateur du panneau pendentif, permettant le changement de vitesse même si la broche non chargée est en marche.

Le chariot porte-broche peut se déplacer dans le sens vertical et horizontal. La broche nitrurée est montée à coulissements dans les douilles nitrurées de la broche creuse. Dans le bras, la broche est montée dans un roulement à rouleaux et dans deux butées à billes qui saisissent les forces axiales.

La broche creuse, dont le nombre de tours est égal à celui de la broche de travail, est montée radialement dans des roulements à rouleaux dont l'avant-type NNK – permet de rattraper complètement le jeu. La charge axiale est absorbée par deux butées de précision.

II.3.3.2 Appareil de présélection numérique des coordonnées

L'appareil de présélection numérique des coordonnées est dans la conception de base de la machine constitué par le système NS 250. L'axe X (déplacement du montant sur le banc) et l'axe Y (course du chariot porte-broche) sont mesurés par le détecteur A323 S qui détecte, par l'intermédiaire d'un pignon, le chemin parcouru à partir des peignes. L'axe V (sortie de la broche) est déterminé par le détecteur A 323 S avec rallonge pour le raccordement à une vis de transformation de mouvement, spécialement enroulée et nitrurée. (En cas d'emploi d'un appareil de mesure pour la coordonnée V, il n'est pas possible d'installer un dispositif de filetage). L'appareil de mesure est absolu. La grandeur de la coordonnée (ou la longueur de l'avance) indiquée sur le bloc commutateur décadiques est parcourue automatiquement par l'ensemble afférant, après le démarrage du cycle, et indiquée également sur les tubes numériques.

II.3.3.3 Avances

Les avances du chariot porte-broche (horizontales et verticales) de la broche et du montant sont variables en contenu en deux gammes. La commande des avances est assurée par trois servocommandes hydrauliques. La sélection de la gamme des avances, le réglage des sens des avances s'effectuent à partir du panneau. (Ce n'est que la sélection du mouvement horizontal du chariot porte-broche ou de la broche qui se fait à l'aide du levier du chariot porte-broche). L'huile sous pression du groupe

hydraulique sert également au mécanisme pour le blocage automatique des ensembles mobiles.

II.3.3.4 Banc

Le banc en forme de caisson est pourvu de glissières plate et prismatique. Il est bien nervuré à l'intérieur. Outre les glissières, le banc est muni encore d'un chemin pour les galets allégeant le poids du montant avec le chariot porte-broche. Les glissières sont protégées par des capots autoportants télescopiques. Le banc est de construction robuste qui garantit la rigidité dans n'importe quelle position du montant. Le banc est pourvu de trous pour boulons d'ancrage et de nivellement.

II.3.3.5 Montant- trainard de montant

Le montant est convenablement nervuré et il est solidaire du trainard. La trainard est muni d'un dispositif pour l'allègement des glissières. Quatre galets roulant sur le chemin auxiliaire du banc supportent une partie du poids du montant au cours du déplacement. Les glissières verticales du chariot porte-broche sont rectifiées précises. Le montant porte à l'intérieur le contre poids du chariot porte-broche.

Le banc porte une peine le mouvement du montant et un peigne de mesure.

II.3.4 Equipement électrique

Les mouvements de la machine sont télécommandés à partir d'un poste pendentif dont le déplacement est motorisé et dont les divers organes de commande sont répartis en zones de couleur suivant leur appartenance fonctionnelle de sorte que leur manœuvre est rapide et facile à surveiller. A partir du poste pendentif peut également être commandée la table pivotante et par la signalisation lumineuse on peut faire venir le pont roulant.

L'armoire de l'appareillage électrique installé à côté de la machine abrite le disjoncteur principal et les prises de courant pour le branchement de la table pivotante et de la lunette. De là, à l'aide d'un câble fixe sur une chenille est alimentée en courant électrique la boîte de distribution montée sur la paroi arrière du montant. Dans l'armoire électrique sont rassemblés les contacteurs, relais et unités d'amplification transistorisées pour piloter les servocommandes hydrauliques. Pour faciliter les soins d'entretien, les appareils électriques sont montés sur châssis basculants. Aux extrémités de fin de course du chariot porte-broche, de la broche et le montant interviennent les contacts de sécurité.

II.3.5 Caractéristiques principales de la machine

II.3.5.1 Chariot porte-broche

Diamètre de la broche.....	130mm
Sortie de la broche	1120mm
Course verticale du chariot porte-broche.....	2300mm
Sortie horizontal du chariot porte-broche	450mm
26 vitesses de rotation de la broche et de l'arbre creux	2,8-900 tr/min

Puissance et nombre de tours du moteur de commande de la broche :

Version de base	18,5 KW - 1455 tr/min
Version spéciale.....	22 KW -1440 tr/min
Couple de torsion max de l'arbre creux.....	8000 N.m

II.3.5.2 Avance horizontal du chariot porte-broche

Déplacement rapide du chariot porte-broche dans le sens horizontal.....1250mm/min

II.3.5.3 Avances de la broche dans le sens horizontal et Avances de chariot porte-broche dans le sens vertical

Déplacement rapide de la broche et du chariot porte-broche.....	2500mm/min
Distance mini de l'axe de la broche à la glissière du banc.....	812 mm
Puissance et nombre de tours du moteur du groupe hydraulique de commande des avances /50.....	7.5Kw – 1455 tr/min

II.3.5.4 Montant

Course du montant sur le banc3200 mm

II.3.55 Avance du montant

Déplacement rapide2500 mm/min

Puissance de tours du moteurs électriques installés :

*machine avec la puissance standard du moteurs du chariot porte-broche	28 KW
* machine avec la puissance accrue du moteurs du chariot porte-broche	31.5 KW
Hauteur de la machine	5280 mm
Poids de la machine y compris accessoires standard	26700 Kg

Conclusion

Ce chapitre a été concerné premièrement à des généralités sur la machine Aléseuse-Fraiseus, sa composition des matériels et ses caractéristiques, ensuite on a expliqués 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 machine Aléseuse-Fraiseus (WD 130A) , cette machine peut exécuter La machine est destinée à percer et à aléser avec précision les trous dont l'espacement exact est obtenu à l'aide d'un projecteur optique, pour cela on va essayer d'étudier dans le chapitre IV le comportement de cette machine d'après leur historique des pannes, et de donner des solutions pour améliorée la disponibilité de la machine Aléseuse-Fraiseus ainsi pour la productivité de la ligne.

Chapitre III

FMD et Courbe ABC

III.1 Introduction

La Sûreté de fonctionnement (Sdf) ou la science des « défaillances » qui est suivant les domaines d'applications: analyse de risque (milieu pétrolier), élastique, cyndinique (science du danger), FMD (Fiabilité, Maintenabilité, Disponibilité) que nous avons l'étudiée dans ce chapitre IV, où on caractérisons 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.

III.2 La sûreté de fonctionnement [7]

III.2.1 Évolution historique des besoins en terme de sûreté

Avant de donner les nombreuses définitions exactes et de résumer certaines notions, il est bon de rappeler l'historique des évolutions industrielles ou autres qui ont amené à préciser ces notions. Dans les années du milieu du XX^{ème} siècle, il s'est avéré que les produits fabriqués, de technologie de plus en plus complexe, n'avaient pas la fiabilité qu'on pouvait en espérer : nombreux appareils défectueux avant même d'être livrés, fonctionnement ne répondant pas aux besoins, mauvaise adaptation à la maintenance, fragilité, etc. Ce sont les notions de complexité d'une part et de recherche d'une plus grande sécurité d'autre part, qui ont influencé l'évolution industrielle au cours du XX^{ème} siècle. En ce qui concerne la « sécurité » et la « sûreté de fonctionnement », les utilisateurs aussi bien que les concepteurs, confrontés aux dysfonctionnements divers, évoquaient la notion de « mauvaise qualité » ou de « fiabilité insuffisante » mais aussi de risques (risques de panne, risque d'indisponibilité, risque d'accident) avec une hiérarchie allant du simple risque de mauvais fonctionnement à la catastrophe. Différents acteurs du développement ou de l'utilisation avaient peu de liens entre eux : des utilisateurs confrontés à des produits mal adaptés ou non fiables, des développeurs peu au courant de l'utilisation réelle des produits, des fabricants confrontés aux défauts lors des contrôles, des responsables de sécurité souhaitant réduire le nombre d'accidents.

Ainsi, les problèmes rencontrés commençaient à être classés en deux catégories, celles relevant de la :

- sûreté de fonctionnement d'une part, incluant fiabilité (réponse au risque de panne), maintenabilité (réponse au risque de maintenance difficile, voire impossible), disponibilité (réponse au risque de non-mise à disposition au moment du besoin)
- sécurité d'autre part, (réponse au risque d'accident ou de catastrophe).

L'ensemble de ces évolutions s'est fait progressivement à partir des années 1950 et 1960. L'électronique et l'informatique de pointe ont été les secteurs pionniers de la sûreté de fonctionnement en raison, entre autres, d'une volonté politique de réussite dans les secteurs spatial ou nucléaire. Le domaine militaire conventionnel a suivi rapidement, puis celui du civil complexe (aéronautique, centraux téléphoniques, etc.), enfin le domaine grand public (automobiles, téléviseurs, etc.).

En matière de réglementation et de normalisation, la prise en compte des notions de sûreté a amené à constituer des groupes de travail dans les différents organismes nationaux ou internationaux, puis à

établir des liens entre eux. L'objectif était de rendre le plus cohérent possible les nombreux textes existants. Cependant, il est important de constater une scission entre les groupes qui incluent la sécurité dans la sûreté de fonctionnement et ceux qui la mettent à part, une difficulté supplémentaire étant apportée par la traduction anglais-français (exemple : *dependability, security, safety*).

Enfin, un critère qui s'est développé progressivement est celui du facteur humain, dont les dysfonctionnements ajoutent un éclairage supplémentaire aux analyses de risque. Ainsi, au fil des temps, à partir de différents domaines de l'activité industrielle et de différentes fonctions dans l'entreprise, les acteurs économiques ont regroupé l'ensemble des problèmes liés aux risques dans ces deux notions de sûreté de fonctionnement et de sécurité, qui se retrouvent dans la notion très globale de maîtrise des risques.

Après cette brève synthèse de l'évolution historique qui a amené à l'étude et à la détermination des notions de sûreté de fonctionnement et de sécurité, nous donnons dans la suite les diverses définitions des fonctions, comportements et services d'un système ainsi que les concepts de base de la sûreté. Nous présentons ensuite les attributs de la sûreté (disponibilité, fiabilité, sécurité-innocuité, confidentialité, intégrité, maintenabilité), les entraves de la sûreté (fautes, erreurs, défaillances) et enfin les moyens pour la sûreté (prévention des fautes, tolérance aux fautes, élimination des fautes, prévision des fautes).

la **sûreté de fonctionnement** est définie comme l'aptitude à délivrer un service de confiance justifiée. Cette définition met l'accent sur la justification de la confiance, cette dernière pouvant être définie comme une dépendance acceptée explicitement ou implicitement. La **dépendance** d'un système d'un autre système est l'influence, réelle ou potentielle, de la sûreté de fonctionnement de ce dernier sur la sûreté de fonctionnement du système considéré. La **fonction** d'un système est ce à quoi le système est destiné, comme elle est décrite par la spécification fonctionnelle, qui inclut les performances attendues du système. Le **comportement** d'un système est ce que le système fait pour accomplir sa fonction, et est décrit par une séquence d'états. Le **service** délivré par un système est son comportement tel que perçu par son ou ses utilisateurs. Un **utilisateur** est un autre système, éventuellement humain, qui est en interaction avec le système considéré. La partie de la frontière du système où ont lieu les interactions avec ses utilisateurs est l'**interface** du service. Un service est considéré correct si et seulement si le service délivré accomplit la fonction du système. La **défaillance** (du service) est un événement qui survient lorsque le service délivré dévie du service correct, soit parce qu'il n'est plus conforme à la spécification, soit parce que la spécification ne décrit pas de manière adéquate la fonction du système. Une **erreur** est une partie de l'état susceptible d'entraîner une défaillance. Une **faute** est une cause adjugée ou supposée d'une erreur. Les modes de défaillance sont les manières selon lesquelles un système peut défaillir, classées selon leur gravité.

La **sûreté de fonctionnement** peut aussi être définie comme l'aptitude à éviter des défaillances du service plus fréquentes ou plus graves que ce qui est acceptable. Les défaillances du service plus fréquentes ou plus graves que l'acceptable sont les défaillances de la sûreté de fonctionnement.

III.3 Les fondamentaux de La sûreté de fonctionnement

III.3.1 La Fiabilité

1) Fiabilité des systèmes [5]

Dans cette partie nous allons exposer les principales définitions utilisées dans les analyses de la fiabilité des systèmes ainsi que les indicateurs et les paramètres utilisés dans ce domaine.

2) Fiabilité et taux de défaillance d'un composant élémentaire

D'après la norme AFNOR (Association française de normalisation) X NF, 06-501, la fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise ou à satisfaire les besoins des utilisateurs, dans des conditions données, pendant une durée donnée.

La fiabilité $R(t)$ d'un composant élémentaire à l'instant t est généralement mesurée par la probabilité qu'il n'y ait pas de défaillance sur l'intervalle de temps $[t_0, t]$ sous des conditions de fonctionnement données, sachant que le système est en bon fonctionnement à l'instant t_0 .

D'autres fonctions peuvent être déterminées à partir de $R(t)$ par exemple $F(t) = 1 - R(t)$: la fonction complémentaire de la fiabilité définie par la probabilité qu'un composant soit défaillant entre t_0 et t .

Par ailleurs, le taux de défaillance $\lambda(t)$ permet d'estimer la probabilité conditionnelle qu'une défaillance se produise sur le composant élémentaire pendant un temps δt à l'instant t , en sachant que le composant n'a pas eu de défaillance sur $[t_0, t]$.

Puisque nous allons utiliser ces grandeurs dans les calculs de la suite du travail, nous exposons ces concepts d'une manière plus détaillée.

Soit T une variable aléatoire mesurant la durée de fonctionnement du composant avant défaillance (ou également la durée de vie pour les composants non réparables).

Sachant qu'une variable aléatoire est définie par sa fonction de répartition et par sa densité de probabilité.

• $F(t) = P[T \leq t]$ est la fonction de répartition de la variable aléatoire T . Elle possède les propriétés suivantes :

$$\lim_{t \rightarrow 0} F(t) = 0 \quad \text{et} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} F(t) = 1 \quad (\text{III.1})$$

$F(t)$ est non décroissante $0 \leq F(t) \leq 1$.

• $f(t)$ est la densité de probabilité de T (ou fonction de distribution) :

$$F(t) = \int_{-\infty}^t f(u) du. \quad (\text{III.2})$$

$f(t)dt$ est la probabilité pour que T soit compris entre t et $t + dt$.

Les figures (III.1) et (III.2) illustrent des exemples de fonctions de répartition et la densité de probabilité. $F(t_1)$ est la surface délimitée par la courbe $f(t)$ et la droite qui coupe l'axe de t à l'instant t_1 , pour cette raison la fonction de répartition est appelée également la probabilité cumulée.

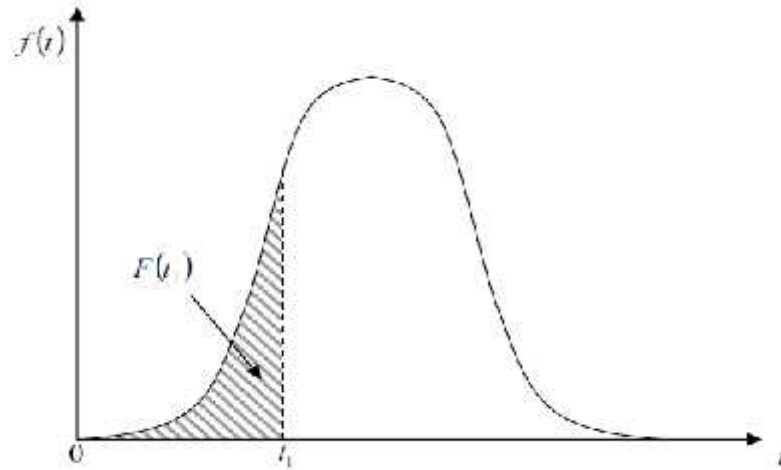


Figure III.1: Exemple de densité de probabilité [5].

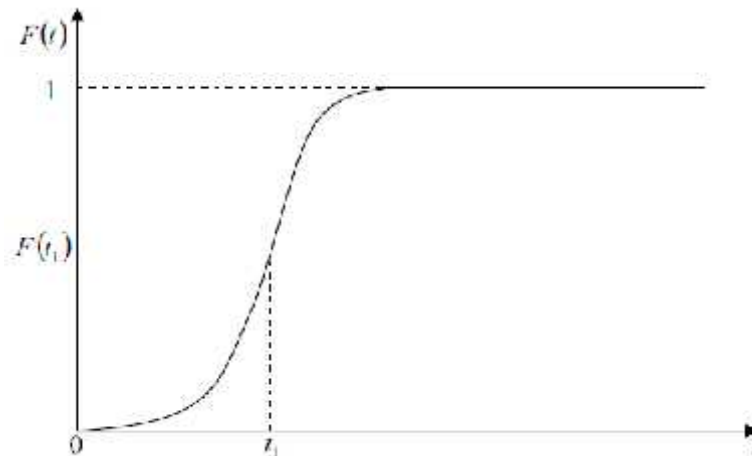


Figure III.2 Exemple de fonction de répartition[5].

Rappelons que par définition :

$$R(t) = P[T > t] \text{ et } F(t) = 1 - R(t), \tag{III.3}$$

Par conséquent, la fonction complémentaire de la fiabilité (défiabilité) $F(t)$ est la fonction de répartition de T et $R(0) = 1, R(\infty) = 0$.

D'après la définition précédente, nous pouvons écrire le taux de défaillance $\lambda(t)$:

$$\lambda(t) = \lim_{\delta t \rightarrow 0} \frac{1}{\delta t} P[t < T \leq t + \delta t | T > t] \tag{III.4}$$

Nous pouvons l'écrire également :

$$\lambda(t)dt = P[t < T \leq t + \delta t | T > t] \tag{III.5}$$

D'après le théorème des probabilités conditionnelles, l'équation devient :

$$\lambda(t)dt = \frac{P[t < T \leq t + \delta t \cap T > t]}{P[T > t]} \tag{III.6}$$

Sachant que $T > t$ est inclu dans l'événement $t < T \leq t + dt$ donc

$$P[t < T \leq t + dt \cap T > t] = P[t < T \leq t + dt] = f(t)dt = -\frac{dR(t)}{dt}dt \tag{III.7}$$

Notons que $R(t) = P[T > t]$.

Nous pouvons en déduire, une relation entre le taux de défaillance et la fiabilité :

$$\lambda(t) = -\frac{dR(t)/dt}{R(t)} \quad | \quad t_0=0 \tag{III.8}$$

En intégrant les deux membres de 0 à t, sachant que $R(0) = 1$:

$$R(t) = \exp \left\{ -\int_0^t \lambda(t).dt \right\} \tag{III.9}$$

Comme l'indique la courbe en baignoire de la figure (III.3), le taux de défaillance est dépendant du temps sur toute la durée de vie du composant élémentaire. Durant la période de jeunesse, les pannes nombreuses du début diminuent avec le temps contrairement à la période de vieillissement où le nombre de pannes s'accroît sans cesse. La période la plus importante est la période de vie utile durant laquelle le nombre de pannes est le plus faible. Pour simplifier les calculs, il est communément admis pendant la période de vie utile que le taux de défaillance soit approximé par une constante appelée λ .

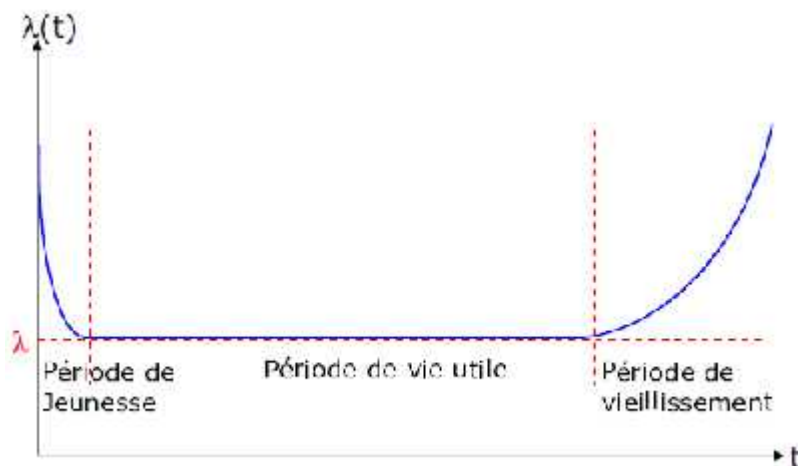


Figure III.3 Taux de défaillance en fonction du temps [5].

Sinon, le problème posé est de modéliser ces grandeurs par des lois de probabilité connues. En effet, il existe plusieurs lois, à titre d'exemple la loi exponentielle, la loi normale, la loi log-normale, la loi de Weibull et la loi Gamma.

3) MTTF

Un autre indicateur de fiabilité est le MTTF (Mean Time To Failure) qui représente une estimation du temps moyen de fonctionnement avant la première défaillance, ce temps a un rôle important en fiabilité, il est souvent pris comme un indicateur permettant la comparaison des fiabilités des systèmes fournis par un constructeur. Il est défini par :

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t)dt \tag{III.10}$$

Le MTTF est calculé par la surface délimitée par R(t).

Dans le cas d'une distribution exponentielle, lorsque le taux de défaillance est constant, le temps moyen de fonctionnement MTTF est égal à $\frac{1}{\lambda}$ et il correspond à une probabilité de fonctionnement

de $\frac{1}{e} \approx 0.367$. Le composant a donc environ 36.7% de chances pour fonctionner correctement au bout du temps MTTF.

Précédemment, nous avons présenté des paramètres caractérisant la fiabilité d'un composant élémentaire, dans ce qui suit, nous allons étudier la fiabilité des systèmes qui contiennent plusieurs composants.

4) type des Fiabilité des systèmes

Dans le cas des systèmes multi composants la défaillance du système dépend de la défaillance d'un certain nombre de composants suivant la structure du système. Pour calculer la fiabilité d'un système, son taux de défaillance et son MTTF à partir des propriétés de ses composants (fiabilité, taux de défaillance et MTTF), il faut définir la structure de propagation des défaillances dans le système.

En fiabilité, deux types de systèmes sont à distinguer les systèmes ayant une structure élémentaire et ceux ayant une structure complexe. Une structure élémentaire contient des composants indépendants en série ou en parallèle ou toutes combinaisons possibles de ces deux cas. Un système pouvant être décomposé en plusieurs modules à structure élémentaire est considéré comme système simple ou compliqué si sa taille est très importante. À l'inverse nous parlons de systèmes complexes quand le système n'est pas constitué de structure élémentaire et si les composants ne sont pas indépendants.

a) Composants en série

Soit un système S constitué de n composants C_i en série, $i = 1 \dots n$.

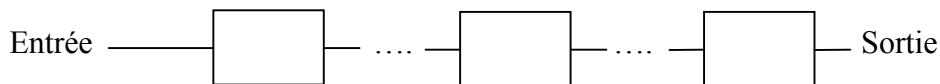


Figure III.4 Système avec n composantes en séries [5].

La fiabilité du système est :

$$R_{sys}(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) \tag{III.11}$$

Avec $R_i(t)$ la fiabilité du composant C_i .

b) Composants en parallèle

Soit un système S constitué de n composants C_i en parallèle,

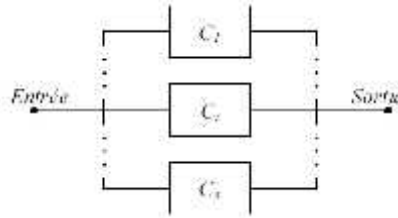


Figure III.5 Système avec n composants en parallèles [5].

La fiabilité du système est :

$$R_{\text{sys}}(t) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - R_i(t)) \tag{III.12}$$

5) Les principales lois de fiabilité [2]

La fiabilité est, de plus en plus fréquemment, une grandeur quantitative et nécessite la connaissance des distributions de durée de vie afin de l'estimer. Ces distributions doivent absolument tenir compte de tous les mécanismes de défaillance associés aux différentes technologies.

Nous présentons dans cette section les lois et les modèles de fiabilité susceptibles, selon l'expérience, de représenter des distributions de durée de vie qui interviennent le plus fréquemment dans l'analyse de la fiabilité mécatronique. Nous rappelons les principales propriétés de ces lois, les fonctions de fiabilité associées, les densités de probabilité ainsi que les taux de défaillance.

a) Loi exponentielle

Cette loi a de nombreuses applications dans plusieurs domaines. Elle décrit la vie des matériels qui subissent des défaillances brutales. La loi exponentielle est la plus couramment utilisée en fiabilité électronique pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant (défaillance aléatoire). Elle décrit le temps écoulé jusqu'à une défaillance, ou l'intervalle de temps entre deux défaillances.

Elle est définie par un seul paramètre, le taux de défaillance, λ .

Elle est caractérisée par :

– la fiabilité

$$R(t) = e^{-\lambda t} \tag{III.13}$$

– la densité de probabilité

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \tag{III.14}$$

– le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \lambda \tag{III.15}$$

b) Loi de Weibull

La loi de Weibull, est souvent utilisée en mécanique ; elle caractérise bien le comportement du produit dans les trois phases de vie selon la valeur du paramètre de forme : période de jeunesse ($\beta < 1$), période de vie utile ($\beta = 1$) et période d'usure ou vieillissement ($\beta > 1$). La loi de Weibull est définie par deux paramètres β et η .

Elle est caractérisée par :

– la fiabilité

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \tag{III.16}$$

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{\eta}\right)^\beta} \tag{III.17}$$

– le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t}{\eta}\right)^{\beta-1} \tag{III.18}$$

c) Loi normale

La loi normale est très répandue parmi les lois de probabilité car elle s'applique à de nombreux phénomènes. La loi normale est définie par la moyenne μ et l'écart type σ :

– la fonction de répartition

$$F(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} dx \tag{III.19}$$

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \tag{III.20}$$

La fiabilité est donnée par:

$$R(t) = 1 - \phi\left(\frac{(t - \mu)}{\sigma}\right) \tag{III.21}$$

Si t suit une loi normale Normale (μ, σ) , $u = \frac{t-\mu}{\sigma}$ suit une loi normale centrée réduite dont la fonction de répartition, notée $\Phi(u)$, est donnée par :

$$\Phi(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^u e^{-\frac{x^2}{2}} dx \quad (III.22)$$

d) Loi log-normale

Une variable aléatoire continue et positive t est distribuée selon une loi log normale si son logarithme est distribué suivant une loi normale. Cette distribution est utilisée en fiabilité pour modéliser les défaillances par fatigue. La loi log-normale a deux paramètres μ et σ :

– la fiabilité

$$R(t) = 1 - \Phi\left(\frac{\log(t) - \mu}{\sigma}\right) \quad (III.23)$$

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{1}{\sigma.t.\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (II.24)$$

– le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)^2}}{t \int_0^{\infty} \sigma \sqrt{2\pi} f(t) dt} \quad (III.25)$$

e) Loi Gamma

Elle représente la loi de probabilité d'occurrence de a événements dans un processus poissonien. Par exemple si t_i est le temps entre les défaillances successives d'un système, et que t_i suive une distribution exponentielle, le temps cumulé d'apparition de a défaillances suit une loi Gamma :

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{t^{a-1} e^{-\frac{t}{b}}}{b^a \Gamma(a)} \quad (III.26)$$

– le taux de défaillance

$$\lambda(t) = \frac{t^{a-1} e^{-\frac{t}{b}}}{b^a \int_t^{\infty} \Gamma(a) f(u) du} \quad (III.27)$$

f) Loi Bêta

Cette loi représente, en particulier, la probabilité pour qu'un matériel survive jusqu'à un instant t, quand on essaie n matériels. D'où son intérêt dans l'évaluation de la durée des essais de fiabilité. La loi Bêta a deux paramètres *a* et *b* :

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{\Gamma(a+b)}{\Gamma(a)\Gamma(b)} t^{a-1} \cdot (1-t)^{b-1} \tag{III.28}$$

g) Loi uniforme

La loi uniforme est souvent utilisée en fiabilité pour les essais bayésiens en l'absence de connaissances pour construire l'information a priori. Cette loi peut prendre toute valeur dans un intervalle (*a*, *b*) avec une densité de probabilité constante.

– la fonction de répartition

$$F(t) = \frac{t-a}{b-a} \tag{III.29}$$

– la densité de probabilité

$$f(t) = \frac{1}{b-a} \tag{III.30}$$

h) La loi de Birnbaum-Saunders[9]

Pour caractériser des défaillances dues à la propagation de fissure par fatigue, Birnbaum et Saunders (1969) ont proposé une distribution de vie basée sur deux paramètres. Cette distribution, pour une variable aléatoire non négative T, est obtenue en tenant compte des caractéristiques de base du processus de fatigue. La variable aléatoire T représente les instants de défaillance.

La densité de probabilité d'une loi Birnbaum et Saunders de paramètres α et β est donnée par la formule :

$$f(t) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}\alpha^2\beta t^2} \cdot \frac{t^2 - \beta^2}{\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{\beta}{t}\right)^{\frac{1}{2}}} \cdot \exp\left[\frac{1}{2\alpha^2}\left(\frac{t}{\beta} + \frac{\beta}{t} - 2\right)\right] \tag{III.31}$$

Avec $t > 0; \alpha > 0, \beta > 0$

La fonction de fiabilité est donnée par la formule:

$$R(t) = 1 - \phi\left\{\frac{1}{\alpha}\left[\left(\frac{t}{\beta}\right)^{\frac{1}{2}} - \left(\frac{\beta}{t}\right)^{\frac{1}{2}}\right]\right\} \quad >0, >0 \tag{III.32}$$

Où ϕ est la fonction de répartition de la loi normale centrée réduite.

6) Relation entre la maintenance et la fiabilité [7]

La figure III.6 présente la contribution des différents types de maintenance en ce qui concerne la fonction de fiabilité $R(t)$ et la durée de vie utile de l'équipement.

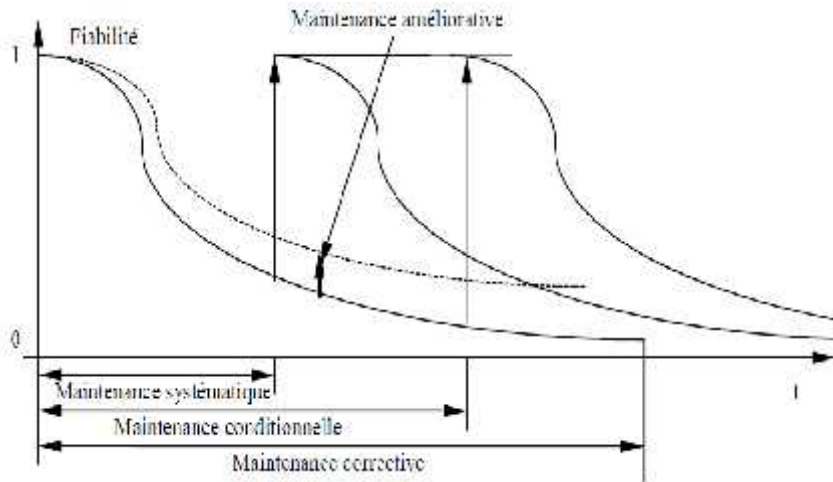


Figure III.6 : l'impact de la maintenance sur la fiabilité des équipements[7].

Il va sans dire qu'une réduction du taux de panne $\lambda(t)$ entraîne une amélioration de la fonction de fiabilité $R(t)$. C'est dans cette optique que la maintenance améliorative a été instaurée. La maintenance préventive, avec toutes ses variantes, va en revanche tenter de ramener le taux de panne à son niveau le plus bas en remplaçant le composante usée sans améliorer les caractéristiques intrinsèques de l'équipement.

III.3.2 La Maintenabilité

III.3.2.1 Définition de La maintenabilité [4]

C'est l'aptitude d'un système à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits (AFNOR (1993), norme NF x 60- 010).

C'est la probabilité que la maintenance d'un système S accomplie dans des conditions données, soit effectuée sur l'intervalle $(0, t)$ sachant qu'il est défaillant à l'instant $t = 0$.

$$M(t) = \text{Pr}(S \text{ est réparé sur l'intervalle } (0, t))$$

III.3.2.2 La maintenabilité et la maintenance [7]

L'acheteur et l'utilisateur sont intéressés par le temps qui s'écoule entre la détection d'une défaillance d'un système ou d'un équipement et la remise en parfait état de fonctionnement. Ce délai comporte, outre le diagnostic de la défaillance et la réparation, le temps nécessaire pour obtenir les pièces de rechanges et la disponibilité de la main-d'œuvre qualifiée.

III.3.2.3 Les critères de maintenabilité

Les normes NF X 60-300 et X 60-301 spécifient cinq types de critères de maintenabilité. Le première est relatif à la surveillance de la maintenance préventive. Il est important de connaître à ce niveau

l'accessibilité de la composante, sa démontabilité et son interchangeabilité. Le deuxième est relatif à la maintenance corrective, plus particulièrement, le temps de recherche de panne ou de défaillance et le temps de diagnostique. Le troisième critère est relatif à l'organisation de la maintenance, pris en compte par la périodicité du préventif, le regroupement à des périodes identiques, l'homogénéité de la fiabilité des composants, la présence d'indicateurs et de computeurs et la complexité des interventions. L'avant-dernier critère est lié à la qualité de la documentation technique. Celui-ci comporte la valeur du contenu, la disponibilité de la documentation, le mode de transmission et les principes généraux de rédaction et de présentation de la documentation technique. Le dernier critère de maintenabilité est lié au suivi de bien par le fabricant.

III.3.3 La Disponibilité

III.3.3.1 définition de Disponibilité [15]

La disponibilité est définie comme l'« aptitude d'un dispositif, sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité et de la logistique de maintenance, à remplir ou à être en état de remplir une fonction à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné » (cf. NF X 60-503).

Cette définition est très dense et comporte trois parties qui méritent d'être commentées séparément.

« sous les aspects combinés de sa fiabilité, de sa maintenabilité et de la logistique de maintenance.. »

Cela confirme qu'il ne faut pas confondre fiabilité et disponibilité, et que la fiabilité est une des trois composantes de la disponibilité (figure 2).



Figure III.7 Composante de la disponibilité

Rappel :

- la fiabilité caractérise l'aptitude d'un matériel à fonctionner sans défaillance pendant un temps donné .
- la maintenabilité caractérise l'aptitude d'un matériel à être maintenu (maintenance préventive), ou rétabli (maintenance corrective) dans son état de fonctionnement, en un temps donné.

On conçoit alors aisément que plus la fiabilité et la maintenabilité sont élevées (respectivement, moins de défaillances et temps de réparation plus faibles), meilleure sera la disponibilité.

Sous le terme « logistique de maintenance », on désigne l'organisation autour du dispositif, souvent génératrice de temps annexes : attente de pièces de rechange, attente des réparateurs, temps nécessaire à la consignation de certaines installations avant l'intervention, délais administratifs... Ces temps annexes ne modifient pas la maintenabilité des dispositifs (il s'agit d'une caractéristique intrinsèque du matériel), mais s'ajoutent aux temps de réparation, donc diminuent la disponibilité.

« ... à remplir ou à être en état de remplir une fonction ... »

On s'intéresse donc à un dispositif opérationnel, c'est-à-dire soit en marche, soit prêt à fonctionner, mais non utilisé.

En effet, un dispositif peut être disponible (opérationnel) sans être en état de fonctionnement ; c'est le cas, par exemple, d'un équipement de production en attente de produits ou d'un dispositif de secours en attente de sollicitation.

Par contre, le dispositif est indisponible lorsqu'il fait l'objet d'opérations de maintenance préventive nécessitant son arrêt.

On notera que, si la maintenance préventive peut être un moyen d'assurer un niveau convenable de fiabilité, trop de maintenance préventive peut conduire à une diminution de la disponibilité.

« ... à un instant donné ou dans un intervalle de temps donné ... »

Dans tous les cas, on exprimera la disponibilité par un pourcentage, mais il y a lieu de distinguer la disponibilité instantanée et la disponibilité stationnaire.

On parlera de disponibilité instantanée lorsque l'on s'intéresse à l'état d'un dispositif à un instant donné. La disponibilité instantanée est alors définie comme la probabilité que le dispositif soit opérationnel à un instant donné.

On parlera de disponibilité stationnaire lorsqu'on s'intéresse à l'état « moyen » d'un dispositif dans un intervalle de temps donné. La disponibilité stationnaire est alors définie comme la proportion du temps pendant laquelle le dispositif est opérationnel.

On peut souhaiter pour certains dispositifs qu'ils soient disponibles (donc ni en panne ni en maintenance préventive) à un instant donné ; c'est le cas, par exemple, d'un véhicule de secours ou d'un système d'armes. Il s'agit alors d'une préoccupation de disponibilité instantanée.

Pour d'autres dispositifs, on souhaiterait qu'ils soient disponibles « en permanence » ; c'est le cas, par exemple, d'une installation de production d'énergie ou d'un équipement de production de type « process continu ». Il s'agit alors d'une préoccupation de disponibilité stationnaire.

Pour les équipements de production dans l'industrie manufacturière, les préoccupations peuvent être différentes selon les organisations de production.

Dans une organisation en flux tendus (juste à temps), on attend du dispositif qu'il soit disponible à l'heure prévue pour le lancement du lot de fabrication. Il s'agit alors d'une préoccupation de disponibilité instantanée.

Dans une organisation en flux poussés (production sur stocks), on attend du dispositif qu'il soit disponible, par exemple, pendant 90 ou 95 % du temps possible de production, les stocks permettant de rendre transparents pour les clients les 5 ou 10 % d'indisponibilité. Il s'agit alors d'une préoccupation de disponibilité stationnaire.

III.3.3.2 Disponibilité instantanée et disponibilité stationnaire

Pour un dispositif ou une machine caractérisé par les paramètres λ et μ , supposés être constants, on montre que la disponibilité instantanée s'exprime par la relation :

$$D(t) = \frac{\mu}{\lambda + \mu} + \frac{\lambda}{\lambda + \mu} e^{-(\lambda + \mu)t} \quad (\text{III.33})$$

On démontre également que la disponibilité stationnaire, notée D_∞ , est la limite de $D(t)$ quand t tend vers l'infini.

Autrement dit :

- La vie du dispositif est une succession de phases : en état de marche (ou opérationnel), en état de panne, en état de marche...
- La fréquence des états de panne est en relation avec le paramètre de fiabilité λ , et la durée des états de panne est en relation avec le paramètre de maintenabilité μ .
- $D(t)$ donne la probabilité de trouver le dispositif dans l'état de marche (ou opérationnel) à l'instant t .
- Sur une période de temps courte, cette probabilité n'est pas la même à chaque instant, mais sur une période de temps très longue (infinie), le dispositif atteint un régime stationnaire dans cette alternance des phases marche/panne, et la probabilité de le trouver en état de marche est alors la même à chaque instant.
- Si à chaque instant, la probabilité de le trouver en état de marche est la même, par exemple 90 %, on peut considérer qu'il passe 90 % du temps en état de marche.
- La disponibilité stationnaire correspond alors au ratio : temps de marche/temps total.

III.3.3.3 Expression usuelle de la disponibilité stationnaire

Les relations suivantes sont souvent données pour évaluer la disponibilité (sans autre précision) :

$$D = \frac{\mu}{\lambda + \mu} \quad (\text{III.34})$$

Ou :

$$D = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (\text{III.35})$$

Dans l'hypothèse où λ et μ sont supposés constants, on notera que les relations (III.34) et (III.35) sont rigoureusement équivalentes, puisque $MTBF = 1/\lambda$ et $MTTR = 1/\mu$.

On remarquera également que la relation (III.34) correspond au premier terme de la relation (III.31), constant quel que soit t (le second terme de la relation (III.33) tend vers zéro quand t tend vers l'infini).

La relation (III.34) correspond donc à la disponibilité stationnaire définie précédemment.

Les relations usuelles (III.34) ou (III.35) ne peuvent alors être utilisées que lorsque l'on s'intéresse à la disponibilité stationnaire.

III.3.3.4 Disponibilité des systèmes

Nous donnons ci-après quelques cas-type et, pour chacun, la façon d'évaluer la disponibilité.

Rappel du point de vue de la fiabilité :

- On qualifie de « système série » un système tel que la défaillance d'un seul de ses composants entraîne la défaillance du système.
- On qualifie de « système parallèle » un système qui n'est défaillant que lorsque tous ses composants sont défaillants.
- On qualifie de « système mixte » un système constitué de sous-ensembles de type série, mis en parallèle.

a) Cas des systèmes série

On montre que la disponibilité stationnaire d'un système série constitué de n composants s'exprime par la relation suivante (où $D_{\infty i}$ est la disponibilité stationnaire du composant i) :

$$D_{\infty \text{système}} = \frac{1}{\left[\sum_{i=1}^n 1/D_{\infty i} \right] - (n-1)} \quad (\text{III.36})$$

B) Cas des systèmes parallèle

On montre que la disponibilité stationnaire d'un système parallèle constitué de n composants s'exprime par la relation suivante (où $D_{\infty i}$ est la disponibilité stationnaire du composant i) :

$$D_{\infty \text{système}} = \frac{1}{1 + \prod_{i=1}^n (1 - D_{\infty i})} \quad (\text{III.37})$$

III.3.4 La Sécurité

C'est l'aptitude d'un produit à ne pas entraîner de dommages graves aux personnes, à l'environnement ou aux biens. Caractérisé par sa probabilité. La sûreté de fonctionnement regroupe les activités d'évaluation de la Fiabilité, de la Disponibilité, de la Maintenabilité et de la Sécurité (FDMS) d'une organisation, d'un système, d'un produit ou d'un moyen. Ces propriétés sont différentes mais complémentaires.

III.4 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »

III.4.1 Histogramme de PARETO

Le diagramme de PARETO peut être utilisé pour établir la répartition des causes de défaillances causées par tout l'ensemble du mécanisme de levage et leurs fréquences d'interventions, et de définir les priorités des actions. L'histogramme se construit de la manière suivante :

- En abscisse, on reporte les causes de défaillances
- En ordonnée, on reporte les fréquences d'apparitions des défauts. On peut alors attaquer les défauts par ordre d'importance.

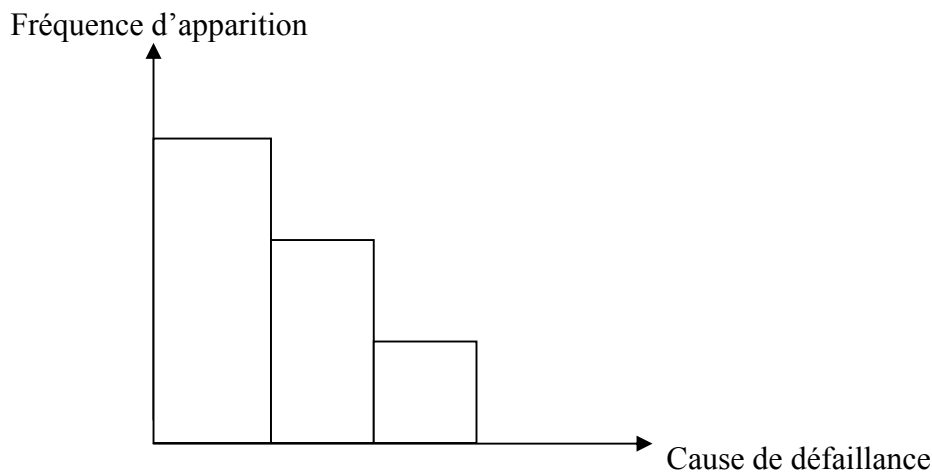


Figure III.8 Histogramme de PARETO

Remarque : nous pouvons aussi établir un diagramme de PARETO pour chaque cause principale

Intérêt de la méthode :

Comme nous voyons, cette analyse permet de ne pas se laisser prendre par des travaux de très faible importance par rapport au volume des autres travaux : l'objectif étant de rentabiliser les actions.

III.4.2 L'analyse ABC :

Cette loi est issue des travaux de WILFREDO PARETO, économiste italien (1848 – 1923), elle fait sortir une concordance entre le faible pourcentage du nombre d'événements observés et le fort pourcentage de la variable induite étudiée et qui permet de faire apparaître les éléments représentatifs :

- D'une fabrication.
- Du produit en stock.
- Des clients, des fournisseurs.
- Des pannes, des prélèvements.

Alors, c'est un moyen d'analyse qui permet de mettre en évidence, les individus d'une population les plus marqués par le critère qui aura un impact significatif sur l'ensemble du fonctionnement.

Cette façon de procéder permettra de maîtriser petit à petit les différents domaines d'intervention et aidera à mieux planifier les travaux de maintenance corrective ou préventive.

III.4.3 Courbe théorique :

Cumul des interventions $\% \Sigma t_i$

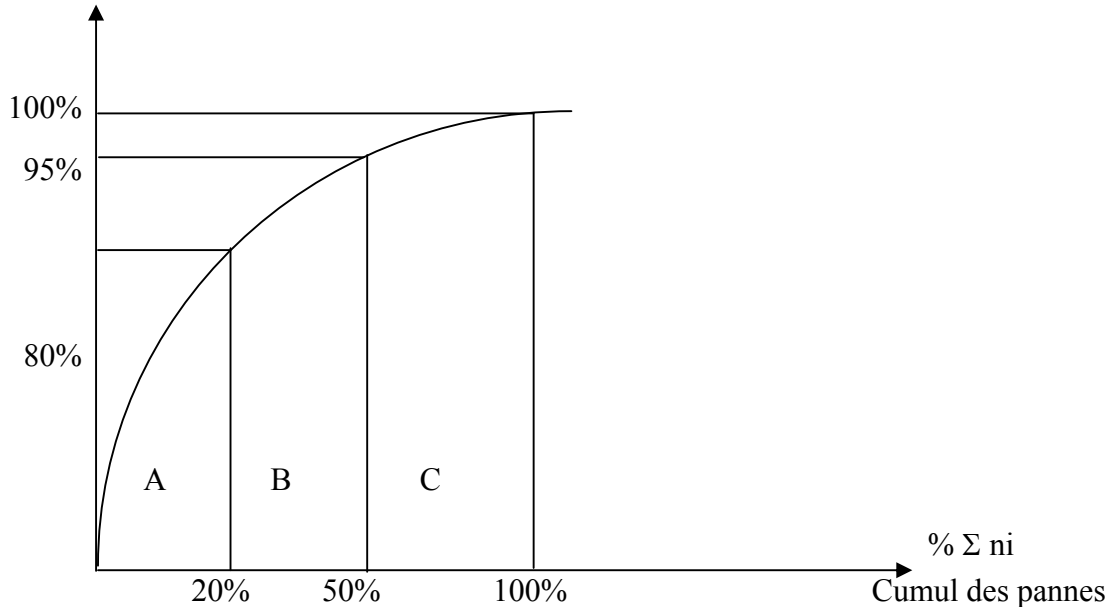


Figure III.9 Courbe ABC

Zone A : (zone de priorité) dans cette zone 20% des pannes représentent 80% des temps d'arrêts.

Zone B : dans cette zone 30% des pannes représentent 15% des temps d'arrêts , c'est la zone la moins importante.

Zone C : dans cette zone 50% des pannes représentent 5% des heures d'arrêt , c'est la zone la moins importante .

Comment constituons-nous le diagramme ABC

1 - On classe les pannes par ordre croissant et devant chaque panne sa durée

2 - On calcule les cumuls des temps et des pannes

3 - On calcule les pourcentages cumulés des temps et des pannes

4 – On établit un graphique en abscisse les pourcentages cumulés des pannes et en ordonnées les pourcentages cumulés des temps.

III.5 Conclusion

Nous avons consacré à travers ce chapitre les notions de base concernant la fiabilité, maintenabilité et la disponibilité pour bien comprendre les mots clés de notre travail, on vu aussi au cours de ce chapitre, la théorie de la méthode ABC et l'historique de PARETO. Dans la suite de mémoire, nous allons faire une application de la méthode MBF.

Chapitre IV

Application de MBF pour amélioration de la disponibilité

IV.1 Introduction

La machine est destinée à percer et à aléser avec précision les trous dont l'espacement exact est obtenu à l'aide d'un projecteur optique. Elle est employée en outre pour les opérations de fraisage avec outils montés dans la broche ou dans l'arbre creux. . Pour cette raison, la fiabilité et le bon fonctionnement de cette machine dépendent à tous les éléments constituant cette dernière.

Nous allons étudier à travers ce chapitre la fiabilité, la maintenabilité, la disponibilité, Histogramme de PARETO et l'analyse ABC à partir de l'historique des pannes de cette machine, afin de connaître les points faibles liés à la conception ou son exploitation.

IV.2 La méthode MBF (Maintenance Basée sur la Fiabilité) [18]

IV.2.1 Historique

C'est principalement entre 1960 et 1980 que se sont développées les nouvelles philosophies de maintenance dans l'aviation. Dans les années 60, les programmes d'entretien étaient fondés sur des périodicités fixes de remplacement de composants calculées empiriquement.

Pour rendre plus intelligent les programmes, le « Maintenance Steering Group » a été formé avec des experts opérateurs et concepteurs d'aéronefs. Il en a résulté la méthodologie MSG, laquelle est devenue MSG-2 après expérience.

En 1978, la Marine américaine a mandaté un groupe d'ingénieurs à étudier le comportement en fiabilité des composants d'avions. Depuis longtemps la théorie de la fiabilité utilise la courbe en forme de baignoire comme le modèle de référence. Or leur étude démontre que 4% des composants suivent cette règle, ce sont les composants qui s'usent tels que les roulements à billes. D'autres modes de comportement sont alors développés. Fait le plus remarquable, 68% des composants ont une courbe montrant des problèmes de jeunesse au début, mais par la suite un taux de défaillance stable, par exemple les composants électroniques, les logiciels.

Une méthodologie d'établissement de programmes de maintenance appelée **MBF (maintenance basée sur la fiabilité)** a alors été mise au point.

L'augmentation importante des coûts de carburant et l'amélioration de la fiabilité des nouveaux composants ont exercé une pression pour réviser encore l'approche pour donner plus d'importance aux réductions de coûts. C'est devenu MSG-3, laquelle a utilisé l'approche logique de la MBF.

IV.2.2 Origines

La MBF ou RCM a été introduite dans l'aéronautique aux états unis vers 1960 pour déterminer les programmes de maintenance. La publication d'un document appelé MSG a fixé les bases de la méthode de développement d'un programme de maintenance pour tous les intervenants de la maintenance aéronautique. L'évolution des directives MSG s'es traduite par

une régression de la maintenance planifiée au profit des actions conditionnelles, puis l'optimisation économique dans le respect prioritaire de la sécurité.

La mise en œuvre d'une méthode structurée par analyse des défaillances fonctionnelles, l'utilisation du retour d'expérience pour réajuster les programmes de maintenance.

La démarche repose sur l'analyse technique des équipements et sur une implication forte des agents de maintenance. L'objectif est toujours d'améliorer la disponibilité des équipements.

IV.2.3 Définitions et principes

1) Définitions

RCM : stratégie de maintenance globale d'un système utilisant une méthode d'analyse structurée permettant d'assurer la fiabilité inhérente à ce système.

MBF : méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive permettant d'améliorer progressivement le niveau de disponibilité des équipements critiques. La méthode repose essentiellement sur la connaissance précise du comportement fonctionnel et dysfonctionnel des systèmes.

2) Objectifs

L'objectif principal est d'améliorer la disponibilité (plus importante au niveau industriel que la seule fiabilité) des équipements critiques (pour la sécurité ou la qualité).

Améliorer la disponibilité passe par :

- ⇒ Une réduction des défaillances par la mise en place d'une maintenance préventive efficace
- ⇒ Une réduction des durées de pertes de production par une répartition des tâches entre la production et la maintenance

D'autres objectifs sont aussi recherchés :

- Maîtrise des coûts par l'optimisation des plans de maintenance par des interventions « au bon endroit au bon moment », donc par l'élimination d'opérations de maintenance préventives constatées improductives.
- Mise en œuvre d'une démarche structurée d'analyse des modes de défaillance.
- Mise en œuvre d'une démarche participative par la création de groupes de travail MBF incluant des acteurs de la production et de la maintenance.

3) Les 3 principes de la MBF

1. **Principe d'auto limitation** : ou de sélection systématique. Il s'applique aux criticités des équipements et à des niveaux successifs : équipements critiques → sous-ensembles fragiles → leurs défaillances → les causes → les tâches de maintenance.

2. **Principe de subordination** : les tâches de maintenance dépendent obligatoirement de la connaissance fiabiliste des défaillances et de leurs causes ; ce qui implique une connaissance fonctionnelle et dysfonctionnelle des équipements.
3. **Principe de participation** : la MBF repose sur des groupes de travail impliquant tous les acteurs liés au processus (production, maintenance, qualité).

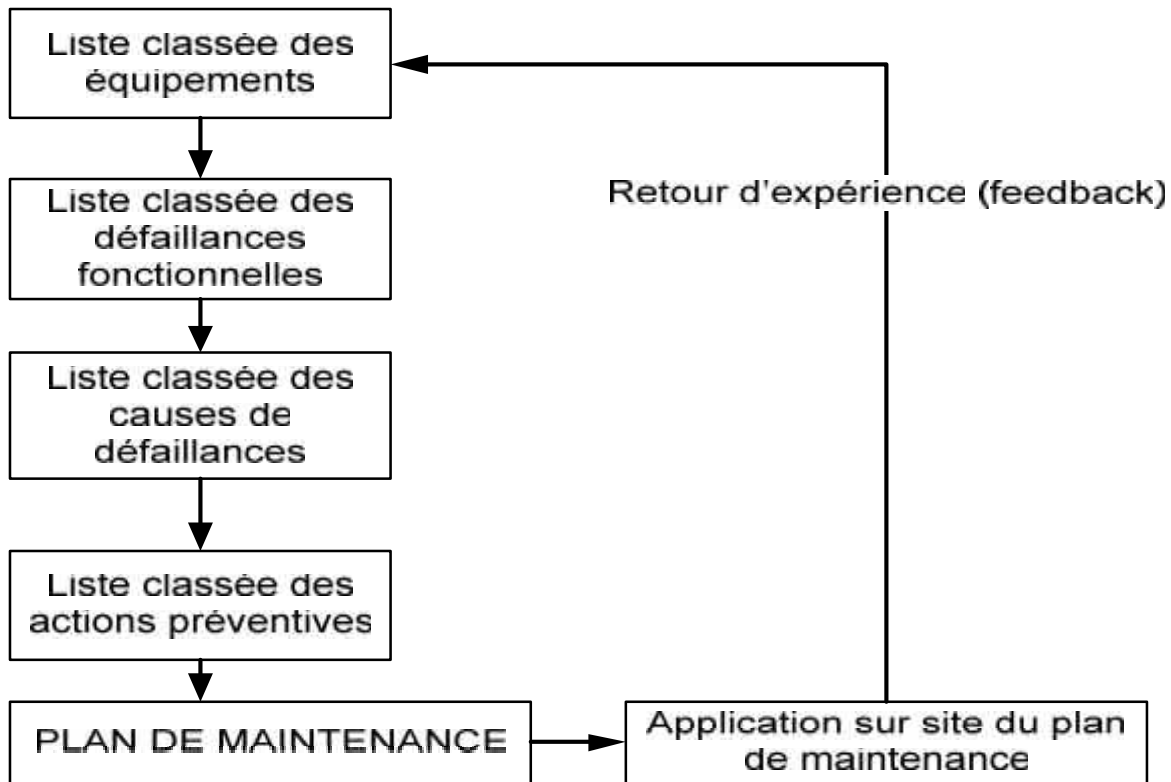


Figure IV.1 Application de méthode MBF

IV.2.4 Comment rendre une maintenance efficace :

La remise en question des programmes de maintenance nous amène à définir ce que sont les tâches qui sont applicables et efficaces et quelles sont les 4 tâches de base en maintenance pour ensuite évaluer quels sont les meilleurs intervalles d'intervention et clarifier la classification des formes de maintenance.

1) Les tâches :

Pour être considérée dans le développement d'un programme de maintenance en mode MBF, une tâche doit être applicable et efficace.

a. Tâche applicable : une tâche de maintenance est applicable si elle peut être mise en œuvre de façon pratique.

b. Tâche efficace : une tâche de maintenance est efficace si elle permet de contrôler l'évolution d'une dégradation connue. Elle doit permettre de réduire le taux de défaillance ou de ramener la probabilité de défaillance à un niveau préétabli.

Cependant, une inspection visuelle, par nature qualitative, ne permet généralement pas d'obtenir des renseignements contrôlables par rapport à une spécification, elle n'est donc pas efficace en MBF. Toutefois, le coût minimal de ces inspections peut en justifier le maintien.

2) Tâches de base en MBF

Dans un contexte de MBF, les 4 tâches de base en maintenance préventive sont :

a) Tâches périodiques suivant l'état

Des inspections périodiques sont programmées afin de détecter des défaillances potentielles.

b) Tâches de réfection systématique

Une tâche de réfection systématique peut être considérée applicable seulement si les critères suivants sont rencontrés :

- ⇒ Il doit y avoir un âge identifiable auquel l'article démontre une augmentation rapide de la probabilité de défaillance ;
- ⇒ Une grande proportion de la population doit survivre jusqu'à cet âge ;
- ⇒ Il doit être possible de restaurer le niveau de résistance d'origine par une réfection.

Lors de la mise en service d'un équipement, il est donc important que les défaillances coûteuses soient identifiées et mises dans un programme d'évaluation de l'effet du vieillissement du matériel afin de découvrir le plus tôt possible si des tâches de réfection systématiques sont judicieuses.

Les premiers équipements mis en service peuvent servir d'éclaireurs. Ils sont utilisés comme échantillons pour une inspection plus poussée. Les échantillons d'opportunité sont des équipements retirés du service suite à une défaillance ou autre raison pour lesquels on en profite pour procéder à un examen plus approfondi des parties non touchées par la défaillance.

Il n'est donc pas toujours nécessaire de mettre en place des périodicités systématiques pour effectuer une évaluation des effets du vieillissement.

c) Tâches de retrait préventif

Un retrait préventif avec mise au rebut est imposé seulement lorsque la sécurité est en jeu, il s'agit d'une défaillance critique. Des données de test doivent démontrer qu'aucune défaillance n'est probable en deçà d'une limite de vie sûre.

Il peut y avoir des retraits préventifs pour raisons économiques (limite de vie économique), dans ces cas les conditions suivantes sont présentes :

- ⇒ L'article est sujet à une défaillance ayant un impact économique majeur mais sans conséquence sur la sécurité ;
- ⇒ Il doit y avoir un âge identifiable auquel l'article démontre une augmentation rapide de la probabilité de défaillance ;

⇒ Une grande proportion de la population doit survivre jusqu'à cet âge.

d) Tâches de détection de défaillance

Lorsqu'un équipement est sujet à des défaillances de fonctions cachées à l'opérateur, il faut prévoir des tâches de détection de défaillance afin d'assurer la disponibilité de la fonction. C'est le cas, par exemple, des équipements de protection incendie.

Ainsi de telles tâches sont nécessaires afin d'éviter des défaillances multiples qui auraient des conséquences désastreuses.

3) Les intervalles

La difficulté d'établir des intervalles de maintenance est essentiellement un problème d'information. Le concept de base est que la première inspection devrait être assez loin dans le temps pour permettre la détection de certaines évidences physiques. La période de répétition de l'inspection doit être assez courte afin de s'assurer qu'un composant soit retiré dans la période de défaillance potentielle avant que ne survienne la défaillance fonctionnelle.

4) Les formes de maintenance

Les formes de maintenance suivantes sont définies ainsi :

- ⇒ **Entretien correctif** : forme d'entretien visant à maintenir l'opération normale d'un objet suite à une analyse de son état, sa condition de marche, son rendement, l'évolution des coûts, les causes de panne. Par exemple : le remplacement de composants suite à une inspection.
- ⇒ **Entretien curatif** : forme d'entretien visant à rétablir l'opération normale d'un objet, en réparant les composants qui font défaut (par bris, panne, etc.). C'est un cas particulier de réparation. Les signalements en service génèrent de l'entretien curatif.
- ⇒ **Entretien préventif** : forme d'entretien s'appliquant aux interventions qui tentent de réduire la probabilité de panne. Par exemple : l'inspection visuelle, l'analyse des vibrations, l'analyse des huiles. Suite à un entretien préventif, il peut résulter de l'entretien correctif à faire.
- ⇒ **Modifications** : travaux qui modifient un objet dans le but d'améliorer son utilisation et son efficacité.
- ⇒ **Programme d'entretien** : ensemble de tâches déterminées à réaliser sur un équipement.

IV.3 HISTORIQUE DES PANNES[16]

D'après l'historique et les interventions de la machine Aléuseuse-Fraiseuse, (du janvier 2006 à Avril 2012), on a les données de départ suivantes :

N °	Date	Type de panne	Temps d'arrêt (h)
01	03/01/2006	Illimitation de la fuite d'huile	04
02	12/04/2006	Réglage du cerveau commande	02
03	13/04/2006	Changement commutateur	02
04	04/06/2006	Réglage du cerveau commande	02
05	11/07/2006	Réparation de la vis mère	12
06	29/01/2007	Réparation disjoncteur	03
07	15/02/2007	Réglage du cerveau commande	02
08	20/03/2007	Dépassement de capteur d'huile	04
09	25/06/2007	Arrêt de la broche	07
10	11/11/2007	Réglage du cerveau commande	02
11	11/06/2008	Changement des cartes électronique après incendies	56
12	21/08/2008	Dépassement de la fin de course	06
13	21/04/2009	Changement du potentiomètre	02
14	27/05/2009	Changement d'une fusible	02
15	02/12/2009	fuite d'huile (Changement du joint)	06
16	31/01/2010	Changement d'une bague	08
17	03/02/2010	Réglage du cerveau commande	02
18	01/03/2010	Changement déclencheur	03
19	24/03/2010	Changement du Roulement du moteur électrique	07
20	15/11/2011	Rotation de la broche anormale	04
21	26/12/2011	Table en panne (table tournante)	03
22	09/01/2012	Illimitation de la fuite d'huile+ réparation commutateur	08
23	06/02/2012	Rotation de la broche anormale	09
24	03/04/2012	Réglage du cerveau commande	02

Tableau (IV.1) : L'historique des pannes

IV.4 Les Analyses Prévisionnelles Des Dysfonctionnements

IV.4.1 Méthodes d'analyse prévisionnelle « ABC (Pareto) »

a. Construction de la courbe ABC

Rang	Organe	Temps D'arrêt	Cumul (T-R)	% (T-R)	Nombre de Panne	Cumul N^{br} de P	% N^{br} Panne
1	Réglage du cerveau commande	12	12	7.6	6	6	24
2	Illimitation de la fuite d'huile	20	32	20.25	4	10	40
3	Rotation de la broche anormale	20	52	32.91	3	13	52
4	Changement commutateur	4	56	35.44	2	15	60
5	Changement des cartes électronique	56	112	70.88	1	16	64
6	Réparation de la vis mère	12	124	78.48	1	17	68
7	Changement d'une bague	8	132	83.54	1	18	72
8	Changement du Roulement	7	139	87.97	1	19	76
9	Dépassement de la fin de course	06	145	91.77	1	20	80
10	Table en panne	3	148	93.67	1	21	84
11	Réparation disjoncteur	03	151	95.56	1	22	88
12	Changement déclencheur	03	154	97.46	1	23	92
13	Changement d'une fusible	02	156	98.73	1	24	96
14	Changement du potentiomètre	02	158	100	1	25	100

Tableau (IV.2) : construction de la courbe ABC

b. La courbe ABC

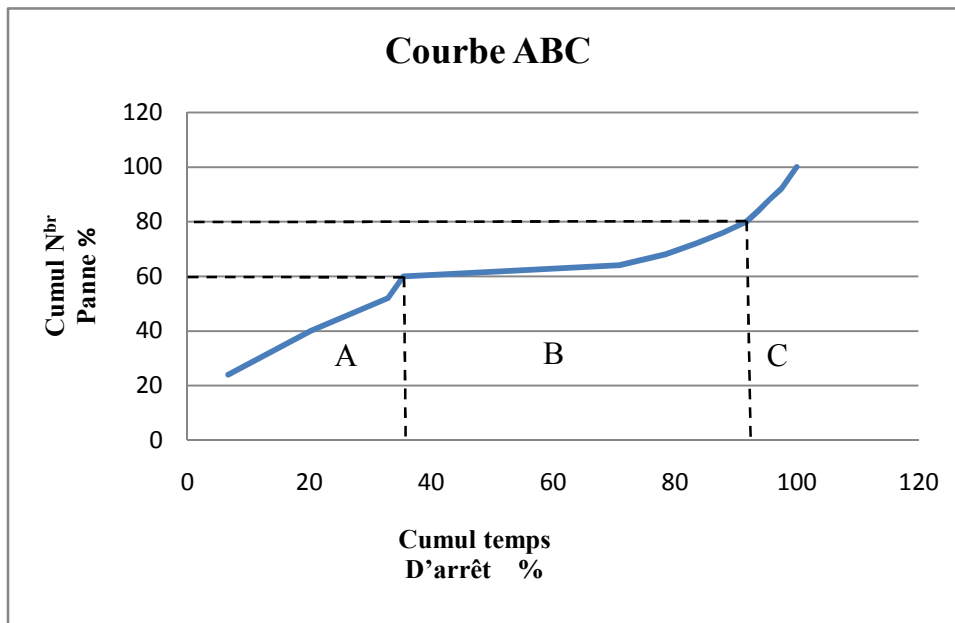


Figure IV.2 courbe ABC

La zone A : elle représente 60 % des pannes représentent 35.44 % des temps d'arrêts, c'est la zone la plus importante.

Elle représente le cerveau commande, la fuite d'huile et Rotation de la broche anormale.

La zone B : dans cette zone 20 % des pannes représentent 56.33 % des temps d'arrêts, c'est la zone la moins importante.

Elle représente la Changement commutateur, Changement des cartes électronique, Réparation de la vis mère, Changement d'une bague, Changement du Roulement et la fin de course.

La zone C : dans cette zone 20% des pannes représentent 8.23 % des temps d'arrêts, c'est la moins importante.

Elle représente la Table tournant, disjoncteur, déclencheur, fusible et potentiomètre.

IV.4.2 Diagramme de PARETO

D'après les données de départ, nous avons obtenu les résultats suivants en posant le pourcentage de chaque panne :

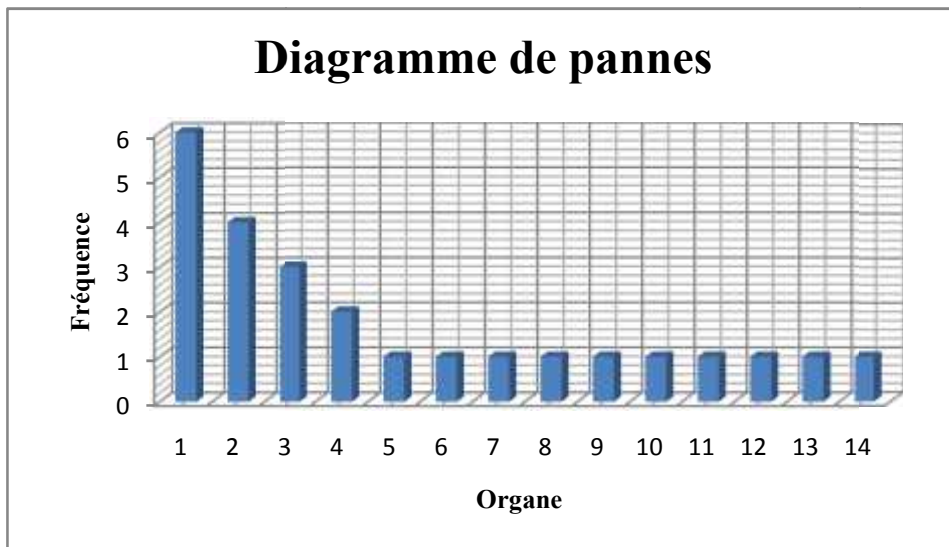


Figure IV.3 Diagramme de PARETO

Interprétation

D'après le diagramme de Pareto, on constate que la partie la plus touchée est le cerveau commande, ce qui nous a poussés à étudier plus précisément la défaillance.

IV.5 L'analyse FMD

IV.5.1 La fiabilité

Dans ce analyse on va utilisée la logiciel **FiabOptim** .

FIABOPTIM® est un logiciel destiné à l'analyse numérique et graphique des données de fiabilité. Il permet, à partir de données opérationnelles ou expérimentales, d'estimer la loi de distribution des défaillances, d'estimer les paramètres caractéristiques de ces lois et de calculer ensuite la fiabilité prévisionnelle du système étudié pour les dates (temps, cycles, km, etc...) désirées.

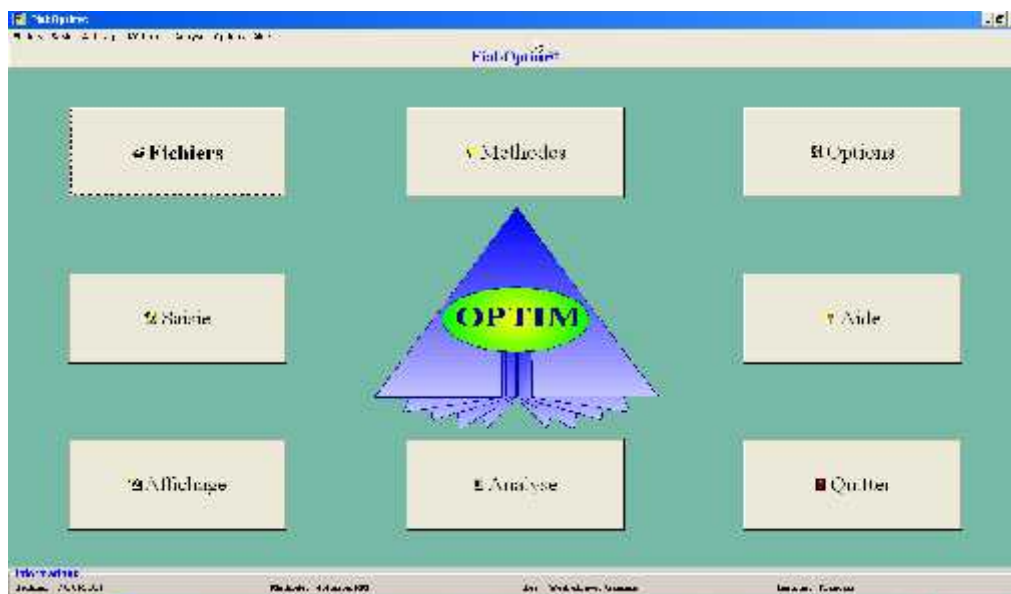


Figure IV.4 Menu principale

Le logiciel opère à partir d'un fichier où sont stockées les données de fiabilité.

Vous pouvez enregistrer les données que sous format **.OFI** pour les données individuelles.

Si vos données ne sont pas encore enregistrées, vous devez les saisir à l'aide d'une fenêtre de saisie (bouton **Saisie**).

Vous pouvez vérifier la saisie des données de type individuelles en cliquant sur le bouton **Affichage**, et même les corriger à partir de ce tableau.

Dans l'étude individuelle, consiste à choisir une méthode parmi celles proposées en fonction du module choisi.

Vous pouvez analyser les résultats de différentes façons :

- Estimation réalisée suivant la méthode choisie.(Estimation par la méthode de : Johnson Rangs Moyens)
- Calculs et tests pour la loi choisie.(la loi qui acceptable si Loi de Weibull avec Gamma)
- Graphiques fonctionnels et de probabilité en fonction de la Loi de Weibull avec Gamma.

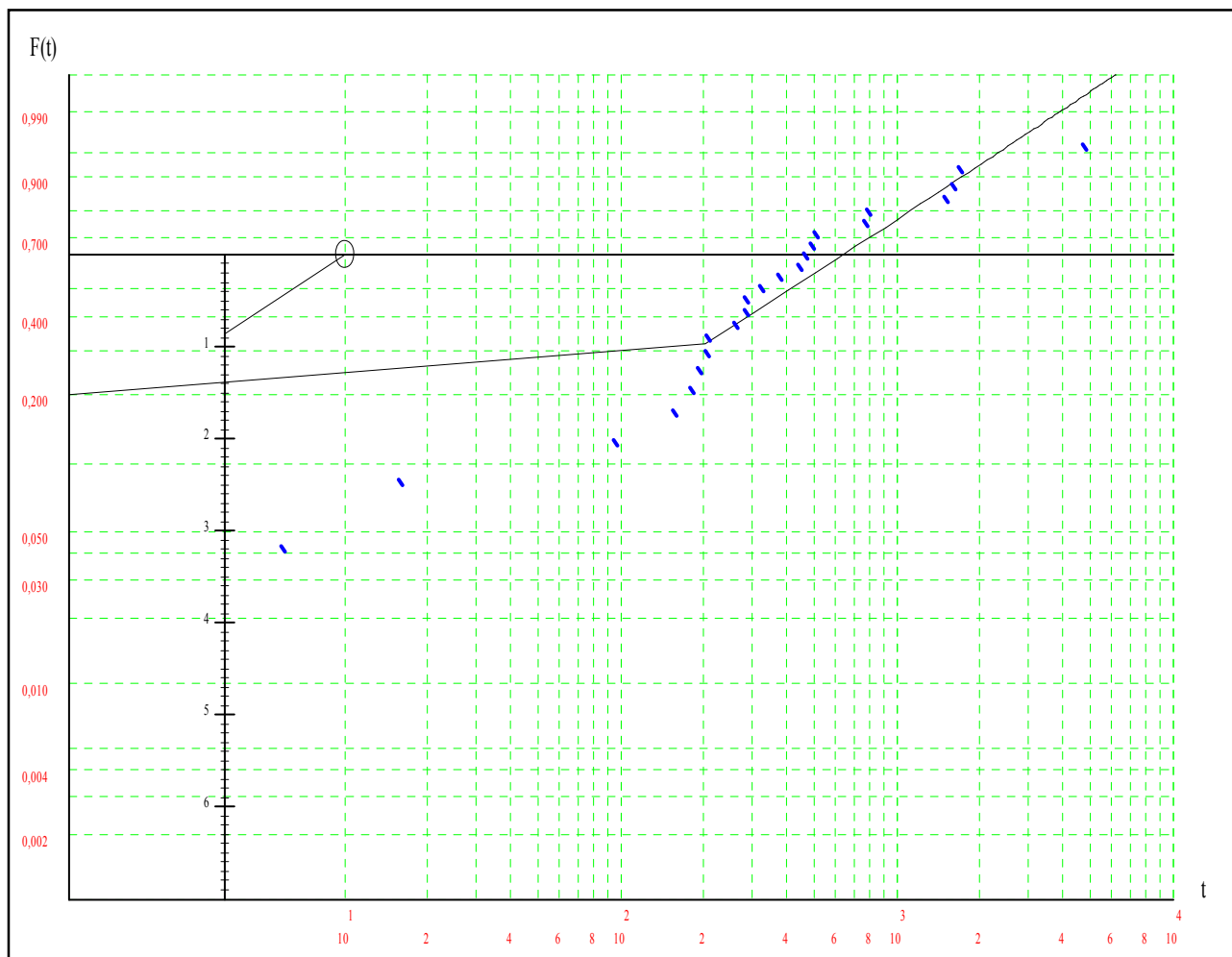


Figure IV.5 Papier fonctionnel pour la loi de Weibull avec Gamma

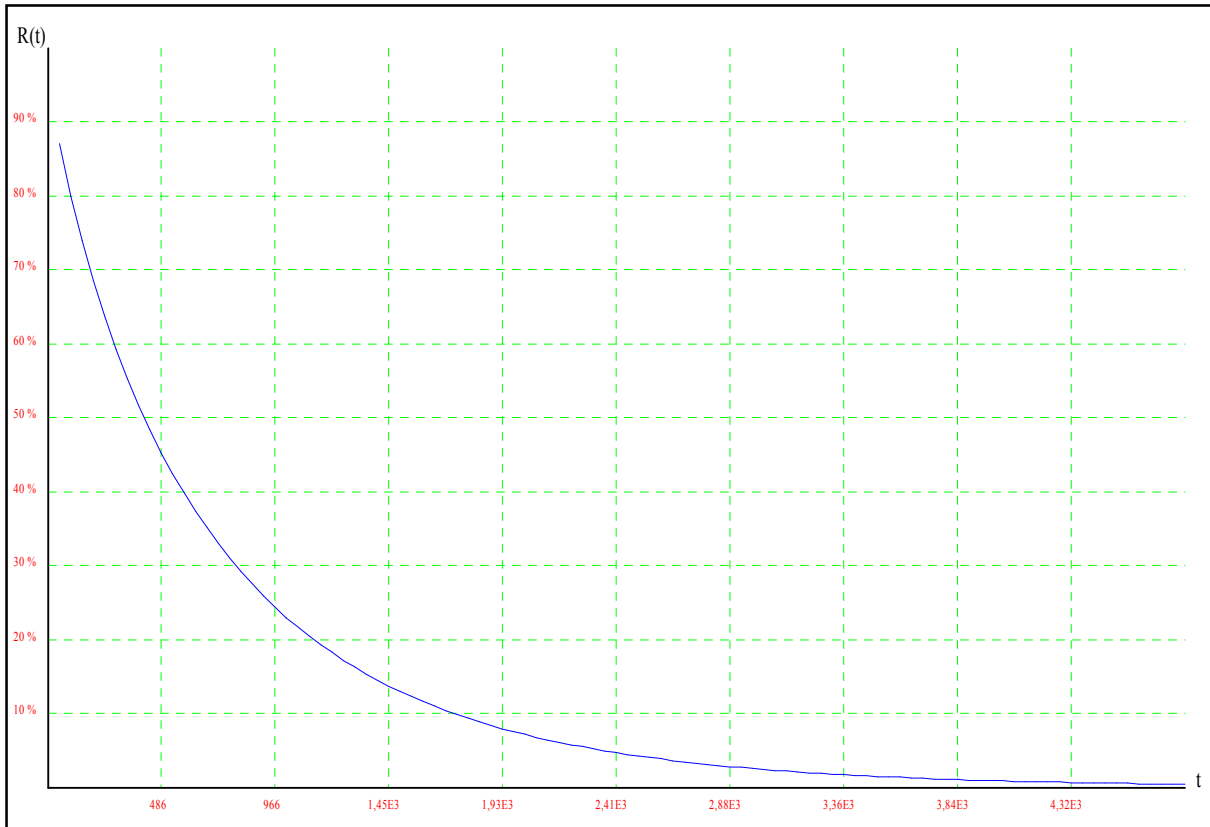


Figure IV.6 Fonction de fiabilité R(t).

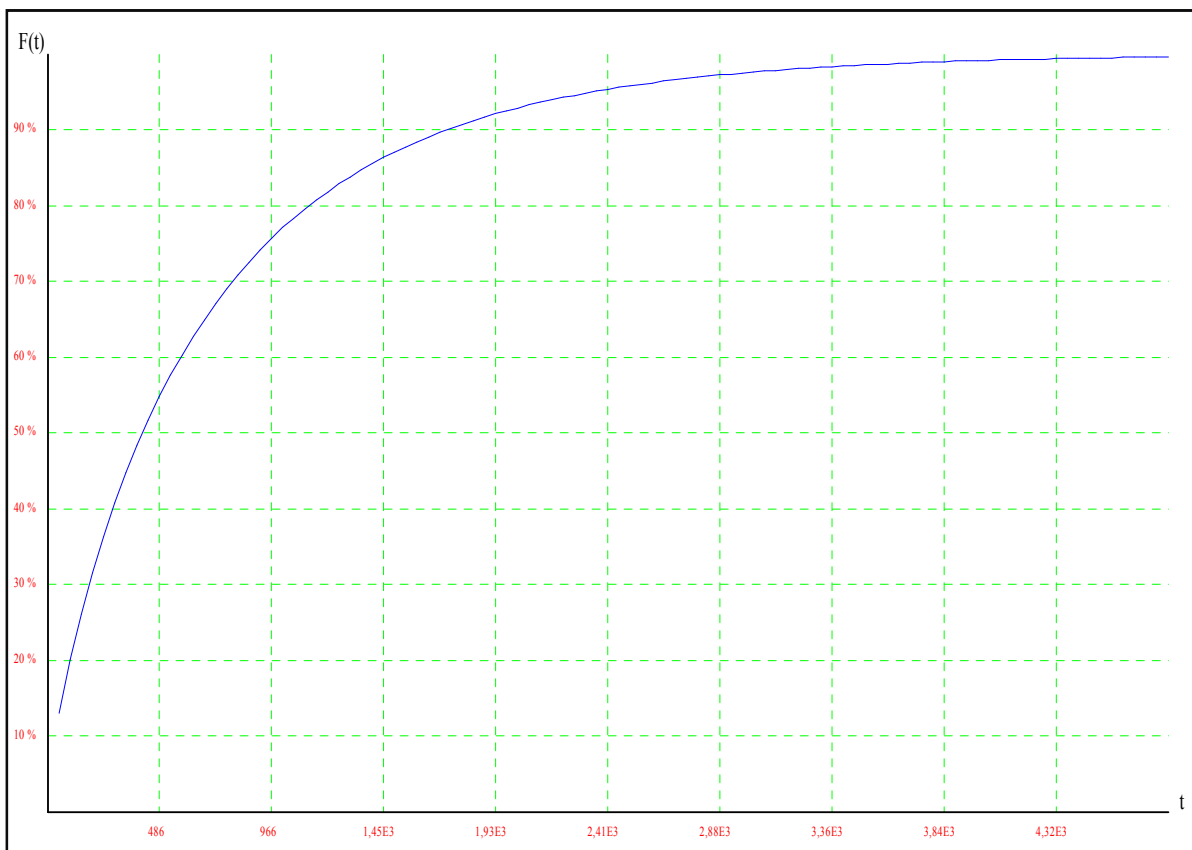


Figure IV.7 Fonction de répartition F(t).

Paramètres de la Loi de Weibull avec Gamma : (Résultat du logiciel)

$$\beta = 0.855.$$

$$\eta = 652.59.$$

$$\gamma = -11.3.$$

$$MTBF = 682.34 \text{ h.}$$

Ecart maximum : 1,45E-01 ; D de Kolmogorov : 0,275 Loi acceptable.

Calcul de R (MTBF)

$$R(MTBF) = R(682.34) = e^{-\left[\frac{682.34 - (-11.3)}{652.59}\right]^{0.855}} = 0.34.$$

Calcul de F(MTBF)

$$F(MTBF) = F(682.34) = 1 - e^{-\left[\frac{682.34 - (-11.3)}{652.59}\right]^{0.855}} = 0.66.$$

Calcul de λ (MTBF)

$$\lambda(MTBF) = \lambda(682.34) = \frac{f(MTBF)}{R(MTBF)} = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t - \gamma}{\eta}\right]^{\beta-1} = 0.0012986. \quad 0.13.$$

Calcul de f (MTBF)

$$f(MTBF) = f(682.34) = \frac{\beta}{\eta} \left[\frac{t - \gamma}{\eta}\right]^{\beta-1} \cdot e^{-\left[\frac{MTBF - \gamma}{\eta}\right]^\beta} = 0.0004415. \quad 0.0441\%.$$

Interprétation des courbes

La courbe de fiabilité de la machine Aléseuse-Fraiseus est une courbe Descendante, le moyen du temps de bon fonctionnement est de 682.34 heures et avec une probabilité de 34 %.

La courbe de la fonction de répartition est une courbe croissante en fonction de la probabilité cumulée de défaillance. La courbe montre que la probabilité de défaillance de la machine Aléseuse-Fraiseus augmente avec l'augmentation du temps de bon fonctionnement.

IV.5.2 La maintenabilité

La fonction de maintenabilité est :

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

$$\text{Où } \mu = \frac{1}{MTTR}$$

Et $MTTR = \frac{TTR}{n}$

Où n : est le nombre des pannes d'après l'historique.

$\sum n_i$	Temps de Réparation (h)	M(t)
1	2	0.2524
2	8	0.6877
3	3	0.3536
4	3	0.3536
5	3	0.3536
6	6	0.5822
7	2	0.2524
8	8	0.6877
9	2	0.2524
10	2	0.2524
11	2	0.2524
12	4	0.4411
13	7	0.6388
14	9	0.7300
15	6	0.5822
16	2	0.2524
17	56	0.9997
18	4	0.4411
19	4	0.4411
20	2	0.2524
21	12	0.8254
22	2	0.2524
23	7	0.6388

Tableau (IV.3) : valeurs de maintenabilité.

D'après les calculs on précédents on obtient les résultats :

$$MTTR = 6.8695 \text{ h.}$$

Le taux de réparation :

$$\mu = 0.1455 \text{ h}^{-1}.$$

IV.6 Conclusion

On conclut à partir les résultats obtenus que la fiabilité de cette machine (Aléseuse-Fraiseus) est de 34%. Cette fiabilité est faible (le coût pour changer à chaque fois les éléments le plus tombe en panne de la machine permet nous d'acheter une nouvelle machine avec une fiabilité approche à 100%). Alors ce n'est pas nécessaire de réaliser un plan de maintenance préventif puisque l'action qui doit faire concernant cette machine est la dégradation.

*CONCLUSION
GENERALE*

CONCLUSION GENERALE

Le travail que l'on a accompli dans le cadre de ce mémoire est accordé aux objectifs que l'on fixés, à posséder une recherche bibliographique.

Dans cette étude, on a choisi la machine Aléseuse-Fraiseuse comme exemple d'application, vu la place prépondérante qu'occupe la machine. Elle présente un maillon essentiel de la chaîne de maintenance dans la Société de Maintenance des Equipements Industriels, nous sommes engagés à étudier l'historique des pannes et découvrir les problèmes qui ont tendance à détourner cette dernière d'effectuer son rôle principale dans la chaîne de maintenance.

La méthode de maintenance basée sur la fiabilité est une phase de la maintenance préventive, généralement appliquée dans les usines industrielles. Elle basée sur le dossier technique de la machine choisi à l'étude pour extraire leur statistique ensuite évaluer la fiabilité et connaitre la santé de cette machine. Le but essentiel est de faire un plan de maintenance préventif permet de réduire le temps d'arrêt et augmenter le temps de bon fonctionnement. Dans ce cas, on améliore la fiabilité de cette machine.

Dans notre travail, nous avons calculé la fiabilité de la machine à l'aide de logiciel « FiabOptim », pour faire l'analyse de l'état de la machine. On a trouvé la fiabilité de la machine très faible et pour cela nous avons dégradé cette dernière.

Finalement, ce mémoire ouvre des axes de travail pour améliorer la maintenance des entreprises. En l'occurrence, la réalisation pratique du travail fait une application des techniques de la maintenance préventive.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIES

Références Bibliographiques

- [1] **Ahmad ALALI ALHOUIJ**, «Contribution à l'optimisation de la maintenance dans un contexte distribué», these doctorat «Université de Grenoble», 2010.
- [2] **Alin Gabriel MIHALACHE** «Modélisation et évaluation de la fiabilité Des systèmes mécatroniques : application sur système embarqué», thèse de doctorat«Université D'ANGERS»,2007.
- [3] **Amadou B** «Elaboration d'un plan de maintenance des lignes d'ensachage de SOCOCIM», mémoire ingénieur «Université CHEIKH ANTA DIOP», 2009.
- [4] **BOUANAKA Mohamed Larbi** «Contribution à l'amélioration des performances opérationnelles des machines industrielles», mémoire de Magister«Université de Constantine», 2009.
- [5] **GUENAB Fateh** «Contribution aux systèmes tolérants aux défauts : Synthèse d'une méthode de reconfiguration et/ou de restructuration intégrant la fiabilité des composan», Thèse de doctorat«Ecole Doctorale IAEM Lorraine»,2007.
- [6] **GUERNOUDJ Nassim & KERMICHE Abde razake & BOUHAFNA Salah eddine**, «Approche d'évaluation des performances d'une unité de production selon les strategies de maintenance» , mémoire de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en génie électrique, «Université de M'sila», 2010.
- [7] **HEDI Kaffel** «La maintenance distribuée : conception, évaluation et mise en oeuvre», Thèse de doctorat pour l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor«Université Laval»,2001.
- [8] **Mehdi Jallouli** «Méthodologie de conception d'architectures de processeur sûres de fonctionnement pour les applications mécatroniques », Thèse de doctorat «Ecole Doctorale IAEM – Lorraine»,2009.
- [9] **Ouahiba Tabbi** «Estimation des lois de fiabilité en mécanique par les essais accélérés», Thèse de Doctorat«UNIVERSITE D'ANGERS», 2005.
- [10] **Rosa Abbou** «Contribution à la mise en oeuvre d'une maintenance centralisée : conception et optimisation d'un atelier de maintenance», Thèse de Doctorat«Université Joseph Fourier - GRENOBLE 1»,2003.
- [11] **Valerie Zille** «Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composants», Thèse de Doctorat«l'Université de Technologie de Troyes, Institut Charles Delaunay»,2009.
- [12] **Xavier Zwingmann** «Modèle d'évaluation de la fiabilité et de la maintenabilité au stadede la conception», Thèse de doctorat pour l'obtention du grade de Philosophiæ Doctor«l'Université Laval», 2005.
- [13] INGEXPERT, Conseil, Accompagnement du Management de la Maintenance industrielle, tertiaire, BTP, transport et biomédicale Fiabilisation des équipements Ce document est conçu et diffusé par www.ingexpert.com .
- [14] **Nicolas Terrier**, «La maintenance», ISTIA- Département Qualité, 2001/2002.

- [15] **Jean FAUCHER**,«Disponibilité des moyens de production» ,MT 9 201 – 13,2009.
- [16] Document de l'entreprise.
- [17] Catalogue de la machine l'aléseuse-fraiseuse.
- [18] STRATEGIES DE MAINTENANCE, BTS MI.
- [19] **TAIBI Omar & MAUCHE Samir & BENHAMED Aissa**, « Gestion Des Risques, Analyse Et Evaluation Par La Maintenance Integré application « Moulins El Hodna M'sila » », Memoire De Fin D'etudes En Vue De L'obtention Du Diplôme D'ingenieur D'etat En Genie Electrotechnique, Université de M'sila,2009/2010.
- [20] **LOGHRAB Feteh & SIDI MOHAMED Ould Yeye & BEN ABDERRAHMAN Thameur**, «Contribution à l'amélioration des performances de la maintenance par l'utilisation des files d'attente », Memoire De Fin D'etudes En Vue De L'obtention Du Diplome D'ingenieur D'etat En Genie Electrotechnique, Université de M'sila,2010/2011.