



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
PEOPL'S DEMOCRATIC REPUBLIC OF ALGERIA
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRY OF HIGH EDUCATION AND SCIENTIFIC RESEARCH
جامعة العربي التبسي - تبسة
LARBI TEBESSI UNIVERSITY - TEBESSA
معهد المناجم
INSTITUTE OF MINES
قسم الإلكتروميكانيك
ELECTROMECHANICAL DEPARTEMENT



MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Option : Maintenance Industrielle

ETUDE DES INDICATEURS DE FIABILITE D'UN SYSTEME ELECTROMECHANIQUE

Par

BELGHIT ISSAM et ATIA SALEM

Devant le jury :

HAOUAM ALLA	MAA	Président	Université Larbi Tebessi Tébessa
TALEB MOUNIA	MCB	Encadreur	Université Larbi Tebessi Tébessa
SOUDANI M^{ed} SALAH	MAA	Examineur	Université Larbi Tebessi Tébessa

Promotion 2020 /2021

Résumé

Dans ce travail ; nous allons optimiser la fiabilité des matérielle roulent dans le COMPLEXE MINIERE DJEBAL EL ONK SOMIPHOS DE TEBESSA par une étude et calcule des indicateur de fiabilité (historique de pannes) et la préconisation des solutions efficaces concernant ces défauts pour minimiser le temps d'arrêt et agrandir le temps de bon fonctionnement.

Abstract

In this work ; We will optimize the reliability of the equipment running in the DJEBAL EL ONK SOMIPHOS DE TEBESSA MINING COMPLEX by a study and calculating reliability indicators (failure history) and the recommendation of effective solutions concerning these faults to minimize downtime and increase uptime.

في هذا العمل ؛ سنعمل على تحسين موثوقية المعدات التي تعمل في

المجمع المنجمي فرفوس جبل العنق تبسة من خلال دراسة وحساب مؤشرات الموثوقية (سجل الأعطال) والتوصية بالحلول الفعالة

فيما يتعلق بهذه الأعطال لتقليل وقت التعطل وزيادة وقت التشغيل.

Dédicaces

Je dédie ce travail :

le pur esprit de mon père

A ma mère, qui m'ont entouré, tout le long de ma vie, de leur amour et soutien, dont

les sacrifices qu'ils ont consentis m'ont permis d'atteindre ce niveau.

A ma belle-famille qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la

réalisation de ce mémoire.

A mes amis Sofien, Faycal, Mourad, Yazid, Rafik, et grâce auxquels j'ai pu

poursuivre mes études ainsi que mon travail de recherche dans de bonnes conditions.

A tous mes amis, de près ou de loin.

Remerciements

Je remercie avant tous ALLAH pour son aide, ses innombrables dons, ALLAH qui m'a donné la force, la volonté et le moral pour accomplir mes études.

Mes remerciements vont aussi à tous les enseignants du Département de Mine

Et spécialement l'encadreur Mr. TALAB MONIA, Qui ont contribué à notre formation.

Je remercie également l'ensemble des membres du jury pour avoir consacré leur temps à examiner ce travail malgré leurs nombreuses responsabilités, je leur suis reconnaissant pour l'attention qu'ils ont

Portée à mon travail.

Je remercie tout le personnel de COMPLEXE DE MINE SOMIPHOS DJBEL EL ONK :

Enfin, Je tiens aussi à remercier ma famille et mes amis pour leur soutien Inconditionnel et leur présence continue.

Sommaire

Introduction Générale	1
1 Introduction	2
1.1 Définition selon AFNOR.....	2
1.2 Rôle de maintenance.....	2
1.3 Formes de maintenance	3
1.3.1 Maintenance préventive	4
1.3.1.1 Maintenance préventive systématique.....	4
1.3.1.2 Maintenance conditionnelle.....	5
1.3.1.3 Maintenance prévisionnelle.....	6
1.3.2 Maintenances corrective	6
1.3.2.1 Maintenance curative.....	7
1.4 Niveaux d'interventions de la maintenance.....	7
1.5 Opération de maintenance	8
1.5.1 Le dépannage	8
1.5.2 La réparation	8
1.5.3 Les inspections.....	8
1.5.4 Les visites.....	8
1.5.5 Les contrôles	8
1.6 Les révisions.....	9
1.6.1 Les échanges standards	9
1.7 Coût de maintenance	9
1.8 Politique de maintenance et critère de choix	9
2 Généralités sur les défaillances	14
2.1 Types des défaillances	15
2.2 Normalisation des défaillances NF X 06-501 :.....	16
2.3 Définitions et vocabulaire	17
2.4 Classification des défaillances	17
2.5 Temps :	19
2.6 Causes de défaillance du système.....	21
2.7 Modes de défaillances	22
2.8 Modes génériques de défaillance	23
3 Etude de fiabilité.....	26
3.1 fiabilité.....	26
3.1.1 Notions de fiabilité d'un système	26

Sommaire

3.1.2	Définition	26
3.1.3	Objectifs de la fiabilité.....	26
3.1.4	Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité.....	26
3.2	La loi exponentielle	27
3.2.1	La loi normale	28
3.2.2	La loi log-normale (ou loi de GALTON)	28
3.2.3	La loi binomiale	29
3.2.4	La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités	29
3.3	Paramètres nécessaires alla mesure de fiabilité.....	30
3.3.1	Densité de probabilité	30
3.3.2	Fonction de répartitions	30
3.3.3	La sureté de fonction de fiabilité	30
3.3.4	Les indicateurs de fiabilité	31
3.4	La MTBF.....	31
3.4.1	La loi de WEIBULL	31
3.4.2	Densité de probabilité $f(t)$	32
3.4.3	La fonction de répartition $F(t)$	32
3.4.4	La fonction de fiabilité $R(t)$	32
3.5	Taux de défaillance $\lambda(t)$	33
3.5.1	Signification des paramètres du modèle de Weibull.....	33
4	HISTORIQUE DU COMPLEXE	37
4.1	ORGANIGRAMME DU COMPLEXE :	40
4.2	Calcul des indicateurs de fiabilité.....	41
4.2.1	Calcul du taux de défaillance	42
4.3	Calcul des indicateurs de fiabilité.....	43
4.3.1	Calcul du taux de défaillance	43
4.3.2	Calcul de fiabilité $R(t)$, fonction de défaillance $F(t)$ et densité de probabilité de défaillance $f(t)$	44

Liste des figures

Figure 1.1 Diagramme de différents concepts de maintenance	4
Figure 2.1 Les enjeux d'une défaillance (Chaib, 2009).	15
Figure 2.2 Les différents processus de dégradation des pièces (Chaib, 2009).	18
Figure 2.3 Courbe d'évolution du taux de défaillance (Bouanaka ,2009)	19
Figure 2.4 Définition des temps (Gilles, 2006).	20
Figure 2.5 Causes de défaillance (Bouanaka ,2009).	22
Figure 2.6 (Modes génériques de défaillance AMDEC ,2004)	23
Figure 3.1 distribution des fonctions de la loi exponentielle.....	28
Figure 3.2 Courbe en bqignoire	31
Figure 3.3 Courbe de fiabilité et fonction de réparation.....	33
Figure 3.4 Courbe en bqignoire.....	34
Figure 3.5 formes de $f(t)$ $\lambda(t)$ en fonction de β	34

Liste des tableaux

Tableau 2.1 Modes de défaillances (Belhomme, 2011).....	24
Tableau 4.1 Les temps de bon fonctionnement année 2019.....	41
Tableau 4.2 Les temps de bon fonctionnement année 2019.....	43
Tableau 4.3 Résultat des calcules.....	44

Introduction Générale

Introduction Générale

L'exécution de la maintenance dans une entreprise industrielle est d'une importance capitale pour maintenir les équipements en état de bon fonctionnement. La maintenance, dans sa plus large définition, est l'ensemble de toutes les opérations de gestion, de programmation et d'exécution. Le calcul de la fiabilité d'un équipement constitue un outil incontournable pour évaluer l'efficacité de n'importe quelle entité. Les concepteurs et les utilisateurs sont souvent confrontés à des contraintes par pauvreté ou par manque de modèles permettant de faire des études prévisionnelles correctes. Le taux de défaillance est souvent considéré comme constant ce qui est manifestement faux en mécanique d'où l'intérêt d'outils, de modèles ou de méthodes plus adaptées. Le calcul de la fiabilité des systèmes mécaniques est influencé par les caractéristiques suivantes: La notion du taux de défaillance n'existe pas

- Le recueil des informations sur la fiabilité est plus difficile
- Les défaillances ont des origines variées (la durée de vie des composants est principalement conditionnée par les problèmes de fatigue avec une forte influence des différentes contraintes.
- Le système mécanique est de plus en plus performant et compliqué Ainsi, le choix d'une loi de comportement du matériel (calcul de la fiabilité) devient une tâche très compliquée.

Le présent travail est structuré en 4 chapitres

Le 1^{er} chapitre est une présentation des généralités sur la maintenance

Dans le 2^{ème} chapitre nous donnons des notions sur les défaillances

Le 3^{ème} chapitre est un aperçu sur les lois de la fiabilité

Le 4^{ème} chapitre traite le calcul des indicateurs de fiabilité objectif de notre travail

Nous terminons notre étude par une conclusion générale.

Chapitre 1

Généralités sur la fonction maintenance

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

1 Introduction

La fonction maintenance est l'affaire de tous et doit être omniprésente dans les entreprises et les services. Après avoir démontré la rentabilité de son action dans les diverses entreprises elle occupe maintenant sa place dans le monde industriel sans cesse en évolution.

Elle est un enjeu économique considérable pour tous les pays qui souhaitent disposer d'outils de production disponible, performants.

La santé publique, la sécurité des populations et la maintenance des machines sont des sujets sérieux qui ne doivent pas être abordés à la légère. La diffusion d'information approximative peut susciter des craintes inutiles.

Avant 1900 : on parlait de réparation.

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

A partir de 1970 : les développements de secteurs à risques et d'outils modernes aboutissent à la mise en œuvre de la maintenance. [1]

Dans une entreprise, maintenir, c'est effectuer des opérations (dépannage, réparation, graissage, contrôle,...etc.) qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la production avec efficacité et qualité.

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

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

1.1 Définition selon AFNOR

La maintenance est l'ensemble des actions permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifié, ou dans un état où il est en mesure d'assurer un service déterminé.

1.2 Rôle de maintenance

La maintenance doit assurer la rentabilité des investissements matériels de l'entreprise en maintenant le potentiel d'activité et en tenant compte de la politique définie par l'entreprise. La fonction maintenance sera donc amenée à considérer alors les :

- prévisions à long terme : liées à la politique de l'entreprise et permettant l'ordonnancement des charges, des stocks et des investissements en matériel.

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

- Prévion à moyen terme : la volonté de maintenir le potentiel d'activité de l'entreprise conduit à veiller à l'immobilisation des matériels à des moments qui perturbent le moins possible le programme de fabrication. Dès lors il faut fournir nécessairement et suffisamment tôt le calendrier des interventions de maintenance. [1]

Celle-ci ayant une influence sur l'ordonnancement des fabrications.

- **Prévion à court terme** : dans ce cas le service maintenance s'efforcera de réduire les durées d'immobilisation du matériel et les coûts de ses interventions. Sachant que les réductions de coûts et d'immobilisation ne sont possibles que si le matériel et les interventions on fait l'objet d'une étude préalable, il est donc nécessaire de préparer le travail et d'étudier les conditions de fonctionnement, les défaillances possibles et les conditions d'exécution des interventions. Le service technique lié à cette fonction doit fournir toutes les informations qualitatives et quantitatives susceptibles d'influencer les politiques particulières de l'entreprise.

1.3 Formes de maintenance

Le choix entre les méthodes (types) de maintenance s'effectue dans le cadre de la politique de la maintenance et doit s'opérer en accord avec la direction de l'entreprise. Pour choisir, il faut donc être informé des objectifs de la direction (des directions politiques de maintenance), mais il faut aussi connaître le fonctionnement et les caractéristiques des matériels le comportement du matériel en exploitation, les conditions d'application de chaque méthode, les coûts de maintenance et les coûts de perte de production.

Il existe alors différents types de maintenance, on va les citer dans le diagramme suivant : [1]

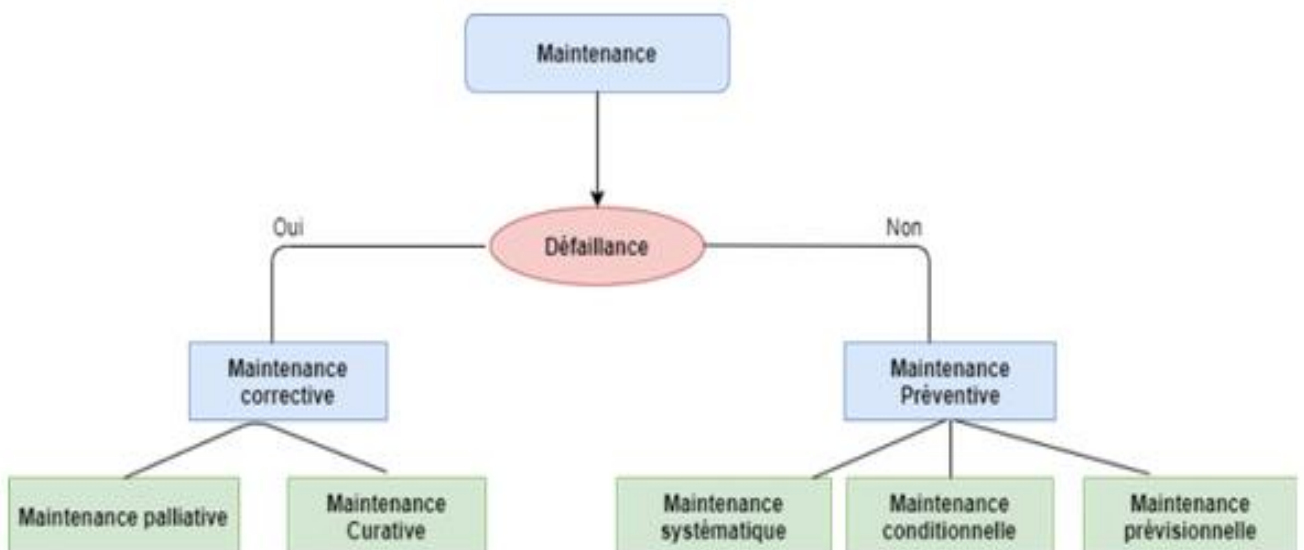


Figure 1.1 : Diagramme de différents concepts de maintenance

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

1.3.1 Maintenance préventive

Elle est effectuée généralement sur des systèmes en service, elle doit permettre d'éviter des défaillances des matériels en cours d'utilisation. Elle doit être planifiée et nécessite une gestion et un suivi des différentes défaillances ; la philosophie principale de ce type de maintenance est d'améliorer les performances de fonctionnement ainsi que l'augmentation de la durée de vie des systèmes, avec le souci d'un coût minimal.

Le but de la maintenance préventive est :

- Augmenter la durée de vie du matériel.
- 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 de maintenance corrective coûteuse.
- Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions.
- Eviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant,...etc.
- Améliorer les conditions de travail du personnel de production.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer les causes d'accidents graves.

Il existe 3 formes de ce type de maintenance.

1.3.1.1 Maintenance préventive systématique

➤ Définition

La maintenance préventive systématique est effectuée en fonction de conditions qui reflètent l'état d'évolution d'une défaillance. L'intervention peut être programmée juste à temps avant l'apparition de la panne. Cette méthode nécessite de connaître : le comportement du matériel ; les usures les modes de dégradations et le temps moyen de bon fonctionnement entre deux avaries. [1]

➤ Cas d'application

La maintenance systématique peut être appliquée dans les cas suivants :

- équipements soumis à la législation en vigueur « sécurité réglementée » (ascenseurs, appareil de levage...etc.).

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

- équipements dont la panne risque de provoquer des accidents graves (tous le matériel assurant le transport en commun des personnes...etc.).
- équipements ayant un coût de défaillance élevé (système fonctionnement en continu).
- Equipements dans les dépenses de fonctionnement deviennent très élevées (consommation excessive d'énergie...etc.).
- des équipements dont l'arrêt (ou le redémarrage) sont longs. [1]

1.3.1.2 Maintenance conditionnelle

➤ Définition

La maintenance conditionnelle permet d'assurer le suivi continu du matériel en service, et la décision d'intervention est prise lorsqu'il y a une évidence expérimentale de défaut imminent ou d'un seuil de dégradation prédéterminé.

La maintenance préventive conditionnelle se caractérise par la mise en évidence des points faibles. Suivant les cas il est souhaitable de les mettre sous surveillance à partir de là, nous pouvons décider d'une intervention lorsque un certain seuil est atteint mais les contrôles demeurent systématiques et font partie des moyens de contrôles non destructifs.

Les objectifs de cette forme sont :

- Eviter les démontages inutiles qui eux-mêmes peuvent engendrer des défaillances.
- Eviter les interventions d'urgences en suivant l'évolution dans le temps des débuts d'anomalies, d'intervenir dans les meilleures conditions.

➤ Cas d'application

Que tous les matériels sont concernés. Cette maintenance préventive conditionnelle ne se fait part des mesures pertinentes sur le matériel en fonctionnement. Les paramètres mesurés sont :

- Le niveau et la qualité d'une huile.
- Les températures et les pressions.
- La tension et l'intensité des matériels électriques.
- Les vibrations et les jeux mécaniques.

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

De tous les paramètres énumérés, l'analyse vibratoire est de loin la plus riche quant aux informations recueillies. Sa compréhension autorise la prise à bon escient, de décision qui est à la base d'une maintenance préventive conditionnelle. La surveillance peut être soit périodique, soit continu. [1]

1.3.1.3 Maintenance prévisionnelle

Maintenance prévisionnelle est une maintenance subordonnée à l'analyse de l'évolution surveillée des paramètres de la dégradation de bien permettant de retarder et planifier l'intervention. Elle est exécutée en suivant les prévisions extrapolées (imaginées) de l'analyse de paramètres de dégradation.

1.3.2 Maintenances corrective

La maintenance corrective effectuée après défaillance ou bien après la détection d'une panne est destinée à remettre une entité dans un état lui permettant d'accomplir une fonction requise. La maintenance corrective peut être utilisée:

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

Cette maintenance est utilisée lorsque l'indisponibilité du matériel n'a pas de conséquences majeures sur le processus de production ou quand les contraintes de sécurité sont faibles. Elle permet d'identifier la cause d'une panne à l'aide d'un raisonnement logique ; elle s'appuie sur :

- Des schémas fonctionnels ;
- Des tableaux du type effet, cause, remède ;
- Les tests ;
- Des systèmes experts ;

La réparation permet de :

- Décomposer l'intervention en phases ;
- Décrire précisément le travail ;
- Allouer les temps ;
- Définir les moyens d'exécution ;
- Définir les moyens de contrôle ;

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

1.3.2.1 Maintenance curative

Activités ayant pour objet de rétablir un bien dans un état qui lui permet d'accomplir la fonction requise. Le résultat doit être permanent « réparation, modification ou aménagement ». [1]

1.4 Niveaux d'interventions de la maintenance

Les niveaux des interventions dans les différents secteurs du « Génie électrique » comprennent tous les éléments de la chaîne de transformation énergétique : de la génération de l'énergie jusqu'à sa consommation à savoir :

- systèmes de production et de transformation : groupes de production ; transformateurs de départ ; transformateurs d'arrivée ; transformateurs de distribution...etc. ;
- systèmes de transport et de distribution : lignes de transport et de distribution ; les postes d'interconnexion ; les postes de distribution ; les poste terminaux...etc. ;
- systèmes d'utilisation : éclairage publique, domestique ; administration ; secteurs industriel ; agricole...etc. ;

Il existe 5 niveaux pour l'intervention

1^{er} Niveau

Réglage simple par le constructeur de la machine avec aucun démontage ou ouverture de l'équipement ou échange d'éléments.

2^{ème} Niveau

Dépannage par échange des éléments et opération mineur de maintenance préventive (graissage ou contrôle de bon fonctionnement). Ce type d'intervention est effectué par un technicien de qualification moyen avec un outillage portable.

3^{ème} Niveau

Identification et diagnostique des pannes, réparation échange de composant et toute opération de maintenance préventive « réglage générale ». Ce type est effectué par un technicien spécialisé avec un outillage précis ainsi que des appareils de mesure, banc d'essais et de contrôle.

4^{ème} Niveau

Touts les travaux de maintenance corrective ou préventive à l'exception de rénovation et de la reconstruction. Ce type d'intervention est effectué par un équipement comprenant des techniciens très spécialisés et des outils précis et bancs de mesure. [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

5^{ème} Niveau

Rénovation, reconstruction ou réparations importantes par un atelier central ou extérieur. Ce type de travaux est effectué par le constructeur ou le reconstruteur par des moyens proches de la fabrication.

1.5 Opération de maintenance

1.5.1 Le dépannage

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement ; compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires et de condition de réalisation hors réglage de procédures, de coûts de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation.

1.5.2 La réparation

Intervention définitive et limitée de maintenance corrective après panne ou défaillance.

1.5.3 Les inspections

Ce sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des mesures sans le besoin d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

1.5.4 Les visites

Ce sont des opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité prédéterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies au préalable qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel.

1.5.5 Les contrôles

Ils correspondent à des vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut comporter une activité d'information ; inclure une décision ; acceptation, rejet ; ajournement ; déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective. Les opérations de surveillance (inspection, visite, contrôle) sont nécessaires pour maîtriser l'évolution de l'état réel du bien, effectuées de manière continue ou des intervalles prédéterminées ou non, calculées sur le temps ou le nombre d'unités d'usage. [1]

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

1.6 Les révisions

Ensemble des actions d'examens, de contrôles et des interventions effectuées en vue d'assurer le bien entre toute défaillance majeure ou critique, pendant un temps ou pour un nombre d'unités d'usage donné. [1]

1.6.1 Les échanges standards

Reprise d'une pièce, d'un organe ou d'un sous-ensemble usage, et vente au même client d'une pièce, d'un organe ou d'un sous-ensemble identique, neuf ou remise en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennant le paiement d'une soulte (c'est une somme d'argent qui, dans un échange ou dans un partage, compense l'intégralité de valeur des lots ou des biens échangés) dont le montant d'après le coût de remise en état.

1.7 Coût de maintenance

L'estimation du coût de la maintenance dépend d'une manière générale de plusieurs facteurs dont le plus important est le temps d'immobilisation ou temps d'arrêt du système particulièrement pour les grandes chaînes de montage ou de production, pour les systèmes de grande puissance (centrale de production, bateaux, avions, locomotives, puis de forage...etc.).

En effet, l'estimation du coût de la maintenance qu'elle soit prédictive ou curative dépendant de facteurs suivants :

- Temps d'immobilisation (ou temps d'arrêt) ;
- Pièce à maintenir ou de la pièce de rechange ;
- Personnel d'intervention ;
- Moyens d'intervention ;
- Transport ou autre s'il y a lieu ;

1.8 Politique de maintenance et critère de choix

La politique est la définition, au niveau de l'entreprise, des objectifs technico-économique relatifs à la prise en charge des équipements par le service maintenance.

C'est dans le cadre de cette politique que le responsable du service de maintenance met en œuvre les moyens adaptés aux objectifs fixés ; on parlera alors de stratégie pour le moyen terme et de tactique pour le court terme. La gestion de maintenance prend essentiellement en compte les aspects technique,

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

économique et financier des différentes méthodes utilisables (corrective, préventive systématique et préventive conditionnelle) en vue d'optimiser la disponibilité des matériels. [1]

La maintenance est une politique qui prend en compte :

- le choix des méthodes d'entretien (les différents modes de maintenance) ;
- les améliorations ;
- la place des équipements dans le procédé de fabrication (hiérarchisation) ;
- la formation du personnel d'entretien et de production ;

Conclusion

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

Toute la difficulté tient à ce réglage qu'il faut ajuster en tenant compte de nombreux éléments :

au niveau de l'entreprise : du contexte économique et social ;

au niveau de l'installation : de l'interaction avec les autres systèmes (en particulier celui de la production) ;

au niveau du système maintenance : des divers effets de chacune des activités (études, préparation, ordonnancement...). [1]

Pour être efficace, il faut d'abord avoir une idée aussi claire que possible des mécanismes qui influent sur les grandeurs significatives (nombre de pannes, temps de réparation, délais logistiques, coûts de maintenance préventive, coûts du stockage des matières, actions de communication, etc.). Il faut ensuite mesurer ces grandeurs et construire des indicateurs pour juger de l'état du système maintenance et pour identifier des axes d'amélioration. Il faut enfin trouver les actions qui conviennent et tâcher d'en évaluer l'impact.

Chapitre 1 : Généralités sur la fonction maintenance

Nous avons essayé de donner une idée générale du système maintenance en le décomposant en sous-fonctions et en indiquant leurs interactions. Des pré diagnostics recouvrant les différentes activités peuvent être proposés pour évaluer les performances du système maintenance d'une installation. Ils sont éventuellement complétés par des diagnostics plus poussés de manière à quantifier avec une meilleure précision des indicateurs importants. Ceux-ci peuvent ensuite être comparés à des valeurs de référence obtenues par benchmark ING (en français : parangonnage) de manière à détecter les meilleures pratiques et à engager les améliorations qui conduiront à des gains significatifs.[2]

Chapitre 2

Les défaillances

Chapitre 2 : Les défaillances

2 Généralités sur les défaillances

Dans le langage industriel, la maintenance est liée au risque de défaillance d'un produit et consiste à pallier à ce risque. Un matériel, aussi bien conçu qu'il soit, n'échappe pas, l'expérience le prouve, à certaines pannes en dehors de celles provoquées par un stockage, une mauvaise utilisation, un acte de sabotage ou un manque de précaution dans la manutention. [3]

Il serait illusoire de vouloir construire des équipements de qualité, satisfaisant le besoin des clients et utilisateurs, dans l'ignorance de ce que seront leurs pathologies en marche dans l'environnement de fonctionnement ou de vouloir réaliser une intervention corrective, apporter un remède durable ou une amélioration technique à une défaillance non élucidée. La réparation définitive, opposée au dépannage provisoire, s'appuie sur le diagnostic de la défaillance : C'est une action sur la cause. Le seul préventif juste est celui qui se déduit de la compréhension d'une défaillance- source de richesse- on ne peut vraiment prévenir que ce que l'on connaît. Certainement, la défaillance est une source de progrès en maintenance et en conception, si elle est correctement exploitée C'est un excellent point d'appui pour tenir compte de leçon du passé, car toute défaillance a une cause qui aurait pu être prévue donc prévenue. C'est pourquoi, il est essentiel de faire des analyses approfondies des pannes, des défaillances, des dégradations, des opérations de maintenance et des incidents rencontrés dans les différents services afin d'évaluer correctement un matériel. De ce fait, les interventions « terrain » et l'exploitation des retours d'expériences « dossier machine » constituent un support robuste de la fonction méthode, cerveau d'un service de maintenance.

En effet, tout dysfonctionnement est le résultat d'un mécanisme pathologique rationnel et explicable, du à une ou plusieurs causes à identifier. Ces effets sont la défaillance du composant (effet local) et/ou du mécanisme d'attachement (effet de zone) et/ou du système et son environnement (effet global), (figure19). De ce fait, la connaissance de l'installation est impérative. Donc, pour chaque système, il est important de définir clairement les éléments qui le caractérisent, à savoir : la fonction, la structure, les conditions de fonctionnement, les conditions d'exploitation et l'environnement dans lequel il travaille. La compétition dans le domaine de

L'automobile est un bon exemple de génération de progrès à partir des défaillances « terrain » et de l'exploitation du retour d'expérience « dossier machines » (Chaib, 2009)

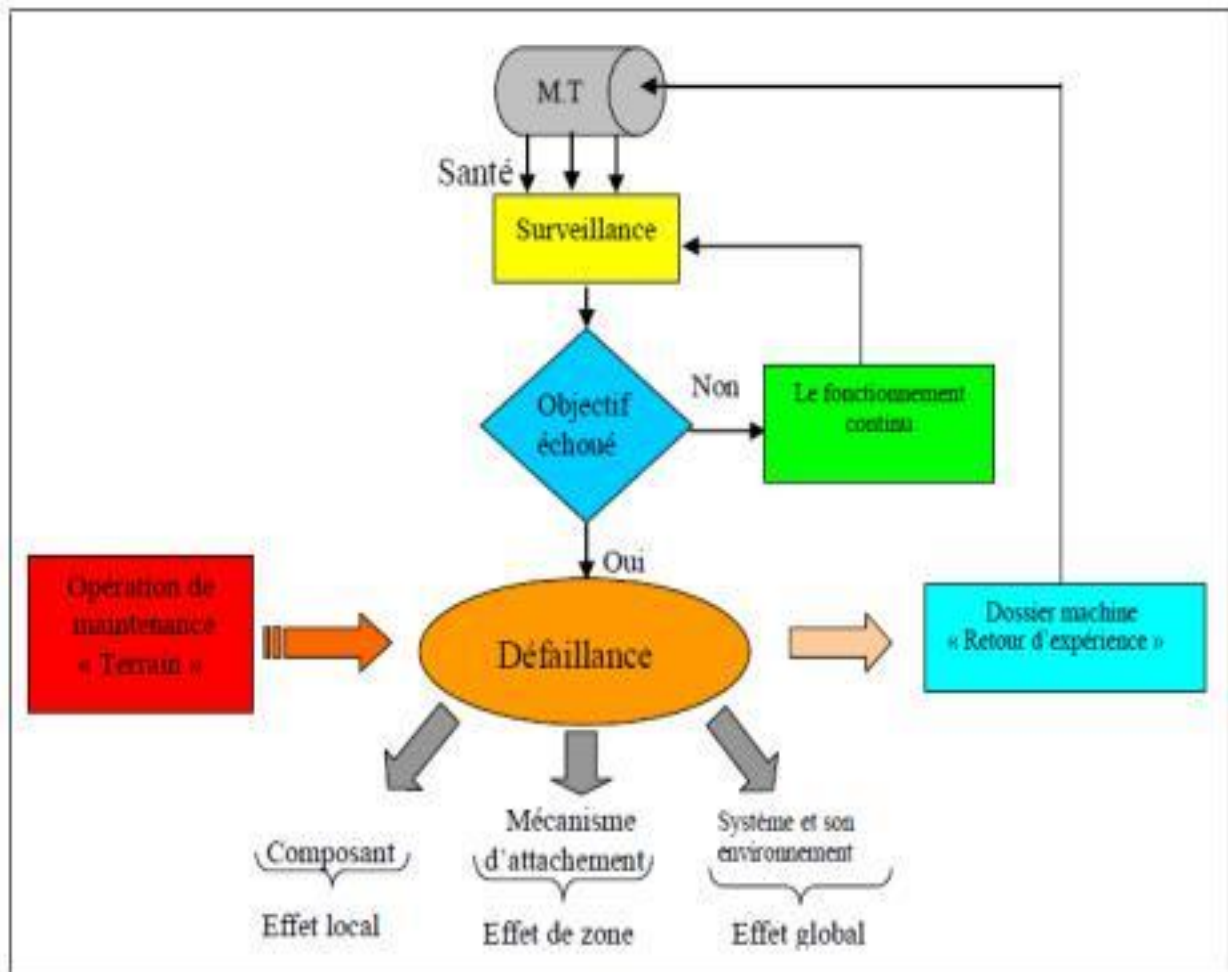


Figure 2.1 : Les enjeux d'une défaillance (Chaib, 2009).

Défaillances : Il ne suffit pas de s'intéresser aux conséquences d'un défaut de fonctionnement mais aussi à sa cause. Les différents défauts se manifestant de manières variées, les défaillances suivantes ont été définies (norme NF EN 13306, 2001). [3]

2.1 Types des défaillances :

Nous rencontrons deux formes de défaillances : la défaillance partielle et la défaillance complète.

- **Défaillance partielle** : altération de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

- **Défaillance complète** : cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Ce type possède deux formes :

Chapitre 2 : Les défaillances

2.2 Normalisation des défaillances NF X 06-501 :

En fonction de la rapidité de la manifestation :

- **Défaillance progressive** : défaillance qui aurait pu être prévue par un examen ou une surveillance.
- **Défaillance soudaine** : défaillance qui n'aurait pas pu être prévue par un examen ou une surveillance.

En fonction du degré d'importance :

- **Défaillance partielle** : défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, mais telle qu'elle n'entraîne pas une disparition complète de la fonction requise.
- **Défaillance complète** : défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au-delà des limites spécifiées, telle qu'elle entraîne une disparition complète de la fonction requise.
- **Défaillance intermittente** : défaillance d'un dispositif pour une période de temps limitée, après laquelle le dispositif retrouve son aptitude à accomplir la fonction requise sans avoir été soumis à une action corrective extérieure. De telles défaillances sont souvent répétitives.

Par combinaison des concepts précédents :

- **Défaillance catalectique** : défaillance à la fois soudaine et complète.
- **Défaillance par dégradation** : défaillance à la fois progressive et partielle. A la longue, de telles défaillances peuvent devenir de défaillances complètes. [3]

En fonction des causes :

- **Défaillance due à une faiblesse inhérente** : défaillance attribuable à une faiblesse inhérente au dispositif lui-même lorsque les contraintes ne sont pas au-delà des possibilités données du dispositif (faiblesse due à la conception ou à la réalisation du dispositif).
- **Défaillance due à un mauvais emploi** : défaillance attribuable à l'application de contraintes au-delà des possibilités données du dispositif.
- **Défaillance première** : défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte n'est pas la défaillance d'un autre dispositif.
- **Défaillance seconde** : défaillance d'un dispositif dont la cause directe ou indirecte est la défaillance d'un autre dispositif.

En fonction des conséquences :

Chapitre 2 : Les défaillances

- **Défaillance critique** : défaillance qui empêche l'accomplissement de la mission et fait encourir des risques de blessures graves à des personnes ou des dégâts très importants au matériel. Ce type de défaillance est pris en compte dans les études de sécurité.
- **Défaillance majeure** : défaillance autre que critique, qui risque de réduire l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir la fonction requise.
- **Défaillance mineure** : défaillance autre que critique, qui ne réduit pas l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir la fonction requise. [3]

2.3 Définitions et vocabulaire

Une défaillance est la cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise. Après une défaillance, le bien est en panne, totale ou partielle. (NF EN 13306).

2.4 Classification des défaillances : [3]

Les caractéristiques d'une défaillance doivent être correctement identifiées afin de prévoir et d'organiser l'intervention nécessaire pour la remise en état initial de l'entité.

- **Défaillances de causes intrinsèques** : défaillances dues à une mauvaise conception du bien, à une fabrication non conforme du bien ou à une mauvaise installation du bien. Les défaillances par usure et par vieillissement sont des défaillances intrinsèques.
- **Défaillance de causes extrinsèques** : défaillances de mauvais emploi, par fausses manœuvres, dues à la maintenance, conséquences d'une autre défaillance.

Une défaillance se caractérise également par le moment où elle se manifeste par rapport au cycle de vie de l'entité. Elle peut être précoce; aléatoire; d'usure;

D'une façon générale la défaillance peut se manifester en fonction du temps de manière progressive ou par dérives (par usure ou fatigue), cataleptiques (soudaine) ou de façon aléatoire, (figure 20)

Défaillance soudaine : Elles sont complètes et soudaines, (figure 20C). Généralement, ses défaillances sont dues aux défauts pré existants 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. Exemple la rupture brusque d'une pièce mécanique ; le court-circuit d'un système électrique ou électronique. Dans ce cas, il est très difficile d'observer la dégradation, par conséquent, il est impossible de mettre en place une maintenance conditionnelle.

Défaillance progressive : Dans ce cas, on voit progresser la dégradation, (figure20A). C'est pourquoi une connaissance des comportements des systèmes est indispensable. A la longue, une telle

Chapitre 2 : Les défaillances

défaillance peut devenir une défaillance cataleptique. Exemple les phénomènes d'usure en mécanique : l'augmentation du frottement ou l'augmentation de la valeur des résistances pour les systèmes électroniques. Ces défaillances ont une probabilité d'apparition plus ou moins grande tout au long de la vie d'un matériel. Une telle défaillance est souvent identifiée. Dans ces circonstances, il devient possible de retirer l'élément dégradé en service avant le point de la défaillance potentielle et avec une utilisation maximale sans subir une défaillance fonctionnelle (Chaib, 2009). [3]

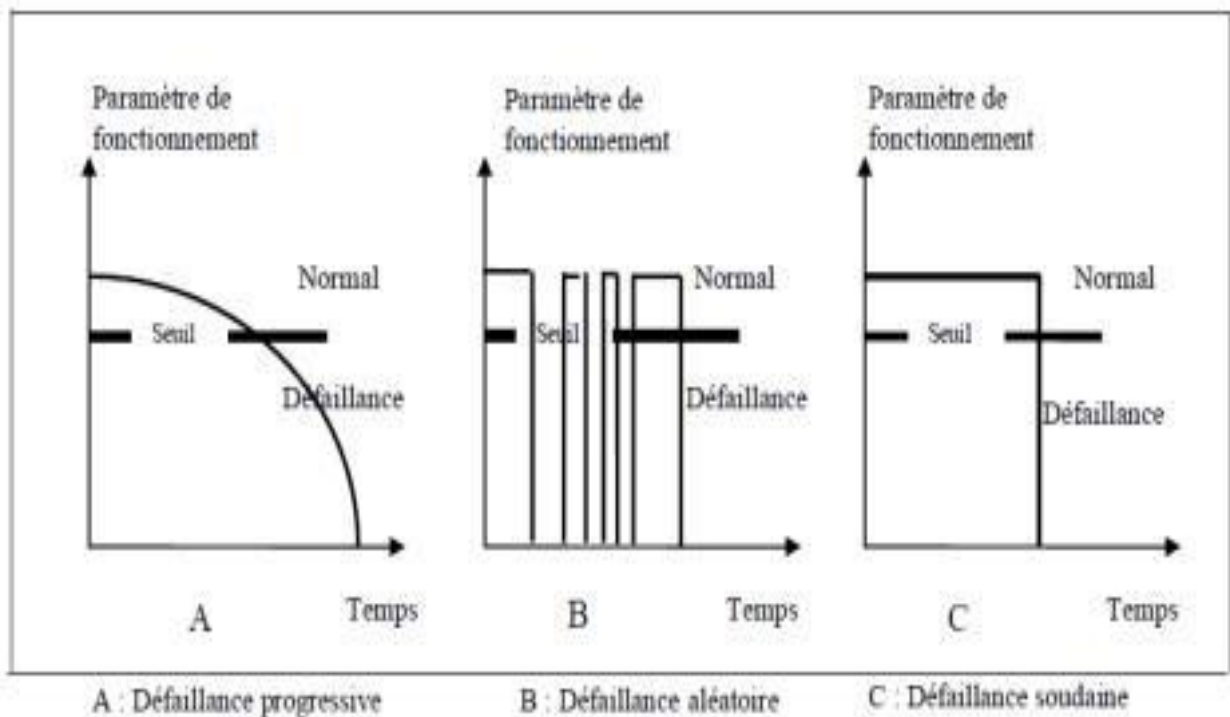


Figure 2.2 : Les différents processus de dégradation des pièces (Chaib, 2009).

L'objectif de la maintenance peut consister, entre autres, à diminuer le nombre de défaillances touchant une machine. On s'intéresse donc plus particulièrement à la probabilité d'apparition de ces défaillances sur la durée de vie de la machine. Cette probabilité, ou taux de défaillance, évolue souvent suivant une courbe en « baignoire » (figure 21) principalement pour les équipements électromécaniques.

Le taux de défaillance $\lambda(t)$ indicateur de la fiabilité (exprimé en pannes par heure), peut être obtenu à partir des retours d'expériences, la vie des équipements se divise en trois phases:

- phase de jeunesse : $\lambda(t)$ décroît rapidement.
- Phase de maturité : $\lambda(t)$ est pratiquement constant.
- Phase de vieillesse : $\lambda(t)$ croît rapidement.

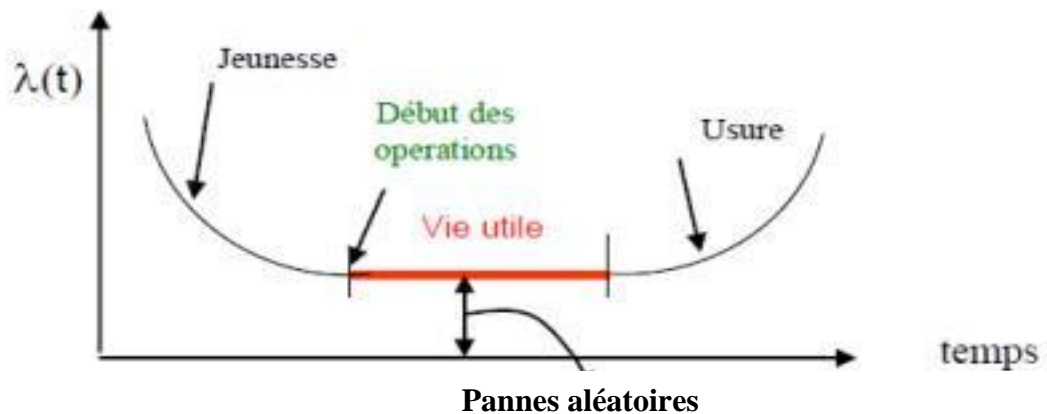


Figure 2.3 : Courbe d'évolution du taux de défaillance (Bouanaka ,2009)

La première phase dite de jeunesse montre qu'une nouvelle machine a une probabilité élevée de défaillance, en raison des défauts de conception ou de fabrication (pièces viciées au départ), de réglage, on n'applique que la maintenance corrective. Cette phase est caractérisée par un taux de défaillance décroissant en fonction du temps. C'est le cas de rodage en mécanique exemple des véhicules et le déverminage en électronique exemple des cartes électroniques. [3]

La deuxième phase appelée maturité est caractérisée par un taux de défaillance presque constant, la probabilité de défaillances est très basse.

C'est la période de vie utile dont laquelle on peut appliquer la maintenance préventive, systématique ou corrective. Quand à la troisième phase de vieillesse, appelée aussi phase d'usure ou de fatigue, le taux de défaillance est croissant et la probabilité de panne augmente brusquement à cause du vieillissement des composants et l'usure des matériaux. Dans cette phase on peut appliquer la maintenance conditionnelle ou prédictive.

Quant à la troisième phase de vieillesse, appelée aussi phase d'usure ou de fatigue, le taux de défaillance est croissant et la probabilité de panne augmente brusquement à cause du vieillissement des composants et l'usure des matériaux. Dans cette phase on peut appliquer la maintenance conditionnelle ou prédictive.

2.5 Temps

On choisit tout d'abord une période de référence pour l'analyse des temps. Elle peut être l'année calendaire mais aussi être adaptée à l'utilisation du matériel, par exemple la durée d'un voyage aller-retour pour un navire de ligne (environ 100 jours), ou encore la durée entre deux contrôles réglementaires d'une société de classification ou d'un organisme d'État (10 ans). La figure 22 donne l'architecture des différents temps dont voici quelques définitions :

Chapitre 2 : Les défaillances

Temps total : période de référence ; [3]

Temps requis : pendant lequel l'utilisateur exige que la machine soit en mesure d'assurer la mission définie ;

Temps effectif d'indisponibilité : partie du temps requis où la machine est incapable d'accomplir sa mission pour une cause quelconque ;

Temps effectif de disponibilité : partie du temps requis pendant laquelle la machine est apte à accomplir sa mission, la fourniture des moyens extérieurs éventuellement nécessaires étant assurée (Gilles, 2006).

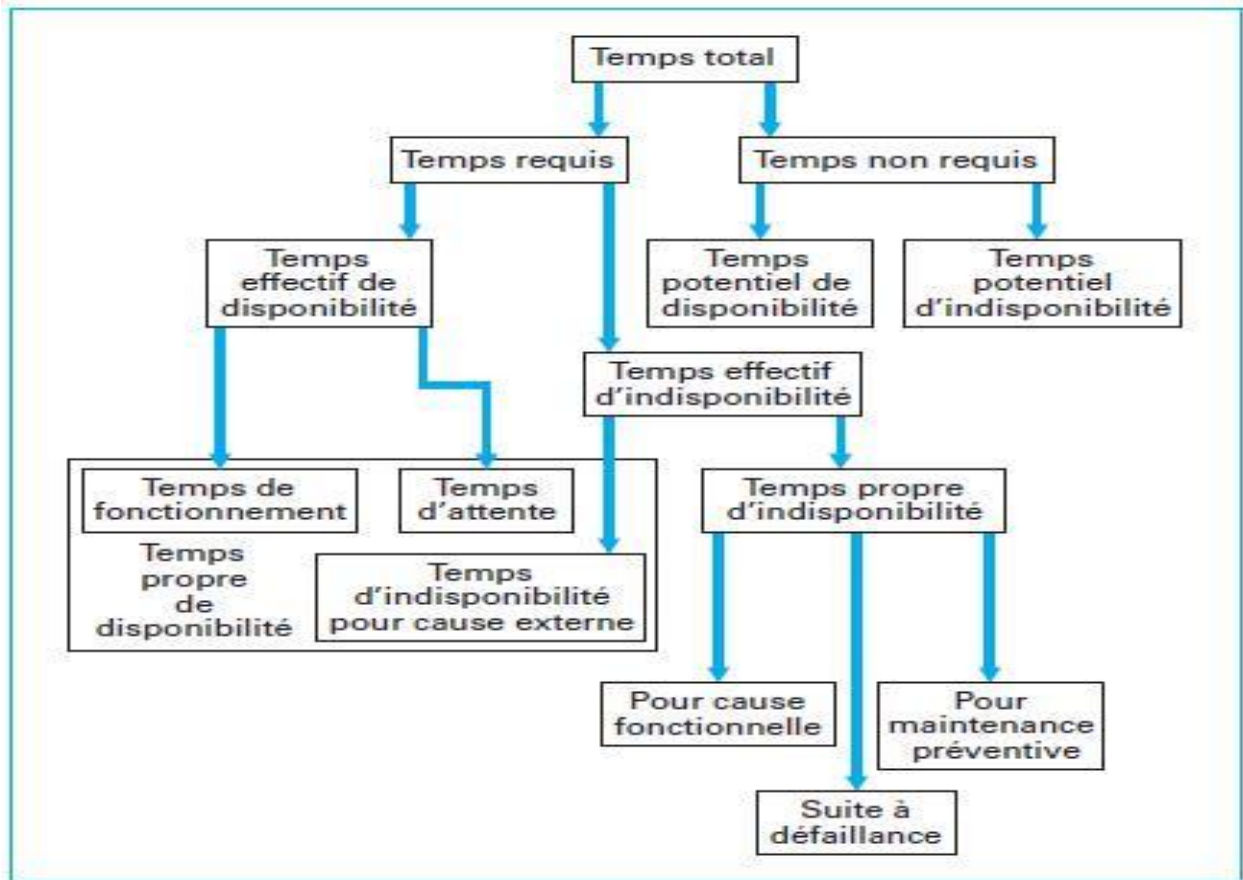


Figure 2.4 : Définition des temps (Gilles, 2006).

Pour faciliter la gestion des temps, on peut aussi avoir l'approche suivante : La disponibilité d'un appareil est déterminée par le rapport entre le temps moyen de bon fonctionnement (MTBF) et le temps moyen nécessaire aux opérations de maintenance (MTTR). Cette approche, très prisée par les Anglo-Saxons, nécessite la définition de nouveaux temps :

- le MTBF (mean time between failure, moyenne des temps de bon fonctionnement) caractérise la fiabilité du matériel dans les conditions prescrites d'utilisation ;

Chapitre 2 : Les défaillances

- le MTTR (mean time to repair, moyenne des temps des tâches de réparation) caractérise la maintenabilité du matériel ;
- le MTBO (mean time between overhaul).
- Le MTBF est généralement déterminé par une loi de fiabilité issue du calcul statistique, mais peut aussi faire appel à l'expérience obtenue lors des premiers mois de fonctionnement d'une machine.
- Le MTTR dépend essentiellement de la conception de la machine, mais doit être aussi exprimé à partir de données de départ précises telles que le nombre et la qualification du personnel, l'application de procédures adaptées et la disponibilité de l'approvisionnement prescrit.
- Le MTBO n'a de sens que lors de l'application de la maintenance systématique. [3]

2.6 Causes de défaillance du système

La cause de la défaillance, est une anomalie initiale susceptible de conduire au mode de défaillance. Elle s'exprime en termes d'écart par rapport à la norme (sous dimensionnement, absence de joint d'écrou, manque de lubrifiant, etc.). Le changement d'état du système suit un processus initié par la cause de défaillance. Le système en état de fonctionnement contribue à l'obtention de la valeur ajoutée à partir d'une matière d'œuvre entrante et de données de contrôle (énergie, conditions d'exploitation, de conduite et de réglages, maintenance). L'état de dysfonctionnement du système se manifeste par une erreur sur la valeur ajoutée. Une augmentation des déchets, un affichage de messages de défauts, effet de défaillance sur le système : panne, non qualité, cadence réduite, accident, etc.

Les causes de défaillance du système peuvent être externes ou internes :

a) Causes externes

- Matière d'œuvre (absente, non conforme)
- Energie (absente, non conforme)
- Conditions d'exploitation : conduite et réglage non conformes
- Maintenance (absente, non conforme)
- Perturbation (environnement).

b) Causes internes

-Les éléments du système (composants, liaisons)

Les causes internes au système sont des éléments du système remplissant une fonction. Alimenter en énergie, traiter les informations et assurer la sécurité sont des fonctions communes. La défaillance de l'une de ces fonctions entraîne la défaillance des autres fonctions.

D'une manière générale les causes de défaillance d'un élément (entité isolée), sont :

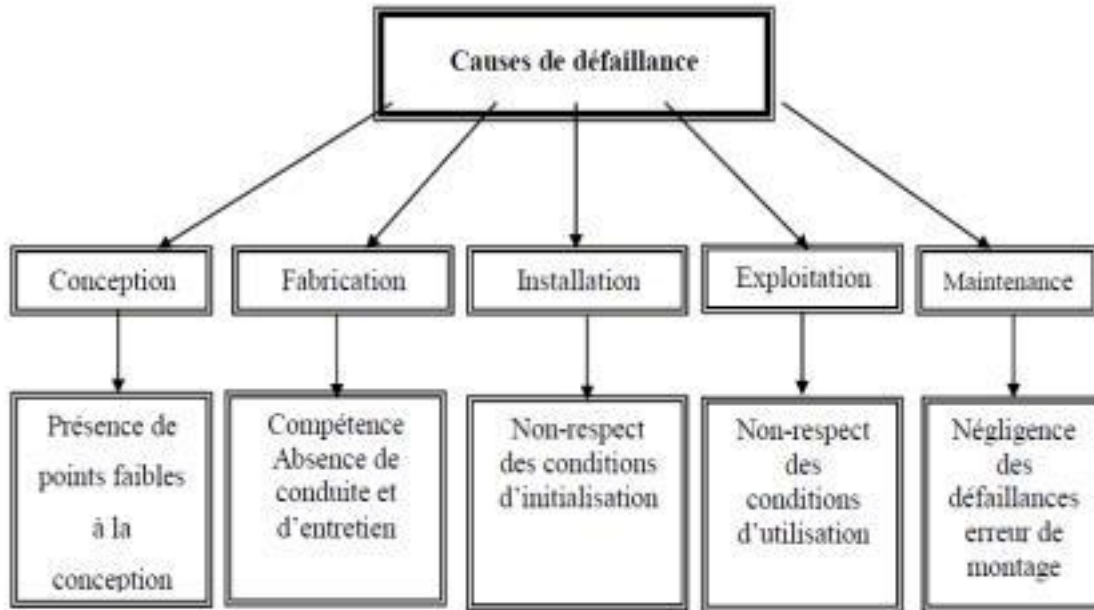


Figure 2.5 : Causes de défaillance (Bouanaka ,2009).

2.7 Modes de défaillances

Un mode de défaillance est la manifestation d'un type de défaillance pour un matériel donné. C'est la façon par laquelle est constatée l'incapacité d'un bien à remplir une fonction requise. C'est donc le processus qui, à partir d'une cause intérieure ou extérieure au bien, entraîne la défaillance du bien considéré. Le mode de défaillance est relatif à une fonction. [3]

De façon très générale, un mode de défaillance a un des quatre effets suivants sur un système :

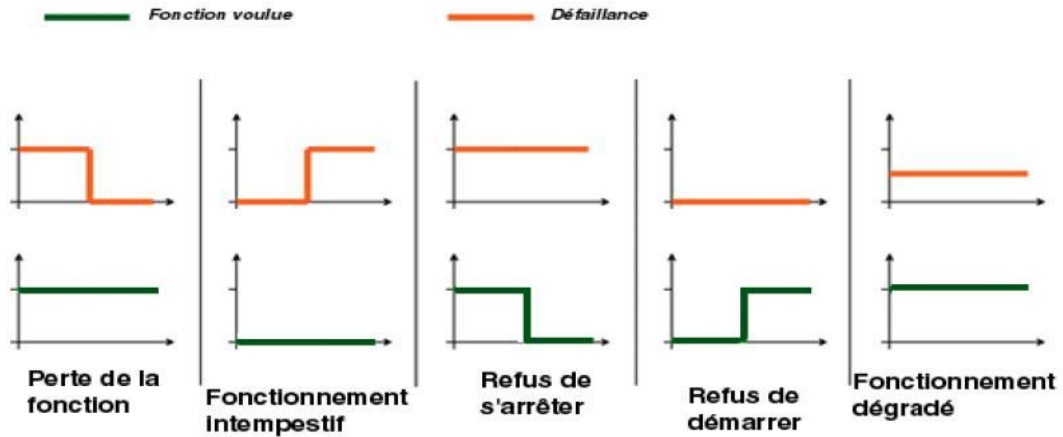
1. Fonctionnement prématuré ;
2. Ne fonctionne pas au moment prévu ;
3. Ne s'arrête pas au moment prévu ;
4. Défaillance en fonctionnement.

Il est cependant impossible d'effectuer une analyse concluante en vue d'un diagnostic avec une liste aussi généraliste. Il est donc nécessaire de développer cette liste, et surtout le point n°4 relatif aux défaillances en fonctionnement. Pour les six domaines technologiques (mécanique, électrotechnique, électromagnétisme, hydraulique, thermodynamique, chimie), on recense plus d'une centaine de mode de défaillance en fonctionnement spécifiques et propres à chacune de disciplines. Un mode de défaillance s'exprime donc par la manière dont un système viendra à ne plus remplir sa fonction. Il s'exprimera en termes physiques : rupture, desserrage, coincement, court-circuit, etc.

Chapitre 2 : Les défaillances

2.8 Modes génériques de défaillance

Il existe 5 modes génériques de défaillance, figure24 : [3]



Chacun des types de défaillances se produit dans des conditions particulières. Toutes ces défaillances ont, la plupart du temps, plusieurs causes. Mais l'analyse de l'importance, des conséquences et de la rapidité de manifestation aide à construire un diagnostic.

La norme s'est voulu généraliste et a retenu une liste de 33 modes de défaillance génériques qui décrivent de façon suffisamment précise les défaillances de tout élément quel qu'il soit. Ces modes de défaillances sont généralement utilisés lors d'analyse AMDEC.

Les modes de défaillance sont la conséquence d'interactions entre 7 paramètres d'influence : Matière, Milieu, Conception, Réalisation, Montage, Exploitation, Maintenance Il est donc indispensable de prendre en compte ces interactions lors de l'analyse d'une défaillance afin de proposer le meilleur remède pour que le phénomène ne se reproduise plus.

Selon la norme (AFNOR X60-510), le tableau suivant donne les modes de défaillance.

Chapitre 2 : Les défaillances

Tableau 2.1 : Modes de défaillances (Belhomme, 2011)

N°	Modes des défaillances
01	Défaillance structurelle ou rupture
02	Blocage physique ou coincement
03	Vibration
04	Ne reste pas en position
05	Ne s'ouvre pas
06	Ne se ferme pas
07	Défaillance en position ouverte
08	Défaillance en position fermée
09	Fuite interne
10	Fuite externe
11	Depasse la limite supérieure tolérée
12	Est en dessous de la limite inférieure tolérée
13	Fonctionnement intempestif
14	Fonctionnement intermittent
15	Fonctionnement irrégulier
16	Indication erronée
17	Ecoulement réduit
18	Mise en marche erroné
19	Ne s'arrête pas
20	Ne démarre pas
21	Ne commute pas
22	Fonctionnement prématuré
23	Fonctionnement après le délai prévu (retard)
24	Entrée erronée (augmentation)
25	Entrée erronée (diminution)
26	Sortie erronée (augmentation)
27	Sortie erronée (diminution)
28	Perte de l'entrée
29	Perte de la sortie
30	Court circuit (électrique)
31	Circuit ouvert (électrique)
32	Fuite (électrique)
33	Autre conditions de défaillance exceptionnelle suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles

Chapitre 3

Fiabilité des systèmes

3 Etude de fiabilité

3.1 fiabilité

3.1.1 Notions de fiabilité d'un système

Un système peut être défini comme un ensemble de composants interdépendants, conçus pour réaliser une fonction donnée, dans des conditions données et dans un intervalle de temps donné, pour chaque système, il importe de définir clairement les éléments qui le caractérisent, à savoir : la fonction, la structure, les conditions de fonctionnement, les conditions d'exploitation, et l'environnement dans lequel il est appelé à opérer. [4]

3.1.2 Définition

La fiabilité est l'aptitude d'une entité à accomplir les fonctions requises dans des conditions données pendant une durée donnée. Elle est caractérisée par la probabilité $R(t)$ que l'entité E accomplisse ces fonctions, dans les conditions données pendant l'intervalle de temps $[0; t]$, sachant que l'entité n'est pas en panne à l'instant 0.

$R(t) = \text{Prob} \{E \text{ non défaillante sur } [0; t]\}$

Définition selon la NF X 06-501 : la fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimée par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation données et pour une période de temps déterminée. [4]

3.1.3 Objectifs de la fiabilité

La fiabilité a pour objectif de :

- Mesurer une garantie dans le temps ;
- Evaluer rigoureusement un degré de confiance ;
- Déchiffrer une durée de vie ;
- Evaluer avec précision un temps de fonctionnement ;
- Déterminer la stratégie de l'entretien ;
- Choisir le stock.

3.1.4 Les Principales lois de probabilité utilisées en fiabilité

Dans les études de fiabilité des différents équipements, une variable aléatoire continue ou discrète peut être distribuée suivant diverses lois qui sont principalement :

- La loi exponentielle
- La loi de WEIBULL
- La loi normale

Chapitre 3 Fiabilité des systèmes

- La loi log-normale (ou loi de GALTON)
- La loi binomiale
- La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités.

3.2 La loi exponentielle

En raison des applications multiples de cette loi qui n'est autre qu'un cas particulier de la loi de Weibull, on présentera dans ce qui suit les paramètres de cette loi.

La distribution exponentielle s'exprime ainsi [4]

$$\text{Fiabilité : } R(t) = e^{-\lambda t} \dots\dots\dots(1)$$

Avec les paramètres de significations :

- e : est la base de l'exponentielle (2,718...)
- λ : c'est l'intensité.

$$\text{Densité de probabilité : } f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \text{ (II.16) : } \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{La fonction de répartition } F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt$$

$$\text{Taux de défaillance : } \lambda = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{\lambda e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}} = \lambda = \text{constant}$$

La moyenne des temps de fonctionnement (MTTF) ou de bon fonctionnement (MTBF) un important estimateur de la fiabilité et de la disponibilité des systèmes et se calcul par l'expression :

$$MTTF = \int_0^{\infty} R(t) dt = \int_0^{\infty} e^{-\lambda t} dt = \frac{1}{\lambda} \dots\dots\dots(3)$$

$$\text{Variance : } \sigma^2 = \frac{1}{\lambda^2}$$

Les distributions relatives à cette loi sont représentées par les courbes de la figure en fonction du taux de défaillance d'un ou plusieurs composants supposés avoir un même λ .

La distribution exponentielle s'applique aux systèmes opérants en continu (systèmes électroniques) c'est ce qu'on appelle distribution sans mémoire.

Les systèmes complexes ont aussi un $\lambda(t)$ constant. [4]

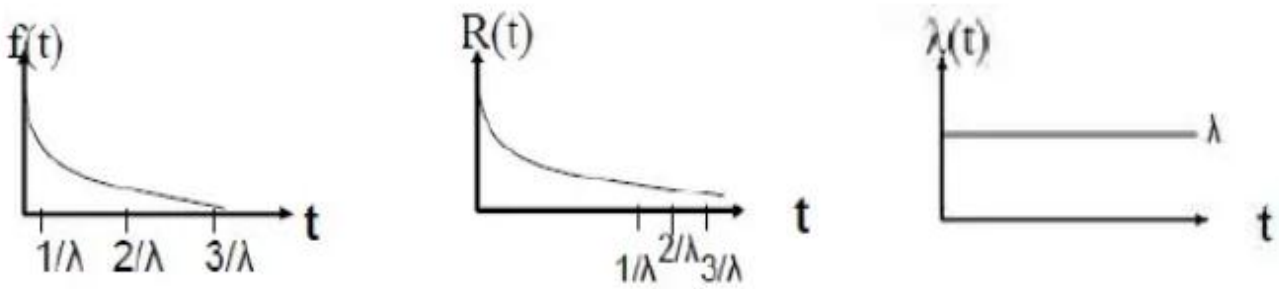


Figure 3.1 : distribution des fonctions de la loi exponentielle

3.2.1 La loi normale

Cette loi est aussi appelée loi de Gauss, en l'honneur du grand mathématicien allemand Karl Friedrich Gauss (1777-1855). La loi normale est la loi statistique la plus répandue et la plus utile, elle est utilisée afin d'approcher des probabilités associées à des variables aléatoires binomiales possédant un paramètre 'n' très grand.

Elle représente beaucoup de phénomènes aléatoires. De plus, de nombreuses autres lois statistiques peuvent être approchées par la loi normale, tout spécialement dans le cas des grands échantillons. Sa fonction de fiabilité est :

$$n(t) = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{t-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots(4)$$

Avec les paramètres de signification :

- μ : est la moyenne
- σ : l'écart type
- n : le nombre total d'individus dans l'échantillon
- n(x) : le nombre d'individus pour lesquels la grandeur analysée a la valeur x.
- e : est la base de l'exponentielle [4]

3.2.2 La loi log-normale (ou loi de GALTON)

On a pu voir que les valeurs possibles d'une variable aléatoire normale étaient L'ensemble des nombres réels. Pour une situation réelle ne pouvant prendre des Valeurs négatives, on peut malgré tout utiliser une loi normale lorsque la Moyenne et l'écart type sont tels que la probabilité théorique d'avoir une valeur Négative est à toute fin pratique nulle. En probabilité et statistique, une

Chapitre 3 Fiabilité des systèmes

variable aléatoire X est dite suivre une loi log-normale de paramètres μ et σ si la variable $Y = \ln(X)$ suit une loi normale de paramètres μ et σ .

Une variable peut être modélisée par une loi log-normale si elle est le résultat de la multiplication d'un grand nombre de petits facteurs indépendants. Sa fonction de probabilité est:

$$n(t) = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)^2} \dots\dots\dots(5)$$

Avec les paramètres de signification

- σ l'écart type
- μ c'est la moyenne

3.2.3 La loi binomiale

La loi binomiale est une loi discrète. On l'applique pour décrire un phénomène ayant deux occurrences s'excluant mutuellement (succès ou échec, état défaillant ou en fonctionnement par exemple). En fiabilité cette loi représente la probabilité de voir k défaillances de matériels lors de l'exécution de n essais, sachant que la probabilité élémentaire de défaillance d'un matériel est P . [5]

-Sa variance :	$V = nP(1 - P)$(6)
-Son écart type :	$\sigma = \sqrt{nP(1 - P)}$	

3.2.4 La loi de POISSON ou loi de faibles probabilités

La réalisation d'évènements aléatoires dans le temps se nomme « processus de poisson » et caractérise une suite de défaillances indépendantes entre elles et indépendantes du temps.

La loi de POISSON est une loi discrète, elle exprime la probabilité d'apparition d'un évènement lorsque celui-ci peut se manifester de nombreuses manières mais avec une faible probabilité.

Ses paramètres sont, en posant Sa variance : $m = \lambda t$

• Sa fréquence :	$Pr[x=k] = \frac{m^k}{k!} e^{-m}$(7)
• Sa fonction de répartition :	$F(x) = \sum_{k=0}^x \frac{m^k}{k!} e^{-m}$	

Chapitre 3 Fiabilité des systèmes

3.3 Paramètres nécessaires alla mesure de fiabilité

3.3.1 Densité de probabilité

La densité de probabilité de l'instant de la défaillance T s'obtient en dérivant la fonction de répartition $F(t)$: [4]

$$f(t) = \frac{df(t)}{dt} = - \frac{dR(t)}{dt} \dots\dots\dots(8)$$

3.3.2 Fonction de répartition

C'est la probabilité pour que le dispositif soit en panne à l'instant t_i

$$F(t_i) = P_r(T < t_i) \dots\dots\dots(9)$$

Notons que ces deux fonctions sont complémentaires :

$$F(t) + R(t) = 1 \dots\dots\dots(10)$$

3.3.3 La sureté de fonction de fiabilité

Le concept de sûreté de fonctionnement regroupe 4 disciplines :

a) **La fiabilité** : aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions d'utilisation données à un instant donné.

b) **La disponibilité** : la disponibilité est une mesure de la fraction du temps pendant laquelle un système est disponible, c.-à-d, en fonction ou apte à fonctionner. C'est une probabilité de fonction de temps.

c) **La maintenabilité** : la maintenabilité est une caractéristique précisant la facilité et la rapidité avec lesquels un système peut être remis en un état de fonctionnement total avec une fiabilité correspondant à son âge.

La rapidité de remise en état d'un système peut être mesuré par la durée active (temps de démontage et remontage sans tenir compte du temps perdu "temps d'attente de réponse des dépanneuse, achat des pièces...etc.") du dépannage.

d) **La sécurité** : aptitude d'un dispositif à éviter de faire apparaître des événements critiques ou catastrophiques. [1]

Chapitre 3 Fiabilité des systèmes

3.3.4 Les indicateurs de fiabilité

Nous appelons $R(t)$ la fonction de fiabilité, qui représente la probabilité de fonctionnement sans défaillances pendant un temps (t) , ou la probabilité de survie jusqu'à un temps (t) .

La probabilité d'avoir au moins une défaillance avant le temps (t) , qui représente la probabilité cumulative des défaillances, est appelé: « probabilité de défaillance ». [5]

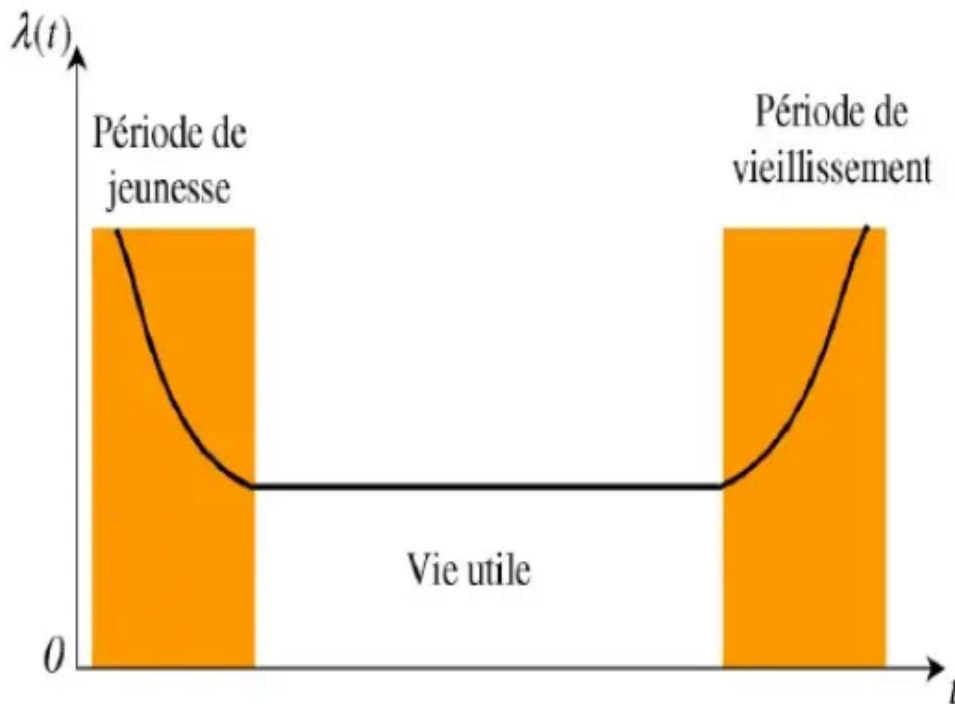


Figure 3.2 : distribution des fonctions de la loi exponentielle

3.4 La MTBF

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

$$\begin{aligned}
 \text{MTBF} &= \frac{\Sigma \text{ temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre d'intervalles de temps de bon fonctionnement}} \\
 \text{MTBF} &= \int_0^{+\infty} R(t) dt \dots\dots\dots(11)
 \end{aligned}$$

3.4.1 La loi de WEIBULL

C'est un modèle statistique particulièrement bien adapté à l'étude statistique des défaillances.

Chapitre 3 Fiabilité des systèmes

Cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentation.

WEIBULL : a donné au taux de défaillance $\lambda(t)$ une formule générale dépendant de trois (03) paramètres γ, η, β qui modélise avec une précision dans une gamme étendue l'application de ce modèle nécessite :

- TBF : temps de bon fonctionnement entre deux défaillances;
- Le nombre de pannes correspondant au TBF.

Nous pouvons associer à chaque instant t , soit analytiquement soit graphiquement, les fonctions liées au comportement du matériel à savoir

L'expression loi de Weibull recouvre en fait toute une famille de lois, certaines d'entre elles apparaissant en physique comme conséquence de certaines hypothèses. C'est en particulier, le cas de la loi exponentielle ($\beta = 1$) et de la loi normale ($\beta = \gamma$). Sa fonction de fiabilité est [5]

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

Avec les paramètres de signification :

β, η, γ définissent la distribution de Weibull. On utilise trois paramètres :

- β paramètre de forme ($\beta > 0$).
- η paramètre d'échelle ($\eta > 0$).

γ paramètre de position ($-\infty > \gamma > +\infty$).

3.4.2 Densité de probabilité $f(t)$

En fiabilité, elle représente la probabilité instantanée de défaillance (juste au temps t).

$$f(t) = \left(\frac{\beta}{\eta}\right) \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(13)$$

3.4.3 La fonction de répartition $F(t)$

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \dots\dots\dots(14)$$

3.4.4 La fonction de fiabilité $R(t)$

C'est la probabilité de non défaillance au-delà du temps t . [5]

$$R(t) = e^{-(t-\gamma/\eta)^\beta} = 1 - F(t).$$

Probabilité complémentaire(15)

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

$$\int_0^t f(t)dt + \int_0^\infty f(t)dt = 1$$

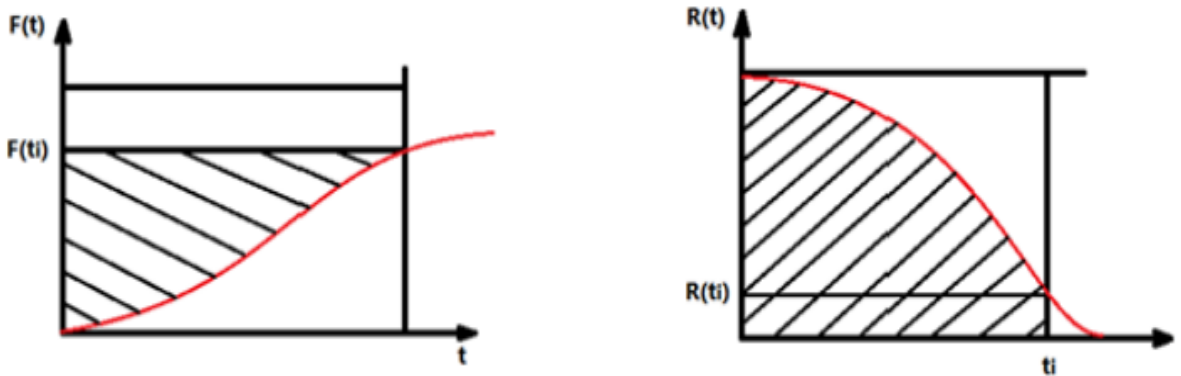


Figure 3.3 : Courbe de fiabilité et fonction de réparation

3.5 Taux de défaillance λ(t)

C'est la probabilité de défaillance à l'instant (t+dt), sachant que le dispositif était bon à l'instant t.

3.5.1 Signification des Weibull

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

paramètres du modèle de(16)

a. Paramètres de forme β

C'est un nombre sans dimensions, il définit l'allure de la distribution des durées. Il permet d'adapter la forme de la courbe f(t), R(t) et λ(t). [5]

Courbe en baignoire

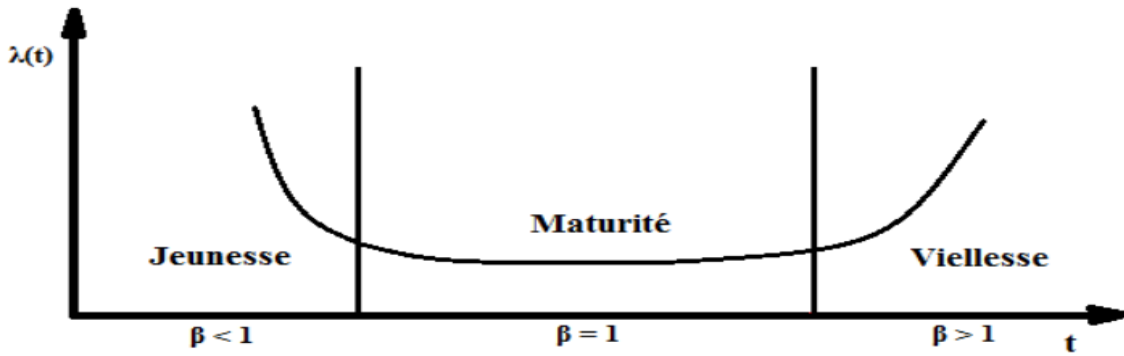


Figure 3.4 : Courbe en baignoire

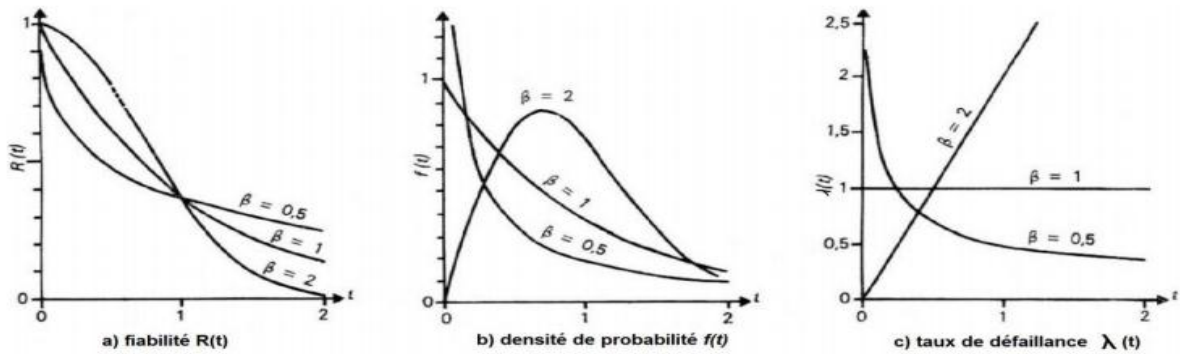


Figure 3.5 : formes de $f(t)$ $\lambda(t)$ en fonction de β

($\beta < 1$)Correspond à la zone décroissante de la courbe, c'est la période de mise en place dérodage de l'installation (période de jeunesse). [5]

($\beta = 1$)Corresponde à la zone ou le taux de défaillance est pratiquement constant, c'est la période de défaillance aléatoire qui ne présente généralement avec un symptôme de dégradation préalable (vie utile). C'est la période la plus longue

($\beta > 1$)Corresponde à la zone croissante rapide, c'est la période de vieillesse provoqué par l'usure mécanique.

b. Paramétré d'échelle En unité qui est associée à l'échelle utilisé sur le graphe d'allions plait. [5]

c. Paramétré de position

Il permet de déterminer la date du début de la défaillance ; son unité est celle du temps :

Chapitre 3 Fiabilité des systèmes

Si :

$\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant l'origine du temps ;

$\gamma = 0$: les défaillances ont débuté dès l'origine du temps ;(17)

$\gamma > 0$: il y a une survie totale entre $t=0$ et $t= \gamma$.

Chapitre 4

Etude des indicateurs de fiabilité

Chapitre 4 : Etude des indicateurs de fiabilité

4 HISTORIQUE DU COMPLEXE

Ce complexe est spécialisé dans l'exploitation minière des gisements de phosphate.

Le gisement de phosphate de Djebel Onk a été découvert en 1908 par les français.

Ce n'est qu'en 1931 que commencent les premières études par la compagnie de phosphate de Constantine en suite fut créée la société Djebel ONK en 1936.

De 1961 à 1963 fut précisé les valeurs du gisement de Djebel Onk.

Et ce n'est qu'au mois de février 1965 que débute l'exploitation de DJEMI DJEMA.

Actuellement le complexe exploite une nouvelle carrière de KEF SNOUNE après l'épuisement de la carrière de DJEMI DJEMA.

CHAINE DE TRAITEMENT :

- Date De Mise En Production Des Installations
- Démarrage Et Essais De La Voie Humide Dki: 1965
- Démarrage De La 1 Ligne De La Voie Seche Dkii: 1973
- Démarrage De La 2 Ligne De La Voie Seche Dk Iii: 1978

I- Organisation générale de la mine :

L'EN FERPHOS à caractère économique est chargée du développement de la production nationale et internationale du phosphate par l'intermédiaire de SOMIPHOS DJEBEL EL ONK.

I-1 STRUCTURES DE MINE :

FERPHOS (issue de la restructuration de la SONAREM) a été filialisée en plusieurs filiales :

- SOMIPHOS (société des mines de phosphate)
- SOMIFER (société des mines de fer)
- SFO (société fonderie Ouenza)
- SOTRAMINE (société de transport minier)
- FARBAT (ferphos batigec)
- SPMC (société pouzzolane et matériaux de construction)

SOMIPHOS se compose de :

- Direction générale
- CERAD (centre d'étude et de recherche appliquée et développement)

Chapitre 4 : Etude des indicateurs de fiabilité

- IPA (installations portuaires Annaba)

-CMDO (complexe minier de djebel Onk)

**LE COMPLEXE DE DJEBEL ONK est composé de :

-Direction du Complexe

-Service personnels

-Service comptabilité générale

- Service comptabilité analytique

-Service sécurité

- responsable management qualité et environnement.

-Direction technique

LA DIRECTION TECHNIQUE comporte 5 départements :

- département Extraction

- département Traitement

- DED département Etude et Développement

-DEMUR (Département Entretien Matériels roulants)

-DEMF (Département Entretien Matériels fixes)

Et 3 Services

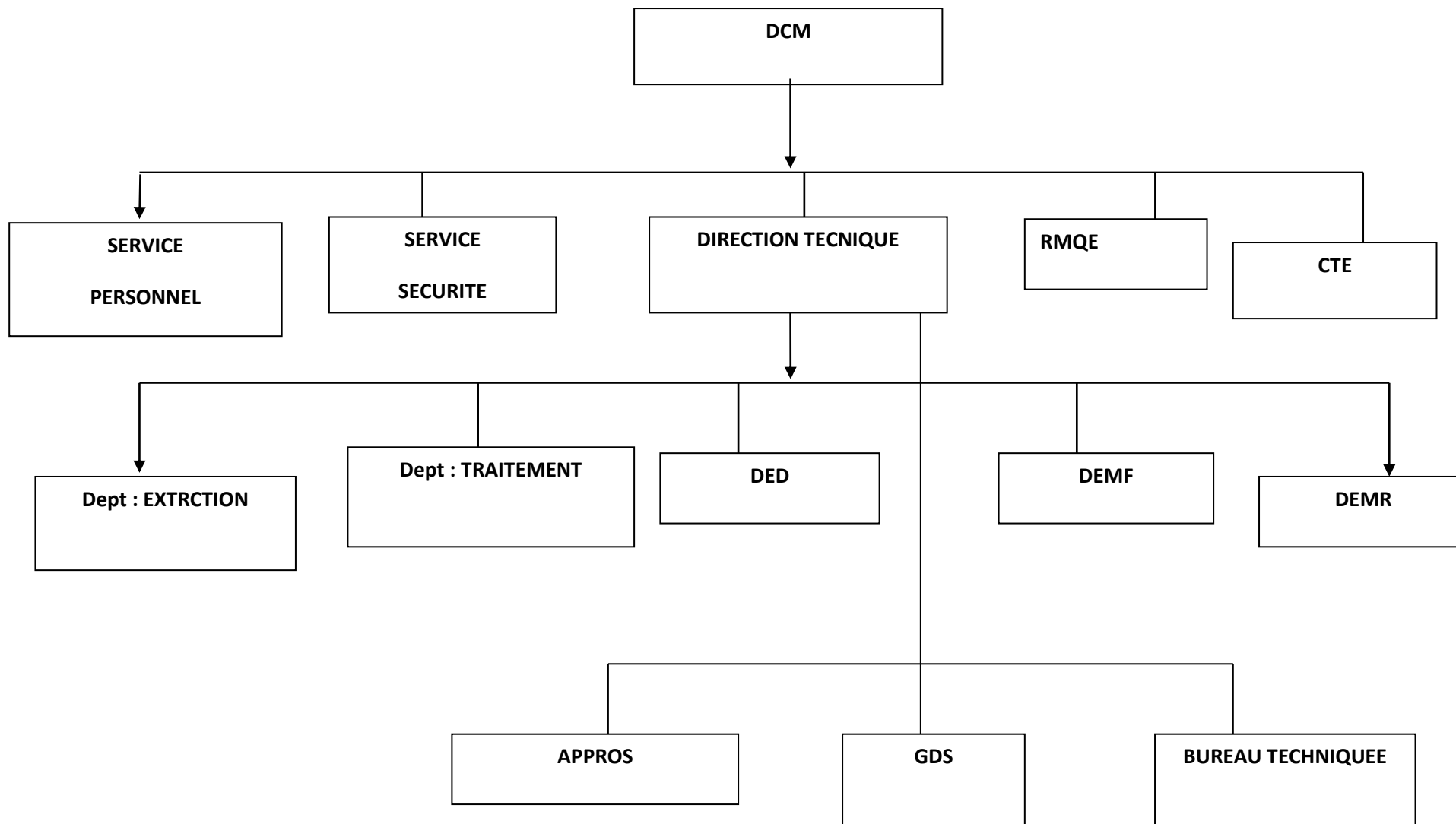
-Service approvisionnement achats

-service gestion des stocks

-Bureau

Chapitre 4 : Etude des indicateurs de fiabilité

4.1 ORGANIGRAMME DU COMPLEXE :



Chapitre 4 : Etude des indicateurs de fiabilité

4.2 Calcul des indicateurs de fiabilité

Notre cas d'étude est réalisé dans le complexe minier de Djebel Onk, précisément dans le parc d'engin. L'étude porte sur le bulldozer (type de travail 3x8) et la BULDOZER DRESS TA –TD40-E pour l'année 2019.

1^{er} engin : BULDOZER DRESS TA –TD40-E

Commençant par le calcul des temps de bon fonctionnement (TBF)

Tableau 4.1 les temps de bon fonctionnement année 2019

Rang	Panne	Pause	Temps de travail	TBF
1	10/01/2019 16/02/2019	6 h 6 h	7 Jours x 24 h = 168 h	168 h – 12 h = 156 h
2	05/03/2019 28/03/2019	8 h 5 h	23 Jours x 24 h = 552 h	552 h – 13 h = 539 h
3	16/04/2019 23/04/2019	3 h 4 h	8 Jours x 24 h = 192 h	192 h – 7 h = 185 h
4	19/04/2019 14/05/2019	1 h 1 h	17 Jours x 24 h = 408 h	408 h – 2 h = 406 h

Après avoir déterminé les temps de bon fonctionnement nous déterminons la moyenne du temps de bon fonctionnement du bulldozer

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{4}$$

.....(18)

$$MTBF = \frac{\sum 156 + 539 + 185 + 406}{4} = 321,5 \cong 322 h$$

Chapitre 4 : Etude des indicateurs de fiabilité

4.2.1 Calcul du taux de défaillance

Le taux d'avarie (le taux de défaillance) correspondant $\lambda(t)$ parfois noté $z(t)$, c'est la probabilité d'avarie au temps $(t+\Delta t)$, elle est exprimée par la formule :

$$\lambda = 1 / \text{MTBF} = 1 / 322 = 0,0031$$

Calcul de fiabilité $R(t)$, fonction de défaillance $F(t)$ et densité de probabilité de défaillance $f(t)$

Après avoir déterminé les indicateurs de fiabilité, nous déterminons la fiabilité $R(t)$, la fonction $F(t)$, la densité de probabilité $f(t)$.

$$R(t) = e^{-(0,0031 \times 322)} = e^{-0,9982}$$

$$R(t) = 0,3685$$

$$F(t) = 1 - e^{-\lambda t} = 1 - 0,3685 = 0,6315 \quad \dots\dots\dots(19)$$

$$F(t) = 0,6315$$

$$f(t) = \lambda - e^{-\lambda t} = 0,0031 \times 0,3685 = 0,001142$$

$$f(t) = 0,001142$$

Chapitre 4 : Etude des indicateurs de fiabilité

4.3 Calcul des indicateurs de fiabilité

Notre cas d'étude est réalisé dans le complexe minier de Djebel Onk, précisément dans le parc d'engin. L'étude porte sur le bulldozer (type de travail 3x8) et la Pelle Hyd CAT 390 F pour l'année 2019.

2^{ème} engin : Pelle Hyd CAT 390 F

Commençant par le calcul des temps de bon fonctionnement (TBF)

Tableau 4.2 les temps de bon fonctionnement année 2019

Rang	Panne	Pause	Temps de travail	TBF
1	12/01/2019 14/01/2019	6 h 5 h	2 Jours x 24 h = 48 h	48 h – 11,30 h = 36,7 h
2	08/03/2019 25/03/2019	5 h 3 h 30	12 Jours x 24 h = 288 h	288 h – 8 h 30 = 279,7 h
3	13/04/2019 19/04/2019	3 h 30 5 h	6 Jours x 24 h = 144 h	144 h – 8 h 30 = 135,7 h
4	27/07/2019 30/07/2019	9 h 4 h	3 Jours x 24 h = 72 h	72 h – 13 h = 59 h

Après avoir déterminé les temps de bon fonctionnement nous déterminons la moyenne du temps de bon fonctionnement du bulldozer

$$MTBF = \frac{\sum TBF}{4} \dots\dots\dots(20)$$

$$MTBF = \frac{\sum 36,7 + 279,7 + 135,7 + 59}{4} = 172,77 \cong 128 h$$

4.3.1 Calcul du taux de défaillance

Le taux d'avarie (le taux de défaillance) correspondant $\lambda(t)$ parfois noté $z(t)$, c'est la probabilité d'avarie au temps $(t+\Delta t)$, elle est exprimée par la formule :

$$\lambda = 1 / MTBF = 1 / 128 = 0,007812$$

Chapitre 4 : Etude des indicateurs de fiabilité

4.3.2 Calcul de fiabilité R(t), fonction de défaillance F(t) et densité de probabilité de défaillance f(t)

Après avoir déterminé les indicateurs de fiabilité ,nous déterminons la fiabilité R(t), la fonction F(t), la densité de probabilité f(t).

$$R(t) = e^{-(0,007812 \times 128)} = e^{-0,999936} = 0,3679$$

$$R(t) = 0,3679$$

$$F(t) = 1 - e^{\lambda t} = 1 - e^{0,3685} = 0,6321$$

$$F(t) = 0,6321 \quad \dots\dots\dots(21)$$

$$F(t) = \lambda - e^{\lambda t} = 0,007812 \times 0,3621 = 0,004937$$

$$F(t) = 0,004937$$

Tableau 4.3 résultat des calculs

Machine	Défaillance	TBF	$\lambda(t)$	MTBF
Buldozer Dress Ta –Td40-E	34 h	1286 h	0,0031	322
Pelle Hyd CAT 390 F	41 h 30	511,1 h	0,0049	128

Interprétation des résultats

D’après les calculs faits sur les engins (cas d’étude) a savoir la chargeuse et le bulldozer du parc d’engin instauré dans le complexe minier de Djebel Onk, nous voyons clairement que ces deux équipements sont défaillants et sont considérés non fiables selon les indicateurs de fiabilité ainsi que la fiabilité R(t) qui est égale à 0,3685 estimée à (0,37%) et la F(t)égale à 0,6315 estimée à (0,631) pour le 1 er engin (le bulldozer) avec un taux de défaillance 0,0031 et un MTBF égale à 322heures. Pour la pelle hydraulique notons les mêmes résultats de fiabilité R(t) et défaillance F(t).Pour le taux de défaillance, il est égale à 0,0079 ce qui prouve la dégradation du fonctionnement des deux engins étudiées.

Conclusion générale

Conclusion générale

L'étude de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté de fonctionnement. Aujourd'hui, la fiabilité est devenue un paramètre clé de la qualité et d'aide à la décision, dans l'étude de la plupart des composants. De nombreux industriels travaillent à l'évaluation et l'amélioration de la fiabilité de leurs produits (rentable) au cours de leur cycle de développement, de la conception à la mise en service (conception, fabrication et exploitation) afin de développer leurs connaissances sur le rapport Cout/ Fiabilité et maîtriser les sources de défaillance.

L'étude de la fiabilité dans le domaine industriel est un outil très important pour caractériser le comportement du produit dans les différentes phases de vie, mesurer l'impact des modifications de conception sur l'intégrité du produit, qualifier un nouveau produit et améliorer ses performances tout au long de sa mission.

La fiabilité $R(t)$ décroît rapidement pour le bulldozer ainsi que la chargeuse ce qui ramène à réfléchir sur la révision du programme de maintenance et donner plus d'importance au facteur conditions de travail. et la fonction de défaillance va en croissance pour les deux machines étudiées.

Nous espérons que ce modeste travail servira de documentation pour d'autres études.

Bibliographie

[1] Mazouz F. (Licence : Electromécanique), Maintenance machine thermique et hydraulique université de BATNA (2017- 2018).

[2] Source : <https://www.techniques-ingenieur.de> fiabilité.fr

[3] Taleb. M, Thèse present pat TALEB.M (2018).

« Surveillance, détection et diagnostic des défaillances dans une cimenterie en vue l'obtention du doctorat.

[4] DAFDAF A. (2017), (Optimisation de fiabilité d'un système électromécanique)
(UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF – M'SILA)

[5] BELLAOUAR A. (2014) (FIABILITEMAINTENABILITEDISPONIBILITE),
(UNIVERSITE Constantine).