



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :

Louail Moussa

Le : samedi 26 septembre 2020

Etude de la maintenance industrielles application de dattes de Tolgade l'Université de Biskra

Jury :

Dr.	BOULEGROUN A.M	Pr	Université de Biskra	Rapporteur
Dr.	BACI LAMINE	MCA	Université de Biskra	Président
Dr.	BEN ZAIN H.R	MCB	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2019 - 2020

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux êtres qui sont les plus chère dans ma vie :

*A ma très chère mère : KHADRA cette fontaine d'amour et de tendresse, pour
ces conseils et soutien indéfectible.*

A mon très cher père : SAID

A mon très cher marie : NADJET

A mon très cher frères : NADHIR, KHALED, TAREK et ma sœur HANAN

*Et je dédie à mes amies : salem ben saead, yazid, khlifa, abd elmomene, satar,
fossem ,sahraoui, lansari,*

A toute la famille LOUAIL

En fin, je remercie mes amies qui a contribué à la réalisation de ce modeste travail.

MOUSSA Louail

Remerciement

Tout d'abord je dois remercier Dieu qui m'a donné la santé et la volonté durant la réalisation de ce présent mémoire.

Puis, je voudrai remercier mon prof boulegroun abd elmalek pour sa disponibilité, ses précieux conseils et pour la confiance qu'elle a mise en moi, qu'elle trouve ici toute ma gratitude et surtout ma parfaite considération de l'intérêt qu'elle porte à ce travail.

Je tiens également à adresser mes remerciements aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer mon travail.

J'adresse également mon remerciement à l'enseignante bassi pour ses qualités personnelles, et l'enseignante haroun abrashid pour son soutien et sa générosité.

Enfin, je remercie le directeur de SdBAL

NOMENCLATURE

Z: Variable aléatoire

A(t): Le matériel est en état de bon fonctionnement

$\lambda(t)$: Le taux de défaillance

t: Temps

B: Le matériel est défaillant

F(t): La fonction de défaillance

R(t): La fonction de fiabilité

R: La fiabilité

β : Paramètre de forme ($\beta > 0$)

η : Paramètre d'échelle ($\eta > 0$)

γ : Paramètre de position ($-\infty < \gamma < +\infty$)

e: La base de l'exponentielle (2,718...)

λ : C'est l'intensité

Listes des figures

Figure I.1 : organigramme représentant les type de maintenance:.....	5
Figure I.2: Les cinq niveaux d=e la maintenance:	10
Figure I.3:structure du service maintenance:.....	16
Figure I.4: structure de la documentation du service maintenance:.....	21
Figure I.5: allure de la maintenabilité $M(t)$:	24
Figure II.1 :Composants du système:	28
Figure II.2:Évolution de maintenabilité d'un système en fonction de temps:.....	30
Figure II.3 : Évolution de disponibilité d'un équipement en fonction de temps:	31
Figure II.4 : Évolution de disponibilité d'un équipement réparé de manière continue en fonction de temps:	32
Figure II.5:Courbes d'évolution des coûts en fonction de la fiabilité:	34
Figure II.6 : Les durées caractéristiques de FMD:	35
Figure II.7 : Dégradation du bien et durée de vie:	36
Figure II.8 : Fonction de défaillance:	37
Figure II.9 :Fonction associée Le taux:	38
Figure II.10 : Courbes caractéristiques du taux de défaillance:	41
Figure II.11 : La courbe en baignoire:	43
Figure II.12 : Courbe du taux de défaillance en mécanique:	45
Figure II.13 : Courbes d'évolution des coûts en fonction de la fiabilité:	47
Figure II.14 : Composants en série:	49
Figure II.15 : Composants en parallèle:.....	50
Figure II.16 : Les méthodes de maintenance:.....	57
Figure II.17 : Action exercée après une défaillance sera dite corrective	58
Figure III.1 : machine de nettoyage de date:	73
Figure III.2 :Chaudière a vapeur :.....	74
Figure III.3 :Tunnel de maturité de date :.....	74
Figure III.4 : table tournante de boîte de date:.....	75
Figure III.5 :chambre d'autoclave de date:.....	76
Figure III.6 :cellophaneuse de boitede date (Machines d'emballage):.....	77
figure III.7 : Crush et hacher les dates:	78
Figure III.8 : convoyeur:.....	78
Figure III.9 :cercleuse automatiquede date:.....	79

Listedes tableaux

Tableau II.1: Les facteurs de maintenabilité:	30
Tableau II.1Priorisation d'une maintenance planifiée :	63
Tableau III.1: État des appari elges:	76

SOMMAIRE

Dedicace	I
Remercement	II
NOMENCLATURE	III
Listedes Figures	IV
Listedes Tableaux	V
introduction Generale	1
Chapitre I: notion sur la maintenence	3
I.1. Maintenance	4
I.1.1. Definition	4
I.1.2. methodes de maintenance	5
I.1.3. Maintenance préventive	5
I.1.3.1. Définition	5
I.1.3.2. But de maintenance préventive	5
I.2. Différentes formes de maintenance préventive	6
I.2.1. Maintenance préventive systématique	6
I.2.2. Maintenance préventive conditionnelle	6
I.3.Maintenance corrective	6
I.3.1.Définition	6
I.3.2. But de maintenance corrective	7

I.4. Operations de maintenance	7
I.4.1. Dépannage	7
I.4.2. Réparation	7
I.4.3. Inspections	7
I.4.4. Visites	7
I.4.5. Contrôles:	8
I.5. événements	8
I.5.1. Défaillance	8
I.6. Notion De FMD (Fiabilité, Disponibilité, Maintenabilité)	11
I. 6. 1. Définition de la fiabilité	11
I.7. Modèles utilisés pour la mesure de la fiabilité	12
I.7.1. Loi binomiale (discrète)	12
I.7.2. Loi hypergéométrique	12
I.7.3. Loi de poisson	12
I.7.4. Loi normale	12
I.7.5. Loi log- normale	12
I.7.6. Loi exponentielle	13
I.7.7. Modèle de WEIBULL (Weibull: mathématicien suédois).	13
I.8. Objectifs de la maintenance	14

I.8.1. Objectifs opérationnels	14
I.8.2. Objectifs de coût	15
I.9. Missions de la maintenance	15
I.10. Structure du bureau de maintenance	16
I.10.1. Bureau de méthode	16
I.10.2. Bureau d'ordonnancement	17
I.10.3. Bureau de réalisation	17
I.10.4. Magasin PR	18
I.11. Fonctions (opérations) de maintenance	18
I.11.1. Opérations de la maintenance corrective	18
I.11.2. Opérations de la maintenance préventive	19
I.11.3. Opérations de la maintenance améliorative	20
I.12. Documentation en maintenance	21
I.12.1. Documentation générale	22
I.12.2. Documentation stratégique	22
I.13. Etude de la Maintenabilité	23
I.13.1. Définition	23
I.13.2. Paramètres nécessaires à la mesure de la Maintenabilité	23
I.14. Étude de la disponibilité	24
I.14.1. Définition	24
I.14.2. Mesure de la disponibilité	24
Chapitre II: FIABILITE, MAINTENANCE, DISPONIBILITE	25

II.1. Introduction	26
II.2. Comportement du matériel en service	26
II.3. Qu'est-ce qu'un système ?	27
II.4. Sûreté de fonctionnement	27
II.4.1. Maintenabilité (<i>Maintainability</i>)	28
II.4.2. Disponibilité (<i>Availability</i>)	29
II.4.3. Fiabilité (<i>Reliability</i>)	31
II.5. Analyses FMD : indicateurs opérationnels	34
II.5.1. Temps de fiabilité, maintenabilité et disponibilité	34
II.5.2. Taux de défaillance et lois de fiabilité	34
II.5.3. Taux de défaillance instantané	37
II.5.4. Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF)	39
II.5.5. Temps moyen de bon fonctionnement	39
II.5.6. Différentes phases du cycle de vie d'un produit	41
II.5.7. Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique	45
II.5.8. Evolution des coûts en fonction de la fiabilité	45
II.5.9. Fiabilité d'un système	47
II.5.9.1. Fiabilité de système constitué de plusieurs composants	47
II.5.9.2. En série	47
II.5.9.3. En parallèle	48
II.5.9.4. Cas des systèmes connectés en parallèle et dis en attente	50
II.5.9.5. Cas de deux composants en attente	50
II.5.9.6. Cas de n composants en attente	50

II.5.9.7.Cas où m composants sur les n sont nécessaires au succès du système.	51
II.5.10. Combinaison de composants en série et en parallèle	51
II.5.11.Lois de fiabilité	51
II.5.12. Exemples étudiés	52
II.6.Modèles de fiabilité	54
II.6.1.Fiabilité estimée ou intrinsèque	54
II.6.2.Fiabilité prévisionnelle	54
II.6.3.Fiabilité opérationnelle	55
II.7.Différentes formes de la maintenance	55
II.7.1.Maintenance corrective	56
II.7.2. Maintenance palliative	57
II.7.3. Maintenance palliative	58
II.7.4. Maintenance préventive	55
II.8.Organisation d'entretien et de dépannage des équipements électriques....	59
II.9.Classification de la maintenance planifiée des équipements électriques.....	60
II.9.1. Prioriser le déploiement de la maintenance planifiée	61
II.9.2.Un exemple de classification	62
Chapitre III: UNITE INDUSTRIELLE DATTES DE TOLGA.....	66
III.1. Unit industrielle Datts de tolga	67
III.2. d'amélioration la maintenance de les machines	70
III.2.1 Planification	70
III.2.2. Précision	71

III.2.3. Protection	71
III.2.4. Mesure	72
III.3. structure de l'unte	72
III.4. État des appareillages	80
III.5. Causes possibles des pannes et verification pour detecter ces Causes	81
Conclusion generale	84
Liste des references	86
Annexe	87

INTRODUCTIONGENERAL

Introduction generale

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:

1. La notion du taux de défaillance n'existe pas
2. Le recueil des informations sur la fiabilité est plus difficile
3. 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.
4. 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 polycopié s'adresse aux étudiants master de l'option maîtrise des risques industriels, poursuivant leur formation à la faculté des sciences de l'ingénieur. La conduite du calcul est conditionnée par le choix convenable d'une loi de fiabilité décrivant le comporte.

Ce travail sera donc organisé comme suit :

- Le premier chapitre est consacré pour des notions générales de la maintenance.
- Le deuxième chapitre, des notions théoriques de la fameuse « étude FMD » ou bien l'étude de la Fiabilité, la Maintenabilité et la disponibilité.
- Le troisième chapitre qui résume le cœur de l'étude où on va citer les problèmes et donner des solutions.

CHAPITRE - I -

Notions sur la maintenance

I.1. Maintenance

I.1.1. Définition

D'après AFNOR (NFX60 - 010).

La maintenance est définie comme étant l'ensemble des actions permettant de bien maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifique ou en mesure d'assurer un service déterminé avec un cout optimal.

Commentaires:[10]

- Maintenir : contient la notion de «prévention» sur un système en fonctionnement.
- Rétablir : contient la notion de «correction» consécutive à une perte de fonction.
- État spécifié ou service déterminé : implique la prédétermination d'objectif à atteindre,avec quantification des niveaux caractéristiques.
- Coût optimal qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité.

I.1.2. Methodes de maintenance

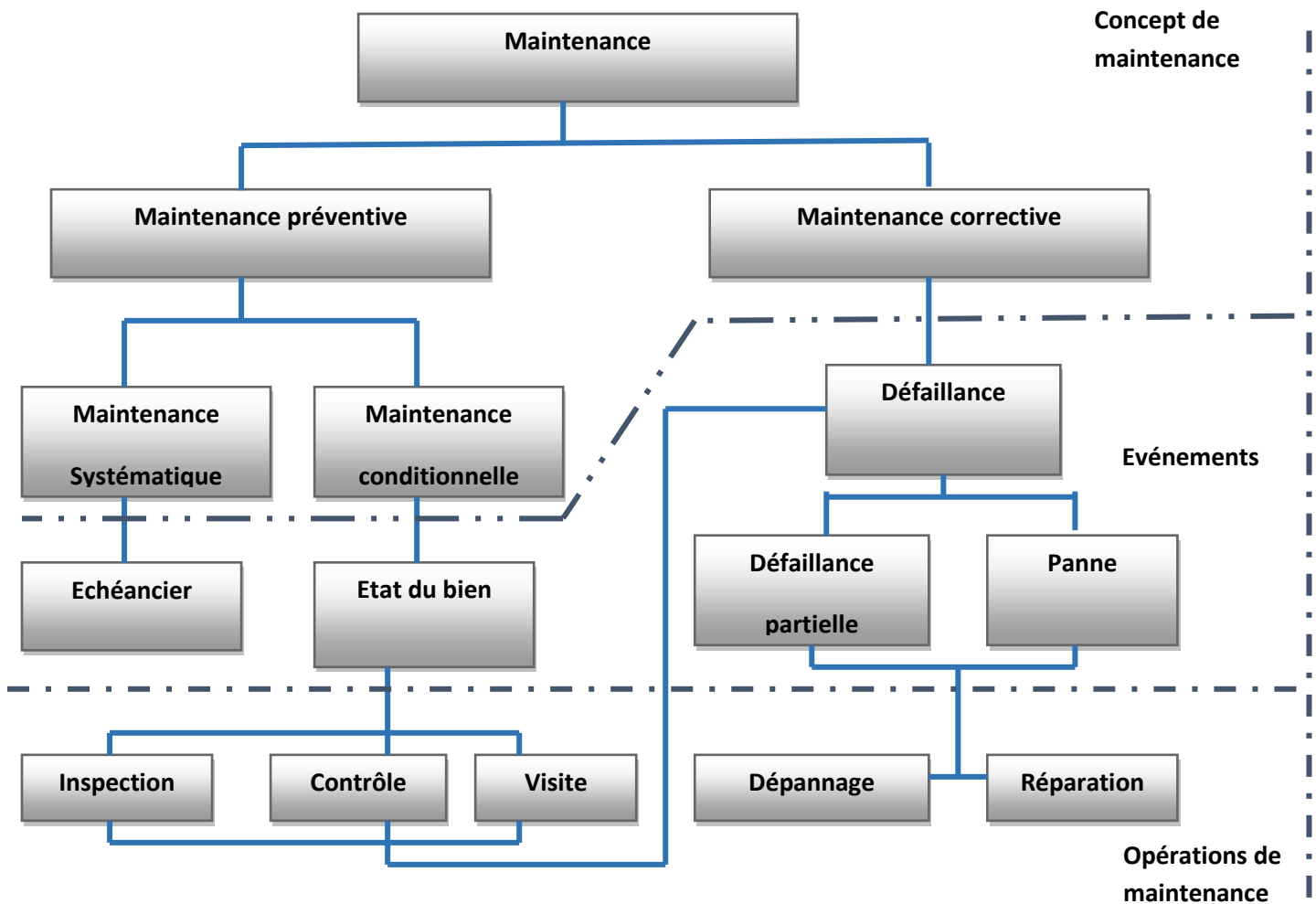


Figure I.1 : organigramme représentant les type de maintenance

I.1.3. Maintenance préventive

I.1.3.1. Définition

C'est une maintenance effectuée dans l'intention de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.[10]

I.1.3.2. But de maintenance préventive

- 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.
- Prévoir les interventions de maintenance corrective coûteuses.
- Diminuer le budget de maintenance.
- Supprimer la gestion des stocks.

- Assurer la sécurité.

I.2. Différentes formes de maintenance préventive

On distingue deux types: [2]

I.2.1. Maintenance préventive systématique

C'est une maintenance effectuée selon un échéancier établi suivant le temps ou le nombre d'unité d'usure, la mise en place d'action préventive systématique impose une connaissance préalable du matériel dans le temps.

Cas d'application du préventive systématique:

Elle peut être appliquée dans les cas suivants:

- Equipements soumis à la législation en vigueur (sécurité – règlement – appareil de levage- extincteur).
- Equipements dont les pannes risquent de provoquer des accidents graves.
- Equipements ayant des coûts de réparation très élevés.
- Equipement dont le fonctionnement anormal peut provoquer des perturbations importantes pour la production et pourrait avoir des consommations d'énergie importantes.

I.2.2. Maintenance préventive conditionnelle

C'est une maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (mesure d'une usure, information d'un capteur, auto diagnostic). Elle a pour objectif le suivi continu du matériel dans le but de prévenir les défaillances attendues, la décision d'intervention préventive est prise lorsqu'il y a évidence expérimentale de défaut proche d'un seuil de dégradation prédéterminé.

Une idée de la maintenance conditionnelle consiste à ne changer les éléments que lorsque celui-ci présente des signes de vieillissement ou d'usure mettant en danger ses performances, cependant on s'appuie sur des mesures physiques vibrations de bruit de température et d'huile[5].

I.3. Maintenance corrective

I.3.1. Définition

C'est la maintenance exécutée après défaillance et destinée à remettre un dispositif

dans un état tel que il puisse assurer la fonction requise, elle englobe les opérations suivantes:

Dépannage, Réparations, test, détection, diagnostic et essai, et elle nécessite les moyens suivants:

Documentation technique, formation de personnel, gamme, type de réparation et de gestion des pièces de rechange.

I.3.2. But de maintenance corrective

La maintenance corrective à pour but de faire une analyse des cause de défaillances:

- Remise en état (dépannage, réparation).
- Une amélioration éventuelle évitant la réparation de la panne.
- Une mise en mémoire de l'intervention permettant une exploitation ultérieure.

I.4. Operations de maintenance

I.4.1. Dépannage

C'est l'action sur un équipement en panne en vue de le remettre en état de fonctionnement, les interventions de dépannage sont souvent de courte durée mais peuvent être nombreuse, il peut être appliquée sur des équipements fonctionnant en continu dont les impératives de production interdisent toute visite ou intervention à l'arrêt [3].

I.4.2. Réparation

C'est une intervention définitive et limitée, l'équipement réparé" doit assurer les performances pour les quel il à été conçu.

I.4.3. Inspections

Ce sont des activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique ni d'arrêt de l'outil de production.

I.4.4. Visites

Ce sont des opérations de surveillance qui dans le cadre de la maintenance préventive systématique s'opèrent selon une périodicité prédéterminée, ces

opérations définies aux préalables, peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel.

I.4.5. Contrôles

Consiste à mesurer, passer aux calibres essayer une ou plusieurs caractéristiques et les comparer aux exigences spécifiques en vue d'établir leur conformité.

I.5. Événements

I.5.1. Défaillance

c'est la cessation de l'aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise .Pour définir avec précision les défaillances, il faut tenir compte de la rapidité de manifestation, des causes, du degré d'importance, des conséquences ou d'une combinaison de tous ces éléments. A cette fin, un vocabulaire précis est utilisé (voir définitions suivantes) [4].

- Causes de défaillance

Circonstances liées à la conception, la fabrication ou à l'emploi d'un bien et ayant entraîné la défaillance.

- Différents mode de défaillance

Effet par lequel une défaillance est observée.

- Défaillance progressive

Défaillance qui aurait pu être prévue par un examen ou une surveillance antérieurs.

Exemples usures diverses.

-Défaillance soudaine

Défaillance qui n'aurait pas pu être prévue par un

- examen ou une surveillance antérieurs.
- crevaison d'un pneumatique.

- Défaillance partielle

Défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au –dé la des limites spécifiées, mais telle qu'elle n'entraîne pas une disparition complète de la fonction requise.

défaillance de l'un des deux feux de croisement d'une automobile.

- Défaillance complète

Défaillance résultant de déviations d'une ou des caractéristiques au –dé la des limites spécifiées, telle qu'elle entraîne une disparition complète de la fonction requise Rupture du moteur d'une automobile.

-Défaillance intermittent

Défaillance d'un dispositif pour une période de temps limitée,après laquelle le dispositif retrouve son aptitude à accomplir sa fonction requise sans avoir été soumis à une action corrective extérieure.

Panne typique due à un mauvais contact électrique.

- Défaillance catalectique

Défaillance qui est à la fois soudaine et complète.

- Défaillance par dégradation

Défaillance qui est à la fois progressive et partielle (qui, à la longue, peut devenir une défaillance complète); mauvais allumage d'une automobile suite à l'usure des bougies.

- Défaillance due à une faiblesse inhérente

Défaillance attribuable à une faiblesse inhérente au dispositif lui-même lorsque les contraintes ne son y pas au – dé la des possibilités données du dispositif (faiblesse due à la conception de contraintes au – dé la des possibilités données du dispositif.

- Défaillance due à un mauvaise emploi

Défaillance attribuable à l'application de contraintes au-delà des possibilités données du dispositif. rupture d'un système de levage sous l'effet d'une surcharge.

- 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 n'est pas la défaillance d'un autre dispositif.

Rupture d'un moteur après défaillance de la pompe à eau.

- Défaillance critique

Défaillance qui empêche l'accomplissement de la fonction requise et fait encourir des risques de blessures graves aux personnes ou des dégâts très importants au matériel.

Exemples

panne du circuit de freinage d'une automobile.

- **Défaillance majeure:** défaillance autre que critique qui risque de réduire l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir la fonction requise.

Rupture d'un joint de culasse d'une automobile.

- **Défaillance mineure:** défaillance autre que critique qui ne réduit pas l'aptitude d'un dispositif plus complexe à accomplir la fonction requise.

Panne de l'une des ampoules d'un circuit d'éclairage.

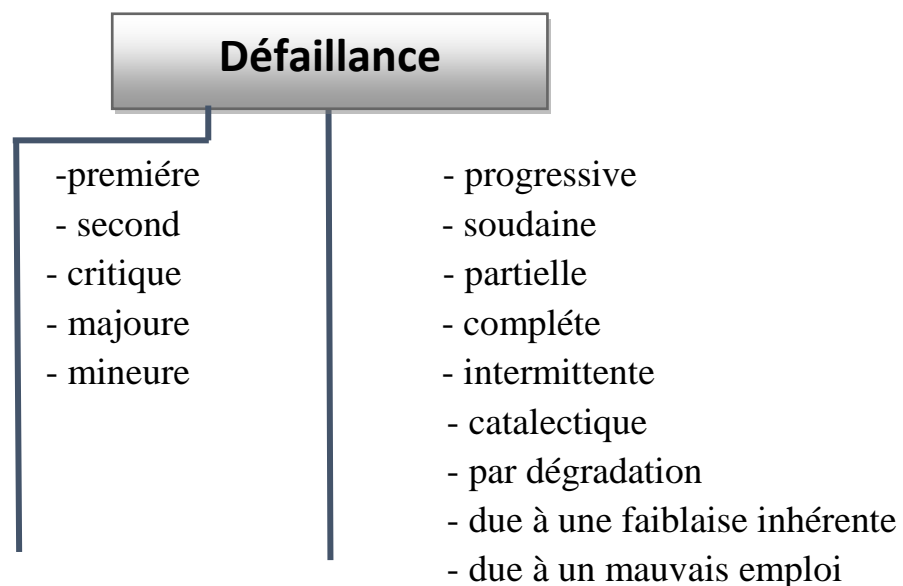


Figure I.2: Les cinq niveaux de la maintenance[10]

D'après la norme NF*60-011, il y a cinq niveaux de la maintenance.

Niveau 1

Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'organes accessibles sans aucun démontage d'équipement, où échange d'éléments accessibles en toute sécurité.

Niveau 2

Dépannage par échange standard d'élément prévus à cet effet ou d'opérations mineures de maintenance préventive (rondes).

Niveau 3

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants fonctionnels, réparations mécaniques mineurs.

Niveau 4

Travaux importants de maintenance corrective ou préventive.

Niveau 5

Travaux de rénovation, de reconstruction ou de réparation importantes confiées à un atelier central. [16]

I.6. Notion De FMD (Fiabilité, Disponibilité,Maintenabilité)

I.6.1. Définition de la fiabilité

La fiabilité est la caractéristique d'un dispositif exprimé par la probabilité que ce dispositif accomplisse une fonction requise dans des conditions d'utilisation données et pour une période déterminée.

$R(t)$ =probabilité (système nom défaillant sur l'intervalle $[0, t]$).ce qui revient donc au rapport: nombre de cas favorables/nombre de cas possibles En général, on distingue:

$$R(t) = \frac{\text{Nombre de cas favorables}}{\text{Nombre de cas possibles}} \quad (\text{I.1})$$

- Fiabilité intrinsèque

Elle est propre à un matériel et à l'environnement donné, et ne dépend que de la qualité de ce matériel.

Pour une qualité initiale donnée, elle n'est fonction que de l'âge et des facteurs d'agression naturels non humaines (température, humidité, vibration).

- La fiabilité extrinsèque

elle résulte des conditions d'exploitation (profil de mission), de la qualité de maintenance, d'une manière générale d'événements relatifs à l'intervention humaine.

$$MTBF = \frac{\text{Somme des temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre des temps de bon fonctionnement}} \quad (\text{I.2})$$

MTBF : La durée moyenne entre deux défaillances consécutives.

I.7. Les modèles utilisés pour la mesure de la fiabilité

I.7.1. la loi binomiale (discrète)

Elle permet d'évaluer le nombre d'éléments défaillance d'un échantillon prélevé dans une population dont on connaît la probabilité de défaillance.

$$P(x = k) \quad \text{avec} \quad C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! \times k!} \quad (\text{I.3})$$

Espérance mathématique est $n \cdot p$

I.7.2. Loi hypergéométrique

Lorsque l'échantillon (n) est très important par rapport à la population de départ (N) ($n/N > 0.1$), il n'est pas possible d'utiliser la loi binomiale.

$$P(x=k) = \frac{C_{np}^k \times C_{N-n}^{n-k}}{C_N^n} \quad (\text{I.4})$$

I.7.3. Loi de poisson

Elle permet, lorsque l'on connaît le taux de défaillance d'un système sur une longue période de calculer la probabilité d'une panne sur une période plus courte. Le temps d'une production par exemple.

$$P(x=k) = \frac{e^{-m} \times m^k}{k!} \quad (\text{I.5})$$

I.7.4. Loi normale

Lorsque des données suivent une loi normale, les valeurs sont symétriquement réparties par rapport à la moyenne. A l'aide de tables on connaît le pourcentage de population entre 0 et x fois l'écart type. Cette loi peut être utilisée pour la détermination de périodes d'intervention systématique.

I.7.5. Loi log- normale

$$E(t) = m \quad (\text{I.6})$$

Cette loi peut être utilisée dans les cas où contrairement à la loi normale, la distribution des données n'est pas symétrique.

$$E(t) = e^{\left(m + \frac{\sigma^2}{m}\right)} \quad (\text{I.7})$$

I.7.6. Loi exponentielle

Elle est particulièrement bien adaptée lorsque le taux de défaillance est constant de fait, on l'emploie dans le cas de matériels électrique ou électronique et pour le système mécanique lors de leur période de maturité. l'espérance mathématique est:

$$E(t) = \frac{1}{\lambda} \quad (\text{I.8})$$

et son expression est $R(t) = e^{-\lambda t}$ représente l'allure de la fiabilité en fonction de temps.

I.7.7. Modèle de WEIBULL (Weibull: mathématicien suédois).

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

La loi de Weibull est utilisée en fiabilité, en particulier dans le domaine mécanique, cette loi a l'avantage d'être très souple et de pouvoir s'ajuster à différents résultats d'expérimentations.

Weibull a donné au taux d'avarie $\lambda(t)$ une formule générale dépendant de trois paramètres β, γ qui rend compte avec une bonne précision dans une gamme étendue [5].

Les différentes formules utilisées pour la distribution de Weibull sont:

- **La densité de probabilités**

$$f(t) = (\beta/\eta)(t - \gamma/\eta)^{\beta-1} e^{-(t-\gamma/\eta)\beta} \quad (\text{I.9})$$

f (t): Probabilité d'avarie au temps (t); (probabilité d'avoir un seul avarie au temps (t)).

- **La fonction de repartition**

$$F(t) = 1 - e^{-(t-\gamma/\eta)\beta} \quad (\text{I.10})$$

F (t): probabilité d'avarie cumulée au temps de 0 à t.

- **La fonction de fiabilité**

$$R(t) = e^{-(t-\gamma/\eta)\beta} = 1 - F(t) \quad (\text{I.11})$$

R (t): probabilité de non défaillance dans l'intervalle de temps [0, t] c'est-à-dire la probabilité de défaillance au delà du temps (t). C'est la fonction complémentaire de la fonction répartition.

- **Le taux d'avarie**

$$\lambda(t) = \beta(t - \gamma/\eta)^{\beta-1} \quad (\text{I.12})$$

$\lambda(t)$: probabilité d'avarie au temps (t+ Δt) d'un dispositif qui était en bon fonctionnement au début de l'unité de temps (t).

I.8. Objectifs de la maintenance

On distingue deux types d'objectifs qui sont:

I.8.1. Objectifs opérationnels

- Maintenir l'équipement dans les meilleures conditions et dans un état acceptable.
- Assurer la disponibilité maximale de l'outil de production à un prix raisonnable.
- Fournir un service qui élimine les pannes à tout moment.
- Augmenter à la limite la durée de vie de l'outil de production.
- Entretenir le matériel avec le maximum d'économie et le remplacer à des périodes Prédéterminés.
- Assurer une performance de haute qualité.
- Assurer un fonctionnement sûr et efficace à tout moment.
- Obtenir un rendement maximum.
- Maintenir le matériel en propreté absolue à tout moment.
- Préserver l'environnement.

I.8.2. Objectifs de coût

- La maintenance réduit les coûts comme suit :
- Réduire au maximum les dépenses de la maintenance et maximiser les bénéfiques.
- Assurer le service maintenance dans les limites du budget.
- Avoir des dépenses de maintenance portant sur le service exigé par les installations et l'appareillage en fonction de son âge et du taux d'utilisation.
- Mettre à la disposition du responsable de la maintenance une certaine quantité de dépenses imprévues en outillage et en frais divers.

I.9. Missions de la maintenance

La maintenance a pour mission les différentes tâches suivantes:

- La participation à la sélection et l'achat des équipements.
- La réception des équipements.
- La définition du programme de maintenance préventive et les moyens associés.

- L'exécution des travaux de maintenance préventive et corrective.
- La réalisation des modifications.
- L'analyse des causes de défaillances.
- La gestion du stock des pièces de rechange, de consommables et d'outillage.
- La gestion des moyens humains.
- L'analyse et l'optimisation des coûts de maintenance.
- La définition des critères de remplacement des équipements.

I. 10. Structure du bureau de maintenance

Il s'agit d'une représentation schématique de la structure d'une entreprise (d'un service) mettant en évidence les domaines de responsabilité de chaque élément composant. [6]

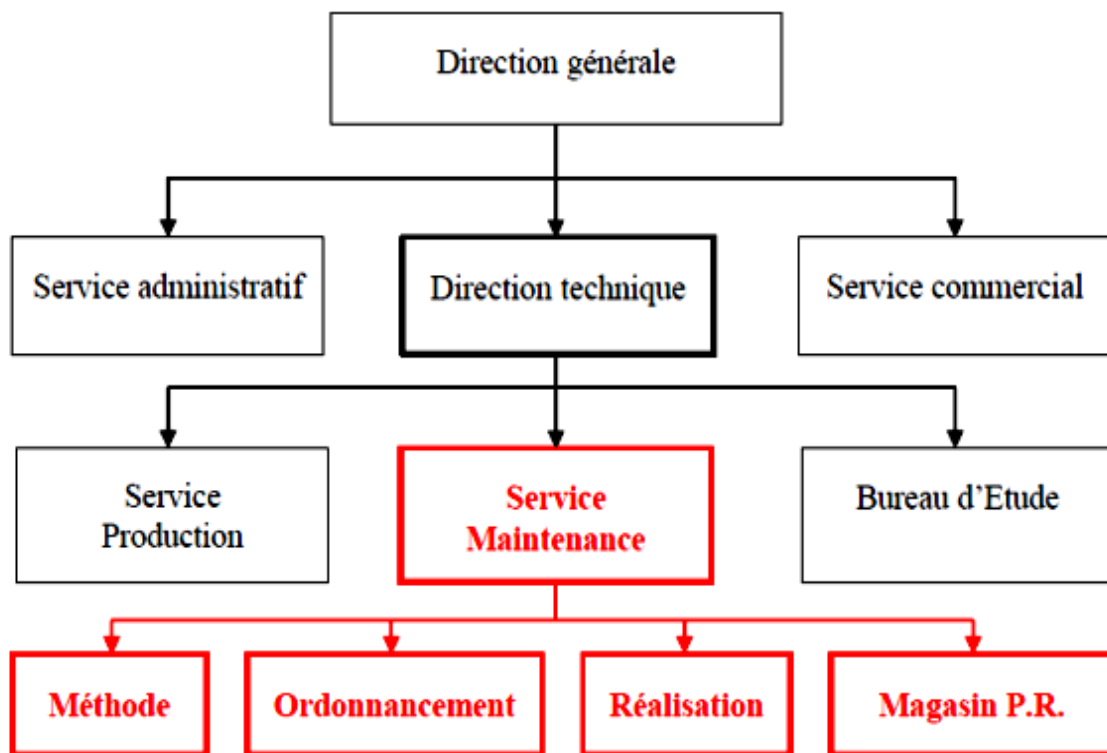


Figure I.3:structure du service maintenance

I.10.1. Bureau de méthode

C'est la fonction qui permet la préparation des travaux de maintenance. Elle comprend :

- L'analyse et/ou les études des travaux à effectuer y compris les améliorations possibles (plans de graissage, de maintenance préventive, etc..).
- La synthèse de cette analyse, c'est à dire la préparation des interventions,
- Le contrôle de la réalisation sachant que la réalisation est confiée à une équipe «terrain».
- La mise à jour des dossiers techniques et des normes,
- La gestion économique de l'activité maintenance, - L'assistance technique.

I.10.2. Bureau d'ordonnement

Elle permet l'intervention optimale, à l'heure H et avec tous les moyens nécessaires : personnel, outillage, préparation, dossier technique, consignes de sécurité, moyens spéciaux (appareils de levage, échafaudage, etc..), pièces de rechange.

Elle permet également :

- De faire la comparaison entre les besoins et les moyens,
- De prendre en compte les délais d'approvisionnement et de mise à disposition (pièces de rechange, outillages spéciaux, etc..),
- De prendre en compte les servitudes (arrêt de fabrication, sécurité, etc..),
- De prendre en compte les capacités de charge du personnel de maintenance et donc de faire appel à la sous-traitance si nécessaire.

I.10.3. Bureau de réalisation

Elle correspond au court terme et concerne tout le personnel opérationnel de maintenance. Des équipes polyvalentes (EP) sont attachées à un équipement dont elles ont une parfaite connaissance ; elles sont sous la responsabilité du responsable maintenance pour les raisons suivantes : [7]

- Coordination des travaux.
- Cohérence de la politique maintenance, suivi centralisé du matériel.
- Procédures standardisées permettant la circulation de l'information.
- Echanges inter-équipes facilités.

Aussi, elles sont pluriethniques et de composition adaptée au matériel. Par exemple, un chef d'équipe, un électricien, un mécanicien, un hydraulicien et un tuyauteur. La dualité « service électricité » - « service mécanique », comme on la rencontre encore trop souvent, est totalement inadaptée à des équipements pluriethniques. Elle pose également des problèmes de responsabilité et de coordination.

I.10.4. Magasin PR

La localisation du « magasin de maintenance », comprenant les stocks de consommables et de pièces de rechange est discutée.

Vaut-il mieux intégrer ce magasin à un magasin général de l'entreprise, donc centraliser en augmentant les distances aux lieux d'intervention ?

Ou est-il préférable de multiplier des dépôts à proximité des antennes associés à un magasin spécifique implanté dans l'atelier central de maintenance ?

Dans le passé on centralisait les achats et le magasin sous une direction logistique, et on retrouve toujours cette structure dans les grandes entreprises. Dans les PME plus ou moins importantes on place les stocks et parfois les achats sous l'autorité de la direction technique ou direction de production. Cela limite les inconvénients du cloisonnement interservices et permet de mieux appréhender une gestion en flux tendu.[12]

I.11. Fonctions (opérations) de maintenance

I.11.1. Opérations de la maintenance corrective

Après apparition d'une défaillance, le maintenancier doit mettre en œuvre un certain nombre d'opérations dont les définitions sont données ci-dessous. Ces opérations s'effectuent par étapes (dans l'ordre) :

- **test** : c'est à dire la comparaison des mesures avec une référence.
- **détection** ou action de déceler l'apparition d'une défaillance.
- **localisation** ou action conduisant à rechercher précisément les éléments par lesquels la défaillance se manifeste.
- **diagnostic** ou identification et analyse des causes de la défaillance.

- **dépannage, réparation** ou remise en état (avec ou sans modification).
- **contrôle** du bon fonctionnement après intervention.
- **amélioration éventuelle** : c'est à dire éviter la réapparition de la panne.
- **historique** ou mise en mémoire de l'intervention pour une exploitation ultérieure.

I.11.2. Opérations de la maintenance préventive

Ces opérations trouvent leurs définitions dans la norme NF X 60-010 et NF EN 13306. [8]

- **Inspection** : contrôle de conformité réalisé en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien ; elle permet de relever des anomalies et d'exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de la production ou des équipements (pas de démontage).
- **Contrôle** : vérification de la conformité à des données préétablies, suivie d'un jugement. Ce contrôle peut déboucher sur une action de maintenance corrective ou alors inclure une décision de refus, d'acceptation ou d'ajournement.
- **Visite** : examen détaillé et prédéterminé de tout (visite générale) ou partie (visite limitée) des différents éléments du bien et pouvant impliquer des opérations de maintenance du premier et du deuxième niveau ; il peut également déboucher sur la maintenance corrective.
- **Test** : comparaison des réponses d'un système par rapport à un système de référence ou à un phénomène physique significatif d'une marche correcte.
- **Echange standard** : remplacement d'une pièce ou d'un sous-ensemble défectueux par une pièce identique, neuve ou remise en état préalablement, conformément aux prescriptions du constructeur.
- **Révision** : ensemble complet d'examens et d'actions réalisées afin de maintenir le niveau de disponibilité et de sécurité d'un bien. Une révision est souvent conduite à des intervalles prescrits du temps ou après un nombre déterminé d'opérations. Une révision demande un démontage total ou partiel du bien. Le

terme révision ne doit donc pas être confondu avec surveillance. Une révision est une action de maintenance de niveau 4.

- Les trois premières opérations sont encore appelées «**opérations de surveillance** ». Elles caractérisent parfaitement la phase d'apprentissage et sont absolument nécessaires si on veut maîtriser l'évolution de l'état réel d'un bien. On accepte donc de payer pour savoir puis pour prévenir. Elles sont effectuées de manière continue ou à intervalles prédéterminés ou non, calculés sur le temps ou sur le nombre d'unités d'usage.

I.11.3. Opérations de la maintenance améliorative

- **Rénovation** : C'est l'inspection complète de tous les organes, la reprise dimensionnelle complète ou le remplacement des pièces déformées, la vérification des caractéristiques et éventuellement, la réparation des pièces et sous-ensembles défailants. C'est donc une suite possible à une révision générale. Une rénovation peut donner lieu à un échange standard.

- **Reconstruction** : « Action suivant le démontage du bien principal et remplacement des biens qui approchent de la fin de leur durée de vie et/ou devraient être systématiquement remplacés ». La reconstruction diffère de la révision en ce qu'elle peut inclure des modifications et/ou améliorations. L'objectif de la reconstruction est normalement de donner à un bien une vie utile qui peut être plus longue que celle du bien d'origine. La reconstruction impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes. La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications. Les modifications peuvent apporter un plus en terme de disponibilité (redondance), d'efficacité, de sécurité, etc.... Attention toutefois à une forme particulière de reconstruction : c'est la « cannibalisation » qui consiste à récupérer, sur le matériel mis au rebut (casse), des éléments en bon état, de durée de vie espérée inconnue, et de les utiliser en rechanges ou en pièces de rénovation. Est-ce une bonne solution ?

- **Modernisation** : C'est le remplacement d'équipements, d'accessoires, des logiciels par des sous-ensembles apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à

l'emploi du bien. Une modernisation peut intervenir dans les opérations de rénovation ou de reconstruction.

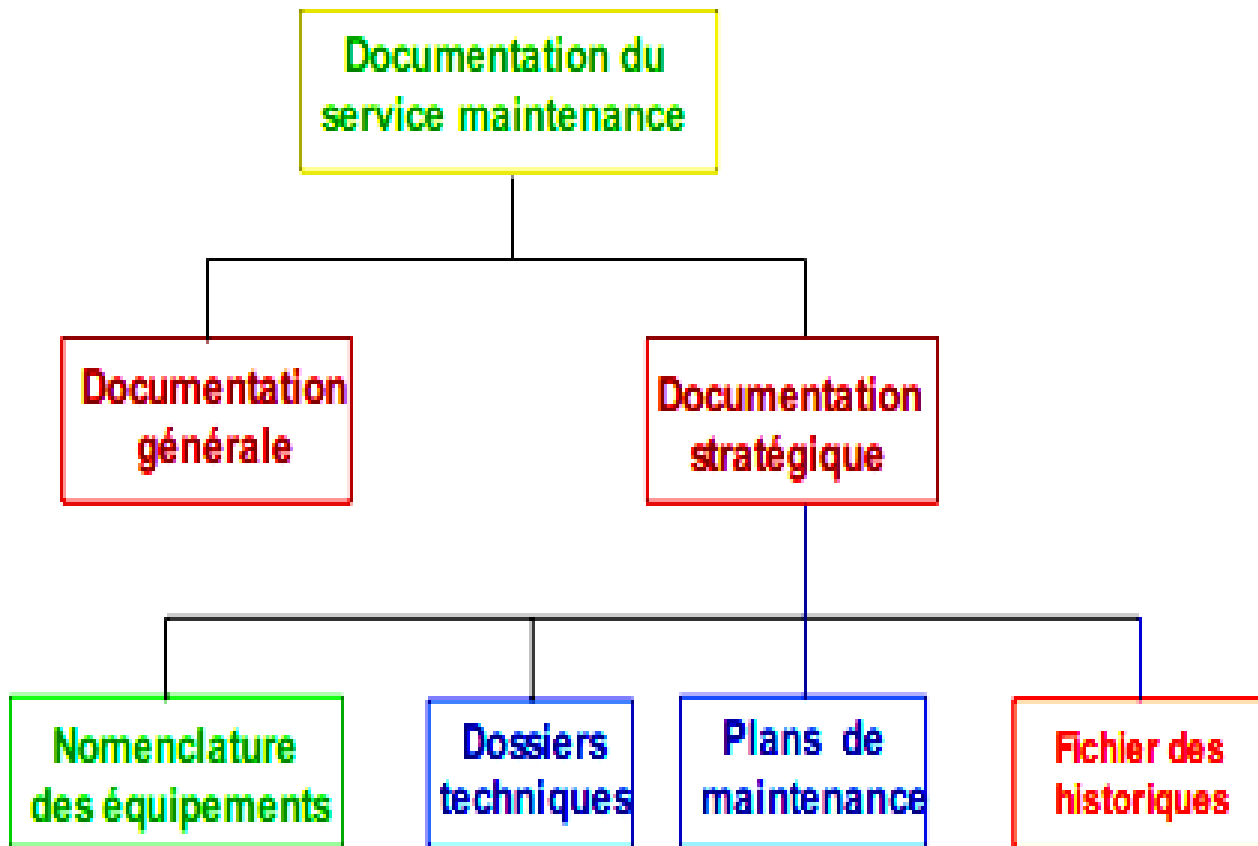


Figure I.4: structure de la documentation du service maintenance

I.12. Documentation en maintenance

Une bonne connaissance du matériel passe par une documentation suffisamment exhaustive pour prendre en compte tous les équipements nécessitant un suivi, une politique de maintenance et/ou un stockage de pièces de rechange. On dira

même que la documentation est un des piliers de la fonction maintenance et est indispensable à celle-ci afin qu'elle puisse accomplir sa mission le mieux possible. On ne conçoit pas en effet un technicien dépannant un téléviseur sans schéma, sauf à retrouver celui-ci progressivement en observant le circuit imprimé ! Mais si c'était le cas, quelle serait la durée d'immobilisation du téléviseur ? Le client aurait le temps d'être mécontent !.. La fonction maintenance exige la circulation

appropriée des informations entre les différents nœuds de son organisation interne. La documentation intervient donc à tous les niveaux du service maintenance :

- Dossiers techniques pour la préparation d'interventions plus efficaces et plus sûres.
- Modes opératoires pour les interventions proprement dites.
- Dossiers historiques pour la politique de maintenance à mettre en place (traçabilité des interventions et analyse du comportement des équipements).
- Catalogues constructeurs pour la gestion du stock maintenance, La structure générale de la documentation d'un service maintenance est donnée à la figure 1. Cette documentation se décompose en deux grandes parties : la documentation générale et la documentation stratégique.

I.12. 1.Documentation générale

Le service se doit de se doter d'un service de documentation générale, mis à jour régulièrement. Celle-ci comprend tous les documents techniques qui ne sont pas affectés à des matériels particuliers, mais qui sont nécessaires aux maintenance pour répondre à des questions techniques plus générales. Elle contient en particulier : [9]

- tous les ouvrages de technique fondamentale (mécanique, électricité, hydraulique, pneumatique, thermique) où l'on trouvera les formulaires et abaques nécessaires au dimensionnement rapide d'éléments techniques ou de composants.
- des ouvrages plus spécialisés, destinés à des lecteurs plus avertis, et très utiles lorsqu'on veut conduire une étude d'amélioration et de fiabilisation d'un équipement.

D'autre part, ce service doit être abonné à :

- toutes les revues techniques et articles de conférences permettant d'effectuer une « veille technologique » (par exemple « Maintenance et entreprise », «

Production Maintenance, « Usine Nouvelle », « Mesures », « Contrôle », etc..).

- toutes les normes (internationales si possible, nationales) et conventions ou « habitudes » d'entreprise (par exemple « normes ISO », « normes AFNOR »).
- les catalogues de fournisseurs.

I.12.2. Documentation stratégique

Elle se décompose en quatre grandes parties :

- La nomenclature des équipements ou inventaire du parc matériel,
- Le dossier technique des équipements (DTE).
- Le plan de maintenance des équipements.
- Le fichier des historiques.

Rappelons en effet que mettre en place un système qualité, et en ayant en tête la roue de Deming (PDCA), c'est :

- Ecrire ce que l'on va faire (définition des procédures : préparation = Plan).
- Faire ce que l'on a écrit (intervention maintenance = Do).
- Ecrire ce que l'on a fait (traçabilité) et analyser le retour d'expérience = Check
- Acter, c'est-à-dire standardiser = Act et améliorer.

I.13. Etude de la Maintenabilité

I.13.1. Définition

Suivant la norme AFNOR c'est «dans des conditions données d'utilisation, l'aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie, sur un intervalle de temps donné, 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».

I.13.2. les paramètres nécessaires à la mesure de la Maintenabilité

Comme pour l'étude de la fiabilité, le variable ici est le temps (TTR).

La densité de probabilité est notée $g(t)$, la fonction de réparation par analogie avec celle de la fiabilité est donnée par $M(t) = \int g(t)dt$

Le taux de réparation est noté $\mu(t)$ est égale à : $\mu(t) = g(t)/1-M(t)$

Alors : $g(t) = \mu(t) e^{-\int \mu(t) dt}$

Par hypothèse, il est souvent considéré $\mu(t)$ comme constant, les expressions précédentes reviennent alors à : $M(t) = 1 - e^{-\mu t}$ $MTTR = 1/\mu$ $g(t) = \mu e^{-\mu t}$

MTTR : moyenne des temps technique de réparation.

La **MTTR** est donnée par $MTTR = \Sigma TTR/n$ $\mu = 1/MTTR$

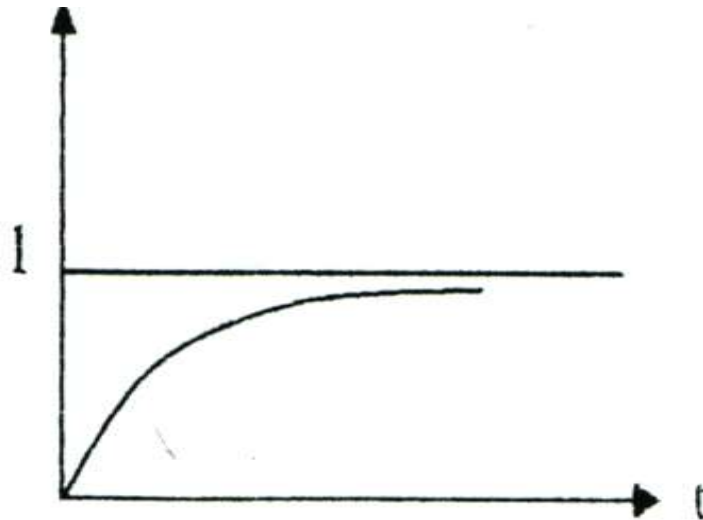


Figure I.5: allure de la maintenabilité M(t).

I.14. Étude de la disponibilité

I.14.1. Définition

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

I.14.2. Mesure de la disponibilité

On peut mesurer la disponibilité soit :

- à un instant donnée (disponibilité instantanée).
- sur un intervalle donné (disponibilité moyenne).
- à la limite, lorsque t tend vers l'infinie. (disponibilités asymptotique).

CHAPITRE - II -
FIABILITE, MAINTENABILIE,
DISPONIBILITE

II.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. 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. Ce chapitre examine les définitions fondamentales concernant la maintenance et le rôle de cette dernière dans l'industrie. Ensuite l'accent est mis sur l'intégration d'éléments mathématiques dans la maintenance pour évaluer le comportement du matériel en service.

II.2. Comportement du matériel en service

Le concepteur d'équipement est fréquemment une société qui n'exploite pas les installations qu'elle conçoit. Elle aura de ce fait forcément des difficultés à tenir compte dans sa conception des conditions d'exploitation particulières d'exploitation des clients. Généralement le concepteur attache peu d'attention à la maintenabilité des installations. Ainsi, le choix d'une loi de comportement du matériel (calcul de la fiabilité) devient une tâche très compliquée

La sûreté de fonctionnement d'une machine en tenant compte de l'aspect sécurité et les critères visant à éviter un entretien fréquent, difficile et coûteux se résument en trois points connus sous la notion F.M.D. que le concepteur devrait tenir compte lors des études d'engineering :

- Sûreté de fonctionnement
- Maintenabilité
- Disponibilité
- Fiabilité

II.3. Qu'est-ce qu'un système ?

Ensemble complexe de matériels, logiciels, personnels et processus d'utilisation, organisés de manière à satisfaire les besoins et à remplir les services attendus, dans un environnement donné.

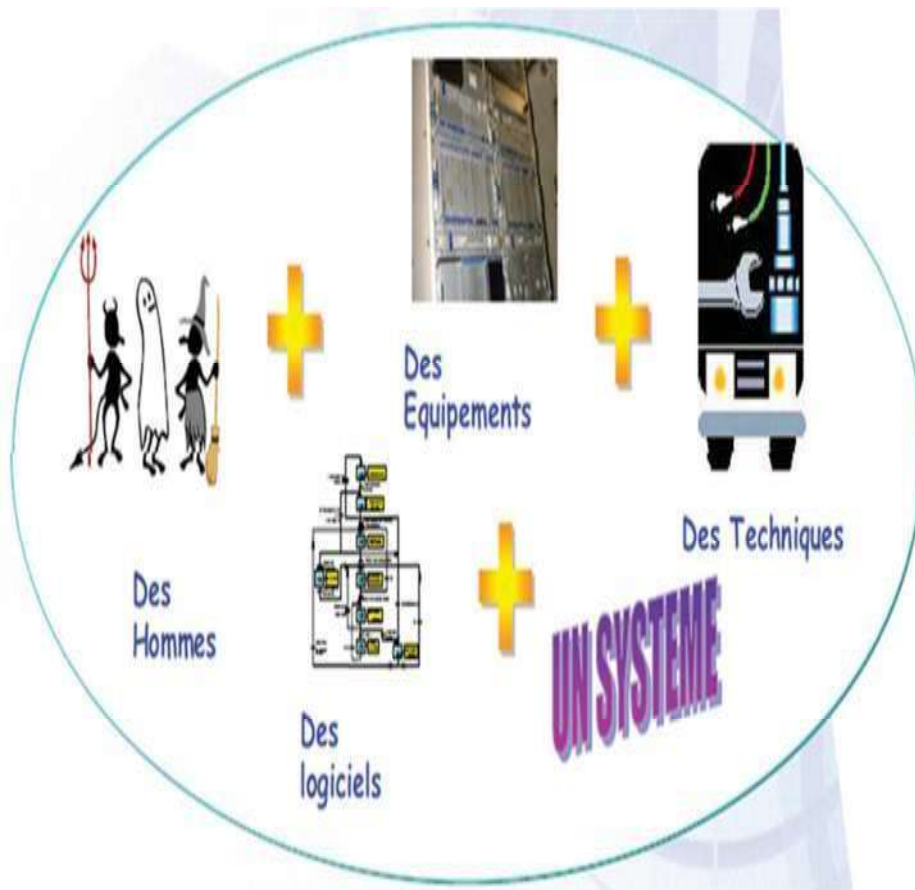


Figure II.1 : Composants du système

II.4. Sûreté de fonctionnement

La sûreté de fonctionnement d'un système peut être définie comme étant la propriété qui permet à ses utilisateurs de placer une confiance justifiée dans le service qu'il leur délivre. L'utilisateur peut être un individu tel que l'Opérateur ou le Superviseur, ou un autre système matériel / logiciel ayant des interactions avec le système considéré.

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.

II.4.1. Maintenabilité (*Maintainability*)

Dans des conditions données, la maintenabilité est l'aptitude d'un bien à être maintenu ou rétabli dans un état où il peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits [10]

Maintenabilité = être rapidement dépanné

C'est aussi la probabilité de rétablir un système dans des conditions de fonctionnement spécifiées, en des limites de temps désirées, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, en utilisant des procédures et des moyens prescrits.

A partir de ces définitions, on distingue :

- **La maintenabilité intrinsèque** : elle est « construite » dès la phase de conception à partir d'un cahier des charges prenant en compte les critères de maintenabilité (modularité, accessibilité, etc).
- **La maintenabilité prévisionnelle** : elle est également « construite », mais à partir de l'objectif de disponibilité.
- **La maintenabilité opérationnelle** : elle sera mesurée à partir des historiques d'interventions.

L'analyse de maintenabilité permettra d'estimer la **MTTR** ainsi que les lois probabilistes de maintenabilité (sur les mêmes modèles que la fiabilité).

Commentaires : La maintenabilité caractérise la facilité à remettre ou de maintenir un bien en bon état de fonctionnement. Cette notion ne peut s'appliquer qu'à du matériel maintenable, donc réparable. « Les moyens prescrits » englobent des notions très diverses : moyens en personnel, appareillages, outillages, etc.

La maintenabilité d'un équipement dépend de nombreux facteurs.

Facteurs liés à L'EQUIPEMENT	Facteurs liés au CONSTRUCTEUR	Facteurs liés à la MAINTENANCE
<ul style="list-style-type: none"> • Documentation • Aptitude au démontage • Facilité d'utilisation 	<ul style="list-style-type: none"> • Conception • Qualité du service après-vente • Facilité d'obtention des pièces de rechange • Coût des pièces de rechange 	<ul style="list-style-type: none"> • Préparation et formation des personnels • Moyens adéquats • Etudes d'améliorations (maintenance améliorative)

Tableau II.1: Les facteurs de maintenabilité

En ce qui concerne la maintenabilité, le temps de réparation est une variable aléatoire qui résulte de différents facteurs tels que l'habileté des agents de maintenance et la disponibilité des pièces de rechange.

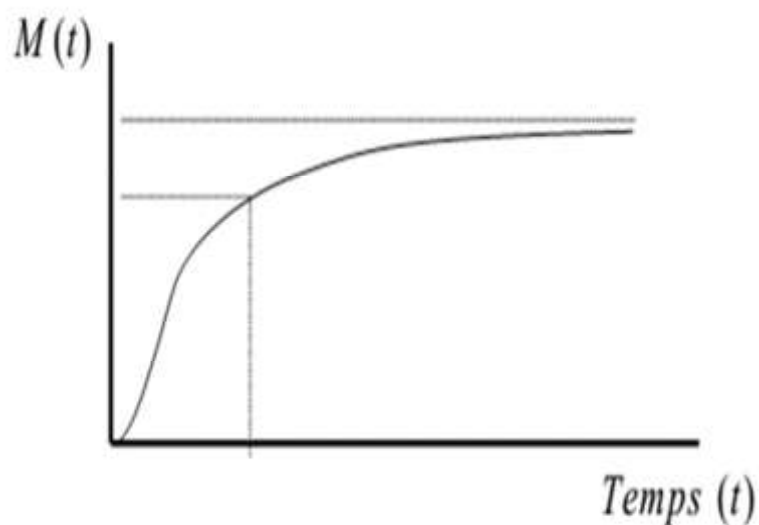


Figure II.2:Évolution de maintenabilité d'un système en fonction de temps

Remarque: On peut améliorer la maintenabilité en :

- Développant les documents d'aide à l'intervention.
- Améliorant l'aptitude de la machine au démontage (modifications risquant de coûter cher).

- Améliorant l'interchangeabilité des pièces et sous ensemble.

II.4.2. Disponibilité (*Availability*)

Lorsqu'on étudie la fiabilité, on s'intéresse non seulement à la probabilité de panne, mais aussi au nombre de pannes et, en particulier, au temps requis pour faire les réparations. Dans cette perspective, deux nouveaux paramètres de la fiabilité deviennent notre centre d'intérêt [11].

- La **disponibilité** est la probabilité qu'un système soit disponible pour être utilisé à un moment donné du temps.
- La **disponibilité** est l'aptitude d'une entité à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données, à un instant donné ou durant un intervalle de temps donné, en supposant que la fourniture des moyens extérieurs est assurée.
- Autrement la **disponibilité** est la probabilité qu'un système soit disponible pour être utilisé à un moment donné du temps. Cette définition est proche de celle de la fiabilité, sauf que le système demandé doit fonctionner à l'instant (**t**) et non sur une période de temps (**0 à t**).

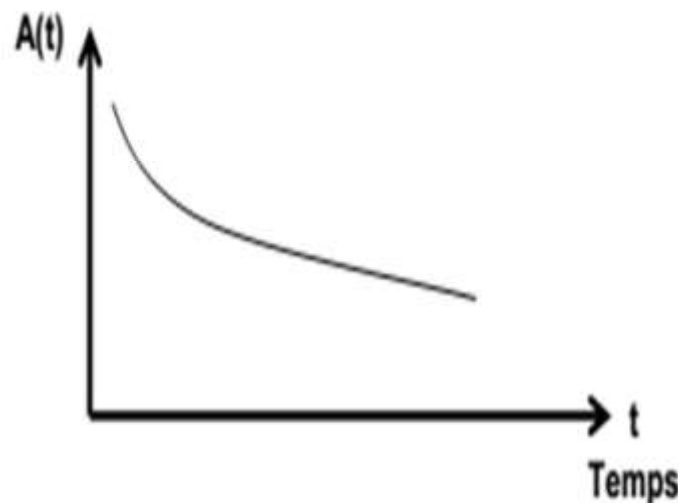


Figure II.3 : Évolution de disponibilité d'un équipement en fonction de temps

Lorsqu'un système est réparé de manière continue, soit par un programme d'entretien ou de maintenance, la disponibilité de l'équipement tend à devenir constante.

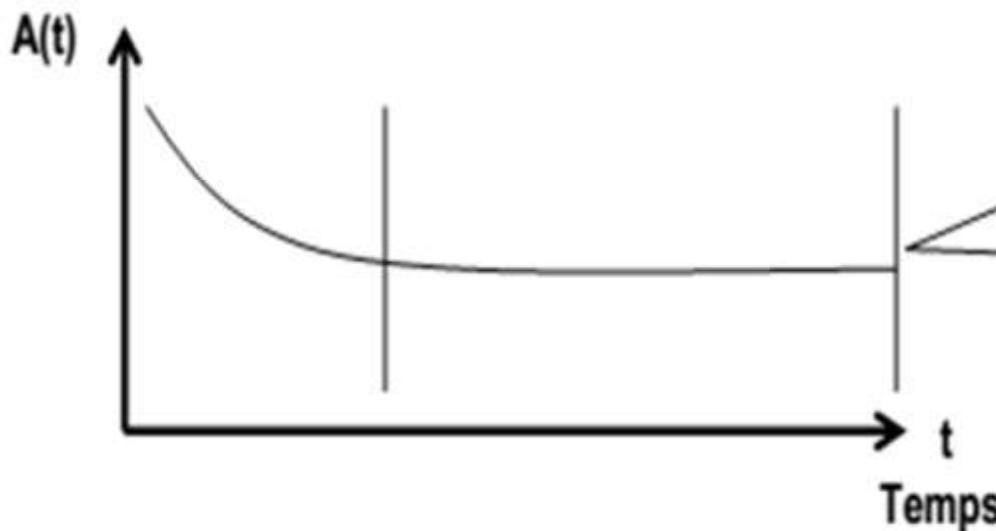


Figure II.4 : -Évolution de disponibilité d'un équipement réparé de manière continue en fonction de temps

Pour des systèmes réparables, une quantité fondamentale est la disponibilité. Elle est définie comme suit :

$A(t)$ = probabilité qu'un système fonctionne de façon satisfaisante au moment t .

Remarque : Cette aptitude dépend de la combinaison de la fiabilité, de la maintenabilité et de la logistique de maintenance.

II.4.3. Fiabilité (*Reliability*)

La fiabilité a sans doute pris son développement depuis la dernière guerre mondiale. Elle est vite devenue une science à part entière dans les applications appartenant à de nombreux domaines. Elle a pour fondements mathématiques la statistique et le calcul des probabilités qui sont nécessaires à la compréhension et à l'analyse des données de fiabilité [10].

- **Définition 1** : Aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise, **dans des conditions données, durant un intervalle de temps donné.**
- **Définition 2** : Comme nous l'avons vu précédemment, la fiabilité " R " est la probabilité qu'a un bien (produit ou système) à accomplir, de manière satisfaisante, une fonction requise, sous des conditions données et pendant une période de temps donné.

Remarque : Le terme « fiabilité » est également utilisé pour désigner la valeur de la fiabilité et peut être défini comme une probabilité.

Exemple

La fiabilité d'un roulement de broche pendant 20 000 heures de fonctionnement est égale à 0.9 signifie :

Qu'il y a 90 chance sur 100

PROBABILITE

Pour que le roulement fonctionne sans signe d'usure

FONCTION REQUISE

Pendant 20 000 heures

TEMPS DONNEÀ

une fréquence de rotation moyenne de 1500 tr/min

CONDITIONS DONNEES

Remarque : **R** est toujours compris entre 0 et 1.

Par exemple, une fiabilité **R = 0.92** après 1000 heures signifie que le produit a 92 chances sur 100 (92 % de chances) de fonctionner correctement pendant les 1000 premières heures.

Rappel :

Probabilité : C'est une quantité indiquant, sous forme de fraction ou de pourcentage, le nombre de fois ou de chances qu'un événement à se produire sur un nombre total d'essais ou de tentative.

En un temps donné : Dans les études de fiabilité, le temps est la mesure ou la variable de référence permettant d'évaluer les performances et d'estimer les probabilités : probabilités ou chance de survie sans défaillance pendant une période de temps donnée.

Sous des conditions données : Regroupe l'ensemble des paramètres décrivant l'environnement du produit et ses conditions d'utilisation : mode opératoire, procédures de stockage et de transport, lieux géographiques, cycles des températures, humidité, vibrations, chocs, etc...

Remarque : La non-fiabilité d'un produit ou d'un bien augmente les coûts de l'après-vente (application des garanties, frais judiciaires, etc...). Construire plus fiable augmente les coûts de conception et de production. Le coût total du produit prendra en compte ces deux tendances.

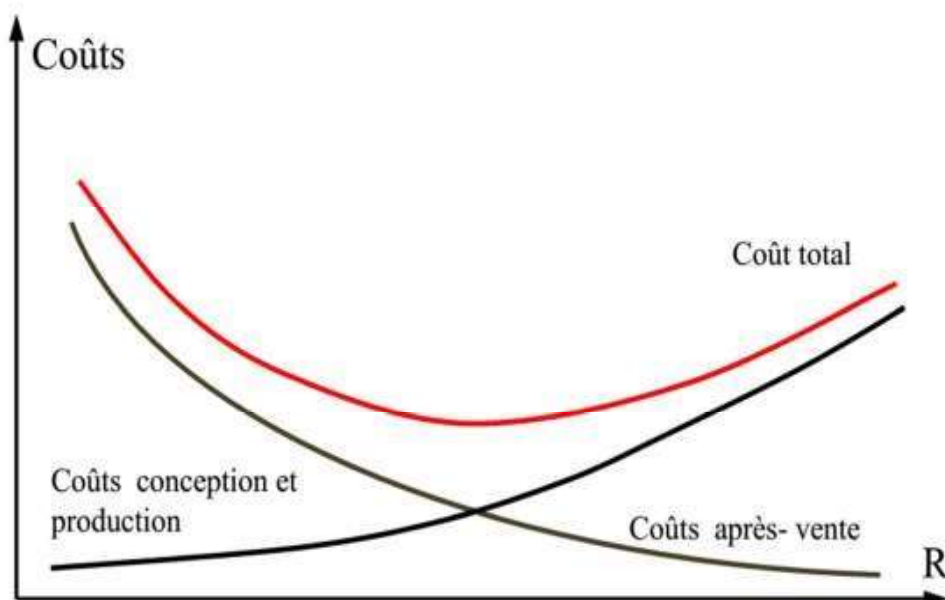


Figure II.5: Courbes d'évolution des coûts en fonction de la fiabilité

II.5. Analyses FMD : indicateurs opérationnels

II.5.1. Temps de fiabilité, maintenabilité et disponibilité

La Figure I.7 schématise les états successifs que peut prendre un système réparable.

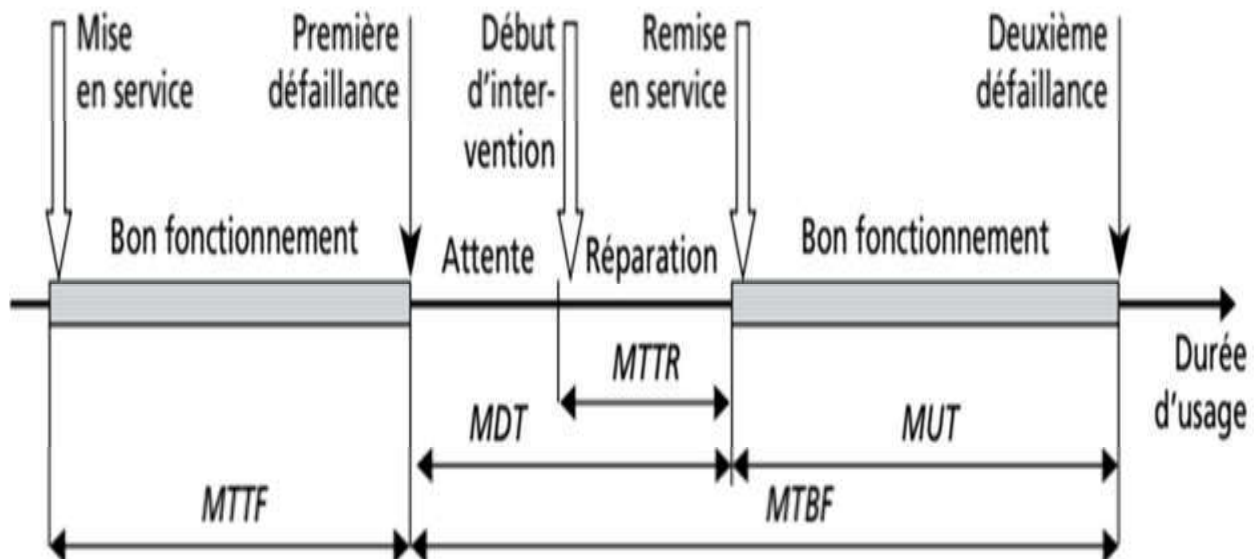


Figure II.6 : Les durées caractéristiques de FMD

En fait, les grandeurs portées par le graphe sont des durées (TBF) auxquelles on fait correspondre des moyennes (MTBF) obtenues par exploitation statistique $m(t)$ ou probabiliste $E(t)$ des n durées constatées et enregistrées. Les sigles utilisés sont d'origine anglo-saxonne et correspondent aux notions suivantes :

- **MTTF** (Mean Time To [first] Failure) : temps moyen avant-première défaillance ;
- **MTBF** (Mean Time Between Failure) : temps moyen entre deux défaillances successives ;
- **MDT** ou **MTI** (Mean Down Time) : temps moyen d'indisponibilité ou temps moyen d'arrêt propre ;
- **MUT** (Mean Up Time) : temps moyen de disponibilité ;
- **MTTR** (Mean Time To Repair) : temps moyen de réparation.

II.5.2. Taux de défaillance et lois de fiabilité

- Définition de défaillance

À l'origine de l'action de maintenance se trouve la défaillance d'un bien. La défaillance et la panne sont définies ainsi : « cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir une fonction requise » alors que « la panne est l'état du bien après défaillance ».

Synonymes usuels non normalisés : dysfonctionnement, dommages, dégâts, anomalies, avaries, incidents, défauts, pannes, détériorations.

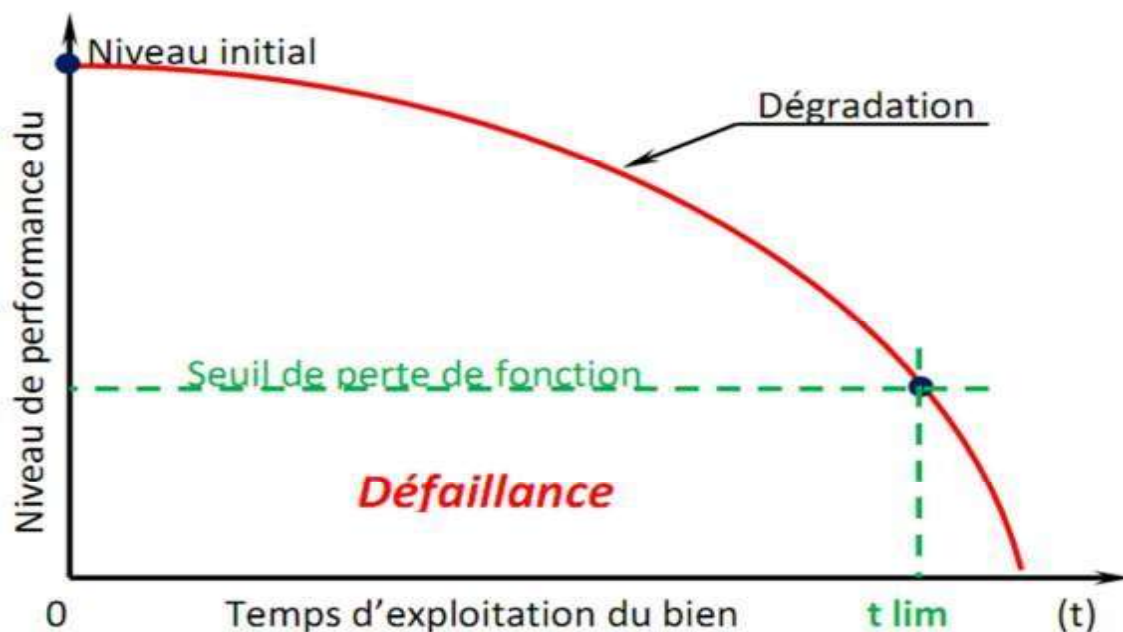


Figure II.7 : Dégradation du bien et durée de vie

t lim : indique le moment d'apparition de la défaillance

- Fonction de fiabilité $R(t)$
- Fonction de défaillance $F(t)$

Considérons un matériel dont on étudie la fiabilité. Soit Z la variable aléatoire qui à chaque matériel associe son temps de bon fonctionnement. On choisit un de ces matériels au hasard.

Soit les événements A : « Le matériel est en état de bon fonctionnement à l'instant t » et B :

Le matériel est défaillant à l'instant $t + \Delta t$ » On a alors [11] :

$$p(A) = p(T > t) \text{ et } p(T \leq t + \Delta t) \quad (1) \quad \text{(II.1)}$$

Donc

$$\begin{aligned} p(A \cap B) &= p(t < T < t + \Delta t) \\ &= F(t + \Delta t) - F(t) \\ &= (1 - R(t + \Delta t)) - (1 - R(t)) \\ &= R(t) - R(t + \Delta t) \end{aligned} \quad (2) \quad \text{(II.2)}$$

On en déduit que

$$p\left(\frac{B}{A}\right) = \frac{p(A \cap B)}{p(A)} = \frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)} \quad (3) \quad \text{(II.3)}$$

On appelle fonction de défaillance la fonction F définie pour tout $t \geq 0$

$$F(t) = p(T \leq t) \quad (4) \quad \text{(II.4)}$$

Le nombre $F(t)$ représente la probabilité qu'un dispositif choisi au hasard ait une défaillance avant l'instant t .

La Figure I.9 donne l'allure de cette fonction.

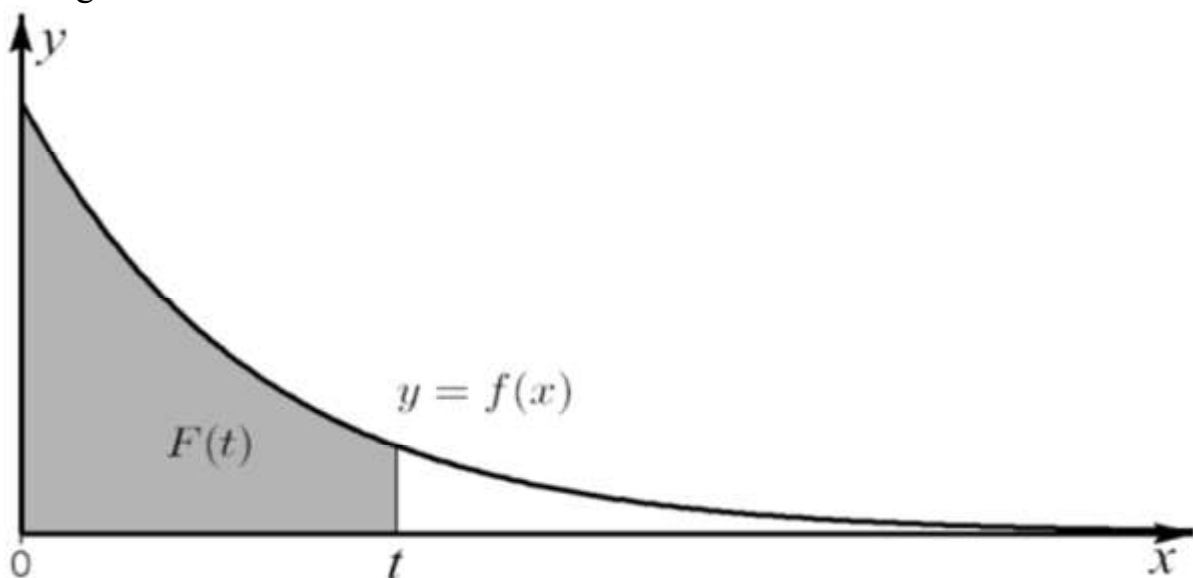


Figure II.8 : Fonction de défaillance

Cette fonction nous amène naturellement une fonction associée : la fonction de fiabilité R définie pour tout $t \geq 0$ par : $R(t) = 1 - F(t)$. (II.5)

Le nombre $R(t)$ représente la probabilité qu'un dispositif choisi au hasard dans la population n'ait pas de défaillance avant l'instant t . La Figure I.10 montre les deux fonctions associées.

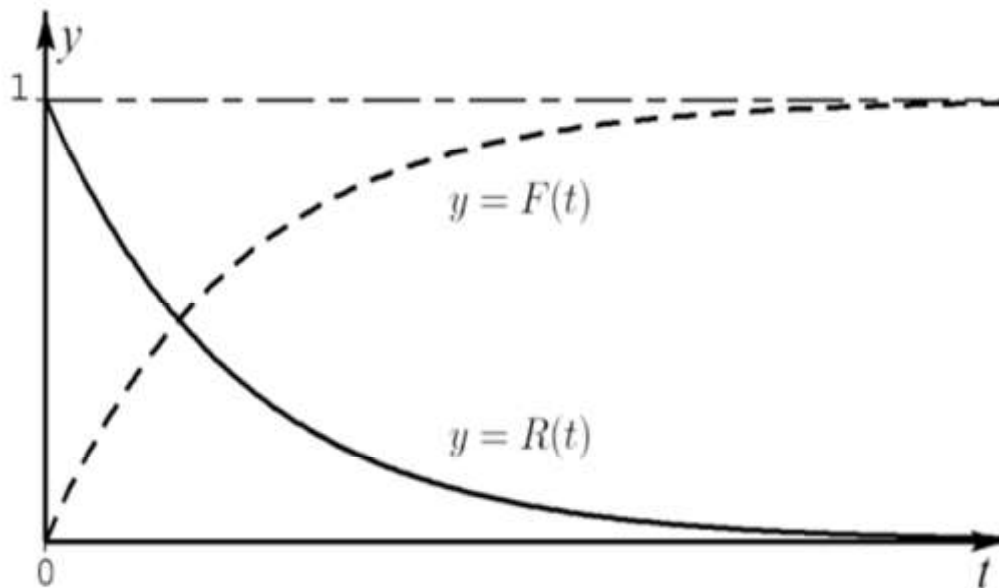


Figure II.9 : Fonction associée Le taux[7]

Le taux d'avarie moyen dans l'intervalle de temps $[t, t + \Delta t]$ est alors :

$$\frac{R(t) - R(t + \Delta t)}{R(t)} * \frac{1}{\Delta t} \quad \text{(II.6)}$$

II.5.3. Taux de défaillance instantané

C'est la probabilité ($0 \leq R \leq 1$); un produit doit accomplir de manière satisfaisante une fonction requise, sous des conditions données et pendant une période de temps donné.

L'écriture mathématique du taux de défaillance à l'instant t , noté $\lambda(t)$, défini sur \mathbb{R} est la suivante[7] :

Physiquement le terme $\lambda(t) \cdot \Delta t$, mesure la probabilité qu'une défaillance d'un dispositif se produise dans l'intervalle de temps $[t, t + \Delta t]$ sachant que ce dispositif a bien fonctionné jusqu'à l'instant t [2] .

$$\begin{aligned}\lambda(t) &= \frac{dR(t)}{d(t)} * \frac{1}{R(t)} \\ &= \frac{dF(t)}{d(t)} * \frac{1}{R(t)} \\ &= \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - R(t)}\end{aligned}\tag{7} \quad \text{(II.7)}$$

Où R est la fonction de fiabilité de ce matériel.

On est alors amené à résoudre une équation différentielle du 1^{er} ordre. En effet si λ est connue, la résolution de l'équation différentielle linéaire du 1^{er} ordre.

$$R(t)' + \lambda(t)R(t) = 0 \tag{8}$$

Donne la fonction de fiabilité R du matériel. On déduit alors la fonction de défaillance F qui est la fonction de répartition de la variable Z puis la densité de probabilité f de Z qui est la dérivée de F . On a alors :

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(x) dx} \quad \text{et} \quad F(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(x) dx} \tag{9} \quad \text{(II.9)}$$

II.5.4. Indicateurs de fiabilité (λ) et (MTBF)

Précédemment le taux de défaillance λ a été défini par des expressions mathématiques à travers un calcul de probabilité. On peut également l'exprimer par une expression physique. Il caractérise la vitesse de variation de la fiabilité au cours du temps. La durée de bon fonctionnement est égale à la durée totale en service moins la durée des défaillances [1].

$$\lambda = \frac{\text{nombre total de défaillances pendant le service}}{\text{durée total de bon fonctionnement}} \quad (\text{II.10})$$

II.5.5. Temps moyen de bon fonctionnement

Le MTBF est souvent traduit comme étant la moyenne des temps de bon fonctionnement mais représente la moyenne des temps entre deux défaillances.

En d'autres termes, Il

correspond à l'espérance de la durée de vie t .

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t) \quad (11) \quad (\text{II.11})$$

Physiquement le MTBF peut être exprimé par le rapport des temps

$$MTBF = \frac{\text{somme des temps de fonctionnement entre les 'n' défaillances}}{\text{nombre d'intervention de maintenance avec immobilisation}} \quad (12) \quad (\text{II.12})$$

$$\text{Si } \lambda \text{ est constant : } MTBF = \frac{1}{\lambda}$$

Par définition le **MTBF** est la durée de vie moyenne du système.

Remarque : La durée de bon fonctionnement = la durée totale en service

– la durée des défaillances. Les unités utilisées sont : le nombre de défaillances par heures, le pourcentage de défaillances pour 1000 heures, etc.

Par exemple, un produit ayant $10^{-7} < \lambda < 10^{-5}$ pour 1000 heures

(ou $10^{-4} < \lambda < 10^{-2}$ par heure) présente un bon niveau commercial de fiabilité.

La durée de bon fonctionnement, c'est la période de temps pendant laquelle le dispositif, en activité ou en service, est exposé à des défaillances.

Exemple :

un compresseur industriel a fonctionné pendant 8000 heures en service continu avec 5 pannes dont les durées respectives sont : 7 ; 22 ; 8,5 ; 3,5 et 9 heures.

Déterminer son

MTBF.

$$MTBF = \frac{8000 - (7 + 22 + 8,5 + 3,5 + 9)}{5} = 1590 \text{ heures}$$

Et si λ est supposé constant $\lambda = \frac{1}{MTBF} = 6,289 \cdot 10^{-4}$ défaillances /heures

La courbe ci-dessous montre l'évolution du taux des défaillances pour les différentes entités.

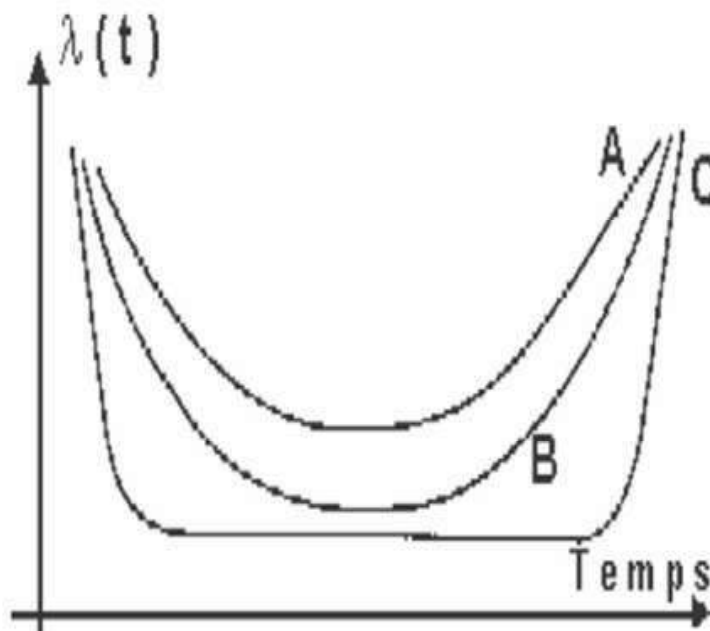


Figure II.10 : Courbes caractéristiques du taux de défaillance

Les courbes du taux de défaillance (Figure I.11) ont une même forme générale dite en baignoire, mais présentent néanmoins des différences suivant la technologie principale du système étudié :

- A. en mécanique.
- B. en électromécanique.
- C. en électronique.

II.5.6. Les différentes phases du cycle de vie d'un produit

L'évolution du taux de défaillance d'un produit pendant toute sa durée de vie est caractérisée par ce qu'on appelle en analyse de fiabilité la courbe en baignoire (Figure I.12). Le taux de défaillance est élevé au début de la vie du dispositif. Ensuite, il diminue assez rapidement avec le temps (taux de défaillance décroissant), cette phase de vie est appelée période de jeunesse. Après, il se stabilise à une valeur qu'on souhaite aussi basse que possible pendant une période appelée période de vie utile (taux de défaillance constant). A la fin, il remonte lorsque l'usure et le vieillissement font sentir leurs effets, c'est la période de Vieillessement (taux de défaillance croissant):

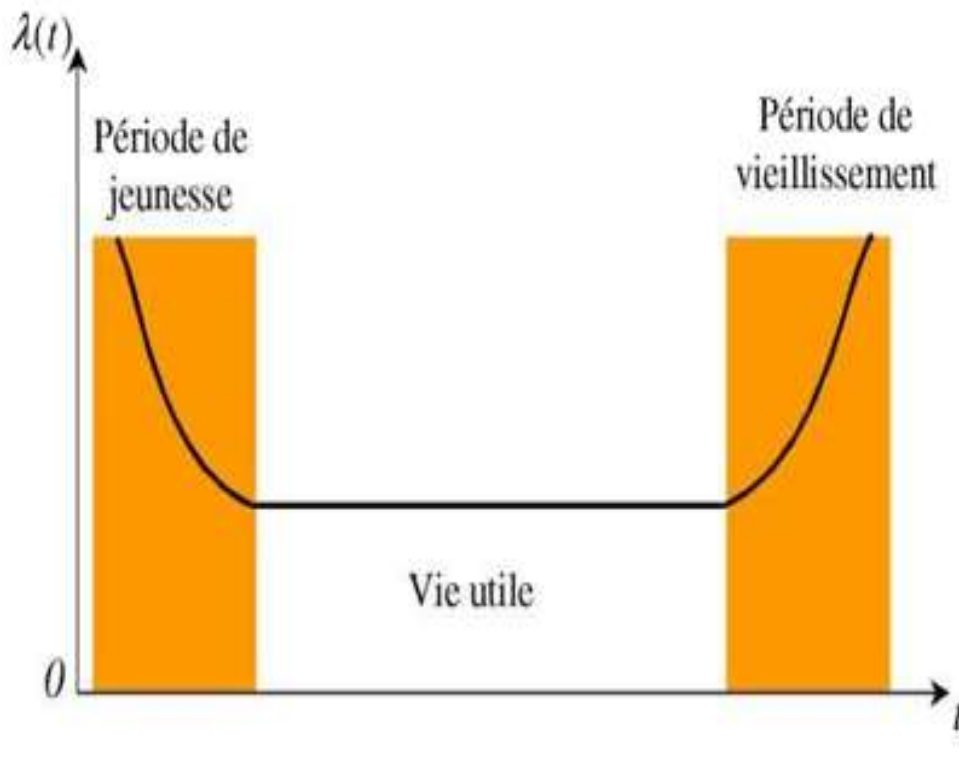


Figure II.11 : La courbe en baignoire

De nombreux éléments, tels que les composants électroniques, ont un taux de défaillance qui évolue de cette manière-là. Pour souligner la particularité des composants mécaniques dans l'analyse de la fiabilité par rapport aux composants électroniques, nous allons comparer l'évolution du taux de défaillance dans les deux cas.

- Taux de défaillance pour des composants électroniques

L'expérience a montré que pour des composants électroniques la courbe, représentant le taux de défaillance en fonction du temps t , a la même allure que la courbe en baignoire (Figure II.11). Elle est donc composée de trois phases :

- **Phase 1** : La première phase définit la période de jeunesse, caractérisée par une décroissance rapide du taux de défaillance. Pour un composant électronique cette décroissance s'explique par l'élimination progressive de défauts dus aux processus de conception ou de fabrication mal maîtrisés ou à un lot de composants mauvais. Cette période peut être minimisée pour les composants

vendus aujourd'hui. En effet, les fabricants de composants électroniques se sont engagés à vérifier la qualité de leurs produits en sortie de fabrication.

- **Phase 2** : La deuxième phase définit la période de vie utile généralement très longue. Le taux de défaillance est approximativement constant. Le choix de la loi exponentielle, dont la propriété principale est d'être sans mémoire, est tout à fait satisfaisant. Les pannes sont dites aléatoires, leur apparition n'est pas liée à l'âge du composant mais à d'autres mécanismes d'endommagement. Les calculs prévisionnels de fiabilité se font presque souvent dans cette période de vie utile.

- **Phase 3** : La dernière phase est la période de vieillissement, elle est caractérisée par une augmentation progressive du taux de défaillance avec l'âge du dispositif. Ceci est expliqué par des phénomènes de vieillissement tels que l'usure, l'érosion, etc. Cette période est très nettement au-delà de la durée de vie réelle d'un composant électronique. Parfois, on réalise des tests de vieillissement accélérés pour révéler les différents modes de défaillance des composants.

- **Taux de défaillance pour des composants mécaniques**

Les composants mécaniques sont soumis, dès le début de leur vie, au phénomène d'usure ou de vieillissement. Si on trace la courbe du taux de défaillance, en fonction du temps, on obtient une courbe qui ne présente pas le plateau de la Figure I.12 la période de vie utile (taux de défaillance constant) n'existe pas ou elle est réduite. Le taux de défaillance du dispositif est une fonction non linéaire du temps et ceci dans chaque phase de sa vie (voir Figure II.11) :

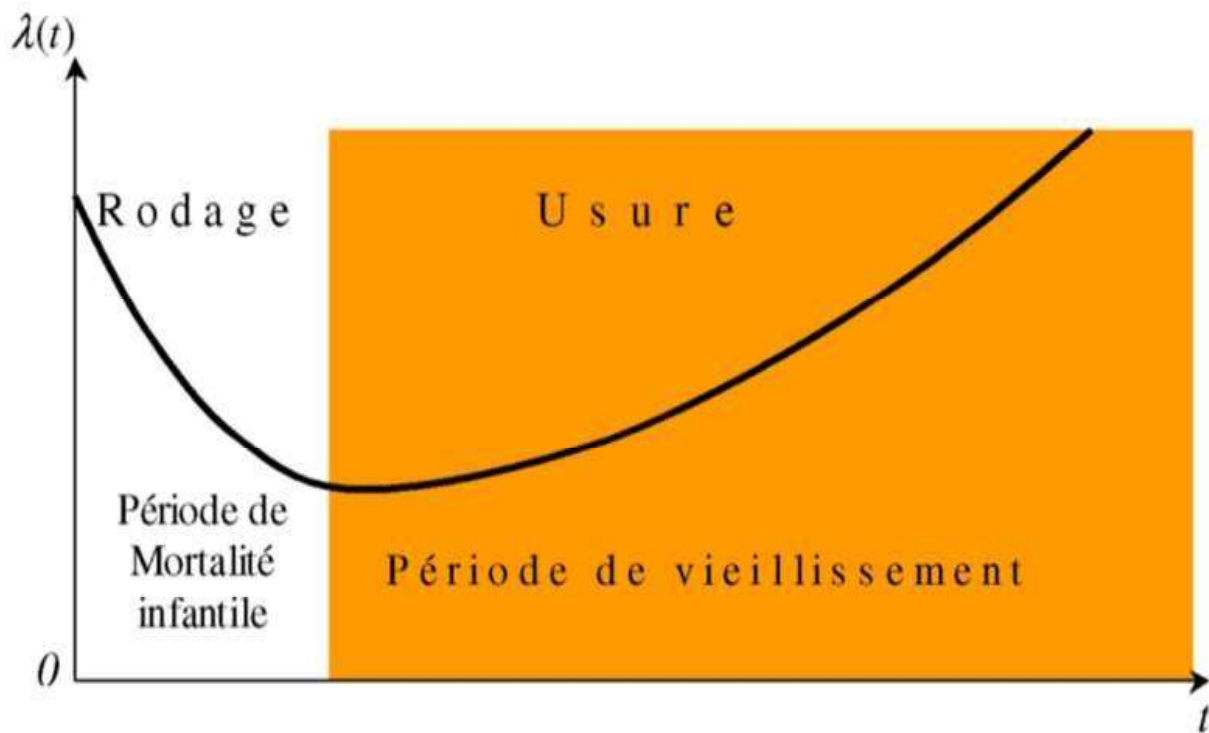


Figure II.12 : Courbe du taux de défaillance en mécanique [7]

- **Phase 1** : La première phase définit la période de mortalité infantile. C'est une durée de vie en principe très courte Elle décrite par une décroissance progressive du taux de défaillance avec le temps dû à une amélioration des caractéristiques internes (caractéristiques de défauts) et des interfaces, par un rodage préalable des pièces. Par conséquent il n'est pas souhaitable de tester les composants mécaniques dans cette période de leur vie.
- **Phase 2** : La dernière phase définit la période de vieillissement qui comporte la majorité de la vie du dispositif. Elle est caractérisée par une augmentation progressive du taux de défaillance. Les pièces mécaniques sont soumises à des phénomènes de vieillissement multiples qui peuvent agir en combinaison: corrosion, usure, déformation, fatigue, et finalement perte de résilience ou fragilisation. Contrairement aux composants électroniques les calculs de la fiabilité pour des composants mécaniques se font essentiellement dans la période de vieillissement, en utilisant des lois de probabilité dont le taux de défaillance est fonction du temps telles que la loi Log-normale, Weibull, ... etc.

II.5.7. Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique

L'analyse de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté de fonctionnement. A l'origine, la fiabilité concernait les systèmes à haute technologie (centrales nucléaires, aérospatial). 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, produits et processus "grand public": Transport, énergie, bâtiments, composants électroniques, composants mécaniques.... De nombreux industriels travaillent à l'évaluation et l'amélioration de la fiabilité de leurs produits 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 Coût/Fiabilité et maîtriser les sources de défaillance.

L'analyse de la fiabilité dans le domaine de la mécanique 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.

II.5.8. Evolution des coûts en fonction de la fiabilité

Le non fiabilité augmente les coûts d'après-vente (garanties, frais judiciaires). Construire plus fiable, augmente les coûts de conception et de production. Le coût total prend en compte ces deux contraintes.

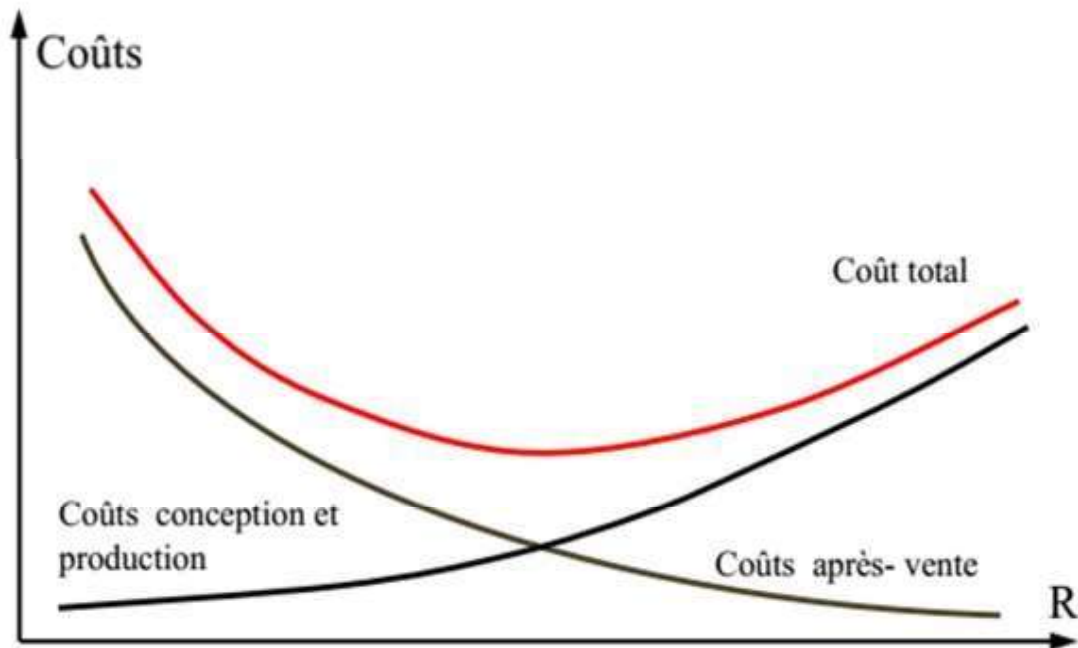


Figure II.13 : Courbes d'évolution des coûts en fonction de la fiabilité

La fiabilité d'une machine a tendance à diminuer avec le nombre de ses composants ou de leurs complexités. La maîtrise de la fiabilité devient donc plus délicate.

Une très haute qualité pour chaque composant, n'entraîne pas nécessairement une grande fiabilité. Après assemblage, les interactions entre les composants diminuent la capacité de l'ensemble.

Une grande fiabilité sous certaines conditions, n'implique pas une grande fiabilité sous d'autres conditions (exemple: une huile moteur de synthèse prévue pour des moteurs moderne (multisoupapes et turbo) ne convient pas forcément pour un moteur de conception plus rudimentaire (tondeuse, moteur usé, voiture ancienne).

II.5.9. Fiabilité d'un système

La détermination de la fiabilité d'un système électronique, mécanique ou autre nécessite tout d'abord de connaître la loi de la fiabilité (ou la loi de défaillance) de chacun des composants intervenant dans le système.

Ceci est simple pour certains types de systèmes tels que les systèmes électroniques, or ce n'est pas le cas pour des systèmes mécaniques à cause de la complexité de la structure du système étudié. Les systèmes mécaniques sont des ensembles d'éléments technologiques liés par des relations statiques et dynamiques assez complexes.

Pour un système électronique chaque composant a un poids important dans la fiabilité du système, la fiabilité du système est donc calculée en fonction de la fiabilité de tous ses composants. Les calculs sont effectués sous l'hypothèse que les taux de défaillance sont constants dans le temps, une hypothèse acceptable pour la plupart des composants, ce qui rend les calculs beaucoup plus simple. La détermination des taux de défaillance des composants est effectuée soit à partir des modèles développés dans des bases de données disponibles, soit à partir d'essais effectués sur les composants ou bien à partir des résultats d'exploitation des produits.

La fiabilité d'un système mécanique, contrairement à l'électronique, repose sur la fiabilité de quelques composants élémentaires responsables de son dysfonctionnement, dits composants "responsables" ou "critiques" (parfois un seul).

II.5.9.1. Fiabilité de système constitué de plusieurs composants

II.5.9.2. En série

La fiabilité R_S d'un ensemble de n constituants connectés en série est égale au produit des fiabilités respectives R de chaque composant:

$$R_s = R_A * R_B * R_C * \dots * R_n \tag{13} \text{ (II.13)}$$

Si les “n” composants sont identiques avec une même fiabilité la formule sera la suivante :

$$R(s) = R^n \tag{14} \text{ (II.14)}$$

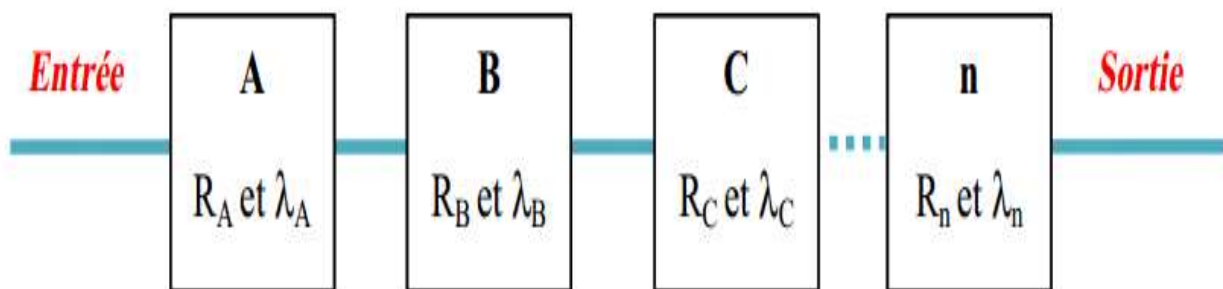


Figure II.14 : Composants en série

Si les taux de défaillances sont constants au cours du temps la fiabilité sera calculée suivant la formule :

$$R(s) = (e^{-\lambda_A t}) * (e^{-\lambda_B t}) * (e^{-\lambda_C t}) * \dots * (e^{-\lambda_n t}) \tag{15} \text{ (II.15)}$$

Avec :

$$MTBF (s) = \frac{1}{\lambda_A + \lambda_B + \lambda_C + \dots + \lambda_n} \tag{16} \text{ (II.16)}$$

Si en plus, les composants sont identiques: $\lambda_A = \lambda_B = \lambda_C = \dots = \lambda_n$

Alors :

$$R(s) = (e^{-\lambda n t}) \text{ et } MTBF (s) = \frac{1}{n * \lambda} \tag{17} \text{ (II.17)}$$

II.5.9.3. En parallèle

La fiabilité d’un système peut être augmentée en plaçant les composants en parallèle.

Un dispositif constitué de n composants en parallèle ne peut tomber en panne que si les n composants tombent en panne au même moment. Si F_i est la

$$F_i = 1 - R_i \quad (18) \quad (\text{II.18})$$

probabilité de panne d'un composant, la fiabilité associée R est son complémentaire [5,10] :

R_i représentant la fiabilité associée.

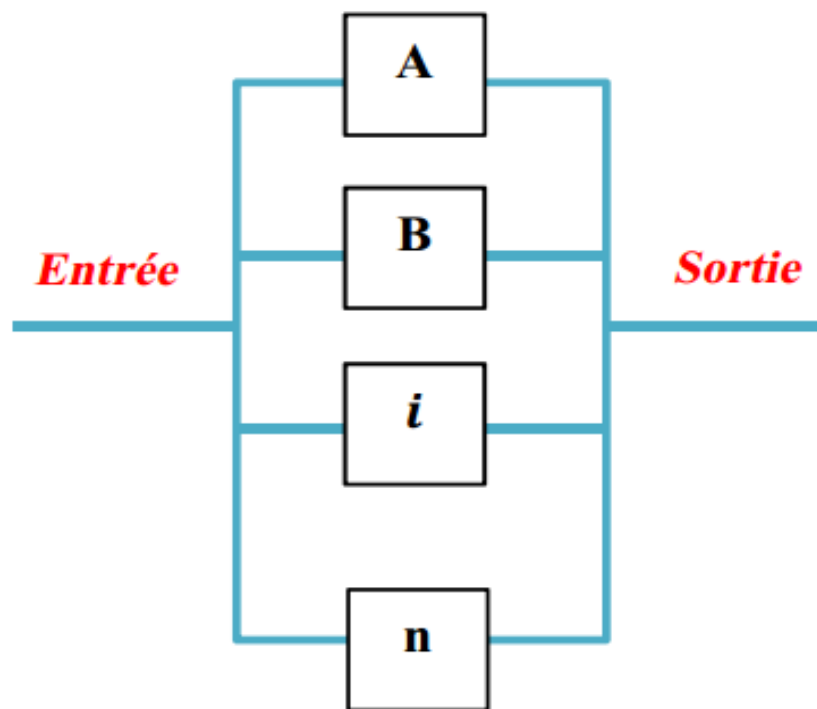


Figure II.15 : Composants en parallèle

Soit les “ n ” composants de la figure ci-dessous (Figure I.15) montés en parallèle. Si la probabilité de panne pour chaque composant repéré (i) est notée F_i alors:

$$R(s) = 1 - (1 - R)^n \quad (\text{II.19})$$

Le cas particulier de deux dispositifs en parallèle si λ est constant s est obtenu par :

$$R_s = 1 - (1 - R_A) * (1 - R_B) = R_A + R_B - R_A * R_B = e^{-\lambda_A t} + e^{-\lambda_B t} - e^{-(\lambda_A + \lambda_B)t} \quad (\text{II.20})$$

Exemple :

Trois dispositifs A, B et C de même fiabilité $R_A = R_B = R_C = 0.75$ sont connectés en parallèle.

Déterminons la fiabilité R_s de l'ensemble :

$$R_s = 1 - (1 - 0.75)^3 = 0.984$$

Si on réduit le nombre des composants à deux :

$$R_s = 1 - (1 - 0.75)^2 = 0.9375$$

Si on met quatre dispositifs en parallèle :

$$R_s = 1 - (1 - 0.75)^4 = 0.9961$$

II.5.9.4. Cas des systèmes connectés en parallèle et dis en attente**II.5.9.5. Cas de deux composants en attente**

Pour le système proposé, le composant est en service actif et le composant en attente. Si tombe à tour en panne, il est automatiquement remplacé par C etc.

Si tous les composant sont identique avec λ constant, la fiabilité du dispositif est donnée par :

$$R(t) = e^{-\lambda t} + \lambda t e^{-\lambda t} = e^{-\lambda t} \quad (\text{II.21})$$

Si A et B ne sont pas identiques la relation devient :

$$R(t) = \frac{\lambda_A}{\lambda_B - \lambda_A} (e^{-\lambda_A t} - e^{-\lambda_B t}) + e^{-\lambda_A t} \quad (\text{II.22})$$

II.5.9.6. Cas de n composants en attente

Même démarche que précédemment, si le composant actif tombe en panne, il est remplacé par B.

Si B tombe à son tour en panne, il est automatiquement remplacé par C, ect, Si tous les composants sont identiques avec λ constant, la fiabilité du dispositif est donnée par :

$$R(t) = e^{-\lambda t} \left[1 + \lambda t + \frac{(\lambda t)^2}{2!} + \dots + \frac{(\lambda t)^n}{n!} \right] \quad (\text{II.23})$$

II.5.9.7. Cas où m composants sur les n sont nécessaires au succès du système

Si on suppose que le système se compose de n composants k , tous de même fiabilité R , et qu'il doit y avoir au moins deux composants en état de fonctionnement, la fiabilité de l'ensemble est donnée par la relation :

$$R_s = \sum_{i=m}^n \left(\frac{n!}{i!(n-i)!} \right) R^i (1-R)^{n-i} \quad (\text{II.24})$$

II.5.10. Combinaison de composants en série et en parallèle

C'est la combinaison des deux sous-paragraphes précédents.

Exemple : La fiabilité des trois composants identiques A, B et C est de 0.65, celle de D de 0,96 ; celle de E 0, 92 ; celle de G 0, 87 ; celle de F de 0,89 et celle de H de 1 (100%).

La fiabilité globale s est exprimée ici par :

$$\begin{aligned} s &= [1 - (1 - 0.65)^3] * [0.96] * [1 - (1 - 0.92 * 0.87)(1 - 0.89 * 1)] \\ &= 0.957 * 0.96 * 0.978 = 0.8986 \text{ environ } 90\% \end{aligned}$$

II.5.11. Lois de fiabilité

On distingue deux types de lois de probabilité utilisées en fiabilité : les lois discrètes et les lois continues [9].

- Lois discrètes

Une loi est dite discrète si elle prend ses valeurs dans \mathbb{N} c'est à dire des valeurs entières comme par exemple celle qui compte le nombre de pannes.

Parmi les lois discrètes on peut citer : 1) Loi Uniforme, 2) Loi de Bernoulli, 3) Loi Binomiale,

4) Loi Binomiale négative, 5) Loi Géométrique, 6) Loi Hypergéométrique, 7) Loi de Poisson.

- Les lois continues

Parmi les lois continues on peut citer : 1) La loi du Khi deux, 2) La loi de BirnbaumSaunders, 3) La loi Gamma, 4) Loi Inverse Gamma, 5) La loi logistique, 6) La loi loglogistique, 7) La Loi de Cauchy, 8) La loi de Student, 9) La loi Bêta, 10) La loi exponentielle,

11) La loi de Fisher, 12) La Loi normal, 13) La loi Log normale, 14) La loi de Weibull

II.5.12. Exemples étudiés

- La loi de Weibull

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 ($\beta = 3$). Sa fonction de fiabilité est :

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{II.25})$$

Avec les paramètres de signification : γ , β , η , 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 ($-\infty < \gamma < +\infty$)

- 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 un large développement de cette loi avec plusieurs applications.

Nous allons étudier des phénomènes physiques où la durée de vie est l'intervalle de temps écoulé entre l'instant de la mise en fonctionnement ou de la naissance, et l'instant de la première panne ou de la mort.

La plupart des phénomènes naturels sont soumis au processus de vieillissement. Il existe des phénomènes où il n'y a pas de vieillissement ou d'usure. Il s'agit en général de phénomènes accidentels. Pour ces phénomènes, la probabilité, pour un objet d'être encore en vie ou de ne pas tomber en panne avant un délai donné sachant que l'objet est en bon état à un instant t , ne dépend pas de t . Par exemple, pour un verre en cristal, la probabilité d'être cassé dans les cinq ans ne dépend pas de sa date de fabrication ou de son âge. Par définition, on dit qu'une durée de vie est sans usure si la probabilité de survie à l'instant t ne dépend pas de t .

Les modèles de fiabilité basés sur le taux de panne aléatoire sont les plus utilisés

Hypothèses :

- Le taux de défaillance $\lambda(t)$ est indépendant de l'âge du système
- Pour le système qui opère sur demande, la panne à la n ème demande est indépendante de celles à la $n-1$ demande.
- Pour le système opérant en continu, ceci représente un $\lambda(t)$ constant

Pour caractériser la durée de vie et mettre en évidence la notion de vieillissement. On montre en particulier l'utilité pratique de la loi exponentielle pour approcher la distribution des temps de panne.

La distribution exponentielle s'exprime ainsi :

Fiabilité : $R(t) = e^{-\lambda t}$

Avec les paramètres de significations :

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

Densité de probabilité : $f(t) = \lambda t e^{-\lambda t}$

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

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 λ constant

II.6. Modèles de fiabilité

On ne peut parler de mesure de fiabilité (modèles) qu'après avoir acquis une expérience suffisante dans l'exploitation du système ou éventuellement par des essais appropriés. On distingue :

II.6.1. La fiabilité estimée ou intrinsèque : c'est la fiabilité mesurée au cours d'essais spécifiques effectués dans le cadre d'un programme d'essai entièrement défini.

II.6.2. La fiabilité prévisionnelle : elle est obtenue à partir d'un modèle mathématique connaissant la fiabilité estimée de ces composants (modèles déductifs). Les propriétés du système complet sont déduites d'une connaissance détaillée des propriétés de ses composants.

II.6.3. La fiabilité opérationnelle : c'est la fiabilité mesurée sur des dispositifs en exploitation normale. Elle dépend des conditions réelles d'utilisation et du support logistique.

II.7. Les différentes formes de la maintenance

Le choix entre les méthodes 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 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 [6].

Le diagramme suivant synthétise selon la norme NF X 60-000 les méthodes de maintenance.

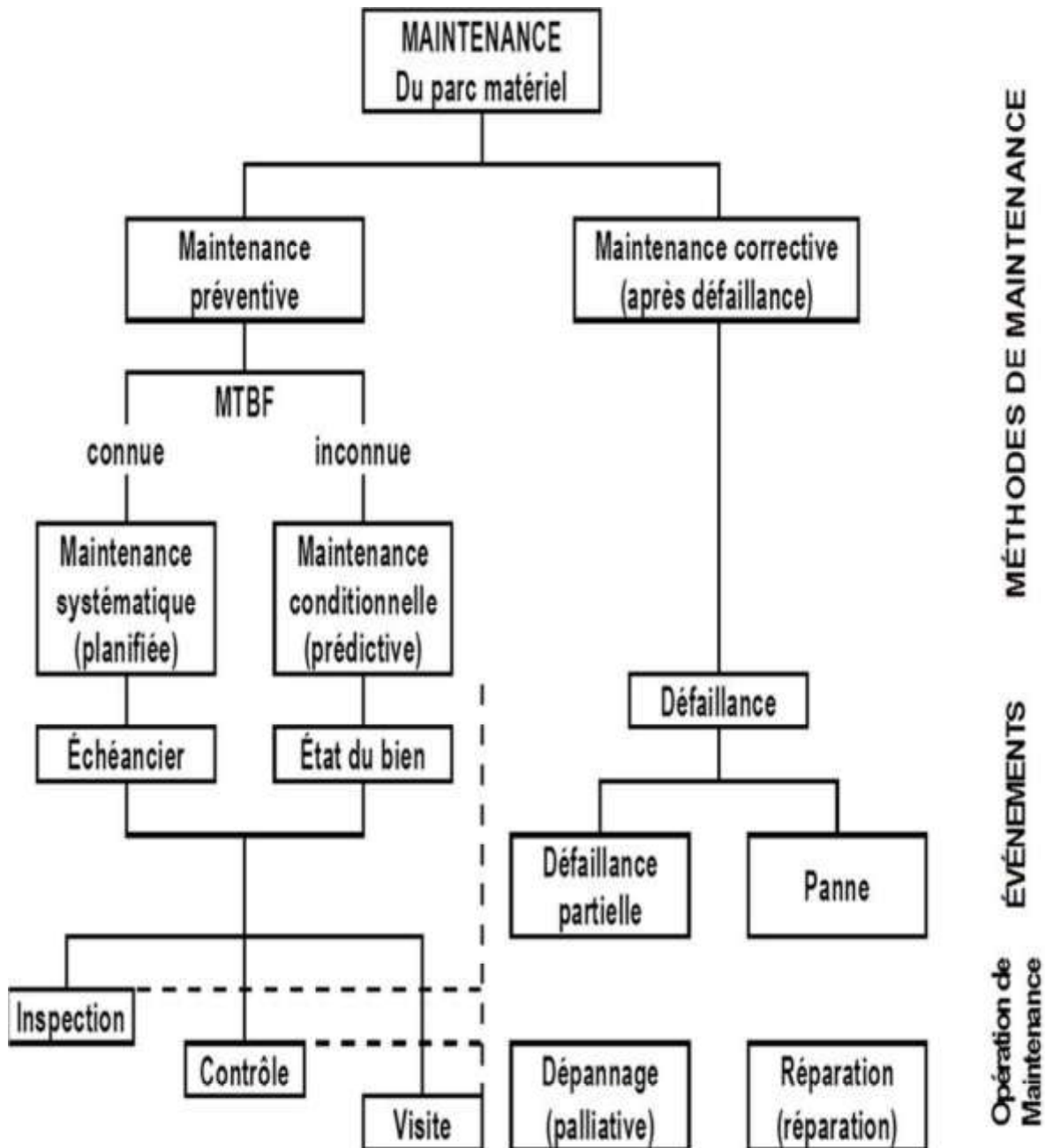


Figure I.16 : Les méthodes de maintenance

II.7.1. Maintenance corrective

- Définitions

La maintenance corrective ou accidentelle est définie ainsi : « maintenance exécutée après détection d’une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise ».

- Elle peut être « différée » : si elle n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'une panne, mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données.
- Elle peut être « d'urgence » : si elle est exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables.

- **Définitions (extraits normes NF X 60-010)**

La maintenance corrective appelée parfois curative (terme non normalisé) a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation. Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraînent une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés et/ou une dépréciation en quantité et/ou qualité des services rendus.

La Figure I.18 montre que l'action exercée après une défaillance sera dite corrective et notée I_c (intervention corrective).

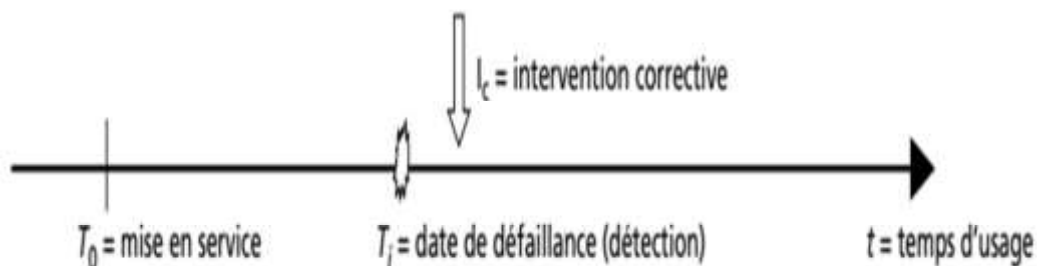


Figure I.17 : Action exercée après une défaillance sera dite corrective

II.7.2. Maintenance palliative

La maintenance palliative revêt un caractère temporaire, provisoire. Elle est principalement constituée d'opérations qui devront toutefois être suivies d'opérations curatives (réparations). Le dépannage est une opération de maintenance palliative qui est destinée à remettre le système en état provisoire

de fonctionnement de manière à ce qu'il puisse assurer une partie des fonctions requises.

II.7.3. Maintenance préventive

Opération de maintenance effectuée avant la détection d'une défaillance d'une entité, à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits (suite à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs) et destinée à réduire la probabilité de défaillance d'une entité ou la dégradation du fonctionnement d'un service rendu.

Elle est subdivisée en :

- Maintenance systématique
- Maintenance conditionnelle
- Maintenance prévisionnelle

Note : L'intervention préventive sert à améliorer l'état de l'élément. Par conséquent, seules les défaillances progressives sont prises en compte ici.

1-Maintenance prévisionnelle : Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien.

2-Maintenance systématique : Maintenance préventive exécutée à des intervalles de temps préétablis ou selon un nombre défini d'unités d'usage mais sans contrôle préalable de l'état du bien.

3-Maintenance conditionnelle : Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement et intégrant les actions qui en découlent.

II.8. Organisation d'entretien et de dépannage des équipements électriques

Comme la loi de Murphy le prédisait, les problèmes de système de contrôle électrique se produisent généralement avec le pire moment possible. Il est sage d'être préparé avec un plan de dépannage. Souvent, nous nous empressons de régler directement un problème alors qu'en fait, il serait avantageux pour nous d'être méthodiques avec notre processus. Ici, nous partageons les sept étapes pour le dépannage électrique [6].

- **Collecter des informations** : La première étape de tout exercice de dépannage du système électrique consiste à recueillir autant d'informations que possible sur le problème. Plutôt que de plonger immédiatement et d'essayer de faire fonctionner l'équipement au hasard, prenez d'abord un peu de recul et déterminez comment l'équipement est censé fonctionner, quelle documentation technique est disponible pour l'équipement et quelqu'un d'habitué à cet équipement.
- **Comprendre le dysfonctionnement et le rôle joué par l'équipement défectueux dans tout le processus** : Lorsque vous comprenez comment l'équipement et le processus sont supposés fonctionner, vous pouvez mieux comprendre quelle partie de celui-ci ne fonctionne pas correctement.
- **Identifier ce qui peut être mesuré afin de pouvoir identifier les éléments qui sont en dehors de la plage acceptable** : Par exemple, y a-t-il des lectures de tension ou des lectures de température qui vous aideraient à évaluer la source du problème ?
- **Identifier la source du problème en utilisant les données disponibles et les outils d'analyse pour isoler le composant défectueux** : Cela pourrait impliquer d'isoler des composants et d'évaluer leurs paramètres de circuit ou d'isoler les circuits par groupe en cas de circuit compliqué.
- **Corriger / réparer le composant endommagé.**

- **Vérifier la réparation après l'achèvement** : Une fois la réparation effectuée, démarrer le système pour s'assurer qu'il fonctionne maintenant comme requis. Ceci est important car il peut y avoir eu d'autres problèmes sous-jacents. Par exemple, il peut y avoir un problème avec un circuit qui fait sauter un fusible (comme une connexion électrique en court-circuit). Si c'est le cas, un dépannage supplémentaire sera nécessaire.
- **Effectuer une analyse des causes profondes pour déterminer ce qui a vraiment causé le problème** : Puisque l'un des objectifs du dépannage est de s'assurer que le problème ne se reproduira pas, il est important de déterminer ce qui a réellement causé le dysfonctionnement et de prendre des mesures pour s'assurer qu'une solution permanente est trouvée.

II.9 . Classification de la maintenance planifiée des équipements électriques

Selon la norme Afnor NF EN 13306 X 60-319, la « maintenance planifiée est une maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire les probabilités de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien » [10].

L'objectif de la maintenance planifiée est d'établir et de maintenir un équipement dans des conditions de production optimale. Mettre au point un plan de la maintenance planifiée signifie d'augmenter les outputs (0 problème de fiabilité, 0 panne) et d'améliorer les compétences des techniciens de maintenance en augmentant la disponibilité des machines.

Cela implique la réduction des actions « curatives et palliatives » de la maintenance pour construire un système qui inclue :

- Maintenance systémique, conditionnelle et prédictive régulière pour prévenir des pannes.
- Maintenance corrective pour réduire le risque de panne.

- Arrêt maintenance pour restaurer les machines et pour qu'elles refonctionnent mieux le plus rapidement possible.
- Supplément dans l'amélioration continue de la maintenance autonome.

En terme de culture, mettre en œuvre la maintenance planifiée, c'est passé d'un mode « réactivité » (une panne a lieu, il faut redémarrer au plus vite, appelé aussi mode « pompier ») à un mode de proactivité (il y a possibilité d'une panne, faut agir). Ainsi, la maintenance planifiée a pour enjeu de :

- Prolonger l'intervalle entre deux arrêts programmés.
- Diminuer la durée de l'intervention.
- Limiter la gravité des dégradations.
- Maîtriser l'outil de production en visant le « zéro panne » et en rendant les processus stables.
- Réduire les coûts de la maintenance.
- Soutenir les activités de la maintenance autonome.
- Intervenir au moment le plus optimal et opportun.

II.9.1. Prioriser le déploiement de la maintenance planifiée

Mettre en œuvre la maintenance planifiée est un processus complexe et couteux. Il devient nécessaire le faire étape par étape et de prioriser les équipements. Il faut donc recueillir des données sur les équipements (MTBF, MTTR, fréquence et gravité des pannes...).

Attribut	Critère d'évaluation	Rang
Sécurité : effet de la défaillance sur les personnes et l'environnement	Une défaillance de l'équipement présente un risque d'explosion ou d'autres dangers; défaillance de l'équipement provoque une pollution grave	A
	Une défaillance de l'équipement pourrait nuire à l'environnement	B
	Autre équipement	C

Qualité : Effet de la défaillance sur la qualité du produit	La défaillance de l'équipement a un effet majeur sur la qualité (peut entraîner une contamination du produit ou des réactions anormales et produire un produit hors spécifications)	A
	La défaillance de l'équipement produit des variations de qualité qui peuvent être corrigées rapidement par l'opérateur	B
	Autre équipement	C
Opération : Effet de la défaillance sur la production	Équipement ayant un effet majeur sur la production, sans mise en veille, dont la défaillance entraîne la fermeture complète des processus précédents et suivants	A
	La défaillance de l'équipement ne provoque qu'un arrêt partiel	B
	La défaillance de l'équipement a peu d'effet ou aucun effet sur la production	C
Maintenance : Temps et coût de la réparation	L'équipement prend 4+ heures ou coûte \$ 2 400 + pour réparer, ou échoue trois fois ou plus par mois	A
	L'équipement peut être réparé en moins de 4 heures à un coût entre 240 \$ et 2 400 \$ ou échoue moins de trois fois par mois	B
	L'équipement coûte moins de 240 \$ à réparer ou peut être laissé non réparé jusqu'à ce qu'une opportunité pratique se présente	C

Tableau II.1 Priorisation d'une maintenance planifiée

Une fois cette priorisation effectuée, il faut identifier les objectifs de la maintenance planifiée pour le ou les équipements.

II.9.2. Un exemple de classification

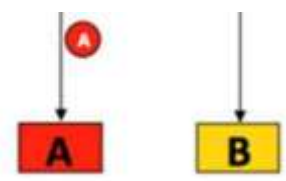
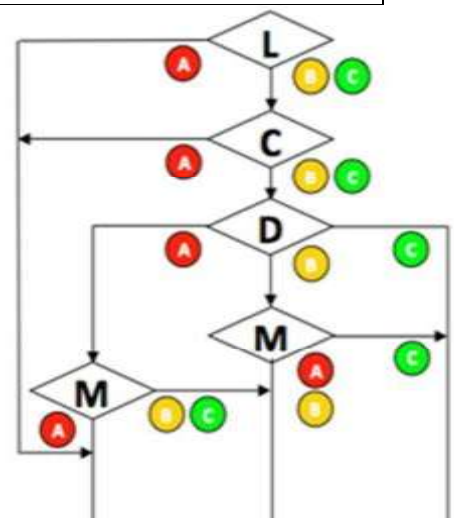
Le premier élément de classification consiste à mettre une priorité sur une ligne ou un équipement. La grille ci-dessous permet de faire cette évaluation[11].

	Classe A	Classe B	Classe C	Graphique de décision
Légal	Maintenance demandée expressément par les normes ou règles du secteur d'activité.	Maintenance non exigé par des normes mais uniquement par des recommandations internes.	Maintenance non demandée par les normes ou règles.	
Sécurité	Risque élevé.	Risque moyen.	Risque faible.	
Qualité	Haute probabilité.	Faible probabilité ou facilement détectable.	Aucune probabilité.	
Travail	Equipement utilisé 24/24.	Equipement utilisé uniquement sur 2 équipes.	Equipement utilisé sur 1 équipe.	

Délai $\lambda(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0}$	C'est le goulot. Son arrêt engendre l'arrêt total de la production	Son arrêt impactera la performance générale.	Aucun effet sur la production totale.
Fréquence	Quelques pannes ces 2 derniers mois.	Quelques pannes ces 6 derniers mois.	La dernière panne date de plus de 6 mois.
Maintenance	MTTR d'environ 2 heures.	MTTR entre 45mn et 2hr.	MTTR de moins de 45mn.
Coût	L'arrêt nous coute plus de 10 000 € de l'heure.	L'arrêt nous coute entre 5 et 10 000 € de l'heure.	L'arrêt nous coute moins de 5 000 € de l'heure.

Une fois que l'on a priorisé nos équipements, nous allons en faire de même avec les pièces de ces équipements. La grille ci-dessous nous permet d'effectuer cette classification.

	Classe A	Classe B	Classe C	Graphique de décision
Légal	Maintenance demandée expressément par les normes ou règles du secteur d'activité.	Maintenance non exigé par des normes uniquement par des recommandations internes.	Maintenance non demandée par les normes ou règles.	
Coût	L'arrêt nous coute plus de 10 000 € de l'heure.	L'arrêt nous coute entre 5 et 10 000 € de l'heure.	L'arrêt nous coute moins de 5 000 € de l'heure.	
Délai	Plus de 90 jours pour se faire réapprovisionner.	Entre 21 et 90 jours.	Moins de 21 jours.	
Maintenance	Pièce remplacée uniquement par le fabriquant.	Pièce remplacée par des organismes spécifiques et quelques personnes certifiées en maintenance interne.	Pièce remplacée par le personnel de maintenance.	



CHAPITRE - III -

UNITE INDUSTRIELLE DATTES DE TOLGA

III.1. Unit industrielle Datts de tolga

Société par actions « Société de Dattes et des Produits Agroalimentaires » Tolga, crée dans le cadre de la cession des actifs de l'office national de la datte « OND » unité de Tolga au profit des salariés.

- Gérant : Président Directeur Général.
- Statut juridique : SPA
- Adresse du siège social : Boulevard colonel si El-Houas Tolga W.Biskra
- Registre de commerce N° : 00 B 0242281 – 07/00 du : 29-04-2018
- Identification fiscale N° : 099807210230828
- Téléphone n° : +213 (0) 33 594 807 / n° : +213 (0) 33 594 719
- Date création : Octobre 1998.
- Date de reprise des activités : 12/10/1998.
- Nombre d'actionnaires : 61
- Capital social : 9 785 000 DA.
- Superficie totale : 46 442 m².
- Superficie couverte : 19 000 m².
- Capacité théorique de production : 5 000 tonnes/An.
- Capacité atteinte : 3700 tonnes/an.
- Capacité théorique d'exportation : 3000 tonnes/an.
- Capacité atteinte : 1450 tonnes/an.
- Capacité de stockage sous froid : 2400 tonnes/an.
- Capacité exploitée : 1600 tonnes/an.
- Capacité de transport : 40 tonnes dont 20 tonnes sous froid.
- Capacité théorique de la main d'oeuvre : 700 travailleurs.
- Main d'oeuvre utilisée : 320 dont 80% personnel féminin.

Situation géographique :

Notre usine à été crée en 1969.

- 1969 à 1982 (**OFLA**) Office des fruits et légumes d'Algérie
- 1982 à 1984 (**ENAFLA**) Entreprise Nationale des fruits et légumes d'Algérie
- 1984 à 1998 (**OND**) Office National de la Datte

Distance de l'Aéroport Khaider Mohamed Biskra de 40 Km

Vers l'est :

Aéroport de constantine : 270 Km

Skikda Port : 331 Km

Annaba Port : 398 Km

Jijel Port : 350 Km

Frontière Tunisienne : 400 Km

Vers le Nord :

Aéroport Inter National Houari Boumedién Alger 400 Km

Port d'Alger 430 Km

Vers le Sud :

Ouargla 355 Km

Frontière Malienne 2100 Km

Superficie :

- Superficie totale de la société : 46 422 m²
- Superficie couverte : 19 000 m²

L'unité de traitement, conditionnement et de la transformation représente le bâtiment principal d'une superficie couverte de 14 238 m².

Divisée en trois(03) partie :

Partie Nord

- Quai de réception de la datte
- Partie relative à la réception et l'agrèage de la datte

Partie Centre :

- Triage et sélection de la datte
- Tunnels de mûrissage
- Atelier de luxe
- Station de fumigation

Partie Est :

- Stockage des produits finis sous froid
- Stockage du produit brut sous froid
- Quai d'expédition.

Fabrication par type d'emballages**Régime**

- Régime carton de 6 kgs
- Régimes carton de 10 kgs

Dattes Deglet Nour**Branchettes**

- Bouquet branchettes de 400 grs et 500 grs
- Coffret branchettes 1000 grs
- Plateau offset 2 kgs
- Plateau offset 3 kgs
- Plateau offset 5 kgs
- Carton caisse 10 kgs

Datte Deglet Nour**Dattes Vrac****Marchande** (tombée de branchettes 1^{er} choix peu grasse)

- Caisse carton 4 kgs
- Caisse carton 10 kgs

Marchande (tombée de branchettes 1^{er} choix sans noyaux)

- Boite 1 kg
- Caisse carton 4 kgs
- Caisse carton 10 kgs

Standard (tombée de branchettes 1^{er} choix peu grasse)

- Caisse carton 4 kgs
- Caisse carton 10 kgs

Standard (tombée de branchettes 1^{er} choix peu grasse sans noyaux)

- Caisse carton 4 kgs
- Caisse carton 10 kgs

Dattes Deglet Nour Fourrée

- Comettes 250 grs

- Raviers 500 grs
- Raviers 1000 grs

Dattes Deglet Nour Conditionnée

- Comettes 250 grs
- Raviers 500 grs
- Caisse carton 4 kgs
- Caisse carton 10 kgs

Pâte de dattes

- Deglet nour en pain 500 grs
- Deglet nour en pain 1 kgs
- Deglet nour en pain 10kgs

III.2. d'amélioration la maintenance de les machines

Quatre façons d'améliorer la maintenance de la machine.

Il y a quatre domaines principaux sur lesquels se concentrer pour améliorer la maintenance des machines dans votre installation: planification, précision, protection et mesure.

III.2.1. Planification

La mise en place d'un plan de maintenance des machines garantira que les pièces, l'équipement et la main-d'œuvre seront disponibles au moment voulu et qu'une stratégie est en place pour utiliser ces ressources de manière efficace.

De nombreux plans de maintenance comprendront à la fois une maintenance planifiée et planifiée, qui identifiera les problèmes avant que la panne ne se produise, et une maintenance non planifiée planifiée, qui garantit que les pannes sont réparées et que les actifs sont remis en état de marche le plus rapidement possible.

III.2.2. Précision

L'établissement d'une stratégie de maintenance de précision garantira que les tâches de maintenance sont effectuées de manière cohérente, précise et conformément aux meilleures pratiques de l'industrie.

Pour que la maintenance de précision soit efficace, vous devez vous assurer de disposer de ces quatre éléments:

Les travailleurs doivent avoir la formation et les compétences nécessaires pour effectuer les tâches de maintenance rapidement et avec précision

Les outils et l'équipement nécessaires pour effectuer les tâches de maintenance doivent être disponibles

Tous les matériaux d'entretien, tels que les lubrifiants et les pièces de rechange, doivent être de haute qualité et exempts de contamination

Les plans de maintenance et les flux de travail doivent être accessibles et faciles à suivre.

III.2.3. Protection

Un élément clé de l'amélioration de la maintenance consiste à assurer la sécurité des travailleurs. Les travailleurs doivent disposer d'un équipement de protection individuelle (EPI) adéquat et être formés à son utilisation correcte.

Il y a quelques tâches importantes à suivre lorsque vous cherchez à améliorer la sécurité:

Des contrôles fréquents pour s'assurer que les protecteurs ou les barrières sont utilisés et ne sont pas endommagés.

Inspections de l'équipement électrique, des cordons d'alimentation et des interrupteurs pour identifier les fils exposés.

Formation régulière sur la sécurité au travail pour chaque employé

III.2.4. Mesure

La dernière pièce du puzzle de la maintenance des machines consiste à mesurer la performance des actifs. Sans données, les plans de maintenance conditionnels, prédictifs et prescriptifs ne fonctionneront pas. Des données précises sur les performances de vos machines vous permettent de choisir la bonne stratégie de maintenance, ce qui conduira à de meilleures performances plus fiables.

III.3. Structure de l'unte



Figure III.1 : machine de nettoyage de date



Figure III.2 :Chaudière a vapeur



Figure III.3 :Tunnel de maturité de date



Figure III.4 : table tournante de boîte de date.

Description

Les tables tournantes Géninox sont 100% fabriquées au Québec, selon nos standards de qualité. Robustes et conçues entièrement en acier inoxydable, ces tables augmentent l'efficacité du travail de l'opérateur. Les tables sont rapidement et facilement intégrable à votre convoyeur. Des accessoires permettant la redirection des contenants vous sont fournis pour assurer le bon fonctionnement du transfert entre le convoyeur et la table.

Spécifications

Modèle disponible : Table d'alimentation (début de la ligne) - Table d'accumulation (fin de la ligne);

Diamètre de la table : 30po - 40po - 48po;

Guide de redirection des bouteilles sur la table;

Plaque de transfert entre le convoyeur et la table;

Structure robuste fabriquée en acier inoxydable;

Variateur de vitesse de la rotation de la table;

Alimentation électrique 120 volts.



Figure III.5 :chambre d'autoclave de date

La vapeur entre par le bas du réservoir, et deux entrées de vapeur sont disposées au milieu du réservoir, et l'entrée d'air est automatiquement contrôlée par une soupape à siège pneumatique. Le tube de diffusion de vapeur est disposé au fond du réservoir. Une fois la vulcanisation terminée, elle se ferme automatiquement et donne un son d'alarme sonore et visuel. La température et la pression dans le réservoir de vulcanisation sont maintenues constantes et uniformes, ce qui résout le problème que la qualité des produits dans le réservoir est différente en raison de la température inégale et pression.



Figure III.6 :Cellophaneuse de boitede date (Machines d'emballage)

L'automatisation des processus répétitifs tels que la photocopie, l'emballage ou l'épissage est un moyen essentiel de gagner du temps pour toutes les entreprises. Il fonctionne sur les emballages et emballages, les épissures, les emballages de films, les emballages, les machines de fermeture de boîtes, les emballages rétractables et les emballages rétractables.



Figure III.7 : Crush et hacher les dates

CARACTESTIQUE TECHNIQUE :

- Produit à conditionné : pâte de datte
- Capacité de production : 3200kg /8h
- Pesage optique : a l'aide d'une photo cellule
- Découpage de la pâte : a l'aide d'un dispositif pneumatique (vérin – distributeur – détecteur- régulateur de débit)
- Les machines sont en acier inoxydable (nuance AISI 304 L –)
- Production de différents poids (1kg ,750g, 500g ...) suivant le
- réglage de système de découpage.



Figure III.8 : convoyeur

Avec une large gamme de convoyeur motorisé , ROBOPAC et SOFRAFILM répondent à toutes les applications du marché.

D'abord les convoyeurs motorisés à rouleaux ou bandes transporteuses représentent une solution économique pour gérer le transit de vos colis.

Qu'ils soient munis de pieds inclinables (gravitaires), droits ou courbes, ils sont avant tout modulables et pratiques.

De plus nos convoyeurs sont facilement déplaçables (si équipés de roulettes en option), permettant une optimisation de vos flux.

Enfin nos convoyeurs disposent d'un grand choix de diamètres (32 et 50 mm), de longueur fixe, et de largeur (500 650 et 800 mm).

Par ailleurs, les bandes transporteuse sont en PVC et les rouleaux en acier galvanisé (voire inox sur devis).



Figure III.9 :cerceuse automatique de date

Avec une large gamme de convoyeur motorisé , ROBOPAC et SOFRAFILM répondent à toutes les applications du marché.

D'abord les convoyeurs motorisés à rouleaux ou bandes transporteuses représentent une solution économique pour gérer le transit de vos colis.

Qu'ils soient munis de pieds inclinables (gravitaires), droits ou courbes, ils sont avant tout modulables et pratiques.

De plus nos convoyeurs sont facilement déplaçables (si équipés de roulettes en option), permettant une optimisation de vos flux.

Enfin nos convoyeurs disposent d'un grand choix de diamètres (32 et 50 mm), de longueur fixe, et de largeur (500 650 et 800 mm).

Par ailleurs, les bandes transporteuse sont en PVC et les rouleaux en acier galvanisé (voire inox sur devis).

III.4. État des appareillages :

ETAT D'INVENTAIRE DE L'ATELIER DU HALL TECHNOLOGIE							
Date immobilisation :		département de mécanique					
	N° de série	Désignation de l'équipement	Marque	Valeur d'acquis	Etat de l'équipement	Localisation de la panne	Observation
1	324598	machine de nettoyage de date	enact		Bon		
2	14879	Chaudière a vapeur	enact		Bon		
3	892174	Tunnel de maturité de date	enact		Bon		
4	120873	table tournante de boîte de date.	enact		Bon		
5	521486	chambre d'autoclave de date	enact		Bon		
6	148468	Machines d'emballage	enact		Bon		
7	658923	Crush et hacher les dates	enact		Bon		
8	789254	Convoyeur	enact		Bon		
Totaux							
VISA membre de S/ commission			Date et VISA de la D.F.C		Observation :		

III.5. Causes possibles des pannes et verification pour detecter ces Causes

Causes possibles des pannes	Verification pour detecter ces Causes
<p>1) Pannes provoquées par le grippage d'un organe en mouvement, ce grippage pouvant provenir lui-même:</p> <ul style="list-style-type: none"> -d'un manque de graisse. -d'un lubrifiant mal adapté. -d'un lubrifiant sale. -d'une fuite. -d'une charge exagérée. -d'un mauvais fonctionnement du refroidissement. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les divers points à graisser. - Vérifier les pleins à faire. - Vérifier les échauffements des paliers. - Contrôler les caractéristiques des lubrifiants employés. - Effectuer les vidanges nécessaires. - Nettoyer les filtres à huile. - Nettoyer les réservoirs à lubrifiants. - Effectuer des prélèvements à fin d'analyse. - Vérifier les excès de graissage. - Rechercher les fuites éventuelles. - Contrôler les pressions d'huile. - Contrôler les charges accidentelles sur les paliers. - Vérifier les pompes de circulation. - Contrôler l'entartrage.
<p>2) Pannes provoquées par le desserrage des pièces d'assemblage des organes mécaniques et électriques (boulons, clavettes, coins, attaches de courroie,....)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Resserer les écrous et les vis. - Remettre en place coins et clavettes. - Ausculter le bruit et les vibrations. - Vérifier les attaches de courroie. - Vérifier les cônes d'embrayages. - Vérifier les ferodo. - Contrôler les plaques d'usure.
<p>3) Pannes provoquées par:</p> <ul style="list-style-type: none"> - l'usure. - l'érosion. - l'oxydation. - les coups de feu. - la corrosion chimique. - l'amorçage d'un arc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier l'usure des galets. - Vérifier l'usure des rails ou chemins de roulements. - Vérifier l'usure des bagues et coussinets. - Contrôler l'usure des arbres. - Vérifier l'usure des coulisseaux. - Contrôler les pignons, barbotins et crémaillères. - Vérifier l'usure des fourchettes et doigts. - Vérifier l'usure des chaînes de transmission. - Vérifier les cardans.

	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les manchons d'accouplement. - Contrôler l'usure des clavettes coulissantes. - Contrôler l'usure des bandes transporteuses. - Exécuter les contrôles géométriques nécessaires. - Rattraper les jeux des organes de réglage. - Contrôler l'état de la peinture et de la corrosion.
4) Pannes provenant du vieillissement de certains matériaux, comme les isolants électriques.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier les pièces isolantes des contacteurs. - Vérifier les revêtements des câbles. - Faire les contrôles d'isolement.
5) Dérailements, renversements ou autres accidents provenant d'un défaut des chemins de roulements.	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier l'écartement des rails. - Vérifier le niveau des chemins de roulement. - Vérifier les butoirs de fin de course. - Vérifier l'ancrage aux rails. - Vérifier le calage. - Vérifier l'observation des consignes.
6) Pannes provoquées par la flexion, l'allongement ou la rupture intempestive d'un organe soit par: <ul style="list-style-type: none"> - mauvaise utilisation du matériel. - fatigue de matériaux. - défaut de conception. - accident prévisible. 	<ul style="list-style-type: none"> - Examiner les pièces fragiles. - Vérifier les pièces flexibles. - Contrôler l'emploi correct des machines. - Vérifier les câbles et chaînes de levage. - Contrôler les crochets et leurs sécurités. - Vérifier les manilles. - Exécuter les contrôles statiques et dynamiques. - Retendre les courroies et les chaînes.
7) Pannes provoquées par des défauts d'alimentation tels que surtension ou sous-tension.	<ul style="list-style-type: none"> - Exécuter les contrôles de puissance. - Exécuter les contrôles de vitesse.

<p>8) Détérioration des systèmes de commande:</p> <ul style="list-style-type: none"> - électrique. - pneumatique. - hydraulique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Vérifier l'état des contacts électriques. - Vérifier les ressorts de contact. - Vérifier la mise à la terre. - Vérifier la protection des transformateurs. - Contrôler les jeux de roulements des moteurs. - Contrôler l'empoussiéragage des moteurs. - Faire fonctionner les électro-freins. - Faire fonctionner les diverses sécurités. - Vérifier l'état des fils d'alimentation. - Contrôler le serrage des bornes. - Vérifier l'état des balais des bagues collecteurs. - Vérifier l'état diélectrique de l'huile du transformateur. - Vérifier les bougies. - Vérifier les vis platinées. - Vérifier les pleins d'huile de commande. - Vérifier les fuites éventuelles de fluide. - Vérifier le fonctionnement des clapets. - Nettoyer les carters d'huile de commande.
<p>9) Pannes provoquées par l'eau, l'humidité ou l'introduction d'un corps étranger, ce qui peut entraîner:</p> <ul style="list-style-type: none"> - courts-circuits. - encrassement de butées. - filtres inefficaces. - embrayages gras. - freins gras ou humides. - blocage des sécurités. 	<ul style="list-style-type: none"> - Nettoyer les butées. - Nettoyer les glissières. - Nettoyer les arbres. - Signaler les machines sales. - Vérifier les soupapes de sécurité. - Vérifier les arrêts automatiques. - Faire fonctionner les limiteurs de couple. - Vérifier les parachutes. - Contrôler les freins. - Contrôler les protections thermiques.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion generale

La maintenance industrielle nous impose les moyens et les dispositifs cités dans le chapitre 1 et chapitre 2 dans le cadre pour avoir une unité ou une entreprise évoluer.

Cependant dans notre unité de date de tolérance et d'après les visites effectuées on a constaté un manque de bureau de maintenance ce qui engendre une dégradation remarquable (des machines outils; personnels; manque espace vert sanitaire ouvriers nom qualifié, manque de transports, mauvaise gestion ect....

Liste des references

- [1] G. Zwingelstein, Diagnostic de défaillance, Hermès Paris 1997
- Javel, Georges. Pratique de la gestion industrielle: organisation, méthodes et outils. Dunod, 2003.
- [2] CHAPOUILLE, Pierre. Fiabilité. maintenabilité. Ed. Techniques Ingénieur, 1980.
- [3] Héng, Jean. Pratique de la maintenance préventive: mécanique, pneumatique, hydraulique, électricité, froid. Dunod, 2015.
- [4] <http://www.wikilean.com/Articles/Kaizen/2-La-Total-Productive-Maintenance-16-articles/Pilier-3-Maintenance-planifiee-Keikaku-Hozen>
- [5] Abbou, Rosa. Contribution à la mise en oeuvre d'une maintenance centralisée
- [6] Conception et Optimisation d'un Atelier de Maintenance. Diss. Université JosephFourier-Grenoble I, 2003.
- [7] Geitner, F. K., and H. P. Bloch. "Machinery Failure Analysis and Troubleshooting." (2012).
- [8] Adams, Maurice L. Rotating machinery vibration: from analysis to troubleshooting. CRC Press, 2009.
- [9] Rosa ABBOU, contribution a la mise en œuvre d'une maintenance centralisée : conception et optimisation d'un atelier de maintenance, these doctorat , Université Joseph Fourier - GRENOBLE 1, 2003.
- [10] MESSAI AHMED Ahmed, GUESSOUM Djahid et FERTAS Toufik, Analyse De Comportement Et Proposition D'une Politique De Maintenance (Cas D'une Locomotive Diesel Electrique 060DF13), 2008/ 2009.
- [11] BELOUADAH Abdenaceur, Amélioration de la fiabilité d'un système électromécanique par l'utilisation des opérations de la maintenance préventive. Theme master, Université Mohamed Boudiaf De M'SILA, 2015/2016.

- [12] MEGHNI Billel, Maintenance Industrielle, Université Kasdi Merbah – Ouargla, Décembre 2017.
- [13] Ahmed BELLAOUAR, Fiabilité Maintenabilité Disponibilité, Université Constantine 1, 2013/2014.
- [14] Ameursoualem HOUSSAM, Etude de la performance par analyse d'huile
Cas : Compresseur à Piston SULZER type : 4d.375.3a, COX-
(ARCELORMITTAL-ANNABA), Université Badji Mokhtar Annaba, 2016.
- [15] BERNARD MECHIN : Maintenance, concepts et définitions. Centre français d'exploitation, 2013/2014.
- [16] Houssam MEITAH, Etude de la maintenance industrielles application au hall technologie de l'Université de Biskra, Université Mohammed Khider de Biskra, 2019.

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

HISTORIQUE DES MACHINES

Atelier 1

Désignation	Date d'installation	Nbr d'h de travail
machine de nettoyage de date	24/03/2012	41h/sem
Chaudière a vapeur	27/12/2017	36h/sem
Tunnel de maturité de date	13/01/2014	30h/sem
table tournante de boîte de date.	13/01/2014	33h/sem
chambre d'autoclave de date	27/12/2017	20h/sem
Machines d'emballage	30/06/2008	24h/sem
Crush et hacher les dates	30/06/2008	38h/sem
Convoyeur	25/03/2010	18h/sem
cercleuse automatique de date	15/01/2013	21h/sem

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE**FICHE DE MACHINE**

date	Heures machine		Nettoyage périodique		Vidange d'huile		Entretien préventif		Panne et modification		Pièces de rechange utilisé
	mensuel	cumulé	Heures	type	heures	organes	heures	fréquence	heures	cause	
27/12/2017	132	1188	04	Produit d'entretien	/	/	02	/	01	Manque GAZ	Electronique

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

		<u>FICHE DE LUBRIFICATION</u>		Département de maintenance
Désignation de l'équipement : Chaudiere a vapeue			Code :	
Programme de lubrification				
Période	Organes	Lubrifiant		Méthodes
		Type	Quantité	
Mensuel	Chaudiere	GAZ	300 kg	
<p><u>Observation</u> : Chaudiere a vapein Pour Conditionnement dattes</p>				

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

Département De Maintenance

Biskra le : .../...../.....

RAPPORT CIRCONSTANCIEL

Adressé au directeur de l'institut Mr :

Nous vous informons qu'un accident est survenu sur un équipement de votre institut. Veuillez prendre les mesures nécessaires.

Atelier : Maintenauce

machine : chaudier a vapein

Code :

Organe avarie : tuyaux d'alimeulatm de vapeur

Description de l'incident :

Tuyau de couduite de vapon a été tissuze degagenv la vapon tris chaude.

Dégâts constatés :

Tuyaur fissure meruque de Pressin de vapon dun le tunnel de Musissagt

Conclusion :

Reperatin Rapide pai le serree de Meunaucenauce et entretieu.

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

Département de maintenance

Rapport de visite

Atelier Mainteneuee

Machine Chaudiere a vapein

Code :

Organes et points à examiner	Objet de l'examen contrôle à effectuer	Anomalies constatées observation	Suite à donner PDR à remplacer
Chaudiere	Ecntole Periodique	Meunque de Pressin	Repuatuon Imueshiate

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

Département de maintenance

INTERVENTIONS CURATIVES ET PREVENTIVES

hrs de marche	Désignation des travaux	Code nature	Temps passé	Pièces de rechange	Exécutant	Date de mise en service
06h	Conotitionnemeut sattes		04 h	Brulen	Eondueteun Chaudiere	27/12/2017

Observations :

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

FICHE D'ENTRETIEN DES MACHINES

(ENTRETIEN, NETTOYAGE ET GRAISSAGE)

Organes	Travaux à exécuter	Moyens matériels	Graisse ou lubrifiant	fréquence			Temps d'exécution
				J	S	M	

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

Département de maintenance

NOMENCLATURE DES EQUIPEMENTS

Machine : Chaudiere a vapein

Type :

N° de fabrication : 7018

Code :

Fournisseur : ECFERAL/SPA

Fabricant : ECFERAL/SPA

Pays d'origine : ALGERIE

Année de fabrication :2017

Date de mise en service :2017

Valeur : En DA : 8000 000 DA

En monnaies de paiement : Cheque De Banque

Observation : Puyement easz

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

NOMENCLATURE PIECES DETACHES

Rep.	Désignation de la pièce	Caractéristiques et références	Fabriquant	Code/magasin	Quantité	Quantité magasin

ANNEXE : DOCUMENTATION DE MAINTENANCE

LISTE DE PIECES DE RECHANGES

Code machine	Désignation de la pièce	Code/référence	Quantité	Prix unitaire	Prix totale	Observation

Résumé

Cette memoire est le fruit de l'étude et de l'analyse que j'ai menées lors de ma formation theorique et pratique au sein de l'unité SODAPALdeTOLGA. Grâce à ce travail, j'ai pu comprendre le processus de production des dattes en général et ainsi connaître les problèmes qui peuvent exister pour ralentir les deffailances et augmenter la chaîne de production. Aussi, nous savons que la modernisation de l'appareil de production a pour effet d'accoitre les investissements et par conséquent de rendre la consommation plus difficile, augmentant ainsi les coûts de production perdus. Le principal problème qui a été remarqué et qui affecte directement la cadence de production est que l'état de l'équipement est très ancien, car il a été remarqué qu'il n'y avait aucun intérêt pour la maintenance de la machine et la maintenance extérieure et cela a conduit à de nombreuses interruptions. Pour réduire les pertes de production liquides, il est nécessaire de mettre en place une politique de maintenance décentralisée stricte et de mettre en place un service de maintenance en inter

ملخص

هذا العمل هي نتيجة الدراسة والتحليل التي قمت بها خلال تدريبي العملي داخل وحدة شركة تكيف وتحويل التمور طولقة (SODAPAL). من خلال هذا العمل تمكنت من فهم عملية إنتاج التمور بشكل عام وبالتالي معرفة المشاكل التي قد تكون موجودة في إبطاء سلسلة الإنتاج.

. كما نعلم أن تحديث جهاز الإنتاج له تأثير في زيادة الاستثمارات ونتيجة لذلك جعل الاستهلاك أكثر صعوبة ، وبالتالي زيادة تكاليف الإنتاج المفقود.

المشكلة الرئيسية التي لوحظت والتي تؤثر بشكل مباشر على معدل الإنتاج هي أن حالة المعدات قديمة جدًا ، حيث لوحظ أيضا عدم وجود مصلحة لصيانة الماكينة والاستنجد من الخارج وهذا ما أدى إلى كثيرًا من التوقفات.

لتقليل خسائر الإنتاج السائدة ، من الضروري وضع سياسة صارمة للصيانة اللامركزية وإنشاء مصلحة الصيانة داخلية.