



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة وهران 2 محمد بن أحمد
Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed

معهد الصيانة و الأمن الصناعي
Institut de Maintenance et de Sécurité Industrielle

Département de Maintenance en Electromécanique

MÉMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master

Filière : Génie Industriel
Spécialité : Maintenance-Fiabilité-Qualité

Thème

**Etude d'un plan de maintenance basé sur la fiabilité dans
un site industriel**

Présenté et soutenu publiquement par :

Harizi Mouad

Chellakh Abdellah

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Etablissement	Qualité
Tahraoui mohamed	IMSI	Président
Otsmani Zineb	IMSI	Encadreur
Bourahla Boumediene	IMSI	Examineur

Juin 2018

REMERCIEMENTS

En premier lieu, Je voudrais bien remercier chaleureusement notre directrice de mémoire de Master, Madame Otsmani Zineb qui a encadré ce travail Je tiens particulièrement à remercier Mr. Tahraoui Mohamed de m'avoir fait l'honneur de présider le jury de ce mémoire.

Mes remerciements vont aussi au Mr. Bourahla Boumediene pour avoir accepté à évaluer ce travail. Je n'oublie pas aussi de remercier tous les enseignants de IMSI qui ont contribué à ma première année de formation et qui a eu lieu à l'Université d'Oran 2 Mohamed Ben Ahmed. Je tiens enfin à remercier également tous mes collègues et amis pour leur soutien, conseil et aide durant ces années.

DEDICACE

Nous dédions ce mémoire Particulièrement à notre famille qui m'ont toujours laissé la liberté dans le choix de notre cursus scolaire et qui ont été toujours auprès de nous dans toutes les circonstances ainsi que son soutien moral qui nous permis d'arriver à ce stade et achever le travail de notre master dans des bonne conditions. À nos Parents, À nos Frères et nos Sœurs, À mes deux grande Famille, À mes Amis, À tous ceux qui m'ont apporté leur aide.

Harizi Mouad

Chelakh abdellahe

LISTE DES ABREVIATIONS

MBF : Maintenance Basée sur la Fiabilité.

AFNOR : Agence Française de Normalisation.

MTBF : Mean Time Between Failure (Temps moyen entre deux défaillances).

MTTR: Mean Time To Repair.

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

GMAO : Gestion de maintenance assistée par ordinateur.

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et Criticité.

SAV : Service Avant Vendre.

SOMMAIRE

Introduction générale.....	5
----------------------------	---

Chapitre I : Généralité sur la maintenance

I.1 Introduction.....	8
I.2 Définition de la maintenance.....	8
I-2-1-Définition de la maintenance selon l'AFNOR	8
I.3 Rôle de la maintenance	8
I.4 Le service de la maintenance au sein de l'entreprise	9
I.5 Domaine d'action de service de maintenance.....	10
I.6 Fonctions et tâches associées à la maintenance	11
I-6-1 – Etudes et méthodes	11
I-6-2 – Exécution / Mise en œuvre	11
I-6-3 – La fonction documentation et ressources	12
I.7 Les différents formes de la maintenance	12
I-7-1- Les concepts	12
I-7-2 Les méthodes	12
I.8 Les opérations de maintenance	15
I-8-1 Les opérations de maintenance corrective	15
I-8-2 –Les opérations de maintenance préventive	15
I-8-3 Autres opérations	16
I.9 Conclusion	16

Chapitre II : Généralité et les lois de la fiabilité

II.1 Introduction	19
II.2 Approche de la fiabilité par la probabilité.....	19
II.3 Expressions mathématique.....	19
II-3-1 – Fonctions de distribution et de répartition	19
II.4 Expressions des lois de fiabilité.....	2
II-4-1 Lois de composition en fiabilité : associations de matériels	22
II.5 Analyse de la fiabilité par la loi exponentielle	23

II-5-1 – Définition de la loi exponentielle	23
II-5-2 – Durée de vie associée à un seuil de fiabilité	24
II.6 Analyse de la fiabilité par la loi de Weibüll.....	24
II-6-1 – Définition de la loi de Weibüll	24
II-6-2 – Durée de vie associée à un seuil de fiabilité	27
II.7 Conclusion.....	28

Chapitre III : Maintenance basée sur la fiabilité MBF

III.1 Introduction.....	28
III.2 Historique.....	28
III.3 Définitions et principes	28
III-3-1 – Définitions.....	28
III-3-2 – Objectifs	29
III-3-3 – Les 3 principes de la MBF.....	29
III.4 Les étapes de la MBF	30
III.5 Les bases de la MBF.....	31
III-5-1 – Les fonctions cachées	31
III-5-2 – Les types de défaillances.....	31
III.6 Comment rendre une maintenance efficace.....	31
III-6-1 – Les tâches	31
III-6-2 – Tâches de base en MBF	32
III-6-3 – Les intervalles.....	33
III-6-4 – Les formes de maintenance	33
III.7 Conception de programmes efficaces.....	34
III.8 Les bénéfices de la MBF.....	34
III.9 Rendre les programmes de maintenances dynamique.....	35
III-9-1 – Objectifs des programmes de maintenance	35
III-9-2 – Applicabilité et efficacité des tâches	35
III-9-3 – Programmes de maintenance dynamiques.....	35
IV.10 Conclusion	37

Chapitre IV : Illustration

IV.1 Introduction	39
IV.2 Partie Sonatrach GNL2/Z	41
IV-2-1-Exploitation d’historique	41

IV-2-2 Présentation de l'entreprise.....	42
IV-2-3 Collecte des données	42
IV-2-4 Calcul des paramètres	42
IV-2-6 Interprétation des résultats	49
IV.2 Partie Condor Electronics	49
IV-3-1 Présentation de l'entreprise.....	49
IV-3-2 Résultats et analyses de bilan d'arrêt du mois de mars 2018	20
IV.4 Comparaison	55
IV-4-1 comparaison sur les types de maintenance.....	55
IV-4-2Analyse des résultats de comparaison.....	57
IV-5 Conclusion.....	58
IV.6 Conclusion	58

Conclusion

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I-1 : Centralisation de la maintenance	9
Figure I-2 : Les méthodes de maintenance	13
Figure I-3 : Synoptique des opérations de maintenance	17

Chapitre II

Figures II-1 : Allure de $F(t)$	20
Figures II-2 : Allure de $R(t)$	20
Figures II-3 : La durée de vie d'un matériel	24

Chapitre III

Figure III-1 : Cycle des principes de la MBF	31
Figure III-2 : Les étapes de la MBF	32
Figure III-3 : Modes de défaillance	34
Figure III-4 : Cycle de développement des équipements	39

Chapitre IV

Figure IV-1 : Heure de marche /objectifs	43
Figure IV-2 : Répartition des arrêts en fonction du genre	45
Figure IV-3 : Répartition des Arrêts en fonction des causes d'origine	45
Figure IV-4 : Evolution du MTBF mensuelle des équipements	48
Figure IV-5 : La disponibilité des équipements	48
Figure IV-6 : Le cout générale de maintenance	54
Figure IV-7 : le nombre et le temps de défaillance pour les deux sites industriels	56
Figure IV-8 : Le temps de réalisation pour le type de maintenance correctif	56
Figure IV-9 : Le temps de réalisation pour le type de maintenance préventif	57

LISTE DES TABLEAUX

Tableau II-1 : Tableau de Weibüll	27
Tableau IV-1- Fiche technique du complexe GNL2/Z.....	41
Tableau IV-2 : Les caractéristiques du complexes GNL2/Z.....	42
Tableau IV-3 : Le temps de maintenance dans les défèrent types de maintenance	43
Tableau IV-4 : Répartition des heures d'arrêt en fonction du Type	43
Tableau IV-5 : Les paramètres de fiabilité mensuel du turbocompresseur.....	46
Tableau IV-6 : Les paramètres de fiabilité mensuel du turbogénérateur	46
Tableau IV-7 : Les paramètres de fiabilité mensuel du chaudières 400 T/h.....	47
Tableau IV-8 : Les paramètres de fiabilité mensuel du compresseur d'air.....	47
Tableau IV-9 : La fiche technique d'unité CONDOR.....	49
Tableau IV-10 : Le temps de maintenance dans les différent types de maintenance	51
Tableau IV-11 : Regroupe le temps disponible, le temps de marche	52
Tableau IV-12 : Regroupe le Taux de disponibilité, MTBF, MTTR.....	53
Tableau IV-13 : Regroupe les coûts de maintenance.....	54
Tableau IV-14 : Les paramètres de fiabilité	55
Tableau IV-15 : Le nombre et le temps de défaillance pour les deux sites industriels	55

Introduction générale

Introduction générale :

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

Le principe commun des différents Types et techniques de la maintenance réside dans le contrôle régulier de l'état mécanique, du rendement, et d'autres indicateurs des conditions de fonctionnement des machines et des processus, de façon à optimiser l'intervalle entre les interventions et à minimiser le risque d'indisponibilité. Ces techniques constituent un excellent moyen d'améliorer la productivité, la qualité du produit, la rentabilité et le rendement global des installations. La maintenance a pour objet de garantir l'état de bon fonctionnement de l'outil de production et d'assurer ainsi sa disponibilité. Il va de soi que la maintenance sera d'autant plus efficace qu'elle sera capable d'anticiper les défaillances du système. Afin de déterminer la politique de maintenance adéquate, il est au préalable nécessaire de connaître la fiabilité de l'équipement, car elle est comme l'incarnation pour la maintenance avec ces lois, caractéristiques, méthodes et analyses, statistiques et des applications numériques.

Elles ne se limitent pas au contrôle et au suivi des vibrations, à des images thermiques ou à des analyses de lubrifiants qui sont les méthodes et outils les plus courants : c'est toute une "philosophie", une attitude qui consiste à se concentrer sur les caractéristiques de fonctionnement et sur les performances globales d'une installation avec l'objectif d'augmenter sa sûreté de fonctionnement et sa fiabilité.

La fiabilisation des équipements constitue le cœur de la politique de maintenance optimisée par maintenance performance. L'approche est axée sur une politique de maintenance centrée sur la fiabilité, elle réalise un audit de la fiabilité, une analyse des problèmes techniques et une analyse des défaillances survenues sur les machines problématiques.

Cet outil intuitif est utilisable par les opérateurs effectuant les premiers constats sur le terrain, par les équipes de production, les équipes de maintenance et bien entendu les techniciens et ingénieurs chargés d'optimiser la fiabilité des équipements. Ainsi toute l'organisation de la maintenance est basée sur la fiabilité.

En ciblant les causes de défaillances susceptibles de se produire, il sera dès lors plus aisé d'identifier leurs effets et d'anticiper les problèmes techniques qui pourraient à nouveau survenir et éviter ainsi de générer des pertes. Le taux de disponibilité opérationnel et les indicateurs clés de performance concernant l'amélioration de la fiabilité évoluent positivement le temps moyen de bon fonctionnement ou temps moyen entre défaillances (MTBF) contribuent à augmenter la fiabilité rapidement.

La maintenance basée sur la fiabilité est avant tout une méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive qui permettra d'atteindre efficacement les niveaux

requis de sécurité et de disponibilité des équipements. Elle permet d'aboutir à une amélioration globale de la sécurité, de la disponibilité et de certains aspects économiques de l'exploitation. La MBF offre un cadre précis et des règles pour établir un programme de maintenance à l'aide d'une méthode d'analyse structurée et rationnelle qui complète l'action des experts en matériels.

Ce mémoire se compose d'une introduction générale, de quatre chapitres et d'une conclusion générale, présenté comme suit :

Le premier chapitre présente une synthèse bibliographique sur la maintenance : définition, formes, les types, les opérations, les méthodes,

Le deuxième chapitre concerne les généralités sur les lois de fiabilité, sa définition, les expressions mathématiques des lois de fiabilité, les analyses de fiabilité par la loi exponentielle et loi de Weibul.

Le troisième chapitre est consacré à la méthode la maintenance basée sur la fiabilité, la définition, les principes de la MBF, les étapes et les bases de la MBF.

Le quatrième chapitre est illustration d'une études pratique sur les deux sites industriels, Sonatrach GNL2/Z et Condor unité de transformation de plastiques, les données pratiques recueillies au sein de deux sites industriels, nous a permis une analyse statistique des défaillances, les temps et les différents types de maintenance, les différents indicateurs de fiabilité (les Taux de disponibilité, marche, arrêt, MTBF, MTTR) et les coûts de maintenance.

Finalement, nous terminons par une conclusion générale

Chapitre I

Généralités sur la maintenance

I.1 Introduction :

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

L'automatisation et l'informatique ont permis d'accroître considérablement cette rapidité de production. Cependant, les limitations technologiques des moyens de production ne permettent pas d'augmenter continuellement les cadences.

De plus, produire plus sous-entend produire sans ralentissements, ni arrêts. Pour cela, le système de production ne doit subir qu'un nombre minimum de temps de non production. Exceptés les arrêts inévitables dus à la production elle-même (changements de production, montées en température, etc.), les machines ne doivent jamais ou presque connaître de défaillances tout en fonctionnant à un régime permettant le rendement maximal.

Cet objectif est un des buts de la fonction maintenance d'une entreprise. Il s'agit de maintenir un bien dans un état lui permettant de répondre de façon optimale à sa fonction.

I.2 Définition de la maintenance :

I.2.1 Définition de la maintenance selon l'AFNOR :

Ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de management durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise. Bien maintenir c'est assurer l'ensemble de ces opérations au coût optimal.

La définition de la maintenance fait donc apparaître 4 notions :

- ⇒ Maintenir qui suppose un suivi et une surveillance.
- ⇒ Rétablir qui sous-entend l'idée d'une correction de défaut.
- ⇒ État qui précise le niveau de compétences et les objectifs attendus de la maintenance.
- ⇒ Coût optimal qui conditionne l'ensemble des opérations dans un souci d'efficacité économique. [1]

I.3 Rôle de la maintenance :

Le rôle de la fonction maintenance dans une entreprise quel que soit son type et son secteur d'activité est donc de garantir la plus grande disponibilité des équipements au meilleur rendement tout en respectant le budget alloué.

Le service maintenance doit mettre en œuvre la politique de maintenance définie par la direction de l'entreprise, cette politique devant permettre d'atteindre le rendement maximal des systèmes de production.

Cependant, tous les équipements n'ont pas le même degré d'importance d'un point de vue maintenance. Le service devra donc, dans le cadre de la politique globale, définir les stratégies les mieux adaptées aux diverses situations.

La fonction maintenance sera alors amenée à établir des prévisions ciblées :

- ⇒ Prévisions à long terme (au-delà d'une année) :

Elles concernent les investissements lourds ou les travaux durables. Ce sont des prévisions qui sont le plus souvent dictées par la politique globale de l'entreprise.

- ⇒ Prévisions à moyen terme (dans l'année en cours) :

La maintenance doit se faire la plus discrète possible dans le planning de charge de la production. Il lui est donc nécessaire d'anticiper, autant que faire se peut, ses interventions en

fonction des programmes de production. La production doit elle aussi prendre en compte les impératifs de suivi des matériels.

⇒ Prévisions à courts termes :

Elles peuvent être de l'ordre de la semaine, de la journée, voire de quelques heures. Même dans ce cas, avec le souci de perturber le moins possible la production, les interventions devront elles aussi faire l'objet d'un minimum de préparation. [2]

I.4 Le service de la maintenance au sein de l'entreprise :

Il existe 2 tendances quant au positionnement de la maintenance dans l'entreprise :

⇒ La centralisation : où toute la maintenance est assurée par un service.

▪ Les avantages sont :

- Standardisation des méthodes, des procédures et des moyens de communication.
- Possibilité d'investir dans des matériels onéreux grâce au regroupement.
- Vision globale de l'état du parc des matériels à gérer.
- Gestion plus aisée et plus souple des moyens en personnels.
- Rationalisation des moyens matériels et optimisation de leur usage (amortissement plus rapide).
- Diminution des quantités de pièces de rechange disponibles.
- Communication simplifiée avec les autres services grâce à sa situation centralisée.

⇒ La décentralisation : où la maintenance est confiée à plusieurs services, de dimension proportionnellement plus modeste, et liés à chacun des services de l'entreprise.

Dans ce cas, le service maintenance n'a pas de direction unique. Les différents pôles maintenance adjoints aux autres services de l'entreprise dépendent bien souvent hiérarchiquement de ces derniers.

▪ Les avantages sont :

- Meilleures communications et relations avec le service responsable et utilisateur du parc à maintenir.
- Effectifs moins importants dans les différentes antennes.
- Réactivité accrue face à un problème.
- Meilleure connaissance des matériels.
- Gestion administrative allégée.

Il va de soi que les 2 modèles d'organisation étant contraires, les avantages de l'un sont souvent les inconvénients de l'autre. [9]

I.5 Domaine d'action de service de maintenance :

Dans une entreprise, il existe un grand nombre de matériels différents qui sont liés ou non à la production. C'est dans ce contexte qu'apparaît la nécessaire polyvalence des techniciens de maintenance ainsi que leurs capacités d'adaptation. La liste (non exhaustive) qui suit permet de se rendre compte de la variété des actions qui constituent souvent le quotidien de la mission d'un service maintenance :

- Maintenance préventive et corrective de tous les systèmes dont le service a la charge ainsi que toutes les opérations de révisions, contrôles, etc.
- Travaux d'installation et de mise en route de matériels neufs.
- Travaux directement liés aux conditions de travail : sécurité, hygiène, environnement, pollution, etc.
- Amélioration, reconstruction et modernisation des installations.
- Gestion des pièces de rechange, des outillages et des moyens de transport et de manutention.
- Fabrication de certaines pièces détachées.
- Travaux divers dans les locaux de l'entreprise, agrandissements, déménagements.
- Gestion des différentes énergies et des réseaux de communication.

Pour tous ces points, l'objectif permanent est de maintenir les matériels dans un état optimal de service. La priorité sera bien sûr toujours orientée vers l'outil de production.

Le service maintenance doit donc maîtriser le comportement des matériels en gérant les moyens nécessaires et disponibles. C'est là que l'importance de la mutation de l'entretien traditionnel vers une logique de maintenance prend toute son importance.

I.6 Fonctions et tâches associées à la maintenance :

Il existe 3 fonctions et tâches associées à la maintenance

I.6.1 Etudes et méthodes : Fonctions études et méthodes : optimisation des tâches en fonction des critères retenus dans le cadre de la politique de maintenance définie par l'entreprise.

⇒ Etudes techniques :

Etudes d'améliorations, études de conception et de reconception des équipements ou des travaux neufs, analyse des conditions de travail.

⇒ Préparation et ordonnancement :

Etablissement des fiches et gammes d'instructions pour le personnel, constitution de la documentation pour les interventions, établissement des plannings d'interventions et d'approvisionnements en pièces de rechange, réception et classement des documents relatifs à l'intervention et remise à jour des dossiers techniques.

⇒ Etudes économiques et financières :

Gestion des approvisionnements, analyse des coûts (maintenance, défaillance, fonctionnement), rédaction du cahier des charges et participation à la rédaction des marchés (travaux neufs, investissements, sous-traitance), gestion du suivi et de la réception de ces marchés.

⇒ Stratégie et politiques de la maintenance :

Définition, choix et élaboration des procédures de maintenance (corrective, préventive), des procédures de contrôle, des procédures d'essais et de réception, détermination des domaines

d'actions préventives prioritaires, étude des procédures de déclenchement des interventions, gestion de la sécurité dans l'organisation de l'environnement industriel.

Pour remplir cette fonction, les techniciens des études et des méthodes disposent : de dossiers techniques fournissant toutes les caractéristiques des matériels, des fiches d'historiques résumant les opérations déjà effectuées, de la documentation constructeurs et fournisseurs, des banques de données informatiques. [3]

I.6.2 Exécution / Mise en œuvre :

L'aspect pluri techniques de cette fonction nécessite une grande expérience sur les matériels et une connaissance approfondie des différentes technologies. Le technicien devra agir avec beaucoup de rigueur pour rendre son action efficace. Il sera aidé par les documents et procédures établis par la fonction « études et préparation ».

Les principales tâches sont : gestion de l'intervention de maintenance, connaissance comportementale du matériel, pilotage des interventions, application des consignes et règles d'hygiène, sécurité et conditions de travail, installation des machines et des matériels (réception, contrôle, mise en fonctionnement), information du personnel sur les équipements, remise en main du matériel après intervention, gestion de l'ordonnancement, établissement de diagnostics de défaillance de matériels, établissement de consignes d'utilisation intégrant les consignes d'hygiène et de sécurité, gestion des stocks (des pièces de rechange, outillages, appareils de contrôle). [4]

I.6.3 La fonction documentation et ressources :

Indispensable pour tous les services, cette fonction est la mémoire de l'activité sur laquelle s'appuieront les études ultérieures en vue de définir une politique de maintenance. Elle est aussi une source inestimable de renseignements pour la fonction « études et méthodes ».

Les principales tâches sont : élaboration et tenue des inventaires, constitution et des dossiers techniques, des historiques, des dossiers économiques, constitution d'une documentation générale, technique et réglementaire, constitution d'une documentation fournisseurs. [4]

I.7 Les différents formes de la maintenance :

Il existe 2 différents formes de la maintenance.

I.7.1 Les concepts : L'analyse des différentes formes de maintenance repose sur 4 concepts.

- ⇒ Les événements qui sont à l'origine de l'action : référence à un échancier, la subordination à un type d'événement (auto diagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure, etc.), l'apparition d'une défaillance.
- ⇒ Les méthodes de maintenance qui leur seront respectivement associées : maintenance préventive systématique, maintenance préventive conditionnelle, maintenance corrective.
- ⇒ Les opérations de maintenance proprement dites : inspection, contrôle, dépannage, réparation, etc.

⇒ Les activités connexes : maintenance d'amélioration, rénovation, reconstruction, modernisation, travaux neufs, sécurité, etc.

Cette réflexion terminologique et conceptuelle représente une base de référence pour :

⇒ L'utilisation d'un langage commun pour toutes les parties (conception, production, prestataires de services, etc.).

⇒ La mise en place de systèmes informatisés de gestion de la maintenance. [5]

I.7.2 Les méthodes :

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.

Le diagramme suivant synthétise selon la norme NF EN 13306 les méthodes de maintenance. Comme le montre la figure I-2. [5]

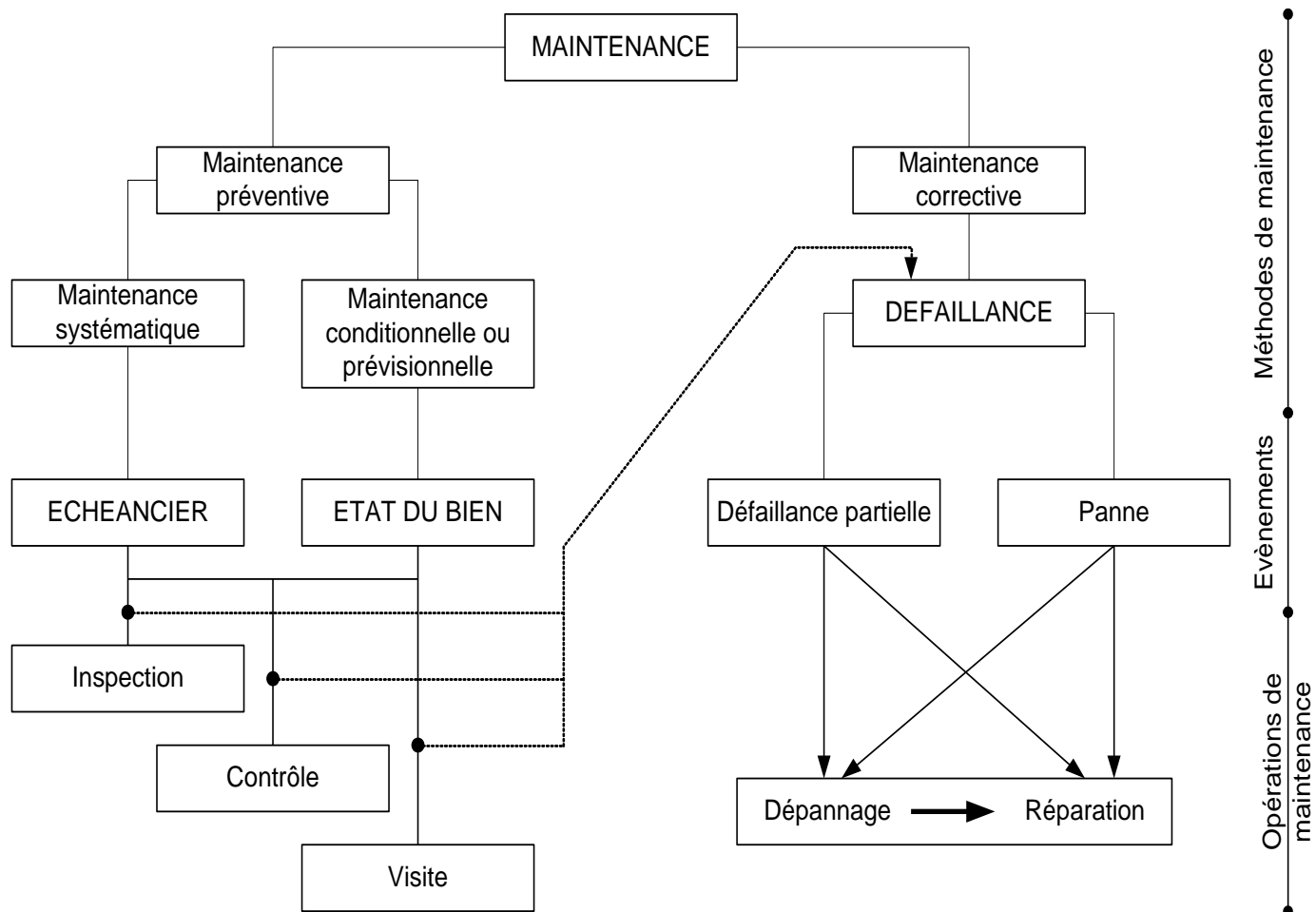


Figure I-2 : Les méthodes de maintenance.

- La maintenance corrective :

Définitions (extraits normes NF EN 13306) :

Défaillance : altération ou cessation de l'aptitude d'un bien à accomplir la fonction requise.

Il existe 2 formes de défaillance :

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

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

La maintenance corrective appelée parfois curative (terme non normalisé) a pour objet de redonner au matériel des qualités perdues nécessaires à son utilisation.

Selon la norme NF EN 13306, la maintenance corrective peut être :

- Différée : maintenance corrective qui n'est pas exécutée immédiatement après la détection d'une panne, mais est retardée en accord avec des règles de maintenance données.
- D'urgence : maintenance corrective exécutée sans délai après détection d'une panne afin d'éviter des conséquences inacceptables.

Les défauts, pannes ou avaries diverses exigeant une maintenance corrective entraîne une indisponibilité immédiate ou à très brève échéance des matériels affectés et/ou une dépréciation en quantité et/ou qualité des services rendus. [2]

- La maintenance préventive :

Maintenance exécutée à des intervalles prédéterminés ou selon des critères prescrits et destinée à réduire la probabilité de défaillance ou la dégradation du fonctionnement d'un bien

(EN 13306 : avril 2001).

Elle doit permettre d'éviter les défaillances des matériels en cours d'utilisation. L'analyse des coûts doit mettre en évidence un gain par rapport aux défaillances qu'elle permet d'éviter. [6]

- Buts de la maintenance préventive :

- ⇒ Augmenter la durée de vie des matériels
- ⇒ Diminuer la probabilité des défaillances en service
- ⇒ Diminuer les temps d'arrêt en cas de révision ou de panne
- ⇒ Prévenir et aussi prévoir les interventions coûteuses de maintenance corrective
- ⇒ Permettre de décider la maintenance corrective dans de bonnes conditions
- ⇒ Éviter les consommations anormales d'énergie, de lubrifiant, etc.
- ⇒ Améliorer les conditions de travail du personnel de production
- ⇒ Diminuer le budget de maintenance
- ⇒ Supprimer les causes d'accidents graves [6]

- La maintenance préventive 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 (EN 13306 : avril 2001).

Même si le temps est l'unité la plus répandue, d'autres unités peuvent être retenues telles que : la quantité de produits fabriqués, la longueur de produits fabriqués, la distance parcourue, la masse de produits fabriqués, le nombre de cycles effectués, etc.

Cette périodicité d'intervention est déterminée à partir de la mise en service ou après une révision complète ou partielle. [2]

- La maintenance préventive conditionnelle :

Maintenance préventive basée sur une surveillance du fonctionnement du bien et/ou des paramètres significatifs de ce fonctionnement intégrant les actions qui en découlent. La surveillance du fonctionnement et des paramètres peut être exécutée selon un calendrier, ou à la demande, ou de façon continue (EN 13306 : avril 2001).

Ces méthodes doivent être dans la mesure du possible standardisées entre les différents secteurs (production et périphériques) ; ce qui n'exclut pas l'adaptation essentielle de la méthode au matériel.

Avec l'évolution actuelle des matériels et leurs tendances à être de plus en plus fiables, la proportion des pannes accidentelles sera mieux maîtrisée. La maintenance préventive diminuera quantitativement d'une façon systématique mais s'améliorera qualitativement par la maintenance conditionnelle. [7]

- La maintenance préventive prévisionnelle :

Maintenance conditionnelle exécutée en suivant les prévisions extrapolées de l'analyse et de l'évaluation de paramètres significatifs de la dégradation du bien (EN 13306 : avril 2001). [8]

I.8 Les opérations de maintenance :

Ne sont vues ici que les opérations essentielles. Pour le reste, se référer à la norme NF EN 13306 donnée en annexe.

I.8.1 Les opérations de maintenance corrective :

- Le dépannage :

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

(EN 13306 : avril 2001).

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

Souvent, les opérations de dépannage sont de courtes durées mais peuvent être nombreuses.

De ce fait, les services de maintenance soucieux d'abaisser leurs dépenses tentent d'organiser les actions de dépannage. Certains indicateurs de maintenance (pour en mesurer son efficacité) prennent en compte le problème du dépannage.

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

- La réparation :

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

(EN 13306 : avril 2001).

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

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

Tous les équipements sont concernés.

I.8.2 Les opérations de maintenance préventive :

- ⇒ Les inspections : contrôles de conformité réalisés en mesurant, observant, testant ou calibrant les caractéristiques significatives d'un bien. En général, l'inspection peut être réalisée avant, pendant ou après d'autres activités de maintenance (EN 13306 : avril 2001).
- ⇒ Visites : opérations de surveillance qui, dans le cadre de la maintenance préventive systématique, s'opèrent selon une périodicité déterminée. Ces interventions correspondent à une liste d'opérations définies préalablement qui peuvent entraîner des démontages d'organes et une immobilisation du matériel. Une visite peut entraîner une action de maintenance corrective.
- ⇒ Contrôles : vérifications de conformité par rapport à des données préétablies suivies d'un jugement. Le contrôle peut :
 - Comporter une activité d'information.
 - Inclure une décision : acceptation, rejet, ajournement.
 - Déboucher comme les visites sur des opérations de maintenance corrective.

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

I.8.3 Autres opérations :

- Révision :

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

Il faut distinguer suivant l'étendue des opérations à effectuer les révisions partielles et les révisions générales. Dans les 2 cas, cette opération nécessite la dépose de différents sous-ensembles.

Le terme révision ne doit en aucun cas être confondu avec les termes visites, contrôles, inspections.

Les 2 types d'opérations définis (révision générale ou partielle) relèvent du 4^{ème} niveau de maintenance (cf. paragraphe suivant).

- Les échanges standard :

Reprise d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble usagé, et vente au même client d'une pièce ou d'un organe ou d'un sous-ensemble identique, neuf ou remis en état conformément aux spécifications du constructeur, moyennement le paiement d'une soulte dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état.

I.9 Conclusion :

Même si les activités connexes sortent du cadre direct de la maintenance (maintenir en état) elles s'intègrent bien dans le champ de compétence des techniciens et des professionnels de maintenance.

En période de crise économique, certains industriels peuvent se montrer prudents à l'égard des investissements et trouvent des possibilités d'amélioration par l'intermédiaire de ces formes de maintenance.

En résumé nous pouvons présenter les opérations de maintenance suivant le synoptique représenté par la figure I-3.

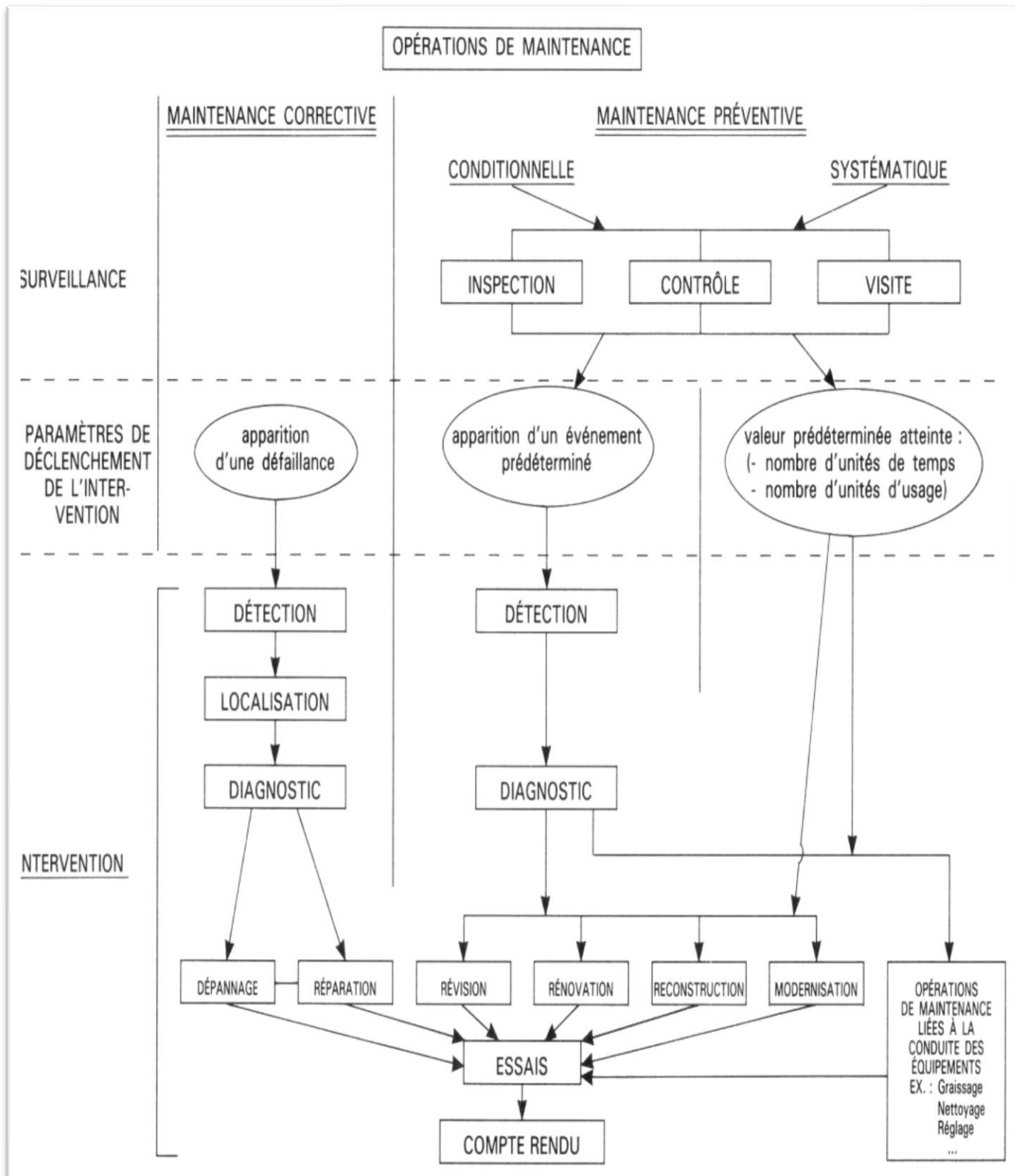


Figure I-3 : Synoptique des opérations de maintenance.

Chapitre II

Généralité et les lois de la fiabilité

II.1 Introduction :

Les analyses statistiques des défaillances nous permettent d'obtenir les lois de défaillance utilisées dans les calculs de fiabilité.

Il se trouve plusieurs lois pour déterminer les paramètres comme la loi exponentielle et la loi de Weibull et Pareto. Et dans ce chapitre on va parler baser et s'intéresser sur la loi exponentielle et la loi de Weibull.

II.2 Approche de la fiabilité par les probabilités :

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

1. Probabilité : c'est le rapport :

$$\frac{\text{Nb Cas favorables}}{\text{Nb Cas possibles}} < 1 \quad \dots(2.1)$$

On notera $R(t)$ la probabilité de fonctionnement à l'instant t . Le symbole R provient de l'anglais « Reliability ».

On notera $F(t)$ la fonction définie par $F(t)=1-R(t)$. C'est la probabilité complémentaire. $F(t)$ est la probabilité de défaillance à l'instant t . $F(t)+R(t)=1$.

2. Fonction requise : ou accomplir une mission ou rendre le service attendu. La définition de la fonction requise implique un seuil d'admissibilité en deçà duquel la fonction n'est plus remplie.
3. Conditions d'utilisation : définition des conditions d'usage, c'est à dire l'environnement et ses variations, les contraintes mécaniques, chimiques, physiques, etc. Il est évident que le même matériel placé dans 2 contextes de fonctionnement différents n'aura pas la même fiabilité.
4. Période de temps : définition de la durée de mission T en unités d'usage.

II.3 Expressions mathématiques :

II-3-1 – Fonctions de distribution et de répartition :

II-3-1-1 Notion de variable aléatoire :

On appelle variable aléatoire X une variable telle qu'à chaque valeur x de la variable X on puisse associer une probabilité $F(x)$. Une variable aléatoire est donc une fonction qui à chaque événement d'une expérience aléatoire associe un nombre réel.

Une VA peut être :

- Continue : intervalle de temps entre deux défaillances consécutives.
- Discrète : nombre de défaillance sur un intervalle de temps

Soit une loi de probabilité relative à une variable continue T .

Cette loi est caractérisée par sa fonction de distribution (appelée aussi densité de probabilité) $f(t)$ et par sa fonction de répartition $F(t)$ telles que :

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \lim_{df \rightarrow 0} \frac{1P(t < T < +dt)}{dt} \quad \dots(2.2)$$

La fonction $F(t)$ représente la probabilité qu'un événement (défaillance) survienne à l'instant T dans l'intervalle $[0, t]$. [10]

$$F(t) = P(T < 1) \quad \dots(2.3)$$

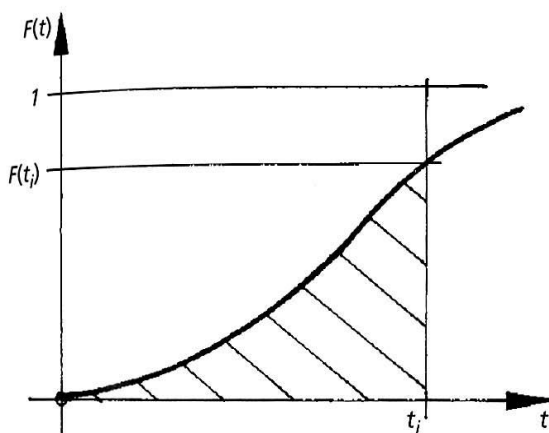
II-3-1-2 – Application à la fiabilité : [10]

Un dispositif mis en marche la 1^{ère} fois à $t=0$ tombera inexorablement en panne à un instant T non connu à priori.

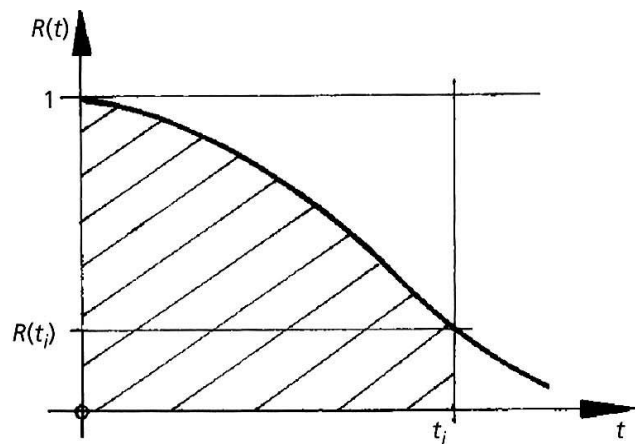
T (date de la panne), est une VA de la fonction de répartition $F(t)$. Les figures II-1 et II-2 montrent respectivement les allures de la fonction de répartition et de fiabilité.

- $F(t) \rightarrow$ probabilité de défaillance avant un instant t_i
- $R(t) \rightarrow$ probabilité de bon fonctionnement à t_i
- $R(t) + (F(t) = 1$ (2.4)

- $\int_0^t f(t)dt + \int_t^\infty f(t)dt = 1$ (2.5)



Figures II-1 : allure de $F(t)$ [11]



Figures II-2 : allure de $R(t)$ [11]

II-3-1-3 – Taux de défaillance : [12]

On définit le taux de défaillance de la manière suivante :

$$\lambda(t) = \frac{\text{nombre de défaillants sur un intervalle de temps}}{\text{nombre de survivant au début de la période x intervalle de temps}} \quad \dots(2.6)$$

On définit :

- N_0 le nombre initial de dispositifs.
- $N_s(t)$ est le nombre de dispositifs survivants à l'instant t .
- $N_s(t + \Delta t)$ est le nombre de dispositifs survivants à l'instant $t + \Delta t$

Au niveau d'une défaillance, deux cas peuvent se produire :

- Les défaillants sont remplacés.
- Les défaillants ne sont pas remplacés.

Les défaillants sont remplacés : $N_s(t)$ sera toujours égal à N_0 :

On nomme $C(\Delta t)$ le nombre de défaillants durant Δt .

D'après la formule générale du taux de défaillance, on a :

$$\lambda(t) = \frac{C(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t} \quad \dots(2.7)$$

Les défaillants ne sont pas remplacés :
$$\lambda(t) = \frac{N_s(t) - N_s(t + \Delta t)}{N_s(t) \cdot \Delta t} \quad \dots(2.8)$$

Ce taux de défaillance est une valeur moyenne sur une période Δt connue. Or, au même titre que $F(t)$ et $R(t)$, il est intéressant de connaître l'évolution de $\lambda(t)$ au cours du temps. [11]

C'est le taux de défaillance instantané :

On fait tendre $\Delta t \rightarrow dt$ et $(N_s(t) - N_s(t + \Delta t)) \rightarrow dN$. dN sera précédé du signe « - » car il y a moins de survivants à $(t + \Delta t)$ qu'à t .

$$\lambda(t) = \frac{-dN}{N(t) \cdot dt} \Leftrightarrow \lambda(t) \cdot dt = \frac{-dN}{N(t)} \quad \dots(2.9)$$

$\lambda(t) \cdot dt$ Est appelé probabilité conditionnelle de défaillance sur $[t, t+dt]$.

II-3-1-4 Liaison entre le taux de défaillance et la fiabilité :

« Probabilité d'avoir une panne entre t et dt » = « probabilité de survivre à l'instant t » x « probabilité conditionnelle de défaillance entre t et $t+dt$ ».

Cette expression est identique à :

$$f(t) \cdot dt = R(t) \cdot \lambda(t) \cdot dt \Rightarrow f(t) = R(t) \cdot \lambda(t) \quad \dots(2.10)$$

Il vient donc l'expression du taux de défaillance en fonction de la loi de fiabilité et la densité de probabilité :

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad [12] \quad \dots(2.11)$$

II.4 Expressions des lois de fiabilité : [13]

$$f(u) = \frac{dF(u)}{du} \quad \dots(2.12)$$

$$\lambda(u) = \frac{F(u)}{R(u)} = \frac{dF(u)}{R(u).d(u)} = \frac{dF(u)}{(1-F(u)).du} \Leftrightarrow \lambda(u). du = \frac{1dF(u)}{1-F(u)} \quad \dots(2.13)$$

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(U).dU} \quad \dots(2.14)$$

$$F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda(U).dU} \quad \dots(2.15)$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = \lambda(t) \cdot e^{-\int_0^t \lambda(U).dU} \quad \dots(2.16)$$

$$MTBF = E(T) = \int_0^{\infty} t \cdot f(t) \cdot dt \quad \dots(2.17)$$

La MTBF est définie comme étant l'espérance mathématique de la variable T.

II-4-1 Lois de composition en fiabilité : associations de matériels :

Le problème qui se pose à la maintenance au niveau de la fiabilité est son amélioration constante. Il peut pour cela intervenir sur la technologie du composant, agencer les composants ou sous-systèmes de manière à les rendre plus fiables par l'utilisation de redondances dont on distingue 3 grandes catégories :

- Les redondances actives.
- Les redondances passives ou « stand-by ».
- Les redondances majoritaires.

II-4-1-1 – Redondance active :

Une redondance active est réalisée par la mise en parallèle d'éléments assurant les mêmes fonctions et travaillant en même temps.

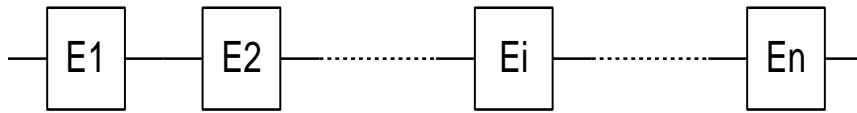
On a donc à faire à un système appelé par les fiabilistes « système parallèle ».

➤ Hypothèses de départ :

- Les défaillances sont indépendantes les unes des autres.
- La fiabilité de chaque sous-système ou de chaque élément a été déterminée.

❖ Système série :

On dit qu'un système est un système série d'un point de vue fiabilité si le système tombe en panne lorsqu'un seul de ses éléments est en panne. [14]

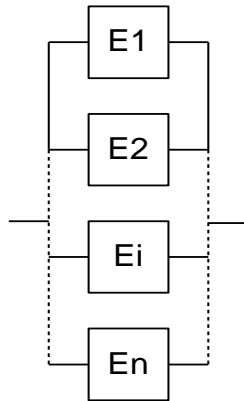


$$R_s = P(S) = P(S_1 \cap S_2 \cap \dots \cap S_i \cap \dots \cap S_n) = P(S_1) \cdot P(S_2) \cdot \dots \cdot P(S_i) \cdot \dots \cdot P(S_n) \Rightarrow R_s = \prod_{i=1}^n R_i \quad \dots(2.18)$$

Cette association est caractéristique des équipements en ligne de production.

❖ Système parallèle :

On dit qu'un système est un système parallèle d'un point de vue fiabilité si, lorsqu'un ou plusieurs de ses éléments tombent en panne, le système ne tombe pas en panne.



Pour calculer la fonction fiabilité d'un système parallèle à n éléments, il est plus aisé de passer par la fonction défaillance F.

$$F = 1 - R = 1 - P(S) = P(\bar{S})$$

$$F = P(\bar{S}_1) \cdot P(\bar{S}_2) \cdot \dots \cdot P(\bar{S}_i) \cdot \dots \cdot P(\bar{S}_n) = F_1 \cdot F_2 \cdot \dots \cdot F_i \cdot \dots \cdot F_n$$

$$F = (1 - R_1) \cdot (1 - R_2) \cdot \dots \cdot (1 - R_i) \cdot \dots \cdot (1 - R_n)$$

$$R_s = 1 - (1 - R_1) \cdot (1 - R_2) \cdot \dots \cdot (1 - R_i) \cdot \dots \cdot (1 - R_n)$$

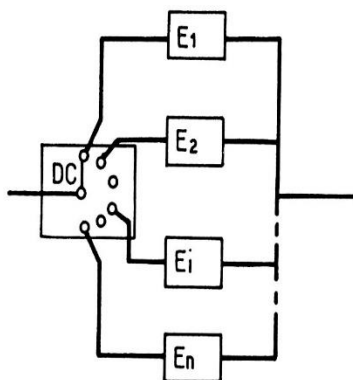
$$R_s = \prod_{i=1}^m (1 - R_i) \quad \dots(2.19)$$

Dans un système parallèle, la fiabilité du système est plus grande que la plus grande des fiabilités des éléments composant le système. On utilise ce fait pour améliorer la fiabilité : cela réalise une redondance active.

Si on désire effectuer un calcul en fonction du temps, on doit introduire la fonction R(t).

$$\text{Si } R(t) = e^{-\lambda t}, \text{ alors } R_s = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - e^{-\lambda t}). \quad \dots(2.20)$$

II-4-1-2 – Redondance passive :



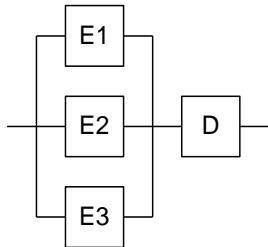
Dans ce cas, un seul élément fonctionne, les autres sont en attente. Ceci a l'avantage de diminuer ou de supprimer le vieillissement des éléments ne travaillant pas. En contrepartie, on a l'inconvénient d'être obligé d'avoir un organe de détection des pannes et de commutation d'un système sur un autre.

Le calcul d'un système à redondance passive ou « stand-by » se fait en tenant compte de la variable temps. Il faut donc connaître au préalable, pour chaque composant, son taux de défaillance $\lambda(t)$ et sa loi de fiabilité R(t). [14]

II-4-1-3 – Redondance majoritaire :

La redondance majoritaire est telle que la fonction est assurée si au moins la majorité des éléments est en état de fonctionnement.

Cette redondance concerne surtout des signaux de grande sécurité, et en particulier les équipements électroniques. Le signal de sortie est celui de la majorité des composants. Le cas le plus simple comporte 3 éléments.



On considère que l'organe D de décision a une fiabilité égale à 1.

R_S = probabilité d'avoir plus de 2 éléments en fonctionnement correct

Si $R_{e1} = R_{e2} = R_{e3} = R$

$$R_S = \sum_{k=2}^{k=3} C_3^k \cdot R^k \cdot (1-R)^{3-k} = 3R^2 - 2R^3 \quad \dots\dots(2.21)$$

Si on généralise à n (impair obligatoirement pour avoir une majorité) éléments, on obtient :

$$R_S = \sum_{k=c}^{k=n} C_n^k \cdot R^k \cdot (1-R)^{n-k} \text{ avec } c = \frac{n+1}{2} \quad \dots\dots (2.22)$$

La formule de calcul de « c » permet d'obtenir la majorité des éléments.

En tenant compte de la fiabilité du composant de décision :

$$R_S = R_D \cdot \sum_{k=c}^{k=n} C_n^k \cdot R^k \cdot (1-R)^{n-k} \text{ avec } c = \frac{n+1}{2} \quad \dots\dots(2.23)$$

II.5 Analyse de la fiabilité par la loi exponentielle :

II-5-1 – Définition de la loi exponentielle :

Rappel sur la durée de vie d'un matériel : [14]

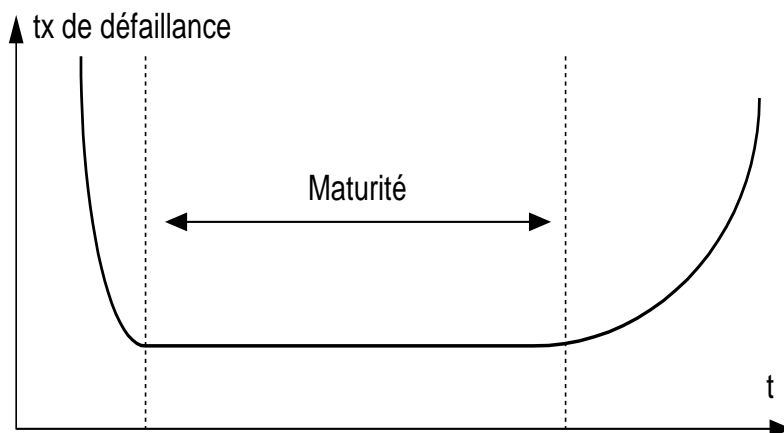


Figure II-3 : La durée de vie d'un matériel.

On constate que durant la période de maturité d'un équipement, $\lambda(t)$ est constant ou sensiblement constant. C'est le champ d'application de la loi exponentielle qui repose sur l'hypothèse $\lambda = \text{constante}$. Comme le montre la figure II.3

Les défaillances émergent sous l'action de causes diverses et indépendantes.

- Si $\lambda = \text{cte}$, alors $MTBF = 1/\lambda$ en fiabilité

Si $\mu = \text{cte}$ (taux de réparation), alors $MTTR = 1/\mu$ en maintenabilité

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda(u) \cdot du} \text{ et comme } \lambda(u) = \text{cte} = \lambda \rightarrow R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \quad \dots(2.24)$$

$$R(t) = e^{-\int_0^t \lambda \cdot du} = [e^{-\lambda \cdot u}]_0^t = e^{-\lambda \cdot t}$$

- Densité de probabilité : $f(t) = \lambda \cdot e^{-\lambda \cdot t}$
- Fonction de répartition : $F(t) = 1 - R(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t} \quad \dots (2.25)$
- Espérance mathématique : $E(t) = MTBF = \frac{1}{\lambda} [14] \quad \dots(2.26)$

II-5-2 – Durée de vie associée à un seuil de fiabilité :

Il est intéressant de savoir à quel instant la fiabilité atteindra un seuil déterminé.

$$R(t) = e^{-\lambda \cdot t} \Rightarrow \ln R(t) = -\lambda \cdot t \Rightarrow t = -\frac{1}{\lambda} \cdot \ln R(t) \Rightarrow \boxed{t = \frac{1}{\lambda} \cdot \ln \frac{1}{R(t)}} \quad \dots(2.27)$$

II.6 Analyse de la fiabilité par la loi de Weibull :

II-6-1 – Définition de la loi de Weibull :

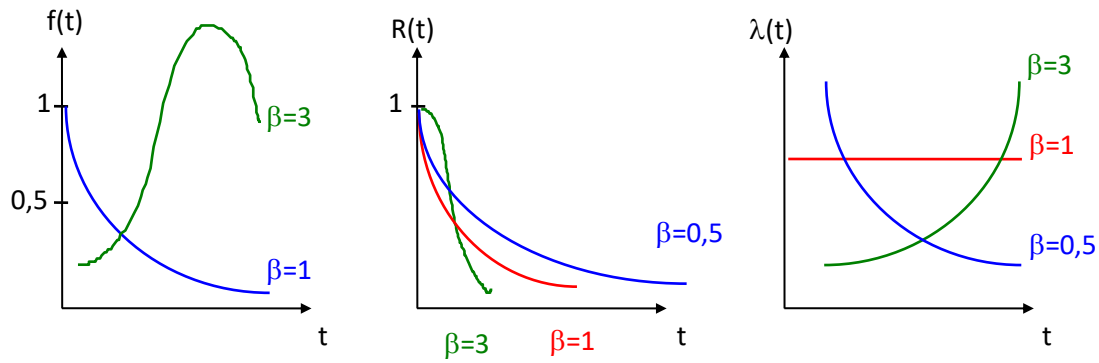
C'est une loi de fiabilité à 3 paramètres qui permet de prendre en compte les périodes où le taux de défaillance n'est pas constant (jeunesse et vieillesse). Cette loi permet :

- Une estimation de la MTBF
- Les calculs de $\lambda(t)$ et de $R(t)$ et leurs représentations graphiques
- Grâce au paramètre de forme β d'orienter un diagnostic, car β peut être caractéristique de certains modes de défaillance

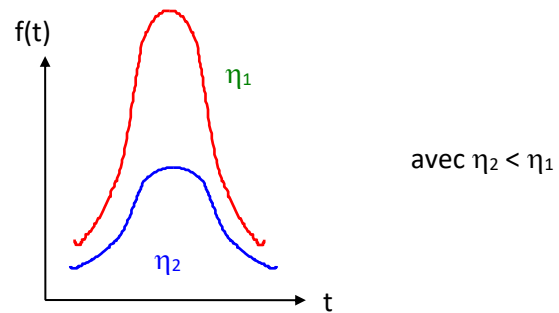
Les 3 paramètres de la loi sont :

$\beta \rightarrow$ Paramètre de forme >0 sans dimension:

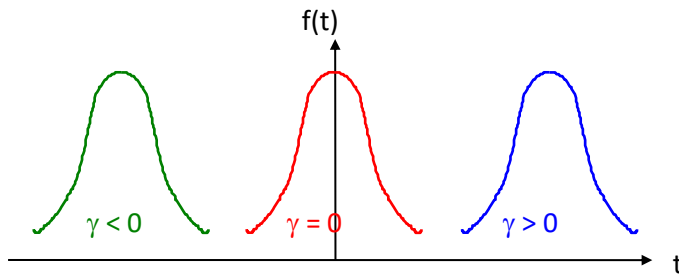
- Si $\beta > 1$, le taux de défaillance est croissant, caractéristique de la zone de vieillesse
 - $1,5 < \beta < 2,5$: fatigue
 - $3 < \beta < 4$: usure, corrosion
- Si $\beta = 1$, le taux de défaillance est constant, caractéristique de la zone de maturité.
- Si $\beta < 1$, le taux de défaillance est décroissant, caractéristique de la zone de jeunesse. [15]



$\eta \rightarrow$ Paramètre d'échelle >0 qui s'exprime dans l'unité de temps



$\gamma \rightarrow$ paramètre de position, $-\infty < \gamma < +\infty$, qui s'exprime dans l'unité de temps :



- $\gamma > 0$: survie totale sur l'intervalle de temps $[0, \gamma]$
- $\gamma = 0$: les défaillances débutent à l'origine des temps
- $\gamma < 0$: les défaillances ont débuté avant l'origine des temps ; ce qui montre que la mise en service de l'équipement étudié a précédé la mise en historique des TBF [15]

Relations fondamentales :

• Densité de probabilité : $f(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ avec $t \geq \gamma$ (2.28)

• Fonction de répartition : $F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$... (2.29)

• Loi de fiabilité : $R(t) = 1 - F = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}$ (2.30)

Taux de défaillance : [16]

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1-F(t)} = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \cdot \frac{1}{e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta}} \Rightarrow \lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \cdot \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^{\beta-1} \quad \dots(2.31)$$

MTBF et écart type :

$$E(t) = MTBF = A\eta + \gamma$$

$$\sigma = B\eta$$

Où A et B sont des paramètres issus de tables représentés par le tableau II.1

Tableau II-1 : Tableau de Weibüll.

β	A	B	β	A	B	β	A	B
0,20	120	1901	1,50	0,9027	0,613	4	0,9064	0,254
0,25	24	199	1,55	0,8994	0,593	4,1	0,9077	0,249
0,30	9,2605	50,08	1,60	0,8966	0,574	4,2	0,9089	0,244
0,35	5,0291	19,98	1,65	0,8942	0,556	4,3	0,9102	0,239
0,40	3,3234	10,44	1,70	0,8922	0,540	4,4	0,9114	0,235
0,45	2,4786	6,46	1,75	0,8906	0,525	4,5	0,9126	0,230
0,50	2	4,47	1,80	0,8893	0,511	4,6	0,9137	0,226
0,55	1,7024	3,35	1,85	0,8882	0,498	4,7	0,9149	0,222
0,60	1,5046	2,65	1,90	0,8874	0,486	4,8	0,9160	0,218
0,65	1,3663	2,18	1,95	0,8867	0,474	4,9	0,9171	0,214
0,70	1,2638	1,85	2	0,8862	0,463	5	0,9182	0,210
0,75	1,1906	1,61	2,1	0,8857	0,443	5,1	0,9192	0,207
0,80	1,1330	1,43	2,2	0,8856	0,425	5,2	0,9202	0,203
0,85	1,0880	1,29	2,3	0,8859	0,409	5,3	0,9213	0,200
0,90	1,0522	1,17	2,4	0,8865	0,393	5,4	0,9222	0,197
0,95	1,0234	1,08	2,5	0,8873	0,380	5,5	0,9232	0,194
1	1	1	2,6	0,8882	0,367	5,6	0,9241	0,191
1,05	0,9603	0,934	2,7	0,8893	0,355	5,7	0,9251	0,188
1,10	0,9649	0,878	2,8	0,8905	0,344	5,8	0,9260	0,185
1,15	0,9517	0,830	2,9	0,8917	0,334	5,9	0,9269	0,183
1,20	0,9407	0,787	3	0,8930	0,325	6	0,9277	0,180
1,25	0,9314	0,750	3,1	0,8943	0,316	6,1	0,9286	0,177
1,30	0,9236	0,716	3,2	0,8957	0,307	6,2	0,9294	0,175
1,35	0,9170	0,687	3,3	0,8970	0,299	6,3	0,9302	0,172
1,40	0,9114	0,660	3,4	0,8984	0,292	6,4	0,9310	0,170
1,45	0,9067	0,635	3,5	0,8997	0,285	6,5	0,9318	0,168
			3,6	0,9011	0,278	6,6	0,9325	0,166
			3,7	0,9025	0,272	6,7	0,9333	0,163
			3,8	0,9038	0,266	6,8	0,9340	0,161
			3,9	0,9051	0,260	6,9	0,9347	0,160

II-6-2 – Durée de vie associée à un seuil de fiabilité : [16]

Il est intéressant de savoir à quel instant la fiabilité atteindra un seuil déterminé, en particulier les roulements à billes.

$$R(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \Rightarrow \ln R(t) = -\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta \Rightarrow \ln \frac{1}{R(t)} = \left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta \Rightarrow \frac{t-\gamma}{\eta} = \left(\ln \frac{1}{R(t)}\right)^{1/\beta} \Rightarrow t = \eta \cdot \left(\ln \frac{1}{R(t)}\right)^{1/\beta} + \gamma \quad \dots\dots(2.32).$$

II.7 Conclusion :

La loi exponentielle et la loi de weibul sont des lois mathématiques nécessaires pour les mesures de la fiabilité permet de déterminer la situation dans le cycle de vie. Identifie l'origine des défaillances et bien sur pour calculer le MTBF.

Chapitre III

Maintenance basée sur la fiabilité

III.1 Introduction :

Pour établir des programmes de maintenance efficaces, il faut bien connaître le comportement des équipements dans le temps et s'assurer que les interventions effectuées améliorent la situation par rapport à la sécurité, à la fiabilité et aux coûts globaux.

L'historique qui suit présente comment les nouvelles philosophies de maintenance se sont développées dans l'aviation. Des notions importantes sur les fonctions cachées et sur les types de défaillances sont expliquées avant de passer aux principes mêmes de la MBF.

III.2 Historique :

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

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

MSG-2 a comme philosophie : que peut-on faire pour empêcher un composant déposable de tomber en panne ?

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

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

L'augmentation importante des coûts de carburant et l'amélioration de la fiabilité des nouveaux composants ont exercé une pression pour réviser encore l'approche pour donner plus d'importance aux réductions de coûts. C'est devenu MSG-3, laquelle a utilisé l'approche logique de la MBF. [15]

III.3 Définition et principes :

III-3-1 – Définitions :

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

MBF : méthode destinée à établir un programme de maintenance préventive permettant d'améliorer progressivement le niveau de disponibilité des équipements critiques. La méthode repose essentiellement sur la connaissance précise du comportement fonctionnel et dysfonctionnel des systèmes. [15]

III-3-2 – Objectifs :

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

Améliorer la disponibilité passe par :

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

D'autres objectifs sont aussi recherchés :

1. Maîtrise des coûts par l'optimisation des plans de maintenance par des interventions « au bon endroit au bon moment », donc par l'élimination d'opérations de maintenance préventives constatées improductives.
2. Mise en œuvre d'une démarche structurée d'analyse des modes de défaillance.
3. Mise en œuvre d'une démarche participative par la création de groupes de travail MBF incluant des acteurs de la production et de la maintenance. [16]

III-3-3 – Les 3 principes de la MBF :

1. Principe d'auto limitation : ou de sélection systématique. Il s'applique aux criticités des équipements et à des niveaux successifs : équipements critiques → sous-ensembles fragiles → leurs défaillances → les causes → les tâches de maintenance.
2. Principe de subordination : les tâches de maintenance dépendent obligatoirement de la connaissance fiabiliste des défaillances et de leurs causes ; ce qui implique une connaissance fonctionnelle et dysfonctionnelle des équipements.
3. Principe de participation : la MBF repose sur des groupes de travail impliquant tous les acteurs liés au processus (production, maintenance, qualité). Le cycle des principes de la MBF est représenté par la figure III-1 [17]

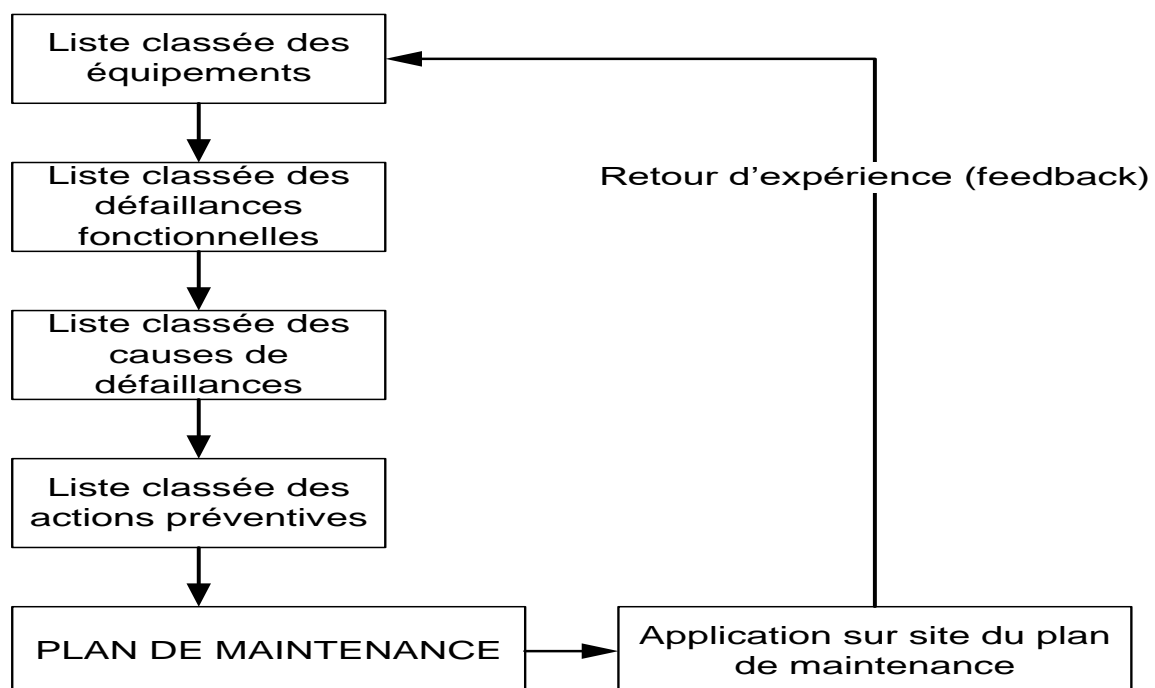


Figure III-1 : Cycle des principes de la MBF.

III.4 Les étapes de la MBF :

Les étapes de la MBF sont synthétisées par l'organigramme de la figure III.2

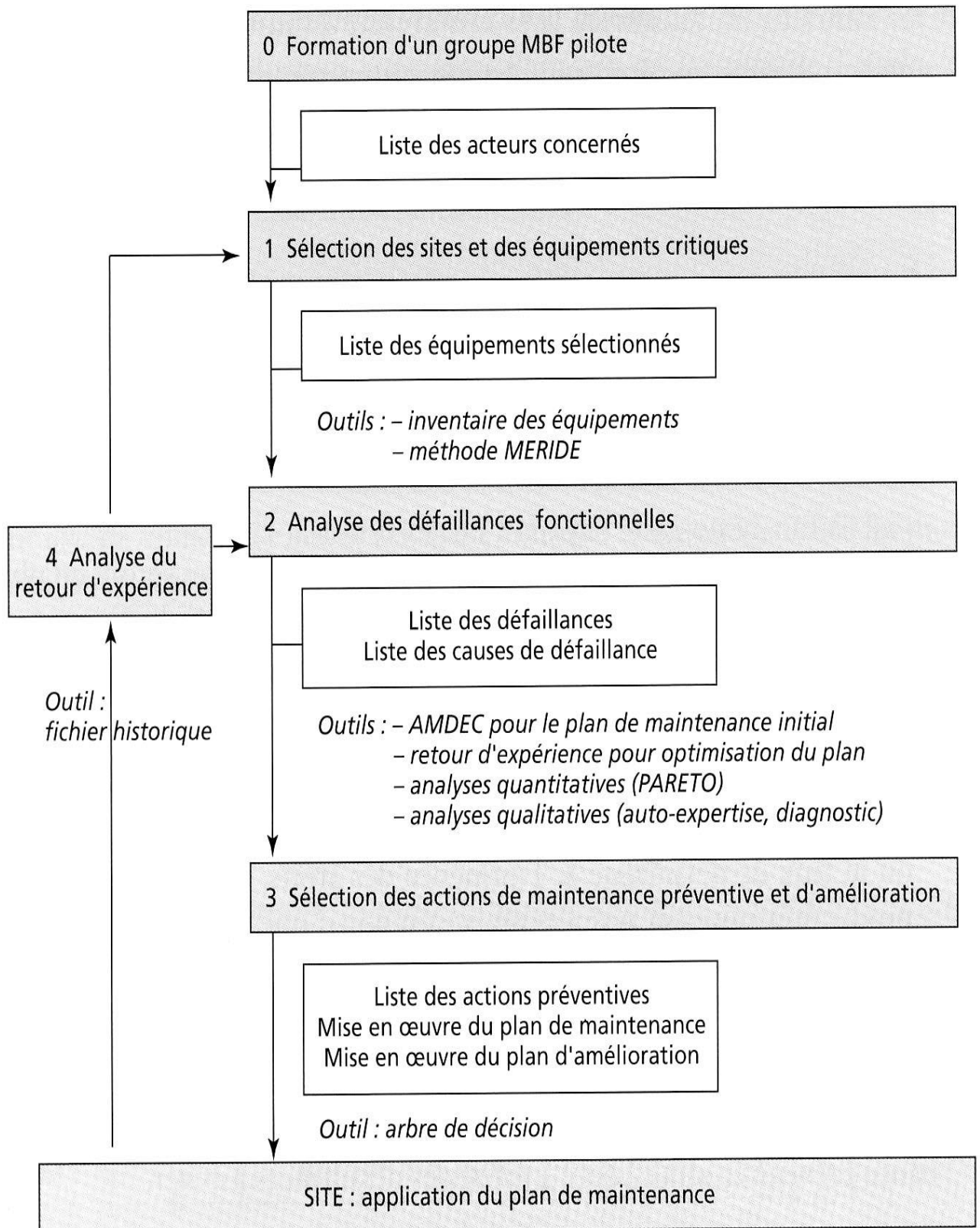


Figure III-2 : Les étapes de la MBF.

III.5 Les bases de la MBF :

III-5-1 – Les fonctions cachées :

Une fonction évidente est une fonction dont la défaillance sera évidente à l'équipage durant le cours normal des opérations.

Une fonction cachée est une fonction dont la défaillance ne sera pas évidente à l'équipage durant le cours normal des opérations.

Un équipement peut avoir plusieurs fonctions dont certaines sont cachées. Certaines tâches de maintenance auront donc pour but de vérifier le bon fonctionnement de ces fonctions cachées. Les programmes d'inspection comportent beaucoup de ces tâches.

III-5-2 – Les types de défaillances :

Un équipage d'opération n'est pas souvent en mesure de rapporter une défaillance comme tel. Il constate plutôt une condition d'opération insatisfaisante, un symptôme. Cette condition peut toutefois être conforme aux normes ou être une réelle défaillance. Sachant qu'une défaillance se définit par une condition insatisfaisante, il y a deux types de défaillances :

- ⇒ Défaillance fonctionnelle : une défaillance fonctionnelle est l'incapacité d'un article (ou de l'équipement qui le contient) à rencontrer un niveau de performance spécifique.
- ⇒ Défaillance potentielle : une défaillance potentielle est une condition physique identifiable indiquant qu'une défaillance fonctionnelle est imminente. Le seuil de la défaillance potentielle est fonction de l'intervalle entre les inspections. [17]

III.6 Comment rendre une maintenance efficace :

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

III-6-1 – Les tâches :

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

- Tâche applicable : une tâche de maintenance est applicable si elle peut être mise en œuvre de façon pratique.
- Tâche efficace : une tâche de maintenance est efficace si elle permet de contrôler l'évolution d'une dégradation connue. Elle doit permettre de réduire le taux de défaillance ou de ramener la probabilité de défaillance à un niveau préétabli.

Ex : la mesure d'une fissure pour surveiller son évolution par rapport à un seuil toléré est efficace.

Cependant, une inspection visuelle, par nature qualitative, ne permet généralement pas d'obtenir des renseignements contrôlables par rapport à une spécification, elle n'est donc pas

efficace en MBF. Toutefois, le coût minimal de ces inspections peut en justifier le maintien. [14]

III-6-2 – Tâches de base en MBF :

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

- Tâches périodiques suivant l'état :

Des inspections périodiques sont programmées afin de détecter des défaillances potentielles : tâches suivant l'état ou contrôles de fonctionnement. Ces inspections déclenchent le retrait ou la réparation des composants qui ne rencontrent pas la norme.

Ces tâches sont donc ciblées sur des modes de défaillance spécifiques et ne sont applicables que si une évidence physique de dégradation peut être constatée. Le graphique de la figure III.3 qui suit en illustre la logique :

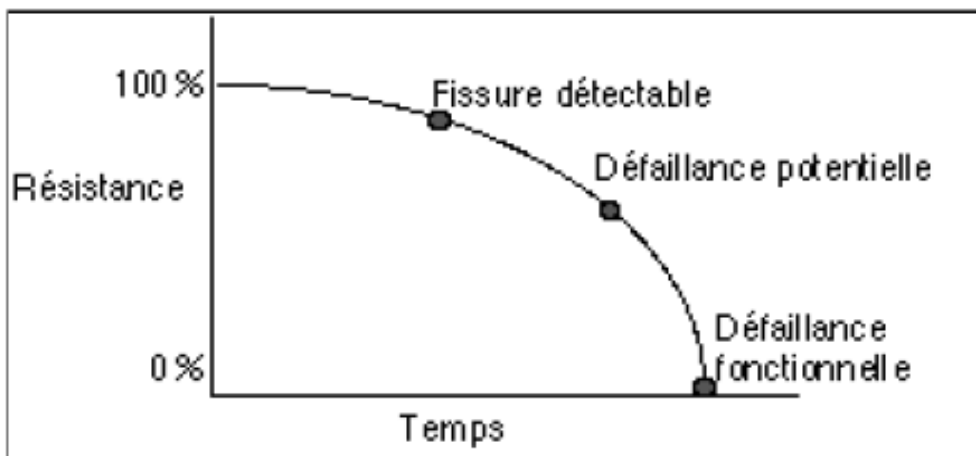


Figure III-3 : Modes de défaillance.

À l'entretien du matériel roulant du métro, pour la mesure des fissures sur les roues, le niveau de défaillance potentielle est plus bas pour une inspection à l'entretien mineur par rapport à celui de l'entretien majeur pour des motifs économiques de coût et de fréquence d'inspection.

- Tâches de réfection systématique :

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

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

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

Les premiers équipements mis en service peuvent servir d'éclaireurs. Ils sont utilisés comme échantillons pour une inspection plus poussée. Les échantillons d'opportunité sont des

équipements retirés du service suite à une défaillance ou autre raison pour lesquels on en profite pour procéder à un examen plus approfondi des parties non touchées par la défaillance.

Il n'est donc pas toujours nécessaire de mettre en place des périodicités systématiques pour effectuer une évaluation des effets du vieillissement. [14]

- Tâches de retrait préventif :

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

Par exemple, les pièces pyrotechniques d'un siège éjectable d'avion militaire se dégradent de façon non perceptible avec le temps ; une durée limite est imposée, basée sur une fraction de l'âge auquel par essai on a pu détecter une dégradation.

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

- ⇒ L'article est sujet à une défaillance ayant un impact économique majeur mais sans conséquence sur la sécurité.
- ⇒ Il doit y avoir un âge identifiable auquel l'article démontre une augmentation rapide de la probabilité de défaillance.
- ⇒ Une grande proportion de la population doit survivre jusqu'à cet âge. [14]

- Tâches de détection de défaillance :

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

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

III-6-3 – Les intervalles :

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

III-6-4 – Les formes de maintenance :

Les formes de maintenance suivantes sont définies ainsi :

- ⇒ Entretien correctif : forme d'entretien visant à maintenir l'opération normale d'un objet suite à une analyse de son état, sa condition de marche, son rendement, l'évolution des coûts, les causes de panne. Par exemple : le remplacement de composants suite à une inspection.
- ⇒ Entretien curatif : forme d'entretien visant à rétablir l'opération normale d'un objet, en réparant les composants qui font défaut (par bris, panne, etc.). C'est un cas particulier de réparation. Les signalements en service génèrent de l'entretien curatif.

- ⇒ Entretien préventif : forme d'entretien s'appliquant aux interventions qui tentent de réduire la probabilité de panne. Par exemple : l'inspection visuelle, l'analyse des vibrations, l'analyse des huiles. Suite à un entretien préventif, il peut résulter de l'entretien correctif à faire.
- ⇒ Modifications : travaux qui modifient un objet dans le but d'améliorer son utilisation et son efficacité.
- ⇒ Programme d'entretien : ensemble de tâches déterminées à réaliser sur un équipement. [14]

III.7 Conception de programmes efficaces :

Les étapes définies pour concevoir un programme de maintenance initial selon l'approche MBF sont les suivantes :

1. Découper l'équipement en systèmes et sous-systèmes pour identifier les articles qui demanderont une analyse intensive.
2. Identifier les articles significatifs dont la défaillance a un impact sur la sécurité ou sur les coûts d'exploitation et toutes les fonctions cachées qui demandent une maintenance périodique.
3. Évaluer les besoins en maintenance de chaque article significatif et fonction cachée en fonction des conséquences des défaillances et choisir seulement les tâches qui rencontrent ces besoins.
4. Identifier les articles pour lesquels aucune tâche n'est applicable et efficace afin de recommander des reconceptions si la sécurité est touchée ou ne pas assigner de maintenance périodique tant qu'il n'y a pas d'information justifiant une action.
5. Choisir des intervalles initiaux conservateurs pour chacune des tâches et les regrouper en programmes rationnels pour les implanter.
6. Établir un programme d'évaluation de l'effet du vieillissement du matériel pour fournir l'information factuelle requise pour valider et réviser les programmes établis.

III.8 Les bénéfices de la MBF :

Les résultats d'une analyse de MBF sont une meilleure connaissance des fonctions, une compréhension de comment un équipement peut défaillir et quelles en sont les causes premières pour converger sur une liste de tâches proposées qui soient applicables et efficaces. L'effet global d'une telle approche est de développer un travail d'équipe rigoureux et motivant. Les bénéfices pour l'entreprise comprendront plusieurs des effets suivants :

- ⇒ Plus grande sécurité et intégrité environnementale.
- ⇒ Meilleure performance opérationnelle.
- ⇒ Plus grande efficacité économique de la maintenance.
- ⇒ Durée de vie prolongée d'équipements coûteux.
- ⇒ Plus grande motivation du personnel.

Une analyse de MBF ne produira pas de résultats magiques. Toutefois cette approche ramène l'attention aux endroits significatifs. Les programmes qui en résulteront assureront le maximum de fiabilité dont l'équipement est capable et n'incluront que les tâches qui soutiennent cet objectif à un coût économique. [17]

III.9 Rendre les programmes de maintenance dynamiques :

III-9-1 – Objectifs des programmes de maintenance :

Un programme de maintenance d'exploitant a quatre objectifs :

- ⇒ Assurer la réalisation des niveaux de sécurité et de fiabilité inhérents aux équipements.
- ⇒ Établir la sécurité et la fiabilité des équipements à leurs niveaux inhérents lorsqu'une détérioration a eu lieu.
- ⇒ Obtenir l'information nécessaire pour améliorer le design des composants dont la fiabilité inhérente est inadéquate.
- ⇒ Accomplir ces objectifs au meilleur coût total possible, incluant les coûts d'entretien et le coût des défaillances résiduelles.

III-9-2 – Applicabilité et efficacité des tâches :

Un programme de maintenance centré sur la fiabilité ne contient que les tâches qui satisfont les deux critères d'applicabilité et d'efficacité. L'applicabilité d'une tâche est déterminée par les caractéristiques de l'article et son efficacité est définie en fonction des conséquences que la tâche est censée prévenir.

Il y a quatre types fondamentaux de tâches que les employés d'entretien peuvent effectuer. Chacune d'elles est applicable sous un ensemble unique de conditions. Les trois premiers types de tâches sont pour prévenir la défaillance fonctionnelle de l'article auquel ils sont assignés et le quatrième type de tâche est pour prévenir une défaillance multiple impliquant cet article :

- ⇒ Inspections sur condition d'un article pour trouver et corriger toute défaillance potentielle.
- ⇒ Révision (voire rénovation) d'un article à un âge limite établi ou avant.
- ⇒ Mise au rancart d'un article (ou d'un de ses composants) à un âge limite établi ou avant.
- ⇒ Recherche de défaillances potentielles par l'inspection d'une fonction cachée pour trouver et corriger des défaillances fonctionnelles présentes mais non apparentes au personnel d'opération.

III-9-3 – Programmes de maintenance dynamiques :

Un programme de maintenance périodique doit être dynamique. Tout programme établi avant la mise en service est basé sur une information limitée et l'organisation de l'équipement doit être préparée à recueillir et à réagir aux données historiques basées sur l'expérience opérationnelle.

La gestion d'un programme de maintenance en cours d'utilisation requiert un système d'information organisé pour la surveillance et l'analyse de la performance de chaque article selon les conditions d'opération en place. Cette information est requise pour deux fins :

- ⇒ Pour établir les raffinements et modifications à faire aux programmes initiaux de maintenance (incluant l'ajustement des intervalles d'intervention).
- ⇒ Pour déterminer les besoins d'amélioration au produit.

L'information dérivée de l'expérience opérationnelle suit la hiérarchie d'importance suivante :

- ⇒ Les défaillances qui pourraient affecter la sécurité.
- ⇒ Les défaillances qui ont des conséquences opérationnelles.
- ⇒ Les modes de défaillance des articles retirés à cause d'une défaillance.
- ⇒ L'état général des composants sans défaillance faisant partie d'unités qui ont subi une défaillance.
- ⇒ L'état général des composants insécables évalués comme échantillons.

Au moment du développement des programmes initiaux de maintenance, l'information disponible permet de déterminer les tâches nécessaires pour protéger la sécurité et les capacités opérationnelles de l'équipement. Toutefois, l'information requise pour déterminer l'intervalle optimal entre les interventions et l'applicabilité des limites d'âge ne peut être obtenue que par l'exploration des âges expérimentés avec les équipements en service.

Avec tout équipement, il y a toujours la possibilité de modes de défaillance imprévus. La première occurrence de toute défaillance sérieuse imprévue déclenche immédiatement le cycle suivant d'amélioration du produit :

- ⇒ Une tâche sur condition est développée pour prévenir la répétition de la défaillance en attendant que l'article soit reconçu et modifié.
- ⇒ Après que la modification ait démontré son efficacité, la tâche spéciale est éliminée du programme de maintenance.

L'amélioration du produit, fondé sur l'identification des caractéristiques de fiabilité de chaque article selon l'évolution de son âge, fait partie du cycle normal de développement de tout équipement complexe. Comme le montre la figure III-4.

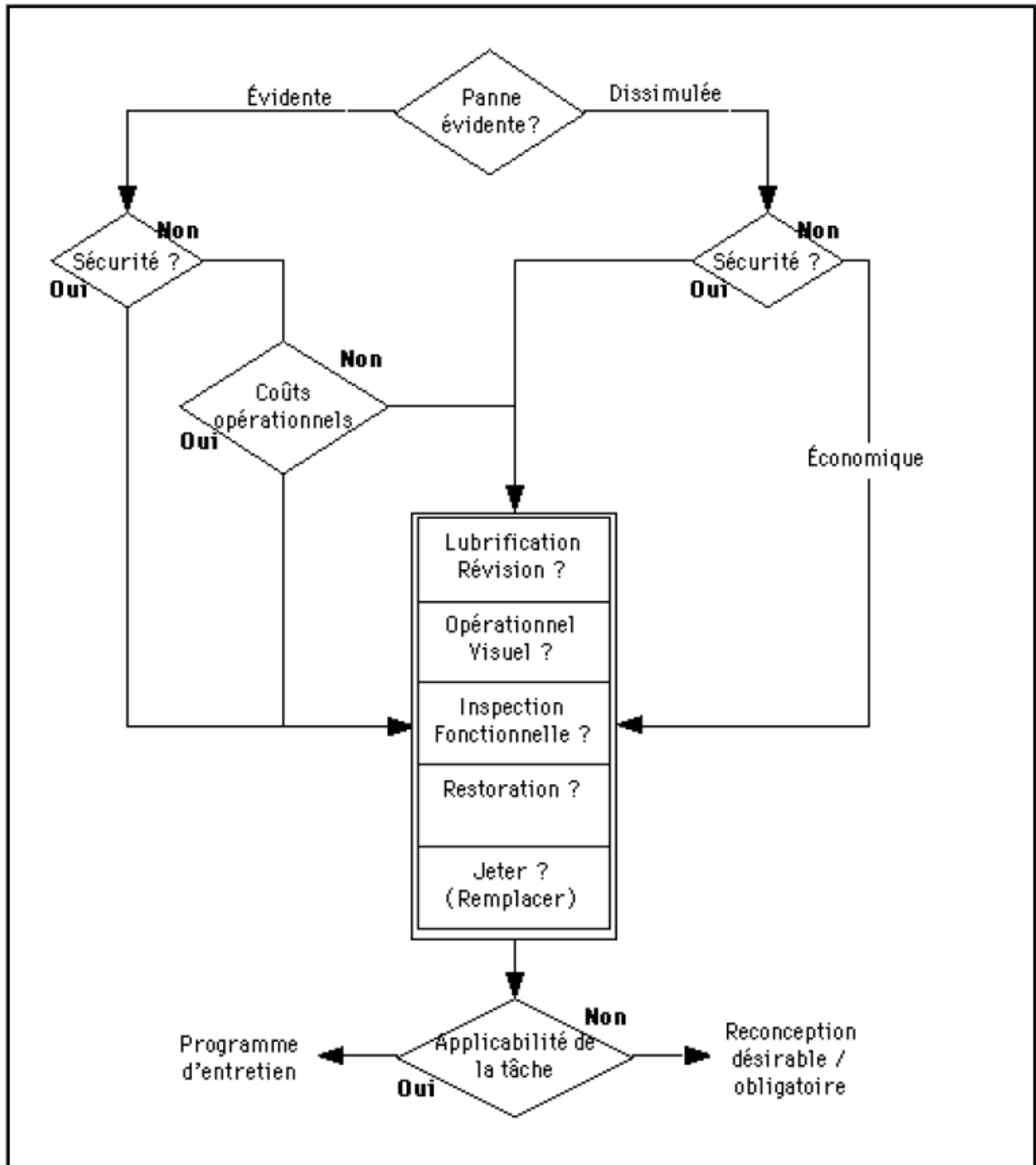


Figure III-4 : Cycle de développement des équipements.

II.10 Conclusion :

La MBF permet non seulement de fournir un plan de maintenance optimal mais aussi de remonter aux causes initiales des défaillances en utilisant le retour d'expérience des opérateurs. Ce qui permet en fin de compte de mieux maîtriser les équipements, les défaillances, leurs modes, leurs causes, leurs effets et leurs détections, d'une part et de construire une base de données pour les futures études.

Chapitre

IV

Illustration

IV.1 Introduction :

Par souci d'amélioration continue de la maintenance, de la fiabilité des équipements stratégiques et du maintien de l'intégrité de l'outil de production, le calcul des paramètres de fiabilité (MTBF MTTR, Disponibilité, Taux de défaillance et Taux de réparation) a été établi.

Nous avons abordé cette étude une comparaison entre deux types d'entreprises, une grande entreprise Sonatrach GNL2/Z et une moyenne entreprise Condor unité de transport de plastique

La première entreprise contient des grands équipements industriels, beaucoup de travailleurs plus de travail et des programme chargée assisté par une aide et expérience étrangers, et selon des normes internationales ou la maintenance à un rôle titulaire dans cette section de l'entreprise et elle permet de maitres tous les autres équipements en bon états.

Pour la deuxième entreprise, elle est privée. Ces équipements industriels et programmes suivent une technologie de pointe soumise aux normes internationales, son programme de maintenance est performant.

La partie A est consacrée à l'étude détaillée des calculs pour l'entreprise de Sonatrach GNL2/Z, la partie B celle de l'entreprise Condor unité de transport de plastique.

IV.2 Partie A Sonatrach (GNL2/Z) :

IV-2-1-Exploitation d'historique :

Dans le présent chapitre, nous présentons l'analyse de la fiabilité dans le site industriel (Sonatrach d'Arzew complexe GNL2/Z afin de minimiser les temps de pannes et de satisfaire une production continue.

IV-2-2 présentation de l'entreprise :

Les deux tableaux IV-1, IV-2 présentent la fiche technique du complexe ainsi que ces caractéristiques :

Tableau IV-1 : Fiche technique du complexe GNL2/Z.

Localisation	Bethioua
Superficie	72 hectares
Constructeur	PULLMAN KEELOGG
Produits	Gaz naturel liquéfié et gazoline avec possibilité d'extraction de propane et du butane

Tableau IV-2 : Les caractéristiques du complexe GNL2/Z.

Capacité de production GNL	18 000 000 m3/an
Gazoline	200 000 tonnes/ans
Capacité totale de stockage	3 bacs de stockage de GNL : 300 000 m3
Nombre de train	6
Postes de chargement de GNL	2 (réception méthaniers de 50 000 à 125000 m3)
Production d'eau distillée	285 m 3/h
Source d'approvisionnement	Hassi R'mel
Destination de la production	L'Europe et Etats-Unis

- Les équipements qu'on a étudiés dans le site :
 - Turbocompresseur.
 - Turbogénérateur.
 - Chaudières 400 T/h.
 - Compresseurs d'air.

IV-2-3 Collecte des données :

Vu la difficulté rencontrée pour la collecte des données à partir du système installé et la non fiabilité de la base de données de ce dernier, nous avons décidé d'adopter une démarche à savoir : Le suivi dès la situation journalière établie par le superviseur de quart de production ouest mentionné tout incident (arrêt, démarrage, panne ...) d'un équipement avec ses causes.

Ces informations sont ensuite vérifiées au niveau de la base de données de sauvegarde des données procédées (PHD).

Une base des données locale au niveau de la section maintenance conditionnelle renfermant les arrêts de d'amarrage de tous équipements maintenus mise à jour quotidiennement en fonction des évènements et des équipements suivis.

IV-2-4 Calcul des paramètres :

- ❖ Fiabilité : elle caractérise l'aptitude d'un système ou matériel à fonctionner sans incident pendant un temps donné.
- MTBF: Mean Time Between Failures.

$$MTBF = \frac{\Sigma \text{ temps de bon fonctionnement}}{\text{nombre de temps de bon fonctionnement}} \quad \dots(4.1)$$

- Taux de défaillance : (λ) Il représente le pourcentage de défaillance pendant un temps donné.

$$\lambda = \frac{\Sigma \text{ Nombre Totale de Défaillances Pendant le Service}}{\text{Durée Totale de Bon Fonctionnement}} \quad \dots(4.2)$$

❖ **Maintenabilité** : elle traduit la probabilité de remettre un système en état d'exploitation un temps donné dans des conditions données et en retrouvant la fiabilité initiale.

➤ **MTTR**: Mean Time To Repair.

$$\text{➤ } MTTR = \frac{\Sigma \text{ Temps De Réparations}}{\text{Nombre De Réparations}} \quad \dots(4.3)$$

➤ **Taux de Réparation** (μ)

$$\mu = \frac{1}{MTTR} \quad \dots(4.4)$$

➤ **Disponibilité** :

$$D = \frac{\Sigma \text{ Temps Total De Marche}}{\text{Temps Totale De Marche+Temps De Réparations}} \quad \dots(4.5)$$

$$D = \frac{MTBF}{MTBF+MTTR} \quad \dots(4.6)$$

IV-2-5 Résultats et analyses :

L'exploitation des relevés de temps des heures de marche et le nombre et les modes de pannes ainsi que les types de maintenance utilisées de ces équipements durant les années de 2013 à 2018 nous a permis d'élaborer leurs paramètres de la fiabilité récapitulés dans les tableaux ci-dessus.

L'histogramme de la figure IV-1 matérialise les heures de marche et les heures prévus.

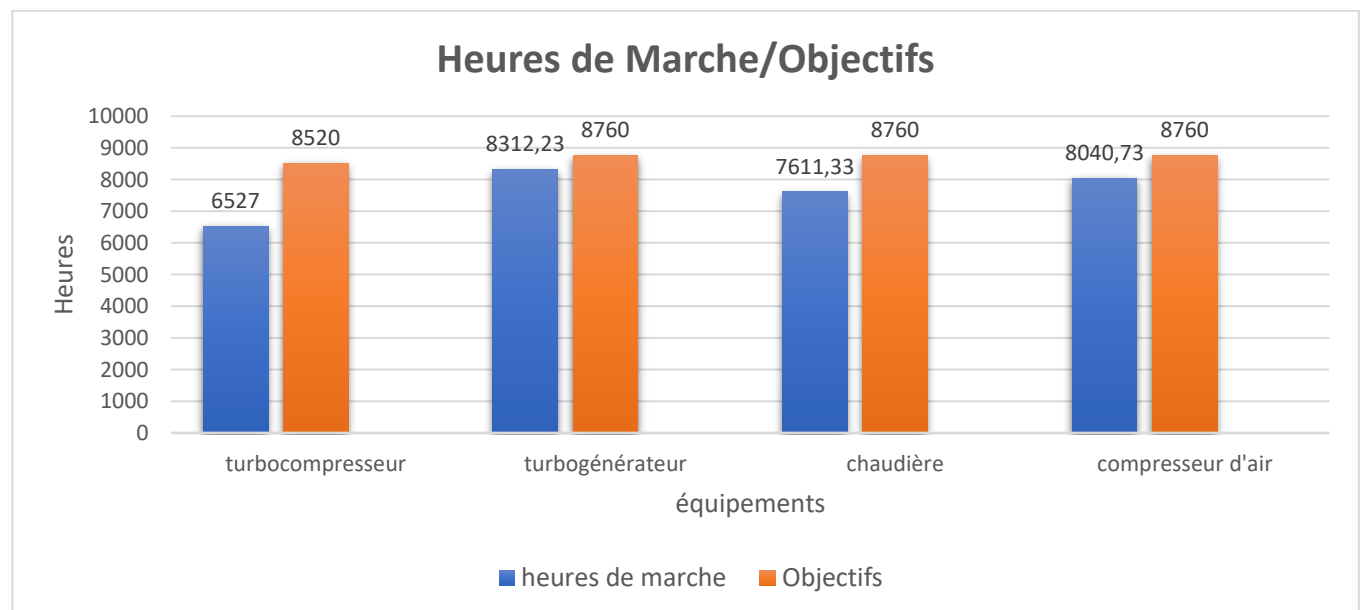


Figure IV-1 : Heure de marche /les heures prévus.

Tableau IV-3 : regroupe le temps de maintenance dans les différents types de maintenance (préventif / correctif) pendant une année au sein de Sonatrach gnl2/z

Atelier	Préventif		Correctif	
	Nbr d'action réalisé	Temps réalisé (hr)	Nbr d'action réalisé	Temps réalisé (hr)
Sonatrach GNL2/Z	440	86420	45	2417

Tableau IV-4 : Répartition des heures d'arrêt en fonction du Type

Types de cause d'arrêts	Accidentel	Volontaire	Total
Basse pression EDM	0	1	1
Basse pression RTO	0	3546	3546
Changement de balais	1	0	1
Délestages perte chaudière	0	163	163
Délestages suite perte T.G	0	11	11
Electricité	0	3255	3255
Externes	0	602	602
Fuite	0	2741	2741
Instrumentation	25	170	195
Manque vapeur	0	3586	3586
MPE1	0	1839	1839
MPE3	0	43800	43800
Perte chaudière	0	7236	7236
Perte Sonalgaz	0	10867	10867
Stock haut	0	3673	3673
Travaux	46	4760	4805
Vibrations	2345	0	2345
Autre	0	170	170
Total	2417 h	86420 h	88838 h

La figure IV-2 illustre la répartition des arrêts en fonction du genre préventif ou accidentel :

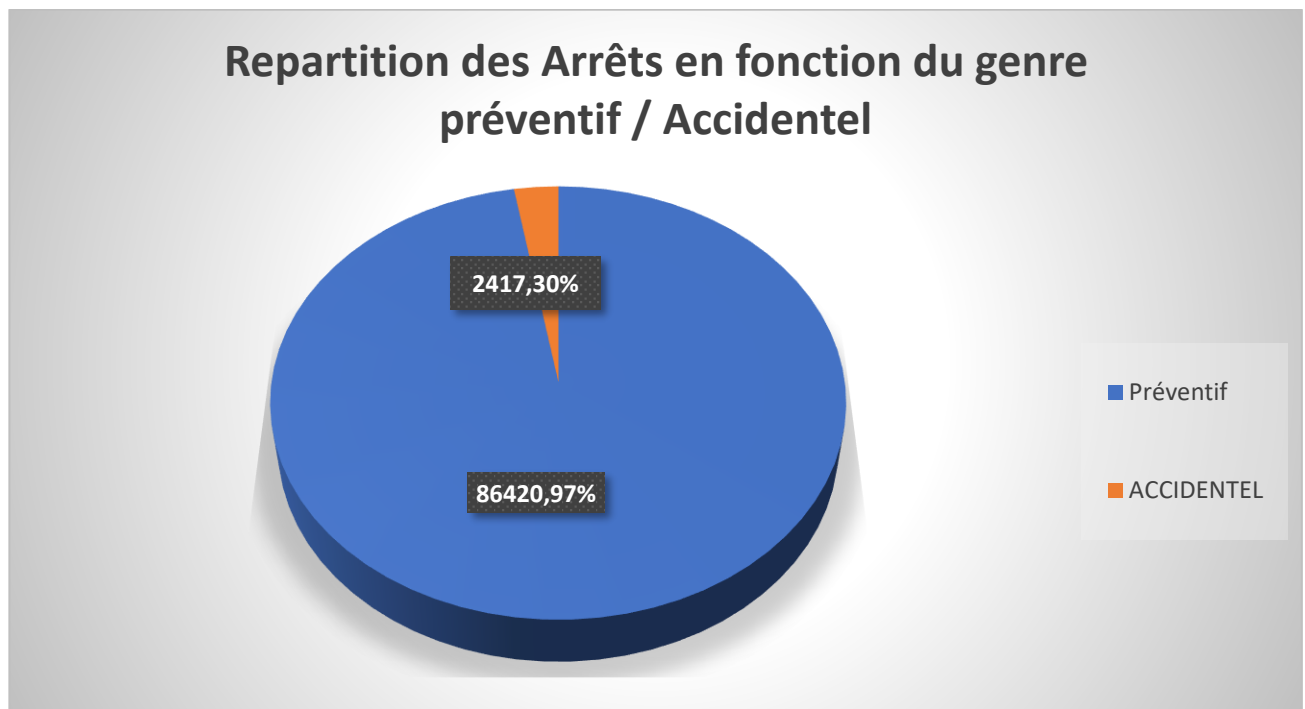


Figure IV-2 : Répartition des arrêts en fonction du genre

La répartition des Arrêts en fonction des causes d'origine est représentée par la Figure IV-3 :

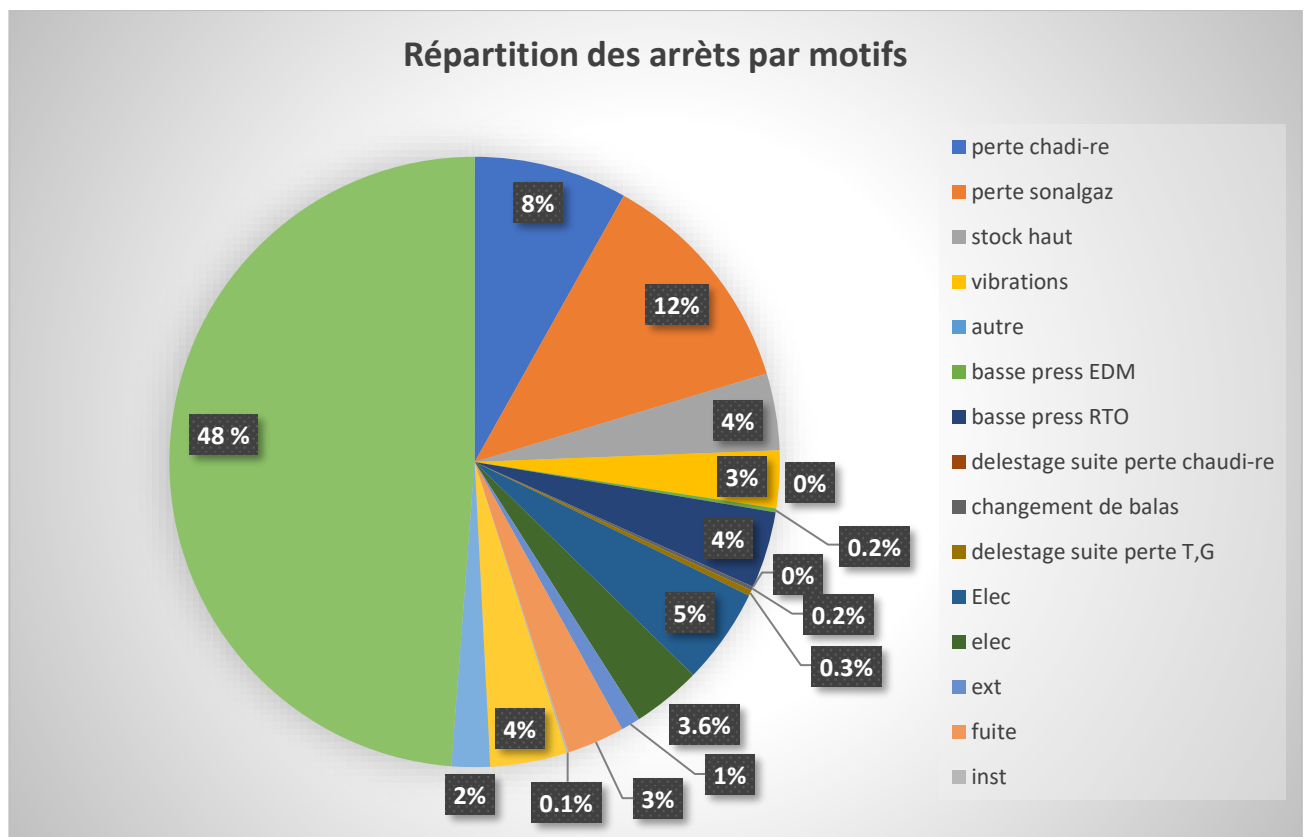


Figure IV-3 : Répartition des Arrêts en fonction des causes d'origine.

- Tableau de bord paramètres de fiabilité :

Les Tableaux suivant présentent les paramètres de fiabilité mensuel des équipements.

HM : cumul heures de marche (hr).

ACC : temps d'arrêt accidentel.

VOL : temps d'arrêt volontaire.

HAA : cumul heures d'arrêt accident (hr).

HAV : cumul heures d'arrêt (hr).

➤ **Turbocompresseur :**

Tableau IV-5 les paramètres de fiabilité mensuel du turbocompresseur.

	Janv	Févr	Mrs	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
HM	680.5	643.4	730.0	464.8	581.6	558.4	732.5	89.27	463.7	591.6	326.7	644.1	6527
ACC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MTBF	680.5	643.4	730	464.8	116.3	279.2	732.5	89.2	463.7	295.8	326.7	664.1	932.4
VOL	1	3	1	2	2	1	1	1	3	2	1	2	20
HAA	0	0	0	0	5.78	11.13	0	0	0	2.1	0	0	19.02
HAV	63.5	28.53	13.9	255.2	165.5	150.4	11.4	654.7	256.2	150.2	393.2	79.9	2213.9
MTTR	0	0	0	0	1.45	11.1	0	0	0	2.1	0	0	3.17
D %	100	100	100	98.77	96.17	100	100	100	100	99.3	100	100	99.66
λ %	0	0	0	0	0.69	0.18	0	0	0	0.17	0	0	0.09
μ %	0	0	0	0	69.16	8.98	0	0	0	47.62	0	0	31.55

➤ **Turbogénérateur :**

Tableau IV-6 les paramètres de fiabilité mensuel du turbogénérateur.

	Janv	Févr	Mrs	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
HM	744	625.5	744	720	744	719	744	462.8	720	736	335.7	744	8040
ACC	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	0	0	4
MTBF	744	625.5	744	720	744	359.7	744	115	720	736	335.7	745	1608.15
VOL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
HAA	0	0	0	0	0	0.433	0	281.1	0	0	0	0	281.58
HAV	0	45.4	0	0	0	0	0	0	0	7.96	384.3	0	437.6
MTTR	0	0	0	0	0	0.43	0	93.72	0	0	0	0	70.40
D %	100	100	100	100	100	99.88	100	55.25	100	100	100	100	95.81
λ %	0	0	0	0	0	0.14	0	0.65	0	0	0	0	0.05
μ %	0	0	0	0	0	230.7	0	1.07	0	0	0	0	1.42

➤ **Chaudières 400 T/h :**

Tableau IV-7 les paramètres de fiabilité mensuel du chaudière 400 T/h.

	Janv	Févr	Mrs	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
HM	677.8	563.7	744	720	578.8	483.8	744	744	606.9	705.9	315.8	725	7611.33
ACC	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	1	4
MTBF	677	563	744	720	289.9	484	744	744	606.9	235	315.9	363.3	1522.27
VOL	1	1	0	0	1	1	0	0	2	1	1	0	8
HAA	0	0	0	0	30.8	0	0	0	0	25.3	0	17.65	73.75
HAV	66.2	108.2	0	0	134.3	236.2	0	0	113.1	12.76	404.1	0	1074.92
MTTR	0	0	0	0	30.8	0	0	0	0	12.65	0	17.65	18.44
D %	100	100	100	100	90.38	100	100	100	100	94.9	100	95.37	98.8
λ %	0	0	0	0	0.17	0	0	0	0	0.28	0	0.14	0.05
μ %	0	0	0	0	3.25	0	0	0	0	7.91	0	5.67	5.42

➤ **Compresseurs d'air :**

Tableau IV-8 les paramètres de fiabilité mensuel du compresseur d'air.

	Janv	Févr	Mrs	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec	Annuel
HM	744	668.6	744	720	620.1	720	744	744	720	742.4	400.9	744	8321.23
ACC	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2
MTBF	744	334.3	744	720	310.1	720	744	744	720	742.48	400.9	744	2770.7
VOL	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
HAA	0	0.31	0	0	123.8	0	0	0	0	0	0	0	124.18
HAV	0	3	0	0	0	0	0	0	0	1.51	319.1	0	323.58
MTTR	0	0.32	0	0	123.8	0	0	0	0	0	0	0	62.09
D %	100	99.91	100	100	71.45	100	100	100	100	100	100	100	97.81
λ %	0	0.15	0	0	0.16	0	0	0	0	0	0	0	0.02
μ %	0	315.8	0	0	0.81	0	0	0	0	0	0	0	1.61

L'évolution du MTBF mensuel des équipements est représentée par la figure IV-4.

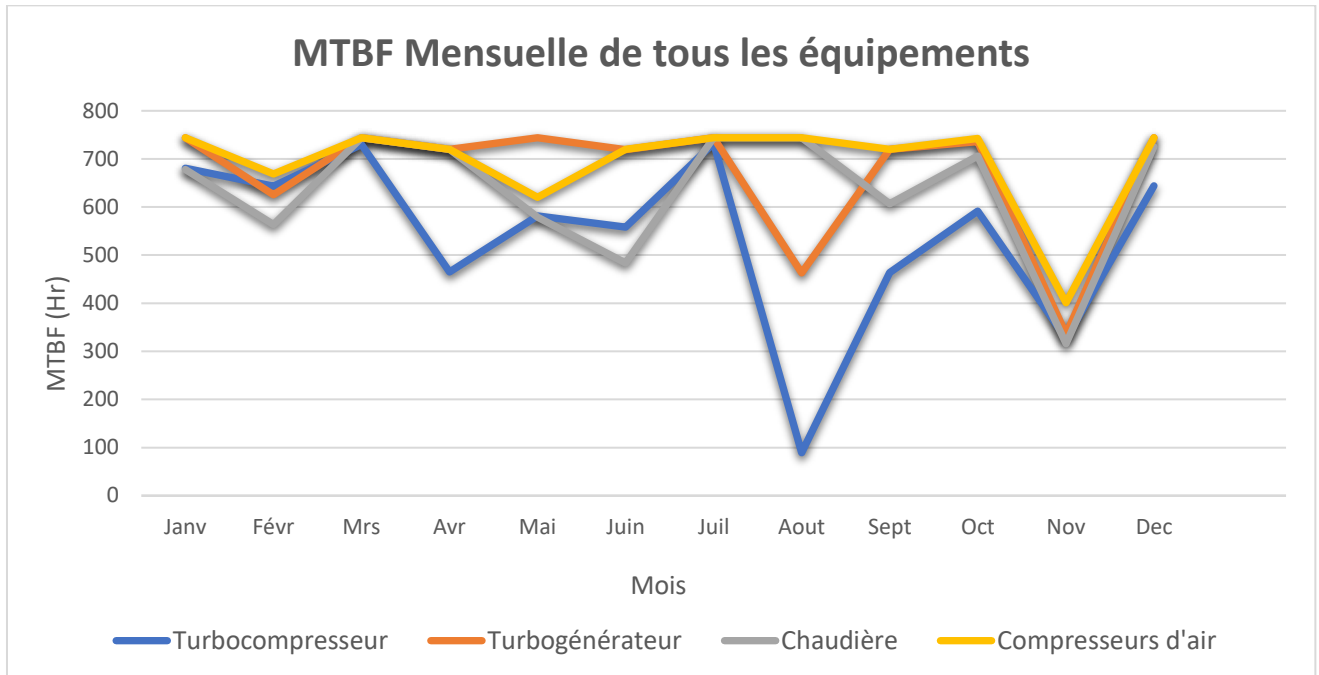


Figure IV-4 : Evolution du MTBF mensuelle des équipements.

L'histogramme de la figure IV-5 montre la disponibilité des équipements :

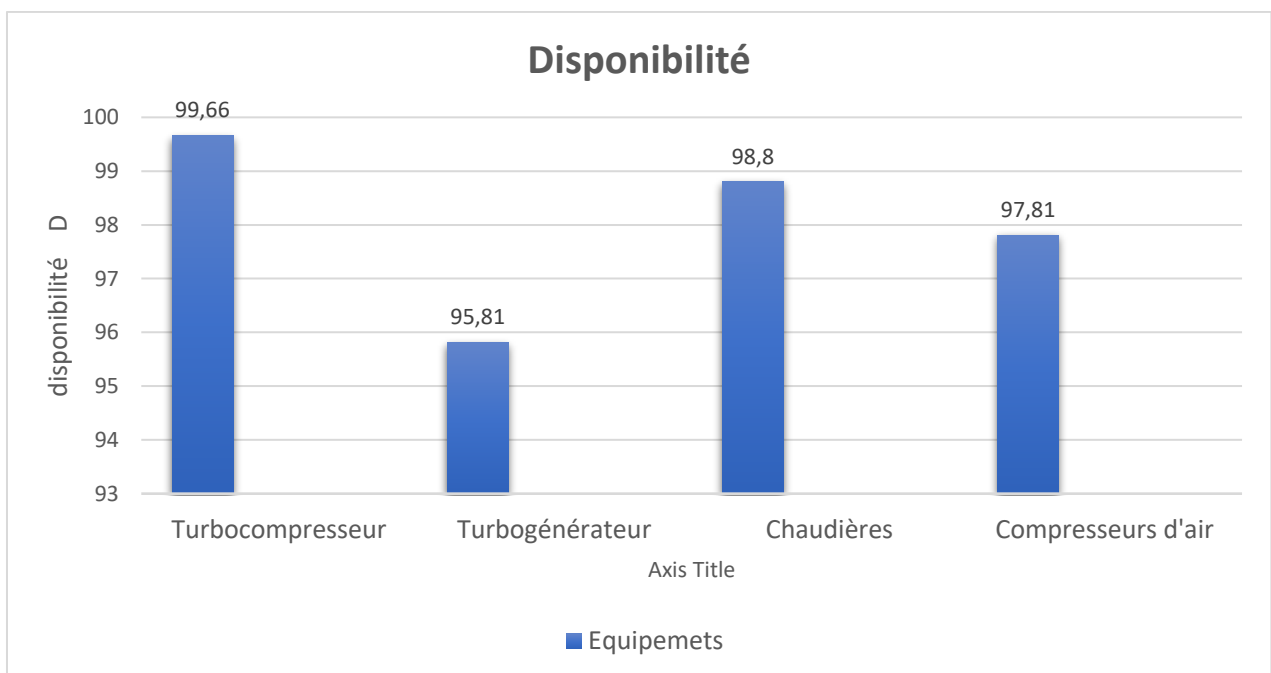


Figure IV-5 : La disponibilité des équipements.

IV-2-6 Interprétation des résultats :

Le taux d'offre représentant l'écart entre les heures de marche et les heures prévues du turbocompresseur est le plus bas par rapport aux autres équipements et cela est dû aux défaillances apparues durant la période Mai Juin, entraînant une diminution des heures de travail du turbocompresseur matérialisé par l'histogramme de la figure IV-1.

Concernant le turbogénérateur nous remarquons que tout est parfait pour le MTBF, par compte sa disponibilité a chuté de moitié durant le mois aout pour des raison de révision programmé pour des raison de continuité de service il a été remplacé par un autre mis en redondance

Pour les chaudières et les compresseurs d'air qui ont fonctionnent parfaitement bien, car ils ont été rénovés durant l'année en cours.

Après avoir étudié et traité les données historiques de certains équipements de l'installation industrielle, nous notons que ces équipements présentaient une disponibilité toujours supérieure à 95% tel illustrée par l'histogramme 2 et 5 ainsi que le montre la figure 4 aussi d'où une grande rentabilité annuelle élevée du site industriel répondant aux objectifs fixés au préalable.

Nous constatons que les arrêts de types et causes volontaires sont majoritaires à un taux de 87 % par rapport aux types et causes accidentelles montrant une application d'une maintenance préventive systématique très efficace.

IV.3 Partie Condor Electronics

IV-3-1 présentation de l'entreprise :

SPA CONDOR ELECTRONICS est une société spécialisée dans la fabrication de : (équipement électronique et électroménager, informatique, agro-alimentaire, emballage, matériaux de construction et commerce international.), ce qui leur a permis de brasser un gros volume d'affaire et de projets. Elle est implantée dans la zone industrielle de la ville de Bordj Bou Arreridj. Elle est constituée de 2 complexe et 6 unités et dans ce chapitre en parle sur "l'unité de transformation de plastique".

L'unité de transformation de plastique contient deux zones :

1. Zone de polystyrène.
2. Zone d'injection.

Le tableau IV-9, présentent la fiche technique d'unité et ces caractéristiques :

Localisation	La ville Bordj Bou Arreridj
Superficie	15 hectares
Constructeur	Abderrahmane Benhamadi
Nombre de train	3
Produits	Polystyrène
Nombre des travailleurs	364
Destination de la production	Locale

- Les équipements qu'on a étudiés dans le site :
 - Dans la zone de polystyrène :
 - Presse de moulage automatique PSZ 1600.
 - Presse de moulage automatique PSZ 1750.
 - Presse de moulage Manuelle PS-1200.
 - Machine à panneaux PSB2000 - V.
 - Préexpandeur PSJ 1100*1700.
 - Préexpandeur PSJ1500.
 - Sécheur d'air.
 - Chaudière à vapeur HANGZHOU 3000Kg/h.
 - Compresseur d'air AUGUST SFC 75.
 - Machine de découpe panneaux PSC 200C.
 - Silo de stockage (2,5x2,5x5) - 19.
 - Broyeur de déchet FS 320.
 - Tour de refroidissement GBLI-50m3.
 - Chaudière à vapeur TECNOTERMICA 3000Kg/h.
 - Pompe à boue 380V.
 - Tableau général base tension 3P+N / 800A.
 - Transformateur 630 KVA.
 - Groupe électrogène 500 KVA.
 - Machine de mélange matière SPH 60.
 - Machine de séparation SPLF 30.
 - Dans la zone d'injection :
 - Presse d'injection plastique sa 8000.
 - Presse d'injection plastique sa 7000.
 - Presse d'injection plastique sm 900.
 - Presse d'injection plastique sm 1600.
 - Thermorégulateur d'eau.

IV-3-2 Résultats et analyses de bilan d'arrêt du mois de mars 2018 :

L'exploitation des relevés de temps des heures de marche et le nombre et les modes de pannes ainsi que les types de maintenance et tous les actions de maintenance (la fiabilité, la disponibilité, MTBF, MTTR et les coûts des maintenance utilisées de ces équipements durant cette période nous a permis d'élaborer leurs paramètres de la fiabilité récapitulés dans les tableaux ci-dessus :

1. Le tableau IV.10 regroupe les temps de maintenance dans les différents types de maintenance (préventif et correctif), les nombres des actions prévu et réalisé avec l'écart ainsi que les temps et les arrêts de production en plus de leurs totaux pendant la période du mois de mars 2018 dans les deux zones (polystyrène et injection).

Atelier	Préventif						Correctif			
	Nbre Action Prévu	Nbre Action Réalisé	Temps Prévu (min)	Temps Réalisé (min)	Ecart (+/-) (min)	Arrêt Production (min)	Production		Sans Arrêt Production	
							Arrêt (min)	Temps (min)	Nbre Action	Temps (min)
Polystyrène	30	30	2488	1973	515	0	239	14290	113	18151
Injection 01	6	6	545	545	0	0	57	9492	23	645
TOTAUX	36	36	3033	2518	515	0	296	23782	136	18796

IV-3-3 Analyse des résultats du tableau IV.10

- Pour la maintenance préventive on a le nombre d'action prévu et le nombre d'action réalisé sont les mêmes pour les deux zones.
 - Pour la zone de polystyrène le temps prévu est supérieur au temps réalisé avec un écart de 515 minutes.
 - Pour la zone de polystyrène, le temps prévu est égal au temps réalisé (écart = 0) ; donc l'objectif est positif.
 - Pour la maintenance corrective :
 - La zone de polystyrène dans le cas d'arrêt de production 239 actions sont enregistrées avec une durée globale de 14290 minutes, dans le cas sans arrêt de production on a 113 actions pour 18151 minutes.
 - La zone d'injection dans le cas d'arrêt de production 57 actions sont enregistrées avec une durée globale de 9492 minutes, dans le cas sans arrêt de production on a 23 actions pour 645 minutes.
 - Dans le totale le nombre des actions et le temps réalisé dans le cas sans arrêt de production est inférieur par rapport au cas avec arrêt de production ; donc le résultat est positif.
2. Le tableau IV.11 regroupe le temps disponible, le temps de marche, les jours ouvrables, les heures supplémentaires ainsi que le totale de temps disponible et le temps de marche pour les équipements suivants de la zone de plastiques pour la zone d'injection :
- (09) Presse Automatique PSZ 1600.
 - (02) Préexpandeur PSJ 1100*1700.
 - (06) Presse Automatique PSZ 1750.
 - (01) Préexpandeur PSJ1500.
 - (05) Presse manuelle.
 - (02) Machine à panneaux.
 - (02) Préexpandeur PSJ 1100*1700.
 - (03) Machine de découpe.

Atelier	Equipement	Jours ouvrables				Heures supplémentaires				Temps Disponible (min)	Temps de marche (min)
		Nbre Machin	Nbre Jours	Nbre Equipe	Temps (min)/jour	Nbre Machin	Nbre Jours	Nbre Equipe	Temps (min)/jour		
Polystyrène	(09) Presse Automatique	11	26	3	480	11		3	480	411840	260415
	(02) Pré-expandeur										
	(06) Presse Automatique	7	26	3	480	7		3	480	262080	187780
	(01) Pré-expandeur										
	(05) Presse manuelle	5	12	2	480	5	5	2	480	98400	21940
	(02) Machine à panneaux	7	21	2	480	7		3	480	141120	87115
	(02) Pré-expandeur										
(03) Machine de découpe											
Injection 01										426660	328560
Total										1340100	885810

IV-3-4 Analyse des résultats du tableau IV.11 :

- Dans la zone de polystyrène on a :
- (09) Presse Automatique PSZ 1600 et (02) Préexpandeur PSJ 1100*1700, ce sont 11 machine sur une période de 26 jours ouvrables sous la responsabilité de 3 équipe de maintenance (system 03/08 heures) de 480 minutes par jours (8 heures/J), leur temps disponibles 411810 minutes supérieur de temps de marche 260415 minutes.
 - (06) Presse Automatique PSZ 1750, (01) Préexpandeur PSJ1500, ce sont 7 machine sur une période de 26 jours ouvrables sous la responsabilité de 3 équipe de maintenance (system 03/08 heures) de 480 minutes par jours (8 heures/J), leur temps disponibles 262080 minutes supérieur de temps de marche 187780 minutes
 - (05) Presse manuelle, ce sont 5 machine sur une période de 12 jours ouvrables sous la responsabilité de 2 équipe de maintenance (system 03/08 heures) de 480 minutes par jours (8 heures/J), leur temps disponibles 98400 minutes supérieur de temps de marche 21940 minutes.
 - (02) Machine à panneaux, (02) Préexpandeur PSJ 1100*1700 et (03) Machine de découpe, ce sont 7 machine sur une période de 21 jours ouvrables sous la responsabilité de 3 équipe de maintenance (system 03/08 heures) de 480 minutes

par jours (8 heures/J), leur temps disponibles 14120 minutes supérieur de temps de marche 87115 minutes.

- Le totale des deux zone (polystyrène et injection) le temps disponible toujours supérieur de temps de marche ; donc le résultat est positif.
- 3. Le tableau IV.12 regroupe le Taux de disponibilité / Taux d'arrêt / Taux de marche / Taux de panne, MTBF, MTTR, le temps d'arrêt, le temps disponible et le totale pour les deux zones :

Atelier	Arrêt Production (min)	Temps Disponible (min)	Taux d'arrêt (%)	Taux de disponibilité (%)	Taux de Marche (%)
Polystyrène	14290	913440	1,56	98,44	61,01
Injection 01	9492	426660	2,22	97,78	77,01
		Moyenne	1,89	98,11	69,01

Pos	Atelier	Taux de pannes			MTBF			MTTR		
		Objectif	Résultat	Ecart	Objectif	Résultat	Ecart	Objectif	Résultat	Ecart
01	Polystyrène	2,00%	1,56%	-0,44%	3000	2331,59	-668,41	60	59,79	-0,21
02	Injection 01	2,00%	2,22%	0,22%	3000	5764,21	2764,21	60	166,53	106,53
		2,00%	1,89%	-0,11%	3000	4047,90	1047,90	60	113,16	53,16

IV-3-5 Analyse des résultats du tableau IV.12 :

- La zone de polystyrène :

- On a le temps disponible 913440 minutes mais le temps d'arrêt de production 14290 minutes, le taux de pannes 1,56% inférieur de l'objectif 2,00% avec un écart de -0,44%, le taux de disponibilité 98,44%, le MTBF 2331,59 inférieur de l'objectif 3000 avec un écart de -668,41 et le taux de marche 61,01%, le MTTR 59,79 inférieur de l'objectif 60 avec un écart de -0,21 on peut conclure en générale que le résultat est négatif.
- La zone d'injection : on a le temps disponible 426660 minutes, le temps d'arrêt de production 9492 minutes, le taux de pannes 2,22% supérieur de l'objectif 2,00% avec un écart de 0,22%, le taux de disponibilité 97,78%, le MTBF 5764,21 inférieur de l'objectif 3000 avec un écart de 2764,21 et le taux de marche 77,01% le, MTTR 166,53 supérieur de l'objectif 60 avec un écart de 106,53 ; Donc le résultat est positif.

- La moyenne des deux zones donne :

Taux de pannes 1,89% inférieur à l'objectif de 2,00% avec un écart de -0,11%, ce résultat est négatif.

Le MTBF 4047,90 avec écart de 1047,90 et le taux de disponibilité 98,11%, ce résultat est positif.

Le MTTR 113,16 avec un écart de 53,16 et le taux de marche 69,01%, ce résultat est positif.

Le tableau IV.13 regroupe les coûts de maintenance (coût main d'œuvre, prestation, usinage) et le totale pour les deux zones :

Coût Maintenance							
Atelier	Coût Consommation PDR	Coût main d'œuvre	Coût Prestation	Coût Usinage	Autre Coût Prestation	Total Coût Maintenance	Ecart (+/-)
Polystyrène	0,00	86035,00	130400,00	387606,42		751571,16	-751571,16
Injection 01	0,00	26705,00	11200,00	109624,74			
TOTAUX	0,00	112740,00	141600,00	497231,16	0,00		

Le cout de maintenance générale est représentée par la Figure IV-6 :

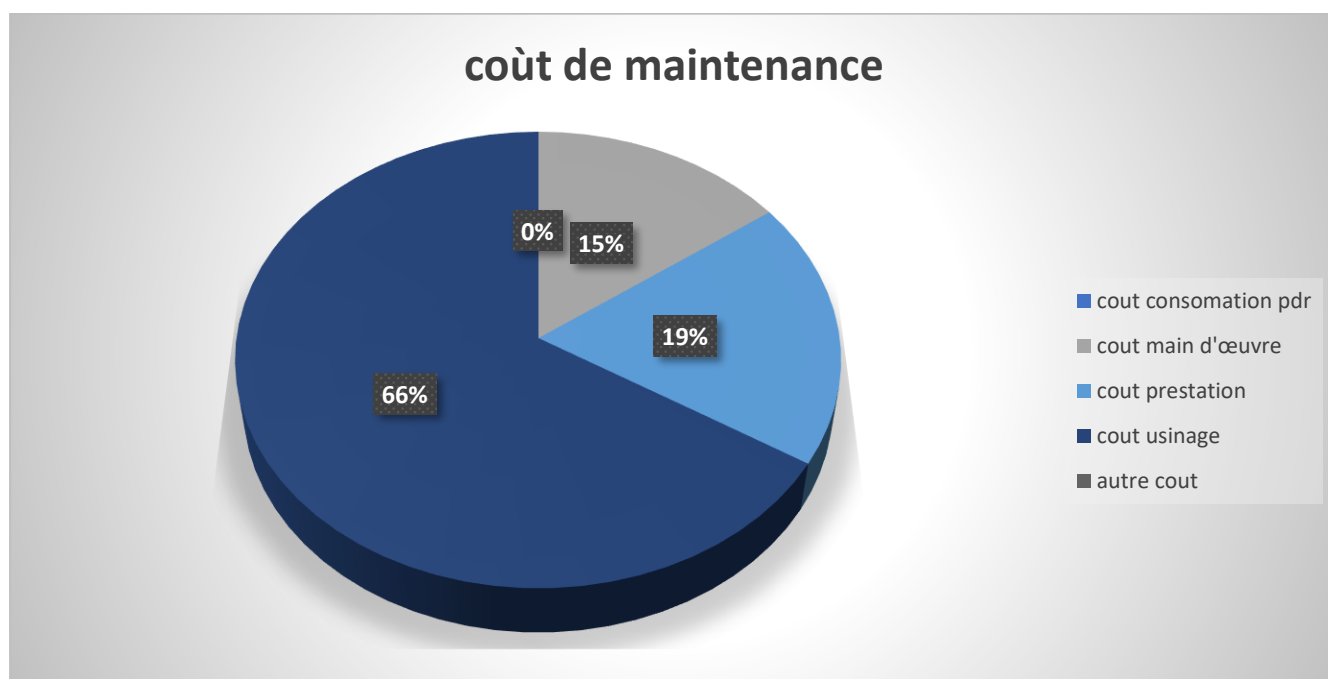


Figure IV-6 : Le cout générale de maintenance.

IV-3-6 Analyse des résultats du tableau IV.13 :

Les coûts de maintenance distribuent sur trois genres, qu'ils sont les coûts main d'œuvre, coûts prestation et coûts usinage.

- Pour la zone de polystyrène on a les coûts de main d'œuvre 86035,00 DA, les coûts prestation 130400,00 DA et les coûts d'usinage 387606,42 DA ; avec un totale de 604041,42 DA.
- Pour la zone d'injection on a les coûts de main d'œuvre 26705,00 DA, les coûts prestation 11200,00 DA et les coûts d'usinage 109624,74 DA ; avec un totale de 147529,74 DA.

- Le totale pour l'unité de transformation de plastique les coûts de main d'œuvre 112740,00 DA, les coûts prestation 141600,00 DA et les coûts d'usinage 497231,16 DA ; avec un totale de 751571,16 DA.
- 4. Tableau IV.14 représente les résultats finaux et totaux de toutes actions et les paramètres de fiabilité pour l'unité de transformation de plastique :

		Taux de disponibilité équipements			Taux d'entretien préventif		
Atelier	Objectif	Résultat	Ecart (+/-)	Prévu	Réalisé	Taux	
Polystyrène	98%	98,44%	0,44%	30	30	100%	
Injection 01	98%	97,78%	-0,22%	6	6	100%	
TOTAUX	98%	98,11%	0,11%	36	36	100%	

IV-3-7 Analyse des résultats du tableau IV.14:

5. Le taux de disponibilité équipement est réalisé dans la zone polystyrène avec un écart de 0,44%, il n'est pas réalisé dans la zone d'injection avec un écart de -0,22% ; Au totale il est réalisé dans l'unité de transformation de plastique.
6. Le taux d'entretien préventif est réalisé à 100% dans les deux zones, donc il est réalisé dans l'unité de transformation de plastique.

IV.4 Comparaison :

IV-4-1 comparaison sur les type de maintenance.

Le tableau IV.15 représente le nombre et le temps de défaillance pour les deux sites industriels pendant un an et les types de maintenance requis.

Types de maintenance	Sonatrach GNL2/Z		Condor Unité transformation de plastique	
	Correctif	Préventif	Correctif	Préventif
Nbre d'action réalisé durant une année	45	440	5184	432
Le temps de réalisé durant une année (hr)	2417	86420	8415.6	504

L’histogramme de la figure IV-7 montre le nombre de défaillance pour les deux sites industriels pendant un an et les types de maintenance requis.

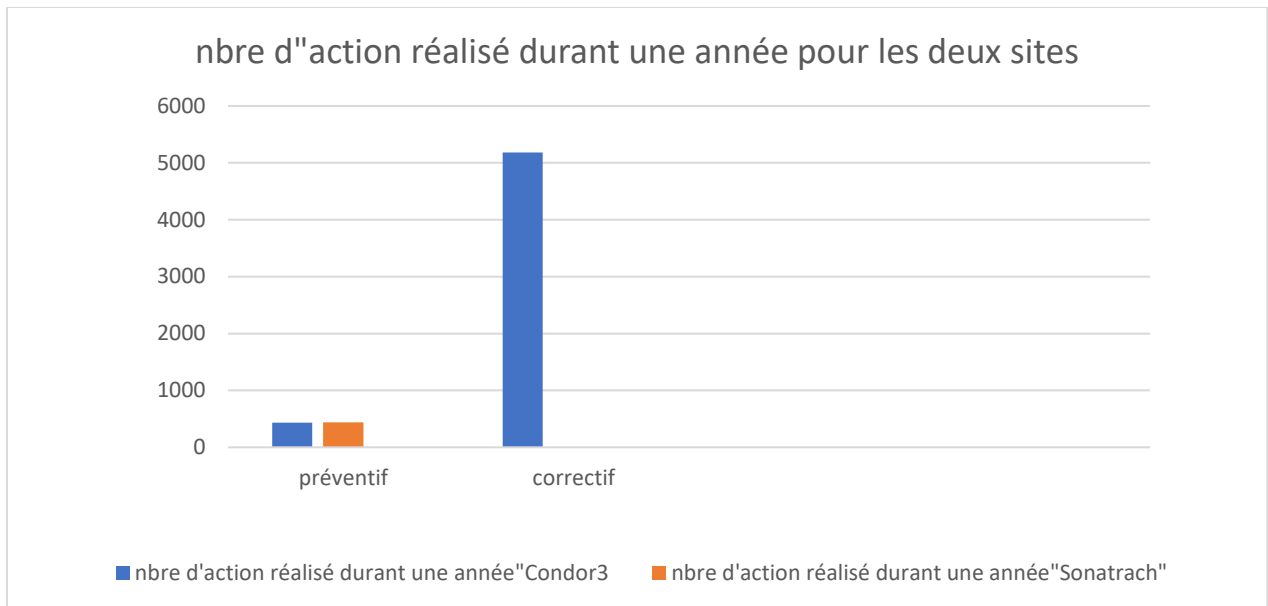


Figure IV-7 : le nombre et le temps de défaillance pour les deux sites industriels.

Le temps de réalisation durant une année pour le type de maintenance correctif est représentée par la Figure IV-8 :

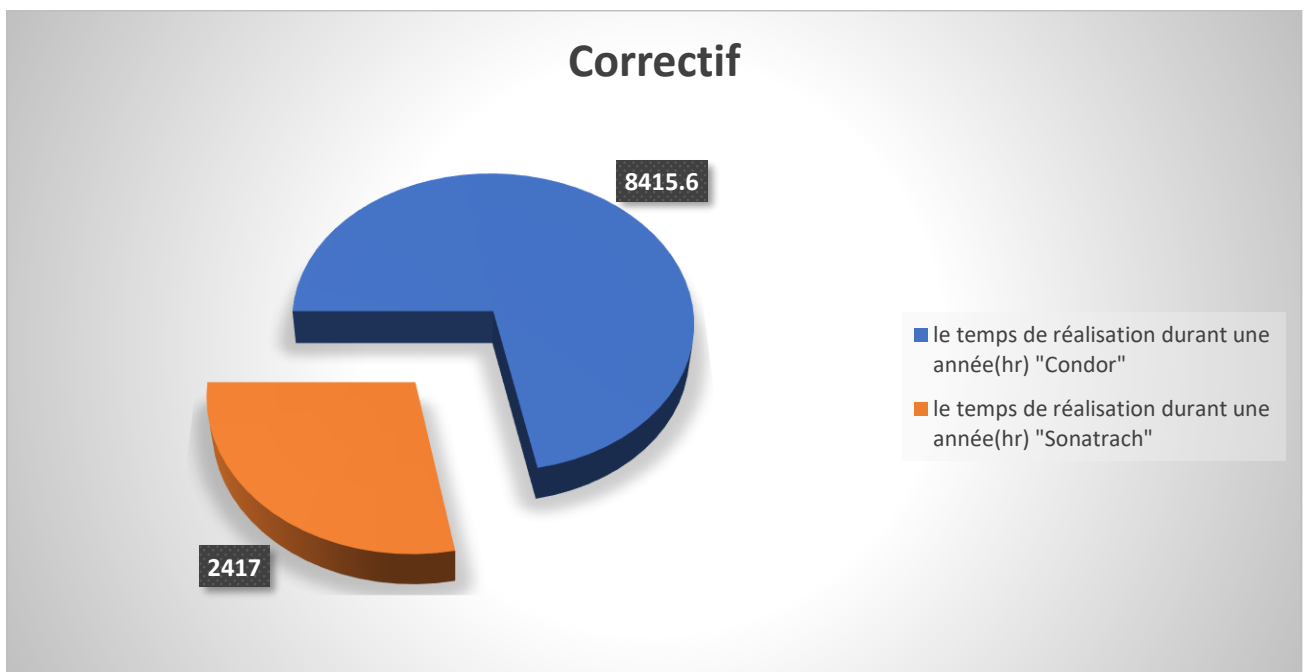


Figure IV-8 : Le temps de réalisation durant une année pour le type de maintenance correctif.

Le temps de réalisation durant une année pour le type de maintenance préventif est représentée par la Figure IV-9 :

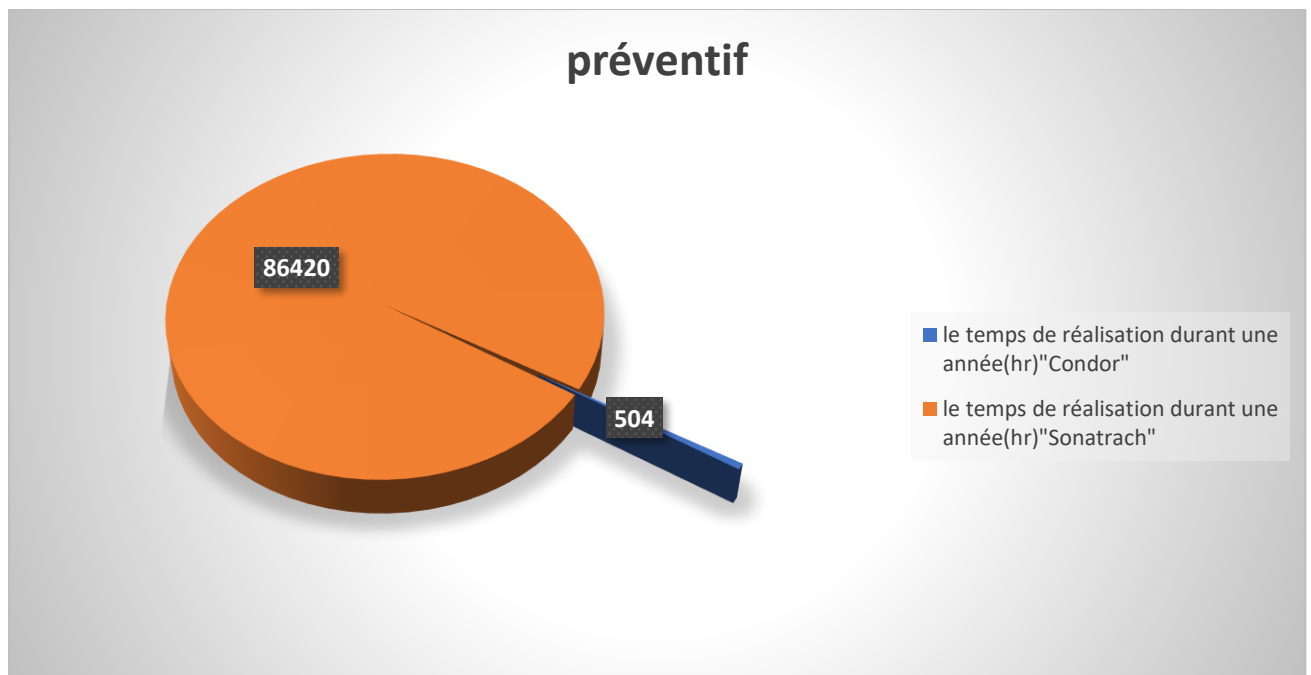


Figure IV-9 : Le temps de réalisation durant une année pour le type de maintenance préventif.

IV-4-2 Analyse des résultats de comparaison :

- Pour la grande entreprise Sonatrach GNL2/Z, on a le nombre d'action préventive 440 avec un temps de 86420 (H/An) supérieur que le nombre d'action corrective 45 avec un temps de 2417 (H/An) Donc que l'opération préventive est très efficace, On a évité les pannes durant les heures du marché.
 - Pour la moyenne entreprise Condor unité de transformation de plastique, on a le nombre d'action préventive 432 avec un temps de 504 (H/An) inférieur que le nombre d'action corrective 5184 avec un temps de 8415,6 (H/An) ; donc l'opération préventive un peu faible, elle besoin plus d'amélioration.
- ❖ A propos le coût de maintenance :
- Pour une moyenne entreprise comme Condor unité de transformation de plastique permet de donner des informations sur les coûts de maintenance facilement, on a parlé et expliquer déjà.
 - Le contraire par rapport une grande entreprise Sonatrach GNL2/Z ne permet pas de donner comme cette information pour les stagiaires, elles sont comme un secret de travail.

IV-5 Conclusion

L'étude comparative des deux entreprises industrielles que l'application de la maintenance est nécessaire et indispensable pour une disponibilité des équipements assurant une bonne production néanmoins elle reste tributaire des spécificités de l'entreprise. En conclusion que la maintenance est un facteur de performance des entreprises, jouant un rôle capital dans la maîtrise de coût globale des équipements pour les deux types d'entreprises

IV.6 Conclusion :

En consultant l'historique de panne des équipements et les cas d'estimation, on va pouvoir élaborer un plan de maintenance afin d'atteindre notre objectif d'améliorer la fiabilité pour avoir un outil de production fiable.

Les équipements qu'on a cités sont très compliqués et très stratégiquement importants dans la station qui nécessite une maintenance bien planifiée, dans ce cadre une étude de fiabilité basée sur des données techniques de terrain est indispensable.

La mise en œuvre de la maintenance nécessite les analyses techniques du comportement du matériel. Cela permet à la fois de pratiquer une maintenance optimale, et de supprimer certaines défaillances.

Conclusion générale :

On a abordé dans ce mémoire un ensemble de problématique qui permettent aux personnes chargées de la maintenance de déterminer la stratégie de la maintenance au sein de les deux sites industriels, Sonatrach GNL2/Z et Condor unité de transformation de plastiques, où nous avons effectué notre stage pratique, nous avons compris l'importance de la maintenance afin d'assurer une fiabilité pour les équipement industrielle au niveau des différents entreprise et sites industriels selon l'importance ou le genre de production de l'entreprise, dans le but d'améliorer la qualité ,la capacité de production , et l'optimisation des coûts.

Les calculs des paramètres de la sureté de fonctionnement (MTBF, MTTR, Disponibilité) nous montré que les types de maintenance appliqués dépendent de la nature du site industriel tel que pour une grande entreprise tel que Sonatrach GNL2/Z c'est la maintenance préventive qui prime alors que pour l'entreprise condor c'est la maintenance corrective qui la plus utilisée.

Bibliographie

- [1]. AFNOR, Maintenance industrielle – Fonction maintenance, FD X60-000, Mai, 2002.
- [2]. Devarun Ghosh, Sandip Roy, Maintenance optimization using probabilistic costbenefit analysis. Journal of Loss Prevention in the Process Industries 2009; 22(4): 403-407.
- [3]. Aghezzaf E.H., Jamali, M.A. Ait-Kadi D., An integrated production and preventive maintenance planning model. European Journal of Operational Research 2007; 18(1, 2): 679-685.
- [4]. Vassiliadis C.G, Arvela J., Pistikopoulos E.N., Papageorgiou L.G., Planning and maintenance optimization for multipurpose plants. Computer Aided Chemical Engineering 2000; 8(1): 1105-1110.
- [5]. Carnero M.C., Selection of diagnostics techniques and instrumentation in a predictive maintenance program. A case study. Decision Support Systems 2005 ; 38(4) : 539555
- [6]. Fleurquin G, Riane F, Roland B, Dehombreux P, Hou G. Optimain : Plateforme d'évaluation de strategie de maintenance des systems complexes. MOSIM'06, 2006
- [7]. Hafaifa Ahmed, Attia Daoudi and Kouider Laroussi, Application of fuzzy diagnosis in fault detection and isolation to the compression system protection. Control and Intelligent Systems ACTA Press, July 2011, vol. 39, no. 3, pp. 151-158
- [8]. Deloux E., Castanier B., and Bérenguer C., Optimisation de la politique de maintenance pour un système à dégradation graduelle stressé, 7ème Congrès international pluridisciplinaire Qualité de Sûreté de Fonctionnement, 20, 21 et 22 mars 2007, volume 1, pages 142–149, Tanger (Maroc), 2007.
- [9] F, Monchy, Maintenance Méthodes et Organisation.,2000
- [10] A. Zeghloul. Maintenance industrielle. Licence Professionnelle. Hydraulique et commandes associées. 2005
- [11] M. Henini. Maintenance basée sur la fiabilité Etude de cas. Mémoire de fin d'étude en vue l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état .2010
- [12] V.Zille. Modélisation et évaluation des stratégies de maintenance complexes sur des systèmes multi-composant. Thèse de doctorat de l'université de technologie de Troyes. France 2009
- [13] P. Lyonnet. La maintenance. Mathématique et méthodes. 4 Editions. 2000
- [14] A. boumeddan. Impact de la fiabilité sur les équipements industriels (étude de cas au niveau denitex). Mémoire de magister. Université Abou Bekr Belkaid – Tlemcen 2012
- [15]. John Moubray. Moubrays Reliability-Centered Maintenance Troisième Edition 2012

[16]. Enrique Castillo, Roberto Mínguez, Carmen Castillo, Sensitivity analysis in optimization and reliability problems. Reliability Engineering & System Safety 2008 ; 93(12) : 1788-1800.

[17] D.Richet, M.Gabriel, La Maintenance Basée sur la Fiabilité, Edition Masson 1996

Site internet :

www.jean-bufferne.com

<http://www.numdam.org/>

<https://fr.scribd.com/>