

Université Abou Bekr Belkaid
Tlemcen Algérie

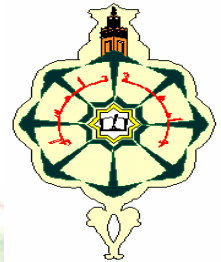


جامعة أبي بكر بلقايد

تلمسان الجزائر

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche
Scientifique



Faculté Des Sciences De L'ingénieur

Département Génie Mécanique

2ème année Master Maintenance Industrielle

THEME:

**OPTIMISATION DE LA FONCTION
MAINTENANCE PAR LA METHODE
AMDEC**

**Cas de la pompe 2000D à membrane de l'entreprise
CERTAF**

Présenté par : ABDI Adil

Encadré par : Mr. BELKAID.M
Mr. GUENIFED.A.F.

Maitre Assistant
Maitre Assistant

Jury:

Président: Mr. GHERNAOUT.M.A.

Maitre de Conférences

Examineurs : Mr. HAMZACHRIF.S.M.

Maitre de Conférences

Mr. GUEZZEN.S.

Maitre Assistant

2012/2013





REMERCIEMENTS

Tout d'abord, un remerciement à mon Dieu de m'avoir donnés la volonté, la patience et la bonne santé pour accomplir mon travail et mes études supérieures.

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude et sincères remerciements à **Mr. BELKAID M** et **Mr. GUENIFED A.F** qui m'ont dirigé dans ce travail avec beaucoup de gentillesse beaucoup de bienveillance et d'une patience infinie envers moi en vue de surmonter mes difficultés pendant toute la durée d'encadrement.*

*De même je remercie **Mr. GHERNAOUT.M.A.** de présider le jury d'examineurs, ainsi que **Mr. GUEZZENE.S.** et **Mr. HAMZACHRIF.S.M.** chargés d'avoir examiner mon travail. Sans oublier de remercier tout le corps enseignant du département de mécanique de la faculté de science de l'ingénieur*



*En fin, j'ai l'honneur et l'immense plaisir de transmettre mes chaleureux remerciements à toute l'équipe du complexe **CERTAF** qui m'ont donné l'aide afin de réaliser ce travail.*



DEDICACE

J'ai le grand honneur de dédier ce travail :

- *A celui qui m'ont fait de moi un homme, mes chère parents **ABDI SAID** et **BOUDJNANNE KHIRA** et qui m'ont toujours encouragé au cours de mon cursus d'étude*
- *A mes chères Sœurs ; **Souad, Hanane, Asmaa.***
- *A toutes la famille **ABDI** et **BOUDJNANNE** surtout mes tantes **Nouria, Zolikha, Malika** et mes oncles **ABD Alghani, Ahmed et Mohammed.***
- *A mon cousin **Mohammed** et mon ami intime **Ouahrani Mohammed** et sa famille.*
- *A mes collègues de la 2^{ème} année master maintenance industrielle,*
- *A tous ceux qui m'aiment beaucoup **Amine, Abdelhamid, Iimad, Youcef, Kkamel,....***
- *Et à tous ceux que j'aime.*



ADIL

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE	
1- INTRODUCTION.....	2
2- LA MAINTENANCE	3
2-1- Définitions.....	3
2-2- Les objectifs de la maintenance	4
2-3- La stratégie de maintenance.....	4
3- LE SERVICE MAINTENANCE.....	4
3-1- Les fonctions du service maintenance.....	4
3-1-1- Etude.....	5
3-1-2- Préparation.....	5
3-1-3- Ordonnancement.....	5
3-1-4- Réalisation.....	5
3-1-5- Gestion.....	5
3-2- Domaines d'action du service maintenance.....	6
3-3- Place du service maintenance dans l'entreprise.....	6
3-4- Organisation géographique du service maintenance.....	7
3-4-1- Un service maintenance centralisé (atelier central).....	7
3-4-2- Des services maintenance décentralisés.....	8
3-5- Le technicien de maintenance.....	8
3-6- Le management de la maintenance.....	8
4- LES CONCEPTS.....	9
4-1- Les événements qui sont à l'origine de l'action.....	9
4-2- Les méthodes.....	9
4-2-1- La maintenance corrective.....	10
4-2-2- La maintenance préventive.....	11
4-2-2-1- La maintenance préventive systématique.....	11
4-2-2-1-1- Définition.....	11
4-2-2-1-2- Organisation de la maintenance systématique.....	12
4-2-2-1-3- Périodicité des interventions systématiques.....	12
4-2-2-1-4- Avantages et limites de la maintenance systématique.....	13
4-2-2-1-5- Conclusion.....	14
4-2-2-2- La maintenance préventive conditionnelle.....	15
4-2-2-2-1- Définition.....	15
4-2-2-2-2- But de la maintenance conditionnelle.....	16
4-2-2-2-3- Formes de maintenance conditionnelle.....	17
4-2-2-2-3-1- La surveillance périodique.....	17
4-2-2-2-3-2- La surveillance continue.....	17
4-2-2-2-4- La surveillance continue Cas d'application.....	17
4-2- Les opérations de maintenance.....	18
4-2-1- Les opérations de maintenance corrective.....	18
4-2-1-1- Le dépannage.....	18
4-2-1-2- La réparation.....	19

2-2- Définition.....	38
3- BUTES ET OBJECTIFS D'APPLIQUER D'UNE AMDEC.....	39
4- CARACTERISTIQUE DE LA METHDE AMDEC.....	40
5- TYPES D'AMDEC.....	40
5-1- L'AMDEC « produit ».....	40
5-2- L'AMDEC « processus ».....	40
5-3- L'AMDEC « moyen de production ».....	41
6- LA DEMARCHE AMDEC.....	41
6-1- Etape 1: Initialisation.....	41
6-1-1- Définition du système et des objectifs à atteindre.....	41
6-1-2- Constitution du groupe de travail.....	41
6-1-3- Mise au point de supports de l'étude.....	41
6-2- Etape 2: Analyse fonctionnelle « AF ».....	43
6-3- Etape 3 : Analyse des défaillances.....	43
6-3-1- Défaillance.....	43
Remarque : Modes de défaillance génériques.....	43
6-3-2- Cause de défaillance.....	45
6-3-3- L'effet constaté.....	45
6-3-4- Détection.....	45
6-4- Etape 4 : Cotation de criticité.....	45
6-4-1- L'indice G.....	45
6-4-2- L'indice F.....	46
6-4-3- L'indice D.....	46
Remarque : La matrice de criticité.....	48
6-5- Etape 5 : Actions menées.....	48
6-5-1- Classement des problèmes rencontrés.....	49
6-5-2- Proposition d'amélioration.....	49
6-5-3- Calcul de la nouvelle criticité.....	50
7- CONCLUSION.....	50

CHAPITRE IV : L'ANALYSE FONCTIONNELLE

1- PRESENTATION.....	51
2- DÉFINITION	51
2-1- l'analyse de la valeur : (Aspect économique ou externe).....	52
2-2- l'AMDEC : (Aspect technique ou interne).....	52
3- METHODOLOGIE.....	53
3-1- Recenser les fonctions.....	53
3-1-1- Définition de la fonction.....	53
3-1-2- Différents types de fonctions	53
3-1-2-1- Fonctions de service (FS).....	53
3-1-2-1-1- Fonctions principales (FP)	53
3-1-2-1-2- Fonctions contraintes (FC).....	54
3-1-2-2- Fonctions techniques (FT).....	54
3-2- Ordonner les fonctions.....	54
3-3- Caractériser et quantifier les fonctions.....	54
3-3-1- Les critères d'appréciation.....	54

3-3-2- Niveau d'un critère d'appréciation.....	54
3-3-3- Flexibilité d'un niveau.....	55
3-4- Hiérarchiser les fonctions.....	55
4- OUTILS D'ANALYSE FONCTIONNELLE.....	56
4-1- l'Analyse Descendante.....	56
4-1-1- Définition.....	56
4-2-2- Les principes de base.....	56
4-2- La méthode de la Pieuvre.....	57
4-3- Méthode Diagrammes de Flux.....	58
4-4- Méthode de l'Arborescence.....	58
4-5- Diagramme Processus.....	59
4-6- Influence de l'Environnement sur le Procédé.....	59

CHAPITRE V : PROGRAMMATION

1- INTRODUCTION.....	60
2- OUTIL DE PROGRAMMATION.....	60
3- ETAPE DE LA PROGRAMMATION.....	60
3-1- Méthode utilisé : (MERISE).....	61
3-2- Réalisation MCD.....	61
3-2-1- Qu'est-ce qu'un MCD ?.....	61
3-2-2- MCD.....	62
3-3- Programme.....	63
3-3-1-Fichiers.....	63
3-3-2- Mouvements.....	64
3-3-3- Analyses.....	65
3-3-4- Outils.....	66
3-3-5- Etat.....	67
3-3-6- Aide.....	67

CHAPITRE VI : L'APPLICATION D'AMDEC SUR LA POMPE 2000D

1- INTRODUCTION.....	68
2- PRESENTATION DU COMPLEXE CERTAF.....	68
2-1- Processus de fabrication gamme produits vaisselle.....	69
2-1-1- Organigramme des ateliers de production.....	69
2-1-2- Processus de fabrication gamme produits vaisselle.....	70
2-1-2-1- Composition de la pâte.....	70
2-1-2-2- Préparation de l'email.....	70
2-1-2-3- Préparation du barbotin de coulée	70
2-1-2-4- Fabrication des moules.....	71
2-1-2-5- Façonnage par calibrage.....	71
2-1-2-6- Façonnage par coulée.....	71
a) Coulée à l'état solide.....	71
b) Coulée par évaporation.....	71
2-1-2-7- Cuisson et inspection des articles façonnés.....	71

2-1-2-8- Décoration sous email (Décoration par impression).....	71
2-1-2-9- Emaillage.....	72
2-1-2-10- Cuisson et inspection des articles émaillés.....	72
2-1-2-11- Décoration sur émail.....	72
2-1-2-12- Cuissons et impression des articles décorés.....	72
2-1-2-13- Atelier emballage et expédition.....	72
2-2- Département laboratoire.....	72
2-3- Département maintenance.....	73
2-3-1- Organigramme de la maintenance.....	73
2-3-2- Déroulement de la maintenance curative.....	74
3- L'application d'AMDEC sur la pompe 2000D.....	75
3-1- Caractéristique techniques de la pompe 2000D.....	75
3-2- Décomposition fonctionnelle de la pompe 2000D.....	77
3-3- Définition du critère G, F, N.....	80
3-4- Tableau AMDC.....	80-85
3-5- Classification des éléments par leur criticité.....	86
4- CONCLUSION.....	86
CONCLUSION.....	87
RESUME.....	88
BIBLIOGRAPHIE.....	89

INTRODUCTION

Dans des nombreux secteurs industriels, la sûreté de fonctionnement est un enjeu majeur pour assurer une compétitivité optimale de l'outil de production.

En réalité, la sûreté de fonctionnement englobe des notations essentielles tel que : la fiabilité, la disponibilité, la maintenabilité et la sécurité de n'importe quel système industriel produisant des biens ou des services.

Parmi les facteurs qui contribuent au maintien et l'amélioration de la disponibilité et à la sûreté de fonctionnement des installations industrielles complexes, les méthodes d'analyse représentent des leviers significatifs tel que : **l'arbre de défaillance, l'abaque de Noiret, le diagramme d'Ichikawa et l'AMDEC.**

L'**AMDEC** (l'Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et leur Criticité) est très utilisée pour les études de sûreté de fonctionnement lors de la conception et au cours de l'exploitation des systèmes industriels. Elle est indispensable pour s'assurer que les paramètres de la sûreté de fonctionnement sont conformes aux spécifications.

Notre travail consiste à étudier la méthode **AMDEC** et de pouvoir l'appliquer réellement sur des équipements industriels, et pour mener à bien notre travail, nous répartissons notre mémoire comme suit :

- Chapitre I : cette partie est consacrée à définir la maintenance industrielle et leur différente méthode de façon générale.
- Chapitre II : cette partie à pour but définir les différentes méthodes d'optimisation de la maintenance.
- Chapitre III : cette partie est faite pour définir la méthode **AMDEC** et leurs différente étapes pour l'appliqué.
- Chapitre IV : cette partie concerne principalement l'analyse fonctionnelle et ces méthodes.
- Chapitre V : cette partie est faite pour donner une idée sur logiciel élaboré.
- Chapitre IV : cette partie sera réservée à l'application de l'**AMDEC** sur une pompe de type 2000D et de marque VICENTINI situé à l'entreprise CERTAF.

En fin, nous terminons notre travail par une conclusion générale ou nous allons synthétiser ce qui a été fait.

1- INTRODUCTION : [1]

La maintenance s'inscrit parmi les contraintes que rencontre tout exploitant d'une installation industrielle. Plus généralement, une installation de production nécessitant un ensemble de moyens matériels et humains n'est en mesure d'assurer le service qu'on lui demande qu'après avoir surmonté diverses contraintes, dont la maintenance des équipements de production utilisés. Construire une usine ou un atelier ne sert à rien en l'absence de production significative, ou de personnel qualifié, ou d'un système d'organisation permettant le maintien en état des installations.

Les installations, les équipements tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples telles que l'usure, la déformation due au fonctionnement ou l'action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphères, etc.). Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement, diminuer les capacités de production, mettre en péril la sécurité des biens et des personnes, provoquer des rébus ou diminuer la qualité, augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.) ou diminuer la valeur marchande de ces moyens. Maintenir c'est donc effectuer des opérations de dépannage, graissage, visite, réparation, amélioration etc., qui permettent de conserver le potentiel du matériel pour assurer la continuité et la qualité de la production. Bien maintenir c'est aussi assurer ces opérations au coût global optimum.

Mais aujourd'hui, maîtriser la disponibilité des biens, des matériels et des équipements industriels, permettrait à l'industrie d'agir sur la régularité de sa production, sur ses coûts de fabrication, sur sa compétitivité et sur son succès commercial.

Pour vendre plus, pour vendre mieux, il s'agit à présent non plus seulement de proposer un meilleur mode de conduite de l'installation mais de garantir à l'exploitant un mode d'intervention rapide, une mise en place de détection et de diagnostic de défaillances, en un mot une maintenance de qualité permettant d'atteindre la production optimum.

2- LA MAINTENANCE :

2-1- Définitions :

- Le dictionnaire **LAROUSSE** définit la maintenance comme :

« L'ensemble de ce qui permet de maintenir ou de rétablir un système en état de fonctionnement ».

La fonction maintenance est définie comme celle qui consisterait à maitre en œuvre tous les moyens disponibles pour maintenir les machines en état de bon fonctionnement, jusqu'au moment où elles doivent être retirées du service.

- L'association française de normalisation **AFNOR**, a défini la maintenance par la norme NF-X-60-01 0 comme :

« L'ensemble des action permettant de **maintenir** ou de **rétablir** un bien dans un **état spécifié** ou en mesure d'assurer un **service déterminé** »

Le terme maintenir renferme la notion de prévention sur un système en fonctionnement tandis que rétablir supporte la notion de correction après **défaillance**.

Les termes état spécifié et service déterminé porte la notion de prédétermination d'objectifs à atteindre avec quantification des paramètres mesurables.

- Cette définition **AFNOR** oublie l'aspect économique, lacune comblée dans le document d'introduction NF-X-60-010 qui y a introduit la notion de cout minimum :

« bien maintenir, c'est assurer ces opérations au cout global optimal ». [4]

- Le projet du **CEN** (Comité Européen de Normalisation) définit la maintenance par :

« L'ensemble de toutes les actions techniques, administratives et de gestion durant le cycle de vie d'un bien, destinées à le maintenir ou à le rétablir dans un état dans lequel il peut accomplir la fonction requise ».

La fonction requise est ainsi définie par : « fonction, ou ensemble de fonctions d'un bien considérées comme nécessaires pour fournir un service déterminé ». On remarque l'apparition d'un nouveau concept ; le projet européen ajoute une idée intéressante : les actions de la maintenance se rapportent **au cycle de vie** des matériels, ce qui implique une vision à moyen et à long terme de la stratégie de maintenance. [1]

2-2- Les objectifs de la maintenance : (Norme FD X 60-000)

Selon la politique de maintenance de l'entreprise, les objectifs de la maintenance seront :

- la disponibilité et la durée de vie du bien ;
- la sécurité des hommes et des biens ;
- la qualité des produits ;
- la protection de l'environnement ;
- l'optimisation des coûts de maintenance... ;

La politique de maintenance conduit, en particulier, à faire des choix entre :

- maintenance préventive et/ou corrective, systématique ou conditionnelle ;
- maintenance internalisée et/ou externalisée.

2-3- La stratégie de maintenance : (Normes NF EN 13306 & FD X 60-000)

La stratégie de maintenance est une méthode de management utilisée en vue d'atteindre les objectifs de maintenance.

Les choix de stratégie de maintenance permettent d'atteindre un certain nombre d'objectifs de maintenance :

- Développer, adapter ou mettre en place des méthodes de maintenance ;
- Elaborer et optimiser les gammes de maintenance ;
- Organiser les équipes de maintenance ;
- Internaliser et/ou externaliser partiellement ou totalement les tâches de maintenance ;
- Définir, gérer et optimiser les stocks de pièces de rechange et de consommables ;
- Etudier l'impact économique (temps de retour sur investissement) de la modernisation ou de l'amélioration de l'outil de production en matière de productivité et de maintenabilité.

3- LE SERVICE MAINTENANCE:**3-1- Les fonctions du service maintenance : (Norme FD X 60-000)**

Le service de la maintenance	Etude
	Préparation
	Ordonnancement
	Réalisation
	Gestion

Tableau .I.1 - Les fonctions du service maintenances

3-1-1- Etude :

Sa mission principale est l'analyse du travail à réaliser en fonction de la politique de maintenance choisie. Elle implique la mise en œuvre d'un plan de maintenance avec des objectifs chiffrés et des indicateurs mesurables.

3-1-2- Préparation :

La préparation des interventions de maintenance doit être considérée comme une fonction à part entière du processus maintenance. Toutes les conditions nécessaires à la bonne réalisation d'une intervention de maintenance seront ainsi prévues, définies et caractérisées. Une telle préparation devra bien sûr s'inscrire dans le respect des objectifs généraux tels qu'ils sont définis par la politique de maintenance : coût, délai, qualité, sécurité,...

Quel que soit le type d'intervention à réaliser, la préparation sera toujours présente. Elle sera :

Implicite (non formalisée) : dans le cas de tâches simples, l'intervenant assurera lui-même, par expérience et de façon souvent automatique la préparation de ses actions ;

Explicite (formalisée) : réalisée par un préparateur, elle donne lieu à l'établissement d'un dossier de préparation structuré qui, faisant partie intégrante de la documentation technique, sera utilisé chaque fois que l'intervention sera réalisée. Il sera donc répertorié et conservé sous réserve de mises à jour ultérieures.

3-1-3- Ordonnancement :

L'ordonnancement représente la fonction "chef d'orchestre". Dans un service maintenance caractérisé par l'extrême variété des tâches en nature, en durée, en urgence et en criticité, l'absence de chef d'orchestre débouche vite sur la cacophonie quel que soit le brio des solistes.

3-1-4- Réalisation :

La réalisation consiste à mettre en œuvre les moyens définis dans le dossier de préparation dans les règles de l'art, pour atteindre les résultats attendus dans les délais préconisés par l'ordonnancement.

3-1-5- Gestion :

La fonction gestion du service maintenance devra être capable d'assurer la gestion des équipements, la gestion des interventions, la gestion des stocks, la gestion des ressources humaines, et la gestion du budget.

3-2- Domaines d'action du service maintenance : [3]

Voici la liste des différentes tâches dont un service maintenance peut avoir la responsabilité :

- La maintenance des équipements : actions correctives et préventives, dépannages, réparations et révisions.
- L'amélioration du matériel, dans l'optique de la qualité, de la productivité ou de la sécurité.
- Les travaux neufs : participation au choix, à l'installation et au démarrage des équipements nouveaux.
- Les travaux concernant l'hygiène, la sécurité, l'environnement et la pollution, les conditions de travail, ...
- L'exécution et la réparation des pièces de rechanges.
- L'approvisionnement et la gestion des outillages, des rechanges, ...
- L'entretien général des bâtiments administratifs ou industriels, des espaces verts, des véhicules, ...

Ce qui prouve le bien-fondé d'une formation polyvalente.

3-3- Place du service maintenance dans l'entreprise : [4]

Les installations, les équipements, tendent à se détériorer dans le temps sous l'action de causes multiples : usures, déformations dues au fonctionnement, action des agents corrosifs (agents chimiques, atmosphériques, etc.).

Ces détériorations peuvent provoquer l'arrêt de fonctionnement (panne); diminuer les capacités de production; mettre en péril la sécurité des personnes; provoquer des rebuts ou diminuer la qualité; augmenter les coûts de fonctionnement (augmentation de la consommation d'énergie, etc.); diminuer la valeur marchande de ces moyens.

Dans tous les cas ces détériorations engendrent des coûts directs ou indirects supplémentaires.

Le service maintenance, comme le service de sécurité, devient une interface entre toutes les entités qui composent l'entreprise.

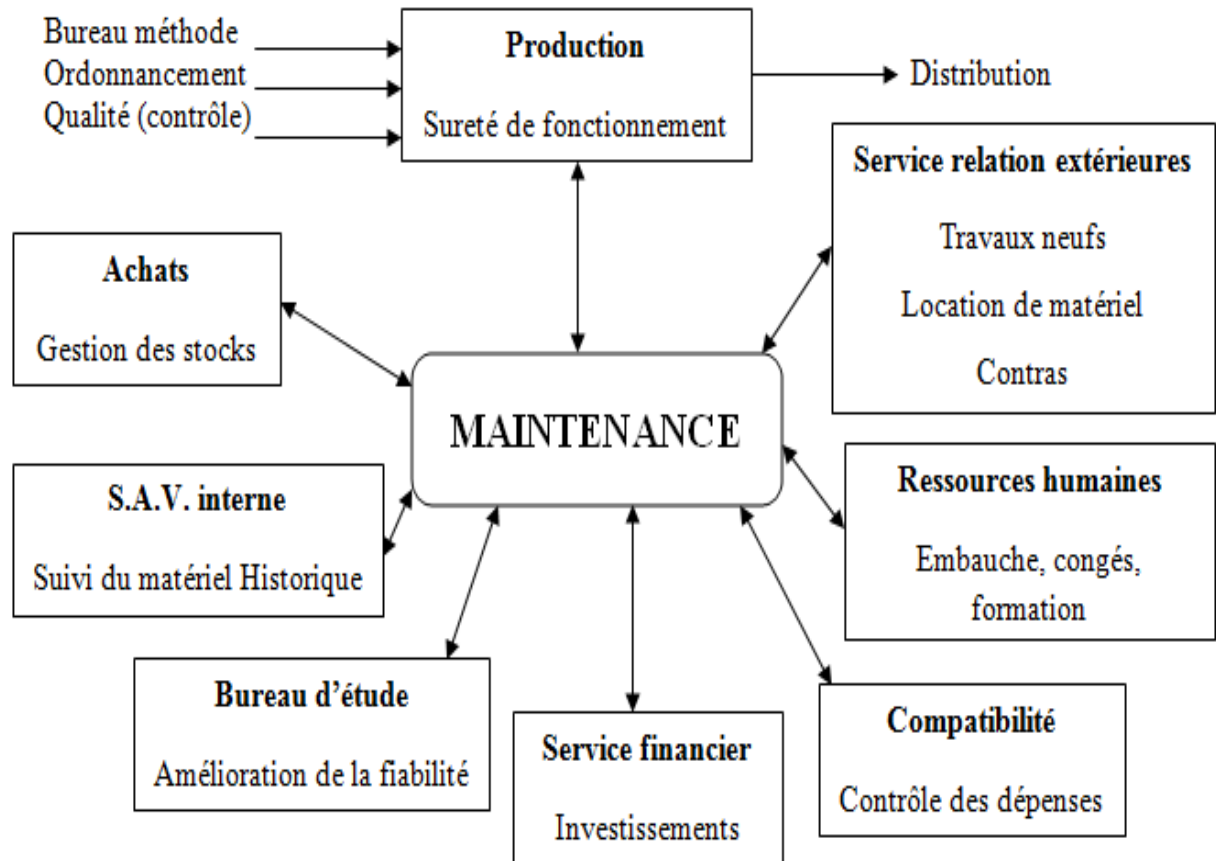


Figure .I.1 - Place du service maintenance dans l'entreprise. [4]

3-4- Organisation géographique du service maintenance : [5]

Deux types d'organisation peuvent être mis en place selon la spécificité et la taille de l'entreprise :

3-4-1- Un service maintenance centralisé (atelier central) :

Ce type d'organisation prévoit la concentration de toutes les activités maintenance sous forme d'une seule entité avec un atelier central. Cette entité gère la maintenance globale de toute l'entreprise (de tous ses ateliers secteurs). Parmi les avantages de ce type d'organisation on peut citer :

- Facilité de planning,
- Facilité de surveillance,
- Magasins bien équipés,
- Contrôle effectif de la main-d'œuvre.

3-4-2- Des services maintenance décentralisés à proximité de chaque secteur d'activité :

Chaque secteur d'activité a son atelier sectoriel de maintenance. Comme caractéristique de ce type d'organisation on trouve :

- Service rapide,
- Connaissances spécialisées,
- Attention constante portée à l'installation,
- Moins de paperasserie,
- Cerner les frais réels de maintenance par poste de travail.

3-5- Le technicien de maintenance : [3]

Pour atteindre les objectifs de la maintenance, et en tenant compte d'un contexte de mondialisation visant à réduire les coûts pour assurer la compétitivité, les entreprises ont besoin de techniciens ayant des compétences très fortes tant dans les domaines techniques que dans l'approche économique des problèmes et dans la capacité à manager les hommes.

La technologie des matériels actuels implique une *compétence technique polyvalente*. Les frontières entre les domaines mécanique, électrique, hydraulique, pneumatique, informatique ... ne sont pas évidentes sur une machine compacte.

Une polyvalence au niveau de la gestion est aussi indispensable, ainsi que *la maîtrise des données techniques, économiques et sociales*.

Le profil du technicien de maintenance, est celui *d'un homme de terrain*, de contact et d'équipe, qui s'appuie sur sa formation initiale puis sur son expérience pour faire évoluer la prise en charge du matériel dont il a la responsabilité.

3-6- Le management de la maintenance :

Le management de la maintenance est à la charge d'une (ou plusieurs) personne(s) désignée(s) dont les responsabilités et autorité doivent être définies. (*Norme FD X 60-000*)

Il appartient au management et aux responsables de :

- Définir les profils d'emploi nécessaires à l'accomplissement de la mission de la fonction maintenance ;
- Gérer les ressources disponibles en interne dans cet esprit et en particulier de prendre des dispositions pour assurer la formation,

La qualification et l'habilitation du personnel en vue de :

- Lui permettre d'assurer les tâches de maintenance avec un optimum d'efficacité ;

- S'assurer que les règles de sécurité sont connues et mises en œuvre ;
- Etre conforme aux exigences réglementaires en matière d'habilitation ;
- Etc.

4- LES CONCEPTS : [6]

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, relation 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

4-1- Les événements qui sont à l'origine de l'action :

- La référence à un échancier ;
- La subordination à un type d'événements prédéterminés (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure d'une usure...) ;
- L'apparition d'une défaillance.

4-2- 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.

D'après les normes AFNOR X60010 et 60011, on peut distinguer deux grandes formes de maintenance : Corrective et Préventive

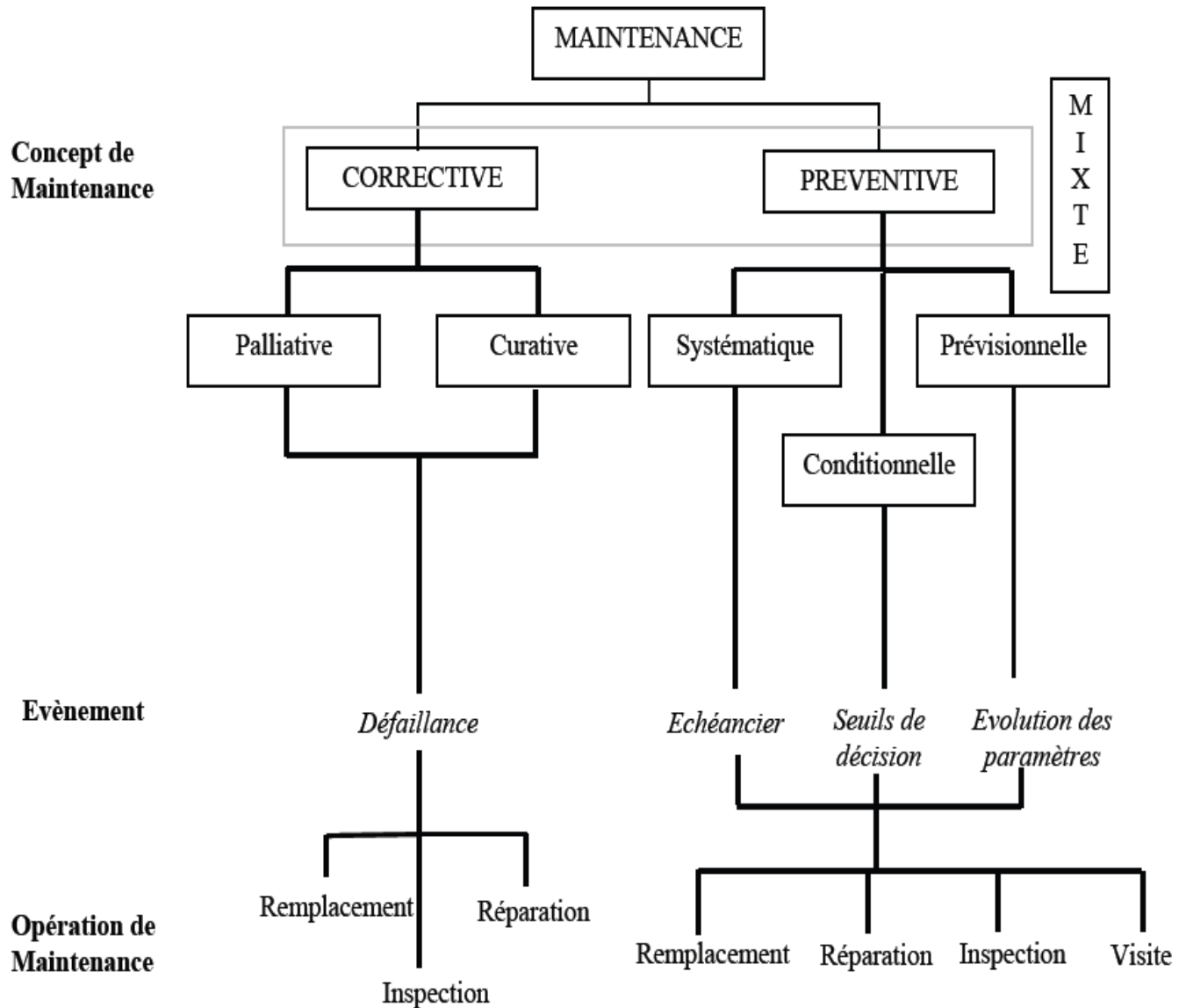


Figure .I.2 - Méthodes de maintenance. [6]

4-2-1- La maintenance corrective :

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

La maintenance corrective est « la Maintenance exécutée après détection d'une panne et destinée à remettre un bien dans un état dans lequel il peut accomplir une fonction requise ». Cette maintenance est utilisée lorsque l'indisponibilité du système n'a pas de conséquences majeures ou quand les contraintes de sécurité sont faibles. (Extraits normes NF X 60-010)

4-2-2- La maintenance préventive :

Maintenance effectuée selon des critères prédéterminés, dont l'objectif est de réduire la probabilité de défaillance d'un bien ou la dégradation d'un service rendu.

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.

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, de pièces détachées, etc.
- ✓ Améliorer les conditions de travail du personnel de production
- ✓ Diminuer le budget de maintenance
- ✓ Supprimer les causes d'accidents graves

4-2-2-1- La maintenance préventive systématique : [7]**4-2-2-1-1- Définition : (Norme NF EN 13306)**

C'est la maintenance préventive effectuée sans contrôle préalable de l'état du bien conformément à un échancier établi selon le temps, le nombre de cycles de fonctionnement, le nombre de pièces produites ou un nombre prédéterminé d'usages pour certains équipements (révisions périodiques) ou organes sensibles (graissage, étalonnage, etc..).

La maintenance systématique se traduit par l'exécution sur un équipement, à dates planifiées, d'interventions dont l'importance peut s'échelonner depuis le simple remplacement de quelques pièces jusqu'à la révision générale :

- Remise à niveau d'une ligne de production par arrêt annuel,
- Révision générale d'un équipement,
- Echange standard d'un sous-ensemble ou d'un composant sensible (filtre, joint, durite, balais d'un moteur CC, etc..),
- Lubrification.

Les travaux revêtent alors un caractère systématique (contrairement à ce qui se passe dans la maintenance conditionnelle), ce qui suppose une parfaite connaissance du comportement de l'équipement, de ses modes et de sa vitesse de dégradation.

- ❖ **Remarque** : lorsque la maintenance systématique est imposée par le législateur (le plus souvent pour des raisons de sécurité), on parle alors de « maintenance réglementaire ».

4-2-2-1-2- Organisation de la maintenance systématique :

L'organisation de la maintenance systématique propre à un équipement recouvre deux aspects : la détermination du contenu des interventions et le choix de leur périodicité. Ces éléments sont fréquemment fixés par :

- Le constructeur, dans le «guide d'entretien» de l'équipement (aéronautique, matériel ferroviaire,...),
- Le législateur, dans des normes homologuées éditées par l'AFNOR (ascenseurs, matériel sous pression, matériel électrique,...).

Mais ils peuvent aussi être le fait de l'utilisateur qui, ayant préalablement testé, en dépannage et/ou en maintenance conditionnelle, les réactions de l'équipement, estime posséder des historiques suffisamment documentés et précis pour en extraire des lois de dégradation fiables. L'intérêt majeur de la maintenance systématique réside dans sa facilité de gestion. La GMAO y contribue fortement : ainsi le listing des interventions systématique d'une semaine peut être sorti le vendredi précédent : la charge de travail est connue et planifiable à l'avance. En règle générale, on s'arrange pour que ces interventions aient lieu en dehors de la production ou pendant les temps de non-réquisition de la ligne de production (changement de production, changement d'outillage, etc..).

4-2-2-1-3- Périodicité des interventions systématiques :

Les opérations de maintenance systématique étant de natures très variables, il est clair que la périodicité T des interventions peut prendre des valeurs allant de la demi-journée à plusieurs années. (Le tableau **I.2.**) donne une idée de cette périodicité.

Périodicité T	Nature des opérations	Critères de choix de T
1/2j à 1 semaine	<ul style="list-style-type: none"> • Visites • Rondes • Surveillance 	<ul style="list-style-type: none"> • Préconisation constructeur • Habitudes empiriques • Expérience
1 semaine à un an	<ul style="list-style-type: none"> • Echange standard • Action ponctuelle sur composant critique 	<ul style="list-style-type: none"> • Préconisation constructeur • Réglementation • T optimisée par calculs, essais ou expérience
1 an à 10 ans	<ul style="list-style-type: none"> • Révision partielle ou générale • Grand arrêt périodique 	<ul style="list-style-type: none"> • Réglementation • Habitudes empiriques souvent liées aux contraintes sociales (congs annuels, etc..)

Tableau .I.2 - Périodicité des interventions systématiques

4-2-2-1-4- Avantages et limites de la maintenance systématique :

La maintenance systématique se pratique quand on souhaite procurer à un équipement une sécurité de fonctionnement quasi absolue en remplaçant suffisamment tôt les pièces ou organes victimes d'usure ou de dégradation. Elle nécessite de bien connaître le comportement du matériel, l'historique des pannes et le MTBF (Mean Time Between Failures). On pourra alors déterminer, de manière fine, la période optimale T de cette maintenance préventive systématique. T sera calculé à partir de la connaissance des lois de fiabilité du matériel concerné : loi exponentielle ou de Weibull. L'exemple typique de maintenance systématique est celle d'une voiture.

La maintenance systématique est facile à gérer et diminue les arrêts fortuits. Elle régularise les activités de l'entreprise : moins de fortuit, c'est aussi plus de sécurité. Mais elle présente aussi des inconvénients.

- Quel que soit le taux de systématique que l'on pratique, cela n'élimine pas de façon certaine « la casse ». Le correctif résiduel étant toujours difficile à évaluer, il conduit souvent à déterminer T par empirisme, sans annuler complètement le risque de défaillance.

- Cette recherche de garantie de fonctionnement conduit donc à remplacer des pièces dont l'usure est incomplète. C'est donc un procédé qui coûte cher et que seule la nécessité d'une sécurité de haut niveau peut justifier.

Exemple : la probabilité des défaillances d'un roulement à billes à l'allure donnée Figure .I.3. La périodicité de remplacement est déterminée normalement à partir d'informations statistiques. On s'aperçoit que pour limiter le risque de défaillances, on la choisit plus faible. De nombreux roulements (ou autres pièces), qui auraient pu tourner plus longtemps, sont donc gaspillés. Donc : « pour minimiser le risque de panne, on jette du matériel en bon état !... ».

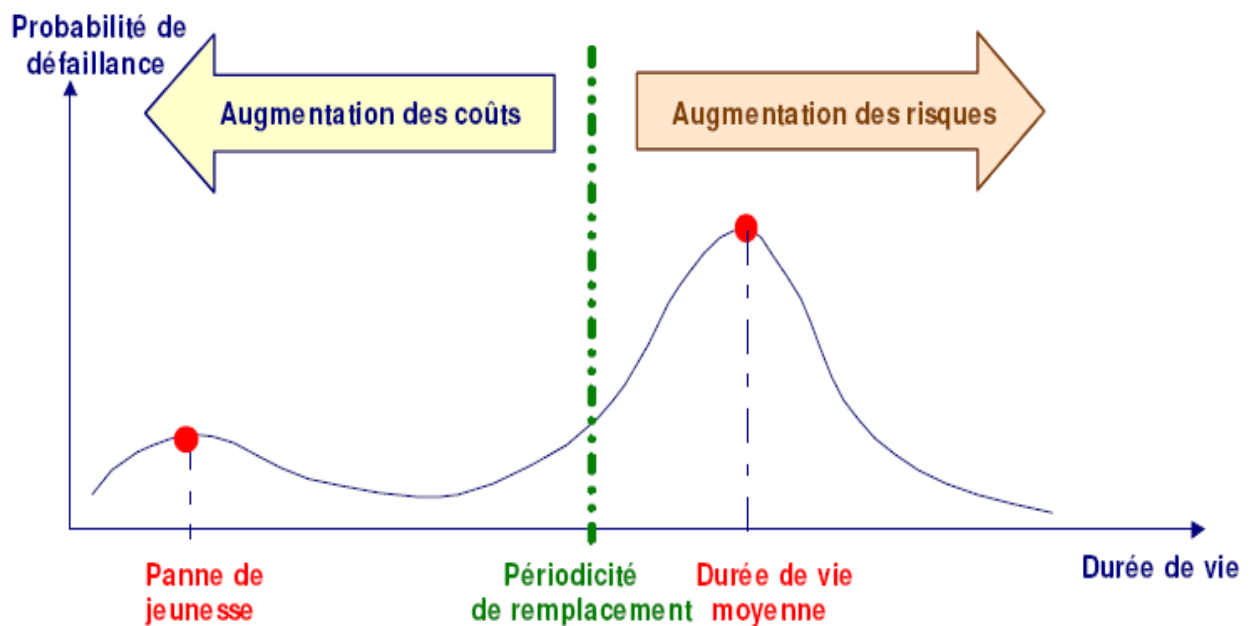


Figure .I.3 - Probabilité de défaillance de roulements [7]

4-2-2-1-5- Conclusion :

La maintenance systématique coûte cher puisque l'on jette des organes qui n'en sont qu'à la moitié, voire au tiers, de leur durée de vie potentielle. De plus, il se trouve que le taux de panne de beaucoup de machines n'est pas toujours amélioré par le remplacement périodique de pièces usées. Parfois même au contraire (10 à 15% des cas), la fiabilité des machines après remontage se trouve réduite du fait d'erreurs humaines ou de fragilité de jeunesse des nouveaux appareils installés.

La répartition future des pannes de chaque machine étant inconnue, ce type de maintenance est souvent inefficace. Son intérêt probant par rapport à la maintenance corrective sur les coûts de production lui a valu de belles années, mais aujourd'hui :

- Le remplacement systématique du matériel doit disparaître progressivement sauf pour du matériel peu coûteux (graissage, filtre, joints, petites pièces, etc..) ou pour des équipements pour lesquels la sécurité des biens et des personnes est mise en jeu ;
- L'auscultation périodique par démontage partiel ou complet, aujourd'hui encore très répandue, doit céder la place à des méthodes de maintenance conditionnelle.

4-2-2-2- La maintenance préventive conditionnelle : [7]

4-2-2-2-1- Définition : (Norme NF EN 13306)

C'est la « maintenance préventive subordonnée à un type d'événement prédéterminé (autodiagnostic, information d'un capteur, mesure, etc.) ou à l'analyse de l'évolution surveillée de paramètres significatifs de la dégradation et de la baisse de performance d'une entité ».

Cette surveillance de la dégradation permet de fixer un seuil d'alarme avant un seuil d'admissibilité (Figure .I.4). Le principal intérêt d'une telle stratégie est de pouvoir utiliser les entités au maximum de leur possibilité mais aussi de diminuer le nombre des opérations de maintenance corrective.

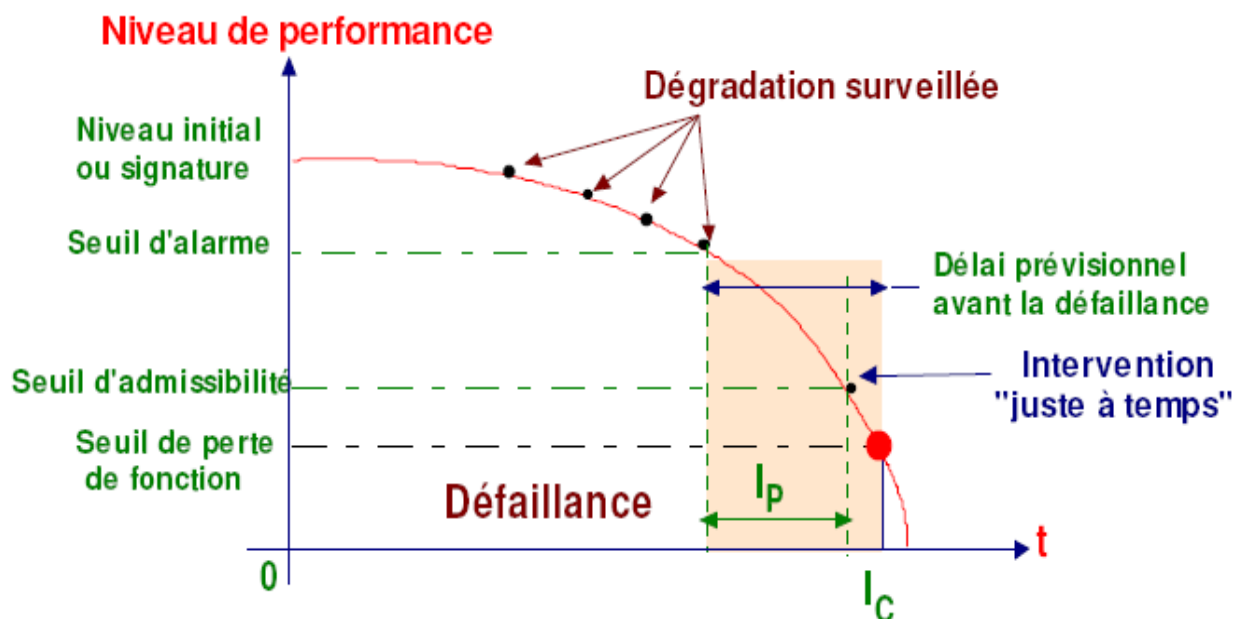


Figure .I.4 - Principe de la maintenance conditionnelle. [7]

Elle se traduit par une surveillance des points sensibles de l'équipement, cette surveillance étant exercée au cours de visites préventives. Ces visites soigneusement préparées, permettent d'enregistrer différents paramètres : degré d'usure, jeu mécanique, température, pression, débit, niveau vibratoire, pollution ou tout autre paramètre qui puisse refléter l'état de l'équipement.

Le niveau de performance initial, quelque soit le paramètre surveillé, s'appelle aussi « Signature » de l'équipement : c'est la référence de bon fonctionnement de celui-ci pour le point sensible surveillé. Les mesures peuvent être :

- Visuelles (examen de l'usure à l'aide d'une cote, observation d'un jeu mécanique, d'une courroie détendue, etc..),
- Réalisées à partir d'appareil de mesures (voltmètre, oscilloscope, analyseur de spectre, radiographie, comptage de particules, etc..),
- Visualisables grâce à des capteurs pré-réglés (témoin de plaquette de frein sur une voiture, témoin de température, etc..).

On ne décide de travaux de remise en état (changement de pièces, réparation, réglages) qui si les paramètres contrôlés mettent en évidence l'imminence d'une défaillance.

La décision « volontaire » d'intervention est donc liée au résultat des visites préventives qui sont réalisées de façon systématique et en fonction d'un planning. La maintenance préventive conditionnelle permet donc de « retarder » et de planifier les interventions.

4-2-2-2- But de la maintenance conditionnelle :

Il s'agit pour un équipement donné :

- D'éliminer ou de limiter le risque de panne, l'intervention ayant lieu avant que la dégradation n'atteigne un caractère critique,
- De maintenir la production à un niveau acceptable, tant en quantités fabriquées qu'en qualité du produit,
- De diminuer les temps d'arrêt, par limitation du nombre de pannes, par une meilleure préparation des interventions (efficacité) et utilisation des créneaux horaires ne perturbant pas la production (ordonnancement),
- De réduire les dépenses d'entretien en intervenant à un stade précoce des dégradations, évitant ainsi des remises en état très coûteuses,
- D'intervenir dans les meilleures conditions possibles, sans urgence, au moment choisi, avec la préparation adéquate,
- De ralentir le vieillissement.

L'ensemble de ces mesures a souvent pour conséquence non négligeable d'améliorer l'état d'esprit du personnel de conduite de l'équipement, parfois associé au système de maintenance à travers les tâches de premier niveau (maintenance autonome).

La maintenance conditionnelle nécessite de connaître les points faibles des machines afin de les surveiller à bon escient. Elle devra aboutir à du « concret » si nécessaire (arrêt de la

machine, échange d'une pièce parfois importante). Elle devra être prévue dès la conception de la machine, afin d'intégrer les capteurs nécessaires à la surveillance. L'exemple classique sur une automobile est le témoin de température ou le témoin de niveau d'huile. Mais, attention toutefois aux fausses informations, car un capteur peut lui aussi être soumis à une défaillance!

Tous les matériels sont concernés, encore faut-il qu'ils s'y prêtent (dégradation détectable et mesurable) et qu'ils le méritent (notion de criticité).

4-3-2-2-3- Formes de maintenance conditionnelle :

Selon la périodicité des mesures, on distinguera :

4-2-2-2-3-1- La surveillance périodique : ou forme large (off - line) : l'intervalle de temps Δt est fixé en fonction de la vitesse estimée de dégradation ; elle permet de détecter l'apparition de défauts à évolution lente. La période peut aller de 2 semaines à six mois selon l'importance et le coût des équipements en cause ;

4-2-2-2-3-2- La surveillance continue : ou forme stricte (on-line) : les capteurs délivrent de manière continue une information, donc dans ce cas $\Delta t \rightarrow 0$. A la limite, on est capable de suivre sur écran ou sur traceur la loi de dégradation du matériel. Elle permet donc de suivre des défauts à évolution rapide.

L'intervention préventive est alors signalée par une alarme. Cette alarme peut interrompre l'équipement si nécessaire (pour cause de sécurité par exemple). C'est certainement la forme la plus moderne de la maintenance. On y retrouve bien sûr, l'aspect maintenance conditionnelle et aussi la notion de surveillance auxquels on va associer le pouvoir de décision et d'ordonnancement.

4-4-2-2-4- La surveillance continue Cas d'application :

La maintenance conditionnelle doit être mise en œuvre quand on désire éviter les défaillances sur un équipement sans pour autant procéder au remplacement systématique des pièces et organes sujets à dégradation.

Quand une entreprise ou un service prend la décision d'appliquer la maintenance conditionnelle à un équipement (ou à un ensemble d'équipements), il est indispensable que les moyens nécessaires soient mis en place pour avoir, en permanence, connaissance de l'état et de l'évolution de l'équipement concerné. Cela est rendu possible par la pratique de contrôles réguliers réalisés au cours de visites préventives dont la préparation et la planification feront l'objet de soins attentifs.

Cette méthode d'entretien ne doit pas être appliquée indistinctement à tous les équipements. Elle n'est rentable que sur du matériel en bon état, neuf ou récemment révisé, et occupant une

place importante, voire stratégique, dans le processus de fabrication (c'est un équipement clé). Il est donc inutile de l'appliquer à du matériel robuste et présentant peu de risque, à des équipements secondaires, dont les pannes ont peu de répercussion sur la production ou alors à des machines en surnombre susceptibles d'être relevées en cas de défaillance.

« La décision d'appliquer ou non la maintenance conditionnelle à un équipement doit toujours être dictée par un souci de rentabilité ».

La méthodologie de mise en œuvre réside en neuf points :

1. sélection de la défaillance à anticiper ;
2. sélection d'un ou plusieurs paramètres significatifs de la défaillance sélectionnée ;
3. choix des capteurs ;
4. choix du mode de collecte des informations (manuellement au automatiquement) ; attention au snobisme de la télésurveillance, car rien ne remplace l'homme (« l'homme est un capteur » disent souvent les japonais !..) ;
5. détermination des seuils d'alarme et d'admissibilité ;
6. choix du mode de traitement de l'information, et donc de la génération des alarmes ;
7. définition des procédures après alarmes ;
8. organisation de l'intervention préventive ;
9. retour d'expérience, validation du processus de surveillance, optimisation des seuils.

4-2- Les opérations de maintenance : [5]

Ne sont vues ici que les opérations essentielles. Pour le reste, se référer à la norme NF X 60-010

4-2-1- Les opérations de maintenance corrective :

4-2-1-1- Le dépannage :

Action sur un bien en panne, en vue de le remettre en état de fonctionnement. Compte tenu de l'objectif, une action de dépannage peut s'accommoder de résultats provisoires (maintenance palliative) avec des conditions de réalisation hors règles de procédures, de coûts et de qualité, et dans ce cas sera suivie de la réparation.

Le dépannage n'a pas de conditions d'applications particulières. La connaissance du comportement du matériel et des modes de dégradation sont à la base d'un bon diagnostic et permettent 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.

4-2-1-2- La réparation :

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

4-2-2- Les opérations de maintenance préventive :

4-2-2-1- Les inspections : activités de surveillance consistant à relever périodiquement des anomalies et exécuter des réglages simples ne nécessitant pas d'outillage spécifique, ni d'arrêt de l'outil de production ou des équipements.

4-2-2-2- Les 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.

4-2-2-3- Les 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.

4-2-2-4- 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.

4-2-2-5- 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 4ème niveau de maintenance.

❖ Les échanges standards :

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, moyennant le paiement d'une soulte dont le montant est déterminé d'après le coût de remise en état. Soulte : somme d'argent qui, dans un échange ou dans un partage, compense l'inégalité de valeur des biens échangés.

4-3- Les activités connexes de la maintenance : (Norme NF EN 13306) [1]

Ces activités complètent les actions de maintenance citées précédemment et participent pour une part non négligeable à l'optimisation des coûts d'exploitation.

4-3-1- La maintenance d'amélioration :

L'amélioration des biens d'équipements consiste à procéder à des modifications, des changements, des transformations sur un matériel. Dans ce domaine, beaucoup de choses restent à faire. Il suffit de se référer à l'adage suivant : « on peut toujours améliorer ». C'est un état d'esprit qui nécessite une attitude créative. Cependant, pour toute maintenance d'amélioration une étude économique sérieuse s'impose pour s'assurer de la rentabilité du projet.

Les améliorations à apporter peuvent avoir comme objectif l'augmentation des performances de production du matériel ; l'augmentation de la fiabilité (diminuer les

fréquences d'interventions) ; l'amélioration de la maintenabilité (amélioration de l'accessibilité des sous-systèmes et des éléments à haut risque de défaillance) ; la standardisation de certains éléments pour avoir une politique plus cohérente et améliorer les actions de maintenance, l'augmentation de la sécurité du personnel et des conditions de travail, l'augmentation de la qualité des prestations ou produits finis.

Tous les matériels sont concernés à condition que la rentabilité soit vérifiée ; cependant une petite restriction pour les matériels à renouveler dont l'état est proche de la réforme, pour usure généralisée ou par obsolescence technique.

4-3-2- La rénovation : (*extrait de la norme NF X 50-501, février 1982*) :

Inspection complète de tous les organes, reprise dimensionnelle complète ou remplacement des pièces déformées, vérification des caractéristiques et éventuellement réparation des pièces et sous-ensembles défectueux, conservation des pièces bonnes.

La rénovation apparaît donc comme l'une des suites possibles d'une révision générale au sens strict de sa définition.

4-3-3- La reconstruction :

Remise en l'état défini par le cahier des charges initial, qui impose le remplacement de pièces vitales par des pièces d'origine ou des pièces neuves équivalentes.

La reconstruction peut être assortie d'une modernisation ou de modifications.

Les modifications apportées peuvent concerner, en plus de la maintenance et de la durabilité, la capacité de production, l'efficacité, la sécurité, etc.

Remarque : Actuellement entre la rénovation et la reconstruction, se développe une forme intermédiaire : « la cannibalisation ». Elle consiste à récupérer, sur du matériel rebuté, des éléments en bon état, de durée de vie connue si possible, et à les utiliser en rechanges ou en éléments de rénovation.

4-3-4- La modernisation :

Remplacement d'équipements, accessoires et appareils ou éventuellement de logiciel apportant, grâce à des perfectionnements techniques n'existant pas sur le bien d'origine, une amélioration de l'aptitude à l'emploi du bien.

Cette opération peut aussi bien être exécutée dans le cas d'une rénovation, que dans celui d'une reconstruction.

La rénovation ou la reconstruction d'un bien durable peut donner lieu pour certains de ses sous-ensembles ou organes à la pratique d'un échange standard.

4-3-5- Les travaux neufs :

L'adjonction à la fonction maintenance de la responsabilité des travaux neufs est très répandue, en particulier dans les entreprises de taille moyenne. Elle part du principe que, lors de tout investissement additionnel de remplacement ou d'extension, il est logique de consulter les spécialistes de la maintenance qui, d'une part, connaissent bien le matériel anciennement en place, et d'autre part auront à maintenir en état de marche le matériel nouveau. A partir de là, on prend souvent la décision de leur confier l'ensemble des responsabilités de mise en place des nouvelles installations. On crée alors un service appelé « maintenance-travaux neufs ».

L'étendue des responsabilités en matière de travaux neufs est très variable d'une entreprise à l'autre. Il peut s'agir de la construction d'un quai ou d'un bâtiment, de la mise en place d'une machine achetée à l'extérieur (raccordement à la source d'énergie, etc.), ou même de la réalisation intégrale de la machine elle-même. Dans certains cas les « travaux neufs » auront recours à la fabrication de l'entreprise qui réalisera les commandes passées par eux-mêmes.

Notons que même si la fonction maintenance ne se voit pas adjoindre la fonction « travaux neufs », le service s'occupera des installations succinctes du type modifications (réfection d'un bureau, etc.).

4-3-6- La sécurité :

La sécurité est l'ensemble des méthodes ayant pour objet, sinon de supprimer, du moins de minimiser les conséquences des défaillances ou des incidents dont un dispositif ou une installation peuvent être l'objet, conséquences qui ont un effet destructif sur le personnel, le matériel ou l'environnement de l'un et de l'autre.

Sachant qu'un incident mécanique, une panne, peuvent provoquer un accident, sachant aussi que la maintenance doit maintenir en état le matériel de protection ou même que certaines opérations de maintenance sont elles-mêmes dangereuses, il apparût que la relation entre la maintenance et la sécurité est particulièrement étroite. Pour toutes ces raisons ainsi que pour sa connaissance du matériel, le responsable de la maintenance peut participer aux réunions du Comité d'Hygiène, de Sécurité et des Conditions de Travail (CHSCT) en qualité de membre ou à titre d'invité, et développer sa collaboration avec le Responsable sécurité lorsque l'entreprise en possède un.

Dans une entreprise moyenne où la sécurité n'a pas de service propre, on trouve normal de faire appel au service maintenance pour les interventions concernant la sécurité. Celles-ci sont de deux ordres :

- D'une part celles que l'on peut classer dans la sécurité « officielle ». C'est la tenue des registres concernant les chaudières, les visites d'appareils à pression, le contrôle des installations électriques, etc., la tenue des dossiers des rapports de visite de l'inspecteur du Travail, du contrôleur de la Sécurité sociale, etc.
- D'autre part celles qui, tout en s'inspirant des premières, les appliquent dans un contexte précis.

5- LES TEMPS DE LA MAINTENANCE : [3]

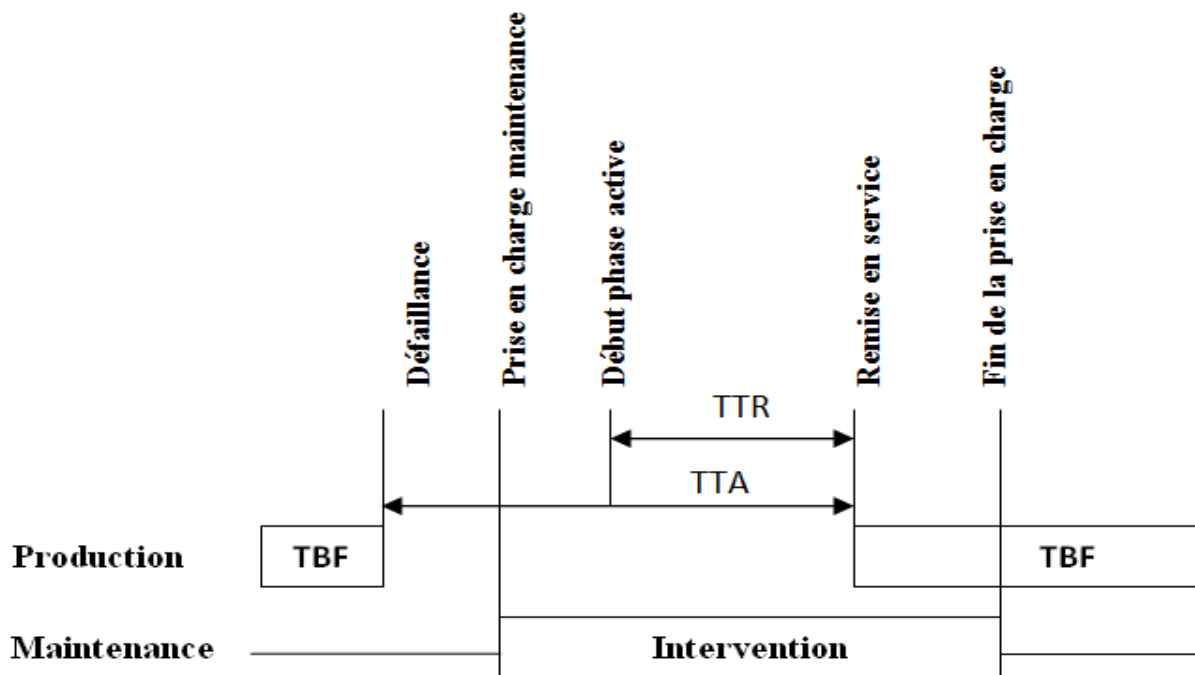


Figure .I.5 - Temps caractéristiques lors d'une intervention. [3]

5-1- La MTBF :

La MTBF est la moyenne des temps de bon fonctionnement (TBF).

Un temps de bon fonctionnement est le temps compris entre deux défaillances.

❖ **Remarque :** En anglais, MTBF signifie mean time between failures (*norme X60-500*).

5-2- La MTTR :

La MTTR est la moyenne des temps techniques de réparation (TTR).

Le TTR est le temps durant lequel on intervient physiquement sur le système défaillant. Il débute lors de la prise en charge de ce système jusqu'après les contrôles et essais avant la remise en service.

❖ **Remarque :** En anglais, MTTR signifie mean time to restoration (*norme X60-500*).

5-3- La MTTA :

La MTTA est la moyenne des temps techniques d'arrêt (TTA).

Les temps techniques d'arrêt sont une partie des temps d'arrêt que peut connaître un système de production en exploitation. Ils ont pour cause une raison technique et, ce faisant, sont à distinguer des arrêts inhérents à la production (attente de pièce, de matière, d'énergie, changement de production, etc.).

6- LES 5 NIVEAUX DE MAINTENANCE : (Norme FD X 60-000) [8]

La maintenance et l'exploitation d'un bien s'exercent à travers de nombreuses opérations, parfois répétitives, parfois occasionnelles, communément définies jusqu'alors en cinq niveaux de maintenance.

6-1- Première Niveau :

Réglages simples prévus par le constructeur au moyen d'éléments accessibles sans aucun démontage ou ouverture de l'équipement, ou échanges d'éléments consommables accessibles en toute sécurité, tels que voyants ou certains fusibles, etc.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par l'exploitant du bien, sur place, sans outillage et à l'aide des instructions d'utilisation. Le stock de pièces consommables nécessaires est très faible.

6-2- Deuxième Niveau :

Dépannages par échange standard des éléments prévus à cet effet et opérations mineures de maintenance préventive, telles que graissage ou contrôle de bon fonctionnement

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien habilité de qualification moyenne, sur place, avec l'outillage portable défini par les instructions de maintenance, et à l'aide de ces mêmes instructions.

On peut se procurer les pièces de rechange transportables nécessaires sans délai et à proximité immédiate du lieu d'exploitation.

Note : Un technicien est habilité lorsqu'il a reçu une formation lui permettant de travailler en sécurité sur une machine présentant certains risques potentiels, et est désigné pour l'exécution des travaux qui lui sont confiés, compte tenu de ses connaissances et de ses aptitudes.

6-3- Troisième Niveau :

Identification et diagnostic des pannes, réparations par échange de composants ou d'éléments fonctionnels, réparations mécaniques mineures, et toutes opérations courantes de maintenance préventive telles que réglage général ou réalignement des appareils de mesure.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par un technicien spécialisé, sur place ou dans le local de maintenance, à l'aide de l'outillage prévu dans les instructions de maintenance ainsi que des appareils de mesure et de réglage, et éventuellement des bancs d'essais et de contrôle des équipements et en utilisant l'ensemble de la documentation nécessaire à la maintenance du bien ainsi que les pièces approvisionnées par le magasin.

6-4- Quatrième Niveau :

Tous les travaux importants de maintenance corrective ou préventive à l'exception de la rénovation et de la reconstruction. Ce niveau comprend aussi le réglage des appareils de mesure utilisés pour la maintenance, et éventuellement la vérification des étalons de travail par les organismes spécialisés.

Commentaire : Ce type d'intervention peut être effectué par une équipe comprenant un encadrement technique très spécialisé, dans un atelier spécialisé doté d'un outillage général (moyens mécaniques, de câblage, de nettoyage, etc.) et éventuellement des bancs de mesure et des étalons de travail nécessaires, à l'aide de toutes documentations générales ou particulières.

6-5- Cinquième Niveau :

Rénovation, reconstruction ou exécution des réparations importantes confiées à un atelier central ou à une unité extérieure.

Commentaire : par définition, ce type de travail est donc effectué par le constructeur, ou par le reconstruteur, avec des moyens définis par le constructeur et donc proches de la fabrication.

❖ Remarque : Les échelons de maintenance : (Norme FD X 60-000) [3]

Il est important de ne pas confondre les niveaux de maintenance avec la notion d'échelon de maintenance qui spécifie l'endroit où les interventions sont effectuées. On définit généralement trois échelons qui sont :

- la **maintenance sur site** : l'intervention est directement réalisée sur le matériel en place ;
- la **maintenance en atelier** : le matériel à réparer est transporté dans un endroit, sur site, approprié à l'intervention ;
- la **maintenance chez le constructeur** ou une **société spécialisée** : le matériel est alors transporté pour que soient effectuées les opérations nécessitant des moyens spécifiques.

Bien que les deux concepts de niveau et d'échelon de maintenance soient bien distincts, il existe souvent une corrélation entre le niveau et l'échelon. Les opérations de niveaux 1 à 3, par exemple, s'effectuant sur site, celles de niveau 4 en atelier, et celles de niveau 5 chez un spécialiste hors site (constructeur ou société spécialisée). Si cela se vérifie fréquemment (dans le domaine militaire par exemple), il convient cependant de ne pas en faire une généralité. On peut rencontrer en milieu industriel des tâches de niveau 5 effectuées directement sur site.

1- INTRODUCTION: [17]

Dans le contexte actuel d'ouverture des marchés, les entreprises doivent améliorer leur compétitivité et donc leur productivité. « Produire plus pour moins cher » c'est avoir une meilleure disponibilité des moyens de production et c'est dépenser moins. Or la maintenance influe sur les deux facteurs : une maintenance mieux ciblée, c'est moins d'indisponibilité ; une maintenance mieux maîtrisée, c'est moins de dépenses,

Au vu de l'importance du processus maintenance et de son impact sur les performances des installations, des méthodes d'optimisation ont été développées permettant d'aider les responsables de maintenance à construire ou à modifier les stratégies de maintenance telle que la méthode **AMDEC**, la méthode **Ishikawa** (ou le diagramme Causes Effets), Le diagramme de **Pareto**, méthode des **5S**, la méthode **KAIZEN**, la méthode d'**AUTOMAINTENANCE**...

2- LA METHODE AMDEC : [16]

Le mot **AMDEC** signifie l'Analyse des Modes de Défaillances de leurs Effets et de leur Criticité.

C'est une Technique d'analyse préventive permettant d'identifier et de traiter les causes potentielles de défauts et de défaillance avant qu'ils ne surviennent. L'**AMDEC** est une méthode rigoureuse de travail en groupe, très efficace grâce à la mise en commun de l'expérience et des connaissances de chaque participant, à condition toutefois que l'animateur **AMDEC** soit suffisamment expérimenté.

On peut faire :

- ❖ Une **AMDEC Produit**, pour vérifier Produit, pour vérifier la conformité d'un produit développé par rapport aux exigences du client,
- ❖ Une **AMDEC Processus**, pour valider la fiabilité du processus de fabrication,
- ❖ Une **AMDEC Moyen**, pour vérifier la fiabilité d'un équipement.

Le principe consiste à recenser toutes les causes potentielles de chaque mode de défaillance et d'évaluer la criticité. Cette dernière résulte d'une triple cotation quantifiée :

- note "**G**" : Gravité ou sévérité de l'effet du défaut ou de la défaillance,
- note "**F**" : Occurrence ou fréquence d'apparition de la cause,
- note "**D**" : Détection : probabilité de non détection de la cause.

L'indice de criticité est obtenu par le produit des trois notes : $C = G * F * D$

❖ Remarque :

Plus la criticité est importante, plus le mode de défaillance considéré est préoccupant. Lorsque la criticité dépasse la limite prédéfinie par le groupe, ce dernier recherche les actions d'amélioration possible pour la ramener à un niveau acceptable en jouant sur :

- ✓ La gravité (exemple : la gravité d'une fuite de carburant sera diminuée par la mise en place d'un bassin de rétention),
- ✓ L'occurrence (exemple : en augmentant la fiabilité d'un composant, en jouant sur la maintenance préventive ...),
- ✓ La non-détection (exemple : en mettant en place des outils de contrôle et de surveillance, en formant les contrôleurs...). (Voir le détaille en chapitre III)

3- La METHODE ISHIKAWA : [17]**3-1- Présentation :**

« Ishikawa » ou le « **diagramme Causes/Effets** » est une méthode de résolution de problème qui vise à explorer toutes les dimensions de ce dernier en classant par famille et sous-familles les causes de celui-ci. Cette méthode s'intègre dans une logique d'amélioration continue et permet de relier les causes et les effets d'un dysfonctionnement, qui aura le plus souvent pour origine, dans le cas de la maintenance industrielle, la défaillance technique d'un équipement.

Elle est constituée de quatre grandes étapes :

- Identification et définition du problème à traiter ;
- Listing des sources possibles d'un dysfonctionnement ;
- Classement des causes dans les familles : Matière, Milieu, Méthode, Machine et Main d'œuvre ;
- Représentation du diagramme cause effet.

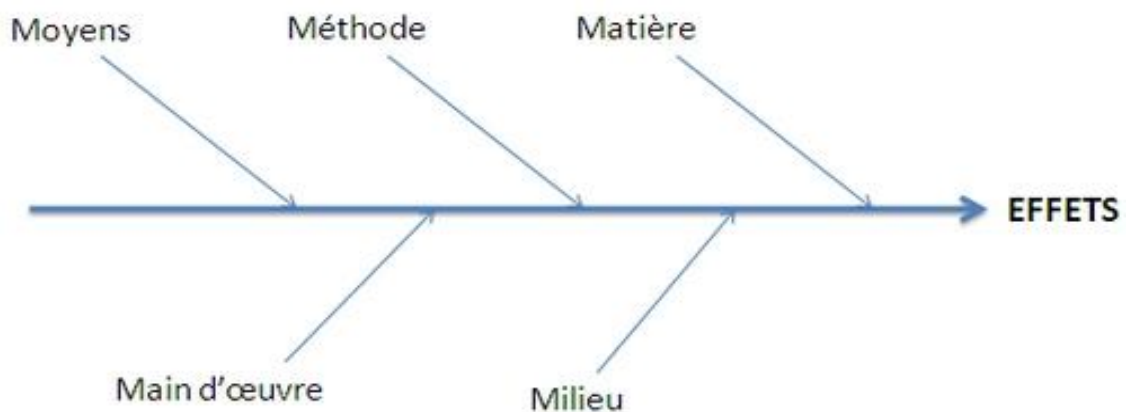


Figure .II.1 - Diagramme Cause Effet. [17]

Ce diagramme à 5 branches peut être étendu à une version « 7M » en y ajoutant le Management et les Moyens financiers. Cependant, en restant sur des dysfonctionnements techniques, ces deux derniers « M » ne seront pas très représentatifs. Dans un souci de simplicité, mieux vaut rester sur un diagramme Causes / Effets à 5 familles.

3-2- Mise en pratique :

De la même façon qu'une AMDEC, l'utilisation de cette méthode va demander l'intervention de tous les maillons de la chaîne maintenance. En effet, qui connaît mieux la machine que le technicien de maintenance, qui connaît mieux le milieu que l'opérateur de production, qui connaît mieux les moyens financiers que le superviseur de maintenance ? Le rôle de ce dernier sera également d'animer les séances de réflexion ayant pour objectif de remplir le diagramme.

Bien qu'assez théorique à première vue, cette méthode permet de bien s'intégrer dans la résolution d'un problème et dans la recherche de pannes ou plus généralement de dysfonctionnements techniques.

Elle peut être mise en pratique dans plusieurs cas :

- Suite à une AMDEC faisant ressortir des problèmes particuliers sur un équipement ;
- Dans le cas de pannes récurrentes d'origine inconnue ;

Appliquer Ishikawa de façon plus générique à l'ensemble des équipements d'un centre de production constitué d'un grand nombre de machines ne sera pas intéressant car c'est une méthode qui demande beaucoup de ressources humaines, de temps de réflexion et qui peut par conséquent vite devenir coûteuse.

4- LE DIAGRAMME PARETO : [17]

4-1- Présentation :

Le diagramme de Pareto, également connu sous le nom de la loi des 80/20 est une méthode d'optimisation et de résolution de problème très connue dans le milieu industriel.

De façon générale, on s'aperçoit que dans la plupart des situations, 80% des conséquences sont entraînées par 20% des causes. Rapporté à la maintenance, cela signifie que 80% des arrêts d'équipements vont être causés par seulement 20% des causes de pannes référencées. Seulement, pour arriver à de telles conclusions, une analyse préliminaire est nécessaire, chose que nous allons détailler dans la suite à travers un exemple simple.

4-2- Construire un diagramme de Pareto :

La construction du diagramme de **Pareto** va se faire en plusieurs étapes :

- Le recensement de la récurrence des pannes en fonction des causes

On liste l'ensemble des causes de défaillance, et on y associe le nombre de pannes qui en sont les conséquences.

Dans notre exemple, nous avons un total de 269 arrêts ayant pour origine 18 causes différentes.

Causes	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	Tot
Récurrence pannes	7	20	1	42	32	5	8	36	2	1	6	45	4	10	9	4	34	3	269

Tableau .II.1 - Nombre de panne pour chaque cause. [17]

- On classe ensuite par ordre décroissant de récurrence les causes de défaillance.
- On réalise le cumul des causes de défaillance, puis on ramène cela en pourcentage du total des défaillances, de façon à faire apparaître en premier les causes les plus problématiques.

	C12	C4	C8	C17	C5	C2	C14	C15	C7	C1	C11	C6	C13	C16	C18	C9	C3	C10	Tot
Récurrence pannes	45	42	36	34	32	20	10	9	8	7	6	5	4	4	3	2	1	1	269
% récurrence pannes	17%	16%	13%	13%	12%	7%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	
Pannes cumulées	45	87	123	157	189	209	219	228	236	243	249	254	258	262	265	267	268	269	
% cumulé	17%	32%	46%	58%	70%	78%	81%	85%	88%	90%	93%	94%	96%	97%	99%	99%	100%	100%	

Tableau .II.2 - cumul des causes de défaillance. [17]

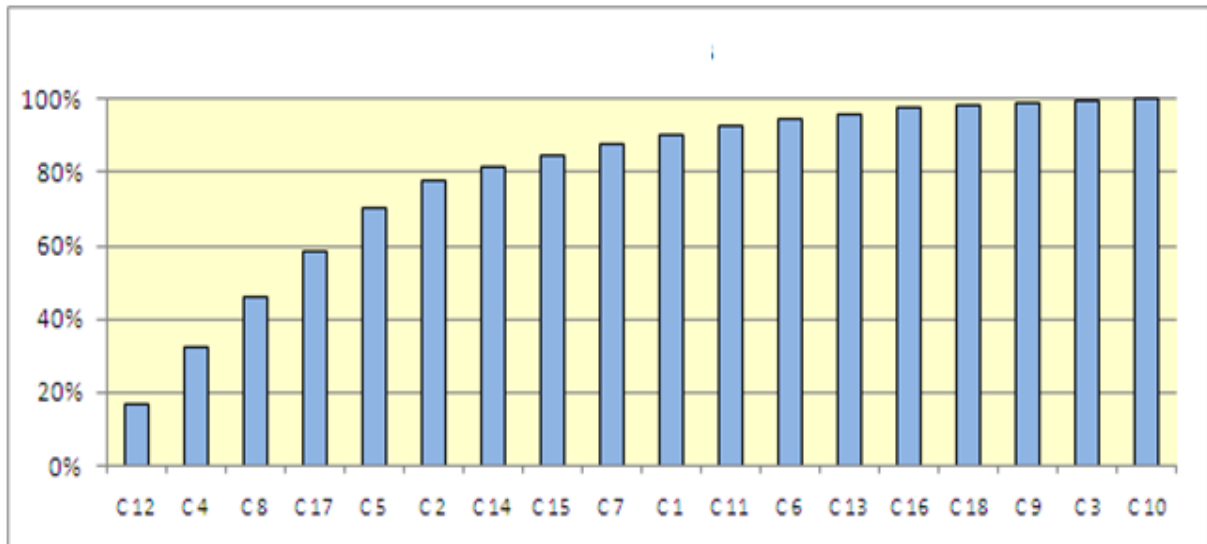


Figure II.2 - Pannes cumulées. [17]

➤ On sélectionne les causes principales qui sont à l'origine de 80% des pannes matériels.

	C12	C4	C8	C17	C5	C2	C14	C15	C7	C1	C11	C6	C13	C16	C18	C9	C3	C10	Tot
Réccurrence pannes	45	42	36	34	32	20	10	9	8	7	6	5	4	4	3	2	1	1	269
% réccurrence des pannes	17%	16%	13%	13%	12%	7%	4%	3%	3%	3%	2%	2%	1%	1%	1%	1%	0%	0%	
Pannes cumulées	45	87	123	157	189	209	219	228	236	243	249	254	258	262	265	267	268	269	
% cumulé	17%	32%	46%	58%	70%	78%	81%	85%	88%	90%	93%	94%	96%	97%	99%	99%	100%	100%	

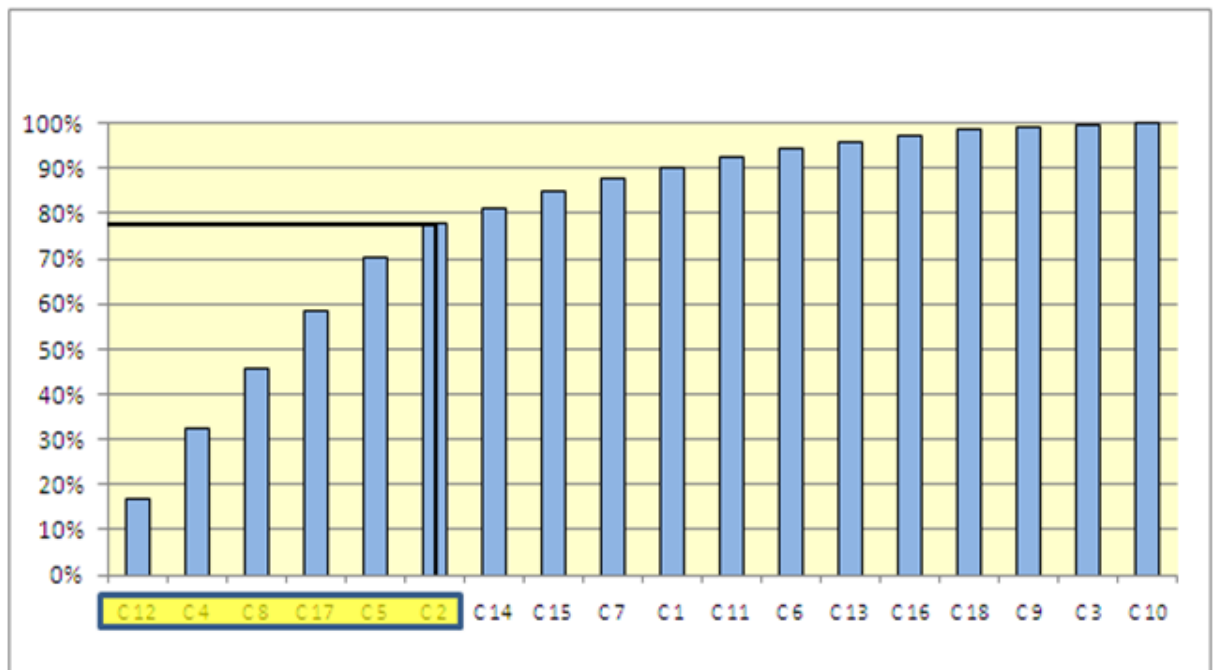


Figure II.3 - Causes principales de 80% des pannes matériels. [17]

4-3- Analyse des résultats :

Dans le cas présent, on recense 6 causes à l'origine de près de 80% des pannes. Par conséquent, on s'attaquant à ces 6 points, on va toucher 80% des problèmes. On va ainsi minimiser les plans d'action sur lesquels travailler, tout en maximisant leurs impacts sur les équipements de l'entreprise.

Ce travail d'analyse de causes peut s'avérer très utile afin de se focaliser sur les sources de pannes impactant le plus la production. Il suppose cependant un historique fiable et complet à partir duquel on pourra extraire des chiffres justes de façon à ne pas se tromper de direction dans la suite de la résolution des pannes.

5- METHODE DES 5S : [16]

C'est un Outil d'amélioration continue importé du Japon, permettant d'optimiser l'organisation et l'efficacité d'un poste de travail, d'un service, d'une entreprise.

Il est basé sur la participation du personnel qui prend en charge et organise son espace de travail. C'est un outil essentiel pour amorcer une démarche de Qualité Totale (TQM).

L'appellation "5 S" vient des initiales des mots clés de la méthode :

- ✚ **SEIRI** : c'est Débarrasser (éliminer ce qui est inutile).
- ✚ **SEITON** : c'est Ranger (classer, ordonner ce qui est utile).
- ✚ **SEISO** : c'est Nettoyer (tenir propre les outils, les équipements, l'atelier ...).
- ✚ **SEIKETSU** : c'est Organiser (établir et formaliser des règles).
- ✚ **SHITSUKE** : c'est Maintenir la rigueur (respecter les règles).

Cette méthode :

- Améliore la productivité, l'efficacité et la Qualité. - Diminue les pannes (gravité/fréquence).
- Réduit les pertes de temps (recherche d'un outil ...).
- Contribue à l'implication et à la motivation du personnel.
- Inspire confiance et donne une bonne image de l'entreprise (un environnement propre et agréable est votre meilleure publicité).
- Améliore la sécurité au travail et réduit les risques de pollution.
- Libère de l'espace inutilement utilisé.
- Permet au personnel d'avoir une meilleure qualité de vie au travail.

6- LA METHODE KAIZEN : [16]

6-1- Présentation :

Le mot **KAIZEN** est la fusion des deux mots japonais KAI et ZEN qui signifient respectivement « **changement** » et « **bon** ». La traduction française courante est « amélioration continue ». En fait, par extension, on veut signifier « analyser pour rendre meilleur ».

Le **KAIZEN** est un processus d'améliorations concrètes, simples et peu onéreuses réalisées dans un laps de temps très court. Mais le **KAIZEN** est tout d'abord un état d'esprit qui nécessite l'implication de tous les acteurs.

6-2- Démarche :

Cette démarche japonaise repose sur des petites améliorations faites au quotidien, constamment. C'est une démarche graduelle et douce, qui s'oppose au concept plus occidental de réforme brutale du type « on jette le tout et on recommence à neuf » ou de l'innovation, qui est souvent le résultat d'un processus de réingénierie.

En revanche, le **KAIZEN** tend à inciter chaque travailleur à réfléchir sur son lieu de travail et à proposer des améliorations. Donc contrairement à l'innovation, le **KAIZEN** ne demande pas beaucoup d'investissements financiers, mais une forte motivation de la part de tous les employés. En conséquence, plus qu'une technique de management, le **KAIZEN** est une philosophie, une mentalité devant être déployée à tous les niveaux de l'entreprise. La bonne mise en œuvre de ce principe passe notamment par :

- ✓ Une réorientation de la culture de l'entreprise.
- ✓ La mise en place d'outils et concepts comme les outils du TQM (gestion globale de la qualité), un système de suggestion efficace et le travail en groupe.
- ✓ La standardisation des processus.
- ✓ Un programme de motivation (système de récompense, satisfaction du personnel...).
- ✓ Une implication active du management pour le déploiement de la politique.
- ✓ Un accompagnement au changement, lorsque le passage au **KAIZEN** représente un changement radical pour l'entreprise.

❖ Remarque :

Toute la philosophie du **KAIZEN** réside dans cette phrase : « Fais le mieux, rends le meilleur, améliore le même s'il n'est pas cassé, parce que si nous ne le faisons pas, nous ne pouvons pas concurrencer ceux qui le font. »

6-3- Objectifs du KAIZEN :

- ✓ Simplification des flux.
- ✓ Amélioration de la qualité.
- ✓ Amélioration des délais.
- ✓ Amélioration de la productivité.
- ✓ Amélioration de la gestion des fournisseurs.
- ✓ Développement de nouveaux produits.

7- LA METHODE AUTOMAINTENANCE : [17]

Par définition, l'AUTOMAINTENANCE est « la maintenance exécutée à l'endroit où le bien est utilisé et par les personnes qui utilisent ce bien ».

Il s'agit avant tout de mettre en application des consignes permanentes de maintien de premier niveau des équipements. Cela comprend :

- Les consignes de nettoyage, de propreté et de rangement ;
- Les vérifications visuelles de l'état d'équipement à l'arrêt et en marche ;
- La surveillance « sensible » du bon fonctionnement ;
- La surveillance de la normalité de paramètres à relever ;
- Les procédures d'alerte en cas d'anomalies constatées ;
- La maintenance curative de premier niveau ;
- Les tâches simples de maintenance systématique ;
- La saisie des informations inhérentes à ces tâches ;

L'AUTOMAINTENANCE est basée sur la responsabilisation des opérateurs de production vis-à-vis de leurs équipements de travail et est schématisée dans le diagramme suivant :

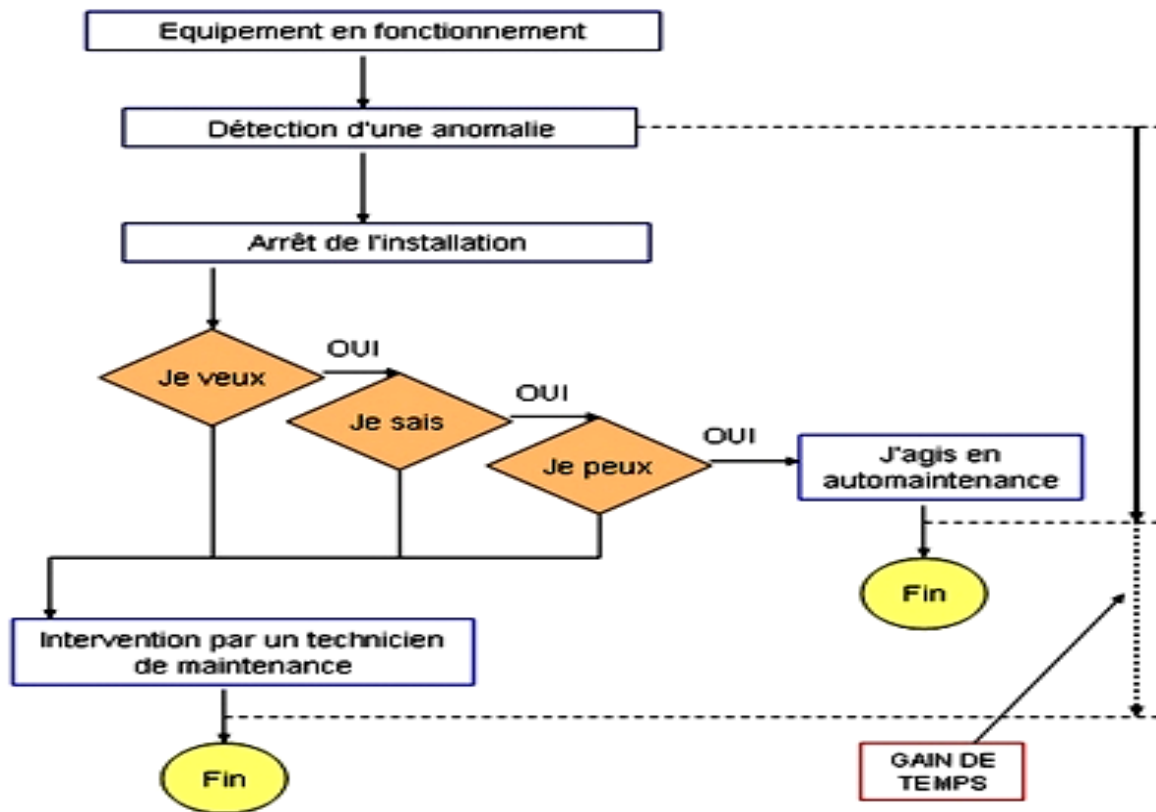


Figure .II.4 - Digramme d'AUTOMAINTEANCE. [17]

Comme on peut le voir, agir en AUTOMAINTEANCE va entraîner un gain de temps. Même si ce gain est élémentaire (car il va notamment s'agir de micro-arrêts, d'opération dites « rapides »...), multiplié plusieurs fois dans une journée, il s'agit d'un levier de performance qui peut se montrer au final fort intéressant. Ce gain passe également par la réduction des procédures administratives liées à la maintenance « classique », d'autant plus que les interventions d'AUTOMAINTEANCE sont généralement répétitives et beaucoup plus courantes que les pannes durables et plus graves.

L'AUTOMAINTEANCE permet de sensibiliser et de responsabiliser le personnel de production face à son outil de travail. En effet, cette démarche demande une implication des opérateurs et un contrôle de leur propre travail. Il s'agit là d'encourager l'autocontrôle et d'orienter la maîtrise des équipements vers une attitude de soutien, d'équipe et de conseil. Enfin, l'AUTOMAINTEANCE, par la réalisation d'opérations simples directement effectuées par les opérateurs leur permet de mieux connaître les équipements de travail. L'observation, le contrôle systématique et les interventions de « petites » réparations permettent aux opérateurs de mieux appréhender les différents équipements, de mieux

maîtriser leur exploitation et d'anticiper les défaillances après observations et analyses de signes avant coureurs.

Les trois questions posées révèlent cependant des freins à l'AUTOMAINTEANCE :

- « **Je veux** » pose le problème de la motivation. Pour y remédier, il est nécessaire de mettre en place une implication directe des techniciens de production et un mode de travail en équipe.
- « **Je sais** » pose le problème de la compétence et de ses limites. En effet, le rôle premier des opérateurs n'est pas de réparer leurs outils de travail mais faire fonctionner leur outil de production. L'objectif étant pour chacun de devenir autonome, cette opération peut passer par des formations ou plus simplement par la réalisation de fiches de renseignements
- « **Je peux** » pose le problème de l'organisation et des moyens. Les opérateurs, pour effectuer des interventions d'AUTOMAINTEANCE doivent être disponibles. Il faut également qu'ils aient à leur disposition les outils nécessaires à la réalisation de leurs travaux. Une fois les opérations du « Je veux » et de « Je sais » passées, il serait effectivement dommage de finalement passer par la maintenance pour une simple question matérielle.

L'objectif est de passer au-delà de ces trois problèmes, par la mise en place rigoureuse d'une démarche d'AUTOMAINTEANCE, basée sur des outils concrets, sur une analyse pertinente des équipements et par l'implication des opérateurs dans ce travail. Cela passe d'un point de vue opérationnel par :

- L'analyse de la définition du métier des opérateurs ;
- La rédaction de consignes de maintenance autonome ;
- La rédaction de fiches d'AUTOMAINTEANCE ;
- La détermination de la fréquence des opérations de contrôle ;
- La mise en place d'outils pour réaliser les différentes interventions ;
- La mise en place d'un stock de pièces de rechange ;

1- INTRODUCTION : [9]

Selon la norme *NF EN 13306* ; la sûreté de fonctionnement est l'aptitude d'une entité à satisfaire une ou plusieurs fonctions requises dans des conditions données. La sûreté de fonctionnement se caractérise généralement par les paramètres suivants :

- La fiabilité : aptitude d'une entité à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant une durée donnée ;
- La maintenabilité : aptitude d'une entité à être maintenue ou rétablie dans un état dans lequel elle peut accomplir une fonction requise, lorsque la maintenance est accomplie dans des conditions données, avec des procédures et des moyens prescrits ;
- La disponibilité : aptitude à être en état d'accomplir une fonction requise dans des conditions données et à un instant donné ;
- La sécurité : aptitude d'une entité à éviter de faire apparaître, dans des conditions données, des événements critiques ou catastrophiques.

L'analyse des modes de défaillance de leurs effets et leur criticité (**AMDEC**) est une approche qualitative pour les études de sûreté dans différents domaines. En effet cette technique apporte une connaissance approfondie du fonctionnement et des interactions d'un système, par l'analyse systématique des relations causes-effets. Les informations obtenues sont utilisées dans le cadre de la maîtrise des risques, avec préoccupation principale l'obtention d'un bon niveau de sûreté de fonctionnement du système opérationnel.

Elle permet de :

- connaître les éléments (fonctions et constituants) les plus importants ;
- découvrir, évaluer et classer les faiblesses, les anomalies et les dysfonctionnements de système ;
- gérer les points critiques et remettre en cause même la conception de système ;
- préconiser les mesures correctives ;
- évaluer les effets de ces mesures pour s'assurer de leur efficacité, et pour les comparer et décider.

Dans cette optique et à la lumière de ces points, l'AMDEC occupe une place importante dans l'optimisation de la fonction maintenance. En effet elle rend le système fiable tout en faisant diminuer le nombre de pannes, facilement maintenable car elle permet la maîtrise des éléments et leurs fonctions, disponible parce qu'elle permet d'agir sur les éléments critiques, sécurisant car elle permet de dominer les défaillances et en particulier les défaillances critiques et catastrophiques.

2- DÉFINITION ET DIFFÉRENTES FORMES ÉVOLUTIVES :

2-1- Histoire et Evolution :

L'AMDEC ou (*FMECA (failure mode effect critically analysis)*) a été créée aux États-Unis par la société Mc Donnell Douglas en 1966. Elle consistait à dresser la liste des composants d'un produit et à cumuler des informations sur les modes de défaillance, leur fréquence et leurs conséquences. La méthode a été mise au point par la NASA et le secteur de l'armement pour évaluer l'efficacité d'un système. Dans un contexte spécifique, cette méthode est un outil de fiabilité. Elle est utilisée pour les systèmes où l'on doit respecter des objectifs de fiabilité et de sécurité. À la fin des années soixante-dix, la méthode fut largement adoptée par Toyota, Nissan, Ford, BMW, Peugeot, Volvo, Chrysler et d'autres grands constructeurs d'automobiles.

La méthode d'abord été utilisée pour évaluer la fiabilité des produits, puis les processus de production, et sert maintenant à analyser le risque et la criticité de processus divers. C'est un outil courant des programmes de gestion de la qualité. Elle est utilisée systématiquement dans les industries à risque et est un outil obligatoire de l'accréditation à certaines normes, par exemple, celles de l'industrie automobile. [10]

Actuellement, les **AMDEC** sont mises en œuvre :

- De façon réglementaire : sûreté des industries à risque (nucléaire, chimie, aérospatiale, transports, etc.) ;
- De façon contractuelle : équipementiers de l'automobile principalement ;
- De façon volontaire : construction d'une bonne disponibilité à l'origine ou amélioration de la disponibilité en phase d'exploitation. [1]

2-2- Définition :

L'**AMDEC** est une méthode qualitative et inductive qui définit une règle ou une loi à partir de l'expérience : un raisonnement inductif visant à identifier les risques de pannes potentielles contenues dans un avant-projet de produit ou de système, quelles que soient les technologies, de façon à les supprimer ou à les maîtriser. (Norme **AFNOR X 60-510** de décembre 1986.)

3- BUTES ET OBJECTIFS D'APPLIQUER D'UNE AMDEC : [10]

Le concept de coopération homme-machine est né suite à l'apparition des outils d'aide à la décision en tant qu'assistant d'un décideur humain et donc à la possibilité de partager les tâches entre eux, dans ces circonstances le groupe fait appel à l'outil **AMDEC** en vue d'obtenir des conseils qu'il utilise dans la prise de décision. Il guide le groupe dans sa démarche de résolution de problème pour l'amener à découvrir lui-même la solution. Par conséquent il a l'atout de réduire les coûts de maintenance.

Bien que les coûts de maintenance dépendent des caractéristiques du matériel qui se présentent sous trois formes : caractéristiques pouvant être données par le fournisseur, caractéristiques propres à l'exploitant et caractéristiques communes à l'exploitant et au fournisseur, les coûts de la maintenance se composent essentiellement en deux composantes : les coûts directs et les coûts indirects.

L'étude AMDEC permet principalement d'optimiser les coûts indirects (**Figure .III.1**). En effet elle constitue une méthode de diagnostic intelligente dans la mesure où elle permet de prévoir un certain nombre de faiblesses, de défauts, d'anomalies et de pannes au niveau de l'ensemble des éléments qui concourent à la fabrication d'un produit.

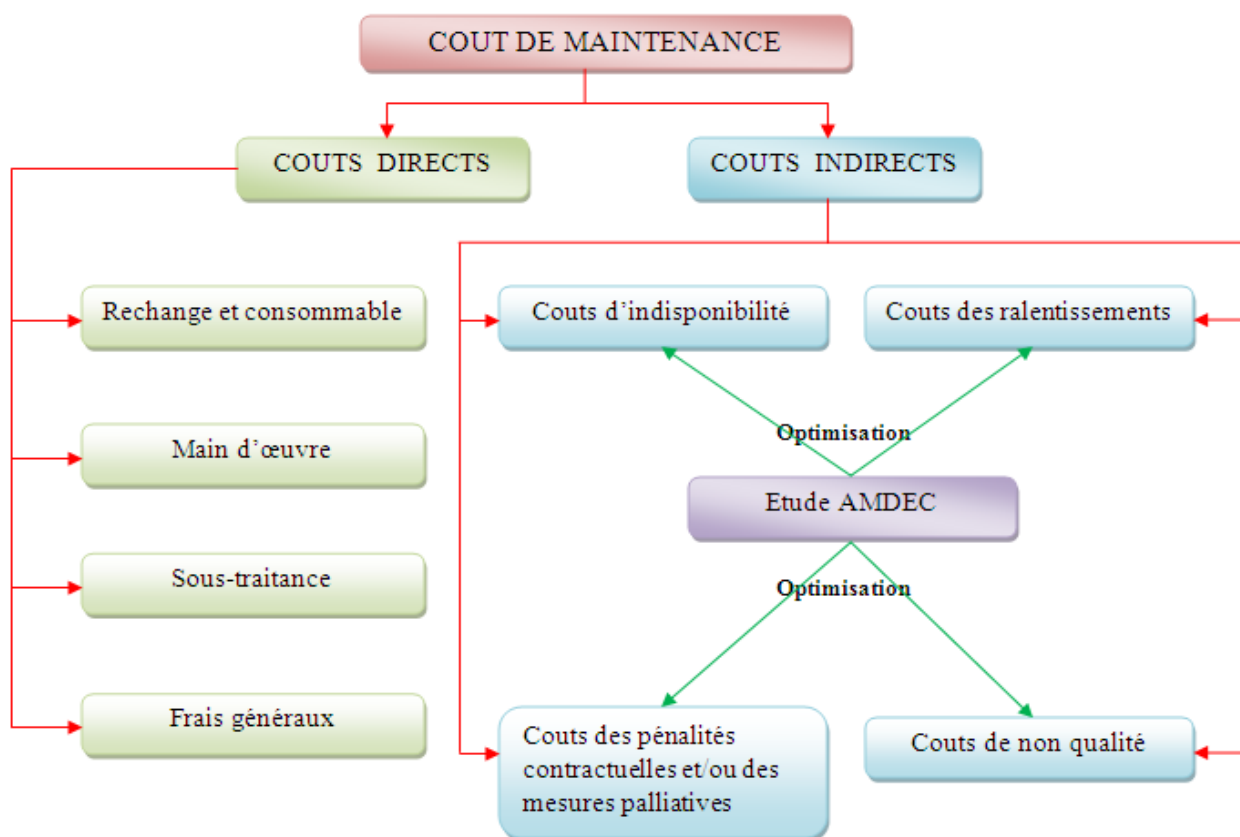


Figure .III.1 - Méthode d'optimisation de la maintenance par l'AMDEC [10]

La méthode **AMDEC** a pour objectif aussi à :

- Identifier les causes et les effets de l'échec potentiel d'un procédé ou d'un moyen de production,
- Identifier les actions pouvant éliminer (ou du moins réduire) l'échec potentiel.

4- CARACTERISTIQUE DE LA METHDE AMDEC : [12]

L'AMDEC est une méthode d'analyse inductive, exhaustive et rigoureuse qui permet une recherche systématique :

- Des modes de défaillance d'un moyen de production.
- Des causes de défaillance générant les modes de défaillance, ces causes peuvent se situer au niveau des composants du moyen de production où être dues à des sollicitations extérieurs.
- Des conséquences des défaillances sur le moyen de production, sur son environnement, sur le produit ou sur l'homme.
- Des moyens de détection pour la prévention et/ou la correction des défaillances.

5- TYPES D'AMDEC : [11]

On distingue 3 types d'AMDEC :

- AMDEC « produit » ;
- AMDEC « processus » ;
- AMDEC « moyen de production » ;

5-1- L'AMDEC « produit » :

Elle est utilisée pour l'aide à la validation des études de définition d'un nouveau produit fabriqué par l'entreprise, elle est mise en œuvre pour évaluer les défauts potentiels du nouveau produit et leurs causes. Cette évaluation de tous les défauts possibles permettra d'y remédier, après hiérarchisation, par la mise en place d'actions correctives sur la conception et préventive sur l'industrialisation.

5-2- L'AMDEC « processus » :

Elle est utilisée pour étudier les défauts potentiels d'un produit nouveau ou non, engendrés par le processus de fabrication. Elle est mise en œuvre pour évaluer et hiérarchiser les défauts potentiels d'un produit dont les causes proviennent de son processus de fabrication.

S'il s'agit d'un nouveau produit, l'AMDEC- processus en permettra l'optimisation, en visant la suppression des causes de défaut pouvant agir négativement sur le produit.

S'il s'agit d'un procédé existant, l'AMDEC- processus en permettra l'amélioration.

5-3- L'AMDEC « moyen de production » :

Elle permet de réaliser l'étude du moyen de production lors de sa conception ou pendant sa phase d'exploitation.

A la conception pour améliorer la maintenabilité, la fiabilité donc la disponibilité d'un moyen de production.

En cours d'exploitation pour une amélioration liée à une reconception ou pour mettre en place d'un plan de maintenance adapté en fonction de la gravité des risques évalués.

6- LA DEMARCHE AMDEC : [12]

La réalisation d'une AMDEC comprend cinq étapes :

6-1- Etape 1: Initialisation :

La phase d'initialisation comprend trois étapes qui sont :

- Définition du système et des objectifs à atteindre ;
- Constitution du groupe de travail ;
- Mise au point de supports de l'étude ;

6-1-1- Définition du système et des objectifs à atteindre :

L'AMDEC est un travail systématique et long, peut générer beaucoup de documents et donc devenir inutilisable. On aura donc intérêt à se limiter à des équipements qui posent problème. De même, les objectifs de l'étude seront précisés en termes d'amélioration attendues de disponibilité, de maintenance ou autre.

6-1-2- Constitution du groupe de travail :

Le groupe de travail comprend :

- Un représentant du service procédant à l'investissement du moyen de production.
- Le concepteur du moyen étudié.
- L'utilisateur futur du moyen étudié.
- Le mainteneur futur du moyen étudié.
- Un spécialiste (expert d'un sujet traité ponctuellement).
- Les services : qualité, fiabilité, sécurité,...

6-1-3- Mise au point de supports de l'étude :

Les méthodes d'évaluations des facteurs (Gravité, Fréquence, Détection, Criticité) seront plus détaillées au moment d'évaluation de la criticité. Une feuille d'analyse AMDEC est à réaliser. Selon les sources, il existe plusieurs types de fiches AMDEC :

Analyse Fonctionnelle		Analyse de défaillance					Estimation de criticité				Mesures
Composant	Fonction	Mode de défaillance	Causes	Effet local	Effet système	Gravité	Occurrence	Non détection	Criticité (indice)	Mesures envisagées	
											Nom
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Tableau .III.1 - Exemple 1 de feuille d’AMDEC. [12]

ANALYSE DES MODES DE D2FAILLANCE, DE LEURS EFFETS ET DE LEUR CRITICITE						AMDEC												
Système :						Phase de fonctionnement ;			Date analyse :			Page : ...						
Sous-système :																		
N°	Elément	Fonction	Mode de défaillance	Cause	Effet	Détection	Criticité				Action corrective							
							F	G	D	C								

Tableau .III.2 - Exemple 2 de feuille d’AMDEC. [12]

D’après la norme CNOMO E41.50.530.N Edition juin 1994														Folio/				
Fournisseur :		Rédacteur :			Criticité					Actions correctives		Criticité						
Système ;		Service :			Indices nominaux							Indices finaux						
Sous-système:		Date ;																
Réf :																		
Composant	Fonction	Modes de défaillance	Causes	Effets	Détection	TI	F	G	D	C	Action	Rep/Délai	TI	F’	G’	D’	C’	
Rep1	Rep2	Rep3	Rep4	Rep5	Rep6			Rep7			Rep8				Rep9			

Tableau .III.2 - Exemple 2 de feuille d’AMDEC. [12]

6-2- Etape 2: Analyse fonctionnelle « AF » :

L'analyse fonctionnelle a pour but d'identifier la fonction de chaque élément étudié pour prévoir les modes de défaillance possibles (détaillée dans le chapitre 3).

6-3- Etape 3 : Analyse des défaillances :

A partir de l'analyse fonctionnelle, la démarche AMDEC consiste en une recherche :

- Des modes de défaillance ;
- Des effets de défaillance ;
- Des causes de défaillance ;
- La criticité de défaillance ;

6-3-1- Défaillance :

C'est le résultat d'un non fonctionnement, ou d'un non satisfaction aux spécifications, généré par une pièce ou un ensemble. La défaillance peut être :

- **Complète** : il s'agit de la cessation de la réalisation de la fonction d'un dispositif.
- **Partielle** : il s'agit de l'altération de la réalisation de la fonction d'un dispositif.

Remarque : Modes de défaillance génériques : [1]

La norme AFNOR X 60510 propose une liste de 33 modes de défaillance relatifs aux parties « commande », indiqués dans le **Tableau III.4**, mais généralement on travaille avec 5 modes de défaillance génériques suivants:

- Perte de la fonction.
- Fonctionnement intempestif.
- Refus de s'arrêter.
- Refus de démarrer.
- Fonctionnement dégradé.

1	Défaillance structurelle (rupture)	19	Ne s'arrête pas
2	Blocage physique (ou coincement)	20	Ne démarre pas
3	Vibrations	21	Ne commute pas
4	Ne reste pas en position	22	Fonctionnement prématuré
5	Ne s'ouvre pas	23	Fonctionnement après le délai (retard)
6	Ne se ferme pas	24	Entrée erronée (augmentation)
7	Défaillance en position ouverte	25	Entrée erronée (diminution)
8	Défaillance en position fermée	26	Sortie erronée (augmentation)
9	Fuite interne	27	Sortie erronée (diminution)
10	Fuite externe	28	Perte de l'entrée
11	Dépasse la limite supérieure tolérée	29	Perte de la sortie
12	Est en dessous de la limite supérieure	30	Court-circuit (électrique)
13	Fonctionnement intempestif	31	Circuit ouvert (électrique)
14	Fonctionnement intermittent	32	Fuite électrique
15	Fonctionnement irrégulier	33	Autres conditions de défaillances exceptionnelles suivant les caractéristiques du système, les conditions de fonctionnement et les contraintes opérationnelles
16	Indication erronée		
17	Écoulement réduit		
18	Mise en marche erronée		

Tableau .III.4 - Modes de défaillance génériques. [1]

6-3-2- Cause de défaillance :

C'est l'événement à l'origine du mode de défaillance, la ou les causes sont à rechercher à la conception, la construction, l'installation, l'utilisation et la maintenance de l'équipement.

Remarque : plusieurs causes peuvent être associées à un même mode de défaillance, ainsi une même cause peut provoquer plusieurs modes de défaillance.

6-3-3- L'effet constaté :

C'est la conséquence de la défaillance sur laquelle on distingue deux types :

- **L'effet global :** c'est la conséquence de défaillance sur la mission du système et sa sécurité.
- **L'effet local :** c'est la conséquence de défaillance au niveau du sous-système étudié.

6-3-4- Détection :

Ce sont les symptômes (anomalies, indicateurs,...) observés, détectés qui permettent de repérer assez tôt l'évolution d'un mécanisme défaillant.

6-4- Etape 4 : Cotation de criticité :

Les modalités de cette cotation sont à définir lors de la mise au point des supports de l'étude, en fonction de l'étude et des objectifs.

L'indice de criticité C, aussi appelé nombre de priorité de risque (NPR) ou encore Indice de Priorité de Risque (IPR), est le résultat du produit de La fréquence, de la détection et de la gravité qui caractérise le niveau de fiabilité du système analysé $C = G * F * D$

6-4-1- L'indice G :

Relatif aux conséquences provoquées par l'apparition du mode de défaillance en termes de

- Qualité des pièces produites.
- Sécurité des hommes ou des biens.
- Temps d'intervention qui correspond au temps actif de maintenance corrective (diagnostic+réparation ou échange+remise en service). La gravité G est le plus souvent cotée de 1 jusqu'à 5 (**Tableau III.5**).

6-4-2- L'indice F :

Relatif à la fréquence d'apparition de la défaillance, cette fréquence exprime la probabilité combinée d'apparition du mode de défaillance par l'apparition de la cause de la défaillance. La fréquence F allant de 1 jusqu'à 4 (**Tableau III.6**).

6-4-3- L'indice D :

Relatif à la possibilité de détecter la défaillance (le couple : Mode-Cause de défaillance) avant qu'elle ne produise l'effet. La détection D est évaluée de 1 pour une défaillance détectable, à 4 pour une défaillance indétectable (**Tableau III.7**).

Niveau de la gravité G		Définitions
Gravité mineure	1	Défaillance mineure : - Arrêt de production inférieur à 2 minutes. -Aucune dégradation notable du matériel.
Gravité significative	2	Défaillance significative : - Arrêt de production de 2 à 20 minutes, ou repos possible d'intervention. -Remise en état de courte durée ou petite réparation sur place nécessaire. -Déclassement du produit.
Gravité moyenne	3	Défaillance moyenne : - Arrêt de production de 20 à 60 minutes. -Chargement du matériel défectueux nécessaire. -Retouche du produit nécessaire ou rebat (non qualité détectée à la production).
Gravité majeure	4	Défaillance majeure : - Arrêt de production de 1 à 2 heures. -Intervention importante sur sous ensemble. -Production de pièces non-conformes, non détectées.
Gravité catastrophique	5	Défaillance catastrophique : - Arrêt de production supérieur à 2 heures. -Intervention lourde nécessitant des moyens coûteux. -Problème de sécurité du personnel ou l'environnement.

Tableau .III.5 - Grille de cotation de la gravité. [11]

Niveau de la fréquence F		Définitions
Fréquence très faible	1	Défaillance rare: mois d'une défaillance par année.
Fréquence faible	2	Défaillance possible; mois d'une défaillance par trimestre.
Fréquence moyenne	3	Défaillance fréquente: mois d'une défaillance par semaine.
Fréquence forte	4	Défaillance très fréquente: plusieurs défaillances par semaine.

Tableau .III.6 - Grille de cotation de la fréquence. [11]

Niveau de détection D		Définitions
Détection évidente	1	Défaillance détectable à 100 % : -Détection à coup sûr de la cause de la défaillance. - Signe avant coureur évidant d'une dégradation.
Détection possible	2	Défaillance détectable : -Signe avant coureur de la défaillance facilement détectable mais nécessitant une action particulière de l'opérateur (visite, contrôle visuel,...).
Détection improbable	3	Défaillance détectable : - Signe avant coureur de la défaillance difficilement détectable, peu exploitable au nécessitant une action au des moyens complexes (démontage, appareillage,...).
Détection impossible	4	Défaillance détectable : -Aucun signe avant coureur de la défaillance.

Tableau .III.7 - Grille de cotation de la détection. [11]

- ❖ **Remarque :** S'il s'agit d'une AMDEC-produit ou une AMDEC- processus, il existe d'autres grilles de cotation des indices G, F, D allant jusqu'à 10.

❖ **Remarque : La matrice de criticité**

Au cours d'évaluation de la criticité, il n'est pas obligatoire de prendre en compte les trois critères gravité, fréquence et la détection ; on peut se limiter aux seuls critères gravité et fréquence, ce qui permet de matérialiser l'étude par une matrice de criticité ou matrice de sécurité. (**Figure III.2**).

La matrice met en évidence une zone critique et une zone non critique. Mais, elle présente un défaut car elle ne tient pas compte de la notion de détection.

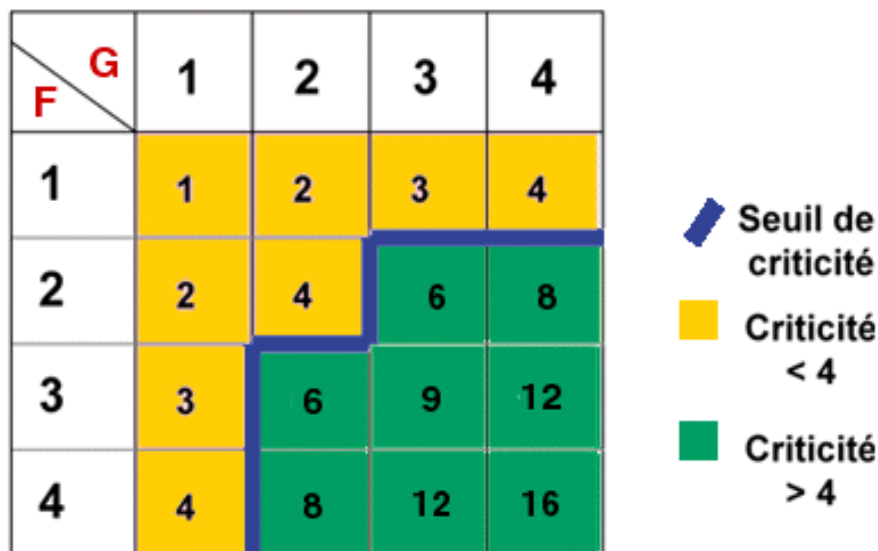


Figure .III.2 - Matrice de criticité. [12]

Un point critique existe si :

- La criticité de la défaillance dépasse le seuil prédéterminé.
- L'indice de gravité de la défaillance est supérieur ou égal à 4.
- L'indice de fréquence de la défaillance est égal à 4.

6-5- Etape 5 : Actions menées : [11]

Les actions menées consistent à :

- Classer les problèmes rencontrés ;
- Proposer l'amélioration ;
- Calcul de la nouvelle criticité ;

6-5-1- Classement des problèmes rencontrés :

Les actions menées sont décidées par le groupe de travail pour pouvoir éliminer tous points critiques. À partir de la valeur de la criticité, on peut classer les problèmes par ordre décroissant et les répartir en différentes classes (**Tableau III.8**).

Valeur de la criticité	Politique de la maintenance
$C < 16$	Mise sous correctif.
$16 \leq C < 32$	Mise sous préventif à la fréquence faible.
$32 \leq C < 36$	Mise sous préventif à la fréquence élevée.
$36 \leq C < 48$	Recherche d'amélioration.
$48 \leq C < 64$	Reprendre la conception.

Tableau .III.8 - Tableau de la criticité (G, F, D) [11]

6-5-2- Proposition d'amélioration :

Le choix du type d'action corrective à mettre en place doit être guidé par le critère le plus pénalisant dans la note de criticité par exemple:

- Si la criticité d'une défaillance est élevée du fait de la fréquence, l'action corrective doit viser à la diminuer la fréquence.
- Quand aucune action corrective ne peut permettre de ramener l'indice de gravité au dessous de 4. Il faudrait définir une action visant à maintenir les deux autres critères (fréquence, détection) à une valeur égale à 1.
- De la même manière, quand aucune action corrective ne permet de ramener l'indice de fréquence au dessous de 4. Il faudrait définir une action corrective qui permet de ramener la gravité et la détection à une valeur égale à 1.

6-5-3- Calcul de la nouvelle criticité :

Un nouveau calcul de la criticité permet de valider les solutions retenues à partir de l'estimation des nouveaux indices F', G', D' :

- **L'indice F'** : L'amélioration de la fréquence F s'obtient par une action sur la fiabilité du composant analysé, sur les conditions d'utilisation ou par une action de maintenance préventive systématique.
- **L'indice G'** : L'amélioration de la gravité s'obtient par une action sur la maintenabilité ou sur l'aptitude à diagnostiquer et à réparer plus rapidement. cela peut entraîner des modifications de conception.
- **L'indice D'** : L'amélioration de la détection s'obtient en agissant sur la validation de la conception et/ou sur une aide à la supervision par une maintenance préventive.
- **L'indice C'** : $C' = F' * G' * D'$ qui permettra de quantifier le progrès réalisé.

7- CONCLUSION : [10]

L'AMDEC est une méthode de prévention qui peut s'appliquer à une organisation, un processus, un moyen, un composant ou un produit dans le but d'éliminer, le plus en amont possible, les causes des défauts potentiels. C'est là un moyen de se prémunir contre certaines défaillances et d'étudier leurs causes et leurs conséquences. La méthode permet de classer et de hiérarchiser les défaillances selon certains critères (occurrence, détection, gravité). Les résultats de cette analyse sont les actions prioritaires propres à diminuer significativement les risques de défaillances potentielles.

1- PRESENTATION : [13]

Les premières méthodes assimilables à de l'AF ont été mises en pratique aux Etats Unis peu après la Seconde Guerre mondiale, en 1947 (chez *General Electric*).

A qui s'adresse l'A.F. ?

L'AF s'adresse aux concepteurs de *produits*.

Le mot **produit** peut ici prendre des sens très divers. Il peut s'agir d'un objet matériel ou immatériel (produit industriel, objet technique, programme informatique, service à la personne, services financiers...).

Quel est le but de l'A.F. ?

- Le but de l'AF est d'optimiser la conception ou la reconception de produits en s'appuyant sur les **fonctions** que doit réaliser le produit.

Une fois les fonctions du produit identifiées et caractérisées, l'équipe de conception peut mesurer son état d'avancement et de réussite par rapport à des critères objectifs.

Quand utiliser l'AF ?

- L'AF n'a de sens que si elle est menée **au début** d'un projet.

Pourquoi utiliser l'AF ?

- L'AF permet d'éviter certains pièges classiques de la conception (aveuglement, manque d'objectivité, mauvaise gestion des priorités). Dans les faits, les premières étapes de l'AF sont générales et **concernent tous les acteurs** d'un même projet. C'est seulement dans un deuxième temps que l'AF devient technique, et oriente les concepteurs vers des solutions techniques.
- L'AF rend ainsi possible un dialogue entre tous les intervenants d'un projet (quels que soient leurs domaines de compétence). C'est un gage d'objectivité et de créativité dans la conduite du projet.

2- DEFINITION : [12]

D'après la norme AFNOR NF X 50 -151, l'analyse fonctionnelle est une démarche qui consiste à rechercher, ordonner, caractériser les fonctions selon des critères d'appréciation, des niveaux et de flexibilité, hiérarchiser et/ou valoriser les fonction en attribuant un poids en valeur relative ou absolue.

A partir de l'analyse fonctionnelle, on pourra mener deux études d'aspects différents (Figure III.1) :

- Aspect économique ou (externe) : l'analyse de la valeur ;
- Aspect technique ou (interne) : l'AMDEC ;

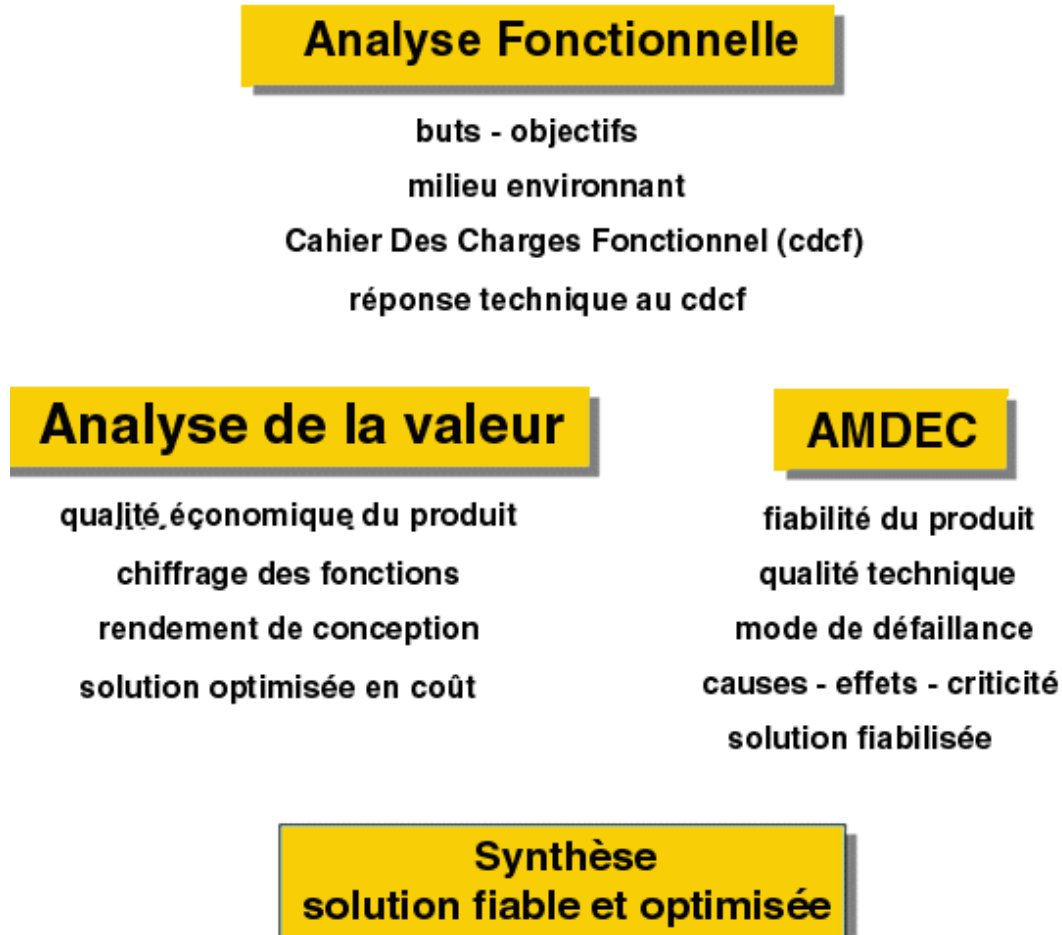


Figure .IV.1 - Aspects d'analyse fonctionnelle. [12]

2-1- l'analyse de la valeur : (Aspect économique ou externe)

A pour objectif, à partir de l'expression d'un besoin, de déterminer les solutions susceptibles de répondre à ce besoin et de parvenir à la meilleure optimisation technico-économique du couple besoin solution

2-2- l'AMDEC : (Aspect technique ou interne)

Pour analyser les défaillances d'un système il est nécessaire de bien identifier à quoi doit servir ce système ; c'est-à-dire de bien identifier toutes les fonctions que ce système doit remplir durant sa durée de fonctionnement.

L'AMDEC a été développée précédemment (chapitre II).

3- METHODOLOGIE : [12]

L'analyse fonctionnelle s'effectue en quatre étapes :

- Recenser les fonctions ;
- Ordonner les fonctions ;
- Caractériser et quantifier les fonctions ;
- Hiérarchiser les fonctions ;

3-1- Recenser les fonctions :

La recherche des fonctions s'effectue en étudiant les relations du système avec son environnement. Chaque fonction devra être exprimée en termes de finalité et être formulée par un verbe à l'infinitif suivi d'un ou plusieurs compléments.

3-1-1- Définition de la fonction :

La définition d'une fonction est donnée par la norme AFNOR X51-151 : « action d'un produit au de l'un de ces constituants exprimée exclusivement en terme de finalité ».

3-1-2- Différents types de fonctions :

En distingue deux catégories de fonctions :

- Fonctions de service ;
- Fonctions techniques ;

3-1-2-1- Fonctions de service (FS) :

« La fonction de service est l'**Action** du produit avec son **milieu extérieur**, qui contribue à la satisfaction du besoin (identifié et caractérisé lors de l'A.B.) » [13]

Il existe deux types de fonction de service :

- Fonctions principales ;
- Fonctions contraintes ;

3-1-2-1-1- Fonctions principales (FP) :

« La **FP** est une Fonction de service qui met en relation deux élément du milieu extérieur (ou plus), via le produit »

Les fonctions principales traduisent obligatoirement des actions réalisées par le produit, donc il s'agit d'une fonction attendue d'un produit pour répondre à un besoin d'un utilisateur donné.

3-1-2-1-2- Fonctions contraintes (FC) :

« La FC est une Fonction de service qui met en relation le produit avec un seul élément du milieu extérieur. » [13]

Une **contrainte** est une limitation de la liberté du concepteur (règlement, normes et impératifs d'interface matérielle ou immatérielle) lorsqu'elle exprime le fait que, dans une phase d'utilisation, le produit ne doit pas affecter un élément du milieu extérieur ou être affecté par lui.

3-1-2-2- Fonctions techniques (FT) :

« Une Fonction Technique est une fonction contribuant à réaliser une fonction de service par un moyen technique. » [13]

C'est la fonction qui facilite, améliore ou complète le service rendu. Ce type de fonction ne résulte pas de la demande explicite de client, et n'est pas non plus une contrainte. Il s'agit de proposer au client des améliorations pour son produit.

3-2- Ordonner les fonctions :

Il est important d'ordonner les fonctions identifiées précédemment par un arbre fonctionnel qui établit une décomposition logique du système.

3-3- Caractériser et quantifier les fonctions :

Une fois les fonctions sont identifiées, il faut définir les critères qui nous permettront d'effectuer la caractérisation des fonctions, cela consiste à énoncer pour chaque fonction de service :

- Les critères d'appréciation ;
- Les niveaux de chaque critère ;
- La flexibilité de chaque niveau ;

3-3-1- Les critères d'appréciation :

Caractère retenu pour apprécier la manière dont une fonction est remplie ou une contrainte respectée ; Le critère d'appréciation doit être accompagné d'une échelle qui permet de situer son niveau.

3-3-2- Niveau d'un critère d'appréciation :

C'est la grandeur repérée dans l'échelle adoptée pour un critère d'appréciation d'une fonction. Cette grandeur peut être celle recherchée en tant qu'objectif. Le niveau quantifie le critère et représente la performance attendue du service à rendre.

3-3-3- Flexibilité d'un niveau :

Elle exprime les possibilités d'admettre un écart entre le niveau atteint par une solution proposée et le niveau recherché en tant qu'objectif.

3-4- Hiérarchiser les fonctions :

Il faut pouvoir indiquer aux futurs prestataires, les services essentielle sur lesquels il faudra concentrer leurs savoir-faire ; pour cela, il est possible de hiérarchiser les fonctions soit en associant directement un coefficient à chaque fonction, soit en comparant chaque fonction à toutes les autres en jugeant si elle est « plus importante » ou « moins importante ».

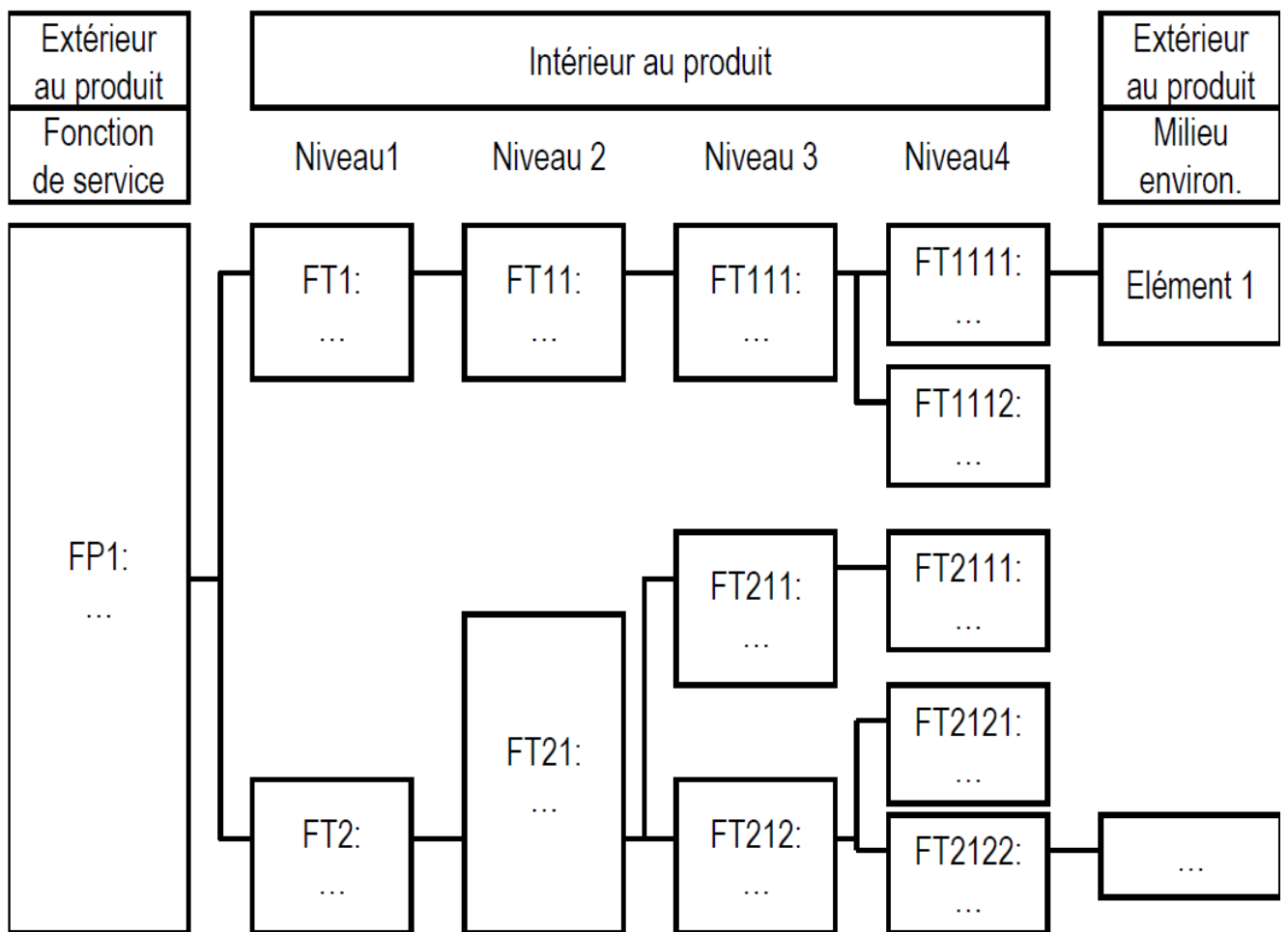


Figure .IV.2 - Hiérarchisation des Fonctions. [15]

4- OUTILS D'ANALYSE FONCTIONNELLE : [12]

En raison de la diversité des matériels rencontrés sur les processus industriels complexes (matériel mécanique et électrique, régulation analogique, régulation numérique...) on trouve :

- ✓ l'analyse descendante
- ✓ les diagrammes de flux
- ✓ l'arborescence
- ✓ le diagramme processus

4-1- l'Analyse Descendante :

Tout problème peut être décomposé en sous-problèmes plus simples : on résout plusieurs petits problèmes plutôt qu'un gros.

4-1-1- Définition :

La méthode appuyée par un modèle graphique, procède par approche descendante en ce sens que l'on va du plus général au plus détaillé, en s'intéressant aux activités du système.

4-2-2- Les principes de base :

- Procéder par analyse descendante : Le premier niveau du modèle est en général très abstrait, et progressivement les activités et les moyens nécessaires à leur réalisation sont détaillés.
- Délimiter le cadre de l'analyse : afin d'aborder l'analyse et la description du système, il est fondamental de préciser le contexte (limite du système), le point de vue et l'objectif de l'analyse.

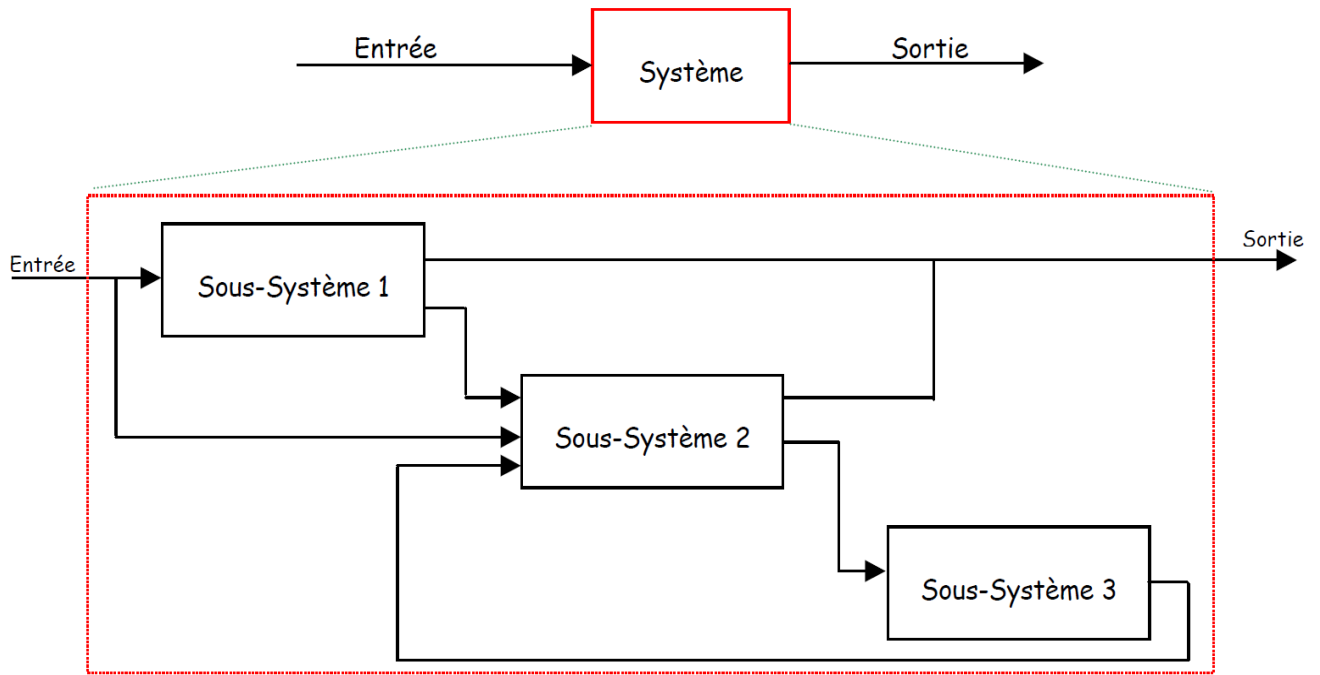


Figure .IV.3 - Méthode Analyse Descendante. [14]

4-2- La méthode de la Pieuvre:

Est une méthode d'analyse de la valeur, Elle fait appel à une approche systématique de l'entreprise en prenant en compte les contraintes internes et externes, ou elle est utilisée principalement pour décrire les relations du système avec le milieu extérieur.

On définit :

- FP : fonction principale
- FC : fonction complémentaire
- ME : milieu extérieur

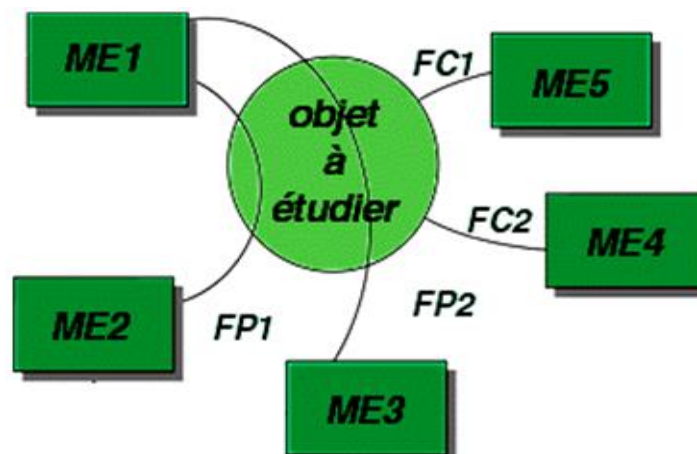


Figure .IV.4 - La méthode de la pieuvre. [14]

4-3- Méthode Diagrammes de Flux :

Cette méthode est plus appropriée pour l'analyse interne

On détaille les différents éléments qui vont être analysés dans l'AMDEC ainsi que leur participation dans la ou les fonctions principales.

On représente les flux principaux (transfert d'énergie au sein de l'équipement- trait orange) et les flux bouclés (consommation d'énergie lors de l'assemblage de besoins de la conception choisie – trait bleu).

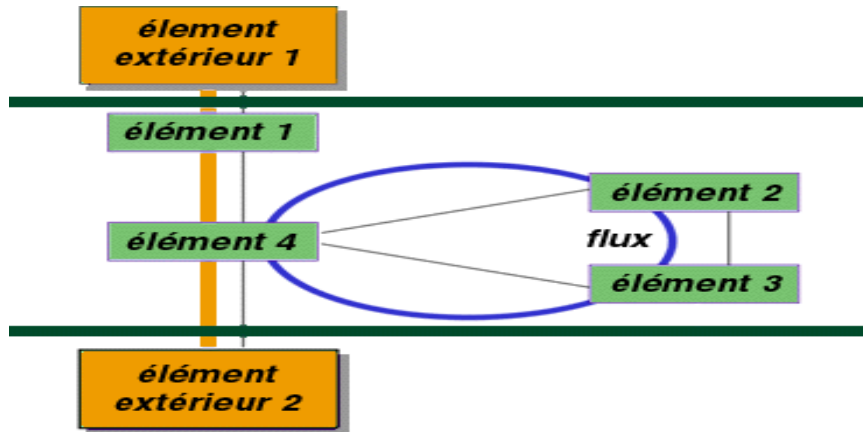


Figure .IV.5 - Méthode Diagramme de Flux. [14]

4-4- Méthode de l'Arborescence :

Cette méthode est utilisée pour décrire la structure matérielle d'une machine (analyse structurelle).

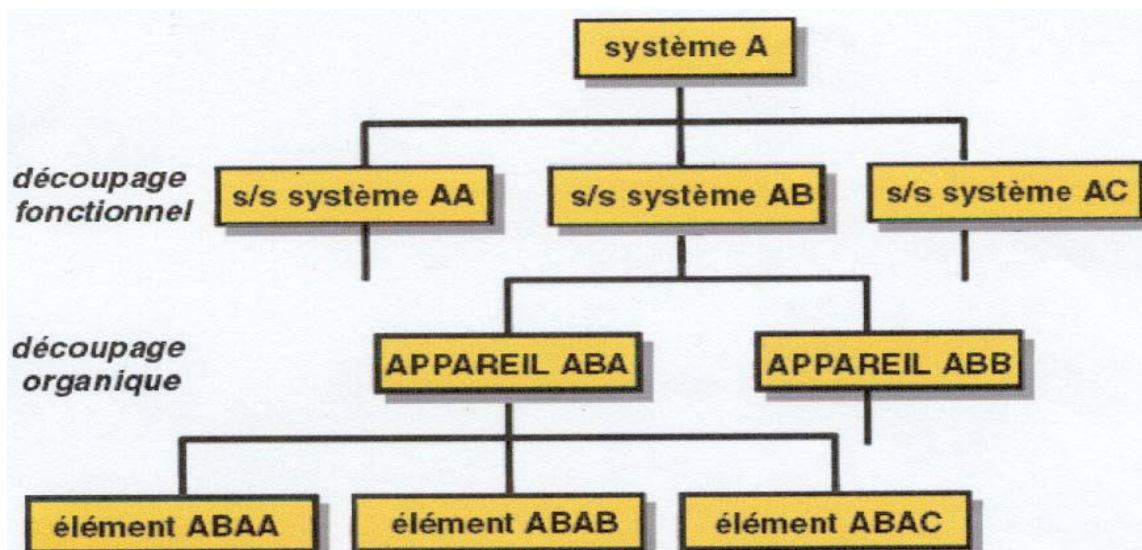


Figure .IV.6 - Méthode de l'Arborescence. [14]

4-5- Diagramme Processus :

La méthode est utilisée pour décrire la structure séquentielle d'un procédé.

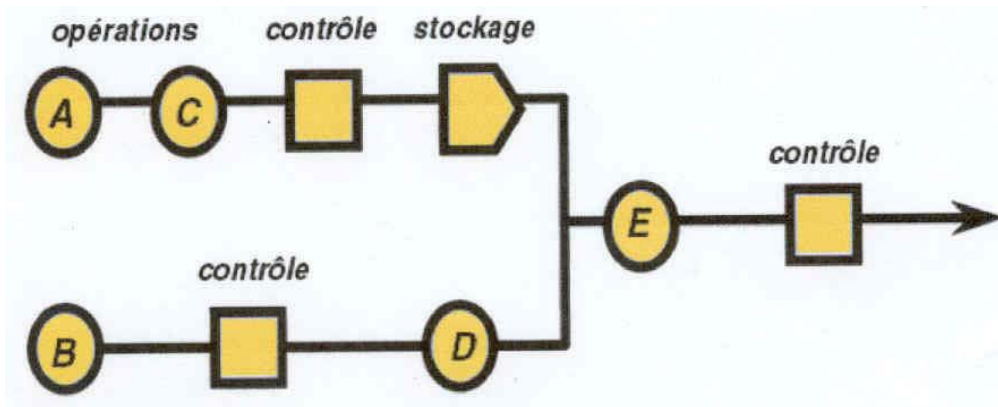


Figure .IV.7 - Diagramme Processus. [14]

4-6- Influence de l'Environnement sur le Procédé :

Reprise détaillée du diagramme précédent, en indiquant entre 2 étapes l'influence du moyen de production, de l'homme, de l'ambiance, de la maintenance, des gammes de fabrication, ...

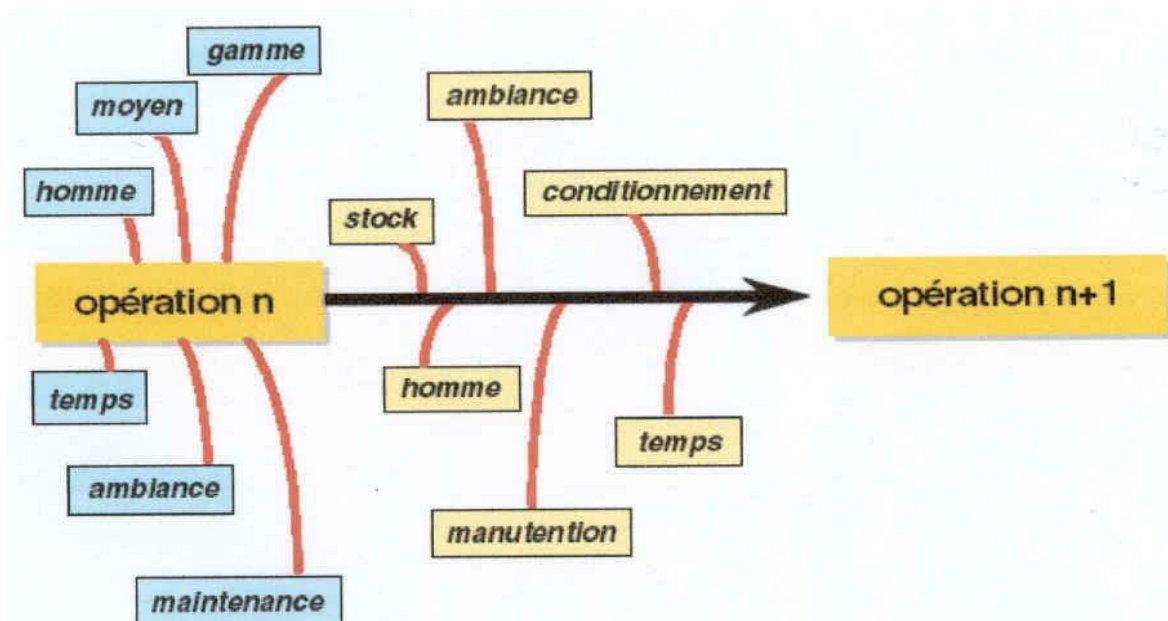


Figure .IV.8 - Influence de l'Environnement sur le Procédé. [14]

1- INTRODUCTION :

La gestion de la maintenance nécessite souvent l'utilisation d'un logiciel pour cela nous avons développé un logiciel de gestion et de calcul.

On plus du calcul de la criticité le logiciel va permettre la gestion d'une base de données des machines, opérateurs, opérations effectuées, ... spécifique a l'entreprise.

2- OUTIL DE PROGRAMMATION

Le logiciel est fait par un ordinateur portable de type **DELL INSIRON N7010**, Système d'exploitation Microsoft Windows 7 Professionnel, Processeur Intel(R) Core(TM) i5 CPU M 480 @ 2.67GHz, 2667 MHz, 2 cœur(s), 4 processeur(s) logique(s) et de Mémoire physique (RAM) installée 4,00 Go

L'outil utilisé de programmation pour réalisé ce logiciel est le **DELPHI 2007**, cet outil la est un système de développement visuel rapide sous Windows (**Rapid Application Development**) qui permet de créer des applications fenêtrées directement exécutables. Sa simplicité d'emploi autorise une utilisation immédiate, car il suffit de cliquer-glisser des composants dans une fiche et de gérer quelques événements pour créer des applications simples.

Delphi utilise le langage Pascal Orienté Objet, ce langage est simple et facile à apprendre, et les objets utilisés ont des propriétés et des méthodes ; Les propriétés sont les caractéristiques de l'objet (couleur, taille, ...) tandis que les méthodes sont les procédures (classiques ou événementielles) et fonctions qui y sont rattachées.

Il existe d'autres systèmes de développement rapide sous Windows, mais Delphi est particulièrement bien placé:

- Moins de lignes de code et rapidité de compilation.
- Possibilité d'utiliser des procédures événementielles partagées.
- Notion de modèles réutilisables (fiches, menus, objets).
- Orientation objet totale et native.
- Assembleur intégré, compilateur en ligne de commande.
- Débogage facile au niveau de la source et du processeur.
- Possibilité d'allocation dynamique de la mémoire en utilisant les pointeurs.

3- ETAPE DE LA PROGRAMMATION :

2-1- Méthode utilisé : (MERISE) [19]

Cette méthode est créée en 1978-79 par Peter Chen et Hubert Tardieu à Aix en Provence

Le mot **MERISE** signifie **M**éthode pour **R**assembler les **I**dées **S**ans **E**ffort ou encore vient du merisier qui est un porte-greffe !

Le but principal est la conception de **S**ystème d'**I**nformation (**SI**) par la modélisation pour projets de toutes tailles.

2-2- Réalisation MCD :

2-2-1- Qu'est-ce qu'un MCD ? : [19]

Un **Modèle Conceptuel de Données** est la formalisation de la structure et de la signification des informations décrivant des objets et des associations perçus d'intérêt dans le domaine étudié, en faisant abstraction des solutions et contraintes techniques informatiques d'implantation en base de données.

Un **MCD** est, dans la culture francophone, exprimé en entité-relation Merise qui comporte les concepts basiques suivants :

- Entité : modélisation d'un objet d'intérêt (en termes de gestion) pour l'utilisateur,
- Relation : modélisation d'une association entre deux ou plusieurs entités
- Cardinalités : modélisation des participations mini et maxi d'une entité à une relation
- Propriétés : modélisation des informations descriptives rattachées à une entité ou une relation
- Identifiant : modélisation des propriétés contribuant à la détermination unique d'une occurrence d'une entité.

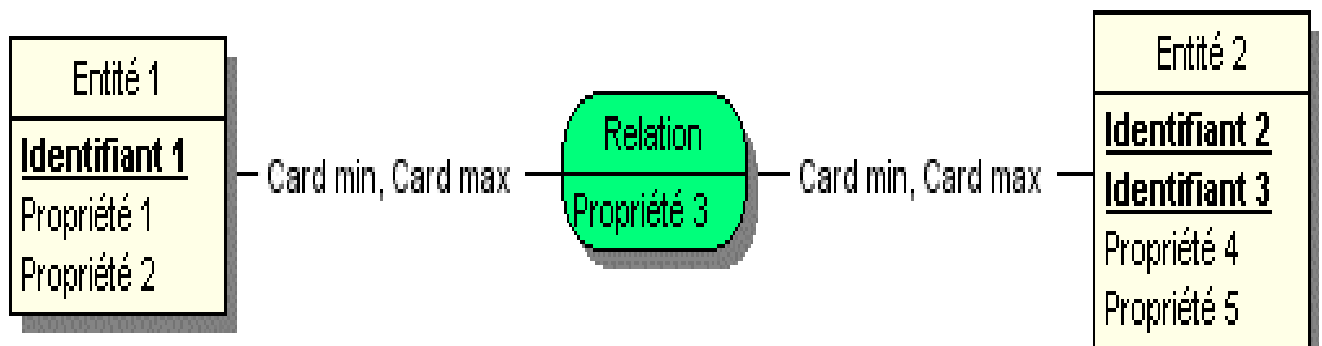


Figure .V.1 - Concepts basiques d'un MCD. [18]

2-2-2- MCD :

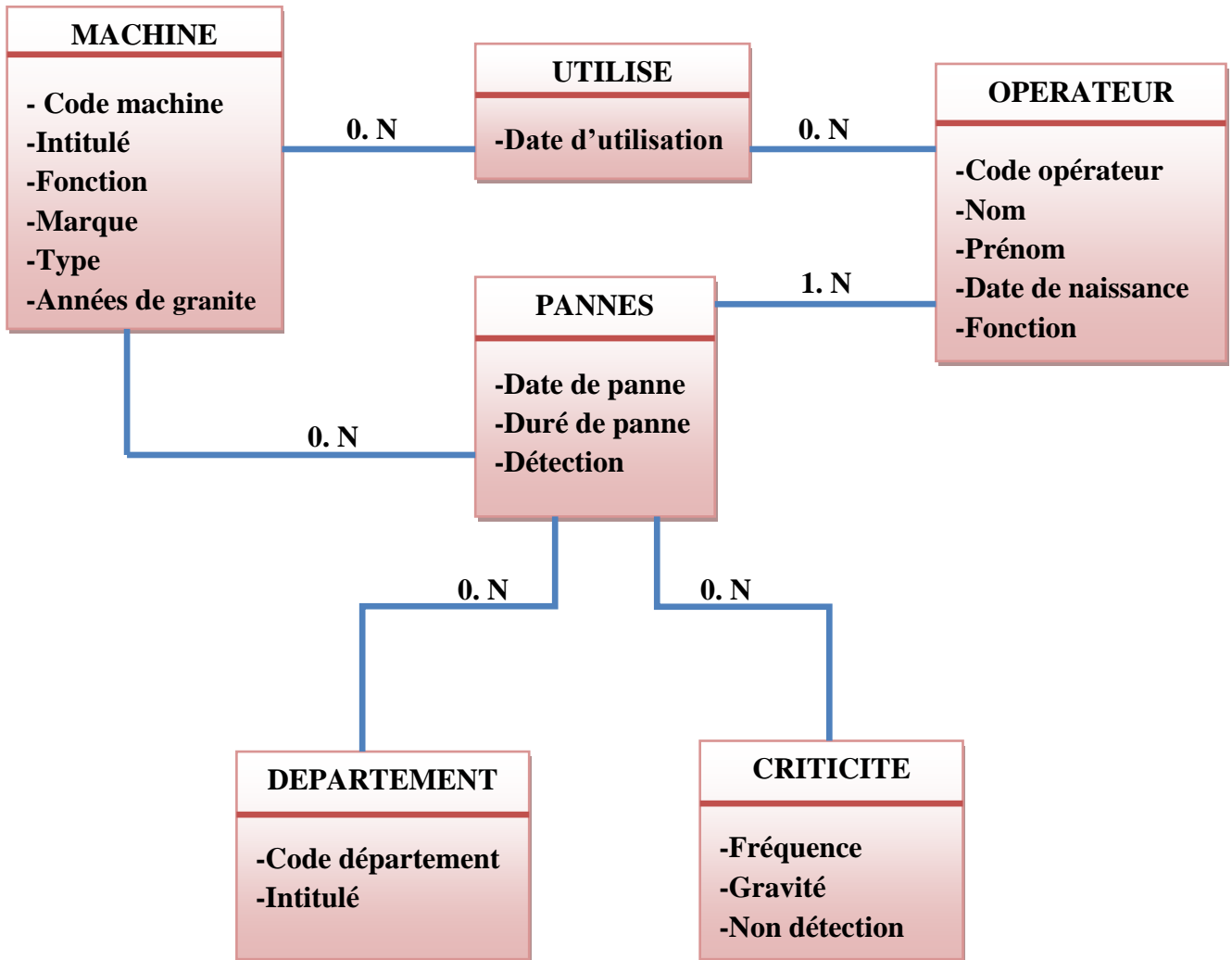


Figure .V.2 - MCD du logiciel.

3-3- Programme :

Le logiciel est structuré en 7 composants principaux constituant le menu principal qui sont :

Fichiers, Mouvements, Analyses, Outils, Etat, Aide et Quitter (Figure .V.3)



Figure .V.3 - Fiche menu principal.

3-3-1-Fichiers :

Constitué de 5 éléments **Opérateur, Départements, Services, Machine et Quitter**. (Figure .V.4)



Figure .V.4 - Eléments constituant le composant Fichiers.

Opérateur :

Constituer par 6 éléments secondaires (**Code Opérateur, Nom, Prénom, Date et Lieu de Naissance Fonction et zone pour insérer une Photo d'opérateur**) cet élément là est fait pour modifier ou supprimer un opérateur existe déjà ou ajouter un autre.

✚ Départements :

Constituer par 2 éléments secondaires (Code Département, Intitulé) cet élément là est fait pour modifier ou supprimer un département existe déjà ou ajouter un autre.

✚ Services :

Constituer par 4 éléments secondaires (Code Service, Intitulé, (Code Département, Intitulé ou se trouve le service)) cet élément là est fait pour modifier ou supprimer un service existe déjà ou ajouter un autre.

✚ Machine :

Constituer par 8 éléments secondaires (Code Département, Code Service, Code Machine, Intitulé, Fonction, Type, Date de fonctionnement, Année de garantie et une zone pour inséré une Photo de la machine) cet élément là est fait pour modifier ou supprimer une machine existe déjà ou ajouter une autre.

3-3-2- Mouvements :

Constitué de 3 éléments Systèmes, Sous Système, Eléments.



Figure .V.5 - Eléments constituant le composant Mouvements

✚ Systèmes :

Constituer par 7 éléments secondaires (Code Département, Code Service, Code Machine, Code système, Intitulé, Fonction et une zone pour inséré une Photo du système) cet élément là est fait pour modifier ou supprimer un système existe déjà ou ajouter un autre.

✚ Sous Système :

Constituer par 8 éléments secondaires (Code Département, Code Service, Code Machine, Code système, Code Sous Système, Intitulé, Fonction et une zone pour insérer une Photo du sous système) cet élément là est fait pour modifier ou supprimer un sous système existe déjà ou ajouter un autre.

✚ Eléments :

Constituer par 9 éléments secondaires (Code Département, Code Service, Code Machine, Code système, Code Sous Système, Code Eléments, Intitulé, Fonction et une zone pour insérer une Photo du sous système) cet élément là est fait pour modifier ou supprimer un élément existe déjà ou ajouter un autre.

3-3-3- Analyses :

Constitué de 4 éléments Détection, Fréquence, Gravité et Criticité (Figure .V.6)



Figure .V.6 - Eléments constituant le composant Analyses.

✚ Détection :

Cet élément est fait pour donnée la valeur de la détection sur la machine, le système, le sous système et l'élément.

✚ Fréquence :

Cet élément est fait pour donnée la valeur de la fréquence sur la machine, le système, le sous système et l'élément.

✚ Gravité :

Cet élément est fait pour donnée la valeur de la gravité sur la machine, le système, le sous système et l'élément.

✚ Criticité :

Cet élément est fait pour donnée la valeur calculer de la criticité sur la machine, le système, le sous système et l'élément.

3-3-4- Outils :

Constitué de 3 éléments **Recherche**, **Sécurité**, **Changer la peau** (Figure .V.7)



Figure .V.7 - Eléments constituant le composant Outils.

✚ Recherche :

Cet élément est fait pour chercher dans l'historique de la machine.

✚ Sécurité :

Cet élément est fait pour changer le mot de passe.

✚ Changer la peau :

Cet élément est fait pour changer le couleur des fenêtres du logiciel.

3-3-5- Etat : Constitué d'un élément c'est Imprimer (Figure .V.8)



Figure .V.8 - Elément constitue le composant Etat.

3-3-6- Aide : Constitué d'un seul élément c'est A Propos (Figure .V.8)

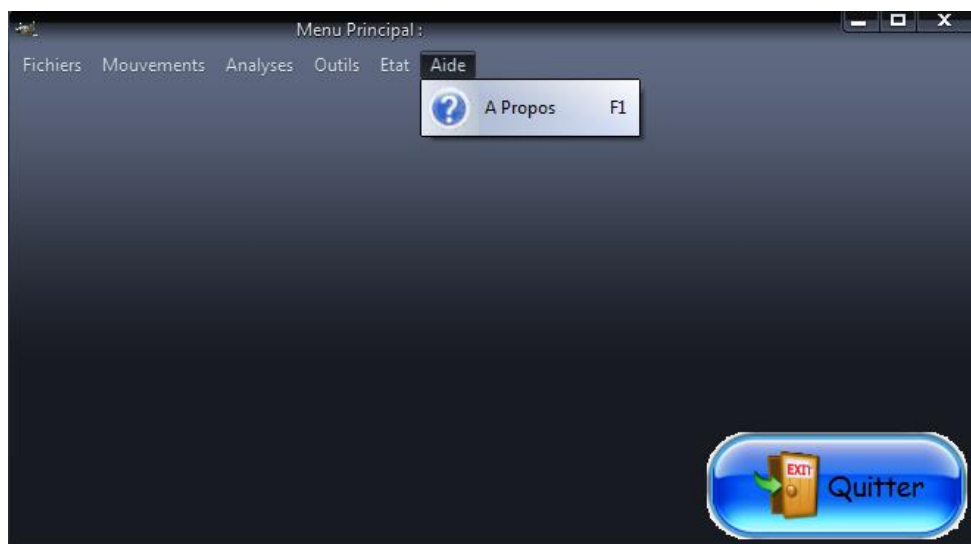


Figure .V.9 - Elément constitue le composant Aide.

1- INTRODUCTION :

Cette étude a été réalisée dans le complexe CERTAF sur des pompes 2000D qui sont situées au service de préparation de pâtes en vue d'optimiser sa fiabilité, sa maintenabilité et sa disponibilité puisque aujourd'hui, l'intérêt économique de la fonction maintenance réside dans l'anticipation des anomalies potentielles, plus que dans les actions correctives, c'est-à-dire dans la maîtrise de l'ensemble des éléments du processus de fabrication. Dans ce contexte l'AMDEC constitue incontestablement un véritable outil d'optimisation des coûts de maintenance.

2- PRESENTATION DU COMPLEXE CERTAF :

L'entreprise de céramique de la Tafna " CERTAF " implantée à la zone industrielle route de SEBDOU à MAGHNA dont la dénomination sociale a été modifiée en novembre 1998, a hérité les activités de l'ex. Entreprise de céramique vaisselle de l'ouest " ECVO " créée par décret n° 82-420 du 04 décembre 1982, elle-même issue de la restructuration de la SNIC.

De son passage à l'autonomie en 1990 et après les mesures d'assainissement opérées en 1992 et 1993, son capital social est passé successivement de 30MDA, 120MDA à 420MDA, détenu consécutivement par :

- Fonds des industries diverses (en 1994)
- Holding des infrastructures manufacturières (année 1997)
- Banque extérieure d'Algérie (année 1997)

La vocation principale de CERTAF est la fabrication et la commercialisation des produits de vaisselle (faïence et porcelaine) et des réfractaires auxquels s'ajoutent depuis l'année 2002, les produits rouges de décoration....

Implantée sur une superficie de 11 ha 37 a 88 ça, l'usine comprend :

- Un département de production de vaisselle "porcelaine"
- Un département de production de "réfractaires"
- Un département de production "produits rouges"

Sur le plan administratif, CERTAF a connue un profond dégraissage en juillet 1997, soit la réduction de 769 postes de travail pour se stabiliser autour de 450 travailleurs.

2-1- Processus de fabrication gamme produits vaisselle :

2-1-1- Organigramme des ateliers de production :

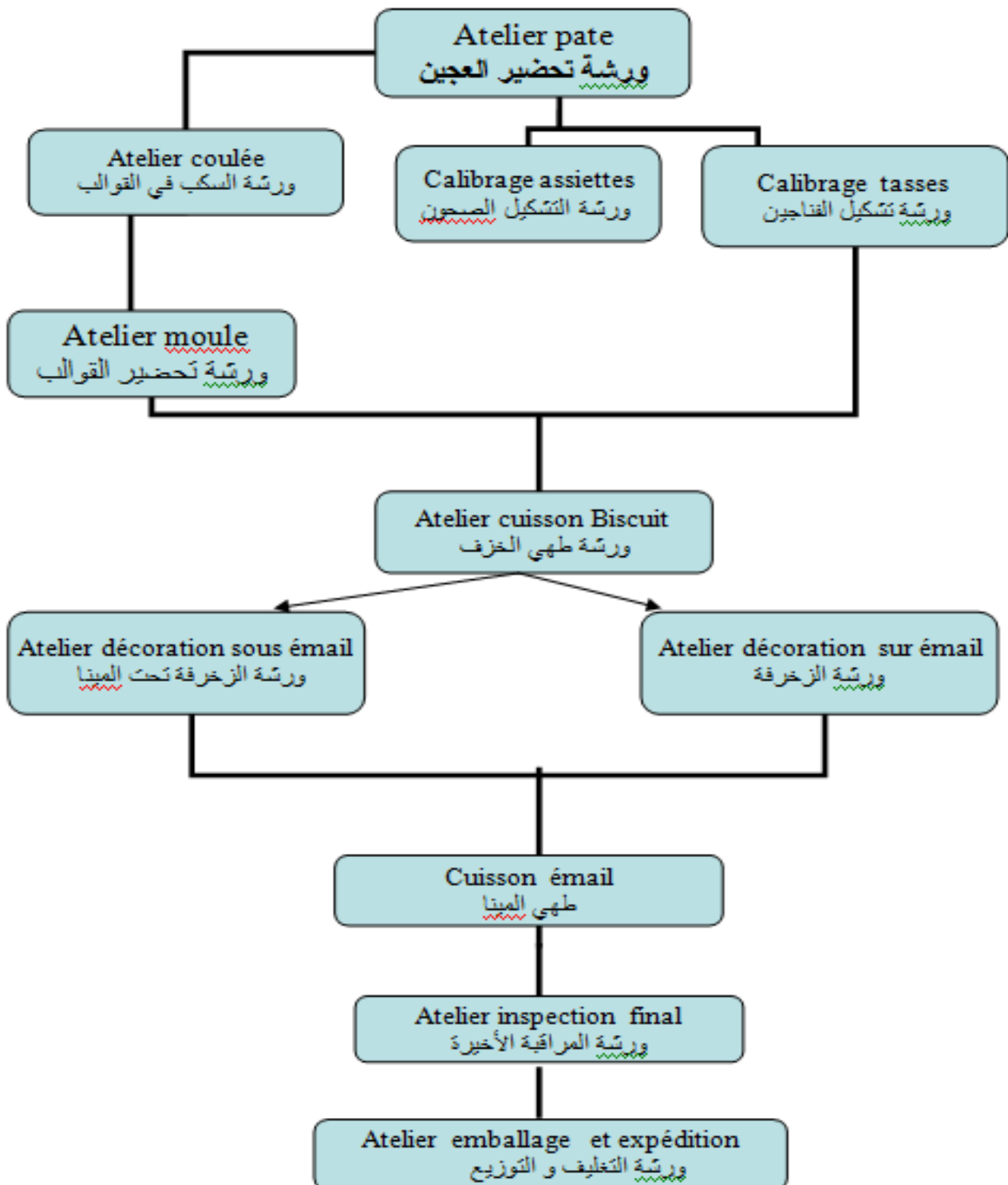


Figure .IV.1 - Organigramme des ateliers de production

2-1-2- Processus de fabrication gamme produits vaisselle :

Le processus de fabrication a été subdivisé en 16 services principaux :

- | | |
|--|--|
| 1- Service préparation pâte | 9- Service décoration par impression |
| 2- Service préparation email | 10- Service décoration par pulvérisation |
| 3- Service préparation barbotine pour articles de coulée | 11- Service émaillage |
| 4- Service façonnage assiettes | 12- Service cuisson email |
| 5- Service façonnage tasses | 13- Service décoration sur email et sous email |
| 6- Service coulée état solide | 14- Service cuisson décoration |
| 7- Service coulée par évaporation | 15- Service emballage expédition |
| 8- Service cuisson biscuit | 16- Service fabrication moule. |

2-1-2-1- Composition de la pâte :

Les matières premières (kaolin, argile, sable, calcite) sont concassées, broyées, puis stockées. En suite après dosage et pesage, elles sont acheminées vers les broyeurs à boulets ou elles subissent un broyage humide, après addition d'eau et de boulets.

Après le broyage humide, la composition obtenue s'appelle la barbotine elle est ensuite déshydratée dans les filtres presses.

La pâte obtenue sous forme de galettes est séchée à l'air libre puis façonnée par une machine (l'extrudeuse) sous forme de boudins de différents diamètres qui seront destinés au façonnage par calibrage en (assiette, tasses et autres produits).

2-1-2-2- Préparation de l'email :

Les matières premières (frites, feldspath, kaolin) sont broyées puis stockées ensuite, après dosage et pesage, elles sont dirigées vers des broyeurs à boulets ou elles subissent un broyage humide après addition d'eau.

2-1-2-3- Préparation du barbotin de coulée :

Pour la fabrication d'article creux (cafetière, sucriers et soupières) on utilise de la barbotine de coulée obtenue à partir de la pâte avec addition d'eau, et de défloculent (silicate de soude, carbonate de soude).

2-1-2-4- Fabrication des moules :

Les articles sont façonnés dans des moules en plâtre. La réalisation de ces moules demande une attention particulière.

Il existe deux sortes de moules :

a) Moule mère ou matrice

Ce moule est réalisé à partir du moule d'exploitation (moule fils)

b) Moule d'exploitation ou moule fils

Ce moule est réalisé à base de plâtre dilué dans l'eau puis versé dans le moule mère après séchage on procède au démoulage par cette opération on obtient le moule fils.

2-1-2-5- Façonnage par calibrage :

Dans cet atelier les articles sont façonnés par des machines automatique (calibreuse) la pâte est introduite manuellement dans le moule fils, la machine façonne l'article ensuite on le sèche dans un séchoir thermique, puis envoyer vers l'atelier cuisson biscuit à l'aide d'un transporteur aérien.

2-1-2-6- Façonnage par coulée :

Il existe deux systèmes de coulée à savoir:

a) Coulée à l'état solide :

Destinée à la réalisation de plats ovales, ravier, anses pour tasses etc...

b) Coulée par évaporation :

Destinée au façonnage de produits creux de couvercles et de différentes petites pièces. La barbotine est coulée dans le moule fils après un certain temps on procède au démoulage des articles séchés, puis on les envois à l'atelier cuisson biscuit a l'aide d'un transporteur aérien.

2-1-2-7- Cuisson et inspection des articles façonnés :

Les articles façonnés (calibrés ou coulés) sont disposés sur des chariots pour l'enfournement. Après cuisson, les articles sont retirés du four, puis subissent une inspection manuelle pour détecter les articles présentant des défauts, le cas échéant on procède a des retouches.

2-1-2-8-Décoration sous email : (Décoration par impression)

Une machine imprime un décor sur les produits biscuits par jet de couleur, les articles sont ensuite envoyés vers l'atelier émaillage.

2-1-2-9- Emaillage :

Les produits biscuits sont transportés manuellement vers l'atelier émaillage. Les assiettes et les soucoupes sont émaillées automatiquement, tandis que les tasses et les articles de coulés sont émaillés manuellement.

2-1-2-10- Cuisson et inspection des articles émaillés :

Les articles émaillés sont disposés sur des chariots puis enfournés dans le four. Après cuisson de l'émail, les articles sont retirés du four, puis subissent une inspection et une rectification à la meule si c'est nécessaire. Les articles décorés par impression et par pulvérisation sont envoyés à l'atelier emballage et expédition pour la vente.

2-1-2-11- Décoration sur émail :

Les articles de ce type de décoration sont envoyés à l'atelier cuisson émail par chariots, sur chaque article on applique manuellement un motif décoré (Décalcomanie) et éventuellement une décoration au filet d'or (suivant le programme de production).

2-1-2-12- Cuissons et impression des articles décorés :

Les articles décorés par décalcomanie sont disposés sur des chariots et enfournés dans le four décoration .après cuisson ils subissent une inspection, puis seront acheminés vers l'atelier emballage et expédition.

2-1-2-13- Atelier emballage et expédition :

Les produits finis sont plastifiés, mis dans des boites en cartons et stockés pour commercialisation.

2-2- Département laboratoire :

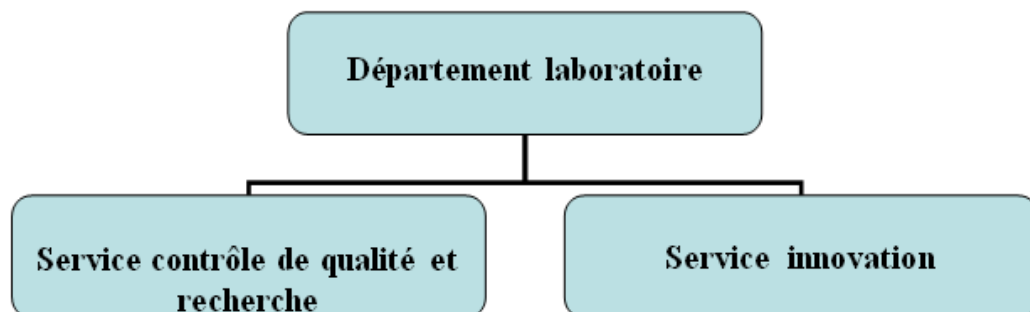


Figure .IV.2 - Organigramme département laboratoire

Le département laboratoire est divisé en deux services elles ont pour tâches :

- Service contrôle de qualité et recherche :
 - Suivi de la qualité du produit et son amélioration dans ce processus de fabrication.
 - Analyse physico-chimique de la matière première.
 - Recherche de nouvelles formules (réfractaire – porcelaine – produits rouges).
- Service innovation :
 - Elaboration de nouveaux moules
 - Rectification des moules mères usés
 - Fabrication des modèles

2-3- Département maintenance :

2-3-1- Organigramme de la maintenance :

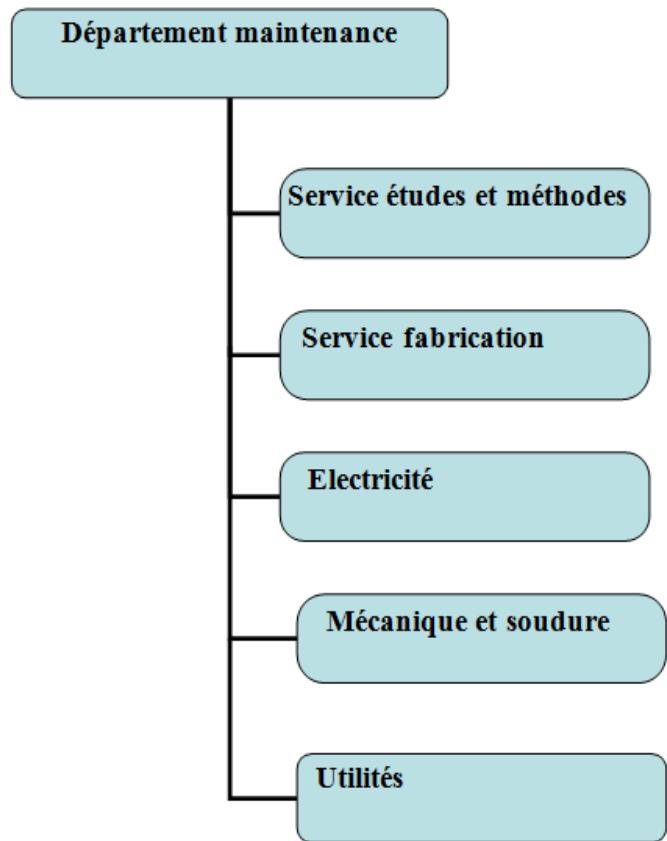


Figure .IV.3 - Organigramme département maintenance

L’organisation de la maintenance au niveau du complexe est une maintenance classique centralisé de forme correctrice curatif tel que, en trouve un département de maintenance englobe les services étude et méthode, fabrication, mécanique et soudure, électricité. Cet atelier contient un chef département, des chefs services, des ingénieurs en mécanique et électroniques, mécaniciens, aides mécaniciens et électriciens.

2-3-2- Déroulement de la maintenance curative :

La maintenance curative s'applique à l'ensemble des équipements ayant une incidence directe sur la production. A pour objet de maintenir les équipements pour le bon fonctionnement par des opérations d'entretiens, de dépannages et de réparations répondant à la demande.

Pour effectuer ce type de maintenance, il y a des étapes à suivre pour une meilleure gestion telle que :

- Apparition de la panne (défaillance) : arrêt de la machine.
- Détection : L'opérateur (machiniste) émet un constat de défaillance remis au responsable de production pour établir un **DT** valide ou il mentionne le nom et le code de la machine, la date et l'heure d'arrêt, le motif de la demande. Ce **DT** validé est remis au service maintenance.
- Diagnostic : c'est l'étape où se fait la vérification des hypothèses et identifier les causes, tel que le service maintenance compte le nombre d'agent de maintenance disponible, évalue le temps d'intervention, rassemble les moyens nécessaires, planifier les interventions.
- Intervention : c'est l'opération où se fait la maintenance corrective dépannage ou réparation.
- Après essai puis la mise en marche de la machine le responsable maintenance sur le déroulement d'intervention émet sur le **DT** les noms d'intervenants, date et heure de la mise en marche, les détails des travaux à effectuer et moyens à mettre en œuvre.

Nota 1 : La nature d'intervention curatif ou réparation, dépend de l'ordre d'urgence et du délai à respecter pour délivrer la demande, tel que :

- Intervention curatif (réparation) s'il n'y a pas une demande à délivrer dans un délai bien déterminé.
- Intervention palliatif (dépannage) s'il n'y a une demande à délivrer dans un délai bien déterminé.

Nota 2 : **DT** signifie demande de travail, Note ou correspondance intérieure, dossier techniques, dossier historiques.

3- L'application d'AMDEC sur la pompe 2000D :

Cette étude est faite sur une pompe 2000D situé dans le département de production service préparation des pates, sa présence est nécessaire pour que les filtres de presses fonctionnent et donne des pates figure..., c'est pour sa on a fait cette étude.

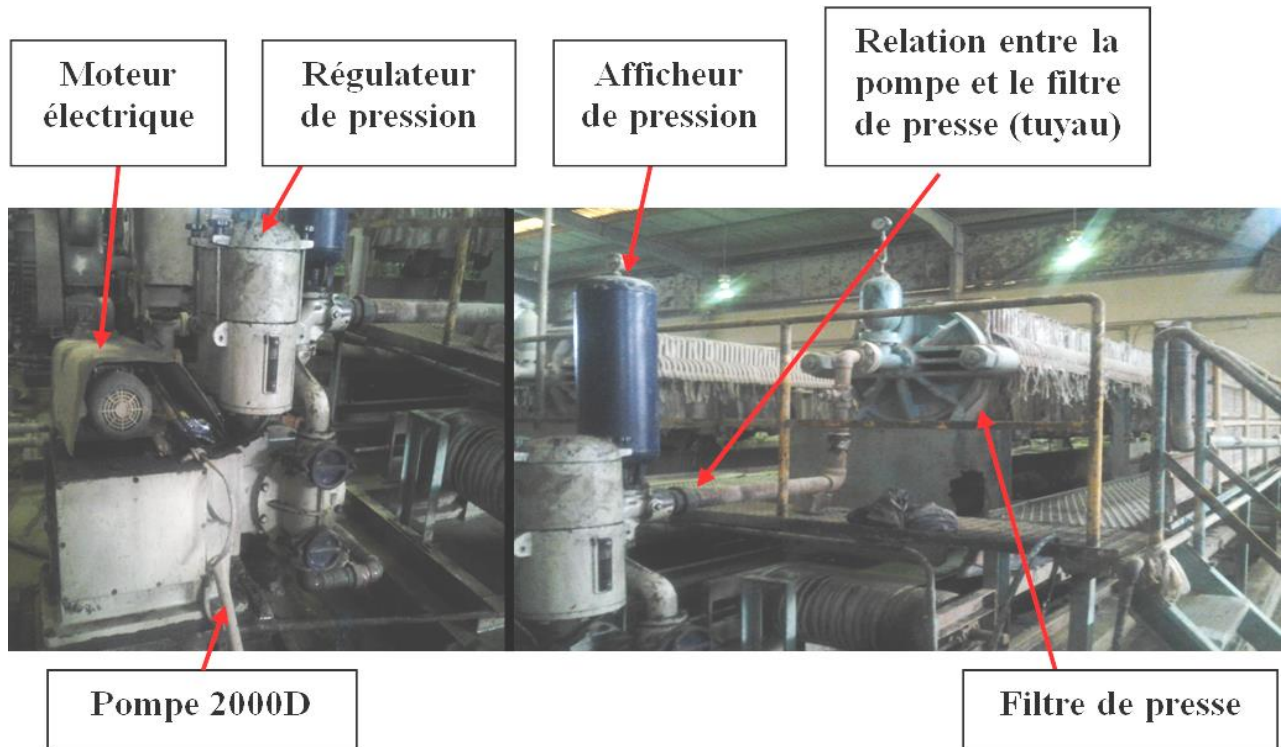
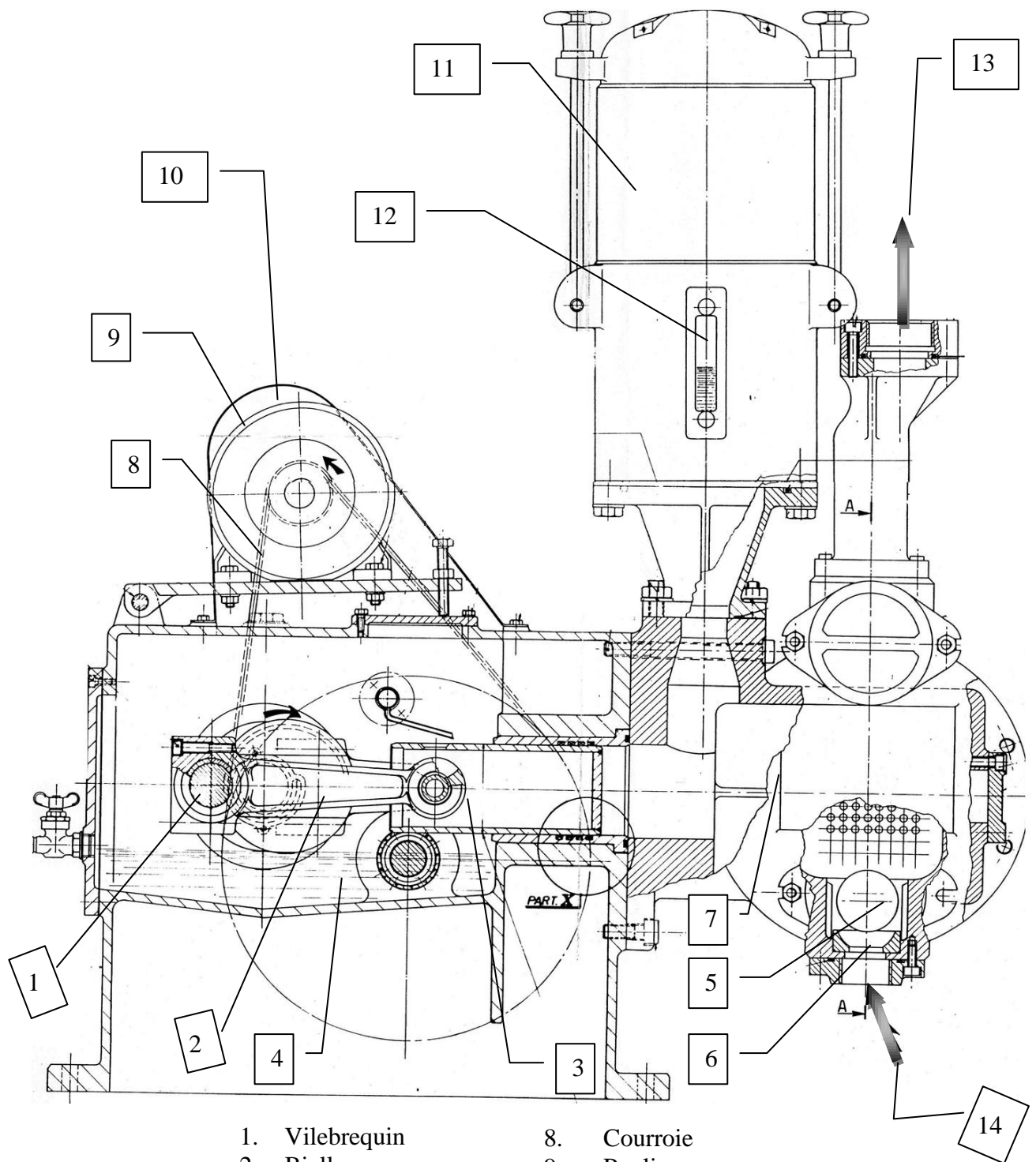


Figure .IV.4 - Pompe 2000D et filtre de presse

3-1- Caractéristique techniques de la pompe 2000D :

La pompe 2000D VICENTINI à membrane est de type mécanique avec piston, avec l'imposition d'un système hydraulique agit sur une membrane élastique qui à son tour aspire et comprime, en phase alternée le liquide à trévère un système de soupape à bille, la pompe est composé de :

- Groupe structure : en fusion de fonte qui contient le mécanisme bielle/manivelle avec piston et chemise relative.
- Groupe motorisation : placé à l'extérieur de la structure, composé de moteur poulies courroies et carter de protection.
- Groupe soupapes : composé de tête, billes, siège des billes et membrane.
- Régulateur de pression : du type mécanique à double soupape, qui a la tache de limiter à la pression du liquide en refoulement de la pompe.



- | | |
|-------------------------|----------------------------|
| 1. Vilebrequin | 8. Courroie |
| 2. Bielle | 9. Poulie |
| 3. Piston | 10. Moteur électrique |
| 4. L'huile de graissage | 11. Régulateur de pression |
| 5. Bille | 12. Afficheur de pression |
| 6. Siège à bille | 13. Refoulement |
| 7. Membrane | 14. Aspiration |

Figure .IV.6 – Dessin d'ensemble de la pompe 2000D

3-2- Décomposition fonctionnelle de la pompe 2000D :

L'AMDEC est une méthode de réflexion créative qui repose essentiellement sur la décomposition fonctionnelle de système en éléments simples jusqu'au niveau des composants les plus élémentaires. Donc on a décomposé le système en quatre sous-systèmes. Chaque sous-système est décomposé jusqu'aux organes les plus élémentaires (Figure .IV.9), mais d'abord il faut faire une analyse fonctionnelle de la pompe se qui est illustré par les figures

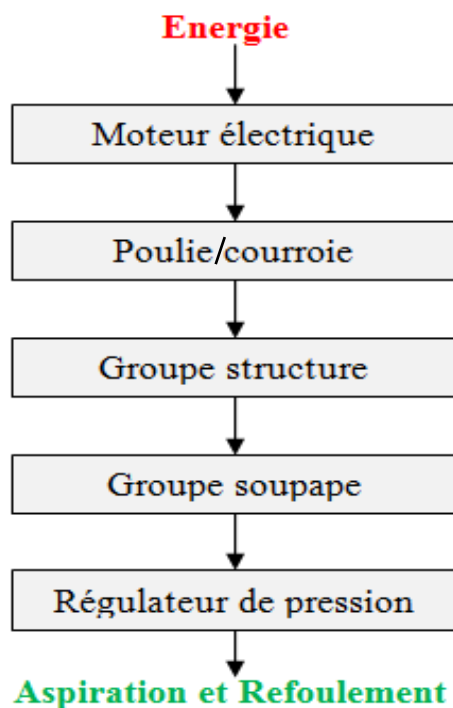


Figure .IV.7 - Décomposition fonctionnelle du système

L'organisation d'un arborescent fonctionnelles s'obtient en respectant la logique des deux questions « pourquoi ? » et « comment ? »

3-3- Définition du critère G, F, N :**Gravité**

- 1 arrêt de production inférieur à 1 heure
- 2 arrêt de production inférieur à 4 heures
- 3 arrêt de production inférieur à 1 jour
- 4 arrêt de production supérieur à 1 jour

Fréquence






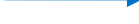


- 1 moins d'une fois par an
- 2 moins d'une fois par mois
- 3 moins d'une fois par semaine
- 4 plus d'une fois par semaine

Le non détection

- 1 Visible par l'opérateur
- 2 Détection aisée par un agent de maintenance
- 3 Détection difficile
- 4 Très difficilement décelable

Par la définition des critères précédant la criticité maximale d'une défaillance est de 64 d'après la relation $C = G * F * N = 4 * 4 * 4 = 64$

On a choisi la valeur 8 comme seuil de criticité, et :

-  Si la criticité $C < 8$  mise sous correctif.
-  Si la criticité $8 \leq C < 32$  mise sous préventive.
-  Si la criticité $32 \leq C < 48$  recherche d'amélioration.
-  Si la criticité $48 \leq C < 64$  reprendre la conception.

3-4- Tableau AMDC :

3-5- Classification des éléments par leur criticité :

Eléments	Criticité	
Coussinets	36	}
Membrane	36	
<hr/>		
Segments	18	}
Roulements (groupe structural)	18	
Vilebrequin	12	
Pistons	9	
Tige pistons	9	
Soupapes	8	
Ressorts	8	
<hr/>		
Roulements (moteur électrique)	6	}
Rotor	6	
Billes	4	
Siège à billes	4	
Courroies	2	
Joint des coudes	2	

Recherche d'amélioration

Mise sous préventive

Mise sous correctif

4- Conclusion :

Cet étude nous a permis de faire la lumière sur quelques points faibles de la pompe 2000D à membrane, cet équipement demande une maintenance rigoureuse sur les éléments ou la valeur de la criticité dépasse 18 : ($C \geq 18$) telle que :

- Coussinets, Membrane, Segment, Roulement (groupe structural).

CONCLUSION :

Ce travail nous a permis d'étudier l'optimisation de la fonction maintenance par la méthode AMDEC. Nous avons réalisé un logiciel pour faciliter l'utilisation et la gestion de cette méthode.

Une étude de cas réel est faite dans l'entreprise CERTAF où nous avons appliqué cette méthode à une pompe 2000D à membrane, ce qui nous a permis de :

- De définir les exigences de sûreté de fonctionnement de manière précise,
- D'identifier les fonctions critiques pour le système,
- De définir la politique de maintenance pour le système et ses composants.

Au niveau de la fiabilité du système, nous avons identifié les composants sur lesquels une attention particulière doit être portée.

Cela a permis de mieux maîtriser le système étudié tout en identifiant les maillons faibles et de connaître les types de maintenance appliqués à chaque sous système et composant.

En fin nous souhaitons que d'autres études soient effectuées par d'autres méthodes d'optimisation de la fonction maintenance telles que la méthode ICHIKAWA.

BIBLIOGRAPHIE

- ✓ [1] : Livre Cours de Maintenance Industrielle/TEC 336/ Smail BENISSAAD/UNIV.MENTOURI-CONSTANTINE/FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR / 2007-2008.
- ✓ [2] : Livre LES CAHIERS DE LA SÉCURITÉ INDUSTRIELLE. 2009/2010. Institut pour une Culture de Sécurité Industrielle / <http://www.icsi-eu.org/>.
- ✓ [3] : Cours de STRATEGIE DE MAINTENANCE / <http://btsmiforges.free.fr/> .
- ✓ [4] : Livre Génie Industrielle. Maintenance Industrielle de l'entretien de base à l'opération de la sureté / Jean-Marie AUBERVEILLE / 2004.
- ✓ [5] : Livre GUIDE PRATIQUE DE LA MAINTENANCE. Daniel BOITEL et Claud HAZARD.
- ✓ [6] : Thèse de Doctorat de l'Université de Nantes : POLITIQUES DE MAINTENANCE CONDITIONNELLE POUR UN SYSTEME A DEGRADATION CONTINUE SOUMIS A UN ENVIRONNEMENT STRESSANT. Estelle DELOUX. 7/ 10/ 2008.
- ✓ [7] : Institut Supérieur d'Enseignement Technologique de Rosso : Méthodes de maintenance. BABANA OULD MOHAMED LAMINE. 2008/2009.
- ✓ [8] : APPLICATION DES TECHNIQUES DE GESTION DE LA MAINTENANCE. KIDDEM ALI/DECEMBRE 2004.
- ✓ [9] : L'AMDEC un outil puissant d'optimisation de la maintenance, application à un motocompresseur. Brahim HERROU, Mohamed ELGHORBA. 2005.
- ✓ [10] : La méthode AMDEC. Ecole des Haute Etude Commercial. Joseph Kélada. 1998.
- ✓ [11] : Michel RIDOUX. AMDEC- Moyen Technique de l'ingénieur, AG4220, 07/ 1999.
- ✓ [12] : Mémoire : AMDEC – Etude de cas : Extracteur de fumée de l'Entreprise Nationale de la Pétrochimie ENIP/ AYAD Mohammed, KEBBAB Toufik. 2008/2009.
- ✓ [13] : Guide pour le professeur Analyse Fonctionnelle février 2010.
- ✓ [14] : Dossier n°3 La méthodologie AMDEC. Jean-Pierre GRAFF. CRTA Avignon 2004.
- ✓ [15] : Cours Analyse fonctionnelle. Armel BAGUET. 25/08/2005.
- ✓ [16] : LES OUTILS ET METHODES DE LA GESTION DE LA QUALITE <http://www.directive.fr/articles/BPR.html>
- ✓ [17] : <http://www.maintenance-preventive.com/methode-presentation-1.html>
- ✓ [18] : La méthode MERISE par l'exemple/ SCANFF Arnaud, THOMAS Carine/ DESS QUASSI 2003/2004.
- ✓ [19] : MERISE Cours de Système d'Information/ Bordeaux 2004.

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE I : LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE

Figure .I.1 - Place du service maintenance dans l'entreprise.....	7
Figure .I.2 - Méthodes de maintenance.....	10
Figure .I.3 - Probabilité de défaillance de roulements.....	14
Figure .I.4 - Principe de la maintenance conditionnelle.....	15
Figure .I.5 - Temps caractéristiques lors d'une intervention.....	23

CHAPITRE II : METHODES D'OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE

Figure .II.1 - Diagramme Cause Effet.....	28
Figure .II.2 - Pannes cumulées.....	31
Figure .II.3 - Causes principales de 80% des pannes matériels.....	31
Figure .II.4 - Digramme d'AUTOMAINTENANCE.....	35

CHAPITRE III : AMDEC

Figure .III.1 - Méthode d'optimisation de la maintenance par l'AMDEC.....	39
Figure .III.2 - Matrice de criticité.....	48

CHAPITRE IV : L'ANALYSE FONCTIONNELLE

Figure .IV.1 - Aspects d'analyse fonctionnelle.....	52
Figure .IV.2 - Hiérarchisation des Fonctions.....	55
Figure .IV.3 - Méthode Analyse Descendante.....	57
Figure .IV.4 - La méthode de la pieuvre.....	57
Figure .IV.5 - Méthode Diagramme de Flux.....	58
Figure .IV.6 - Méthode de l'Arborescence.....	58
Figure .IV.7 - Diagramme Processus.....	59
Figure .IV.8 - Influence de l'Environnement sur le Procédé.....	59

CHAPITRE V : PROGRAMMATION

Figure .V.1 - Concepts basiques d'un MCD.....	61
Figure .V.2 - MCD du logiciel.....	62
Figure .V.3 - Fiche menu principal.....	63
Figure .V.4 - Eléments constituant le composant Fichiers.....	63
Figure .V.5 - Eléments constituant le composant Mouvements.....	64
Figure .V.6 - Eléments constituant le composant Analyses.....	65
Figure .V.7 - Eléments constituant le composant Outils.....	66
Figure .V.8 - Elément constitue le composant Etat.....	67
Figure .V.9 - Elément constitue le composant Aide.....	67

CHAPITRE IV : ETUDE DE LA POMPE 2000D PAR LA METHODE AMDEC

Figure .VI.1 - Organigramme des ateliers de production.....	69
Figure .VI.2 - Organigramme département laboratoire.....	72
Figure .VI.3 - Organigramme département maintenance.....	73
Figure .VI.4 - Pompe 2000D et filtre de presse.....	75
Figure .VI.6 – Dessin d'ensemble de la pompe 2000D.....	76
Figure .VI.7 - Décomposition fonctionnelle du système.....	77
Figure .VI.8 - Arborescence Fonctionnelle De La Pompe 2000D.....	78
Figure .VI.9 - Arborescence Produit la Pompe 2000D.....	79

LISTE DES TABLEAUX

CHAPITRE I :	LA MAINTENANCE INDUSTRIELLE	
Tableau .I.1 - Les fonction du service maintenance.....		4
Tableau .I.2 – périodicité des interventions systématiques.....		13
CHAPITRE II :	METHODES D’OPTIMISATION DE LA MAINTENANCE	
Tableau .II.1 - Nombre de panne pour chaque cause.....		30
Tableau .II.2 - cumul des causes de défaillance.....		30
CHAPITRE III :	AMDEC	
Tableau .II.1 - Exemple 1 de feuille d’AMDEC.....		42
Tableau .II.2 - Exemple 2 de feuille d’AMDEC.....		42
Tableau .II.2 - Exemple 2 de feuille d’AMDEC.....		42
Tableau .II.4 - Modes de défaillance génériques.....		44
Tableau .II.5 - Grille de cotation de la gravité.....		46
Tableau .II.6 - Grille de cotation de la fréquence.....		47
Tableau .II.7 - Grille de cotation de la détection.....		47
Tableau .II.8 - Tableau de la criticité (G, F, D).....		49
CHAPITRE IV :	ETUDE DE LA POMPE 2000D PAR LA METHODE AMDEC	
Tableau .II.8 – Tableau AMDC.....		81-85

LISTE DES ABREVIATIONS

CEN	Comité Européen de Normalisation
MTBF	Moyenne des Temps de Bon Fonctionnement
MTTR	Moyenne des Temps Techniques de Réparation
MTTA	Moyenne des Temps Techniques d'Arrêt
AMDEC	Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effet et de leurs Criticité
AF	Analyse Fonctionnelle
C	Indice de Criticité
G	Gravité
F	Fréquence /ou occurrence
D	Détection / ou non Détection
FS	Fonctions de Service
FP	Fonctions Principales
FC	Fonctions Contraintes
FT	Fonctions Techniques
ME	Milieu Extérieur
CERTAF	Entreprise de Céramique de la Tafna
DT	Demande de Travail
FMECA	Failure Modes, Effects and Criticality Analysis
AFNOR	Association Française de Normalisation
MERISE	Méthode pour Rassembler les Idées Sans Effort
MCD	Modèle Conceptuel de Données

RESUME :

Ce mémoire traite le problème d'optimisation de la fonction maintenance par la méthode AMDEC.

L'Analyse des Modes de Défaillance de leurs Effets et de leurs Criticités va permettre de réduire le temps d'indisponibilité et l'identification des éléments les plus critiques, cela va nous permettre aussi de définir le mode de maintenance à appliqué.

Pour cela un logiciel a été développé on utilisant le langage de programmation DELPHI pour la gestion de la méthode AMDEC.

En fin pour prouver l'intérêt de l'étude AMDEC dans l'optimisation de la maintenance nous avons effectué une étude de cas sur une pompe 2000D VICENTINI au niveau de l'entreprise CERTAF on utilisant le logiciel élaboré.

Mots clés : maintenance, optimisation, AMDEC, criticité, défaillance, mode de défaillance, analyse fonctionnelle, fiabilité

SUMMARY :

This memory treats the problem of optimization of the maintenance function using FMECA method.

Failure Mode Effect Critically Analysis let us reduce the time of non availability and the identification of the most critical elements and the identification of the mode of maintenance to apply.

For that, software has been developed using the language of programming DELPHI to manage the FMECA method.

At the end, to prove the interest of the AMDEC's study in the optimization of maintenance we have carried out a case study on the pump 2000D VICENTINI at CERTAF Company using the elaborated software.

Key words: maintenance, optimization, AMDEC, criticity, failure, functional analysis.

ملخص

هذه المذكرة تعالج مشكل تحسين وظيفة الصيانة باستعمال طريقة تحليل أنماط الخلل وتأثيراتها AMDEC. ان تحليل أنماط الخلل وتأثيراتها تسمح لنا بتقليص زمن عدم الإتاحة و تحديد العناصر الحساسة وتحديد نمط الصيانة لتطبيقها. لهذا تم تطوير برنامج خاص باستعمال لغة DELPHI لتسيير طريقة AMDEC. و أخيرا، لتأكيد أهمية دراسة AMDEC في تحسين الصيانة قمنا بدراسة حالة على مضخة 2000D VICENTINI بمؤسسة CERTAF باستعمال البرنامج المطور.

الكلمات المفتاح : الصيانة، تحسين، AMDEC، العجز، الدالة التحليلية.